

Bimestrale dell'ENEA
Anno 53, settembre-ottobre 2007

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

Direttore responsabile

Flavio Giovanni Conti

Comitato tecnico-scientifico

Osvaldo Aronica, Paola Batistoni, Vincenzo Di Majo,
Stefano Giammartini, Massimo Maffucci, Emilio Santoro

Responsabile editoriale

Diana Savelli

Coordinamento editoriale

Alida La Croce
ENEA-Lungotevere Thaon di Revel 76,
00196 Roma,
Tel. 06-36272401,
e-mail: lacroced@sede.enea.it

Collaboratori

Paola Molinas

Progetto grafico

Bruno Giovannetti, Cristina Lanari

In copertina

Antartide, Thetis Bay,
sede della base italiana "Stazione Mario Zucchelli"
(Foto di Giuseppe Napoli)

Stampa

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

Registrazione

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

Pubblicità

Primaprint srl

Abbonamento annuale

Italia € 21,00, Estero € 21,00; una copia € 4,20
C.C.P. n. 59829580 intestato a Primaprint srl
Via dell'Industria, 71 - 01100 Viterbo
Tel. 0761-353676 - Fax 0761-270097
e-mail: info@primaprint.it

Finito di stampare nel mese di novembre 2007
su carta ecologica riciclata Symbol Freelifa della
Fedrigoni Cartiere SpA
certificata SQS ISO 14001:2004



www.enea.it

LINEE GUIDA PER L'INSEDIAMENTO E LA GESTIONE DI AREE PRODUTTIVE SOSTENIBILI

L'esperienza del Progetto Life-SIAM

Mario Tarantini, Alessio Di Paolo, Arianna Dominici,
Augusto Peruzzi, Marco Dell'Isola
21 x 29,7 cm, pagine 198 + CD
Ottobre 2007
ISBN 88-8286-186-4

Il progetto SIAM (Sustainable Industrial Area Model), cofinanziato dalla Commissione Europea attraverso il programma Life-Ambiente, ha avuto inizio nel settembre 2004 e si è concluso, dopo tre anni di attività, nel settembre 2007. Il progetto si è posto l'ambizioso obiettivo di integrare i principi della sostenibilità ambientale nella localizzazione, nell'insediamento e nella gestione non solo delle aree industriali (come riportato nel titolo del progetto), ma delle aree produttive in generale, quindi anche di quelle artigianali e commerciali.

In questo manuale sono descritti sinteticamente: le principali caratteristiche del modello di area produttiva sostenibile definito dal progetto SIAM; i risultati della sperimentazione attuata in diverse aree industriali (Frosinone, Maiella, Molfetta, Mongrando, Padova, Prato, Rieti, Rovigo) nei tre anni di durata del progetto; alcuni degli strumenti utili per l'analisi e la gestione di una area produttiva sviluppati appositamente o che sono stati applicati nel lungo processo di sperimentazione.

I rapporti tecnici più rilevanti pubblicati durante il progetto SIAM, alcuni approfondimenti tecnici ed il manuale d'uso del software "Sistema Informativo Energetico SIAM" sviluppato nel progetto, sono disponibili nel CD allegato al volume.



Copia del volume può essere richiesta a: edizioni@casaccia.enea.it
Il volume è disponibile anche in formato elettronico sul sito: www.enea.it



Il tema dei cambiamenti climatici continua a riempire ogni giorno le prime pagine dei giornali, segno della grande importanza che la società tutta, e non solo gli scienziati, gli attribuiscono. Mentre in estate l'accento è posto sui fenomeni della siccità, della canicola, con l'approssimarsi dell'inverno si sposta sugli improvvisi e intensi fenomeni atmosferici che generano inondazioni, frane, dissesti idrogeologici. In ogni caso l'accentuarsi di questi fenomeni ha un costo elevato, sia in termini di vite umane che dal punto di vista economico. La recente assegnazione del premio Nobel per la pace all'ex presidente degli Stati Uniti Al Gore e all'IPCC, l'organismo scientifico dell'ONU che studia i cambiamenti climatici, ha voluto riconoscere l'impegno che da anni stanno portando avanti, l'uno per creare nell'opinione pubblica mondiale la consapevolezza circa le misure che devono essere adottate per affrontare questo fenomeno, l'altro per aver creato il più diffuso consenso circa il legame tra attività umane e riscaldamento globale. Il cambiamento del clima, secondo l'Accademia di Stoccolma, è paragonabile ad una minaccia bellica per l'umanità e chi si adopera in campo scientifico, tecnico, politico e sociale per combattere questo fenomeno opera per la pace tra i vari paesi della terra e tra l'uomo e il pianeta.

Ultimo, in ordine di tempo, è l'annuncio da parte del presidente francese Sarkozy, di un'articolata strategia di lotta ai cambiamenti climatici che prevede tra l'altro l'introduzione in Francia di una tassa sulla CO₂.

Nel nostro Paese l'ENEA studia il fenomeno dei cambiamenti climatici da oltre vent'anni, partecipa attivamente ai lavori dell'IPCC e conduce studi paleoclimatici relativi all'area del Mediterraneo e del Sahara, ricostruendo le variazioni climatiche registratesi.

Un'attività di rilievo è quella condotta dall'Ente in Antartide, nell'ambito del relativo Consorzio, che studia le carote di ghiaccio grazie alle quali è stato possibile stabilire la concentrazione di CO₂ in atmosfera negli ultimi 820 mila anni. L'articolo di Frezzotti e Narcisi, che apre il numero odierno della Rivista, dà conto dei risultati scientifici delle attività di ricerca in Antartide e del contributo ENEA anche attraverso il know-how tecnologico messo a disposizione per implementare la strumentazione tecnica utilizzata dai ricercatori che operano in quelle basi.

Nell'articolo curato da Iannetta e Artale vengono presentate le attività di ricerca ENEA sul clima che mettono in risalto le attuali tendenze, gli scenari futuri e gli impatti registrati, nonché le misure tecnologiche da intraprendere per la mitigazione degli effetti e per l'adattamento ai cambiamenti climatici, con le stime dei costi che queste misure comporterebbero per il nostro Paese.

Il contributo di una corretta gestione delle dune marine alla lotta contro l'erosione delle coste, anche indotta dal fenomeno dei cambiamenti climatici, è analizzato nell'articolo di Valpreda.

In questo numero della rivista ospitiamo inoltre, per la prima volta, un contributo di una società partecipata ENEA, il Consorzio TRAIN, che opera nel campo della mobilità sostenibile delle persone e delle merci e che vede operanti importanti società del settore dei trasporti e della logistica. Il mondo delle numerose società partecipate o controllate dell'ENEA rappresenta una importante opportunità di collaborazione per l'applicazione e la promozione dei risultati delle ricerche nei settori delle nuove tecnologie, dell'energia e dell'ambiente che sono propri dell'Ente. Intendiamo in questo modo aprire ulteriormente la nostra rivista alla voce del mondo della ricerca e dell'industria italiana.

Il Direttore Responsabile
Flavio Giovanni Conti

editoriale

primo piano



6

DAI GHIACCI POLARI IL PASSATO, IL PRESENTE E IL FUTURO DEL CLIMA

*EXTRACTING DATA ON THE CLIMATE'S PAST, PRESENT
AND FUTURE FROM POLAR ICE SHEETS*

Massimo Frezzotti, Biancamaria Narcisi

18

LE ATTIVITÀ ENEA SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI

ENEA'S ACTIVITIES IN THE FIELD OF CLIMATE CHANGE

A cura di Vincenzo Artale e Massimo Iannetta

riflettore su



34

LE DUNE COSTIERE PER L'ADATTAMENTO SOSTENIBILE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI

*USING COASTAL DUNES FOR SUSTAINABLE ADAPTATION
TO CLIMATE CHANGE*

Edi Valpreda

46

MOBILITÀ SOSTENIBILE: IL CONTRIBUTO DEL CONSORZIO TRAIN

SUSTAINABLE MOBILITY: THE CONTRIBUTION OF THE TRAIN CONSORTIUM

A cura di Tiziano Federighi



studi & ricerche



56

GESTIONE AMBIENTALE E PRODUTTIVA IN UNA ZONA UMIDA COSTIERA, SITO DI IMPORTANZA COMUNITARIA

ENVIRONMENTAL AND PRODUCTIVE MANAGEMENT IN A COASTAL WETLAND, A SITE OF COMMUNITY IMPORTANCE

Fabio Barbato, Maurizio Bucci, Mario Castorina, Germina Giagnacovo, Giada Migliore, Paola Mini, Marco Sbrana

70

LO SVILUPPO SOSTENIBILE: TRA PRESERVAZIONE E CONSERVAZIONE DELLA NATURA

SUSTAINABLE DEVELOPMENT: PRESERVATION AND CONSERVATION OF NATURE

Donato Bergandi, Giulia Massini

80

GIRET: UN SOFTWARE PER LA GESTIONE DI INDICATORI ENERGETICI

GIRET: SOFTWARE FOR MANAGING ENERGY INDICATORS

Emanuela Caiaffa, Laura Gaetana Giuffrida, Patrizio Boschi, Giovanni Paolo Maria Esposito

cronache



88

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

- | | |
|---------------------|--|
| dal Mondo | <ul style="list-style-type: none"> • Il Nobel per la pace ad Al Gore e IPCC 88 • Emissioni auto: il Vermont può legiferare 88 |
| dall'Unione Europea | <ul style="list-style-type: none"> • R&ST 2006 89 |
| dall'Italia | <ul style="list-style-type: none"> • Piano d'azione italiano 2007 per l'efficienza energetica 90 • Riordino degli enti di ricerca 91 |
| dall'ENEA | <ul style="list-style-type: none"> • Distretti e tecnologie per i beni culturali 92 • La ricerca incontra l'impresa 92 • Informazione sull'efficienza energetica 93 • Tecnologia italiana per la Cina 93 |
| Eventi | <ul style="list-style-type: none"> • Convegno in ricordo di Umberto Colombo 94 • Prodi premia gli italiani dell'IPCC 94 • Il futuro a idrogeno 95 |
| Letture | <ul style="list-style-type: none"> • Climate policy uncertainty and investment risk 96 |

Dai ghiacci polari il passato, il presente e il futuro del clima

Massimo Frezzotti, Biancamaria Narcisi

ENEA
Dipartimento Ambiente,
Cambiamenti Globali e Sviluppo Sostenibile

I ghiacci polari rappresentano preziosi archivi naturali della storia climatica e ambientale della Terra. Il loro studio fornisce rilevanti informazioni sull'andamento del clima e della composizione dell'atmosfera del passato, aiutando a comprendere la natura e l'entità dei cambiamenti in atto e le tendenze future. L'ENEA partecipa ai grandi progetti internazionali di ricerca sui ghiacci dell'Antartide

Extracting data on the climate's past, present and future from polar ice sheets

Polar ice sheets are natural archives of the history of the global environment and climate. Their study provides important information on past changes in the climate and the composition of the atmosphere, which shed light on the nature and entity of changes in progress and future trends. ENEA participates in major international research projects on ice coring in Antarctica



Il clima del pianeta è cambiato molte volte durante la sua storia geologica in conseguenza di fattori naturali, quali la variazione periodica dei parametri orbitali e dell'attività solare, la migrazione dei continenti, lo sviluppo di calotte polari e le variazioni della composizione dell'atmosfera. Il clima ha sempre esercitato una notevole influenza sulle attività umane, ma questo rapporto sta rapidamente cambiando. La comunità scientifica internazionale ritiene infatti che le attività umane rappresentino un nuovo forzante del clima.

L'influenza dell'uomo sul clima avviene attraverso la perturbazione dei complessi processi di interazione fra la radiazione solare, la biosfera, l'atmosfera e l'idrosfera, i quali regolano l'andamento naturale del clima. Le principali alterazioni indotte dall'uomo riguardano la variazione della composizione dell'atmosfera, in particolare l'immissione di "gas ad effetto serra" e di particelle di aerosol, ed i cambiamenti dell'utilizzo del suolo anche legati alla deforestazione. Queste modificazioni influenzano



gli equilibri naturali e quindi anche la temperatura del pianeta.

Il quarto rapporto IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) fa chiarezza sugli andamenti climatici in atto, sui processi e le loro relazioni di causa-effetto, sui contributi antropici e naturali ai cambiamenti osservati. Il documento dichiara che è in atto un *inusuale ed inequivocabile* riscaldamento del sistema climatico, il quale risulta evidente dall'incremento delle temperature globali dell'aria e delle temperature degli oceani, dallo scioglimento diffuso di neve e ghiaccio e dall'innalzamento globale del livello del mare. Afferma inoltre che gli aumenti delle temperature sono *molto probabilmente* dovuti all'incremento in atmosfera della concentrazione di gas ad effetto serra causato dalle attività umane. Si tratta di un risultato nuovo rispetto alle conclusioni dei precedenti rapporti IPCC che ponevano maggiore cautela sulla responsabilità delle attività antropiche sui cambiamenti osservati.

Il documento IPCC è stato preparato da una task-force di studiosi ed è basato sulla revisione rigorosa di migliaia di ricerche scientifiche pubblicate negli ultimi anni. In particolare, i risultati degli studi paleoclimatici hanno avuto un ruolo importantissimo per comprendere i cambiamenti del clima globale. Infatti, le serie storiche di misure meteorologiche non sono adeguatamente lunghe per osservare compiutamente i fenomeni in atto e per individuarne le cause, ed inoltre non consentono di distinguere la variabilità naturale dalle perturbazioni indotte dalle attività antropiche.

Per analizzare la variabilità dei parametri climatici e per comprendere i meccanismi che li governano è necessario collocare i cambiamenti recenti in un contesto temporale il più lungo possibile. Attraverso lo studio geologico degli archi-

vi naturali paleoclimatici è possibile risalire ai cambiamenti avvenuti anche molte migliaia di anni fa e osservare il comportamento del sistema climatico terrestre in condizioni differenti dall'attuale. Queste informazioni sono fondamentali anche per la messa a punto e la validazione dei modelli di previsione a lungo termine.

Le carote di ghiaccio, archivi paleoclimatici e paleoambientali

Tra gli archivi naturali del clima a disposizione degli scienziati, i ghiacci delle calotte polari hanno fornito negli ultimi anni le informazioni migliori e più dettagliate sul paleoclima, sui fattori forzanti e su numerosi altri parametri ambientali.

Nelle aree interne della Groenlandia e dell'Antartide, ove la temperatura è sempre nettamente inferiore allo zero e non ha luogo fusione superficiale, la neve accumulatisi anno dopo anno forma una successione stratigrafica regolare e continua di nevicate sovrapposte (figura 1). Processi fisici di compattazione sotto il carico crescente di neve portano alla graduale riduzione dei vuoti e la neve si trasforma lentamente in nevato e successivamente in ghiaccio. Nella transizione da nevato a ghiaccio ha luogo l'occlusione dei pori e quindi l'intrappolamento di minuscole bolle d'aria che rappresentano quindi campioni di atmosfera del passato. Le originali caratteristiche chimiche ed isotopiche acquisite dalla neve nell'atmosfera, all'atto della condensazione e precipitazione, rimangono in larga misura inalterate nel ghiaccio, che preserva anche al suo interno le polveri continentali trasportate dal vento e depositate sulla superficie nevosa. Mediante analisi chimiche, isotopiche e fisiche del ghiaccio, delle polveri e dei gas in esso contenuti è possibile ricostrui-

re con estremo dettaglio le temperature ed il volume dei ghiacci sui continenti, la composizione dell'atmosfera del passato (anidride carbonica, metano ed altri gas ad effetto serra), l'andamento delle masse d'aria e quindi la paleocircolazione atmosferica, la frequenza delle eruzioni vulcaniche e l'inquinamento atmosferico prodotto dalle attività umane. È da notare che nessun altro archivio paleoclimatico è in grado di fornire negli stessi campioni informazioni su così tante variabili ambientali e climatiche e, simultaneamente, anche sugli agenti forzanti.

Perforazioni profonde: il Progetto EPICA

Le sequenze stratigrafiche in ghiaccio si ottengono attraverso perforazioni a carotaggio continuo nelle aree di culminazione delle calotte, ove sono presenti i maggiori spessori di ghiaccio e gli strati non sono significativamente deformati dalla dinamica glaciale (figura 1). La carota più lunga finora ottenuta (3.623 metri) è quella estratta presso la stazione russa di Vostok, in Antartide. Tale sequenza ha rappresentato per alcuni anni la documentazione più lunga e di riferimento della composizione del-

l'atmosfera del passato. Gli studi, pubblicati alla fine degli anni 90, indicano che essa comprende 4 cicli climatici glaciali/interglaciali, pari a circa 420.000 anni (Petit et al., 1999).

I risultati eccellenti ottenuti dal carotaggio di Vostok e da altri campionamenti in Groenlandia (progetti denominati GRIP e GISP2), hanno stimolato ulteriori iniziative di perforazione del ghiaccio antartico. A partire dagli anni 90, la comunità scientifica europea si è raccolta intorno ad un ambizioso progetto tecnologico di perforazione e di ricerche paleoclimatiche denominato EPICA (*European Project for Ice Coring in Antarctica*). Al programma pluriennale, sotto l'egida dell'*European Science Foundation*, partecipano 10 Stati europei con finanziamenti nazionali (nel caso dell'Italia, il Programma Nazionale di Ricerche in Antartide) e della Comunità Europea. Lo scopo dell'iniziativa è quello di recuperare e studiare due carote di ghiaccio profonde nella calotta antartica, la prima a Dome C, presso la stazione italo-francese di Concordia (figura 2), nel settore della calotta rivolto verso l'Oceano Pacifico, la seconda a Dronning Maud Land (presso la Stazione tedesca di Kohnen), nel settore prospiciente l'Atlantico.

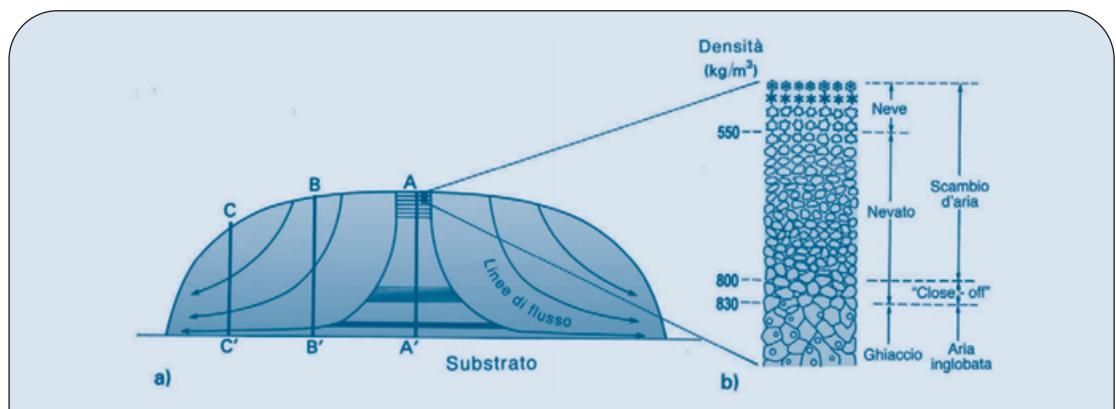


Figura 1
 Schema di una calotta di ghiaccio e del processo di trasformazione della neve in nevato e ghiaccio. Solo una perforazione nel sito A (come per esempio Dome C) incontrerà ghiaccio non deformato e accumulatosi nella stessa regione



La perforazione nel sito di Dome C è iniziata nel dicembre 1996 ed è terminata nel dicembre 2004 alla profondità di 3.260 m, poco al di sopra del substrato roccioso ove è stato raccolto il ghiaccio più antico mai recuperato in sondaggio (circa 800 mila anni). La perforazione era stata preceduta da una campagna di indagini geofisiche, condotte da ricercatori italiani, per la scelta del sito più idoneo e per la misura dello spessore del ghiaccio. Nella perforazione a Dome C un ruolo logistico e scientifico preponderante hanno avuto Italia e Francia, dalle cui stazioni costiere partivano i rifornimenti. Nel sito di perforazione è stato installato un campo di tende, che è servito anche come campo di montaggio per la costruzione della vicina stazione permanente italo-francese Concordia.

Il carotaggio ha richiesto lo sviluppo di tecnologie altamente specializzate. Tecnici del Centro del Brasimone dell'ENEA hanno sviluppato e realizzato la componente elettronica di comando e controllo del sistema di perforazione (riquadro "I sistemi di perforazione in ghiaccio: il contributo dell'ENEA da EPICA a IDRA"). Le ricerche italiane sono svolte nell'ambito del Programma Nazionale di Ricerca in Antartide (PNRA), finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca

e sono state gestite fino al 2003 dal Progetto Antartide dell'ENEA e successivamente dal Consorzio per l'attuazione del Programma Nazionale di Ricerche in Antartide (costituito da ENEA, CNR, INGV ed OGS).

I risultati scientifici della perforazione sono stati in parte già pubblicati (oltre 180 lavori) su prestigiose riviste internazionali ed hanno costituito un progresso molto significativo nello studio delle variazioni climatiche nel passato, raddoppiando l'intervallo di tempo esplorato rispetto alle conoscenze precedenti. Le carote di ghiaccio estratte e in corso di studio contengono infatti una documentazione paleoclimatica continua degli ultimi 800.000 anni, in cui si sono succeduti 9 principali cicli glaciali/interglaciali (EPICA community members, 2004; Jouzel et al., 2007, Siegenthaler et al., 2005). Altre significative lunghe sequenze antartiche sono state ottenute presso la stazione tedesca di Kohnen (EPICA community members, 2006) e presso la base giapponese di Dome Fuji (Watanabe et al., 2003). A tali carote si affiancano perforazioni, come quelle nei siti di Siple Dome, Law Dome, Taylor Dome ecc., che coprono con elevatissima risoluzione intervalli temporali più brevi.

Principali evidenze sul clima del passato e sui cambiamenti in atto

L'esame delle registrazioni climatiche nel ghiaccio dell'Antartide, assieme a quelle dei siti in Groenlandia, ha contribuito a chiarire numerosi punti sul funzionamento del sistema climatico terrestre, sul ruolo delle varie componenti e sulla natura ed entità dei cambiamenti in atto.

1) *Nella successione paleoclimatica, l'anidride carbonica (CO₂) ed il metano (CH₄) hanno fluttuato sostanzialmente in fase con la temperatura. Negli ultimi*



Figura 2
Veduta della stazione italo-francese Concordia durante la notte polare (foto: L. Agnoletto)



800.000 anni la concentrazione di CO₂ è variata da un minimo di circa 180 ppm (*parti per milione*) nelle fasi più fredde ("Glaciali", con temperature inferiori alle attuali di 10-15 °C) a un massimo di 300 ppm in quelle più calde ("Interglaciali", anche con temperature superiori alle attuali di 2-3 °C). Analogamente la concentrazione di CH₄ è variata da 350 ppb (*parti per miliardo*) a 775 ppb (figura 3).

2) *Le concentrazioni attuali dei gas serra in atmosfera sono le più alte mai registrate negli ultimi 800.000 anni.* Nel periodo pre-industriale i contenuti di CO₂ e CH₄ erano rispettivamente di 277 ppm e di 715 ppb. Gli attuali contenuti di questi gas in atmosfera sono di 380 ppm per la CO₂ (+35% rispetto al XIX secolo) e di 1.780 ppb per il CH₄ (+ 130% rispetto al XIX secolo) e non erano mai stati raggiunti negli ultimi 800.000 anni. L'incremento antropico avvenuto negli ultimi 200 anni è pari agli aumenti osservati nei dati paleoclimatici fra un glaciale ed un interglaciale per la CO₂ (100 ppm) e di tre volte (1000 ppb) per il CH₄.

3) *Le attuali concentrazioni dei gas serra in atmosfera stanno crescendo con velocità eccezionale, cento volte superiori a quelle naturali.* Nel periodo 1992-2005 l'aumento di CO₂ è stato di 1,61 ppm per anno raggiungendo nel 2005 un valore annuale di 2 ppm. Nella registrazione paleoclimatica del ghiaccio, durante le transizioni fra periodi glaciali e interglaciali, i massimi incrementi osservati sono stati di 0,03 ppm/anno. Quindi per la CO₂, e analogamente per il CH₄, le velocità di crescita attuali risultano di due ordini di grandezza superiori a quelle naturali.

4) *Le carote di ghiaccio confermano il forzante astronomico già riscontrato nei sedimenti marini.* La ciclicità climatica è innescata dalle variazioni di insolazione dovute a cause astronomiche (cicli di Milankovitch). Negli ultimi 800.000 anni è prevalso il ciclo con periodicità di circa 100.000 anni. Tra circa 430.000 anni (evento "Mid Brunhes") e 800.000 anni (transizione del Medio Pleistocene) si è osservata una variazione nell'ampiezza dei cicli con interglaciali meno caldi, ma di durata superiore.

5) *Il periodo interglaciale attuale presenta notevoli similitudini con un periodo caldo avvenuto circa 400.000 fa.* I ricercatori hanno osservato che alcuni andamenti ed i parametri orbitali di un antico periodo caldo dalla durata eccezionalmente lunga sono simili a quelli presenti. Allo stato attuale delle conoscenze, questo periodo rappresenta il miglior analogo per l'andamento climatico presente e futuro senza il forzante dovuto alle attività umane. Per confronto con la registrazione paleoclimatica, si può concludere che il pianeta non è prossimo ad una glaciazione e che anzi l'attuale periodo interglaciale potrebbe con-

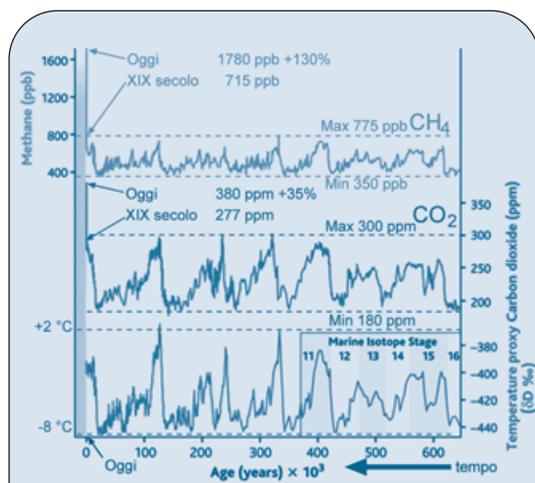


Figura 3
Andamento dei gas ad effetto serra (anidride carbonica, metano) e del deuterio (δD, rappresentativo della temperatura dell'aria) nella carota di ghiaccio di EPICA-Dome C (modificato da Brook, 2006) negli ultimi 650.000 anni. L'età geologica aumenta da sinistra (periodo odierno) verso destra (periodi più antichi)



tinuare per almeno altri 15 mila anni in assenza del forzante climatico antropico.

6) *Nel passato le variazioni di CO₂ hanno seguito quelle della temperatura con un ritardo di alcuni secoli, ma attualmente sta avvenendo il contrario.* Nella registrazione paleoclimatica, le grandi variazioni di temperatura sono state determinate da cause astronomiche e la CO₂ ha agito da amplificatore con un processo di retroazione positivo. La situazione degli ultimi due secoli appare differente in quanto l'incremento dei gas serra in atmosfera ha preceduto il recente aumento della temperatura globale, a dimostrazione di una perturbazione antropica del sistema climatico.

7) *Il clima può variare repentinamente.* Oltre ai ben noti cicli glaciali/interglaciali di Milankovitch, le carote di EPICA hanno mostrato variazioni climatiche di più breve durata (circa un millennio), che iniziano e terminano bruscamente e che sono in opposizione di fase rispetto all'emisfero settentrionale (eventi Dansgaard-Oeschger). È come se, nel sistema climatico, agisse un'altalena polare, per la quale quando l'emisfero meridionale si raffredda, quello settentrionale si riscalda e viceversa, grazie ad un meccanismo di trasferimento del calore tramite le correnti oceaniche termoline, da un emisfero all'altro. Secondo alcuni ricercatori, questo meccanismo che ha agito nel passato potrebbe rinnovarsi nel prossimo futuro, in conseguenza dei cambiamenti climatici previsti in uno scenario di ulteriore riscaldamento climatico, prodotto dalla continua e crescente immissione di gas serra.

8) *Le fluttuazioni delle polveri continentali sono antitetiche a quelle della*

temperatura. Il contenuto delle particelle di origine desertica nelle carote di ghiaccio aumenta nelle fasi glaciali (maggiore aridità) mentre praticamente si azzerava durante i periodi interglaciali (maggiore umidità). Il flusso del particolato atmosferico dipende principalmente dalle condizioni delle aree sorgenti, che per l'Antartide sono rappresentate dalle steppe della Pampa-Patagonia. In Antartide, al termine di una glaciazione, il flusso di polveri diminuisce prima che aumentino temperatura e concentrazione di gas serra, indicando che i cambiamenti ambientali in Sud America (circolazione atmosferica? ciclo idrologico?) iniziano prima che in Antartide. C'è un grande interesse della comunità scientifica internazionale sugli aerosol minerali in quanto attenuano la radiazione solare sulla superficie terrestre e svolgono un ruolo importantissimo nei cicli biogeochimici. Inoltre il loro studio contribuisce a ricostruire gli andamenti e la variabilità della circolazione atmosferica nel passato.

9) *L'attività vulcanica esplosiva non sembra avere avuto effetti sul clima, salvo quelli già noti e di breve durata (pochi anni).* Gli aerosol vulcanici sono in grado di viaggiare per lunghissime distanze dal punto di emissione lasciando traccia sulle calotte polari. Picchi di acidità e polveri vulcaniche riconoscibili nel ghiaccio sono correlati a forti eruzioni e permettono di ricostruire la storia vulcanica esplosiva, di datare le sequenze climatiche e di collegarle precisamente le une alle altre. La documentazione paleoclimatica mostra che l'aumento di gas serra in atmosfera durante il periodo industriale non è stato condizionato dalle emissioni vulcaniche, le quali quindi svolgono un ruolo marginale e comunque transitorio sul clima terrestre.



Perforazioni superficiali: il Progetto ITASE

A causa della quasi totale assenza di stazioni scientifiche nell'area interna della Calotta Antartica e della severità delle condizioni climatico-ambientali-logistiche, l'Antartide è il continente meno conosciuto e studiato del nostro pianeta. Il Progetto ITASE (*International Trans-Antarctic Scientific Expedition*) ha lo scopo di raccogliere e interpretare informazioni climatico-ambientali nelle aree più remote e sconosciute della Calotta Antartica, attraverso lo sforzo coordinato di numerosi programmi di ricerca nazionali e multinazionali (Mayewski et al., 2005). L'obiettivo principale del progetto ITASE è di determinare la variabilità spaziale del clima in Antartide (precipitazione nevosa, temperatura dell'aria, circolazione atmosferica, contenuto in aerosol ecc.) negli ultimi 200 anni e, ove possibile, negli ultimi 1000 anni.

Le informazioni scientifiche raccolte nell'ambito di ITASE sono essenziali per interpretare i dati derivanti dalle perforazioni profonde (ad esempio EPICA), per monitorare le condizioni climatiche e la composizione dell'atmosfera nelle aree più remote del continente, per valutare l'attuale contributo della Calotta Antartica alle variazioni del livello del mare e per interpretare i dati telerilevati da satellite (Mayewski et al., 2005; Remy & Frezzotti, 2006).

Al programma ITASE partecipano, oltre all'Italia, 18 nazioni. Le attività scientifiche si svolgono lungo transetti che congiungono le basi costiere con i siti più remoti dell'interno del continente (figura 4), sede anche delle perforazioni profonde (EPICA Dome C e Dronning Maud Land, Vostok, Dome Fuji ecc.).

Il Progetto ITASE ha raccolto finora più di 20.000 km di stratigrafie della superficie nevosa (snow radar), ha perforato più di 240 carote di neve e ghiaccio (per un tota-

le di oltre 7.000 m), ha esplorato parte delle aree più remote dell'interno raggiungendo la culminazione della Calotta Orientale a più di 4.000 m di quota, ha effettuato campionamenti d'aria fino a quote superiori a 20.000 m.

Le attività italiane sono state coordinate dall'ENEA ed hanno contribuito in maniera significativa (circa 40%) al progetto ITASE, sia in termini di organizzazione che di ricerca scientifica, esplorando in collaborazione con il gruppo di ricerche francese l'area di drenaggio di Dome C (es. Frezzotti et al., 2004b, 2007; Mayewski et al., 2005; Monaghan et al., 2006). Si tratta di un'area di un milione di km², circa 3 volte la superficie dell'Italia. Tra i risultati più significativi figurano: la ricostruzione paleoclimatica degli ultimi 800 anni nel sito di Talos Dome; la scoperta e lo studio di morfologie eoliche di notevoli dimensioni, dovute ad una peculiare interazione fra la criosfera e l'atmosfera (megadune); l'identificazione dei processi che regolano il contributo dell'Antartide alle presenti e future variazioni del livello del mare; la ricostruzione della distribuzione geografica dell'accumulo nevoso, degli aerosol, del rapporto isotopico dell'ossigeno e dell'idrogeno della neve, della temperatura media annua; la scoperta della mobilità dei duomi dovuta a fenomeni di accumulo nevoso.



Figura 4

Carovana di mezzi cingolati del PNRA lungo la traversa ITASE. La carovana è formata da 4 veicoli cingolati che trainano 5 moduli montati su slitte (modulo abitazione, modulo generazione ed officina, modulo perforazione, modulo magazzino) e 3 cisterne di carburante. Questa carovana costituisce per alcuni mesi un laboratorio mobile di ricerca



Le carote di ghiaccio aiutano gli scienziati a rintracciare antichi eventi vulcanici e meteoritici

Biancamaria Narcisi

L'ENEA partecipa attivamente agli studi delle carote polari estratte nell'ambito di progetti paleoclimatici internazionali attraverso ricerche sperimentali sulle polveri minerali preservate nel ghiaccio. L'ENEA è *principal investigator* nelle attività che riguardano le particelle di origine vulcanica prodotte in occasione di grandi eruzioni esplosive avvenute nell'ultimo milione di anni. Le caratteristiche morfologiche, mineralogiche e geochimiche delle minuscole particelle, indagate con tecniche di microscopia elettronica, forniscono indicazioni sulla composizione del magma e permettono di risalire al vulcano sorgente. Da queste indagini si ottengono elementi per la ricostruzione della circolazione atmosferica del passato e per la datazione degli strati di ghiaccio. Dopo alcune esperienze sulla carota GRIP estratta nella Groenlandia centrale e su alcune sequenze superficiali dell'Antartide, le indagini recenti dell'ENEA hanno riguardato la carota di EPICA estratta presso la stazione antartica italo-francese di Concordia. Lo studio, condotto in collaborazione con qualificati istituti di ricerca italiani e francesi, ha permesso di identificare alcuni livelli di cenere vulcanica provenienti principalmente dai centri eruttivi delle Isole South Sandwich (Oceano Atlantico meridionale) e dagli apparati del Sud America e dell'Antartide Occidentale (Narcisi et al., 2005). Le ricerche hanno ricostruito le traiettorie delle masse d'aria sulla Calotta Orientale dell'Antartide durante gli ultimi due cicli climatici glaciale-interglaciale (circa 220.000 anni). Inoltre, gli orizzonti vulcanici hanno contribuito alla correlazione di precisione tra la carota di EPICA e le altre lunghe sequenze di ghiaccio campionate nella calotta antartica (Vostok e Dome Fuji) al fine di un confronto diretto dei segnali climatici registrati nel ghiaccio polare. Un ulteriore importante risultato è stata l'assegnazione di un livello di cenere nella carota EPICA ad una eruzione nota e ben datata radiometricamente del vulcano Monte Berlin (Terra di Marie Byrd, Antartico Occidentale) (Narcisi et al., 2006). Tale informazione cronologica ha contribuito a perfezionare la scala temporale della carota, ottenuta attraverso modelli glaciologici (Parrenin et al., 2007). Attualmente sono in corso indagini sulle polveri vulcaniche negli strati più profondi delle sequenze di EPICA-Dome C e di Vostok e sono in corso collaborazioni scientifiche per lo studio della carota EPICA a Kohlen. Inoltre, è iniziato l'esame del particolato vulcanico della successione di Talos Dome (TALDICE) che appare molto promettente. Data la vicinanza geografica ai vulcani esplosivi della Terra Vittoria, questa serie contiene numerosissimi orizzonti di cenere vulcanica che permetteranno la correlazione con altre sequenze climatiche del continente e forniranno preziose informazioni sull'età degli strati di ghiaccio.

Recentemente, gli studi dell'ENEA sulle polveri nel ghiaccio antartico hanno permesso di scoprire due livelli di detrito di origine extraterrestre depositosi 481.000 e 434.000 anni fa (Narcisi et al., 2007) (figura 5). Si tratta di un ritrovamento rilevante, dal momento che le ricerche finora pubblicate avevano riguardato esclusivamente le micrometeoriti negli strati nevosi superficiali e legate al flusso cosmico continuo. Per la prima volta sono stati identificati nel ghiaccio antico eventi extraterrestri ben datati che contribuiscono significativamente a ricostruire l'inventario degli episodi cosmici che hanno interessato l'emisfero meridionale. Il materiale rinvenuto nella carota di ghiaccio verrà confrontato con quello recuperato negli strati nevosi superficiali del sito di Concordia, ove è in corso uno specifico progetto scientifico, e fornirà informazioni sulla formazione ed evoluzione del sistema solare. Infine, dal punto di vista cronostratigrafico, i due livelli di micrometeoriti di Dome C rappresentano importanti orizzonti isocroni per il collegamento con altre sequenze climatiche dell'area antartica e la loro datazione.

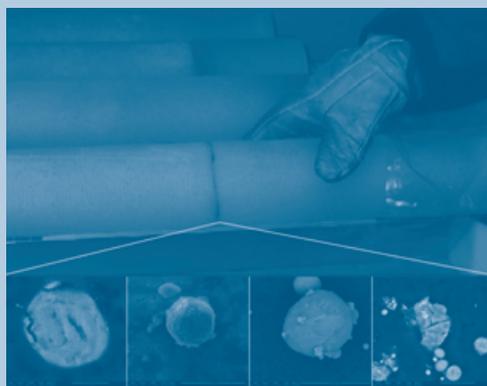


Figura 5

Strato di micrometeoriti nella carota di ghiaccio di EPICA-Dome C, depositosi circa 481.000 anni fa in occasione di un evento extraterrestre. In basso, alcune particelle cosmiche al microscopio elettronico



I nuovi programmi di perforazione: il Progetto TALDICE

La mole di dati prodotta nell'ambito delle ricerche polari ha contribuito alla conoscenza della variabilità dei fenomeni climatici e delle loro cause, ed alla elaborazione di modelli climatici. Nonostante gli sforzi prodotti tuttavia, alcune questioni, come ad esempio i meccanismi di distribuzione del calore sul nostro pianeta, le relazioni di fase dei cambiamenti tra i vari settori del globo, il ruolo accoppiato dell'atmosfera e degli oceani e quello degli aerosol continentali nel controllo dei cambiamenti climatici, non sono ancora adeguatamente compresi. Mentre continuano nei laboratori europei gli studi sulle carote già estratte, sono stati varati nuovi programmi internazionali di perforazione dei ghiacci dell'Antartide. Tali programmi hanno lo scopo di:

- 1) ampliare la copertura geografica delle osservazioni paleoclimatiche comprendendo siti chiave finora inesplorati; 2) estendere la registrazione degli eventi climatici e atmosferici a periodi più antichi; 3) focalizzare l'attenzione su periodi climatici d'importanza fondamentale, quali ad esempio gli ultimi due millenni e le transizioni fra periodi glaciali e interglaciali.

Le perforazioni del ghiaccio polare future e in corso di realizzazione sono inquadrare nell'ambito di IPICS (*International Partnership in Ice Core Sciences*), una iniziativa che coinvolge la comunità scientifica mondiale e che promuove e coordina le azioni da svolgere nel prossimo decennio. Un gruppo di scienziati, ingegneri e

drillers di 18 nazioni, tra le quali figura anche l'Italia, hanno individuato alcune linee prioritarie di attività. Per l'Antartide, le attività riguardano la realizzazione di una rete di perforazioni superficiali ad alta risoluzione temporale per investigare gli ultimi due millenni, lo studio di dettaglio degli ultimi 40.000 anni anche attraverso nuove perforazioni, e infine la realizzazione di una perforazione profonda che estenda le conoscenze sul clima e sulla composizione dell'atmosfera a circa 1,5 milioni di anni fa.

Parte integrante di IPICS relativamente alla linea sullo studio degli ultimi 40.000 anni (*40,000 year network: a bipolar record of climate forcing and response*) è il Progetto di perforazione europeo (Italia, Francia, Germania, Gran Bretagna, Svizzera) coordinato dall'ENEA, denominato TALDICE (*TALos Dome ICE core project*).

Il progetto prevede la perforazione e lo studio di una carota profonda (1.550 m) nel duomo costiero di Talos Dome, Terra Vittoria settentrionale (Frezzotti et al., 2004a). La perforazione del ghiaccio ha raggiunto lo scorso gennaio la profondità di 1.300 m e dovrebbe concludersi in prossimità del substrato roccioso durante la campagna antartica 2007-08.

L'analisi della carota permetterà di ottenere informazioni a risoluzione temporale decennale delle variazioni climatiche ed ambientali registrate nel settore del Mare di Ross negli ultimi 40.000 anni e a bassa risoluzione fra 40.000 e 100.000 anni fa. Per raggiungere lo strato roccioso l'ENEA ha sviluppato un nuovo sistema di perforazione migliorando nell'elettronica e nel sistema di raccolta dei *chips* il carotiere di EPICA.



I sistemi di perforazione in ghiaccio: il contributo dell'ENEA da EPICA a IDRA

Fabrizio Frascati, Saverio Panichi, Maurizio Armeni
ENEA, Dipartimento Fusione, Tecnologie e Presidio Nucleari

Le perforazioni profonde in ghiaccio hanno rappresentato una sfida tecnologica per la comunità scientifica internazionale. Le località più idonee per ottenere sequenze stratigrafiche indisturbate sono ubicate alla sommità delle calotte polari, nei luoghi più remoti ed ostili del nostro pianeta. Le condizioni ambientali in cui deve operare il sistema di perforazione sono molto severe, ad esempio la temperatura nel foro può variare da -55 °C ai valori di fusione del ghiaccio, con pressioni di oltre 450 bar. La natura viscoso-plastica del ghiaccio impedisce l'utilizzo dei comuni sistemi di perforazione di rocce e sedimenti, i quali presentano un motore di superficie che, attraverso l'innesto successivo di una serie di aste, fa penetrare la testa di perforazione e l'annesso carotiere. Il carotaggio in ghiaccio (figura 6) invece si avvale di un sistema "elettro-meccanico" teleguidato dalla superficie attraverso un cavo; inoltre il foro viene tenuto aperto mediante l'immissione di un liquido costituito generalmente da cherosene e un densificante necessario per raggiungere la densità del ghiaccio. Il sistema "elettro-meccanico" penetra nel ghiaccio con un metodo ad asportazione successiva ed è costituito da un sistema antirotazione (che si ancora alle pareti del foro), un motore, un "serbatoio" per la raccolta dei trucioli di perforazione, un sistema di trasporto dei trucioli dalla testa del carotiere al "serbatoio" tramite pompe a sistemi elicoidali, un tubo per la raccolta della carota di ghiaccio ("carotiere") e da una testa di perforazione costituita da una serie di "coltelli". Gli attuali sistemi utilizzati nelle perforazioni profonde in Artide ed Antartide rappresentano lo sviluppo di tecnologie via via più sofisticate impiegate dalla comunità europea, americana e giapponese a partire dal sistema ISTUK (dal danese IS che significa ghiaccio, TUK perforare in groenlandese) utilizzato dal 1978 al 1981 durante la perforazione GISP1 condotta da un gruppo americano-danese-svizzero in Groenlandia, che raggiunse il substrato roccioso dopo aver estratto 2037 m di ghiaccio.

Nel 1996 quando la comunità scientifica europea varò il Progetto EPICA, l'Italia non aveva alcuna esperienza nei sistemi di perforazione in ghiaccio. L'ing. Mario Zucchelli, allora responsabile del Progetto Antartide dell'ENEA, ebbe l'idea di sfruttare le competenze impiantistiche e strumentali presenti nei laboratori ENEA del Centro Ricerche Brasimone per contribuire alla realizzazione del carotiere di EPICA. I tecnici ENEA hanno realizzato il sistema elettronico di comando/controllo che ha rappresentato uno dei componenti più innovativi nel campo delle perforazioni profonde. I carotieri precedenti a quello di EPICA non presentavano un vero e proprio sistema di controllo e di trasmissione dei dati dal carotiere alla superficie. L'elettronica sviluppata presso i Laboratori ENEA è stata collocata nella parte alta del sistema di perforazione, all'interno di un apposito tubo pressurizzato concepito per resistere a pressioni di oltre 450 bar, ed ha permesso di tenere sotto osservazione, durante la perforazione, una grande quantità di dati, catalogarli e visualizzarli su computer attraverso un'interfaccia grafica. In questo modo si riesce a fornire all'operatore in superficie una percezione immediata delle condizioni in cui la macchina opera, facilitandone un corretto e più sicuro utilizzo.

A partire dal 2000 la comunità scientifica del PNRA ha promosso, nell'ambito delle grandi infrastrutture di campagna, lo sviluppo di un proprio sistema di perforazione profonda in ghiaccio da utilizzare nel Progetto TALDICE. Il nuovo sistema denominato IDRA (Italian Drill for Research in Antarctica) rappresenta l'evoluzione del sistema di EPICA ed è stato progettato e costruito presso i Laboratori ENEA del Brasimone. Il progetto si è avvalso per la parte meccanica del contributo dei colleghi francesi del Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement (LGGE, Grenoble).

Le innovazioni di IDRA rispetto ai sistemi precedenti sono: modularità e trasportabilità con piccoli aerei (carico massimo 1.200 kg); nuova elettronica, semplificata e migliorata in base alle esperienze acquisite in EPICA; utilizzo di due motori, uno per la trasmissione del movimento di rotazione alla testa di perforazione e uno per l'aspirazione dei trucioli di perforazione; impiego di un sistema di aspirazione basato su una pompa ad immersione che, eliminando gli attriti meccanici propri del sistema ISTUK, migliora il rendimento e diminuisce la potenza elettrica totale necessaria al funzionamento del sistema. Inoltre, è stata invertita la direzione dei flussi del liquido di perforazione, in modo da ottenere un filtraggio dei trucioli che sfrutta il movimento centrifugo insito nel funzionamento della macchina. Il nuovo sistema di perforazione sarà utilizzato nel corso della prossima spedizione in Antartide per raggiungere il substrato roccioso della perforazione TALDICE.



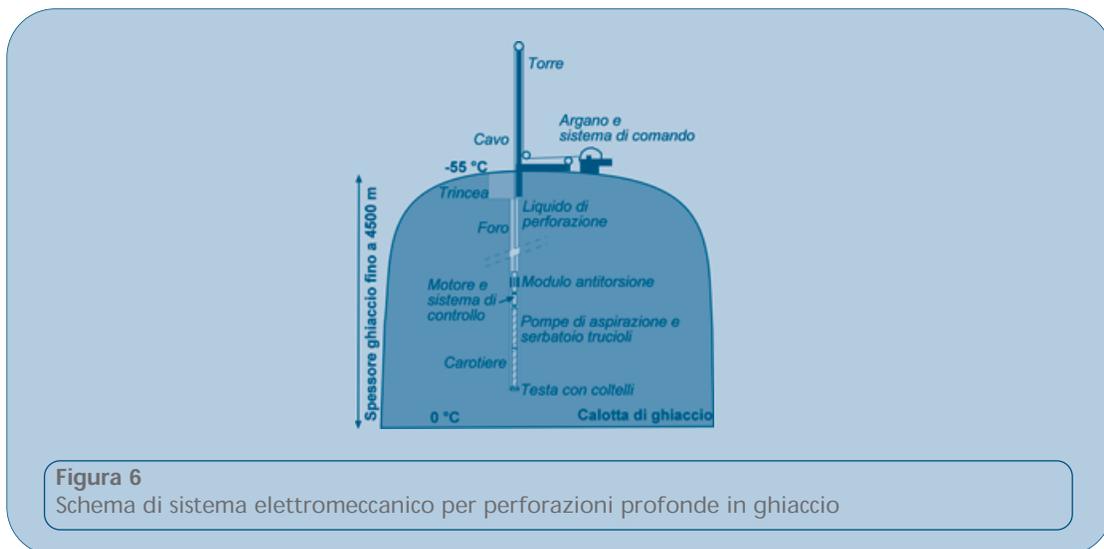


Figura 6
Schema di sistema elettromeccanico per perforazioni profonde in ghiaccio

Conclusioni

I ghiacci polari svolgono un ruolo fondamentale nel sistema climatico del nostro pianeta e il loro studio permette di conoscere il nostro passato e aiuta a prevedere il nostro futuro ambientale. La ricerca scientifica nelle aree polari ha assunto un valore strategico nei paesi più industrializzati che da anni impegnano risorse umane, intellettuali e finanziarie per l'esplorazione di queste regioni impervie del pianeta. Anche l'Italia, e con essa l'ENEA, partecipa ai grandi progetti glaciologici internazionali con competenze scientifiche, tecnologiche e di management. È auspicabile una continuità delle risorse e una programmazione pluriennale delle attività polari per proseguire e rafforzare il ventennale impegno italiano.

Per informazioni
frezzotti@casaccia.enea.it
narcisi@casaccia.enea.it

Bibliografia essenziale

- Brook E.J. (2005). Tiny bubbles tell all. *Science* 310, 1285-1287.
- EPICA community members (2004.). Eight glacial cycles from an Antarctic ice core. *Nature*, 429, 623-628.
- EPICA community members, (2006). One-to-one coupling glacial climate variability in Greenland and Antarctica. *Nature*, 444, 195-198.
- Frezzotti M., Bitelli G., de Michelis P., Deponti A., Forieri A., Gandolfi S., Maggi V., Mancini F., Rémy F., Tabacco I.E., Urbini S., Vittuari L., Zirizzotti A. (2004a). Geophysical survey at Talos Dome (East Antarctica): the search for a new deep-drilling site. *Annals of Glaciology*, 39, 423-432.
- Frezzotti M., Pourchet M., Flora O., Gandolfi S., Gay M., Urbini S., Vincent C., Becagli S., Gragnani R., Proposito M., Severi M., Traversi R., Udisti R., Fily M. (2004b). New estimations of precipitation and surface sublimation in East Antarctica from snow accumulation measurements. *Climate Dynamics*, 23(7-8): 803-813 (DOI: 10.1007/s00382-004-0462-5).
- Frezzotti M., Urbini S., Proposito M., Scarchilli C., Gandolfi S. (2007). Spatial and temporal variability of surface mass balance near Talos Dome, East Antarctica. *Journal Geophysical Research*, 112, F02032, doi:10.1029/2006JF000638.
- Jouzel J., V. Masson-Delmotte, O. Cattani, S. Falourd, G. Hoffmann, B. Minster, J. Nouet, J.-M. Barnola, J. Chappellaz, H. Fischer, J.C. Gallet, S. Johnsen, M. Leuenberger, L. Loulergue, D. Leuthi, H. Oerter, F. Parrenin, G. Raisbeck, D.



Raynaud, A. Schilt, J. Schwander, E. Selmo, R. Souchez, R. Spahni, B. Stauffer, J.P. Steffensen, B. Stenni, T.F. Stocker, J.-L. Tison, M. Werner, E. Wolff (2007). Orbital and millennial Antarctic climate variability over the past 800,000 years. *Science*, 317, 793-796.

Mayewski, PA, Frezzotti, M, Bertler N., Van Ommen T., Hamilton G., Jacka T.H., Welch B., Frey M., Dahe, Qin, Jiawen R., Simões J., Fily M., Oerter H., Nishio F., Isaksson E., Mulvaney R., Holmud P. Lipenkov V., Goodwin I. (2005). The International Trans-Antarctic Scientific Expedition (ITASE): an overview. *Annals of Glaciology*, 41, 180-185.

Monaghan A.J., Bromwich D.H., Fogt R.L., Wang SH, Mayewski PA, Dixon DA, Ekaykin A., Frezzotti M., Goodwin I., Isaksson E., Kaspari SD, Morgan VI, Oerter H., Van Ommen T., Van der Veen CJ, Wen J. (2006). Insignificant Change in Antarctic Snowfall Since the International Geophysical Year. *Science*, 313, 827-831.

Narcisi B., Petit J.R., Delmonte B., Basile-Doelsch I., Maggi V. (2005). Characteristics and sources of tephra layers in the EPICA-Dome C ice record (East Antarctica): implications for past atmospheric circulation and ice core stratigraphic correlations. *Earth and Planetary Science Letters*, 239, 253-265.

Narcisi B., Petit J.R., Tiepolo M. (2006). A volcanic marker (92 ka) for dating deep East Antarctic ice cores. *Quaternary Science Reviews*, 25, 2682-2687.

Narcisi, B., Petit J.R., Engrand C. (2007). First discovery of meteoritic events in deep Antarctic (EPICA-Dome C) ice cores. *Geophysical Research Letters*, 34, L15502, doi:10.1029/2007GL030801.

Parrenin, F., J.-M. Barnola, J. Beer, T. Blunier, E. Castellano, J. Chappellaz, G. Dreyfus, H. Fischer,

S. Fujita, J. Jouzel, K. Kawamura, B. Lemieux, L. Loulergue, V. Masson-Delmotte, B. Narcisi, J.R. Petit, G. Raisbeck, D. Raynaud, U. Ruth, J. Schwander, M. Severi, R. Spanhi, J.P. Steffensen, A. Svensson, R. Udisti, C. Waelbroeck, And E. Wolff (2007). The EDC3 agescale for the EPICA Dome C ice core. *Climate of the Past*, 3, 485-497.

Petit, J.R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N.I., Barnola, J.-M., Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, M., Delaygue, G., Delmotte, M., Kotlyakov, V.M., Legrand, M., Lipenkov, V.Y., Lorius, C., Pépin, L., Ritz, C., Saltzman, E., Stievenard, M. (1999). Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core Antarctica. *Nature*, 399, 429-436.

Remy F. and Frezzotti M. (2006). Antarctica ice sheet mass balance. *Comptes Rendus Geosciences* 338: 1084-1097.

Watanabe O., J. Jouzel, S. Johnsen, F. Parrerin, H. Shoji and N. Yoshida (2003). Homogeneous climate variability across East Antarctica over the past three glacial cycles. *Nature* 422, 509-512.

Siegenthaler, U., T.F. Stocker, E. Monnin, D. Lüthi, J. Schwander, B. Stauffer, D. Raynaud, J.-M. Barnola, H. Fischer, V. Masson-Delmotte, and J. Jouzel (2005). Stable carbon cycle-climate relationship during the Late Pleistocene. *Science*, 310, 1313-1317.

Siti web

EPICA http://www.esf.org/esf_article.php?activity=1&article=85&domain=3

IPCC <http://www.ipcc.ch/pub/pub.htm>

IPICS <http://www.pages-igbp.org/science/initiatives/ipics/index.html#>

ITASE <http://www2.umaine.edu/itase/>

PNRA <http://www.pnra.it/>, <http://www.csnait.it>



Le attività ENEA sui cambiamenti climatici

A cura di Vincenzo Artale*
e Massimo Iannetta**

ENEA

*Dipartimento Ambiente,
Cambiamenti Globali e Sviluppo Sostenibile

**Dipartimento Biotecnologie,
Agroindustria e Protezione della Salute

Da oltre venti anni l'ENEA studia il fenomeno dei cambiamenti climatici, in particolare nel Mediterraneo e in Italia, valutandone gli impatti e gli scenari futuri, in un quadro più ampio di conoscenze volte alla promozione di politiche di sviluppo sostenibile. La strategia presentata è quella di un "adattamento flessibile" basato su una "filiera corretta di conoscenze", in grado di minimizzare le conseguenze negative prevedibili

ENEA's activities in the field of climate change

ENEA has been studying the phenomenon of climate change for more than twenty years, focusing in particular on the Mediterranean and Italy, evaluating impacts and future scenarios in a wider framework of knowledge aimed at promoting sustainable-development policies. The strategy presented in this article is "flexible adaptation" based on a "correct body of knowledge" and capable of minimizing the foreseeable adverse effects



Parte Prima - Evidenze, studio e analisi dei cambiamenti climatici

Variabilità climatica ed effetto serra

L'approccio più idoneo per introdurre il problema dei cambiamenti climatici è quello dell'analisi delle osservazioni, sulla base delle quali si sviluppa poi una teoria, al fine di comprenderne maggiormente i processi e i meccanismi. Lo studio delle osservazioni disponibili ci permette, altresì, di valutare la vulnerabilità del sistema climatico, ovvero di capire quale sarà l'impatto dei cambiamenti osservati o previsti sul sistema stesso e, infine, come il sistema si adatterà ai cambiamenti climatici, in atto e futuri. Solo così sarà possibile definire quelle azioni "di mitigazione", ossia quelle azioni in grado di ridurre o attenuare i cambiamenti climatici.

La principale fonte di energia della terra è il sole, quindi il primo dato su cui porgere la nostra attenzione riguarda i principali forzanti atmosferici che regolano il clima, i quali intervengono nel bilancio energetico del pianeta attraverso



so interazioni con la radiazione solare e la radiazione infrarossa o terrestre. L'effetto prodotto sul clima da una variazione della concentrazione di un forzante viene quantificato stimando il cambiamento indotto nel flusso di energia sotto forma di radiazione solare e terrestre alla quota della tropopausa, ossia a circa 15 km alle nostre latitudini. Questa grandezza viene definita "effetto radiativo" ed è rappresentativa degli effetti "istantanei" prodotti dalla variazione del forzante, non tiene conto cioè di effetti indiretti che si sviluppano su tempi medio-lunghi, e dei meccanismi di reazione o *feedback*. In prima approssimazione, la variazione di temperatura media globale è proporzionale all'effetto radiativo. L'effetto serra è l'aumento di temperatura indotto dalla variazione del flusso di radiazione terrestre, a sua volta dovuto all'aumento nella concentrazione dei gas che assorbono la radiazione terrestre, o gas ad effetto serra, come ad esempio la CO₂. Alcuni meccanismi di reazione giocano un ruolo fondamentale nel determinare quale sia la sensibilità del clima rispetto alla variazione di composizione dell'atmosfera. Il

più importante di questi meccanismi è il feedback del vapor d'acqua. Il vapor d'acqua intrappola una frazione di radiazione infrarossa maggiore rispetto ad ogni altro gas atmosferico, e la sua concentrazione in atmosfera dipende dalla temperatura. Il meccanismo di reazione si basa sul fatto che un aumento di temperatura produce un incremento della quantità atmosferica di vapor d'acqua, che a sua volta contribuisce significativamente all'effetto serra.

La CO₂ ieri e oggi

Le osservazioni più attendibili per desumere quanto il clima sulla terra sia cambiato nel passato, sono i carotaggi in Antartide ed in Groenlandia, ossia le analisi delle bolle d'aria intrappolate negli strati di ghiaccio, che rappresentano l'unica testimonianza disponibile della concentrazione dei gas serra precedente all'era moderna. Dai carotaggi più profondi si riesce a ricostruire la concentrazione di anidride carbonica degli ultimi 820.000 anni, in cui essa è variata da un minimo di circa 180 ppm nelle fasi più fredde a un massimo di 300 ppm in quelle più calde. Analogamente il me-

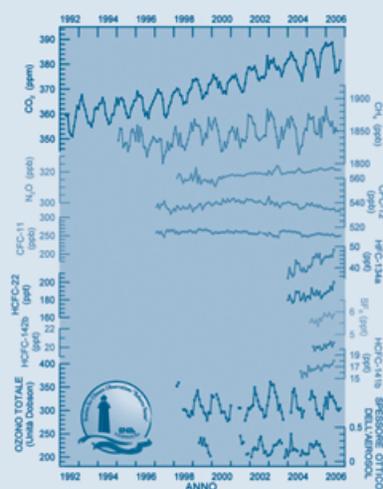


Figura 1

Evoluzione delle medie mensili di alcuni componenti dell'atmosfera misurati alla Stazione di Osservazioni Climatiche di Lampedusa (35.5°N, 12.6°E; <http://www.palermo.enea.it/Lampedusa>), nel Mar Mediterraneo



tano è variato da 350 ppb a 775 ppb. Attualmente il contenuto di anidride carbonica è di 380 ppm, con un incremento del 35% rispetto al XIX secolo. Il contenuto di metano è di 1780 ppb, +130% rispetto al XIX secolo (figura 1).

Per ottenere informazioni sul comportamento dei forzanti climatici e sui loro effetti è necessario individuare dei siti con caratteristiche particolari, non direttamente influenzati da sorgenti locali. A livello nazionale, misure sistematiche di CO₂ ed altri gas ad effetto serra vengono effettuate presso le stazioni di alta quota di Plateau Rosa, che si trova a 3.500 m di quota sulle Alpi occidentali, e di Monte Cimone, a 2160 m di quota nell'Appennino tosco-emiliano, e presso la stazione sull'isola di Lampedusa, nel settore meridionale del Mediterraneo centrale. Le stazioni di Lampedusa, Plateau Rosa e Monte Cimone sono inserite in reti internazionali di misura (Global Atmosphere Watch, dell'Organizzazione Meteorologica Mondiale), e costituiscono la Rete Nazionale per la Misura dei Gas ad Effetto Serra (figura 1).

Occorre infine ricordare che le maggiori incertezze nella stima degli effetti sul bilancio della radiazione riguardano il ruolo del particolato atmosferico, o aerosol, e delle nubi. Gli aerosol giocano un importante ruolo diretto sul bilancio radiativo, interagendo sia con la radiazione solare che con quella terrestre. Inoltre, essi costituiscono i nuclei sui quali si sviluppano le nubi, e sono in grado di influenzarne largamente le proprietà ottiche e radiative. Attraverso questo meccanismo, gli aerosol intervengono anche in modo indiretto nel bilancio della radiazione. Molte incertezze sono legate al ruolo delle nubi. Gli effetti da esse prodotti dipendono dalle loro caratteristiche microfisiche, dalla quota, e dalla temperatura alla quale si trovano. Mentre le nubi basse producono un in-

cremento del flusso radiativo uscente dall'atmosfera, e quindi un raffreddamento, i cirri, cioè le nubi di ghiaccio che si formano ad alta quota, possono produrre un riscaldamento. È quindi necessario studiare in maggior dettaglio caratteristiche, variabilità e distribuzione di queste nubi per determinarne il ruolo a scala regionale e globale.

Paleoclima del Mediterraneo

Gli studi paleoclimatici dei ricercatori ENEA sono stati avviati alla metà degli anni 80 e si riferiscono all'area del Mediterraneo centrale (Italia peninsulare e insulare, Africa Settentrionale), al deserto del Sahara e all'Antartide. Le variazioni climatiche nell'ultimo ciclo climatico glaciale-interglaciale in area mediterranea appaiono condizionate, in generale, dagli stessi fattori che hanno condizionato il clima globale, ma le sponde settentrionale e meridionale del bacino, a causa della diversa latitudine e conformazione morfologica dei continenti, sono spesso state interessate da tendenze climatiche opposte.

Alla fine dell'ultima glaciazione, con il ritorno della circolazione atmosferica alla situazione pre-glaciale, le tendenze del clima sulle due sponde del Mediterraneo tornarono ad essere abbastanza simili. Poi nel corso della prima parte dell'Olocene la temperatura aumentò, raggiungendo valori superiori agli attuali: sulle Alpi i ghiacciai si ritirarono e raggiunsero dimensioni inferiori alle attuali, il ghiacciaio del Calderone, sul Gran Sasso, scomparve, la vegetazione colonizzò aree di alta montagna attualmente interessate da fenomeni glaciali e periglaciali. Ricerche su speleotemi costieri confermano tale riscaldamento. Sulle sponde meridionali del Mediterraneo si ebbe un clima meno arido, ma l'incremento delle precipitazioni non fu grande quanto quello che interessò la



zona del Sahara posta a Sud della latitudine di circa 24-25°N. In tale periodo l'aumento di livello del mare fu molto veloce a causa dello scioglimento delle principali calotte glaciali. Attorno a 5.000 anni fa, le condizioni climatiche mutarono nuovamente. Sulla sponda settentrionale il clima subì una inversione di tendenza, le temperature cominciarono ad abbassarsi e si verificò un'alternanza di periodi a clima fresco e umido e periodi più caldi e/o aridi. Variazioni climatiche aventi generalmente la stessa frequenza, si verificarono anche sulla sponda meridionale, ma la tendenza generale del clima portò verso una maggiore aridificazione. Attorno a 4.200-4.500 anni fa si verificò un periodo di forte aridità anche sulla sponda settentrionale collegata, probabilmente, all'arrivo di masse di aria di provenienza Nord-Africana. La forte aridificazione della sponda meridionale del Mediterraneo degli ultimi millenni potrebbe essere dovuta, oltre che a fattori climatici, anche all'eccessivo sfruttamento attuato dalle popolazioni e all'assenza di interventi volti a sfruttare le scarse risorse idriche. L'ENEA ha utilizzato come *marker* per le variazioni di temperatura dell'aria e del mare speleotemi campionati in numerose grotte sommerse del mare Tirreno a profondità comprese tra -3 e -49 m ed a scale temporali tra 215 mila anni fa ed il presente. Per quanto riguarda le recenti variazioni di livello del mare ha utilizzato numerosi *marker* quali sondaggi, reef a vermetidi, i serpulidi concrezionati su speleotemi sommersi, solchi di battente ma soprattutto reperti archeologici oggi sommersi studiati e misurati su tutte le coste di mari Italiani. In particolare le misure delle piscine di allevamento di pesci di età romana Imperiale (2000 anni fa) rinvenute tra i -180 e i -120 cm sotto il livello attuale del mare hanno consentito la

convalida del modello isostatico delle coste italiane.

Monitoraggio del Mar Mediterraneo

Negli ultimi anni sono stati osservati cambiamenti significativi delle caratteristiche delle masse d'acqua del Mediterraneo e nella loro circolazione. In generale, negli ultimi 50 anni si è registrata una tendenza all'aumento di temperatura e salinità di alcune masse d'acqua profonde del Mediterraneo Occidentale.

Osservazioni da satellite

Uno dei più potenti strumenti di osservazioni è sicuramente il telerilevamento. In ENEA si è particolarmente sviluppata l'attività di telerilevamento del mare, sulla base di obiettivi ben precisi legati allo studio della variabilità stagionale ed interannuale di campi di parametri derivabili da misure satellitari ed in relazione ai processi fisici e biologici più rilevanti per lo studio del clima globale e regionale. Sono stati quindi sviluppati alcuni filoni di ricerca basati sull'uso integrato di una parte significativa di questi dati. Nel corso degli ultimi anni sono state analizzate, con scopi climatici, le serie di dati a partire dall'inizio degli anni 80 al fine di studiare i trend climatici e le periodicità pluriennali. Parallelamente, ed in collaborazione con altri laboratori nazionali ed internazionali, sono stati messi a punto nuovi metodi di analisi ed implementati sistemi utilizzabili in ambito operativo sia per la disseminazione di dati elaborati in tempo reale che per applicazioni di modellistica numerica della circolazione marina; a tal fine è stata sviluppata una banca dati di SST consultabile via internet (<http://clima.casaccia.enea.it/sst/>). L'analisi dell'andamento della temperatura superficiale del mare nel Mediterraneo ha permesso di valutare quantitativamente il trend positivo della temperatura negli



ultimi 20-25 anni e di validare le misure *in situ* disponibili al fine di valutarne la capacità di descrivere gli andamenti negli ultimi 120 anni. Questo lavoro servirà come base per la valutazione dei cambiamenti climatici recenti e della variabilità pluridecadale (figura 2).

Misure in continuo da postazioni fisse e studi in aree-chiave

A completare i sistemi di monitoraggio a lungo termine del Mediterraneo, da qualche anno sono operative boe oceanografiche corredate da ormeggi per le misure a maggiori profondità, che forniscono osservazioni meteorologiche e marine in continuo. In particolare nel Mar Ligure la boa d'altura (ODAS ITALIA 1 del CNR, con strumentazione ENEA accoppiata) situata al centro del bacino e la boa per il monitoraggio costiero (SAMA MAMBO, gestita dall'ENEA) situata nella costa orientale nel Parco Marino delle Cinque Terre, formano un sistema integrato di osservazioni. Tale sistema, oltre a fornire lunghe serie di dati fisici nello strato superficiale della colonna d'acqua, permette di affrontare studi di interazione aria-mare volti anche a migliorare la parametrizzazione dei modelli climatici da applicare al Mediterraneo e a validare

le misure satellitari. Tra i recenti risultati ottenuti grazie alla disponibilità di questa rete di osservazione va menzionato lo studio compiuto durante l'episodio di anomalo riscaldamento estivo del 2003 che ha interessato gran parte dell'Europa e dell'area mediterranea. Inoltre altri studi hanno riguardato il Transiente del Mediterraneo Orientale. In particolare, si sono affrontati studi atti a definire l'importanza relativa delle diverse aree di formazione di acque dense, evidenziando come le acque profonde dell'Adriatico Meridionale non siano state ricambiate nel periodo 1987-1999 e tracciando il percorso delle nuove acque profonde di origine Egea nel Mar Ionio e nel Levantino. L'ENEA ha inoltre coordinato il programma MIUR 5% "Ambiente Mediterraneo", nell'ambito del quale ha iniziato nel 1999 ad implementare la serie storica di dati fisici, chimici e di corrente nel Canale di Sicilia: tale serie temporale è ancora in corso. In collaborazione con il CNR, dal 1999 vengono periodicamente svolte campagne oceanografiche lungo transetti-chiave nel Mediterraneo Occidentale per determinare la variabilità delle caratteristiche delle masse d'acqua, i flussi biogeochimici tra sottobacini e gli effetti della propagazio-

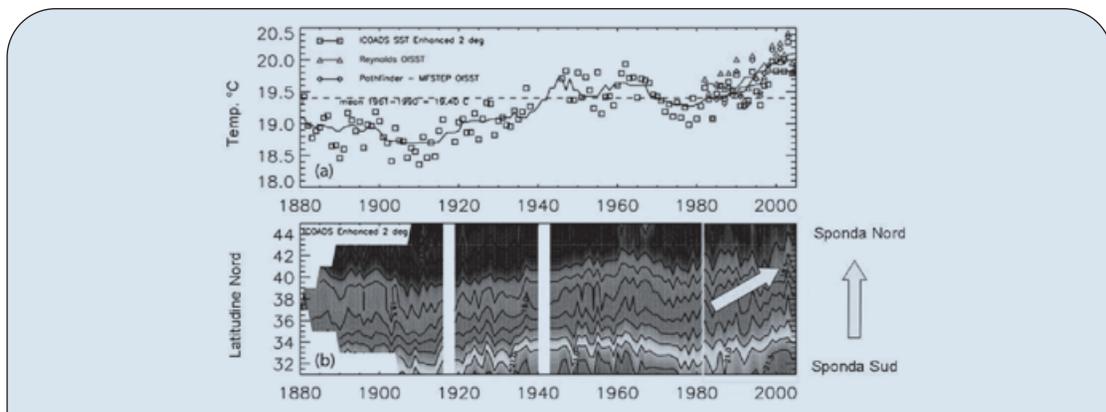


Figura 2
Andamento della temperatura superficiale del Mar Mediterraneo negli ultimi 125 anni (sopra) e per latitudini (sotto)



ne del segnale del Transiente del Mediterraneo Orientale.

Assorbimento ed emissione di Carbonio

Gli oceani rappresentano complessivamente il maggiore *sink* di CO₂. Si stima che assorbano dal 20% al 40% di tutta la CO₂ annualmente emessa in relazione ad attività antropiche, ritardando quindi il riscaldamento globale. Ma l'incertezza relativa a questo dato è elevata e per una realistica simulazione climatica, è necessario ridurla drasticamente. Il comportamento di regioni oceaniche come "fonti" o "sink" di CO₂ dipende da una serie di fattori e processi chimici, fisici e biologici e dalla loro interazione. La CO₂ scambiata con l'atmosfera viene trasportata dalle correnti e può essere trasferita in profondità attraverso i meccanismi di formazione di acque intermedie e profonde. Ma può anche essere utilizzata dal fitoplancton e trasformata in materia organica attraverso la fotosintesi e trasferita attraverso la catena trofica o verso il mare profondo, come detrito organico. Per ridurre le incertezze sul sink di carbonio è necessario disporre di sistemi di osservazioni e modelli che permettano di individuare i meccanismi di funzionamento degli ecosistemi e di predire la loro risposta ai cambiamenti climatici, che strettamente condiziona la capacità degli oceani di stoccare CO₂. In particolare l'ENEA è impegnato nella definizione del funzionamento della "pompa biologica" (fissazione di carbonio da parte del fitoplancton e sua rimozione dagli strati superficiali del mare) negli ambienti pelagici del Mediterraneo, attraverso l'analisi di osservazioni *in situ* e da satellite e lo sviluppo ed implementazione di modelli biogeochimici.

Valutazione del cambiamento negli ecosistemi bentici costieri

Il biota marino mediterraneo è caratterizzato da un elevato grado di diversità,

determinato essenzialmente dall'eterogeneità dal punto di vista biogeografico della flora e della fauna presenti. La variabilità e i cambiamenti climatici influenzano in modo significativo gli ecosistemi marini ed in particolare la biodiversità. Gli effetti possono essere individuati a livello di singoli organismi, di popolazioni, di comunità e di ecosistema e si esprimono attraverso il cambio nella taglia delle popolazioni e nella distribuzione di specie, nell'alterazione della composizione specifica e dell'estensione geografica degli habitat e degli ecosistemi, come nell'aumento del tasso di estinzione delle specie. Comprendere i meccanismi e i processi attraverso i quali i cambiamenti possono influenzare la biodiversità marina è un aspetto essenziale sul quale gli ecologi e i biologi stanno lavorando da anni, anche nel tentativo di individuare i cambiamenti insiti nella variabilità naturale degli ecosistemi. Mettere in relazione la variazione climatica con il cambiamento nella struttura dei popolamenti e delle comunità non è sempre facile, anche perché spesso l'impatto antropico e i cambiamenti climatici possono combinare i loro effetti sulla biodiversità marina. A tale proposito, l'ENEA ha condotto negli ultimi 20 anni studi sulle caratteristiche compositive e distributive di comunità bentiche ad elevato grado di diversità (praterie a Posidonia oceanica, comunità coralligene) con particolare attenzione alle aree costiere ad elevato valore naturalistico e socio-economico (aree marine protette, siti di interesse comunitario) o in aree prossime a confini biogeografici. Come descrittori della biodiversità e delle sue alterazioni sono stati prevalentemente indagati gli organismi e le comunità appartenenti al bentos marino, in quanto vivendo fissi al substrato non sono in grado di spostarsi in risposta ad eventuali cambia-



menti drastici o repentini, e si sono adattati quindi a condizioni medie locali. Per esempio, le attuali condizioni climatiche ottimali hanno consentito alla microalga *Ostreopsis ovata*, comune nei mari tropicali, di svilupparsi nel Mediterraneo. La prima fioritura di *Ostreopsis ovata* nel Mar Ligure è stata osservata dall'ENEA nel 1989 nel Golfo di La Spezia. Da allora ne è stata rilevata la presenza in molti siti del litorale ligure e la fioritura soprattutto nelle estati 1999, 2003, 2006. Infine, gli studi condotti dall'ENEA, che si sono basati essenzialmente su metodiche di rilevamento non distruttivo, tra cui il rilevamento video e fotografico, hanno consentito la realizzazione di una banca dati per la raccolta e catalogazione di immagini che descrivono la biodiversità del Mediterraneo illustrando varietà di specie e di ambienti, oltre alle metodiche per il loro studio.

Biocostruzione e biodiversità

L'aumento della CO₂ atmosferica causa significativi cambiamenti nella chimica dei carbonati delle masse d'acqua, influenzando di conseguenza i tassi di calcificazione degli organismi bentici a scheletro carbonatico. Questi svolgono un ruolo fondamentale nel ciclo del carbonio nell'ambiente marino costiero, in quanto le formazioni bentiche biocostruite possono agire sia come riserve (reservoir) che come sistemi di accumulo (sink) nel budget del carbonio. Di qui la rilevanza della quantificazione dei processi di calcificazione e l'importanza di ottenere stime che possano servire a prevedere gli effetti del cambiamento climatico sull'attività degli organismi biocostruttori, che rappresentano quindi un possibile feedback negativo all'aumento di temperatura e di CO₂. L'ENEA studia da anni la dinamica della popolazione, l'ecologia e la distribuzione di alcuni dei più importanti biocostruttori tra le spe-

cie sublitorali di area temperata, con approcci metodologici analoghi a quelli adottati in aree extra mediterranee e grazie alla collaborazione con istituti di ricerca italiani e stranieri. Coralli, briozoi e alghe calcaree sono gli organismi studiati come bioindicatori della variabilità termica e climatica. I risultati ottenuti hanno permesso di comparare i tassi di crescita, lo stock carbonatico e la produzione carbonatica delle aree mediterranee con quelli prodotti in aree extra mediterranee e di evidenziare che per alcune specie l'ordine di grandezza della produzione carbonatica in area temperata equivale a quello delle aree tropicali.

Monitoraggio delle foreste

Per ciò che riguarda il monitoraggio della vegetazione e delle foreste, le rilevanti modificazioni dell'uso del suolo avvenute su larga scala nei recenti decenni sono spesso causa di alterazioni nelle tipologie di copertura della superficie terrestre (land use/land cover change, LULC), che influenzano notevolmente i processi fondamentali legati al clima ed all'ambiente. A sua volta, la vegetazione costituisce la componente dominante della copertura del suolo e le sue interazioni con l'atmosfera sono importanti fino al punto che la disponibilità di dati aggiornati e dettagliati sulla copertura di vegetazione risulta un requisito fondamentale sia per la predisposizione di efficaci modelli climatici sia per la verifica dei risultati da essi stessi generati. Infatti, gran parte della modellistica numerica già sviluppata è fortemente dipendente dalla disponibilità a varie scale di dati aggiornati sul LULC e sulle distribuzioni di vari parametri biofisici della vegetazione. A livello nazionale e del bacino Mediterraneo, sono state sviluppate dall'ENEA metodologie di studio che, utilizzando immagini rilevate da sa-



telliti con sensori a risoluzione sia media (MERIS, AVHRR, MODIS) che alta (Landsat-5 TM/ETM, ERS-1/2 SAR, IKONOS), hanno permesso di produrre mappe tematiche relative a numerosi aspetti della vegetazione, fra i quali le associazioni vegetali e la loro biomassa, la biomassa erbacea e l'indice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Inoltre, anche per la calibrazione dei metodi e per la verifica delle accuratezze dei risultati ottenuti sono state effettuate campagne di rilievi a terra di grandezze e parametri di specifico interesse, ricorrendo al supporto di immagini aerospaziali ad altissima risoluzione geometrica (IKONOS, Quick-Bird). L'ENEA ha inoltre condotto uno specifico progetto per valutare l'andamento dell'estensione delle aree boschive in Italia mediante rilevamenti satellitari, effettuati nel corso degli ultimi venti anni, dai sensori AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) montati a bordo dei satelliti americani NOAA.

Sviluppo di scenari climatici con un Modello Accoppiato (MedSimulator)

Le proiezioni relative all'evoluzione del clima nel prossimo futuro sono invece totalmente affidate all'analisi dei dati prodotti dai modelli numerici. L'uso di modelli numerici globali accoppiati (estesi spazialmente su tutto il globo, e comprendenti l'atmosfera, l'oceano e la biosfera) è imprescindibile per poter tener conto di tutti i processi di retroazione del sistema climatico. Le indicazioni che questi modelli forniscono a grande scala possono poi essere utilizzate per trarre delle indicazioni più specifiche a scale regionali con l'ausilio di tecniche ad hoc dette di regionalizzazione. Il clima è definito dalle proprietà statistiche delle variabili meteorologiche su un periodo di tempo molto lungo (10-100 anni). Inoltre, i com-

plici accoppiamenti tra i vari sottosistemi che costituiscono il sistema climatico e le scale di tempo coinvolte obbligano a considerare prima di tutto il clima come un concetto globale, inerente cioè all'intero pianeta. L'analisi sulle simulazioni numeriche attualmente disponibili consentono di prevedere sull'area mediterranea, un aumento significativo di temperatura dovuta ad effetti antropogenici per il periodo 2070-2100 (il riscaldamento sull'area europea è nel range di 2,5-5,5°C). Gli studi attualmente a disposizione della comunità internazionale non permettono di valutare accuratamente questi cambiamenti a scala regionale e locale. Infatti le proiezioni della variazione di precipitazione, ottenute da modelli regionali e globali sul bacino Mediterraneo, sono affette da errori non trascurabili, e necessitano di ulteriori studi. L'ENEA sta potenziando le attività di modellistica per gli impatti e sta partecipando ai principali progetti europei che integrano lo sviluppo di modelli regionali e locali con i modelli di impatto (CIRCE, AMMA, GO). Infine, in collaborazione con l'ICTP di Trieste, ha sviluppato un modello integrato del clima mediterraneo comprendente atmosfera, oceano e biosfera (figura 3). Attualmente, il modello MIT per l'oceano e il modello RegCM per l'atmosfera sono stati accoppiati. Il principale obiettivo che si è prefisso l'ENEA è quello di fornire scenari affidabili e dettagliati per il XXI secolo sulla regione mediterranea, da utilizzare in modelli di impatto ambientale e socio-economico. Lo strumento fondamentale per raggiungere questo obiettivo è lo sviluppo e messa a punto di un modello climatico del Sistema Mediterraneo (oceano-atmosfera-biosfera). Vi sono alcuni quesiti scientifici, riguardanti l'area Mediterranea, che palesa-



no l'importanza della dinamica interna del clima Mediterraneo, che si auspica di trarre nei prossimi anni, in particolare:

- 1) in che termini la variazione dell'uso del suolo modifica il bilancio di vapor acqueo?
- 2) le variazioni del bilancio del vapor acqueo interne al sistema Mediterraneo modificano i regimi di pioggia? E se sì, in che proporzione rispetto al forzante a larga scala del ciclo idrologico?

3) qual è l'impatto dell'aumento della salinità e della temperatura sulla variabilità climatica del Mar Mediterraneo?

Per rispondere a queste domande non si può prescindere da una sempre più approfondita conoscenza della dinamica accoppiata delle componenti del sistema climatico regionale del Mediterraneo. Quindi, a scala regionale i metodi di downscaling devono entrare in una nuova fase in cui tutte le componenti climatiche vengono prese in considerazione.

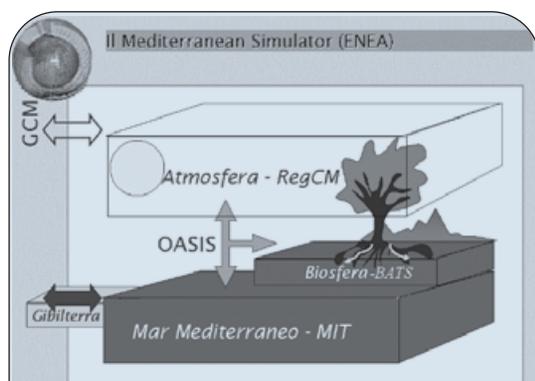


Figura 3
Schema di un sistema climatico regionale. Le principali componenti sono l'atmosfera, l'oceano, il suolo, e la chimica. Tutte le interazioni tra queste componenti vengono gestite dal modulo OASIS

Parte Seconda - Valutazione degli impatti dei cambiamenti climatici

Le modificazioni delle dinamiche ambientali indotte dai cambiamenti climatici e i relativi forti impatti sul territorio italiano avallano la necessità di un forte impegno del nostro Paese sulle strategie di mitigazione e di adattamento. Le evidenze, lo studio e l'analisi dei cambiamenti climatici in atto rappresentano il presupposto indispensabile per affrontare il problema dell'adattamento, per minimizzare le conseguenze negative prevedi-

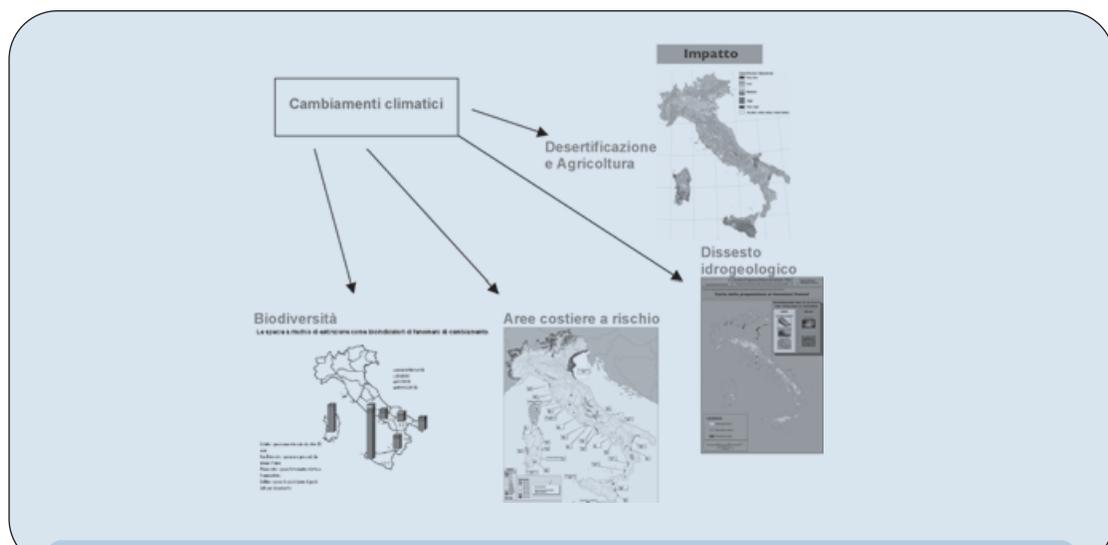


Figura 4
Aspetti legati ad alcuni importanti impatti del cambiamento climatico



bili, prevenire i possibili danni e combattere le emergenze future. In questa seconda parte vengono trattati gli aspetti legati ad alcuni dei più importanti impatti del cambiamento climatico (figura 4).

Desertificazione e agricoltura

La desertificazione è un fenomeno che provoca la riduzione della produttività economica e biologica delle zone climaticamente aride in conseguenza di numerosi processi, generati dalle attività umane e favoriti da eventi climatici estremi. I principali processi sono l'erosione e il degrado dei suoli, il sovrasfruttamento delle risorse idriche, la salinizzazione, la deforestazione, gli incendi e la perdita di biodiversità.

L'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) ha realizzato, grazie ad un progetto a cui ha partecipato anche l'ENEA, una carta della sensibilità dei paesi del bacino del Mediterraneo alla desertificazione. La situazione relativa al territorio italiano evidenzia come il 3,7 % del territorio è molto vulnerabile, il 32,15% è vulnerabile ed il 64,11% è poco vulnerabile nelle presenti condizioni climatiche e con gli attuali utilizzi del territorio. Le aree poco vulnerabili saranno soggette ad incrementare la loro vulnerabilità in alcune delle condizioni di cambiamento climatico previste dagli scenari futuri.

La sensibilità alla desertificazione è determinata mediante l'integrazione di 4 indici di qualità, che a loro volta rappresentano insieme di indicatori su Clima, Suolo, Vegetazione e Sistemi di Gestione del territorio.

Da questa analisi emerge che aree particolarmente vulnerabili ai cambiamenti climatici e alla desertificazione ospitano colture agricole importanti per la nostra alimentazione e per l'economia del settore agro-ali-

mentare. L'elemento di maggiore criticità è rappresentato, secondo gli scenari elaborati, dall'inaridimento e dalla carenza d'acqua nelle regioni meridionali, che generano processi di degrado quali, in particolare, la salinizzazione. È pertanto rilevante l'ottenimento di nuove varietà in grado di adattarsi sempre meglio a situazioni ambientali estreme, tolleranza allo stress idrico e salino.

L'ENEA ha messo a punto un sistema di miglioramento genetico, assistito da studi molecolari, per l'individuazione dei geni maggiormente coinvolti nella risposta delle piante alle varie sollecitazioni ambientali e climatiche, quali le alte temperature, la siccità e la salinità.

Dissesto idrogeologico

L'ENEA, nel corso della collaborazione con il Ministero dell'Ambiente (1998-2000) sui temi del dissesto idrogeologico e sullo sviluppo di linee guida a sostegno della pianificazione del territorio a fronte del rischio idrogeologico, ha sviluppato una serie di modelli e cartografie a scala nazionale sulla pericolosità da frana. Le cartografie di sintesi, sviluppate per ciascuna tipologia di fenomeno franoso, costituiscono ancora oggi prodotti unici a scala nazionale sugli scenari potenziali della pericolosità da frana. Questi sono stati ricostruiti partendo dall'analisi delle litologie, della morfologia locale e della capacità, per ciascun tipo di terreno, a sviluppare specifiche tipologie di frana. Gli scenari di riferimento sono stati successivamente calibrati sugli inventari di frana disponibili a scala nazionale - con risoluzione dei dati ultradecennale - e sulle banche dati ENEA e CNR, in grado di fornire indicazioni spaziotemporali sugli eventi estremi occorsi in Italia a partire dall'anno 1000.



Rispetto agli scenari potenziali di Cambiamento Climatico attesi nella nostra penisola, possono farsi le seguenti considerazioni.

- L'aumento dei fenomeni estremi di tipo meteorico porterà ad un incremento degli eventi di frana del tipo colate rapide di fango/detrito che sono considerate, sia per il loro sviluppo improvviso che per l'elevata mobilità dei terreni dislocati, i fenomeni a più elevata componente di rischio indotto (es. Sarno, 1998); la loro previsione è fortemente dipendente dalla capacità di prevedere fenomeni meteorici intensi a scala locale, mentre i tempi di evacuazione delle popolazioni sono evidentemente molto brevi. Le colate di detrito investiranno in modo particolare l'arco alpino e prealpino, l'arco calabro-siciliano ed alcune aree specifiche peninsulari (es. Versilia, Area Sarnese-Penisola Sorrentina). Le colate di fango, sia rapide sia a sviluppo lento, interesseranno tutta la regione appenninica in corrispondenza dei vasti affioramenti di terreni a prevalente componente argillosa.
- Si prevede una generale diminuzione dei fenomeni di frana profondi, a fronte di una generalizzata diminuzione dei valori medi di precipitazione, sia annui che stagionali. Gli effetti di tale scenario sulla rete idrografica del territorio nazionale comporteranno una generale diminuzione delle portate medie dei corsi d'acqua, soprattutto nelle aree di pianura, con conseguente diminuzione della pericolosità idraulica.
- Infine, l'aumento progressivo della temperatura e la conseguente deglaciazione nelle aree sommitali della catena alpina, causerà un aumento delle frane di crollo, in corrispondenza di affioramenti di rocce a me-

dia-alta fessurazione. L'incremento degli sbalzi di temperatura, soprattutto nella stagione invernale, comporterà un aumento generalizzato della pericolosità da crolli anche nelle regioni appenniniche, in corrispondenza di affioramenti di rocce litoidi.

- Per quanto riguarda il rischio idraulico, si prevede un aumento nelle fasce montane e pede-montane alpine ed appenniniche dei fenomeni di piena improvvisa (flash-floods) che, come per le frane a rapido innesco, hanno un carattere di ampia diffusione nel territorio, elevato rischio indotto per le popolazioni, e capacità predittive dipendenti dalla precisione dei modelli meteorologici di tipo *real-time*. In generale, potrà verificarsi un aumento della pericolosità idraulica, soprattutto nelle regioni centro-settentrionali, quale conseguenza dell'incremento dei fenomeni di precipitazione ad elevata intensità unitamente agli effetti negativi derivanti da crescente urbanizzazione, cambiamenti nell'uso del suolo, incendi, scarsa manutenzione delle aree rurali e forestali.

Aree costiere a rischio

La recente individuazione dei complessi movimenti di risalita del mare sulle coste Italiane, insieme alla valutazione proiettata per i prossimi anni dell'accelerazione del sollevamento del mare dovuto al riscaldamento globale, assume una notevole importanza per la programmazione delle attività umane future. Il mare si è comportato nel passato (e continuerà a comportarsi nel prossimo futuro) come una sorta di "ammortizzatore", variando costantemente il suo livello sia al variare della radianza del sole misurata al suolo che ad alcuni movimenti geofisici in



atto sulla maggior parte delle zone costiere della terra¹.

L'Italia è situata in un'area geologicamente attiva, dove movimenti isostatici e tettonici (movimenti della costa) e di subsidenza antropica si sommano a quelli eustatici (scioglimento dei ghiacci). Le coste mediterranee (46.000 km) e soprattutto quelle Italiane (7.700 km) presentano, in relazione al rischio di allagamento da parte del mare, diversi fattori negativi. Uno di questi è sicuramente l'erosione costiera.

Rispetto agli scenari potenziali di Cambiamento Climatico attesi nella nostra penisola dagli studi sinora effettuati, si possono fare le seguenti considerazioni:

- le verifiche quantitative sull'evoluzione del trend di erosione costiera recente e le simulazioni di evoluzione in aree costiere fortemente interessate da opere di difesa a mare, hanno evidenziato una maggiore vulnerabilità a fenomeni di arretramento che appaiono in diretta relazione con il cedimento strutturale di opere idrauliche a mare (es: argini), in conseguenza di eventi meteorici "eccezionali" (ciò evidenzia il problema della valutazione della frequenza degli eventi e della loro intensità nei parametri di dimensionamento delle opere ingegneristiche).
- Nelle aree non controllate dalle opere di difesa o da altre opere umane (che interagiscono modificando la dinamica locale del litorale) i nostri studi hanno evidenziato la presenza di un trend di arretramento più lineare nell'ultimo trentennio, innescato sostanzialmente dal mancato apporto di sedimenti a mare, intrappolati nelle opere di ritenzione idraulica dei bacini. Ciò

evidenzia la rilevanza di valutare anche un adeguamento della normativa vigente che di fatto rende difficile intervenire per riequilibrare l'apporto dei sedimenti.

Perdita di biodiversità

Biodiversità vegetale

Il bacino del Mediterraneo è uno dei 25 punti caldi (hotspot) per la biodiversità del nostro pianeta e un punto molto importante per la flora europea. Le isole e la riva Sud del Mediterraneo sono i terriori per i quali maggiormente si teme l'aumento di temperatura e gli effetti che questo può determinare sulla biologia riproduttiva delle piante, in particolare per quanto riguarda le condizioni di germinazione.

L'ENEA ha svolto analisi storiche dei cambiamenti in Sicilia e Basilicata sulla base dello studio strutturale della vegetazione degli ultimi 80 anni, che ci hanno fornito un quadro esaustivo sul rapporto tra la velocità e l'importanza in termini quali-quantitativi del cambiamento e il livello di destrutturazione del sistema, da cui è anche possibile prevedere l'esistenza o meno di una potenzialità di conversione del trend. Molte infatti sono le situazioni individuate dove il livello di fragilità del sistema ha raggiunto valori limite.

Biodiversità marina

L'ENEA ha condotto negli ultimi 20 anni studi finalizzati ad individuare indicatori biologici della diversità marina e delle sue alterazioni in aree costiere ad elevato valore naturalistico e socio-economico. Sono state analizzate le variazioni nel tempo delle caratteristiche compositive e distributive di co-

1. L'ENEA ha realizzato la Carta Nazionale delle aree costiere a rischio di allagamento da parte del mare. Prima che le Amministrazioni regionali o provinciali prendano in considerazione eventuali ipotesi di adattamento sono necessarie, in tutte le aree considerate a rischio, indagini di dettaglio nonché valutazioni sul comportamento naturale delle coste al variare del livello del mare. La risposta è molto diversa a seconda del variare di alcune caratteristiche fisiche locali come la portata dei solidi dei fiumi, la presenza o meno di dune costiere, le correnti marine, gli impatti antropici.



munità bentiche ad elevato grado di diversità (praterie a fanerogame marine, comunità coralligene) ed è stato valutato in quale misura variazioni di parametri climatici producano effetti sul ciclo vitale e sulla fisiologia di alcune specie.

È stato valutato l'impatto a livello locale degli eventi di mortalità di massa che hanno provocato, in concomitanza con le anomalie termiche dell'estate 1999 e 2003, una perdita variabile tra il 50% e l'85% in termini di densità di specie-chiave strutturanti comunità ad elevata diversità, in una area estesa dall'Alto Tirreno al Mar Ligure-Provenzale. Sono state individuate alcune specie bentiche sia attuali che fossili che possono essere utilizzate come bioindicatori della variabilità termica ad ampia scala spaziale e temporale.

Strumenti tecnologici per le valutazioni di impatto e la governance

Questo filone di attività persegue l'obiettivo generale della progettazione e realizzazione di sistemi informativi geografici, quali strumenti di supporto alle decisioni inerenti le politiche di salvaguardia e programmazione del territorio nella prospettiva dello sviluppo sostenibile.

Il contributo fornito da tali strumenti innovativi per valutare la vulnerabilità del territorio a fronte dei cambiamenti climatici e per pianificare conseguenti misure di adattamento riguarda la realizzazione di un sistema informativo geografico di nuova concezione dedicato alla analisi "diagnostica" del territorio piuttosto che a indicare forme e modalità per la sua pianificazione. Si sta attuando un diverso ed originale approccio concettuale: progettare e sviluppare un sistema informativo (hardware e software) che attui la scansione sistematica del territorio na-

zionale, o parte di esso, analizzando le informazioni che lo descrivono e restituendo una sorta di "radiografia" che faccia emergere la localizzazione geografica di siti vulnerabili alle potenziali conseguenze calamitose dei cambiamenti climatici. Da un'ottica di tipo puramente pianificatorio si passa, pertanto, ad una di tipo diagnostico, per la quale si rende preliminarmente necessario definire precisi fattori di criticità o vulnerabilità del territorio a fenomeni indotti dai cambiamenti climatici (erosione dei suoli, stabilità dei pendii, esondazione dei corsi d'acqua, innalzamento del livello del mare ecc.).

Per "sito vulnerabile" si intende una zona circoscritta di territorio in cui coesistono strutture e/o infrastrutture antropiche (strade, edifici, impianti, ferrovie ecc.) e/o fattori/elementi ambientali (frane, corpi idrici ecc) tali da generare potenziali situazioni di rischio in circostanze derivanti, soprattutto, dagli effetti dei cambiamenti climatici.

Per studiare e fronteggiare efficacemente le complesse problematiche inerenti i fenomeni dei cambiamenti climatici è necessario disporre di una grande e aggiornata mole di dati e misure, sia sinottiche che di dettaglio, che devono essere elaborate e rese direttamente fruibili per la comprensione dei fenomeni stessi, per la calibrazione e la validazione della relativa modellistica, nonché per la valutazione dell'impatto dei cambiamenti sul territorio e per il supporto alla programmazione del suo sviluppo.

Conseguenze economiche dei cambiamenti climatici

In questo capitolo si riporta quanto fatto dall'ENEA nello sviluppo di approcci innovativi di analisi economica



degli effetti derivanti dall'impatto dei Cambiamenti Climatici che, partendo dalla ricostruzione degli scenari di rischio atteso sul territorio italiano a medio-lungo periodo, portano alla valutazione socio-economica del danno conseguente.

Il caso di studio ENEA della Piana di Fondi

Nell'ambito di una collaborazione tra ENEA e Ministero dell'Ambiente è stato effettuato nel 2003 uno studio multidisciplinare applicato alle conseguenze economiche delle variazioni attese del livello del mare nella Piana di Fondi su proiezioni temporali del 2050 e 2100. La scelta è caduta su questa piccola Piana per la notevole depressione che raggiunge i -3 m, per la limitata superficie dell'area a rischio e per la conoscenza geologica da parte di ENEA che nel 1988 aveva prodotto la carta geomorfologica.

Questa ricerca ha avuto lo scopo di verificare l'opportunità di azioni di adattamento all'innalzamento del livello del mare con un'ottica strettamente economica ed è concettualmente riconducibile al problema della minimizzazione dei costi totali dell'impatto dei cambiamenti climatici. Il problema è in questo caso semplificato perché:

- non si considerano costi di mitigazione, la cui inclusione non è significativa in studi a carattere locale;
- in caso di adattamento, il danno residuo è ipotizzato pari a zero; mettendo in atto opportune misure di protezione delle terre a rischio di allagamento, si assume che non vi sarà alcuna perdita di valore di tali aree in seguito all'innalzamento del livello del mare.

Date queste premesse, l'adattamento si giustifica, da un punto di vista di *cost efficiency*, se si verifica la seguente condizione:

Costo adattamento < danno conseguente all'impatto

Il danno conseguente all'impatto consiste nel valore economico della terraferma a rischio di allagamento. In altre parole, si assume che, nel caso di assenza di adattamento, tutta l'area che entro il 2100 sarà sotto il livello del mare andrà perduta.

Il valore attuale di tutta l'area a rischio di allagamento nell'orizzonte temporale 2002-2100, stando alle nostre ipotesi, varia in un *range* compreso fra circa 130 e 268 milioni di euro, a seconda dello scenario (low o high) e del tasso di sconto (3% o 1%).

È importante sottolineare come i valori ricavati siano molto sensibili a eventuali modificazioni di destinazione d'uso del territorio.

Il fine ultimo dell'analisi è quindi stato quello di stabilire se l'adozione di misure di protezione delle aree sotto il livello del mare comporti un maggiore o minore dispendio di risorse rispetto all'ipotesi di non intervento.

I risultati ottenuti dall'applicazione della metodologia sopra descritta inducono a trarre le seguenti conclusioni.

- Il già ben sviluppato sistema di bonifica della piana di Fondi permetterà di raccogliere le sfide poste dal previsto innalzamento del livello del mare, con costi incrementali assai minori rispetto al valore del danno potenziale.
- L'analisi di altre piane esposte ad un maggior rischio di allagamento e/o con sistemi di difesa meno sviluppati potrebbe evidenziare una *cost-inefficiency* dell'adattamento (ossia, costi di adattamento > danno conseguente all'impatto).
- È auspicabile un'analisi interdisciplinare (desiderabilità socio-politica, studi tecnici, analisi economica ecc.) quando si considerano opzioni di adattamento complesse.



Conclusioni

Le attività di ricerca sui cambiamenti globali e la simulazione degli impatti sugli insediamenti umani e sull'ambiente causati dal clima richiedono un complesso sistema di integrazione fra differenti discipline scientifiche ed economiche. Non vanno sottovalutate le incertezze che tuttora sussistono nei meccanismi che regolano il sistema climatico e che influenzano l'attendibilità delle simulazioni climatiche sulla vulnerabilità socio-economico-ambientale del territorio nazionale. L'ENEA ha un complesso e sinergico sistema di laboratori interdisciplinari con una esperienza ultraventennale nelle ricerche sui cambiamenti climatici che vanno dal monitoraggio, allo studio della variabilità climatica in vari contesti ambientali, alle simulazioni/scenari e alle valutazioni degli impatti. Può quindi mettere a disposizione del Sistema Paese le sue competenze per supportare le conoscenze e le politiche di contrasto dei cambiamenti climatici attraverso strumenti per la pianificazione e gestione sostenibile degli interventi sul territorio, a fronte dei cambiamenti climatici attesi e dei relativi impatti.

Ciò può concretizzarsi attraverso le seguenti proposte operative, sulle quali l'ENEA può dare un contributo significativo.

1. Mantenimento e implementazione di reti di osservazione per il monitoraggio a lungo termine di parametri significativi e lo studio della variabilità climatica e ambientale a scale differenti (mediterraneo, nazionale e locale); supporto ad una gestione coordinata dei dati per dare continuità e consistenza alle valutazioni di impatto a scala nazionale e locale.
2. Analisi dello stato attuale del territorio con produzione di cartografia a scala nazionale su alcune tipologie di processi ambientali influenzati dai cambiamenti climatici (es. evidenza dei riscontri empirici su dissesto idrogeologico, desertificazione, erosione costiera ecc.), in grado di offrire un quadro conoscitivo del territorio univoco ed organico a scala nazionale, quale base per un'analisi strategica.
3. Sviluppo di modelli accoppiati (idrosfera, atmosfera, biosfera) a scala mediterranea e locale per lo studio dell'evoluzione del clima nel prossimo futuro.
4. Definizione degli scenari di impatto sul territorio italiano, attraverso l'utilizzo dei suddetti modelli, integrati con l'analisi del danneggiamento potenziale sugli elementi a rischio (popolazione, strutture, infrastrutture) – Analisi della vulnerabilità.
5. Sviluppo di modelli socio-economici innovativi (economia dei disastri naturali) per la ricostruzione degli scenari di rischio atteso sul territorio italiano a medio-lungo periodo, derivanti dall'impatto dei cambiamento climatico (es. rapporto Stern a scala nazionale).

Ricadute potenziali

Le attività e gli strumenti proposti permetteranno in sede politica di:

- implementare eventuali strumenti normativi per strutturare la conoscenza dei rischi derivanti dal cambiamento climatico sul tessuto naturale e socio-economico (anche dati, cartografie, politiche di indirizzo a carattere generale);
- privilegiare l'indirizzo di risorse finanziarie specifiche nelle aree di maggior vulnerabilità del territorio a fronte degli scenari di rischio atte-



- so, anche utilizzando le risorse finanziarie e gli strumenti normativi attualmente in vigore (es. L. 179/2002 per il finanziamento di opere della difesa del suolo), evitando finanziamenti a pioggia indifferenziati;
- pianificare un migliore quadro della conoscenza di base attraverso strumenti tecnologici avanzati di monitoraggio, dell'evoluzione degli impatti sul territorio nelle aree a maggiore vulnerabilità e rischio;
 - permettere un migliore coordinamento delle politiche di protezione e sviluppo sostenibile del territorio, in un quadro sinergico nei settori dell'ambiente, dell'agricoltura e dell'energia;
 - fornire supporto agli Enti Locali integrando il problema degli impatti dovuti ai cambiamenti climatici nei settori chiave della pianificazione sostenibile.

Il trasferimento di queste conoscenze a livello locale implica un adattamento di tipo spaziale e temporale alle esigenze puntuali di coloro a cui compete, localmente, la gestione del territorio.

L'articolo è una sintesi del dossier "L'ENEA per lo studio dei cambiamenti climatici e dei loro effetti", presentato al Workshop ENEA del 20 marzo 2007, realizzato con il coordinamento di Marcello Garozzo e i contributi di F. Antonioli, V. Artale, C.A. Campiotti, S. Cocito, R. Delfanti, N. Colonna, B. Della Rocca, G. Delmonaco, G. Di Sarra, M. Frezzotti, C. Giraudi, M. Iannetta, C. Margottini, S. Marullo, P. Menegoni, B. Narcisi, A. Peirano, P. Picco, P. M. Ruti, M. Sciortino, M. V. Struglia, E. Valpreda, V. Verrubbi.

Il dossier, cui si rimanda anche per la bibliografia, è consultabile sul sito <http://www.enea.it/com/web/convegniwork200307/resoconto200307.html>

*Per informazioni
massimo.iannetta@casaccia.enea.it
vincenzo.artale@casaccia.enea.it*

Le dune costiere per l'adattamento sostenibile ai cambiamenti climatici

Edi Valpreda

ENEA
Dipartimento Ambiente,
Cambiamenti Globali e Sviluppo Sostenibile

Da anni l'ENEA conduce ricerche sullo stato delle dune costiere per pianificare la gestione e la mitigazione del rischio di erosione dei litorali sabbiosi in Italia.

In collaborazione con 14 università, è stata creata una banca dati nazionale sulle dune.

Da questa iniziativa si prevedono ulteriori progetti per sviluppare l'impiego delle dune costiere come elementi naturali di adattamento e mitigazione del rischio di erosione costiera anche a seguito dei cambiamenti climatici in atto



L'ENEA per l'adattamento ai cambiamenti climatici nelle aree costiere

Da anni l'ENEA sviluppa ricerche finalizzate alla messa a punto di metodi per la valutazione dello stato delle dune costiere in relazione all'erosione dei litorali.

In questo ambito rientra l'esperienza della realizzazione di una analisi contestualizzata sullo stato delle dune costiere (sviluppata nell'ambito di un gruppo di lavoro di 14 sedi universitarie italiane e in collaborazione con il Ministero dell'Ambiente, del Territorio e del Mare), che rappresenta il primo data base geografico, nazionale su questo tema che risponde anche a criteri di certificazione secondo standard europei.

Le dune costiere, da tempo proposte negli studi ENEA come elementi di naturale mitigazione del rischio di erosione, possono essere un modo di avviare l'attuazione, anche in Italia, di interventi di adattamento ai cambiamenti climatici in atto e previsti secondo il principio della "limited intervention", come indicato nella letteratura internazionale per le aree costiere di

Using coastal dunes for sustainable adaptation to climate change

ENEA has long conducted research on the state of Italy's coastal sand dunes, with the aim of planning their management and thereby helping to prevent seaside erosion. A dune database has been created in collaboration with 14 Italian universities.

Further projects are envisaged to use coastal dunes as natural features for adapting to and mitigating erosion risks, which are heightened by climate change



pregio naturalistico ecologico. Questa modalità di mitigazione del rischio di erosione oggi non fa parte né delle politiche di gestione costiera, né delle politiche di salvaguardia ambientale in Italia.

Strategie di adattamento per le coste

Le strategie di adattamento (*planned adaptation*) agli impatti attesi per effetto dei cambiamenti climatici nelle aree costiere sono, in via generale, già state definite e documentate [1, 2] ed implicano scelte diverse che possono essere semplificate in tre opzioni possibili:

- proteggere e rendere stabile il limite terra mare;
- lasciare arretrare la posizione del limite terra mare;
- contenere l'arretramento con strategie di difesa che non siano troppo vincolate al mantenimento di una posizione completamente stabilizzata della posizione del limite terra mare ("limited intervention").

Le azioni in corso, in altri paesi d'Europa e del mondo, hanno evidenziato come l'adattamento in area costiera, in particolare, non sia solo una questione di tecnologia ma quanto sia fondamentale che questo sia un processo complesso ed interattivo che implica [3]:

- disponibilità di informazione in grado di creare conoscenza;
- capacità di pianificazione e progettazione integrata.

La strategia di adattamento ai cambiamenti climatici è sinergica ed interconnessa con la strategia di mitigazione (figura 1) [4]: non fa riferimento alle emissioni di gas serra in atmosfera, bensì agli impatti (effetti) dei cambiamenti del clima, ed ha l'obiettivo di minimizzare le possibili conseguenze negative derivanti dai cambiamenti climatici in atto proponendo azioni per ridurre

la vulnerabilità territoriale e quella socio-economica ai cambiamenti del clima, e dando la massima attenzione ad individuare soluzioni in grado di produrre nuove opportunità di sviluppo socio-economico.

Il concetto di adattamento, già ben evidenziato nel 1998 da Scheraga e Grambsch [5] esprime infatti la volontà propositiva di ridurre gli effetti degli impatti (dannosi), attuali e futuri, che i cambiamenti climatici indurranno attraverso azioni convenienti e che incrementino i potenziali vantaggi anche in senso economico. Gli impatti dei cambiamenti climatici sulle risorse, sulle attività e sulla salute e benessere delle collettività saranno diversi per ciascun paese europeo; quindi ogni paese deve avviare specifici progetti e programmi per conoscere le proprie peculiarità e valutare le migliori strategie di intervento.

L'Unione Europea ha iniziato, sin dal 2004 [6], a sollecitare l'attenzione dei paesi membri all'avvio di piani nazionali ed azioni di adattamento, prefiggendosi il traguardo di una strategia comune di adattamento avviando azioni e predisponendo documenti per sostenere un lavoro in partnership con i paesi membri, ben conscia dell'opportunità strategica ed economica, di svolgere un ruolo leader mondiale su questo tema (http://reports.eea.europa.eu/climate_report_2_2004/en).

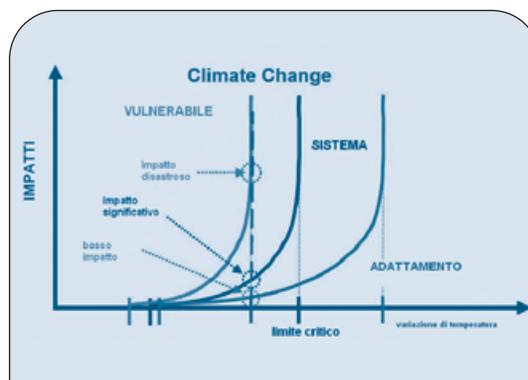


Figura 1
Interdipendenza tra mitigazione delle emissioni ed adattamento (fonte: Climate Alliance, 2006, modificato)



La più recente di queste azioni è la presentazione del Libro Verde: "Adapting to climate change in Europe: options for EU action" [7] che delinea la strategia comunitaria per affrontare il problema dell'adattamento ai cambiamenti climatici. Allo stesso tempo la Commissione Europea ha avviato un ampio processo di consultazione pubblica (via web) con tutte le parti interessate i cui risultati sono attesi nel 2008 (http://ec.europa.eu/environment/climat/eccp_impacts.htm).

Si tratta infatti di superare una diffusa difficoltà a recepire l'interazione profonda e fondamentale tra mitigazione ed adattamento ivi compreso il pregiudizio diffuso che l'adattamento non si possa attuare agli ambienti naturali e che le azioni di mitigazione debbano necessariamente avviarsi prima delle azioni di adattamento. Questa difficoltà, negli anni recenti oggetto anche di analisi scientifica [8,9], ben si evidenzia in Italia nella mancanza sinora di programmi o progetti indirizzati alla produzione di impatti dei cambiamenti climatici su scala nazionale. È riconoscibile anche nei primi risultati dell'elaborazione di questionari proposti ai partecipanti ai sette eventi preparatori alla Conferenza Nazionale per i cambiamenti climatici, svoltisi tra giugno e luglio 2007, e volti a raccogliere la percezione individuale ai cambiamenti climatici [10]. Rispetto a questo generale fermento europeo, l'Italia si presenta con un fortissimo ritardo sul tema dell'adattamento: sia per l'apparente difficoltà di recepirne la effettiva rilevanza scientifica e politica, sia per la storica difficoltà di pianificazione efficace del proprio territorio e dei rischi naturali che già oggi gravano sul nostro paese e che ne rende più problematico l'avvio. Le misure di adattamento possono essere "anticipatorie" o "reattive" rispetto agli impatti attesi, ma in ogni caso si attuano attraverso interventi sul sistema naturale o sociale – economico, interventi che fanno fortemente riferimento ai temi della pia-

nificazione del territorio e che, in ogni caso, implicano una capacità di gestire le conflittualità di uso dovute ad interessi molteplici e su prospettive di sviluppo a lungo termine. Su questo tema, in particolare sull'area costiera, l'Italia ha gravi indugi: la mancata applicazione nel nostro Paese della raccomandazione del Parlamento europeo e del Consiglio relativa all'attuazione della gestione integrata delle zone costiere in Europa (2002/413/CE) volta a creare i presupposti di integrazione tra le esigenze di sviluppo e la protezione delle risorse che sostengono le economie costiere esprime bene questa condizione [11].

Inoltre ci troviamo, in Italia, in una condizione di mancanza di conoscenze certificate ed adeguate a sostenere politiche integrate del territorio, non solo per l'ambito costiero. Quasi tutti i paesi in Europa hanno già da tempo istituito programmi nazionali di quantificazione spaziale ed economica degli impatti attesi sulle risorse (acqua, suolo), sugli ambiti naturali (mare, coste, montagna ecc.), sulle attività (turismo, pesca, agricoltura ecc.) e, negli ultimi anni, hanno avviato, su queste basi conoscitive, piani nazionali di adattamento ai cambiamenti climatici in riferimento ai settori che ciascun paese ha ritenuto prioritari. Sono tra questi, la Spagna, la Francia, la Gran Bretagna, la Svizzera, la Germania, la Danimarca, l'Olanda, la Finlandia oltre ad esempi internazionali come l'Australia.

Le coste italiane: lo stato attuale e cambiamenti climatici

A partire dagli anni 70, indipendentemente dagli effetti dei cambiamenti climatici, i fenomeni erosivi dominano l'evoluzione delle coste sabbiose italiane; infatti, su circa 7.500 km di costa complessivi vi sono, attualmente, almeno 4.000 km di spiagge sabbiose di cui una percentuale variabile (sino al 42%) viene indicata da diversi au-



tori negli studi oggi disponibili a scala nazionale sull'erosione [12, 13, 14].

Come per tutto il resto del mondo, le cause dell'arretramento delle spiagge sabbiose in Italia dipendono da fattori fortemente determinati dalle azioni antropiche: *in primis* la riduzione di materiale disponibile attraverso il trasporto fluviale a causa delle opere idrauliche di sbarramento, della cementificazione degli alvei e del prelievo da questi, spesso abusivo, di inertici; oltre a ciò contribuiscono all'erosione delle spiagge le stesse opere di difesa a mare (pennelli trasversali, scogliere), le foci armate dei fiumi e le opere portuali che, salvaguardando alcuni tratti di costa, spesso trasferiscono i fenomeni erosivi sottoflutto e, in generale, contribuiscono alla riduzione dell'efficacia del già scarso trasporto litoraneo [15].

Come evidenziato nelle analisi, anche a scala europea, per tutte le coste basse e sabbiose, gli effetti indotti dai cambiamenti climatici nelle condizioni ambientali che ne governano l'evoluzione sono presupposti di rischio di accelerazione ed ampliamento dei fenomeni di erosione e, conseguentemente, di incremento della consistenza dei danni. Gli effetti attesi non si riferiscono solo al sollevamento del livello del mare, ma a tempeste marine più frequenti e ravvicinate, seppure meno violente, a piogge più intense e concentrate nel tempo, all'aumento della temperatura stessa [16]. Le coste (specie quelle basse e sabbiose ma non solo queste) sono uno degli ambiti in cui gli impatti attesi dai cambiamenti climatici produrranno maggiori difficoltà e danni e, nel contesto europeo, questi effetti saranno maggiori proprio nel bacino Mediterraneo [16], quindi anche in Italia.

Gli ambienti costieri in Italia sono infatti caratterizzati da morfologie tali da fare presumere risposte locali anche molto diverse rispetto alle variazioni che avverranno con i cambiamenti climatici nei prossimi decenni.

Per la forte subsidenza antropica indotta da emungimenti forzati di fluidi dal sottosuolo (acqua potabile e acque metanifere) le zone dell'Alto Adriatico si candidano ad avere il massimo impatto possibile rispetto all'atteso sollevamento del livello del mare [17, 18, 19]. Le caratteristiche morfologiche e sedimentologiche dei fondali e delle spiagge stesse, il loro utilizzo, la presenza di strutture ed infrastrutture o di ambienti lagunari e dunari nelle aree retrostanti, rappresentano tutti elementi fondanti da comparare con gli scenari meteorologici per valutare queste diverse risposte. La zona costiera italiana ha condizioni intrinseche diverse rispetto a quelle delle coste nord europee: una pressione antropica enorme che ancora cresce e crescerà a velocità enorme (previsione di crescita dell'antropizzazione entro i primi 10 chilometri di oltre il 60% [11]), che si sovrappone ad un pregresso già non sostenibile. Nei comuni litoranei vivevano al 2001, circa 17,8 milioni di abitanti con una densità pari a 387 ab/kmq, rispetto alla media nazionale di 188 ab/kmq. [20]. Il 30% della popolazione risultava, nel 2006, concentrato sulla costa su un territorio valutato in circa il 14% del territorio nazionale [21]. I comuni litoranei sono 605 con una quota di mercato residenziale pari al 30% circa. Tra essi si trovano 36 Capoluoghi di provincia, tra cui grandi città quali Roma, Napoli, Genova, Palermo, Bari e Venezia [22].

Più in generale, riguardo al consumo dei suoli costieri, una ricerca del WWF Italia - il Progetto Oloferne - ha fornito, già qualche anno fa, dati allarmanti. Il 58% dell'intero litorale italiano è soggetto ad occupazione antropica intensiva; il 13% è interessato da una occupazione estensiva; solo il rimanente 29% risulta completamente libero da insediamenti e infrastrutture. Esistono ormai soltanto 6 ambiti costieri omogenei, prevalentemente liberi, di lunghezza superiore ai 20 km e sono dislocati in Sardegna (4), Campania (1) e Ve-

neto (1). In generale, tranne casi particolari (esempio ancora la Sardegna) il litorale italiano ha ormai poco spazio per arretrare perché, come già ben si evidenziava nel lontano 1986 [23], "si è sistematicamente disatteso il principio della scarsa rigenerabilità della risorsa spiaggia e si è operato senza una preventiva analisi in termini di economia ambientale". È indicativo, inoltre, che buona parte delle aree industriali dichiarate "a rischio di crisi ambientale" dal ministero dell'Ambiente interessino ambiti marino-costieri.

In questo contesto l'erosione dei litorali non si presenta solamente come un problema di natura ambientale (perdita di beni e di paesaggio naturali), ma anche come un problema economico e sociale: perdita della risorsa spiaggia utilizzata a fini turistici, distruzione delle infrastrutture e delle abitazioni costiere.

La percezione dell'ambiente costiero come territorio da "usare" come risorsa economica lo ha infatti reso altamente vulnerabile perché questa aspettativa rende necessaria la sua stabilizzazione, la messa in sicurezza delle strutture poste a ridosso o addirittura il suo ampliamento per rispondere alle richieste di aumentarne la resa produttiva.

Nonostante i parametri sopra riportati di sviluppo ed occupazione infrastrutturale ed antropica, nel nostro territorio costiero permangono condizioni di elevatissima peculiarità ecologico-ambientale: zone Ramsar, Zone di Protezione Speciale (ZPS) o Siti di Importanza Comunitaria proposti (pSIC); della Rete Natura 2000 (figura 2).

I litorali rispondono alle mareggiate o all'ingressione e all'innalzamento del mare con una grande dinamicità che li porta ad ampliarsi ed a contrarsi su scale temporali brevi: le stesse variazioni stagionali del clima di moto ondoso causano le variazioni significative della posizione della linea di riva. Questo li rende estremamente vulne-

rabili e pericolosi per le attività economiche e per le infrastrutture ivi localizzate ma ne esprime, al contempo, la loro resilienza, cioè la capacità di adattarsi a nuove condizioni. Questa capacità dipende, in modo sostanziale, dalla possibilità reale dell'ambiente costiero di modificarsi in funzione di un equilibrio dinamico della cosiddetta "zona di transizione", di congiunzione e costante azione diacronica tra il mare e la terraferma, con i diversi elementi fisico-geometrici ed habitat che la compongono: spiaggia sommersa ed emersa, cordoni di dune e lagune ed aree umide di retro-spiaggia.

Gli usi discordi che caratterizzano i litorali mediterranei, con la sovrapposizione tra attività turistiche ed economiche plurime, di ambienti di pregio ecologico naturalistico, (aree lagunari di foce, dune costiere), abitazioni e strutture residenziali, portualità turistica, stanno ulteriormente riducendo la resilienza del sistema costiero interrompendo il naturale processo di sviluppo dune-spiaggia ed incrementando l'erosione.

La resilienza costiera: l'esperienza dell'atlante nazionale dello stato delle dune costiere

In questa dinamicità dei litorali le dune costiere hanno un ruolo fondamentale e molteplice. Oltre ad avere un intrinseco valore



Figura 2
Area salmastra alla foce del fiume Biferno
(Molise)



ecosistemico ed ambientale, le dune svolgono un ruolo attivo di serbatoio di sabbia per le spiagge in erosione, di sbarramento per le inondazioni, da frangivento per le coltivazioni all'interno e, non ultimo, di barriera all'ingressione del "cuneo salino". Le dune infatti ospitano una falda dolce sospesa che interagisce dinamicamente con la quota dell'interfaccia tra acqua dolce e salata con un rapporto di circa 1:40 [24]. Le dune sono un elemento caratteristico delle spiagge sabbiose in Italia (figura 3). Sono generalmente presenti come cordoni discontinui e con apparati di dimensioni ridotte (con altezze generalmente metriche) ma comunque sono elementi sostanziali nell'equilibrio dinamico dei litorali. La presenza delle dune costiere è andata progressivamente riducendosi in Italia, come anche in Europa [25], ma non è semplice reperire dati quantitativi, che siano esaurienti, omogenei e certificati. Sulla base dei dati riportati da APAT [26] al 1998 nell'Europa centrale e occidentale le dune costiere censite risultavano ridotte di circa il 75% delle superfici dunali presenti nel secolo XIX. Benché le tracce di quest'azione di demolizione sulle dune costiere italiane ad opera sia dell'erosione sia delle azioni antropiche siano ben visibili in tutte le regioni italiane è difficile disporre di dati quantitativi da confortare con numeri e statistiche a scala nazionale.



Figura 3
Dune costiere riattivate ed erose dal mare

Come purtroppo accade per quasi tutti i dati ambientali a componente geografica in Italia i dati che si possono reperire non sono congruenti tra loro e spesso non derivano da programmi nazionali mirati a produrre in modo rigoroso questo tipo di conoscenza, peraltro fondamentale. Come per molti altri temi ambientali, la conoscenza prodotta negli studi condotti nel dettaglio locale non riesce a sopperire alla necessità di completezza e congruenza di conoscenza nazionale indispensabile affinché si possano efficacemente conoscere i fenomeni di rilevanza strategica (come è certamente il rischio costiero nel contesto del rischio idrogeologico) nonché avviare piani nazionali su medio e lungo periodo.

Pur nella consapevolezza scientifica dell'importanza delle dune costiere nel contesto dell'evoluzione dei litorali, non si disponeva sino ad ora di una conoscenza quantitativa e certificata della loro distribuzione e stato di conservazione se non di quella derivabile dall'Atlante delle Spiagge Italiane [27] in cui la presenza delle dune costiere era rappresentata con dei simboli a-dimensionali e non con un approccio cartografico. L'evoluzione delle politiche e delle strategie di gestione integrata del territorio, ed in particolare di quello costiero, ha evidenziato, negli ultimi anni in Europa, l'indispensabilità di dare avvio alla creazione e condivisione di banche dati geografiche come strumenti di conoscenza e di supporto alla pianificazione evidenziando il problema delle condizioni per la loro realizzazione, condivisione ed accessibilità.

Il primo progetto nazionale di rilievo cartografico e certificato della presenza delle dune risulta da una scelta "volontaria" di sviluppo di una banca dati geografica nazionale e certificata all'interno di un più complesso progetto di ricerca ("I depositi eolici delle coste italiane e il flusso di sedimenti spiaggia-duna") svolto da 14 Università italiane e con partecipazione di esperti dell'ENEA, con il coordinamento del Prof.



Giuliano Fierro dell'Università di Genova. Questo progetto ha proposto l'occasione per sviluppare un'esperienza, unica per ora in Italia, di produzione di una banca dati geografica rispondente alle condizioni ed agli standard europei, applicata al tema del rischio naturale in area costiera.

La creazione della banca dati delle dune costiere nazionali, in assenza di una precedente cartografia specifica dei depositi eolici delle coste nazionali, ha prodotto il primo censimento su scala nazionale e la classificazione delle dune costiere integrando l'analisi di immagini con molti elementi derivati da rilievi diretti e con le conoscenze specialistiche di cui i partecipanti al progetto sono stati i portatori. La fase di analisi di immagine oltre alla mappatura, in ambiente GIS, delle dune costiere ha consentito di acquisire ed organizzare una notevole mole d'informazioni su quei parametri morfosedimentari, vegetazionali ed antropici ritenuti determinanti per valutare lo stato e formulare ipotesi credibili sullo sviluppo futuro di queste morfologie eoliche.

La definizione dei contenuti informativi (elementi, informazioni e metadati ad essi associate) e la progettazione della banca dati geografica è stata effettuata attraverso un lavoro collegiale che ha coinvolto tutti i gruppi partecipanti con il coordinamento da parte dell'ENEA.

L'implementazione dei contenuti della banca dati è stata effettuata dalle singole Unità Operative, ciascuna facendo riferimento ai responsabili scientifici locali. La complessità del progetto ha richiesto, in fase progettuale, la creazione di una struttura di dati che consentisse l'autonomia nella sua implementazione a scala locale e, allo stesso tempo, garantisse la congruenza fisica e logica generale del progetto complessivo a fronte di un riaccorpamento finale dei contributi in un'unica banca dati.

La banca dati è incentrata sull'entità dune che rappresenta l'area occupata, al 1999, da cordoni dunari costieri.

La loro sagoma è stata astratta come poligoni che ne rappresentano l'ingombro proiettato su un piano. La continuità laterale dei poligoni tracciati è stata valutata dai ricercatori in base alla presenza e dimensione di varchi sui cordoni dunari, tenuto conto anche della scala nominale della cartografia di base di lavoro (1:10.000) [28]. Con un formale Accordo con il Ministero dell'Ambiente, del Territorio e del Mare (Direzione Generale per la Difesa del Suolo) è stato possibile utilizzare, come riferimento unico cartografico per il progetto, i contenuti cartografici del Portale Cartografico Nazionale accedendo ad esso attraverso connessione remota in ambiente GIS.

È così stato possibile creare una base informativa geografica che rispondesse a condizioni altrimenti non ottenibili:

1. omogeneità cartografica a scala nazionale. L'attuale situazione italiana per la disponibilità di cartografia numerica (o tradizionale) di base non avrebbe offerto infatti alternative percorribili tranne che utilizzare cartografie datate e poco dettagliate (1:25.000 - 1:100.000 IGM) o utilizzare cartografie di grande dettaglio ma diverse per ambiti regionali. Non si sarebbe potuto garantire facilmente la condizione di congruenza geografica nazionale. Le necessarie operazioni di adeguamento tra diversi sistemi di riferimento utilizzati in particolare dalla CTR avrebbero limitato l'accuratezza dei risultati finali;
2. dettaglio europeo della scala di lavoro. Proprio il Progetto INSPIRE (<http://geoportal.jrc.it/geoportal/index.htm>) ribadisce per i principali elementi geografici di grande rilevanza (tra cui le linee di riva) l'esigenza di rilevare queste forme con elementi vettoriali e con un dettaglio nominale a scala 1:10.000.



La struttura della banca dati, pur mantenendo una congruenza di obiettivi con le finalità del progetto generale (scambio di sedimenti tra spiaggia ed accumuli eolici), ha privilegiato l'esigenza di fornire elementi di pianificazione del rischio costiero in stretta connessione con la presenza e lo stato di attività delle dune costiere rispetto alle spiagge antistanti, la presenza e tipologia di copertura vegetazionale, la presenza di opere e strutture antropiche, di varchi, sentieri, strade o forme di erosione diffusa, la tendenza evolutiva dei tratti di spiaggia antistanti e, in questi stessi, la presenza di opere di difesa e l'utilizzo degli arenili a fini di balneazione. In definitiva la "legenda" risulta composta da 11 voci (sei inerenti le dune, quattro la spiaggia antistante ed una che descrive le caratteristiche del vento) suddivise in 25 classi (quattordici riferite all'apparato dunare e undici alle condizioni della spiaggia, tabella 1).

Oltre ai risultati nel dettaglio delle analisi regionali pubblicate dalle singole unità operative [29] risulta, dall'insieme dei dati, ad esempio, che oltre il 90% delle dune presenti sul territorio nazionale al 1999 è ancora "attivo", cioè scambia sedimenti con la spiaggia antistante, ma di queste dune attive è da rilevare che circa il 50% è ubicato in corrispondenza di litorali in arretramento la

cui ampiezza risulta essere, in buona parte (circa il 30%), inferiore a 20 metri (figura 4).

Adattamento e dune costiere: la proposta

Ormai in Italia le dune e le zone naturali in area costiera stanno scomparendo. Molto spesso le dune costiere sono state utilizzate, a partire dall'unità di Italia, per l'impianto di alcune tra le principali infrastrutture viarie e ferroviarie nazionali; con un'impennata dagli anni 70, di anno in anno, le dune costiere rimaste sono soggette ad un esproprio istituzionalizzato o abusivo (ma senza conseguenze giuridiche) per fare posto ad una molteplicità di interventi diversi (parcheggi, stabilimenti balneari, campi da beach volley, abitazioni, passeggiate a mare, ecc) tra cui una recente portualità turistica alle foci dei corsi d'acqua, in risposta ad una domanda locale che sta recentemente rapidamente crescendo. Lo sviluppo dell'area costiera è, d'altra parte, sempre stato concepito in Italia in conflitto con le aspettative ed esigenze di conservazione delle risorse territoriali (figura 5).

Anche la percezione della rilevanza di questi ambienti di transizione è nel nostro Paese inadeguata: il concetto di "bello" è completamente alterato da schemi di valuta-

DUNA	<ul style="list-style-type: none"> • GRADO D'ATTIVITÀ (2 classi): attive / inattive • COPERTURA VEGETALE DOMINANTE (6 classi): alberi, arbusti, erbaceo, alberi ed arbusti, arbusti ed alberi, assenza di vegetazione • DISTANZA DAL MARE • ANTROPIZZAZIONE (2 classi): urbanizzato, naturale, antropizzato • ALTEZZA (quota slm) • VARCHI (3 classi): sentieri, strade con sbocco al mare, sentieri e strade lungo cresta
SPIAGGIA	<ul style="list-style-type: none"> • AMPIEZZA (3 classi): 0-20/20-60/>60 m • TENDENZA EVOLUTIVA (3 classi): avanzamento, arretramento, stabile • OPERE DI DIFESA (3 classi): ripascimenti, opere radenti, ripascimenti ed opere radenti • USO (2 classi): balneazione temporanea, balneazione permanente
VENTO	<ul style="list-style-type: none"> • UBICAZIONE E CARATTERISTICHE STAZIONI ANEMOLOGICHE

Tabella 1

Sintesi dei contenuti informativi della banca dati sulle dune



zione incentrati su una percezione di valore di fruizione del bene secondo modelli economici datati e non più sostenibili. D'altra parte il concetto di conservazione e protezione degli habitat costieri è spesso, ed in modo esasperato, inteso solo come sinonimo di impedimento all'utilizzo ed allo sviluppo economico. Sono quindi fondamentali interventi di educazione e di informazione nei decisori politici e nei cittadini fruitori, sul ruolo delle dune e degli ambienti umidi nel sistema costiero. L'obiettivo è che, ove ancora è possibile, anche opzioni di aumento della resilienza attraverso la rinaturalizzazione delle aree litoranee possano entrare nella consuetudine delle politiche di adattamento ai cambiamenti climatici nel territorio costiero valorizzandone il potenziale economico e immaginando soluzioni progettuali non usuali in cui il modello di sviluppo economico trova forme di conciliazione con una gestione non del tutto rigida del limite terra mare. Questo implica che i piani di recupero e conservazione prevedano, in parallelo, piani di sviluppo di attività turistiche, economiche ed insediative che seguano schemi diversi da quelli che hanno sinora portato alla devastazione del patrimonio naturale costiero italiano. Questo implica anche e soprattutto che sia garantito l'inserimento di tali iniziative al-

l'interno di procedure di gestione sostenibili dell'area costiera (GIZC).

La possibilità di utilizzare le dune costiere come elementi di mitigazione dell'erosione è presente da anni negli esempi internazionali. In Italia solo in pochissimi esempi (al momento solo in Emilia Romagna), le dune sono state sinora utilizzate per interventi di riduzione del rischio di erosione/allagamento seppure con risultati notevoli e con una elevata componente di innovatività progettuale [30, 31].

È necessario che, anche nel nostro paese, si inizino a sostenere anche con interventi legislativi (come è avvenuto ad esempio in Francia) iniziative di adattamento basate sulla riqualificazione o ricostruzione delle aree dunari ed umide che offrono un adattamento morbido e continuo agli effetti dei cambiamenti climatici; questi interventi devono essere supportati da un adeguato sostegno, anche finanziario, oltre che essere inseriti in un contesto di sviluppo economico sostenibile almeno regionale ("*planned adaptation*") [32].

Il problema in Italia è, da un lato, la mancanza di una adeguata legislazione che sostenga questi interventi, meno sperimentati, a discapito di interventi di mitigazione del rischio più tradizionali (ma non sempre più efficaci), dall'altro la mancanza di

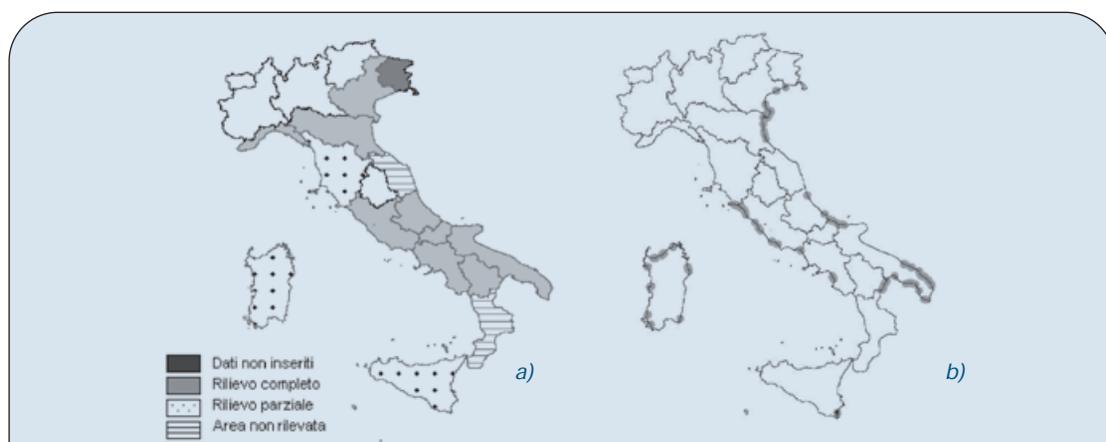


Figura 4

a) Copertura nazionale dei rilievi; b) Distribuzione dei cordoni di duna attivi rilevati in corrispondenza di spiagge antistanti di ampiezza inferiore a 20 metri



conoscenza adeguata, su scala nazionale, della presenza e dello stato di conservazione attuale delle dune costiere.

La scelta di stabilizzazione rigida del limite terra- mare è stata, sino a pochi anni fa, l'unica strategia attuata in Italia in risposta alla perdita di litorale. Qualsiasi opzione richiede specifiche strategie di adattamento che vanno oltre alla zona costiera intesa in senso geografico rigido. Il problema dell'erosione costiera è imprescindibile dagli apporti di sedimenti fluviali, dalla gestione delle risorse idriche nei bacini artificiali, dagli interventi di difesa dal rischio idrogeologico a scala di bacino idrografico, dalle pratiche agricole e dal processo, generale, di utilizzo del territorio continentale. Molto spesso scelte di intervento di difesa tradizionale sono state invece progettate in risposta ad esigenze troppo localizzate che, senza considerare i principi di reciprocità territoriale, hanno spostato il problema dell'erosione e creato un sistema di interventi di protezione "a cascata" senza mai risolvere il problema.

D'altra parte seppure oggi la costa italiana non antropizzata è localizzata in ambiti sempre più circoscritti, in futuro non è pensabile di poter difendere la costa dappertutto né farlo ovunque con opere di difesa rigida o con ripascimenti di sabbie: la re-

cente stima europea di "non sostenibilità economica" di una ipotesi di difesa di circa 10.000 km di litorale, in uno scenario di cambiamento climatico al 2040 [11], rende evidente la non praticabilità di una difesa tradizionale di tutti i 4000 km di coste basse italiane potenzialmente vulnerabili all'erosione o allagamento a fine secolo. Vi è bisogno di conoscenza finalizzata a definire le vocazioni attuali e possibili del territorio costiero rispetto alle diverse opzioni di adattamento e risposta agli impatti attesi per effetto dei cambiamenti climatici. È fondamentale che un nuovo modo di pensare il territorio costiero in Italia abbia inizio e, in recepimento delle indicazioni europee ed internazionali, vengano sostenute, nel nostro Paese, azioni per ridurre la pressione convenzionale sui litorali: questo al fine di renderli più resilienti al cambiamento climatico in una logica anche di iniziative ed investimenti sostenibili e vantaggiosi. Deve essere in un qualche modo "normata" l'apparentemente ovvia considerazione che la zona di transizione non è un elemento fisso ed inamovibile ma variabile e dinamico nel tempo, una risorsa potenzialmente rinnovabile solo su scale temporali che oggi si presentano sempre più incompatibili con i problemi originati dal suo progressivo "consumo". Per gestire tale risorsa (anche economica) è quindi necessario un approccio, integrato e strategico, che si ponga obiettivi che partono dalla minimizzazione della reversibilità degli impatti e dalla riduzione della vulnerabilità. In attesa di disporre dell'adeguata capacità di organizzare azioni e strategie nazionali, che passano anche attraverso una adeguata conoscenza, possono essere da subito sostenute azioni locali dimostrative rivolte alla ricostruzione o recupero di aree di transizione come "*limited intervention*" per l'adattamento, a partire dalle situazioni ove esiste già una sensibilità di alcuni amministratori locali che possono sostenere i primi progetti.



Figura 5
Esempio di difficile convivenza tra dune e sviluppo economico



Conclusioni: la conoscenza e la consapevolezza utile

Il sistema litorale italiano presenta una particolare fragilità alle trasformazioni che sono previste negli scenari IPCC di cambiamenti climatico globale e, in ogni caso, già l'attuale situazione di crisi erosiva, impone l'avvio di azioni di mitigazione delle vulnerabilità e di adattamento anche di nuova concezione.

La possibilità di attuare questo tipo di opzioni di adattamento, inserite in un programma strategico nazionale, passa attraverso la capacità di proporre soluzioni tecnologicamente e metodologicamente innovative ma anche attraverso la capacità di pianificare le scelte e quindi la disponibilità di adeguata conoscenza quantitativa e certificata sul territorio nazionale diventa basilare.

La conoscenza ed il monitoraggio della presenza e stato di conservazione delle dune costiere e degli ambienti di transizione rappresentano, ad esempio, un elemento fondante di tale conoscenza: non però come un episodio sporadico ma inserito in un programma strategico nazionale di produzione di conoscenza certificata, quantitativa e condivisa in cui le dune nazionali dovranno essere un elemento di un più complesso e integrato sistema di conoscenza dedicata alle aree costiere italiane ed agli impatti attesi.

Non disponiamo, in Italia oggi, di questa conoscenza. E soprattutto non esiste una tradizione di collaborazione, su questi temi, tra esperti del mondo accademico, enti nazionali e sistema delle agenzie nazionali e regionali. Condizione questa fondamentale per trasformare le conoscenze scientifiche in strumenti di gestione del territorio e che, come già ben sperimentato nel resto del mondo, non è possibile stabilire solo su base volontaristica.

Da anni l'ENEA sta sperimentando questa sinergia sul tema del rischio costiero ope-

rando su molte aree del territorio nazionale in stretta collaborazione con le eccellenze scientifiche del settore accademico e con il mondo agenziale e in stretta connessione con le realtà europee di ricerca e delle reti tematiche. Da questa esperienza deriva la possibilità di avviare nuovi progetti di conoscenza certificata e condivisa per sostenere future politiche innovative di gestione e sviluppo delle aree costiere.

Per informazioni
valpreda@bologna.enea.it

Bibliografia

[1] Smit, B., Pilifosova, O., Burton I., Challenger B., Huq S., Klein R.J.T. and Yohe, G. (2001): "Adaptation to climate change in the context of sustainable development and equity"; in *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, (ed.) J.J. McCarthy, O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken and K.S. White, contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, p. 877-912.

[2] R.J. Nicholls and R. J.T. Klein "Climate change and coastal management on Europe's coast". In: Vermaat, J., Bouwer, L., Turner, K., Salomons W. (eds.) *Managing European Coasts: Past, Present and Future*. Germany, Springer, 2005.

[3] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), "The third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change" Cambridge University Press, Cambridge, UK and NY, USA, 2001.

[4] D.M.V.M. Stock "The relation between mitigation and adaptation: a scientific perspective with the focus on climate change" 14th Int. An. Conf. and Gen. Ass. of the Climate Alliance, Vienna 04-06.05.2006.

[5] J.D. Scheraga and A. E Grambsch. "Risks, opportunities, and adaptation to climate change." *Climate Research*, Vol. 10, 85-95, 1998.

[6] European Environment Agency, "Impacts of Europe's Changing Climate" Copenhagen, 2004.

[7] Commissione delle Comunità Europee "Adapting to climate change in Europe: options for EU action", SEC(2007) 849 Bruxelles, 2007.



- [8] I. M Goklany, "Integrated Strategies to Reduce Vulnerability and Advance Adaptation, Mitigation, and Sustainable Development". In: *Mitigation and Adaption Strategies for Global Change*, 2005.
- [9] I.M Goklany, "Adaptive Management of Climate Change Risks" Pre-released chapter from *A Breath of Fresh Air: Market Solutions for Improving Canada's Environment*, to be published by The Fraser Institute, 2007.
- [10] E.Valpreda e P. Cenni, "Osservazioni sulla percezione individuale dei cambiamenti climatici". In elab.
- [11] European Environment Agency 2006, "The changing faces of Europe's coastal areas". *EEA Report No 6/2006*, Copenhagen, 2006.
- [12] European Commission, 2004. "Living with coastal erosion in Europe. Sediment and space for sustainability" Office of Official Publications of the European Communities, Luxembourg, p. 40.
- [13] APAT Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine Servizio Difesa delle Coste "Analisi delle modifiche della linea di costa:Stima negli ultimi 40/50 anni a scala nazionale" APAT, 2007.
- [14] Gruppo Nazionale per la Ricerca sull'ambiente Costiero (GNRAC). "Lo stato dei litorali italiani. " Studi Costieri, vol. 10, 174 pp, Firenze, 2006.
- [15] M Preti, "Eustatismo, subsidenza e linee di intervento per la difesa del territorio costiero in Emilia-Romagna, Mare e cambiamenti globali" – pp. 167-179, ICRAM, 2000.
- [16] Alcamo, J., J.M. Moreno, B. Nováky, M. Bindi, R. Corobov, R.J.N. Devoy, C. Giannakopoulos, E. Martin, J.E. Olesen, A. Shvidenko,; Europe. "Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change", M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., *Cambridge University Press, Cambridge*, 541-580, UK, 2007.
- [17] M.F. Nisi, M. Gabellini & S. Silenzi, "La valutazione del rischio da ingressione marina nelle aree di piana costiera". In *Mare e cambiamenti globali* – pp. 199-206, ICRAM, 2000.
- [18] F. Antonioli & G. Leoni, "Relazione tecnica per Ministero dell' Ambiente, Progetto 4.8 Risanamento del Territorio e delle acque, Linea 3b Pianure costiere italiane a rischio di allagamento del mare", ENEA 2001.
- [19] G. Fierro, "Lo stato delle conoscenze delle aree costiere nazionali ed ipotesi di adattamento ai cambiamenti climatici previsti". *Atti CNCC 2007*, Roma, 2007.
- [20] G. Ielardi. "Coste italiane protette". *Rivista della Federazione Italiana Parchi e delle Riserve Naturali*, 33 - giugno 2001.
- [21] MATTM, "Relazione Stato dell'ambiente". Roma, 2005.
- [22] Agenzia del Territorio, "Rapporto immobiliare", 2006.
- [23] A. GIRARDI, G. SECCO, C. TRENTIN, M. ZUNICA "Recenti variazioni del litorale tra foce Adige e Porto Caleri". *Quaderni del Dipartimento di Geografia*, Padova, 1986.
- [24] M. Antonellini e G Gabbianelli, "L'intrusione salina negli acquiferi costieri emiliano romagnoli". *Atti del Terzo Forum Nazionale pianificazione e tutela del territorio costiero*. 28-31 marzo- Rimini, 2007.
- [25] J.P Doody, (1991), "Sand dune inventory of Europe". Joint Nature Conservation Committee: Peterborough, UK. ISBN 1-873701-07-1. 80 pp.
- [26] M. Guccione, G. Bovina e M Gori, "Tutela della connettività ecologica degli habitat marini e costieri: una proposta per l'organizzazione e la gestione dei dati" Rapporti APAT 54/2005).
- [27] AAVV, CNR- MIUR, "Atlante delle spiagge Italiane", SELCA, Firenze, 1997.
- [28] E. Valpreda, "La banca dati geografica delle dune costiere in Italia: uno strumento per valutare l'interazione tra queste morfologie costiere, l'evoluzione di litorali ed il loro utilizzo". *Studi Costieri, vol. 11, Firenze, 2006*.
- [29] U., Simeoni, E Valpreda. e C. Corbau - "Le dune costiere dell'Emilia Romagna". *Studi Costieri*,vol. 11. Firenze, 2006.
- [30] U. Simeoni (2003), – "Rifluimento della spiaggia e costruzione di dune armate nell'area di foce del Po di Goro. Aree Costiere" - Accademia Nazionale Dei Lincei - XXI Giornata dell'Ambiente, Roma. pp. 157-164.
- [31] E. Valpreda, F. Immordino, U. Simeoni, "Sustainable mitigation of coastal erosion hazard through coastal dunes use: approaching the possibility in the Puglia case study". *Atti del Convegno Internazionale HAZARD2002*- 3-6 October- Antalya- Turkey.
- [32] R. J.T. Klein, R.J. Nicholls, S. Ragoonanden, M. Capobianco, J. Aston, and E. N. Buckley, "Technological options for adaptation o climate change in coastal zones". *J. Coast. Res.*, 17, 531-543, 2001.



Mobilità sostenibile: il contributo del Consorzio TRAIN

A cura di Tiziano Federighi

Presidente del Comitato Tecnico Scientifico di TRAIN

*I risultati ottenuti,
in termini di prodotti e brevetti
nei dieci anni di attività,
fanno del Consorzio TRAIN
un importante strumento operativo
per la ricerca e l'innovazione
finalizzate allo sviluppo
della Mobilità Sostenibile*



Il Consorzio TRAIN (Consorzio per la Ricerca e lo Sviluppo di Tecnologie per il Trasporto Innovativo) fu formalmente costituito nell'ottobre 1998 per iniziativa dell'ENEA, nell'ambito di una preesistente collaborazione tra l'ENEA e le Ferrovie dello Stato.

L'occasione determinante che suggerì di trasformare una normale collaborazione in una struttura operativamente più autonoma, fu fornita da due atti pubblici:

- la delibera del CIPE del 24 aprile 1996 che, tramite il MUR, assegnava all'ENEA la responsabilità della realizzazione del Piano di ricerca SRR (Ship Rail Road: *Realizzazione di strumenti e prodotti per l'attuazione di processi innovativi di logistica multimodale*), inserito nel Programma di "Potenziamento della rete consortile di ricerca nelle aree depresse" promossa dall'ENEA (Legge 488/92 e Fondi Strutturali della UE). Per la realizzazione di questo Piano, la delibera prevedeva espli-

Sustainable Mobility: the contribution of the TRAIN Consortium

*The results obtained in ten years of activity,
in terms of products and patents,
make the Consortium an important research
and innovation tool for the development
of Sustainable Mobility*



citamente il coinvolgimento di soggetti pubblici e privati attraverso la costituzione di un apposito consorzio. Il Piano aveva una durata triennale e un costo preventivato di 36.185,00 k€.

- la delibera del DG del MUR del 22 novembre 1996 che assegnava all'ENEA la realizzazione del progetto "Tecnologie innovative del trasporto ferroviario" inserito nel P.O. "Ricerca, Sviluppo Tecnologico e Alta Formazione" cofinanziato dalla UE (Fondi FESR; Misura 1-II-1.2- Attività ENEA). In connessione alla larga sovrapposizione temporale con l'azione precedente, l'ENEA decise di assegnare anche la realizzazione di una larga parte di tale progetto, detto progetto FERRO, al costituendo consorzio, per una durata triennale e un costo preventivato di 3.361.00 k€.

All'atto della costituzione la compagine consortile risultò composta da ENEA, Ferrovie dello Stato Spa, Uniontrasporti, Ansaldo Trasporti Spa, Costamasnaga Spa, D'Appolonia Spa e Fantuzzi Reggiane Spa. Il capitale sociale, rimasto pressoché inalterato nel tempo, è oggi di Euro 112.223,18 ed è controllato a maggioranza dai consociati di natura pubblica.

In base allo statuto, similmente ad altri Consorzi costituiti in quel periodo per iniziativa dell'ENEA (al fine di rafforzare i legami dell'ENTE col mondo produttivo esterno), anche TRAIN nasceva come consorzio con attività esterna, e avrebbe operato senza scopo di lucro in regime di mandato senza rappresentanza (ai sensi dell'art. 2612 del codice civile) e avrebbe svolto le proprie attività nel rispetto delle regole e modalità stabilite per l'utilizzo dei finanziamenti nazionali e comunitari, utilizzando le competen-

ze messe a disposizione dai consorziati. Le sedi operative sarebbero state presso i consorziati, mentre la sede legale sarebbe stata presso il Centro Ricerche ENEA della Trisaia. Una sede di rappresentanza avrebbe operato in Roma.

Nel costituire il Consorzio, i soci fondatori erano ben consapevoli di affrontare simultaneamente due sfide, implicitamente contenute nelle finalità del Piano SRR e del Progetto Ferro e nella struttura stessa del Consorzio:

- da una parte si trattava di dimostrare al mondo operativo e pragmatico dei trasporti e della logistica, un po' distante dal mondo della ricerca, che era possibile e utile introdurre forti innovazioni di apparato e di sistema nel loro settore (detto oggi questo può sembrare banale, ma non lo era nell'ottobre 1998);
- dall'altra si trattava di verificare sul campo che il Consorzio, il quale appariva fortemente innovativo e peculiare nel suo *mix* di ricerca, operatori logistici e industria, rappresentasse veramente la struttura più idonea nel nostro Paese, per operare in tale direzione.

Lo statuto consentiva al Consorzio di andare oltre le attività previste dal Piano SRR e dal Progetto FERRO e quindi, di realizzare ulteriori programmi nel settore della ricerca del trasporto innovativo per i quali fosse stato possibile reperire finanziamenti nazionali, regionali o comunitari.

A distanza di circa dieci anni dalla sua costituzione appare importante presentare un bilancio sintetico dell'attività che il Consorzio ha realizzato e soprattutto chiedersi rispetto a una situazione del mondo dei trasporti profondamente mutata rispetto al '98 quali siano le sue prospettive.



Le attività ad oggi

I progetti affrontati dal Consorzio sono assai numerosi e per comodità di esposizione sono raggruppati in due tabelle. In particolare la tabella 1 riporta l'elenco dei 15 progetti terminati e rendicontati entro il 2006. Come si può già rilevare da questo primo elenco, sebbene non siano mancate commesse da parte di Terzi e del consociato Trenitalia, il maggior

contributo alle attività del consorzio è venuto dal MUR, anche prescindendo dal Piano SSR e dal progetto FERRO.

In effetti, già dal 2001 (prima ancora cioè, che fossero completati i due suddetti programmi) il Consorzio, utilizzando le conoscenze nel frattempo acquisite e sviluppate, è stato in grado di proporre autonomamente al MUR attraverso la cosiddetta procedura *bottom up*, vari progetti di ricerca, successivamente tutti approvati.

Tabella 1 - I progetti terminati nel 2006

- Piano SHIP RAIL ROAD : "Realizzazione di strumenti e prodotti per l'attuazione di processi innovativi di logistica multimodale"
- Progetto FERRO "Tecnologie innovative del trasporto ferroviario"
- "Studio di valutazione del rischio derivante dall'industria, dalle infrastrutture di trasporto sul territorio nazionale e dal trasporto di merci pericolose" - (Incarico Ministero dell'Ambiente).
- "Sistemi di miglioramento della mobilità urbana" - (Incarico ATP Sassari)
- "Sperimentazione cassa mobile refrigerata" - (Commessa Trenitalia)
- "Studio preliminare per il potenziamento e lo sviluppo del porto di Corigliano" - (Incarico Provincia di Cosenza).
- "Modelli di Gestione nel trasporto combinato in area di attraversamento frontaliero attraverso le modalità ferroviarie" - (Commessa Synerghia Spa)
- "Sistema diagnostico Pantografi" - (Commessa Trenitalia)
- Progetto SINAVE "Sistema innovativo di trasporto intermodale basato sull'impiego di NAvi VEloci"- (Incarico del consorzio CTMI, consorzio per la ricerca e lo sviluppo del trasporto marittimo intermodale).
- Progetto ERANET "Exemplary research and development network for technology transfer in land transport and marine technologies" - (Finanziato dalla UE)
- Progetto TADIRAM "Sviluppo di tecnologie e sistemi avanzati per la distribuzione e raccolta delle merci nella città sostenibile" - (Cofinanziato dal MUR legge 488/92). Obiettivo del progetto è stato quello di sviluppare all'interno del consorzio le competenze necessarie per affrontare le tematiche della City Logistics.
- Progetto SETRAM "Realizzazione di un sistema esperto con funzioni di simulazione delle modalità di trasporto merci e di selezione dei percorsi sulla base di multicriteria" svolto in collaborazione con Omnia Logistica Spa - (Cofinanziato dal MUR legge 488/92). Scopo del progetto è stato quello di mettere a disposizione degli Operatori Logistici uno strumento basato sulla ICT per la selezione di percorsi multimodali di trasporto.
- Progetto TELELOG 2000 "Sistema per il controllo logistico e la manutenzione di mezzi per la movimentazione" - (Cofinanziato dal MUR legge 488/92). Obiettivo del progetto è stata la messa a punto di apparecchiature telematiche per ottimizzare il lavoro delle macchine utilizzate negli interporti, per la movimentazione dei carichi.
- Progetto AGROLOGIS "Potenziamento della catena logistica intermodale dedicata alla filiera agro-industriale del Mezzogiorno", realizzato in collaborazione con MAGSISTEM srl - (Cofinanziato dal MUR legge 297/99). Obiettivi del progetto sono state l'individuazione e la sperimentazione di soluzioni innovative per le modalità di trasporto, conservazione e distribuzione dei prodotti agricoli e ortofrutticoli del Meridione, in modo che essi possano raggiungere, in condizioni ottimali e concorrenziali, i mercati non solo del Nord Italia ma anche del centro Europa, rompendo l'atavico isolamento del Mezzogiorno.
- Progetto SITRAC "Ricerca su Simulatori a supporto dello sviluppo di una rete di trasporto intermodale basata sul cabotaggio" - (cofinanziato dal MUR sulla base del D.D. 9 ottobre 2002). Oggetto del progetto è stato lo studio dei processi che si svolgono in ambito portuale, e delle loro interazioni con il sistema terrestre (il porto rappresenta il punto più critico per un efficiente trasporto via mare).



Scorrendo la tabella 2 che riporta il nutrito elenco delle attività in corso, si può verificare che per molti degli 11 progetti il sostegno del MUR (anche se vi sono sta-

te importanti eccezioni), è continuato anche dopo la chiusura formale della suddetta procedura, sostituita totalmente dopo il 2004 dalla procedura *top down*.

Tabella 2 - I progetti in corso nel 2007

- Progetto SIMMI "Sviluppo di tecnologie per la realizzazione di un sistema integrato di supporto al monitoraggio ed alla manutenzione di infrastrutture ferroviarie" realizzato in collaborazione col Consorzio T.R.E. - (Cofinanziato dal MUR legge 297/99). Obiettivo del progetto è la definizione di un sistema telematico per il monitoraggio e la diagnosi di supporto alla manutenzione di una rete ferroviaria.
- Progetto CAESAR "Coordination action for the European strategic agenda of research on intermodalism and logistics" nel quale il Consorzio ha anche le funzioni di coordinamento - (Finanziato dal VI P.Q. UE). Obiettivo del progetto è lo *start up* dell'EIRAC (European Intermodal Research Advisory Council) ovvero di un Consiglio permanente in grado di fornire assistenza strategica ai membri della Commissione Europea, responsabili per il coordinamento e lo sviluppo della ricerca europea nel settore del trasporto intermodale e della logistica.
- Progetto NEW OPERA "New European Wish: Operating Project for European rail Network" nel quale il Consorzio ha anche le funzioni di coordinamento - (Finanziato dal VI P.Q. UE). Obiettivo del progetto è l'identificazione e la definizione delle caratteristiche di una rete ferroviaria europea dedicata esclusivamente al trasporto merci.
- Progetto SITI "Sicurezza in Tunnel Intelligente" - (Cofinanziato dal MUR legge 297/99). Con un'impostazione mutuata dalla metodologia applicata alle centrali nucleari (che in prima fase è di natura preventiva e successivamente di gestione semiautomatica di eventuali situazioni di crisi), il progetto sviluppa il concetto di galleria dinamica, che considera il tunnel insieme ad un tratto di strada prima e dopo il tunnel, come un unico sistema complesso in continuo mutamento.
- Progetto INTERAGRO "Metodi e strumenti per la supply chain integrata nell'agro alimentare" realizzato in forma cointestata con Imprese esterne e Università. - (Cofinanziato dal MUR bando FISR 2002). Il progetto prevede azioni che dovranno essere calibrate e validate su filiere concrete di prodotti agro-alimentari, utilizzando le tecnologie della *net-economy* per incrementare la funzionalità della "supply chain" e l'interfacciamento dei vari produttori e operatori al fine di consentire loro di raggiungere obiettivi comuni.
- Progetto STRAL "Sistema di trasbordo laterale di containers" - (cofinanziato dal MUR legge 297/99). Il progetto affronta uno dei nodi più critici che finora hanno impedito sul piano pratico, la diffusione del trasporto intermodale *porta a porta* (utilizzando cioè ferrovia più gomma rispetto al tutto gomma, limitatamente a settori specifici di merci).
- Progetto TRAMP "Sistemi integrati di gestione e controllo per il trasporto in Sicurezza di Merci Pericolose" - (cofinanziato dal MUR Bando FAR, DD del 16 febbraio 2004). Obiettivo del progetto è lo studio delle condizioni per realizzare, in seno allo scenario satellitare europeo di Galileo, un servizio innovativo per il supporto alla gestione dei trasporti di merci pericolose.
- Progetto INVIA "Integrazione virtuale del Sistema dell'autotrasporto" realizzato in forma cointestata con Consorzio FAI Innovazione e con il Consorzio VIATECH - (cofinanziato dal MUR Bando FAR, DD del 16 febbraio 2004). Finalità del progetto è il superamento attraverso l'introduzione mirata dell'ICT, delle molteplici criticità che ad oggi caratterizzano l'autotrasporto e il suo rapporto collaborativo con le altre modalità di trasporto.
- Partecipazione al CENTRO DI COMPETENZA TRASPORTI. Si tratta del progetto che il MUR sta realizzando assicurandone anche lo *start up*, utilizzando i Fondi del PON RICERCA 2000-2006. La partecipazione del Consorzio riguarda specificatamente la creazione e lo *start up* del nodo secondario Basilicata, che ha come oggetto i seguenti temi: Trasporto merci e persone; logistica; intermodalità ed in particolare gli strumenti per la e.logistics e la filiera agroalimentare; sistemi e tecnologie per la produzione, distribuzione e utilizzo di biocarburanti; sistemi per la riduzione delle emissioni acustiche e dei relativi costi esterni.
- Progetto BITRAS "Biocarburante per il Trasporto Sostenibile" realizzato in collaborazione con Industrie e Centri di ricerca esterni - (Cofinanziamento MUR DM del 18 luglio 2005). Obiettivi del progetto sono lo studio e la validazione su scala pilota, della produzione di biocarburanti ecologici per autotrasporto, utilizzando biomasse di origine agricola e la procedura di pre- trattamento *steam explosion* messa a punto dall'E-NEA.
- Progetto SAFER "Sicurezza attiva nei sistemi ferroviari" realizzato con Industrie e Centri di ricerca esterni - (Cofinanziamento MUR, DM del 18 luglio 2005). Oggetto del progetto è l'individuazione e la valutazione di tecnologie e strumenti atti a incrementare il livello di sicurezza globale delle reti di trasporto su ferro (inclusi atti di terrorismo e di sabotaggio).



In effetti, il Consorzio è stato in grado di rispondere a bandi tematici emessi dal MUR ogni qual volta fossero inclusi temi di ricerca relativi alla mobilità sostenibile, presentando proposte per nuovi progetti, generalmente insieme a Industrie esterne e/o ad altri Centri di ricerca.

In merito alle attività in corso infine, è da precisare che due progetti (SIMMI e CAESAR) già iniziati nel 2006, saranno completati nel 2007, altri andranno a compimento nel 2008 e alcuni nel 2009.

Le competenze del Consorzio

Gli undici progetti in corso, uniti agli altri importanti progetti tematici già con-

clusi entro il 2006 (TADIRAM, SETRAM, TELELOG2000, AGROLOGIS e SITRAC), sono connessi allo sviluppo del trasporto intermodale e della sua sicurezza e/o all'introduzione dell'innovazione nei sistemi di trasporto e nella logistica e possono essere considerati come sviluppi specializzati delle prime attività propeudetiche svolte nell'attuazione del Piano SRR e del Progetto FERRO.

Con l'attuazione dei progetti sopra elencati, il Consorzio ha raggiunto una piena maturità operativa ampliando il campo delle proprie competenze. Un quadro sintetico dei settori di intervento del Consorzio, è riportato in tabella 3.

Va infine segnalato il riconoscimento europeo delle attività del Consorzio, com-

Tabella 3 - I settori di intervento

- **VETTORI ED UNITÀ DI CARICO**
Sistemi di movimentazione e stivaggio per la distribuzione delle merci in ambito urbano
Sistemi di trasporto prodotti deperibili
Sollevamento e movimentazione in aree portuali
Tecnologie per veicoli di trasporto su rotaia
- **NODI DI SCAMBIO**
Sistemi carico-scarico navi
Sistemi di ottimizzazione logistica portuale
Sistemi di gestione Interporti
Sistemi di sollevamento e movimentazione in aree portuali ed interportuali
- **GESTIONE FILIERE DI TRASPORTO**
Modelli logistici per la filiera agroalimentare
Modelli di raccolta, trasporto e distribuzione delle merci
Individuazione di soluzioni ottimali di organizzazione logistica
Strumenti simulativi per la valutazione dell'impatto ambientale della catena logistica
Banche dati e portali interattivi
- **MANUTENZIONE**
Sistemi informatici per elaborazione e gestione dei processi di diagnostica e manutenzione
Sistemi telematici per la manutenzione
Tecnologie per il monitoraggio infrastrutture
Diagnostica componenti
- **SICUREZZA**
Sistemi di gestione traffico in tempo reale in caso di incidente e di supporto all'intervento
Analisi e valutazione di sicurezza e del rischio
Trasporto di merci pericolose
Sistemi e tecnologie per la sicurezza nelle gallerie



provato dall'assegnazione di ruolo di coordinatore degli importanti progetti strategici CAESAR e NEW OPERA, finanziati nel VI PQ della UE.

Alcuni prodotti realizzati e brevetti presentati

Durante la propria attività il Consorzio ha validato (nei limiti consentiti dalle norme comunitarie per gli aiuti pubblici alla ricerca) un grande numero di prodotti e ha depositato, ove opportuno, i relativi brevetti. Per quanto riguarda i

prodotti realizzati, la figura 1 offre una panoramica dei principali di essi.

Per quanto riguarda i brevetti, anch'essi numerosi, la situazione attuale è la seguente:

Brevetti già depositati

- Unità di carico con movimentatore motorizzato;
- Mezzi e procedimento per la raccolta e trasporto ai centri di distribuzione dei rifiuti sanitari;
- Macchina per la movimentazione ed il trasbordo di contenitori;



Figura 1
Alcuni prodotti realizzati nei progetti attuati da TRAIN cui ha partecipato ENEA

- Sistema esperto per l'individuazione di soluzioni ottimizzate per il trasporto merci – SETRAM;
- Sistema di rilevazione simultanea della codifica dei trasporti intermodali;
- Sistema di gestione e ottimizzazione delle operazioni di movimentazione dei carichi, in particolare in aree intermodali – GEMMA;
- Sistema per la valutazione multicriteriale delle innovazioni – SYLOG;
- Sistema telematico per ottimizzazione della manutenzione sui sistemi di movimentazione stradale;
- Software di Gestione del sistema TADIRAM per il trasporto delle merci in ambito urbano.

Brevetti in fase di deposito

- Sistema telematico per ottimizzazione della manutenzione sui carrelli ferroviari;
- Sistemi per il controllo fitosanitario di prodotti ortofrutticoli;

- Sistemi spettrometrici ed ottici per misure qualità di prodotti ortofrutticoli;
- Portale Interattivo per la filiera agroalimentare;
- Sistemi *wireless* per la tracciabilità ed il monitoraggio della qualità dei prodotti durante il viaggio;
- Sistemi di monitoraggio, informazione e controllo per la distribuzione e raccolta delle merci;
- Unità di trasporto su tram SIRIO per la distribuzione delle merci in ambito urbano.

Il futuro del Consorzio

a. Il cambiamento del quadro esterno

Rispetto al 1998 vi è oggi maggiore consapevolezza, sia fra gli operatori logistici, sia nella classe politica, dell'importanza e della necessità di realizzare nel nostro Paese un efficiente sistema di trasporto intermodale.

Andamento del fatturato

I costi rendicontati agli Enti finanziatori per l'attività svolte annualmente dal Consorzio sono riportati nel grafico. Chiaramente la forte impennata iniziale dei costi è dovuta alla realizzazione del Piano SRR e del Progetto Ferro, mentre il minimo del 2002 è da connettersi ai tempi procedurali richiesti dal MUR nell'approvare le prime proposte presentate con la procedura *bottom up*. Negli anni successivi la capacità di lavoro del Consorzio sui nuovi progetti, è cresciuta sensibilmente e nel 2006 ha superato i 9 M€. Anche le prospettive per il 2007 e il 2008 (valutate senza l'apporto di possibili nuovi progetti) appaiono buone. Per quanto riguarda l'ENEA, una stima della quota di partecipazione ai vari progetti, valutata sul periodo dei dieci anni, risulta dell'ordine del 32% del totale.

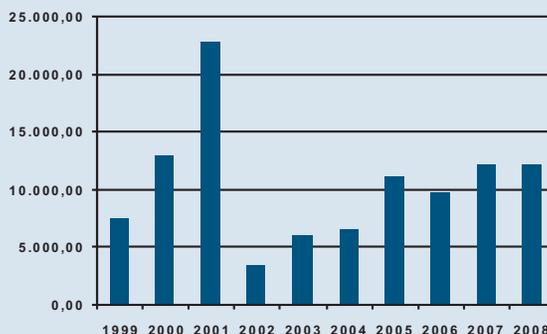


Figura 2
Fatturato di TRAIN 1999-2006 espresso in k€ e previsioni per il 2007 e il 2008



Il documento che più ha contribuito a questa consapevolezza è il Libro Bianco Europeo del 2001: *"La politica europea dei trasporti fino al 2010: Il tempo delle scelte"*. Questo documento ha evidenziato con grande chiarezza, non solo che lo sviluppo di più moderni ed efficienti sistemi di trasporto è un tema da considerarsi prioritario nel quadro dell'unificazione europea (se l'Europa non disporrà di un moderno sistema di trasporto non sarà competitiva sul mercato mondiale),

ma ha anche indicato nello sviluppo dell'intermodalità (con un ruolo essenziale del trasporto su rotaia e delle autostrade del mare), la via strategica da percorrere per riequilibrare le varie modalità di trasporto, per decongestionare il traffico nelle città (inquinata e ingorgata), per ridurre il traffico pesante su gomma nelle autostrade e infine per assicurare, a regime, una mobilità non solo più sicura ma anche più sostenibile dal punto di vista energetico e ambientale.

L'attuale compagine consortile

Nel corso degli anni il Consorzio ha visto più volte modificare la propria compagine consortile, sia per avvenimenti legati a vicende di alcuni consorziati, sia per acquisire competenze ed attori con missioni e ruoli diversi per lo sviluppo di programmi di ricerca nel settore dei trasporti e della logistica.

In particolare nel 2002 l'Assemblea del Consorzio ha approvato:

- il recesso della Costamasnaga s.p.a., venutasi a trovare in condizioni di dissesto finanziario e
- l'entrata nella compagine consortile della Bertolotti spa, per riequilibrare le competenze del Consorzio nel settore dell'ingegneria meccanica.

Successivamente, nel 2004 e nel 2005, sono entrate nella compagine consortile l'Università di Salerno e l'Università di Lecce. Questo ingresso, oltre a rendere disponibili le competenze del mondo accademico su temi di ricerca avanzata e di interesse strategico per lo sviluppo dei trasporti e della logistica, ha permesso al Consorzio di avere una quota di partecipazione al fondo consortile detenuta da soggetti pubblici (inclusa l'ENEA) superiore al 50% e, di conseguenza, di soddisfare ai requisiti richiesti dal decreto Tremonti del 10 ottobre 2003, che prevede l'accesso a finanziamenti sotto forma di contributo nella spesa a soggetti con prevalente partecipazione pubblica.

All'inizio del 2007, in connessione ad una direttiva generale assunta dai nuovi responsabili della Holding di FS Spa (che ha imposto per motivi interni l'uscita dei rappresentanti di FS da tutte le partecipazioni societarie e/o consortili che non fossero strettamente legate al *core-business* aziendale), FS ha comunicato l'intenzione di uscire dal Consorzio. Di tale uscita è stato preso formalmente atto nell'Assemblea dei soci tenutasi nel giugno 2007.

Nel corso della stessa Assemblea è stato approvato l'ingresso di un nuovo consociato industriale (la MER MEC Spa di Bitonto), specializzato (a livello internazionale) sui temi della diagnostica ferroviaria.

Sul piano pratico l'uscita di FS non comporta alcun danno operativo, in quanto FS potrà continuare, ove opportuno, le collaborazioni nell'attuazione dei progetti. D'altronde è da considerare che, nei prossimi anni, si andrà verso una maggiore liberalizzazione del trasporto ferroviario delle merci e delle persone, con separazione sempre più netta fra gli organizzatori di ciò che viaggia sui binari (operatori logistici) e il gestore dell'infrastruttura vera e propria che assegnerà i percorsi (le tracce). In questa ipotesi l'indipendenza del Consorzio da FS potrà facilitare i contatti e le collaborazioni con altri operatori del trasporto ferroviario.

La struttura attuale del Consorzio è la seguente: ENEA(45,72%), Uniontrasporti Scarl. (9,72%), Ansaldo Trasporti Sistemi Ferroviari SpA (3,76%), AnsaldoBreda SpA (3,76%), D'Appolonia SpA (4,94%), Reggiane Cranes and Plants SpA (2,95%), Bertolotti SpA (2,93%), Università degli Studi di Salerno (15,09%), Università degli Studi di Lecce (9,13%) e MER MEC SpA (2,00%).



In aggiunta, sul piano nazionale si può ricordare che in questi ultimi anni gli *stakeholder* a vario titolo interessati alle problematiche di trasporto (Associazioni di operatori logistici, Associazioni portuali e Interportuali, Confindustria, Riviste e Centri Studi specializzati nel settore, come Italamondo, ISFORT ecc.) hanno ripetutamente messo in evidenza:

- l'imponente (e quasi inaspettato) rilancio del ruolo del Mediterraneo, originato dal fatto che buona parte del traffico merci fra l'Asia Orientale e l'Europa fa scalo in questo mare, offrendo all'Italia l'occasione storica di diventare un ponte verso l'Europa (in particolare verso quella centro-orientale) a condizione che essa possa contare su un efficiente sistema di trasporto;
- l'assoluta necessità per il sistema produttivo industriale e agro-industriale nazionale, per rimanere competitivo in un mondo sempre più globalizzato, di non essere più penalizzato dai forti oneri passivi causati da un sistema di trasporto ancora arretrato e non efficiente.

Oggi appare chiaro a tutti che l'ammmodernamento dei nostri sistemi di trasporto rappresenta un problema prioritario che qualsiasi Governo non potrà esimersi dall'affrontare nei prossimi anni con appropriate misure coordinate, pena il declassamento del Paese.

È prevedibile quindi che siano portati avanti nei prossimi anni, non solo a livello europeo ma anche nazionale, notevoli investimenti, come per la ristrutturazione dei porti e degli interporti, per il rilancio del trasporto ferroviario, per l'integrazione dei vari sistemi di trasporto (che dovranno allearsi integrandosi fra loro), in modo da creare un sistema multimodale di trasporto (per le merci e per le persone) che risulti *funzionale, sicuro e compe-*

titivo. Si tratta appunto, dello sviluppo della cosiddetta Mobilità Sostenibile.

Il raggiungimento di questi obiettivi necessiterà a sua volta dell'introduzione di molta innovazione e quindi di ricerca applicata (nelle procedure di gestione e negli apparati di carico e scarico, per ridurre i tempi morti nei nodi di interscambio, dove c'è la rottura di carico).

b. Le prospettive di mercato

Il MUR finora ha rappresentato per il Consorzio la fonte principale di aiuto pubblico. Come già rilevato, la procedura affermata negli ultimi anni è stata quella dell'emissione da parte del MUR di bandi tematici, generalmente concordati anche con altri Ministeri (come previsto dalle procedure d'attuazione del PNR). Questa procedura continuerà certamente anche nei prossimi anni e, per le ragioni dette al punto precedente, si può ritenere che alcuni di essi indicheranno anche temi relativi al settore dei trasporti (finalizzati allo sviluppo della Mobilità Sostenibile). Per altro, quest'affermazione è anche sostenuta dal fatto che l'Italia potrà ancora contare sull'assegnazione di nuovi Fondi Strutturali (2007-2013) e che per il loro utilizzo il tema Trasporti è esplicitamente indicato negli accordi fra il MUR e le Regioni del Mezzogiorno, come comprovato dal recente avvio del progetto Centro Competenza Trasporti.

In relazione al MUR è comunque da segnalare che il già citato Decreto Tremonti ha modificato anche le modalità di assegnazione dei contributi pubblici alla ricerca, in quanto ha ridotto il contributo a fondo perduto, privilegiando la quota assegnata sotto forma di prestito a tasso agevolato. Questa modalità, che si rivela molto funzionale per singole aziende industriali, lo è meno per un Consorzio pubblico-privato come TRAIN. Sarà possibile superare questa difficoltà scegliendo in modo attento le Industrie con le quali presentare i



progetti comuni, e soprattutto privilegiare i bandi sostenuti dai Fondi Strutturali, non solo al livello del MUR ma anche dalle singole Regioni interessate.

Una fonte alternativa al MUR e che assicura agli "operatori di ricerca" contributi a fondo perduto assai più consistenti di quelli previsti dal MUR, è costituita dagli aiuti europei e in particolare, da quelli del VII PQ che, peraltro, dà largo spazio anche alle tematiche dei trasporti. Il Consorzio ha già presentato alcune proposte al 1° bando del VII PQ, uscito all'inizio del 2007 ed è fortemente impegnato per la predisposizione degli opportuni accordi internazionali, in vista dell'uscita del 2° bando previsto entro l'anno in corso.

Infine, in merito ad altre iniziative governative relative alle tematiche dei trasporti, è da segnalare il ddl "Industria 2015", varato dal Governo nel settembre 2006 su proposta del Ministero dello Sviluppo Economico (MSE), le cui indicazioni sono state già recepite dalla Legge Finanziaria 2007 (attraverso l'istituzione di un apposito Fondo per la Competitività e lo Sviluppo). In estrema sintesi questo ddl fissa le linee strategiche per lo sviluppo e la competitività internazionale del sistema produttivo italiano e prevede l'approvazione di Progetti di Innovazione Industriale (PII) relativi a settori considerati di interesse strategico per il Paese. Per il momento sono stati individuati cinque settori e fra essi, uno è relativo alla Mobilità Sostenibile, e riguarda proprio i temi sui quali il Consorzio TRAIN è stato fortemente impegnato fin dalla sua costituzione. Le caratteristiche fondamentali di ogni PII sono che esso deve essere presentato da un capofila industriale ma deve nel contempo possedere una forte componente di innovazione assicurata dalla partecipazione al progetto di un qualificato partenariato del mondo della ricerca. Il cofinanziamento ai progetti ritenuti validi sarà esteso fino ai prototipi e alla loro validazione, e avverrà attraverso un op-

portuno *mix* di contributi scadenziati nel tempo e ripartiti in modo diverso secondo le varie fasi del progetto e la natura dell'Ente ricevente. È ancora presto per dare un giudizio definitivo su Industria 2015 (i cui primi bandi operativi dovrebbero essere emessi entro la fine del 2007), ma esso sembra avere tutti i presupposti per far fare al Paese, almeno nel settore della Mobilità Sostenibile, un notevole passo avanti nella direzione giusta. Il Consorzio TRAIN potrà dare un supporto fondamentale di partenariato per la parte di ricerca e innovazione nel settore della Mobilità Sostenibile, mettendo a disposizione delle Industrie partecipanti le proprie competenze e le proprie capacità nel settore.

c. Qualche considerazione finale

Il tema della Mobilità Sostenibile è diventato in questi anni sempre più di attualità e poter disporre di un Consorzio di natura pubblico-privata, ricco di esperienza nel settore e capace di realizzare avanzati progetti di ricerca e di innovazione, rappresenta un'opportunità molto importante, non tanto per i consociati costituenti ma piuttosto e soprattutto, per le varie categorie di operatori logistici e per tutte le Autorità pubbliche a vario titolo interessate allo sviluppo di un moderno ed efficiente sistema di trasporto delle merci e delle persone.

L'ENEA, che 10 anni fa ha deciso la costituzione del Consorzio, di cui attualmente detiene una quota societaria poco inferiore al 46%, intende dare forte impulso alla sua attività di ricerca nella convinzione che l'attuazione di progetti innovativi dal punto di vista tecnologico possa contribuire a risolvere i problemi di carattere energetico e ambientale generati dal settore dei trasporti.

*Per informazioni
tiferedi@tin.it*



Gestione ambientale e produttiva in una zona umida costiera, Sito di Importanza Comunitaria

Fabio Barbato*,
Maurizio Bucci**, Mario Castorina*,
Germina Giagnacovo*, Giada Migliore*,
Paola Mini*, Marco Sbrana*

ENEA

*Dipartimento Biotecnologie,
Agroindustria e Protezione della Salute

**Dipartimento Ambiente
Cambiamenti Globali e Sviluppo Sostenibile

Lo sviluppo di un modello di gestione integrata della fascia costiera della laguna di Acquatina (Lecce), è lo scopo del lavoro. L'analisi ambientale ha evidenziato una serie di problematiche; il modello gestionale proposto suggerisce ai gestori alcune azioni di miglioramento, in un'ottica di sviluppo sostenibile



La gestione ambientale rappresenta un campo di studio relativamente recente, che si basa su teorie derivate da documenti prodotti da grandi organizzazioni internazionali, quali ad esempio l'ONU e la Comunità Europea, a valle delle grandi conferenze sull'ambiente e sui modelli di sviluppo, organizzate a partire da quella ormai famosa del 1992 a Rio de Janeiro.

Fra le impostazioni concettuali che hanno avuto maggiore successo per la gestione sostenibile delle risorse naturali vi sono i Sistemi di Gestione Ambientale, che hanno visto applicazioni pratiche nei sistemi di certificazione ambientale quali le norme ISO 14000, in ambito internazionale e il regolamento EMAS (761/2001), in ambito europeo. Tali approcci, nati essenzialmente per le aziende produttive di beni e servizi, hanno successivamente allargato la propria sfera di applicazione, fino a comprendere anche le organizzazioni pubbliche deputate al governo del territorio, quali gli enti locali e i parchi. A questo processo l'ENEA ha partecipato con

Environmental and productive management in a coastal wetland, a Site of Community Importance

The purpose of this study is to develop a model for integrated management of the Acquatina (Lecce) lagoon's coastal strip. The environmental analysis revealed a series of problems, and the model suggests improvements that managers can make in the perspective of sustainable development



la prima sperimentazione nazionale di applicazione delle norme ISO 14000 a due aree protette, il Parco Nazionale del Circeo e il Parco Regionale Fluviale del Po, tratto Vercellese-Alessandrino (progetto "Quality Park", <http://quality-park.casaccia.enea.it>). Tale sperimentazione ha prodotto tra l'altro la pubblicazione di Linee Guida per questo nuovo settore, redatta in collaborazione con l'UNI, Ente nazionale per l'unificazione delle norme in gran parte dei settori industriali, commerciali e del terziario e con il Sincert, l'Ente di accreditamento per gli organismi di certificazione.

Negli stessi anni in cui si affrontavano i problemi connessi alla gestione sostenibile del territorio si andava costituendo, in Italia e in Europa, la rete Natura 2000 dei siti di importanza comunitaria, per i quali le direttive 92/43/CEE "Habitat" e 79/409/CEE "Uccelli" ponevano in evidenza aspetti di gestione e di valutazione dell'incidenza delle attività umane sugli obiettivi di conservazione. Anche su questo tema l'ENEA ha contribuito allo sviluppo delle conoscenze, ai fini dell'applicazione delle normative, con sperimentazioni di diverso tipo nei siti di importanza comunitaria (<http://www-bioitaly.casaccia.enea.it>).

Altro importante riferimento concettuale sono le metodologie riguardanti la Gestione Integrata della Fascia Costiera (ICZM), tema su cui è stata prodotta a livello internazionale una mole notevole di lavori, concernenti punti di vista (socio-economico, politico-istituzionale, ambientale) diversi che cercano di integrarsi.

Il presente elaborato s'inquadra nei contesti precedentemente descritti e riguarda una specifica situazione ambientale, dove si vogliono conciliare le esigenze di attività produttive (agricoltura, pesca e acquacoltura) con gli obiettivi di conservazione nel sito di importanza comunitaria considerato.

Sulle attività produttive summenzionate l'ENEA ha maturato diverse esperienze concernenti tecniche attente alle ricadute ambientali, di cui diverse in ambito lagunare. Alcune delle zone umide costiere in cui si sono formate tali competenze sono la laguna di Orbetello, gli stagni sardi di Feraxi e S. Giovanni di Muravera, il lago costiero di Burano, il Mar Piccolo di Taranto, i laghi costieri del Parco del Circeo.

Il lavoro ha costituito parte del progetto RADAR (RACcolta di DATi di base sulle Risorse di interesse per la pesca, ai fini dell'approntamento di un piano di gestione integrata degli ambienti costieri del Salento), condotto come ente responsabile dal Consorzio Intercomunale Capo Santa Maria di Leuca, in collaborazione col DiSTeBA (Dipartimento Scienze e Tecnologie Biologiche e ambientali) dell'Università di Lecce e finanziato dal POR Puglia, misura 4.12 D2.

Lo scopo principale del RADAR era la realizzazione di un piano di gestione delle risorse ittiche, attraverso la raccolta di dati sulle attività produttive connesse al settore della pesca, sulle iniziative di acquacoltura marina e sull'andamento annuale dei parametri chimico-fisici di ambienti costieri.

La parte affidata all'ENEA ha riguardato dunque l'individuazione di un modello di gestione integrata, ambientale e produttiva, della zona umida di Acquatina di Frigole (Lecce), Sito di Importanza Comunitaria (SIC), con particolare riferimento alle risorse ittiche. Per la realizzazione dell'obiettivo è stata necessaria un'indagine avente come oggetto l'identificazione e la caratterizzazione delle principali attività umane svolte nel territorio che avessero incidenze o impatti sull'ambiente considerato, a fronte degli obiettivi di conservazione dell'area naturale di interesse comunitario.



L'impostazione del lavoro

L'approccio di studio seguito si richiama allo schema DPSIR (Determinanti, Pressioni, Stato, Impatti e Risposte), adottato e raccomandato, per l'analisi e il reporting ambientale, da organismi dell'Unione Europea, quali l'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) e recepito dall'APAT, l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e del Territorio italiana.

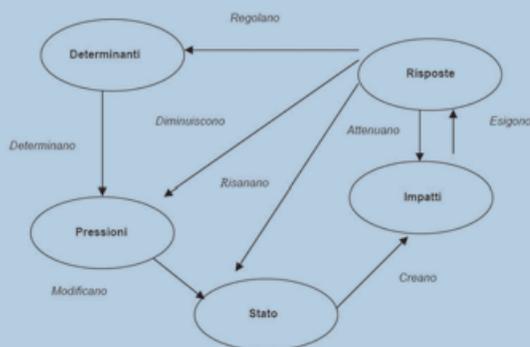
Lo schema prende in considerazione, su un dato territorio, alcune categorie (box 1) che consentono di definire relazioni

di causa ed effetto per un'analisi ambientale legata alle attività umane e alle loro conseguenze, che modificano la natura e l'assetto del territorio.

Inquadramento dell'area di studio, il SIC IT9150003 "Acquatina di Frigole"

Anticamente la zona di Acquatina, nota come "Guadina" in epoca normanna, era caratterizzata da paludi periodicamente invase da acqua di mare. Il lago è stato creato artificialmente nell'ambito di bonifiche compiute negli anni 30

Box 1 - Schema DPSIR



Lo schema DPSIR

I **Determinanti** sono le attività antropiche che esercitano **Pressioni** sull'ambiente: ad esempio la popolazione residente che, attraverso l'urbanizzazione, riduce lo spazio a disposizione per le specie animali, elimina habitat naturali, impermeabilizza i suoli, produce rifiuti ecc., o l'agricoltura che, attraverso la concimazione o l'uso di fitofarmaci e di diserbanti, può contaminare i suoli o inquinare le acque superficiali e profonde oltre a consumare le risorse idriche.

Lo **Stato** dell'ambiente è misurato attraverso la rilevazione di dati chimici, fisici o biologici, a seconda della matrice ambientale di riferimento (aria, acqua, suolo, biodiversità).

Si ha un **Impatto**, negativo o positivo, se l'interazione con l'uomo porta ad un peggioramento dello stato dell'ambiente o ad un suo miglioramento. Obiettivo del progetto è stato quello di fornire indicazioni per ridurre gli impatti negativi e produrre impatti positivi, cioè miglioramenti ambientali. Il termine impatto, quindi, in questa sede si intenderà unicamente in senso negativo e in caso contrario si parlerà di miglioramento.

Le **Risposte** sono le azioni e gli interventi già messi in atto o da proporre per migliorare la situazione. Esse possono influire direttamente sullo stato dell'ambiente, ad esempio con opere di bonifica e rinaturalizzazione, ovvero sulle pressioni, come nel caso della riduzione dello sforzo di pesca o dell'uso di prodotti inquinanti ecc., o ancora sui determinanti, ad esempio nel caso di adozione di politiche che cambino le modalità di gestione di determinate attività, per esempio favorendo buone pratiche o certificazioni ambientali, e così via.

Lo schema DPSIR mette in luce le criticità in funzione delle quali va pianificato il monitoraggio degli indicatori più pertinenti.

Poiché l'obiettivo di una gestione sostenibile è di ottenere il miglioramento ambientale, che alle lunghe comporta il mantenimento delle risorse e quindi della produttività, questo deve essere registrabile e dimostrabile. Ciò che conta, infatti, sono i cambiamenti nel tempo, espressi con gli opportuni indicatori, che dovrebbero auspicabilmente documentare uno stato dell'ambiente sempre migliore.



del secolo scorso, al fine di costituire una riserva idrica per i mesi di secca. Il perimetro del lago fu delimitato con muretti di sponda realizzati in pietra a secco. Lungo gli assi del corpo principale del bacino furono scavati due canali più profondi disposti a croce, tuttora riscontrabili tramite foto aeree (figura 1). Dal 1986 il bacino è gestito dal Dipartimento di Biologia, poi DiSTeBA dell'Università di Lecce.

La zona di Acquatina, comprendente la laguna e la fascia di mare antistante, è stata proposta Sito di Importanza Co-

munitaria ai sensi della direttiva "Habitat" 92/43/CE nel giugno del 1995, con revisione tecnica nel 2002.

La presenza dell'Università come ente gestore ha fatto sì che il territorio fosse oggetto di numerosi studi scientifici (50 reperiti) su svariati aspetti biologico-naturalistici lagunari e sulla produzione ittica.

Numerosi progetti (20 reperiti) realizzati sul territorio di interesse hanno contenuto monitoraggi di parametri ambientali e/o misure operative di miglioramento ambientale.

Il territorio limitrofo (circondario di Friogole) è privo di grossi insediamenti, ma è da ricordare la vicinanza (15 km) della città di Lecce.

Per l'inquadramento sono stati raccolti e archiviati dati riguardanti gli habitat e le specie presenti, come censite nelle schede Natura 2000 della Regione Puglia (figura 2); dati sul clima rilevati dalla stazione meteorologica di Lecce dell'Aeronautica Militare; dati geologici e idrogeologici ricavati dalla letteratura; dati sulle specie acquatiche presenti e sul monitoraggio delle caratteristiche fisico-chimiche delle acque, forniti dall'U-



Figura 1
Foto area dell'area di studio e suo riferimento su mappa stradale

Box 2 - Principali norme di riferimento

A livello internazionale

- Direttiva "Water Framework" 2000/60/CE;
- Direttiva "Habitat" 92/43/CE;
- Direttiva "Uccelli" 79/409/CE;
- "Codice di Condotta per la Pesca Responsabile" edito dalla FAO nel 1995.

A livello nazionale

• D.lgs. 152/06, il nuovo Testo Unico dell'ambiente, approvato nell'aprile 2006, che contiene ed integra varie leggi sulla tematica ambientale, riorganizzando tutta la materia in un testo unico. Sono stati inoltre consultati per riferimenti, in quanto il Testo Unico è stato emanato mentre era in corso la realizzazione del lavoro:

- D.P.R. 357/97 di recepimento della Direttiva Habitat;
- D.lgs. 152/99, testo unico sulle acque e successive modifiche, tra cui il D. 367/03 sulla qualità delle acque;
- Legge quadro per la pesca marittima 963/65 col regolamento attuativo rappresentato dal D.P.R. 1639/68;
- Legge 41/82 "Piano per la razionalizzazione e lo sviluppo della pesca marittima".



niversità di Lecce; dati sull'avifauna migratoria forniti, oltre che dall'Università, dall'Osservatorio Faunistico Provinciale. È stato inoltre prodotto un file di metadati sui dati raccolti.

Per la raccolta dei dati ci si è serviti anche dei seguenti mezzi:

- immagini da satellite e mappe georeferenziate;
- interviste agli operatori e ai rappresentanti delle istituzioni locali;
- raccolta dei dati ISTAT.

Gli indicatori

Un indicatore ambientale è un parametro che permette di avere una sintetica rappresentazione di un fenomeno complesso e fornisce informazioni che si estendono oltre il significato direttamente associato al valore stesso. Lo schema DPSIR utilizza quelli appropriati per ciascuna delle categorie considerate. Gli in-

dicatori rappresentano le variabili da seguire nel monitoraggio, che col loro trend danno il senso del cambiamento nel tempo. Dove erano disponibili trend questi sono stati riportati, il singolo dato rappresenta invece il punto di riferimento per il monitoraggio futuro. È comunque opportuno porre attenzione anche agli altri dati e alle altre informazioni raccolte nella caratterizzazione ambientale pur se non fanno parte del sistema di indicatori selezionati.

Per la selezione si è fatto riferimento al documento dell'APAT "Selezione di indicatori ambientali per i temi relativi alla biosfera" – RTI_CON 1/2000, redatto dal Centro Tematico Nazionale per la Conservazione della Natura. Gli indicatori suggeriti, quando troppo generici o riferiti ad ambienti più vasti sono stati adattati alla scala locale. Nei casi in cui gli indicatori consigliati dall'Agenzia risultavano poco idonei a rappresen-

DENOMINAZIONE: AQUATINA FRIGOLE	
DATI GENERALI	
Classificazione:	proposto Sito d'Importanza Comunitaria (pSIC)
Codice:	IT9150003
Data compilazione schede:	06/1995
Data proposta SIC:	06/1995 (D.M. Ambiente del 3/4/2000 G.U.95 del 22/04/2000)
Estensione:	ha 178
Altezza minima:	m 1
Altezza massima:	m 3
Regione biogeografica:	Mediterranea
Provincia:	Lecce
Comune/i:	Lecce
Comunita' Montane:	
Riferimenti cartografici:	IGM 1:50.000 fg. 496
CARATTERISTICHE AMBIENTALI	
Il bacino costiero con caratteristiche lagunari e' di origine artificiale, progettato nell'ambito di interventi di bonifica. Presenza di lembi di macchia alta a Mirto e Lentisco pregevoli sotto il profilo vegetazionale. Di notevole interesse e' anche la vegetazione aloigrofila lungo i bordi. Sito di sosta per l'avifauna migratoria acquatica.	
HABITAT DIRETTIVA 92/43/CEE	
Pascoli inondati mediterranei	3%
Dune mobili del cordone dunale con presenza di <i>Ammophila arenaria</i> (dune bianche)	2%
Steppe salate (*)	5%
Lagune (*)	10%
Erbari di posidonie(*)	70%

Figura 2 Estratto della scheda Natura 2000 della laguna



tare il fenomeno da descrivere, sono stati individuati degli indicatori "ad hoc", tenendo conto delle caratteristiche raccomandate dal documento "A European System of Environmental Pressure Indicators", che applica la "Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on 'Directions for the EU on Environmental Indicators and Green National Accounting" (COM (94) 670 final, 21.12.94)". Questa circostanza si è verificata perlopiù nella descrizione dello stato della laguna, dove, nello specifico, gli indicatori scelti sono stati identificati seguendo lo schema logico illustrato nel documento APAT "Linee guida per il monitoraggio delle acque di transizione ai sensi della direttiva 2000/60/CE, Water Framework Directive" – AIM_T_RAP_03, redatto dal Centro Tematico Nazionale Acque Interne, Marino e Costiere. Per ciascun indicatore sono stati riportati i seguenti campi riempiti in base ai dati a disposizione.

- **Riferimenti:** numero di identificazione dell'indicatore usato nel presente rapporto, N. dell'indicatore APAT di riferimento (quando appropriato), titolo, tipologia CTN_CON.
 - **Descrizione:** descrizione sintetica dell'indicatore.
 - **Metodi di misura:** riferimento a tipologie standard o comunque condivise di misurazione.
 - **Scopo:** motivi della scelta dell'indicatore.
 - **Unità di misura:** unità di misura (ha., %, ecc.).
 - **Documento di riferimento:** per gli indicatori del CTN-CON si fa riferimento a quanto indicato nel documento APAT.
 - **Estensione territoriale e temporale:** limiti di validità spaziale e temporale della misura fornita.
- **Metodo di elaborazione:** descrizione sintetica del processo di valutazione dell'indicatore.
 - **Sorgente di dati:** da quale documento o altra fonte viene riportata l'informazione.
- Analisi dei determinanti**
I determinanti presi in considerazione sono stati:
- **Popolazione residente**
Ricavata dai dati ISTAT e dalle interviste. Le interviste hanno consentito di correggere il dato espresso dall'ISTAT, tenendo conto della popolazione che ha la residenza sul territorio ma il domicilio, per buona parte dell'anno, altrove.
 - **Turismo**
I flussi turistici sono stati ricavati dai dati disponibili sugli ospiti delle strutture ricettive e dalle interviste agli operatori locali. Sono state prese in considerazione tutte le tipologie di struttura recettiva e le seconde case.
 - **Agricoltura**
Le informazioni sono state raccolte grazie alle interviste con le associazioni di categoria, il Consorzio Agrario e gli operatori locali e sono state confrontate con i dati ISTAT provinciali e con i lavori reperiti in letteratura. I dati stimati dalle interviste, ove possibile, sono stati verificati attraverso l'analisi delle immagini satellitari (per esempio, per le superfici a oliveto). Per ciascun fitofarmaco utilizzato sono state raccolte e archiviate le relative schede informative.
 - **Gestione della laguna**
Una trattazione specifica e maggiormente accurata è stata dedicata alla gestione della laguna, quale determinante. Le informazioni su questo tema sono state fornite direttamente dal gestore (il DiSTeBA dell'Università di Lecce) e verificate con sopralluoghi da



gli analisti dell'ENEA. Esse hanno riguardato: la storia del sito produttivo, il quadro organizzativo del gestore, le attività di acquacoltura, la commercializzazione del pescato, la gestione idraulica della laguna, la manutenzione delle sponde, le attività di guardiania, l'interazione con altre attività nel SIC (turismo, coltivazioni), le modalità di esercizio ordinario, straordinario e la gestione delle emergenze, l'analisi qualitativa e quantitativa delle risorse ittiche lagunari.

- **Pesca a mare**

I dati sono stati raccolti, con interviste, questionari, ecc. nell'ambito del progetto RADAR.

- **Caccia**

I dati sono stati forniti dall'Osservatorio faunistico provinciale.

- **Attività militari**

Notizie sul poligono di Torre Veneri, che si trova a ca. 1 km a Sud-Est di Acquatina ed è anch'esso un SIC, codice IT 9150025, sono state ottenute tramite interviste a militari.

- **Navigazione**

Notizie sono state ottenute dall'Università di Lecce.

Analisi delle pressioni

Lo studio delle pressioni è stato indirizzato agli effetti che queste possono avere sui beni naturali da conservare. I comparti ambientali considerati sono: la biodiversità, che comprende la conservazione degli habitat dell'allegato 1 e delle specie dell'allegato 2 della direttiva Habitat; le risorse idriche sia in entrata che in uscita, che comprendono le quantità e la qualità delle acque di scambio della laguna; le risorse biologiche diverse da specie e habitat presenti negli allegati della direttiva Habitat; il suolo, le emissioni sonore, i gas emessi in atmosfera. Per ciascun determinante sono stati analizzati e valutati gli aspetti che possono

avere influenza sugli elementi ambientali e da cui potrebbe derivare un potenziale impatto sugli obiettivi di conservazione.

Nella matrice di sintesi che segue (tabella 1) sono riportate le principali tipologie di pressione che possono avere effetti sugli obiettivi di conservazione del Sito di Importanza Comunitaria.

Analisi dello stato

La base conoscitiva di partenza per la caratterizzazione dello stato del SIC è stata la scheda Natura 2000. Le informazioni e le valutazioni riportate sulla scheda sono state verificate e, all'occorrenza, integrate e corrette. Si è disegnata quindi la mappa degli habitat e, utilizzando indici di ripartizione di frammentazione (Castorina et al., 2004), si è elaborata una carta di vulnerabilità degli habitat. Per quanto concerne l'ambiente acquatico sono stati presi in considerazione parametri fisici, chimici e biologici misurati negli ultimi anni, compresa una stima del pescato. Si è inoltre proceduto ad una misurazione del tipo ed estensione della vegetazione sommersa confrontandola con una mappa analogica del 2002. Tra i parametri biologici sono state valutate analisi microbiologiche effettuate negli affluenti, in laguna e nei sedimenti. Sono anche state valutate analisi effettuate per la ricerca di inquinanti specifici.

Valutazione degli impatti

Gli impatti sono stati identificati valutando le variazioni di stato rispetto ai valori attesi per norma di legge, valutando i *trend* degli indicatori che misurano la qualità, tenendo conto degli obiettivi di conservazione del sito. Per ciascun tipo di impatto si è valutata la significatività, prendendo in considerazione il tipo di pressione, la capacità di resistenza e di resilienza del bersaglio ambien-



Tabella 1 - Sintesi delle pressioni						
Comparti ambientali	Biodiversità	Risorse idriche	Risorse biologiche	Suolo	Emissioni sonore	Emissioni inquinanti in atmosfera
Determinanti						
POPOLAZIONE RESIDENTE	Disturbo da presenza umana	Consumo acqua per uso domestico, scarichi civili non controllati, scarichi civili, scarichi diporto, motori marini	Raccolta frutti di bosco (more, corbezzoli) ed erbe selvatiche	Artificializzazione del suolo, calpestio, rifiuti	Disturbo da carenze educazione e sensibilità ambientale	Automobili; motori marini, riscaldamento
AGRICOLTURA	Uso di pesticidi, uso di diserbanti, uso di fertilizzanti	Consumo per irrigazione, drenaggio di acque contaminate in falda e nei canali	Disturbo da presenza umana	Artificializzazione del suolo, contaminazione da prodotti agrochimici	Scarse, dovute alle macchine operatrici	Scarse, dovute alle macchine operatrici
TURISMO	Disturbo da presenza umana	Acqua per uso domestico, scarichi civili, scarichi diporto, motori marini	Disturbo da presenza umana	Calpestio, rifiuti	Disturbo da carenze educazione e sensibilità ambientale	Automobili; motori marini, motocross
GESTIONE PRODUTTIVA LAGUNA	Selezione di organismi acquatici e influenza sulla funzione di habitat per uccelli migratori, gestione degli habitat e delle specie	Gestione di acqua del Giammatteo e altri canali, influenza dell'allevamento su acqua laguna	Pesca di risorse ittiche selvatiche	Uso del suolo per le attività gestionali e produttive	Minime	Motori marini
CACCIA	Caccia di frodo a specie protette			Bossoli	Fucilate	Automezzi
ATTIVITÀ MILITARI	Disturbo alle specie di avifauna	Proiettili di artiglieria in mare			Cannonate e esplosioni	Gas combustibili di artiglieria, automezzi militari
PESCA MARE	Influenza sugli organismi marini	Motori marini	Pesca di risorse ittiche selvatiche		Da motori imbarcazioni	Motori marini
NAVIGAZIONE	Ancoraggi, fuoriuscite sostanze tossiche	Motori marini, acque di lavaggio, acque di zavorra		Rifiuti da natanti sulla linea di costa	Motori marini	Motori marini



le considerato (fragilità) e la rilevanza dell'impatto stesso. I criteri di assegnazione dei punteggi di significatività erano basati sui precedenti punteggi assegnati alla fragilità dell'ambiente e alla rilevanza dell'impatto. La significatività degli impatti è stata espressa attribuendo una classe di significatività a ciascun impatto (0, non significativo; 1 poco significativo; 2, significativo). A partire dai punteggi ottenuti è stata redatta una graduatoria di priorità (tabella 2).

Da notare che, a differenza delle altre cause di impatto, che sono da ritenere vere e proprie pressioni (ovvero originano dagli aspetti ambientali di diversi attori per i quali non è possibile individuare singole responsabilità) gli impatti di cui alle voci 1, 2, 3, 6, 10 rappresentano aspetti ambientali del gestore (aspetto ambientale = elemento delle attività, dei prodotti o dei servizi di un'organizzazione che può, direttamente o indirettamente, interagire con l'ambiente, secondo l'allegato VII del Regolamento EMAS). Più specificatamente gli aspetti di cui ai punti 2, 3, 10 si riferiscono alla gestione produttiva della laguna, mentre gli aspetti di cui ai punti 1 e 6 sono riferiti alla gestione del sito terrestre.

Un primo impatto significativo è quello relativo alla natura artificiale della laguna (voce 1) e all'adozione dei muretti a secco sulle sponde; ciò impedisce la frequentazione della laguna da parte di numerose specie di uccelli acquatici.

È risultato inoltre che un impatto significativo è quello relativo alla contaminazione da scarichi civili e/o zootecnici delle acque dolci che affluiscono alla laguna (voce 11). Bisogna però considerare che le analisi batteriologiche reperite per questa voce sono poco recenti, per cui la condizione nel periodo di svolgimento dello studio potrebbe essere cambiata. Rappresentano impatti poco significativi, ma solo in condizioni non ordinarie,

anche se con periodicità regolare, la sottrazione di risorse ittiche dovuta alla pesca (voce 3) che si svolge in prevalenza a fine anno e i consumi dell'acqua dei canali a scopi irrigui (voce 5).

Altri impatti poco significativi sono costituiti dalle voci 4, 6, 8, 9 10 e 12.

Tutti gli altri impatti sono risultati non significativi.

Le risposte già attuate

Nella fascia costiera del SIC di Acquatina sono già state realizzate diverse misure di miglioramento ambientale. Fra queste, le più rilevanti sono il ripascimento della duna costiera e la relativa piantumazione di essenze vegetali autoctone, nonché la riapertura della vecchia foce ostruita e vari altri lavori di miglioramento dell'idrologia della laguna. La piantumazione di individui della specie arborea autoctona ginepro coccolone (*Juniperus oxycedrus*) realizzata con il Laboratorio di Botanica Sistemica del Dipartimento di Biologia di Lecce, risulta il primo intervento di tale tipo attuato in Italia ed ha avuto il fine di consolidare la duna e valorizzarne l'habitat.

È stata altresì redatta una mappa della vegetazione terrestre, presente sul sito <http://siba-gis.unile.it:8080/website/acquatina/viewer.htm>. Nell'ambito del presente studio, è stata realizzata anche una mappa degli habitat.

È inoltre da menzionare un progetto del Comune e dell'Università di Lecce per installare a mare delle barriere artificiali che, oltre a fungere da deterrente verso forme di pesca illegali come gli strascichi entro le tre miglia, avranno il compito di fornire rifugio, alimento e protezione a varie risorse ittiche anche di interesse commerciale, vivificando una zona di fondi mobili attualmente poco produttiva. In questo modo si cerca di rispondere in senso positivo alla rarefa-



Tabella 2 - Significatività degli impatti

Pressioni che generano l'impatto	Attività	Tipo di impatto	Resistenza/resilienza del bersaglio rispetto all'impatto	Rilevanza dell'impatto	Significatività
1. Presenza in laguna di sponde artificiali con muretti a secco	Gestione della laguna	Perdita di biodiversità	0	2	2
2. Selezione di organismi acquatici	Gestione della laguna	Perdita di biodiversità	0	0	0
3. Pesca di risorse ittiche selvatiche in laguna	Gestione della laguna	Perdita di biodiversità	0	1(*)	1(*)
4. Artificializzazione del suolo per colture agricole nel SIC	Agricoltura	Perdita di biodiversità	1	0	1
5. Consumi di acqua dei canali per irrigazione	Agricoltura	Perdita di biodiversità	0	1(**)	1(**)
6. Edificazione di manufatti e infrastrutture sul sito	Gestione del SIC	Perdita di biodiversità	1	0	1
7. Disturbo alle specie animali e vegetali determinato dalla presenza umana nel SIC	Popolazione, turismo	Perdita di biodiversità	0	0	0
8. Rifiuti da natanti sulla battigia	Navigazione	Perdita di biodiversità	0	1	1
9. Produzione di rumori	Prevalentemente: attività militari	Perdita di biodiversità	0	1	1
10. Concentrazione di nutrienti nei sedimenti sotto i recinti di allevamento	Gestione della laguna	Aumento dell'eutrofia lagunare	1	1	1
11. Inquinamento da attività domestiche, deiezioni umane e animali	Popolazione, turismo, agricoltura	Perdita di qualità delle acque dei canali	1	2	2
12. Uso di pesticidi, diserbanti, fertilizzanti	Agricoltura	Perdita di qualità delle acque	1	1	1
13. Inquinamento delle acque di mare dovuto ai motori delle imbarcazioni	Pesca e Navigazione	Perdita di qualità delle acque	0	0	0
14. Impermeabilizzazione del suolo dovuta a edifici e infrastrutture	Urbanizzazione e strutture ricreative e turistiche	Perdita di qualità delle acque	0	0	0
15. Deposito di rifiuti non degradabili sul SIC	Turismo	Contaminazione del suolo	0	1	1

(*) L'aspetto n. 3 diviene rilevante solo nel mese di dicembre, quando vengono catturate quasi tutte le risorse ittiche presenti in laguna.

(**) Il diminuito apporto di acqua dolce può diventare rilevante in determinate condizioni climatiche.



zione delle risorse ittiche indotta dalle attività umane e di contrastare tale tendenza.

Le risposte da attuare: il modello di gestione integrata

I riferimenti per il modello sono stati i principi dello sviluppo sostenibile da attuarsi in Siti di Interesse Comunitario, ai sensi della direttiva "Habitat" 92/43 CE, che prescrive di mantenere gli habitat presenti in uno "stato di conservazione soddisfacente", tenendo conto delle esigenze economiche, sociali e culturali. Inoltre si è tenuto conto del Codice di Condotta per una Pesca Responsabile (CCPR) della FAO che indica una serie di raccomandazioni rilevanti per le tematiche qui affrontate.

Le risposte possono essere suddivise in due ambiti: quelle di competenza di soggetti istituzionali diversi e quelle di competenza del gestore del SIC.

Per quanto attiene le prime, una risposta possibile è da ricercare nella sensibilizzazione delle Parti Interessate, attivando processi di informazione e di comunicazione.

Per tutto ciò che riguarda il secondo ambito, a cominciare dal miglioramento delle prestazioni ambientali delle proprie attività produttive nel SIC, il gestore potrebbe dotarsi di un Sistema di Gestione Ambientale (SGA), a norma UNI ISO 14001 o EMAS. Per la gestione del sito (conservazione degli habitat e delle specie) i compiti di monitoraggio, di sorveglianza, di regolamentazione degli usi, di pubblicità (cartellonistica informativa e didattica) e di educazione ambientale potrebbero essere compresi nel Piano di Gestione che il gestore dovrebbe proporre all'autorità competente (Regione Puglia). Dovrebbero anche essere pianificate iniziative di comunicazione con le Parti Interessate.

In particolare, alla luce degli impatti evidenziati nel presente studio, si è redatta una sintesi delle principali problematiche connesse alla gestione e delle relative proposte di miglioramento:

- 1. Presenza in laguna di sponde artificiali con muretti a secco** – Una eventuale rinaturalizzazione completa delle sponde può avere ripercussioni negative dal punto di vista della produttività ittica, in quanto ridurrebbe la profondità media e forse la superficie del bacino, nonché i margini di manovra delle imbarcazioni per porre le reti. Si pone pertanto un tipico problema di conflitto d'uso. La soluzione per la gestione integrata degli aspetti produttivi e di conservazione potrebbe in questo caso consistere nella rimozione di una parte delle sponde artificiali, considerando anche le rotture già verificatesi in ambiti ristretti a causa di eventi naturali. L'intervento potrebbe riguardare zone della laguna meno usate per la pesca e che potrebbero diventare piccole oasi per l'instaurarsi di una vegetazione ripariale con effetti benefici sulla permanenza dell'avifauna migratoria. Le modalità e i tempi di tale intervento di ingegneria naturalistica, sarebbero da prendere in considerazione tra gli obiettivi compresi nel Piano di Gestione del SIC, ancora da realizzare.
- 2. Inquinamento da attività domestiche, deiezioni umane e animali** – L'eventuale contaminazione delle acque dei canali che affluiscono alla laguna avrebbe influenze negative sia sugli obiettivi di conservazione sia sulla produzione. Pertanto si raccomanda di riconsiderare in particolare l'effettuazione di analisi batteriologiche aggiornate ed eseguite anche nei periodi maggiormente critici (agosto e settembre). Appaiono importanti le tematiche dell'u-



so delle risorse idriche nel territorio che dovrà venire maggiormente orientato verso la ecocompatibilità. Il monitoraggio ambientale, in particolare le analisi batteriologiche, e gli interventi di manutenzione e miglioramento strutturale sulla rete idrica superficiale da parte delle istituzioni preposte (ARPA Puglia, Consorzio di Bonifica Ugento-Li Foggia) possono essere intensificati e resi maggiormente efficaci, su sollecitazioni specifiche del Gestore.

3. *Gestione della pesca e obiettivi di conservazione*

Le risorse ittiche non predatrici, quali cefali, lattarini, granchi, gamberi, vongole, mitili e ostriche, si accrescono consumando perlopiù fitozooplankton, materiale vegetale o detriti organici e convertendoli in biomassa animale pregiata, dotata di valore economico associato al consumo umano. Il prelievo periodico di tali risorse non predatrici, esercitato con la pesca autunno-invernale, ha un effetto migliorativo sullo stato trofico lagunare in quanto esse sequestrano nutrienti altrimenti disponibili per crescita algali eccessive (eutrofizzazione). Fra i vari livelli trofici lagunari, dunque, le categorie più efficienti dal punto di vista del sequestro di nutrienti sono i detritivori e gli erbivori. In questo senso, sarebbe preferibile una presenza in laguna più ridotta possibile di carnivori ittiofagi come la spigola, che allungerebbero la catena trofica, diminuendone l'efficienza anti-eutrofizzazione. A questo scopo in alcune lagune si effettuano pesche selettive mirate ai predatori ittiofagi (spigole, grosse anguille, grosse orate) con strumenti quali fiocine (con lampade, di notte) e lenze con ami innescati (filaccioni). Tali attività sarebbero raccomandabili anche per Acquatina. Sarebbe poi utile monitorare periodicamente la presenza di organismi acquatici non direttamente utilizzati per il con-

sumo umano, ma che fungano da indicatori di un soddisfacente stato trofico ambientale, anche in funzione della nutrizione degli uccelli acquatici e della conservazione della biodiversità. Fra questi appare interessante la vegetazione sommersa del fondo, anche per la relativa facilità di realizzazione di una mappa ad essa relativa, come evidenziato dal presente studio. Nel caso di Acquatina è stata messa in evidenza una buona presenza di angiosperme acquatiche, segnale di buona qualità complessiva dei sedimenti.

Ai fini della gestione produttiva, sarebbe opportuno registrare con accuratezza l'andamento della pesca per ciascuna specie e pianificare possibili miglioramenti, agendo, ad esempio, sui periodi di pesca, in modo da concentrarli in quelli più efficaci; oppure sugli attrezzi da impiegare, magari evitando operazioni onerose e ridondanti, oltre che rischiose nei confronti dell'avifauna, quali la cosiddetta "battuta", una pesca autunnale effettuata tramite reti a scorrere lungo l'asse minore della laguna, da nord a sud. È inoltre opportuno considerare aspetti eco-etologici, quali ad esempio lo sfruttamento della tendenza dei pesci a muoversi anche in funzione della salinità e della temperatura, ai fini di impiegare al meglio i lavorieri, ovvero gli sbarramenti posti alle foci per intrappolare i pesci di taglia diretti a mare. Una corretta gestione dei lavorieri, che comprende il tenere sgombre le bocche a mare e gli sbarramenti di canne, favorisce l'entrata di avannotti in laguna, ma anche la circolazione dell'acqua e contribuisce ad evitare interrimenti e impaludamenti.

Riguardo agli *allevamenti in laguna*, può essere valutata, attraverso le procedure della Valutazione di Incidenza Ambientale previste per i SIC, l'opportunità dell'installazione di un piccolo impianto di molluschicoltura (mitili, ostriche, vongo-



le e altri molluschi filtratori, una volta accertatane la crescita soddisfacente nel particolare ambiente). Questi allevamenti sono caratterizzati da un basso impatto ambientale, dovuto essenzialmente alle pseudofeci che si depositano sui fondali, ma anche da un contributo netto verso una riduzione dei nutrienti presenti nel bacino, secondo lo schema già illustrato. Opzioni di questo genere sono da tenere presenti nelle valutazioni sul tipo di gestione più opportuno per Acquatina, considerando se sia il caso di tendere maggiormente verso un miglioramento della naturalità o verso un miglioramento della redditività economica, che tra l'altro può consentire una maggiore disponibilità di risorse per attuare una più efficace gestione ambientale. In ogni caso, data la tendenza già citata di molti bacini lagunari verso l'eutrofizzazione, occorre monitorare le situazioni potenzialmente a rischio attraverso l'impiego di indicatori opportuni e ricorrere, se necessario, ad interventi gestionali atti a ridurre al minimo le possibilità di fenomeni degenerativi della qualità ambientale. La realizzazione e la prossima entrata in operatività del nuovo Centro Ricerche per l'Acquacoltura, dotato di numerose vasche produttivo-sperimentali, fa ritenere superfluo il mantenimento dell'attività di allevamento ittico semintensivo in recinti all'interno del bacino.

4. Rifiuti dal mare - La notevole quantità di rifiuti di provenienza marina che si accumula sulla battigia e sul cordone dunale, farebbe ritenere utile l'organizzazione periodica di attività di ripulitura.

Conclusioni

Nell'ottica di inserire le problematiche e le relative proposte di miglioramento in un quadro di sviluppo sostenibile, con

particolare attenzione alle risorse ittiche, anche secondo le indicazioni contenute nel Codice di Condotta per una Pesca Responsabile della FAO, il lavoro svolto costituisce un esempio di sperimentazione metodologica e di documentazione dell'esperienza maturata. La zona umida di Acquatina, già dichiarata Sito di Importanza Comunitaria e gestita dall'Università di Lecce ormai da circa venti anni, rappresenta un esempio positivo di gestione della fascia costiera. L'attenzione a non privilegiare eccessivamente le logiche produttive ha fatto in modo che il sito sia stato conservato in uno stato che si può definire soddisfacente come raccomandato dalla direttiva "Habitat" della Comunità Europea. I risultati del presente lavoro forniscono un modello di impostazione gestionale orientata sia alla produzione ittica che al controllo e alla tutela ambientale, con importanze relative da stabilire a seconda degli obiettivi dei piani di gestione che i decisori vorranno approntare.

Gran parte dei fattori che possono costituire una pressione per il sito, primo fra tutti l'inquinamento di acque superficiali e sotterranee, sfuggono al controllo diretto dell'Ente Gestore; costituisce peraltro un passo in avanti l'analisi dei fattori ambientali più importanti in relazione alle attività umane sul territorio. Queste conoscenze costituiscono la premessa per coinvolgere le istituzioni competenti verso un percorso di Gestione Integrata della Fascia Costiera. La validità dell'esperienza maturata sarà tanto maggiore quanto più utile risulterà l'applicazione della metodologia proposta sia per il miglioramento della qualità ambientale nell'area di studio, sia per la sua eventuale replica in analoghe situazioni ambientali. Indubbiamente il mantenimento della qualità ambientale ha un costo, ma questo costo potrà essere ammortizzato, se non ripagato, da una oculata politica di valorizzazione dei pro-



dotti ottenuti nel rispetto dell'ambiente; in questo ambito le pubbliche istituzioni hanno grosse possibilità di incentivazione. Nondimeno, l'investimento per l'ambiente rappresenta la garanzia che quelle attività che oggi sono fonte di reddito, di cui la pesca costituisce un esempio emblematico, potranno essere continuate proficuamente nel futuro.

Ringraziamenti

Si ringraziano il compianto Presidente Dino Minerva, l'attuale Presidente Cosimo Del Casale e il personale del Consorzio Intercomunale Capo Santa Maria di Leuca per aver reso possibile il presente studio. Per il consistente aiuto prestato, il personale dell'Università di Lecce – DiStEBA, in particolare Vincenzo Zonno e Marianna Bianco, Guglielmo Corallo, Paolo Palano della Cooperativa Hydra. Per l'ENEA, Sandro Paci, Cristiano Varrone, Giulia Massini e Giulio Izzo. Si ringrazia inoltre Giuseppe La Gioia dell'Osservatorio Faunistico della Provincia di Lecce.

Per informazioni
fabio.barbato@casaccia.enea.it

Bibliografia

- APAT, 2000, "Selezione di indicatori ambientali per i temi relativi alla biosfera" – RTI_CON 1/2000.
- APAT, 2003, "Linee guida per il monitoraggio delle acque di transizione ai sensi della direttiva 2000/60/CE, Water Framework Directive" – AIM_T_RAP_03.
- Barbato F., 2003, "La Gestione dei Laghi Costieri di Fogliano, Monaci e Caprolace". ENEA - Progetto Parchi in Qualità. Relazione finale in <http://qualitypark.casaccia.enea.it/risultati/relazioni/AAI/Circeo/gestionelaghi.pdf>, pp. 17.
- Barbato F., Izzo G., Massini G., Meloni F., Savarino R., 1998, "Studio ambientale a fini gestionali in una laguna interessata da un allevamento ittico in gabbie galleggianti". Atti di "Le ricerche sulla pesca e sull'acquacoltura nell'ambito della L.41/82", Biol. Mar. Medit., Vol.5 fasc.3 Parte II: 1316-1325.
- Basset A., Sabetta L., Galoppo N., 2005, "Identificazione, selezione e realizzazione di casi di studio per la definizione di descrittori e scale temporali significative nel monitoraggio degli ecosistemi di transizione costieri". APAT, Relazione Finali Programma PR. 1A; 305-343.
- Castorina M., Naviglio L., Sanna R., Sbrana M., Signorini A., 2004, "Potenziamento ed introduzione dati nel Sistema Informativo Territoriale del Parco dell'Etna-Rapporto finale", nel sito <http://www.bioitaly.casaccia.enea.it>, ENEA.
- Castorina M., Naviglio L., 2003, "Indicatori per il sistema di gestione ambientale di un ente territoriale" Atti del convegno dell'Associazione Analisti Ambientali, 14 Novembre, Roma.
- Cataudella S., Cannas A., Donati F., Rossi R., 1995. Elementi per la identificazione di un modello di gestione conservativa delle lagune costiere attraverso l'uso multiplo delle risorse. Biol. Mar. Med. 2 (2): 9-19.
- EC - DG Environment, 1994, "A European System of Environmental Pressure Indicators", che applica la "Communication from the Commission to the Council and the European Parliament on 'Directions for the EU on Environmental Indicators and Green National Accounting' (COM (94) 670 final, 21.12.94)".
- EC, 2002, Raccomandazione del Parlamento Europeo e del Consiglio del 30 maggio 2002, relativa all'attuazione della gestione integrata delle zone costiere in Europa (2002/413/CE).
- Gruppo di lavoro ENEA, Sincert, Uni, 2001, Applicare la norma UNI EN ISO 14001 nelle aree protette. Gestione ambientale- linee Guida 1, UNI editore, pp.110.
- Izzo G., A. Signorini, G. Massini, A. Allegro, M. Tosoni, C. Varrone, G. Migliore, M. Sbrana, G. Morgana, S. Prato, S. Procacci, P. La Valle, L. Nicoletti, 2005, L'uso dei sedimenti per la valutazione della qualità delle acque di transizione: correlazione tra test fisici, chimici e biologici. A.P.A.T., Relazione Finali Programma PR. 1A; 345-377.
- UNEP/MAP. 2002. For a sound coastal management in the mediterranean. UNEP MAP pp. 52.
- Zonno V., De Mitri R., Marra P., Barbato F., Vilella S., Storelli C., 2003, Integrated aquaculture in a mediterranean coastal lagoon: the Acquatina (Lecce, Italy) case study. European Aquaculture Society Special Publication No. 33 pp.2.



Lo sviluppo sostenibile: tra preservazione e conservazione della natura

Donato Bergandi*, Giulia Massini**

* Muséum National d'Histoire Naturelle, Parigi

** ENEA

Dipartimento Biotecnologie,
Agroindustria e Protezione della Salute

Intorno alla metà dell'ottocento sono stati delineati i concetti fondamentali del pensiero ambientale moderno. L'attuale paradigma dello sviluppo sostenibile è il risultato dalla convergenza di due principali correnti di pensiero, quella preservazionista e quella conservazionista. Ancora oggi, a più di un secolo dalla loro definizione, queste impostazioni, seppur sintetizzate nel paradigma di sviluppo sostenibile, restano spesso riconoscibili

Sustainable development: Preservation and conservation of nature

The basic concepts in modern thinking about the environment were laid down in the mid-19th century. The sustainable-development paradigm is essentially a synthesis between two main currents of thought that emerged in that period, one calling for preservation, the other for conservation. A century and a half later, it is often still possible to recognize them in the paradigm



Per poter comprendere come il paradigma dello sviluppo sostenibile si sia affermato sulla scena contemporanea e per poterne valutare le sue possibilità d'attuazione ed i suoi eventuali limiti, è necessario analizzare, almeno nelle grandi linee, le radici delle problematiche della protezione della natura in relazione allo sviluppo economico negli ultimi 150 anni. In effetti, anche se è soltanto recentemente, negli anni 70, che si è cominciato a sentire la necessità di mettere in atto pratiche economiche più rispettose dell'ambiente¹, le origini meno immediate di tale prospettiva sono radicate nei movimenti culturali, politici ed economici che a partire dalla seconda metà del XIX secolo negli Stati Uniti ed in Europa si sono confrontati in nome di concezioni antitetiche del rapporto uomo-natura.

Il paradigma dello sviluppo sostenibile può essere considerato l'ultima fase di

1. Scriverà B. Commoner nel 1971 "La gente ha appena scoperto l'ambiente nel quale per secoli è vissuta" in *Il Cerchio da Chiudere*, Edizione Italiana 1977, Garzanti Ed. Milano p17.



sviluppo, il nucleo teorico e pragmatico, derivante dalla fusione di due correnti di pensiero filosofico-politiche, quella *preservazionista* e quella *conservazionista/utilitaristica*. Entrambe si sono originate da preoccupazioni riguardanti, da un lato la protezione della natura e, dall'altro lo sviluppo economico e si sono fuse e concretizzate in un modello politico-economico il cui scopo ultimo è quello di far beneficiare sia le società economicamente avanzate sia le società "in via di sviluppo", dei vantaggi della crescita economica senza per questo intaccare la rinnovabilità delle risorse naturali alla base dei processi economici e industriali².

L'impostazione *preservazionista* è incentrata sulla natura stessa, di cui l'uomo è parte integrante, e fonda i suoi principi sul diritto dell'umanità e delle specie animali e vegetali di esistere, evolvere e persistere nel tempo. In quest'ottica la natura, pur permettendo la sussistenza dell'umanità, assume valenze simboliche e ideali, tali che qualsiasi uso delle sue potenzialità economiche, che pur sussiste, deve perseguire la linea della minima pressione ambientale, di un uso ponderato e ragionevole finalizzato alla perpetuazione dell'esistenza di una natura i cui sensi e valori travalichino ampiamente la dimensione strettamente utilitaristica ed economica.

Nella concezione *conservazionista* il punto focale è invece l'uomo. Con essa si punta ad una utilizzazione pragmatica delle risorse, che si fonda su pratiche razionali e parsimoniose che hanno come

obiettivo principale la conservazione/utilizzazione delle risorse stesse nel tempo. La natura non è soggetto ma oggetto funzionale ai bisogni e alle necessità della specie umana, "mezzo" in vista di "fini", che sono definiti dall'uomo, l'unico e solo "soggetto" in grado di attribuire senso e valore, essenzialmente economico, alla natura.

Al fine di cogliere la struttura profonda di questi due orientamenti una rapida disamina dei loro diretti antecedenti storici, a partire dalla seconda metà dell'Ottocento, ci permetterà di enucleare gli elementi fondamentali e di valutare la loro eventuale persistenza, le conseguenze e le prospettive nell'attuale paradigma dello sviluppo sostenibile.

George Perkins Marsh: la nuova concezione dell'uomo quale agente perturbatore della natura

Le impostazioni preservazionista e conservazionista trovano i loro presupposti nel lavoro di George Perkins Marsh (1807-1882), colui che tra i primi ha intrapreso una dettagliata analisi del distruttivo impatto delle attività umane sull'ambiente naturale. Geografo, diplomatico e avvocato, uomo di incredibile cultura e grande viaggiatore, utilizzando un approccio interdisciplinare ha saputo individuare una serie di concetti che sono stati integrati nella moderna cultura ambientale³. Il suo principale libro, una sorta di prima pietra miliare della letteratura della conservazione, doveva inizialmente intitolarsi *Man: the*

2. Anche se il concetto di sviluppo sostenibile è in continua rielaborazione ed evoluzione comunemente ci si riferisce al paradigma dello sviluppo sostenibile così come esso venne espresso e sintetizzato dalla Commissione Brundtland nel 1987. Al termine di lavori durati quattro anni, nel noto rapporto *Our Common Future* si legge: "Lo sviluppo sostenibile è uno sviluppo che garantisce i bisogni delle generazioni attuali senza compromettere la possibilità che le generazioni future riescano a soddisfare i propri".

3. Marsh, allo stesso modo di alcuni autori europei suoi contemporanei quali Elisée Reclus (1830-1905), Carl Schröter (1885-1939) e Jean Massart (1865-1925), sintetizzò un ampio spettro di conoscenze, dalla storia alla geografia fisica ed umana, per arrivare a delle conoscenze sui sistemi naturali che da lì a poco sarebbero entrate nell'ambito dell'ecologia (Haeckel 1866).



Disturber, sottolineando in modo diretto il ruolo svolto dall'uomo contro le leggi naturali. Il titolo, su pressioni dell'editore, fu poi smussato in *Man and Nature, or Physical Geography as Modified by Human Action* (1864), per non discostarsi in modo troppo brusco dalla concezione che per secoli aveva permeato la cultura occidentale, dell'uomo quale signore della natura, e della natura quale scenario per le azioni dell'uomo. Il perno concettuale dell'opera è che la specie umana è in grado di manipolare la natura ad un livello e con una forza d'impatto che resterà ineguagliabile per l'insieme delle altre specie⁴.

Marsh è il primo a mandare un messaggio d'allarme forte e deciso circa la salute del pianeta e ben prima di qualsiasi discorso riguardante uno sviluppo sostenibile fondato sull'uso razionale e lungimirante delle risorse naturali egli sosteneva che ogni politica di gestione delle risorse naturali, rispettosa degli equilibri dei processi naturali, dovesse perseguire la linea *precauzionale* del minore impatto⁵! Antesignano dei temi propri dell'ecologia il pensiero di Marsh spazia dai

principi dell'ecologia umana, a quelli del paesaggio e della conservazione, fino alla restaurazione dell'ambiente, intesa come recupero degli equilibri naturali. Individuando l'importanza della funzionalità dei sistemi naturali (oggi diremmo ecosistemi), condusse osservazioni sui processi di acidificazione delle acque, affrontando le tematiche relative al ciclo dell'acqua anche in relazione all'agricoltura e prevedendo l'assurgere delle tematiche ambientali a discipline scientifiche⁶. Nella sua opera emerge chiaramente come, lungi dall'essere affetto da romanticismo, sia invece in grado di cogliere gli aspetti concreti delle problematiche del mondo contemporaneo con una lucida capacità previsionale. Ad esempio, con un accento catastrofista, che sembra purtroppo essere confermato dagli odierni scenari riguardo alla progressione del declino della biodiversità ed ai cambiamenti climatici, faceva osservare che se l'opera di distruzione della natura fosse stata perseguita con gli stessi ritmi, l'umanità avrebbe subito le conseguenze ecologiche e sociali della sua imperizia e della sua ignoranza dei processi na-

4. Già nella metà dell'ottocento Marsh rilevava come, accanto alle forze naturali che avevano modellato il pianeta, l'uomo poteva venir considerato una delle cause del rimodellamento della superficie terrestre e le conseguenze negative di questa attività antropica venivano rilevate nella distruzione delle foreste, nel prosciugamento di laghi e paludi, nella rarefazione ed estinzione di alcune specie e nell'aumento e nella manipolazione di altre. Tra le cause della desolazione ecologica, agricola e sociale di alcune aree mediterranee di cui era profondo conoscitore, Marsh individuava, comunque una serie di cause d'origine naturale, in particolare geologiche, ma le considerava sicuramente meno preponderanti e determinanti rispetto a quelle d'origine umana. Constatava ad esempio che la fertilità dei suoli, del Medio-Oriente, della Mesopotamia, di molte zone dell'Italia, della Spagna e della Grecia era drammaticamente diminuita rispetto alle testimonianze storiografiche. Marsh riteneva che l'ignoranza delle leggi naturali combinata alle dispotiche politiche economiche degli imperi e della Chiesa avessero intessuto una trama di forze distruttive per l'ambiente.

5. Marsh così introduceva il suo testo: "Lo scopo del presente libro è quello d'indicare la natura e, approssimativamente l'estensione dei cambiamenti indotti dall'azione dell'uomo nelle condizioni fisiche del globo che abitiamo; mostrare i pericoli che può produrre l'imprudenza, e la necessità di precauzione in tutte quelle opere che, in grandi proporzioni, s'interpongono nelle disposizioni spontanee del mondo inorganico od organico; suggerire la possibilità e l'importanza del ristabilimento delle armonie perturbate, e il miglioramento materiale di regioni rovinare ed esaurite; e illustrare incidentalmente il principio che l'uomo è, tanto nel genere quanto nel grado, una potenza di un ordine più elevato che non sia qualunque altra forma di vita animata che al pari di lui si nutre alla mensa della generosa natura" (p VII)..

6. "L'argomento che mi propongo di svolgere non è divenuto per anco un ramo di istruzione formale..." (p. 11).



turali⁷. Egli riteneva che l'attività umana perturbatrice degli equilibri naturali si concretizzasse in una sorta di "guerra contro l'ordine di natura", sempre più sofisticata ed efficace man mano che le società umane divengono più civili - oggi potremmo dire, man mano che l'uomo si affida solo alla tecnologia per alienarsi dai vincoli ambientali -. Analizzando le dinamiche di sviluppo economico in relazione all'uso delle risorse, Marsh giudicava che l'intensità della distruzione delle specie animali e vegetali non fosse più giustificata dalle necessità per la sussistenza delle popolazioni ma ciò malgrado, con un atteggiamento di ingratitudine verso la natura, l'uomo comunque perseguiva la distruzione di ciò che non poteva consumare. Riteneva, già al suo tempo, che le dinamiche economiche fondate sull'unico obiettivo del profitto esponessero l'umanità al rischio di esaurimento delle risorse ad essa indispensabili e, di conseguenza, a conflitti sempre più forti tra i

popoli. Anzi prevedeva che, grazie al progredire della tecnologia degli armamenti, le popolazioni umane sarebbero state in grado di distruggersi le une con le altre in modi sempre più sofisticati, ingegnosi ed efficaci⁸.

Di un'attualità sconcertante sono le considerazioni di Marsh sul ciclo dell'acqua. Nella sua analisi sul contributo delle foreste agli equilibri naturali rilevava il ruolo essenziale che esse esercitavano sul mantenimento dell'umidità, sulle variazioni di temperatura, sulla permanenza dei corsi d'acqua, sul controllo della violenza e della frequenza delle inondazioni, sull'esistenza delle specie animali e vegetali⁹. Riconosceva il ruolo fondamentale delle foreste nel garantire l'efficienza del ciclo dell'acqua¹⁰, e riteneva che, sebbene agricoltura e colonizzazione avessero minacciato fortemente gli equilibri naturali le necessità in fatto di acqua dolce fossero ancora garantite dall'esistenza dei ghiacciai, enormi serbatoi delle acque¹¹!

7. "La terra va rapidamente diventando una dimora disadatta pel suo più nobile abitante ed un'altra era di simili delitti umani e di simile umana imprevidenza, di quei misfatti e di questa imprevidenza, la ridurrà a tale stato di produttività impoverita, di superficie sconquassata, di eccessi di climi, da far temere la depravazione, la barbarie, e forse anche la distruzione della specie" (p. 50).

8. "Sotto un certo aspetto la razza umana sembra destinata a divenire il suo proprio carnefice da un lato, coll'esaurire la capacità della terra atta a fornire sostentamento al suo dominatore; dall'altro, compensando la produzione diminuita coll'inventare metodi più efficaci per sterminare il consumatore" (p. 380).

9. Usando gli schemi interpretativi dei nostri giorni, potremmo dire che Marsh stava evidenziando come le foreste giocassero un importantissimo ruolo nella conservazione delle comunità biotiche, e quindi della biodiversità: "Un'altra funzione dei boschi, la quale ho appena accennato, merita una più ampia menzione di quello si possa accordarle in un trattato che ha scopo puramente economico: -Le foreste sono la dimora nativa di un gran numero di umili piante, all'accrescimento e alla propagazione delle quali la loro ombra, la loro umidità, e un terriccio vegetale speciale sembrano essere necessità indispensabili-" (p.297).

10. Da notare che, sebbene nella seconda metà dell'ottocento l'insieme dei vari aspetti del ciclo dell'acqua non fossero completamente conosciuti, il ruolo di alcuni compartimenti del ciclo come i ghiacciai, le foreste, i fiumi ed i mari cominciavano ad apparire in tutta la loro importanza (si veda anche Elisée Reclus 1869).

11. "Qui forse accade acconcio osservare che in Italia, e in molte parti della Spagna e della Francia, le Alpi, gli Appennini ed i Pirenei, per non parlare di montagne meno importanti, compiono le funzioni che la natura previdente ha in qualche regione assegnato alla foresta, cioè quelle di serbatoi, onde accumulare nell'inverno una provvista di umidità che possa alimentare la riarsa pianura durante la siccità dell'estate. Quindi, per quanto enormi siano i mali che alle contrade che ho menzionato sono derivati dalla distruzione dei boschi, l'assoluta desolazione per colpa della umana follia avrebbe colpito quei paesi è stata compensata da disposizioni naturali, per cui si raccolgono nei ghiacciai, e nei campi di neve dei bacini dei monti e delle valli, vasti depositi d'umidità solidificata che vien poi distribuita in forma liquida nella stagione in cui l'atmosfera fornisce poca copia del benefico fluido tanto indispensabile alla vita vegetale ed animale" (p. 221-222).



Sono passati quasi centocinquanta anni da quando Marsh ci metteva in guardia contro le aberrazioni ambientali delle scelte economiche dell'umanità, e i ghiacciai che Marsh considerava sorta di assicurazione contro l'imprevidenza ecologica dell'umanità, sono soggetti ad un processo accelerato di scioglimento: attualmente si stima inoltre che, sulla base delle attuali emissioni antropiche dei gas a effetto serra, nei prossimi cento anni la temperatura media del pianeta potrebbe aumentare tra 1,8°C e 4,0 °C¹² enfatizzando il processo di scioglimento.

In sintesi si può affermare che il "catastrofismo illuminato" di George Perkins Marsh aveva già individuato una serie di perni fondamentali per la gestione degli ambienti naturali che sono stati riscoperti, compresi pienamente e valorizzati dall'attuale evoluzione del pensiero ambientale.

Gifford Pinchot e John Muir: la concezione conservazionista e quella preservazionista

La tendenza *conservazionista* americana trova in Gifford Pinchot (1865-1946) una delle maggiori figure di riferimento. Egli svolse un ruolo fondamentale

nella politica di protezione delle foreste lavorando all'organizzazione del servizio forestale americano¹³. Attraverso le sue attività ha contribuito a far emergere nella popolazione la consapevolezza della necessità di un'utilizzazione razionale delle risorse naturali nazionali. Punto di riferimento di una concezione della conservazione e dell'uso delle risorse naturali su una base economica, Pinchot considerava le foreste come un investimento di capitale produttivo che aumenta, quanto più la foresta cresce e si sviluppa¹⁴. Secondo una prospettiva fortemente utilitaristica, l'uomo nei suoi rapporti con la foresta, "*The most useful servant of man*", doveva trovare il punto di equilibrio tra produzione di legname e taglio. Il ritorno economico era assunto come unico mezzo efficace per conservare le foreste¹⁵, mentre venivano stigmatizzati i metodi distruttivi di taglio degli alberi e gli sprechi irrazionali. Tale concezione, emergente da questa nuova impostazione gestionale delle società moderne, industriali e capitalistiche, in relazione con le risorse silvicole, sarà applicata all'insieme delle risorse naturali da parte del movimento conservazionista americano. Già nel 1909, un anno prima che fosse pubbli-

12. Il Gruppo intergovernativo d'esperti sull'evoluzione del clima (GIEC), riunitosi a Parigi tra il 29 gennaio ed il 1 febbraio 2007, ha presentato 6 scenari del cambiamento della temperatura planetaria e del livello del mare. Supponendo che le concentrazioni dei gas ad effetto serra nei prossimi 100 anni resteranno costanti ed allo stesso livello dell'anno 2000, lo scenario più favorevole prevede 1,8 °C come valutazione media del riscaldamento globale del pianeta (minimo stimato: 1,1 °C; massimo stimato: 2,9 °C). Lo scenario più sfavorevole, invece, prevede un aumento medio di 4,0 °C, con un minimo possibile di 2,4 °C ed un massimo di 6,4 °C. La realizzazione di uno scenario oppure di un altro dipenderà dai piani politici ed economici che verranno adottati (forte presenza dei combustibili fossili, energie alternative, equilibrio tra fonti classiche ed alternative), e dal grado d'integrazione esistente tra la protezione ambientale, l'equità sociale e lo sviluppo economico.

13. Gifford Pinchot fu direttore dell'*United States Forest Service* tra il 1898 ed il 1910 ed in seguito divenne governatore della Pennsylvania (1923-1927, 1931-1935).

14. Questa visione economicistica del valore delle foreste è molto chiaramente espressa in questi passaggi: "*The forest is treated as a working capital whose purpose is to produce successive crops.*" (1905 p. 11); "*(...) the fundamental idea in forestry is that of perpetuation by wise use; that is, of making the forest yield the best service possible at the present in such a way that its usefulness in the future will not be diminished, but rather increased.*" (1905, p. 2).

15. "*The question is not of saving the trees, for every tree must inevitably die, but saving the forest by conservative ways of cutting the trees. If the forest is to be preserved, the timber crop now ripe must be gathered in such a way as to make sure of other crops hereafter.*" (Ivi, p. 10).



cato il suo testamento filosofico, *The Fight for Conservation*, Pinchot espone quelli che considerava i principi essenziali che riteneva fondamentali per la conservazione:

- sviluppo economico (*development*);
- riduzione degli sprechi (*prevention of waste*);
- beneficio sociale (*public benefit*).

Pinchot considerava i primi due punti come i due lati di una stessa medaglia. Inserito in un contesto storico-sociale di grande sviluppo, egli riteneva che le generazioni presenti non dovessero limitarsi a *preservare* le risorse, nel senso di metterle da parte per il futuro uso delle generazioni a venire. Al contrario, esse avevano il diritto/dovere di gestirle per il proprio benessere, cercando però di evitare ogni spreco principalmente tra le risorse non rinnovabili¹⁶, perché riteneva impedisse uno sviluppo efficiente dell'economia compromettendo il benessere della popolazione.

Infine, lo sviluppo fondato sull'uso delle risorse, secondo l'indirizzo politico progressista del presidente Roosevelt (Pinchot ne fu il capoconsigliere della Conservazione), doveva apportare beneficio al più gran numero d'individui evitando di avvantaggiare pochi singoli individui o specifici gruppi d'affari: "*Conservation means the greatest good to the greatest number for the longest time*" (1910, p. 75). Se lo Stato non fosse stato in grado di far rispettare il diritto di ogni cittadino all'uguaglianza di opportunità, l'alternativa prospettata da Pinchot sarebbe stata quella di una graduale e inarrestabile presa del potere da parte di monopoli sempre più poten-

ti in grado di accaparrarsi il controllo delle risorse e di indirizzare persino le leggi verso i loro propri interessi (1910, 24-30).

A giusto titolo, il pensiero di Pinchot può essere quindi considerato come l'archetipo politico da cui deriveranno alcuni degli elementi costitutivi del modello politico-economico e sociale di ciò che sarà denominato "sviluppo sostenibile". Alla impostazione di Pinchot si contrappone la tendenza *preservazionista* americana, di cui John Muir (1838-1914) è uno dei suoi rappresentanti più carismatici. Muir identificava la *natura* (*wilderness*) con uno spazio autonomo, integro e originario, non ancora intaccato direttamente o indirettamente, dalle attività umane. Secondo tale prospettiva, la *natura* cessa di essere un termine sinonimo di *risorse*, e concettualmente non è più limitata a mezzo finalizzato alla soddisfazione dei bisogni umani. La natura viene quindi considerata un'entità il cui valore non è definito in funzione dagli interessi umani, ma come un'entità degna di esistere in quanto tale e meritevole di ogni forma di rispetto da parte dell'umanità. Le foreste, per esempio, espressione emblematica della *wilderness*, permettono all'uomo di venire in contatto con i propri stati d'animo più profondi mettendolo in condizione di sperimentare sensazioni e sentimenti autentici d'intima connessione con il resto della natura. Questa idealizzazione della natura, s'accompagnava tuttavia alla consapevolezza che, poiché la distruzione delle foreste da parte della popolazione e dei gruppi industriali non sembrava arrestarsi neanche dinanzi alla loro ormai sempre più drammatica riduzione, solo una razionale amministra-

16. Ivi, "*Conservation (...) stands emphatically for the use of substitutes for all exhaustible natural resources, (...)*" e inoltre "*In the second place conservation stands for the prevention of waste. (...) So we are coming (...) to understand that the prevention of waste in all other directions is a simple matter of good business*" (p. 10).



zione delle foreste sotto il controllo dello stato avrebbe potuto salvaguardare ciò che restava della natura (1901, pp. 359-365). Da questo punto di vista, il preservazionismo di Muir sottende la stessa giustificazione scientifica di Marsh e condivide, almeno fino ad un certo punto, il conservazionismo di Pinchot che rifiuta quelle pratiche industriali che implicavano lo spreco, conducevano all'avidità e irrazionale distruzione d'immense foreste.

Il retroterra filosofico di Muir gli permetteva di essere in sintonia con i principi di quella giovane disciplina che stava lentamente costituendosi: l'*ecologia*. Oggi definiamo l'ecologia la scienza che studia le interazioni, siano esse tra organismi e tra organismi e ambiente. Muir coglie subito questo aspetto enfatizzandolo e sintetizzandolo nella frase: "*When we try to pick out anything by itself we find it hitched to everything else in the Universe*" (1911). Questo principio olistico d'interconnessione univer-

sale, che trova nella sua indefinitezza al contempo la sua forza e la sua debolezza, ben si situa sulla stessa linea olistica di pensiero degli studi che nello stesso periodo i primi ecologi avevano portato o stavano portando a termine (Forbes 1887, Clements 1916)¹⁷.

Il caso della diga nella *Hetch Hetchy Valley*: il primo confronto tra le due anime del pensiero ambientalista

Il primo caso storico ed emblematico su cui si sono confrontate queste differenti concezioni della natura e dell'uso delle sue risorse è stata la progettazione di una diga nella *Hetch Hetchy Valley* in California. Muir, insieme a tutti coloro che volevano preservare una delle più belle valli dello *Yosemite Park* si impegnò in una campagna di pressione sui politici e sulla popolazione che durò tredici anni. La sommersione della vallata, universalmente giudicata come un luogo



Figura 1

Foto scattata nei primi del '900, prima della costruzione della diga. Nel fondo della *Hetch Hetchy Valley* scorre il *Tuolumne River*

Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Hetch_Hetchy_Valley.jpg

17. Secondo Forbes il lago era una sorta di microcosmo in cui l'insieme della comunità biotica era così strettamente connesso che un qualsiasi fenomeno riguardante una specifica specie avrebbe avuto delle rapide e dirette conseguenze sull'insieme della comunità. Clements, similmente rinvenne nella foresta un superorganismo, da intendersi come una complessa ed integrata entità che come un organismo nasceva, si sviluppava, deperiva per poi morire (si veda Bergandi 1999).



d'incomparabile bellezza, denominata da Muir come un "mountain temple" era giustificata da ragioni filantropico-economiche: permettere alla città di San Francisco di divenire autonoma per quanto riguardava la distribuzione d'acqua e la produzione d'elettricità.

Muir denunciò aspramente questa "smiling philanthropy" che sosteneva nascondesse in realtà interessi particolari a discapito di quelli della comunità. Inoltre egli sosteneva, che la costruzione della diga nella valle non costituisse una reale necessità poiché esistevano valide alternative d'approvvigionamento, anche se più costose (Hearing 1908).

Di contro, nel dibattito congressuale del 1913 sulla destinazione da darsi alla *Hetch Hetchy Valley*, Pinchot sosten-

ne l'inesistenza di ogni ragionevole argomento contro la costruzione della diga. Nel suo intervento davanti alla commissione, egli sintetizzò la filosofia conservazionista facendo al contempo valere l'idea che l'accettazione del progetto di legge avrebbe non solo risolto i problemi legati all'uso domestico dell'acqua della città di San Francisco, ma avrebbe anche permesso ad un più gran numero d'individui d'accedere alle zone dello Yosemite Park grazie alla costruzione dei sistemi di comunicazione (strade, telefono)¹⁸. La sua idea di *ragionevolezza* coincideva con una impostazione economica dell'intero problema: l'uso dell'acqua della valle era la soluzione che permetteva al più gran numero d'individui d'usufruire della risorsa vitale al più basso costo¹⁹.



Figura 2

Foto della Hetch Hetchy Valley, scattata da una angolazione simile a quella della foto in figura 1, dopo la costruzione della diga

Fonte: http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Hetch_Hetchy_Valley_in_Yosemite_NP-1200px.jp

18. "Now, the fundamental principle of the whole conservation policy is that of use, to take every part of the land and its resources and put it to that use in which it will best serve the most people, and I think there can be no question at all but that in this case we have an instance in which all weighty considerations demand the passage of the bill" Parte della testimonianza di Gifford Pinchot all'House Committee on the Public Lands, *Hetch Hetchy Dam Site*, 63rd Cong., 1st sess. (25-28 June 1913 – 7 July 1913, (Washington D.C., Government Printing Office, 1913.

19. Ivi, "Then, if there is, as the engineers tell us, no other source of supply that is anything like so reasonably available as this one; if this is the best, and, within reasonable limits of cost, the only means of supplying San Francisco with water, we come straight to the question of whether the advantage of leaving this valley in a state of nature is greater than the advantage of using it for the benefit of the city of San Francisco".

Un lungo dibattito divise la Nazione tra sostenitori ed avversari del progetto e sebbene la maggioranza si schierò contro la costruzione della diga, nel 1913 il Congresso americano diede parere favorevole e la diga fu realizzata.

Conclusioni

La contrapposizione tra Pinchot e Muir riguardo al destino della *Hetch Hetchy Valley* ha profondamente marcato la storia ambientalista americana e ben riassume la difficile relazione esistente tra l'impostazione conservazionista e preservazionista della natura. In estrema sintesi possiamo affermare che mentre Pinchot fonda la sostenibilità dell'uso delle risorse su un approccio più marcatamente economico-gestionale, Muir si basa molto più sugli altri due aspetti costitutivi della sostenibilità: l'aspetto ambientale-ecologico e quello etico-sociale.

Le difficoltà attuali d'implementazione ed attuazione di norme ecologiche, economiche e sociali, possono in parte essere ricondotte al dibattito filosofico-pragmatico tra preservazionismo e conservazionismo. Molto spesso entrambe le impostazioni sussistono, in universi paralleli, e la comunicazione tra esse è difficile da instaurare: due diverse visioni del mondo - filosofiche, etiche e politiche - permettono agli uni come agli altri, di costruire dei riferimenti e un quadro di relazioni specifiche che fanno sì che essi non vedano, e in definitiva, non vivano nello stesso mondo. Per quanto riguarda la *Hetch Hetchy Valley*, è significativo rilevare che ancora oggi, a quasi 100 anni di distanza, sono attivi movimenti che propongono l'abbattimento della diga e il ripristino delle condizioni naturalistiche iniziali (<http://www.hetchhetchy.org/history.html>).

Tutto ciò conferma la complessità delle questioni ambientali che spesso permangono controverse nel tempo e mette in luce come la contrapposizione filosofica e pragmatica tra preservazionismo e conservazionismo possa continuare a rappresentare una delle difficoltà maggiori da risolvere per far sì che lo sviluppo sostenibile possa divenire, finalmente, un reale ed attuabile progetto di equilibrate relazioni tra uomo e natura.

Per informazioni
giulia@massini@casaccia.enea.it

Bibliografia

Bergandi, D., 1999. *Les métamorphoses de l'organicisme en écologie: de la communauté végétale aux écosystèmes*. Revue d'histoire des sciences. 52, 1, pp5-31.

Clements, F., 1916. *Plant Succession: An Analysis of the Development of Végétation*, Publication No. 242, Carnegie Institution of Washington, Washington.

CMED, 1988. *Notre avenir à tous*, Les Editions du Fleuve, Montréal, Québec, Canada.

Commoner B. 1971. *The closing circle*. Published by Alfred A.Knopf, Inc. Traduzione italiana: *Il cerchio da chiudere*. 1977 Garzanti Editore, Milano.

Forbes, S.A., 1887. *The Lake as a Microcosm*, in Bulletin of the Peoria Scientific Association, 7-87. Ristampato in Bulletin of the Illinois State Natural History Survey, 15, 537-550.

GIEC, 2007. *Résumé à l'intention des décideurs. Bilan 2007 des changements climatiques. Les bases scientifiques physiques*, Paris, 29 janvier - 1 février 2007.

Haeckel, E., 1866. *Générale Morphologie der Organismen*, 2 Vols. - I. *Allgemeine Anatomie der Organismen*; II: *Allgemeine Entwicklungsgeschichte der Organismen*, Georg Reimer Verlag, Berlin.

Hearing Held Before the Committee on the Public Lands of the House of Representatives, "San Francisco and the Hetch Hetchy Reservoir", December 16, 1908, on H.J. res. 184.



House Committee on the Public Lands, *Hetch Hetchy Dam Site*, 63rd Cong., 1st sess. (25-28 June 1913 – 7 July 1913), Government Printing Office, Washington.

Marsh G.P., 1848. *Address Delivered Before the Agricultural Society of Rutland County*, sept. 30, 1847, Printed at the Herald Office, Rutland, Vt., 3-24.

Marsh, G.P., 1864. *Man and Nature; or, Physical Geography as Modified by Human Action*, C. Scribner, New York (trad. it.: *L'uomo e la natura. Ossia la superficie terrestre modificata per opera dell'uomo*, Milano, Franco Angeli, 1988, 1° trad. it.: 1872).

Muir, J., 1901. *Our National Parks*, Houghton Mifflin Company, Boston and New York.

Muir, J., 1908. "The Hetch Hetchy Valley", *Sierra Club Bulletin*, VI, 4, January.

Muir, J., 1911. *My First Summer in the Sierra*, Houghton Mifflin Company, Boston and New York.

Pinchot, G., 1905. *A Primer of Forestry*, Forester, Bulletin 24, part II, Bureau of Forestry, U.S. Dept. Of Agriculture, Government Printing Office, Washington.

Pinchot, G., 1909. "Conservation", in *Addresses and Proceedings of the First National Conservation Congress*, August 26-28, Seattle, Washington, Published by the Executive Committee of the National Conservation Congress, Seattle, Washington, 70-78.

Pinchot, G., 1910. *The Fight for Conservation*, Doubleday, Page & Company, New York.

RECLUS, E., 1869. *Histoire d'un ruisseau*, Hachette, Paris.

WCED, 1987. *Our Common Future*, Oxford University Press, Oxford.



GIRET: un software per la gestione di indicatori energetici

Emanuela Caiaffa*,
Laura Gaetana Giuffrida**,
Patrizio Boschi***,
Giovanni Paolo Maria Esposito***

*ENEA
Dipartimento Ambiente,
Cambiamenti globali e Sviluppo sostenibile

**ENEA
Ufficio di Presidenza

*** Laureato con tutoraggio ENEA
presso la Facoltà di Ingegneria Informatica,
Università Roma Tre

In un approccio integrato alle politiche energetiche, l'utilizzo di specifici indicatori costituisce una priorità. GIRET è un software ideato proprio per fornire un supporto per la rappresentazione di indicatori energetici sia a livello di macro-settore sia territoriale grazie all'integrazione dello strumento GIS

GIRET: Software for managing energy indicators

In an integrated approach to energy policy-making, priority is now given to the use of indicators. GIRET is a software program that enables users to plot energy indicators at either the macro-sector level or the territorial level, thanks to the integration of a GIS tool



Scopo del presente articolo è la presentazione di "GIRET"¹ (Gestione Indicatori di Realtà Energetiche e Territoriali): uno strumento informatico per lo studio e la rappresentazione a livello territoriale di indicatori energetici.

In una visione integrata delle problematiche che ruotano attorno alle politiche energetiche, l'utilizzo di indicatori ha assunto un'importanza prioritaria. Infatti, come già delineato nel 1998 dal Consiglio europeo di Cardiff² e, successivamente, stabilito dalla Decisione n. 280/2004/Ce del Parlamento europeo e del Consiglio (relativa ad un meccanismo per monitorare le emissioni di gas a effetto serra nella Comunità e per attuare il protocollo di Kyoto), tutti i paesi europei sono ormai chiamati a dimo-

1. Il software GIRET, brevetto ENEA N° 623, è tutelato dal Diritto d'Autore con Numero del deposito SIAE (Società Italiana degli Autori ed Editori) Sezione OLAF - Servizio Deposito Opere Inedite: 0605526, con decorrenza dal 19.12.2006 con scadenza il 18.12.2011.

2. Il Consiglio europeo di Cardiff ha riconosciuto l'importanza di integrare la protezione dell'ambiente nelle politiche comunitarie.



strare, attraverso specifici indicatori, i progressi conseguiti in campo energetico e ambientale.

Ne è derivata l'esigenza di poter disporre di indicatori il più possibile rappresentativi del Sistema Energia, in grado cioè di facilitare la lettura delle correlazioni tra i diversi fenomeni legati ai processi di produzione e utilizzazione dell'energia.

Molti organismi, a livello internazionale, come la Commissione per lo Sviluppo Sostenibile dell'ONU (UNCSD), l'Agenzia Europea dell'Ambiente (AEA), l'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico (OCSE), l'Ufficio Statistico della Commissione Europea (EUROSTAT) e l'Agenzia Internazionale dell'Energia (AIE) si stanno muovendo in questa direzione.

L'ENEA, nell'ambito dei suoi compiti istituzionali, è chiamato alla messa a punto di strumenti tecnici di supporto alle Amministrazioni centrali e locali per la definizione delle politiche di intervento in campo energetico e ambientale.

I decisori, in particolare, devono acquisire quegli elementi conoscitivi di base, di volta in volta aggiornabili, per poter analizzare, sotto l'aspetto tecnico ed economico, i flussi di domanda e di offerta di energia. Tutto questo in vista di un più ampio obiettivo che è quello di creare alcuni riferimenti dinamici di politica energetica entro i quali stabilire programmi di intervento e priorità nelle diverse realtà socio-economiche.

GIRET s'inserisce in questo contesto. Il prodotto è stato ideato ed elaborato per fornire ai potenziali utenti elementi descrittivi e rappresentativi delle realtà

energetiche nei diversi livelli di risoluzione territoriale (Regione, Provincia ecc.). La caratteristica essenziale di GIRET, che lo differenzia da tutti gli altri prodotti software fino ad ora disponibili in questo campo a livello nazionale, è di avere introdotto l'uso dello strumento GIS (Geographic Information System) avvalendosi di una struttura a Portale cartografico, che di fatto consente di legare al territorio i risultati delle elaborazioni effettuate all'interno di GIRET stesso.

Il territorio diventa protagonista grazie alla capacità, propria dello strumento GIS, di condurre correlazioni tra fattori di tipo energetico, socio-economico e fattori antropici e ambientali, consentendo di evidenziare, attraverso la rappresentazione geografica, le specificità di una o più aree territoriali.

La progettazione del Sistema Informativo GIRET

L'ideazione del prodotto GIRET si inserisce all'interno di un progetto per il rinnovamento del software di gestione di indicatori energetici regionali MePER - Modulo Indicatori³ realizzato dall'ENEA, nei primi anni 90, allo scopo di approfondire le conoscenze quantitative e qualitative dei principali settori di impiego dell'energia. Tale strumento, realizzato in FOCUS per DOS, sprovvisto di interfacce a finestre *user friendly*, dotato di un database antiquato e in grado di produrre solo output numerici (matrici e listati), ha portato ad un progressivo abbandono del suo utilizzo.

Pertanto, nell'ambito di uno specifico gruppo di ricerca⁴, si è resa necessaria

3. Per facilitare gli Enti regionali nei loro compiti di analisi, di valutazione e di pianificazione del settore energetico, l'ENEA elaborò la guida MePER (Metodologia per la Programmazione Energetica Regionale), un insieme di procedure e di strumenti tecnici di supporto tra i quali, Modulo "Indicatori" facente parte di un Sistema Informativo più generale.

4. Il gruppo di ricerca è formato da: Emanuela Caiaffa, Laura Gaetana Giuffrida, Patrizio Boschi, Giovanni Paolo Maria Esposito.



la progettazione (mediante l'utilizzo di tecniche di reverse-engineering⁵) di un nuovo strumento dotato di accorgimenti concettuali e tecnici innovativi.

Dal punto di vista concettuale si è cercato di raggiungere una maggiore corrispondenza ai canoni e ai più attuali parametri di studio delle grandezze energetiche, ambientali e socio-economiche. Dal punto di vista tecnico si è voluto creare, con nuovi strumenti software (Open Source⁶) e secondo moderni standard di progettazione, uno strumento il più aderente possibile alle nuove esigenze di indagine per i diversi attori, nelle diverse discipline, che ormai sono chiamati in causa nella lettura dei fenomeni energetici.

Poiché l'analisi dei sistemi energetici, per la complessità e la dinamicità delle variabili da considerare, richiede continui aggiornamenti, si è ritenuto opportuno realizzare un'applicazione altamente personalizzabile ed estendibile. Ciò al fine di consentire l'inserimento, in qualsiasi momento, di nuove variabili e funzioni per la costruzione degli indicatori, nonché la possibilità di scegliere il livello territoriale (regione, provincia, comune, ecc.), il tipo di analisi dei dati da effettuare (confronto spaziale e/o temporale) e la forma più opportuna di rappresentazione dei dati (grafica, tabellare, cartografica).

Le principali caratteristiche

Lo strumento informatico GIRET è strutturato, oltre che per identità territoria-

li, per macro settori: industria, agricoltura, trasporti, terziario e residenziale (figura 1).

GIRET prevede una gestione dei dati a risoluzione regionale poiché a tale scala è disponibile la maggior parte dei dati della statistica ufficiale (bilanci energetici, ISTAT ecc.). Come più volte rilevato nell'ambito dei soggetti erogatori e fruitori di dati statistici, la disponibilità di statistiche di qualità è un elemento cruciale nei processi di valutazione e di programmazione.

Nella consapevolezza dell'importanza di condurre analisi a scala territoriale più dettagliata, è stata anche implementata, all'interno del sistema GIRET, la struttura portante di gestione dei dati a risoluzione sub-regionale.

GIRET, attraverso le sue funzioni, consente di costruire, relativamente ad un anno e/o arco di tempo predefinito, indicatori in grado di:

- descrivere le caratteristiche dell'utenza energetica nei vari settori (indicatori strutturali, economici, demografici ecc.);
- valutare l'incidenza e/o la concentrazione di un determinato fenomeno sul territorio (indicatori di intensità e di densità);
- e più in generale, evidenziare le correlazioni tra alcune variabili significative in relazione all'obiettivo di analisi e valutazione prefissato. Gli indicatori, una volta identificati, calcolati e classificati, vanno a costituire, insieme ai dati di base, il sistema informativo del software stesso, calibrato per fornire informazioni significative e specifiche, in relazione alle esigenze di ciascun utente.

5. Le tecniche di reverse-engineering (reingegnerizzazione o riconcettualizzazione), partendo dall'analisi critica delle funzioni e caratteristiche del software da sostituire, identificano i requisiti (progettuali e di utenza) e la struttura degli schemi concettuali e logici del nuovo Sistema. Quindi, nel nostro caso, l'analisi iniziale ha richiesto lo studio, mediante le suddette tecniche, del modulo "Indicatori" già in uso presso l'ENEA.

6. Il termine "Open Source" è stato coniato nel 1998 su iniziativa di Bruce Perens, Eric S. Raymond, Hall, Tim O'Reilly, Linus Torvalds e altri importanti sviluppatori dell'allora "Comunità Free Software".

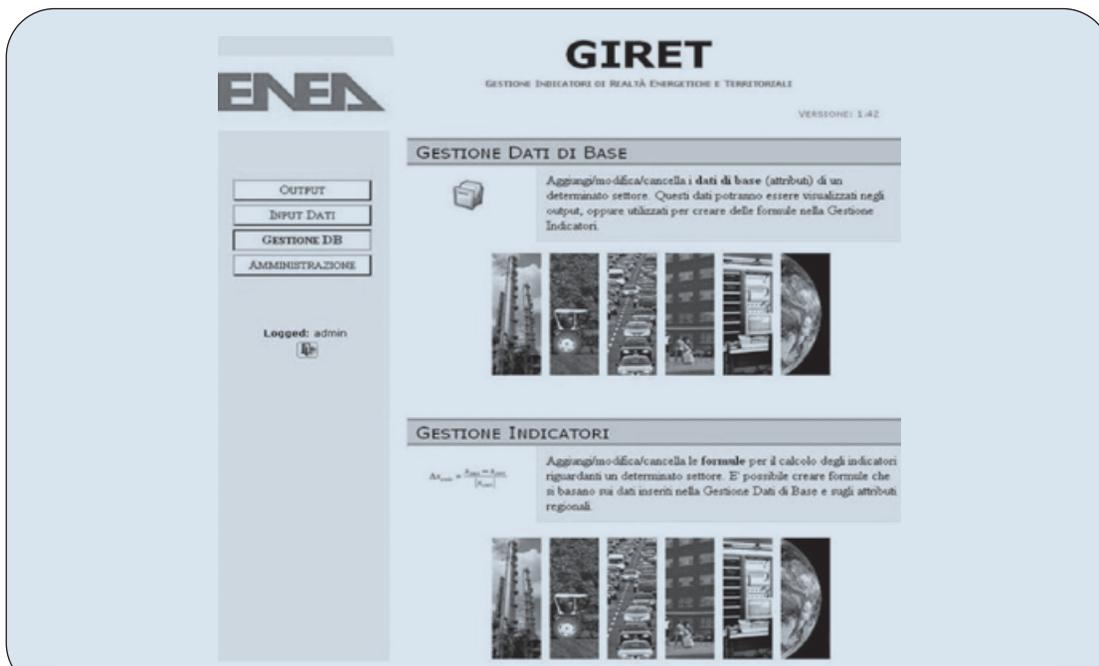


Figura 1 Macro-settori

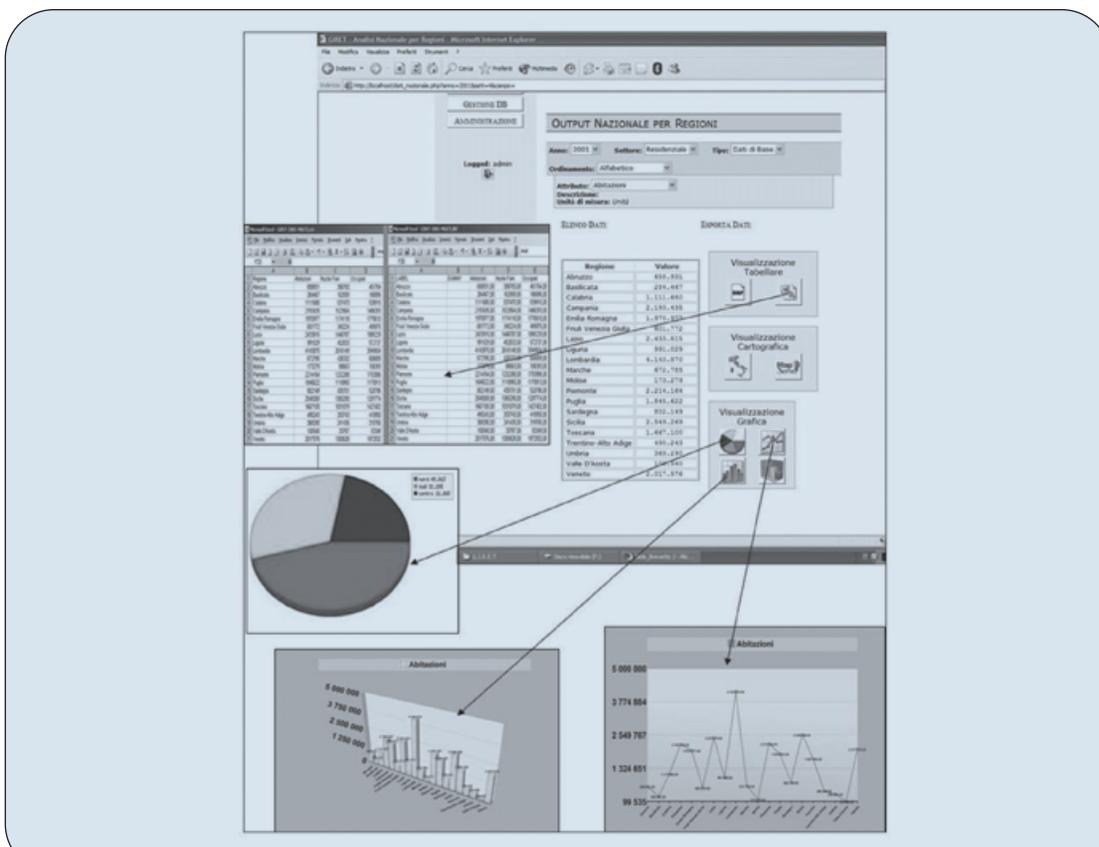


Figura 2 Tipi di Output disponibili in GIRET

Per facilitare la lettura dei risultati sono previste, attraverso veloci e semplici procedure, diverse forme di restituzione: tabelle Excel (.XLS) e/o DataBase Format (.DBF), Istogrammi (figura 2) e GIS (figura 3).

La rapidità con cui vengono rese disponibili le elaborazioni dei dati, nelle diverse forme di restituzione, consente di verificare on-line l'esattezza del percorso di analisi intrapreso.

Dal punto di vista operativo, le funzionalità del software GIRET si possono sintetizzare nei seguenti punti:

- capacità di acquisire, anche esportandoli direttamente, da altri database (foglio excel), nuovi dati di base/val-

riabili, e di inserirli e caratterizzarli con nome, unità di misura, attributi: *data entry*;

- capacità di costruire nuovi indicatori attraverso l'uso di formulari ad hoc e di combinarli tra loro: *valori generati*;
- capacità di generare direttamente on-line output utili ed esportabili come tabelle regione-valore, tabelle multi-colonna (regione val₁-val₂-...), tabelle di serie storiche, uscite grafiche;
- capacità di restituire i dati in forma geografica attraverso il GIS con il collegamento diretto a software specializzati;
- capacità di limitare gli accessi per una gestione dell'utenza definita da ruoli gerarchici governati da pas-

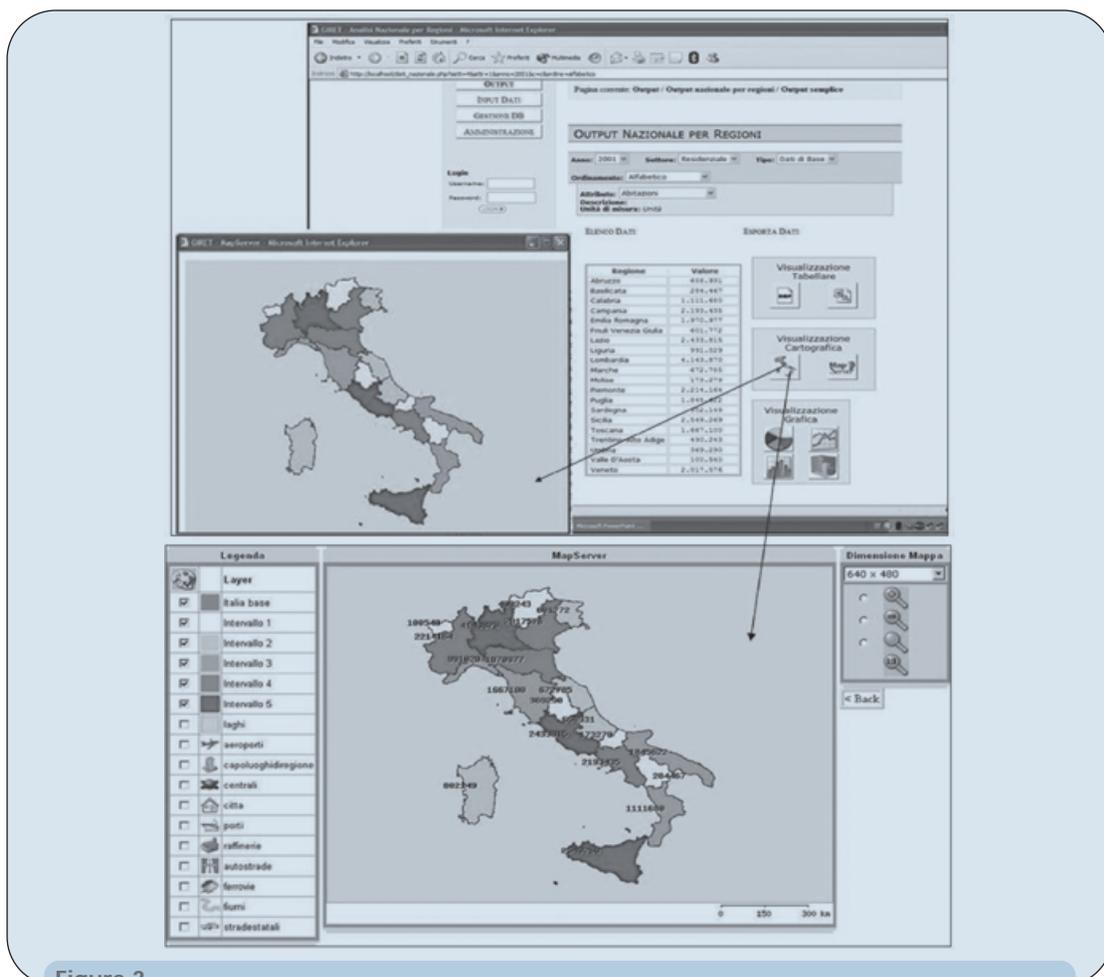


Figura 3 Restituzione geografica dei dati tramite GIS



sword, con snelle procedure di autenticazione⁷.

La realizzazione del Sistema ha fatto uso di software Open Source e risulta facilmente aggiornabile e portabile.

L'interfaccia *user friendly* permette, inoltre, ad utenti anche non esperti di informatica, di gestire autonomamente i dati, gli indicatori e i relativi approfondimenti territoriali e settoriali.

L'utilizzo del GIS nei processi di valutazione e programmazione

La comunità scientifica a livello europeo si è ultimamente sensibilizzata all'aspetto geografico legato alle politiche energetiche suggerendo l'utilizzo dei Sistemi Informativi Geografici per soluzioni *map-based* in grado di migliorare e accelerare il processo decisionale.

La lettura delle problematiche energetiche nella loro dimensione territoriale consente di allargare il campo di indagine attraverso una visione integrata dei dati e di cogliere nuove relazioni di causa effetto, altrimenti non identificabili (ad esempio: presenza localizzata di impianti energetici a combustione e relative elevate emissioni).

Il processo decisionale tende, sempre di più, ad assumere un carattere sistemico, dovendo prendere in considerazione un numero rilevante di variabili e di fenomeni strettamente correlati fra loro. Ne deriva l'esigenza, per i responsabili del-

le politiche, di dover continuamente operare una sintesi della suddetta complessità, gestendo e integrando contemporaneamente i diversi fattori su cui elaborare strategie progettuali di breve, media e lunga durata.

Una maggiore focalizzazione della conoscenza su forme di aggregazione del territorio, anche non necessariamente coincidenti con le suddivisioni amministrative (Regioni, Province, Comuni), potrebbe agevolare i compiti dei decisori. I Sistemi Locali del Lavoro SLL⁸, individuati dall'ISTAT, al di fuori dei confini amministrativi, dimostrano l'efficacia di tale approccio che privilegia la natura territoriale fornendo un ulteriore veicolo per la definizione del problema.

In un prossimo futuro poter disporre di dati e indicatori a livello territoriale disaggregato, non solo per suddivisioni amministrative dettagliate ma soprattutto per ripartizioni funzionali al territorio (Sistemi Locali del Lavoro SLL, aree protette, altre aree rilevanti a fini di *policy*, ecc.), diventerà fondamentale per una migliore comprensione delle peculiarità dei territori e per accrescere la consapevolezza dei decisori.

Di seguito viene proposto un esempio applicativo del software GIRET per la restituzione di dati tramite GIS.

Nella figura 4 sono stati messi a confronto i livelli di emissioni di CO₂ nelle singole regioni con le infrastrutture energetiche presenti sul territorio. Le infra-

7. A seconda del tipo di utenza, il Sistema Informativo GIRET è provvisto di diversi percorsi.

- Utente semplice: ha accesso solo agli Output, può consultare tutti i dati presenti nel database e esportarli in qualsiasi forma ma non può effettuare modifiche permanenti sui dati stessi.
- Esperto in Data Entry: ha accesso all'input dati, può modificare i valori esistenti o riempirne di nuovi, non può creare variabili (intese come dati di base) o indicatori nuovi.
- Gestore di database: svolge funzione di supervisione del lavoro dei Data Entry, ha facoltà di creare nuovi Dati di Base e Indicatori. Richiede autenticazione.
- Amministratore: ha il compito di creare e modificare nuove e vecchie utenze, consultare gli accessi e le operazioni fatte sull'applicazione e (almeno in fase di configurazione e installazione) può intervenire sui parametri tecnici dell'applicazione come variabili del database, work directory, ecc. Richiede autenticazione.

8. I Sistemi Locali del Lavoro, formati da più Comuni contigui fra loro, costituiscono entità territoriali geograficamente e statisticamente comparabili.



strutture rappresentate in questo contesto sono le centrali termoelettriche e le raffinerie che risultano per l'appunto essere una delle maggiori cause di emissioni di CO₂ in atmosfera.

Nella cartina sono riportati dati di riferimento puramente indicativi che potrebbero non rispecchiare rigorosamente la reale ubicazione delle centrali e delle raffinerie la cui consistenza numerica, com'è noto, è in continua evoluzione (dismissioni e costruzione di nuove centrali).

La rappresentazione geografica, pur nella sua semplicità, avvalorava quanto appena detto, evidenziando il legame esisten-

te tra maggiore grado di emissioni di CO₂ e più alta concentrazione di impianti.

Conclusioni

Il Prodotto GIRET vuole rappresentare un primo passo verso l'elaborazione di strumenti di conoscenza più idonei a supportare le scelte nel settore energetico. L'obiettivo che si è voluto raggiungere, attraverso la sua realizzazione è duplice: agevolare le attività di analisi legata alla costruzione di indicatori con le valutazioni territoriali del caso e nel contempo fornire i mezzi per una maggiore

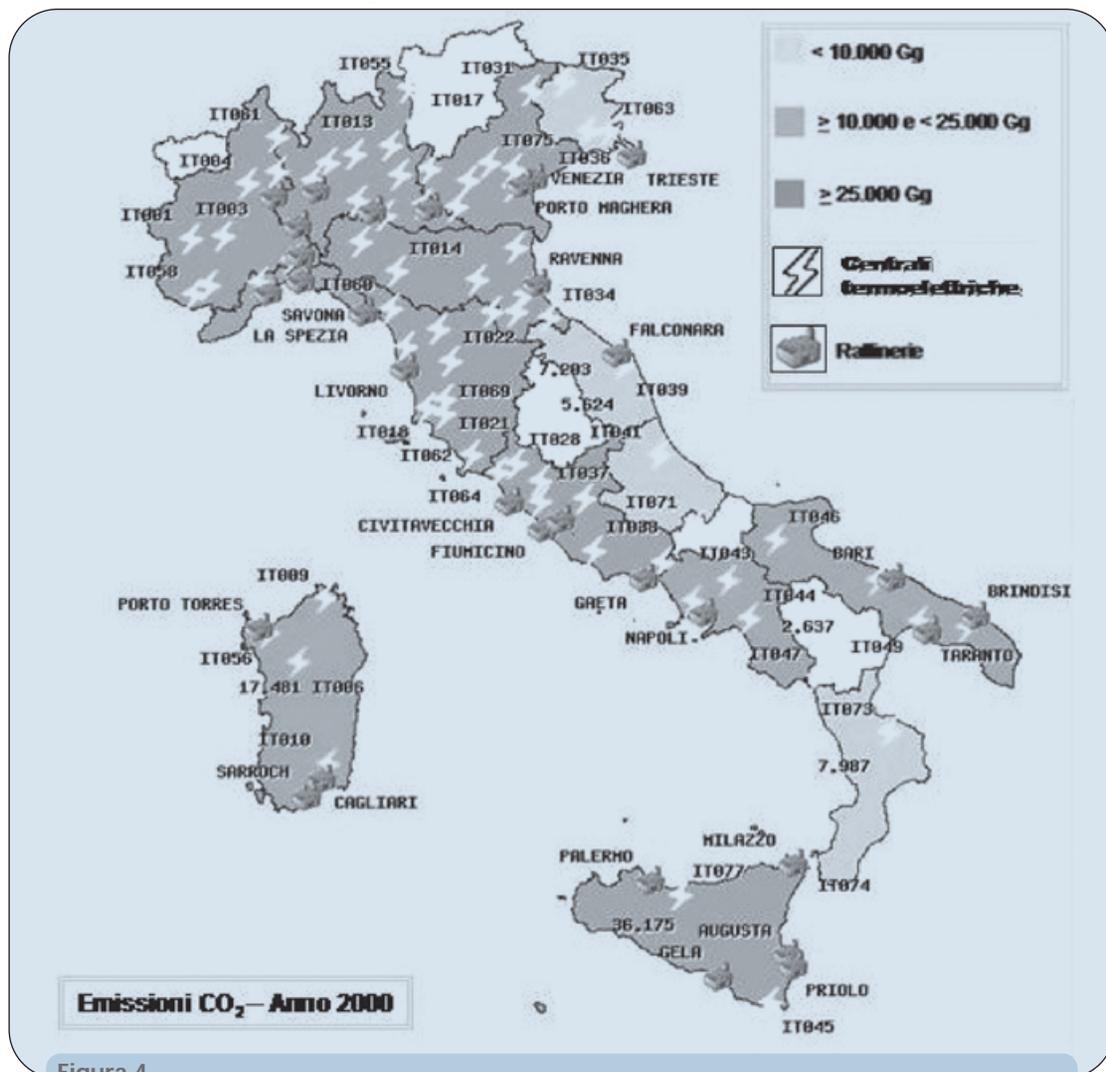


Figura 4
Emissioni di gas serra CO₂ equivalenti (Gg)



comprensione dei fenomeni legati all'energia.

Il ravvicinamento tra il momento di definizione degli obiettivi di analisi e il momento della loro realizzazione trova in GIRET un punto di forza, grazie alla possibilità di visualizzazione quasi istantanea dei risultati delle elaborazioni.

A tale proposito, si fa presente che, per

le sue caratteristiche funzionali, il sistema GIRET può anche essere applicato in altri campi di ricerca, laddove l'interattività della consultazione costituisce un fattore prioritario.

La possibilità di estendere la gestione di indicatori anche a livello sub-regionale, consente, infine, di sfruttare appieno le potenzialità offerte dalla tecnologia GIS.

Per informazioni

caiaffa@casaccia.enea.it

giuffrida@sede.enea.it

Bibliografia

- L.G. Giuffrida, P.G. Catoni, "Strumenti di supporto alla pianificazione energetica regionale", *Energia e Innovazione*, giugno-guglio, 1990.

- L.G. Giuffrida, S. La Motta, "Il nuovo quadro regionale: aspetti ambientali", *Incontrare Johannesburg 2002 - Rapporto ENEA sullo stato di attuazione del patto per l'energia e l'ambiente, 2002* - ISBN 88-8286-016.7.

- ENEA - *Rapporto Energia Ambiente - Anno 2005*.

- E. Caiaffa, "Geographic Information Science in Planning and in Forecasting" IPTS Report, JRC Seville, (ISSN1025-9384), July 2003, vol. 76, pp. 36-41.

- ENEA - *Rapporto Energia Ambiente - Anno 2006*.

- E. Mancuso, "Inventario annuale delle emissioni di gas serra su scala regionale- rapporto 2006", ENEA-PON.Fesr-2006-78.

- E. Caiaffa, SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI. Un percorso attraverso concetti e nozioni fonda-

mentali per addentrarsi nel vasto mondo della Scienza della Informazione Geografica, ENEA, ISBN 88-8286-104-6, 2006.

- AIE- Atti del Workshop "Energy indicators", AIE, 27 aprile 2006.

- ISTAT - Indicatori regionali di contesto chiave e variabili di rottura - ISTAT aggiornamento al 20 marzo 2007.

- Ministero dello Sviluppo Economico - Dipartimento per le Politiche di sviluppo - ISTAT- "Migliorare l'offerta di statistiche territoriali per la programmazione e la valutazione delle politiche di sviluppo" Convenzioni DPS-ISTAT:

- Informazione statistica territoriale e settoriale per le politiche strutturali.

Durata: 2001-2008;

- Dati, metodi e nuovi progetti per il Sud: informazione statistica territoriale e settoriale per le politiche di sviluppo e informazioni di contesto per le politiche territoriali.

Durata: 2004-2008;

- Contabilità Ambientale e Politiche di Sviluppo.

Durata: dicembre 2003 - dicembre 2005.



Il Nobel per la pace ad Al Gore e IPCC

L'ex vice presidente degli Stati Uniti Al Gore e l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) hanno vinto il 12 ottobre il premio Nobel 2007 per la pace. "Il clima che cambia - ha detto l'Accademia di Stoccolma - è paragonabile a una minaccia bellica per l'umanità tutta. Chi lavora in campo scientifico, tecnico, politico e divulgativo per contrastare l'effetto dell'aumento dei gas serra, opera per la pace, sia fra i Paesi della terra che tra l'uomo e il pianeta". "È probabilmente il singolo indivi-

duo che ha fatto di più per creare consapevolezza a livello mondiale circa le misure che devono essere adottate (per combattere i cambiamenti climatici)". Questo recita la motivazione del premio per Al Gore che, dopo aver lasciato il ruolo di vice presidente degli Stati Uniti, si è occupato molto attivamente della minaccia rappresentata dal riscaldamento globale con un vero e proprio tour attraverso gli Stati Uniti ed altre città del mondo, producendo anche il libro "An inconvenient truth" (vedi n. 5/07 della Rivista), di ammonimento sui pericoli dei cambiamenti climatici, divenuto poi un film-documentario dallo stesso titolo, vincitore del premio Oscar nel marzo 2007.

"L'IPCC ha creato un più diffuso consenso intorno al legame tra attività umane e riscaldamento globale" si legge nel comunicato ufficiale che assegna il premio anche all'IPCC, il Comitato Intergovernativo dell'ONU per i cambiamenti climatici, che raccoglie ed elabora, attraverso una rete di circa 2.500 ricercatori e scienziati, informazioni e dati scientifici, tecnici e socio-economici che permettono di comprendere i cambiamenti climatici ed i loro impatti e di formulare opzioni di adattamento e mitigazione.

Emissioni auto: il Vermont può legiferare

Il 12 settembre scorso un giudice federale ha dato di fatto un primo via libera al piano antinquinamento stilato dal governatore della California Arnold Schwarzenegger, e re-

cepito da altri 13 Stati dell'Unione, tra cui quello di New York, il New Jersey, il Vermont, il Connecticut, e la Pennsylvania. Il tribunale ha infatti respinto il ricorso dell'American Automobile Industry contro lo stato del Vermont, secondo il quale le regole ambientali possono essere definite solo a livello federale. Il verdetto rappresenta il primo passo per l'attribuzione al Vermont del diritto di ridurre del 30% entro il 2016 le emissioni di CO₂ prodotte da automobili e autocarri, inducendo quindi l'industria di settore a produrre motori che consumino meno benzina per chilometro. L'industria automobilistica, che aveva fatto analogo ricorso contro la California e il Rhode Island, non esclude adesso di fare appello in Vermont. Secondo il Clean Air Act i singoli Stati non possono emanare leggi o standard che siano più restrittivi di quelli emessi dal governo federale. Ma per la California esiste una speciale deroga secondo la quale lo Stato può chiedere all'Environmental Protection Agency (EPA) l'autorizzazione nel caso voglia mettere in atto norme più severe di quelle federali; gli altri Stati dell'Unione possono optare fra i suoi standard e quelli federali.

Il 14 giugno 2004 la California aveva annunciato un piano ambizioso con l'obbligo per i fabbricanti di auto a diminuire le emissioni di CO₂ e di altri gas serra del 30% entro il 2015 e si era rivolta all'EPA per ottenere la liberatoria. L'EPA, cui spetta quindi la definizione del via libera finale sulle regole statali, e sulla quale sicuramente questa sentenza eserciterà una forte pressione, si è impegnata a decidere in proposito entro la fine dell'anno.

dal Mondo

Il Nobel per la pace ad Al Gore e IPCC

Emissioni auto: il Vermont può legiferare



R&ST nel 2006

È stato recentemente diffuso il testo definitivo della Relazione annuale sulle attività di ricerca e sviluppo tecnologico dell'UE nel 2006 presentata, all'inizio del 2007, dalla Commissione al Parlamento europeo e al Consiglio. La Ricerca costituisce uno dei perni della strategia di Lisbona e di quella di Barcellona successivamente, che aveva posto l'obiettivo del 3% del PIL per gli stanziamenti globali in ricerca al 2010. Nel 2006 è proseguita l'attuazione del piano d'azione integrato ricerca/ innovazione adottato nel 2005, volto a una radicale modernizzazione delle condizioni della ricerca e dell'innovazione in Eu-

ropa con iniziative, quali la riorganizzazione degli aiuti di Stato, una tutela più efficace della proprietà intellettuale, la mobilitazione di finanziamenti aggiuntivi per la ricerca. Fra le 10 azioni prioritarie enumerate dalla relazione sull'innovazione in Europa, una di esse riguarda l'istituzione dell'Istituto Europeo di Tecnologia. Nuovo polo di eccellenza nell'ambito delle tecnologie, ha lo scopo di rendere l'Europa più competitiva attraverso il rafforzamento del triangolo della conoscenza: ricerca, istruzione e trasferimento tecnologico. Un'altra priorità riguarda la creazione di un mercato del lavoro unico per i ricercatori, aperto e competitivo. Nell'ambito del progetto ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) per la costruzione di un reattore sperimentale termonucleare internazionale sono stati firmati accordi di partenariato e nel dicembre 2006 è stato raggiunto un accordo politico sullo statuto dell'impresa comune europea. Nel settore dei sistemi nucleari avanzati la Commissione ha firmato, nel maggio 2006, lo strumento di adesione dell'Euratom all'accordo quadro del Forum Internazionale "IV generazione". Un grande successo della ricerca europea è rappresentato dal varo del VII PQ nel campo della R&ST - i cui temi riflettono i settori chiave della conoscenza e della tecnologia - e del VII PQ dell'Euratom per la ricerca nucleare. Molti progressi si sono poi registrati nel CER, l'organismo europeo a favore della ricerca di frontiera, dotato di fondi consistenti e di una gestione scientifica indipendente. Per quanto riguarda il VI PQ, durante il 2006 sono stati raggiunti progressi sensibili in tutti i settori, a partire dalle 31 Piattaforme Tecnologiche Europee in settori che

vanno dalla siderurgia al trasporto aereo, all'acqua, all'idrogeno, all'energia fotovoltaica e alla nanoelettrica. Fra le altre azioni, si ricorda il sostegno alle attività strategiche dell'ESFRI (Forum strategico europeo delle infrastrutture di ricerca). In particolare, questo ha partecipato all'elaborazione di una prima tabella di marcia europea per le infrastrutture di ricerca, necessaria per i prossimi 10-20 anni. La Relazione si sofferma quindi sull'intensità di R&S dell'Europa, che rimane a livello globale ancora molto bassa (1,84% del PIL) rispetto a concorrenti, quali Stati Uniti e Giappone ma anche Cina e Corea del Sud. L'intensità è tuttavia differente nei vari paesi UE, che possono essere suddivisi in tre gruppi: un primo gruppo - costituito da Svezia, Finlandia, Danimarca, Germania e Austria) - ha un'intensità del 2,4% sul PIL; un secondo gruppo - di cui fanno parte Francia, Belgio, Olanda, Regno Unito, Lussemburgo - ne ha una pari alla media europea, compresa fra l'1,5 e il 2,1%, un terzo gruppo, di cui fa parte l'Italia, ha un'intensità inferiore all'1,5% del PIL. Risultati molto diversi fra loro malgrado politiche caratterizzate da obiettivi e sfide simili per tutti gli Stati membri. IL CREST (Scientific and Technical Research Committee), già impegnato su questioni politiche specifiche in materia di R&S, ha realizzato nel novembre 2006 una sessione di apprendimento reciproco per tutti i paesi sui programmi di riforma nazionali e sulle relazioni di avanzamento 2006. Sulla politica di R&S ha concluso che gli Stati membri devono impegnarsi in un ciclo continuo di adeguamento delle proprie priorità e strategie in vista delle nuove sfide anche attraverso azioni coordinate con altri Stati membri.

dall'Unione
Europea

R&ST nel 2006

cronache



Piano d'azione italiano 2007 per l'efficienza energetica

Il Ministro dello Sviluppo Economico Pierluigi Bersani ha presentato il 2 agosto a Bruxelles il "Piano d'azione italiano per l'efficienza energetica 2007", con le misure già predisposte e quelle in cantiere per centrare il target previsto dalla direttiva europea (2006/32): quella del 9% di risparmio energetico entro il 2016. Un obiettivo che il ministro Bersani considera "ragionevolmente rag-

giungibile" attraverso tre tasselli:

1) mantenere almeno per alcuni anni misure già adottate (quali la riqualificazione energetica nell'edilizia; la riduzione del carico fiscale per il Gpl; la creazione di incentivi per creare un parco auto ecologico e per lo sviluppo del sistema agroenergetico; le detrazioni fiscali per i motori industriali efficienti; gli sgravi per gli elettrodomestici ad alta efficienza; la promozione della cogenerazione ad alto rendimento);

2) attuare misure in corso di recepimento, come è il caso della direttiva UE sull'*ecodesign* per la quale è già pronto uno schema di decreto legislativo che, in linea con le norme europee, stabilirà per tutti i prodotti e servizi che incorporano l'uso dell'energia l'obbligo di essere messi in commercio corredati da una specifica etichettatura di conformità agli standard europei;

3) introdurre a partire dal 2009 il limite di 140 grammi di CO₂/km alle emissioni medie delle autovetture, corrispondente ad un risparmio di 23.260 GWh/anno, ovvero il 18% dell'obiettivo complessivo. Tra gli interventi di cui l'*Action plan* tiene conto c'è anche il Progetto di innovazione industriale sull'efficienza energetica nell'ambito del piano industria 2015.

Nel piano non vengono invece contabilizzati interventi ulteriori e più incisivi nel settore della mobilità urbana ed extra urbana attualmente allo studio. Si tratta di misure tecnologiche relative ai veicoli (sistemi di controllo della pressione dei

pneumatici, condizionamento più efficiente, miglioramento dei lubrificanti per rendere i motori più efficienti), all'incremento nell'uso dei biocarburanti, a misure orientate alla domanda e al comportamento (*eco-driving*), a misure infrastrutturali (controllo dinamico dei semafori, *teleparking*, interventi sulle superfici stradali che riducono la resistenza al rotolamento), a *car-sharing* e *car-pooling*.

"Con l'adozione del Piano d'Azione - annuncia Bersani - sarà avviata al più presto la revisione dei decreti ministeriali sull'efficienza energetica del 2004 per incrementare gli obiettivi nazionali di risparmio allora indicati, per potenziare il monitoraggio sulle misure già realizzate stabilendo così se confermarle in futuro ed infine, per rivedere anche il sistema basato sui certificati bianchi".

Le misure proposte intervengono sulle principali tecnologie disponibili per implementare programmi di efficienza energetica, con una valutazione dei risparmi effettivamente conseguibili, tenendo conto del vigente quadro normativo e della sua possibile evoluzione. In particolare il Ministero conta di ottenere: dal Settore Residenziale (edifici e apparecchiature) risparmi per 16.998 GWh/anno al 2010 e 56.830 GWh/anno al 2016; dal Settore Terziario (riscaldamento e condizionamento efficiente, illuminazione pubblica e degli edifici) 8.130 GWh/anno al 2010 e 24.700 GWh/anno al 2016; dal Settore Industria (motorizzazioni efficienti,



dall'Italia

Piano d'azione italiano 2007 per l'efficienza energetica

Riordino degli enti di ricerca



azionamenti a velocità variabile, cogenerazione ad alto rendimento, interventi sui processi industriali) 7.040 GWh/anno al 2010 e 21.537 GWh/anno al 2016; dal Settore dei Trasporti (introduzione del limite di emissioni di 140 di CO₂/km, come media dei veicoli del parco venduto dal 2009) 3.490 GWh/anno al 2010 e 23.260 GWh/anno al 2016. Il risparmio complessivo di energia che il ministero conta di realizzare è pari, quindi, a 35.658 GWh/anno al 2010 (3%) e a 126.327 GWh/anno al 2016 (9,6%). Con riferimento in particolare al settore dei trasporti, si sottolinea che i consumi complessivi del trasporto stradale hanno conosciuto un trend in espansione di lungo periodo: dal 1990 ad oggi si è registrata una crescita in percentuale del 28,7% e in valore assoluto di 8,8 Mtep. Si sottolinea inoltre che l'obiettivo di una maggiore efficienza nei trasporti dipende sostanzialmente da due fattori: crescita dell'efficienza energetica dei mezzi di trasporto e profonda riorganizzazione delle modalità degli spostamenti. È necessario, quindi, definire interventi capaci di combinare adeguatamente elementi di miglioramento su due fronti atti a perseguire, da un lato la diversificazione dei carburanti per la trazione e l'ulteriore riduzione dei consumi unitari (ed è su questo fronte che il governo intende favorire l'introduzione di limiti stringenti alle emissioni di CO₂ dal 2009) e, dall'altro ad operare una razionalizzazione della mobilità attraverso la limitazione delle percorrenze, il rilancio di modalità

di trasporto alternative alla strada e l'uso ottimale delle infrastrutture e il pieno utilizzo delle infrastrutture ferroviarie che si renderanno disponibili dai prossimi anni.

Riordino degli enti di ricerca

Il provvedimento di riordino degli enti di ricerca è stato approvato dal Senato il 19 settembre in terza lettura ed è diventato legge.

Il Governo è autorizzato, quindi, ad adottare uno o più decreti legislativi, entro il termine di diciotto mesi dalla data di entrata in vigore di questa legge, al fine di provvedere al riordino degli statuti e degli organi di governo degli enti pubblici nazionali di ricerca, vigilati dal Ministero dell'Università e della Ricerca. Lo scopo è di promuovere, sostenere, rilanciare e razionalizzare le attività nel settore della ricerca e di garantire autonomia, trasparenza ed efficienza nella gestione degli enti di ricerca.

La nuova legge, cioè, conferisce autonomia agli enti di ricerca in materia di statuti, in maniera tale che ogni ente può definire la propria *governance* nell'ambito delle rispettive missioni, lasciando esclusivamente al Governo e al Parlamento ruoli di indirizzo strategici.

A tal fine la legge stabilisce che l'attribuzione delle risorse finanziarie statali tenga conto della valutazione affidata all'Agenzia nazionale di Valutazione del-

l'Università e della Ricerca (ANVUR), incaricata di analizzare la qualità dei risultati della ricerca svolta dagli enti, nonché l'efficacia e l'efficienza delle loro attività istituzionali.

Viene, inoltre, stabilito che: nel Consiglio di amministrazione del CNR la metà dei componenti sia di nomina governativa; l'individuazione dei direttori degli organi di ricerca avvenga con procedure di valutazione comparativa sulla base del merito scientifico; siano semplificate le procedure amministrative relative all'attività di ricerca, e valorizzato il ruolo dei consigli scientifici; per favorire la dimensione europea e internazionale della ricerca, venga incentivata la cooperazione scientifica e tecnica con istituzioni ed enti di altri paesi; sia favorita la collaborazione con le attività delle regioni in materia di ricerca scientifica e tecnologica e sostegno all'innovazione per i settori produttivi; vengano adottate norme antidiscriminatorie tra donne e uomini nella composizione di organi statuari.

Il Governo è altresì autorizzato a procedere ad accorpamenti o scorpori, anche parziali, con conseguente attribuzione di personalità giuridica, di enti o di loro strutture attive nei settori della fisica della materia, dell'ottica e dell'ingegneria navale, e a procedere al riordino dell'Istituto italiano di tecnologia, coinvolgendo il Comune e la Regione al fine di utilizzare al meglio le potenzialità dell'Istituto, riconducendolo nell'ambito del sistema della ricerca.



Distretti e tecnologie per i beni culturali

Il 24 ottobre si è svolto presso la sede centrale ENEA il Workshop "Distretti e tecnologie per i beni culturali" nel quale le Istituzioni pubbliche, i soggetti privati e il mondo della ricerca si sono confrontati sulle tematiche del settore, presentando attività e proposte con un riguardo particolare alle potenzialità offerte dai distretti regionali in termini di valorizzazione del patrimonio culturale. L'evento ha rappresentato un contributo importante nel cammino verso la costituzione di un network nazionale che sfrutti le piattaforme tecnologiche e le so-

luzioni innovative e che sia in grado di convogliare e finalizzare le competenze e le soluzioni in ambito tecnologico offerte dalla Pubblica Amministrazione, dagli Enti di ricerca e dalle imprese. Nell'intervento di apertura il Prof. Paganetto ha evidenziato quanto i percorsi informatici virtuali, la valutazione dei danni prodotti dall'inquinamento e l'esame dello stato di conservazione delle opere d'arte esigano l'impiego di tecnologie aggiornate. L'ENEA, utilizzando le proprie capacità di operare in ambiti interdisciplinari e di attivare collaborazioni con soggetti pubblici e privati, mette a disposizione le proprie competenze e i propri laboratori per realizzare insieme alle altre Istituzioni il monitoraggio e la valorizzazione dei nostri beni culturali. Ma c'è la necessità di una *governance* che consenta il coordinamento delle attività dei diversi attori, in un progetto in cui la tecnologia valorizzi la fruizione dei nostri beni culturali sul territorio. Una necessità condivisa dal ministro Rutelli nel riaffermare l'attività in materia di "Cultura e turismo" al primo posto per l'Italia nel XXI secolo; occorre perciò compiere un grande sforzo per la valorizzazione e la tutela del patrimonio artistico del nostro Paese, per il quale ha dichiarato l'importanza di una stretta collaborazione con tutti gli attori interessati, fra i quali l'ENEA, per l'utilizzazione delle tecnologie di cui l'Ente dispone.

sione qualificata per promuovere iniziative di trasferimento di innovazione tecnologica e di *know-how*, a livello nazionale ed internazionale. L'ENEA, che ha partecipato come in tutte le precedenti edizioni con il Dipartimento BAS (Biotecnologie, Agroindustria e protezione della Salute) ha presentato al mondo scientifico e produttivo le principali attività programmatiche e le iniziative progettuali che sviluppa nel settore delle biotecnologie, con particolare riferimento alle aree: agroalimentare; salute; gestione sostenibile degli agro-ecosistemi; biocombustibili; scienza e impresa. Lo stand ENEA ha presentato, oltre le proprie, anche le attività del neocostituito "Consorzio per la creazione di Incubatori di imprese innovative Biotecnologiche - In.Bio", che vede l'Ente insieme ad altri soggetti privati sostenere la creazione di imprese innovative biotecnologiche, incluse *spin-off*. Nella sessione convegnistica "Bioprodotti e bioprocessi" Vito Pignatelli dell'ENEA ha illustrato, con la relazione "Biotechnologies for producing renewable energy and chemicals", un'ampia panoramica dello stato attuale e dei futuri sviluppi del settore delle bioenergie in Italia ed in Europa. La Tavola Rotonda "La sfida delle biotecnologie in Giappone: prospettive e sviluppi di collaborazioni, organizzata dall'ENEA per verificare gli esiti del proprio Seminario "The challenge of Biotechnologies" tenutosi in maggio ad Osaka per la manifestazione "La Primavera Italiana in Giappone 2007" promossa dal Ministero degli Affari Esteri, ha visto la partecipazione dei principali interlocutori istituzionali, tra i quali i Ministeri degli Affari Esteri e del Commercio Internazionale

La ricerca incontra l'impresa

La Mostra-Convegno "BIOFORUM - Biotecnologie: dove scienza e impresa si incontrano", tenuta a Milano a fine settembre, ha offerto una occa-



dall'ENEA

Distretti e tecnologie per i beni culturali

La ricerca incontra l'impresa

Informazione sull'efficienza energetica

Tecnologia Italiana per la Cina



e l'Istituto del Commercio Estero, e di esponenti del mondo della ricerca interessati ad aprire collaborazioni bilaterali con le istituzioni giapponesi.

Parallelamente alla mostra-convegno si è svolto anche il "Bioforum Partnering Event 2007", la manifestazione promossa dalla rete europea degli "Innovation Relay Centre", che ha lo scopo di favorire l'incontro tra i ricercatori appartenenti a centri di ricerca ed università e potenziali partner tecnologici e commerciali provenienti dall'Europa e da paesi extraeuropei. In occasione dell'evento è stato creato un catalogo nel quale è stato inserito il profilo programmatico del Dipartimento BAS, consultabile all'indirizzo <http://bioforum.ircnet.lu>. Hanno suscitato interesse i risultati del progetto "Metodologie e sistemi integrati per la valorizzazione di prodotti ortofrutticoli di particolare interesse degli areali di Brindisi e Metaponto - BRIMET", afferente al Programma Operativo Nazionale 2000-2006, e sono stati avviati contatti utili per future collaborazioni.

(Ombretta Presenti, Claudia Meloni, ENEA-BAS).

Informazione sull'efficienza energetica

È partita a fine settembre la campagna informativa promossa dal Ministero dello Sviluppo Economico e dall'ENEA sulle possibilità per tutti i cittadini di risparmiare energia e denaro con le detrazioni fiscali contenute nella finanziaria 2007. Diversi gli strumenti della campagna informativa. Si va dall'attivazione di un numero verde 800985280, a un sito web dedicato all'informazione

<http://efficienzaenergetica.acs.enea.it>, e a un secondo sito riservato all'invio della documentazione per l'ENEA <http://finanziaria2007.acs.enea.it>. Sono stati programmati e sono in trasmissione una serie di *spot* radiofonici sulle radio locali diffuse su tutto il territorio nazionale e su Radio Rai; sono stati pubblicati annunci pubblicitari sui maggiori quotidiani italiani; un dépliant informativo è stato distribuito in ottobre con i settimanali *Panorama* e *Sorrisi, Canzoni TV*; da ottobre *spot* cinematografici di 30 secondi sono stati proiettati nei cinema. Tutto questo per informare che nella prossima dichiarazione dei redditi sarà possibile detrarre le spese effettuate nel 2007 per interventi di risparmio energetico nelle abitazioni e nelle aziende. Gli interventi sulla casa, che consentono una detrazione fino al 55% delle spese, riguardano l'involucro edilizio, la sostituzione di infissi, l'acquisto di pannelli solari per la produzione di acqua calda e le caldaie ad alta efficienza. Anche per la sostituzione di vecchi modelli con frigoriferi o congelatori di classe energetica A⁺ o A⁺⁺ è prevista una detrazione fino al 20% della spesa sostenuta. Coloro che si doteranno di nuovi motori elettrici efficienti potranno invece detrarre il 20% della spesa e per le aziende commerciali che sostituiranno l'impianto di illuminazione con uno ad alta efficienza, la percentuale sale fino al 36%. Gli interventi previsti (50 mila entro fine anno con 55.000 tonnellate all'anno di CO₂ evitata) testimoniano dell'interesse del pubblico per l'opportunità di scaricare le spese per gli interventi di risparmio energetico, diminuire i consumi, usare le tecnologie più efficienti a minor impatto ambientale.

Tecnologia italiana per la Cina

Il Prof. Luigi Paganetto, il 14 settembre, ha accolto la delegazione cinese guidata dal Ministro della Scienza e Tecnologia, Wan Gang, per una visita all'impianto solare ad alta temperatura ed ai laboratori del Centro Ricerche ENEA della Casaccia.

Il ministro Wan Gang, esperto nel campo dell'ingegneria meccanica, ha voluto confermare e approfondire gli accordi già in essere con l'ENEA, venendo di persona a visionare gli impianti sperimentali che rivestono interesse per il suo paese.

L'incontro ha consentito di verificare la comune volontà di realizzare un partenariato di ricerca e commerciale nel settore dell'energia solare, dell'idrogeno e delle celle a combustibile. All'incontro hanno preso parte esponenti del mondo industriale interessati allo sviluppo delle energie rinnovabili e alla produzione di energia a bassa emissione con la realizzazione di impianti e componenti innovativi: Confindustria, ENI, ENEL, Finmeccanica. Si tratta della terza visita ai laboratori ENEA di delegazioni cinesi di alto livello nell'ambito della cooperazione tecnico-scientifica in corso per la realizzazione in Cina di progetti relativi al solare ad alta temperatura, alle fuel cell e all'idrogeno, che precede un ulteriore approfondimento con tecnici e ricercatori cinesi. Nel corso dell'incontro si è convenuto sul progetto di creare in Cina un laboratorio congiunto tra ENEA e Centri di Ricerca cinesi, con la partecipazione dei rappresentanti della ricerca industriale dei due paesi.



Convegno in ricordo di Umberto Colombo

Il 15 e il 16 ottobre presso l'Accademia nazionale dei Lincei a Roma ha avuto luogo il convegno "La scienza, la tecnologia e la politica nella seconda metà del '900", in ricordo di Umberto Colombo, a poco più di un anno dalla sua scomparsa.

Il convegno era articolato in quattro sezioni: 1) personalità e ruolo di Umberto Colombo; 2) il contesto culturale; 3) industria chimica e dei materia-

li; 4) la politica della scienza e della ricerca.

Presidente del CNEN e poi dell'ENEA dal 1979 al 1993, con una breve parentesi come Presidente dell'ENI fra il 1982 al 1983, Ministro dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica dal 1993 al 1994, membro dei Consigli di Amministrazione di ENI, ACEA ed Ericsson e di Associazioni, Accademie e Comitati prestigiosi, nazionali ed internazionali, autore di numerosi libri e di oltre 200 saggi e articoli, uomo di scienza e di cultura, profondo conoscitore dei mutamenti in atto nel sistema scientifico, economico e industriale dell'Italia dell'ultimo quarto di secolo, Umberto Colombo è stato ricordato da accademici ed esponenti del mondo manageriale, industriale e politico.

Numerosi gli interventi che si sono succeduti, da quello dell'ex Presidente della Repubblica Carlo Azeglio Ciampi, a quelli di accademici dei Lincei, esponenti del mondo dell'economia, dell'industria e della ricerca, nonché del Ministro Nicolais e del premio Nobel Rita Levi-Montalcini.

Per l'ENEA, il Prof. Paganetto ha voluto ricordare in primo luogo la visione strategica di Umberto Colombo, che lo rese promotore convinto di una politica per la ricerca, nonché dei sistemi di valutazione dei suoi risultati. E si è soffermato in particolare sul ruolo di Colombo alla presidenza del CNEN prima, e dell'ENEA successivamente: il CNEN, che trasformò in un ente cardine per l'attuazione della politica energetica nazionale; l'ENEA che, attraverso la sua guida, rappre-

sentò il superamento della "monocultura" nucleare con un ampliamento delle attività nei campi delle fonti rinnovabili, dell'uso razionale dell'energia, dell'impatto ambientale dei sistemi energetici e con il nuovo compito relativo alla diffusione nel settore produttivo delle tecnologie messe a frutto dalle attività di ricerca dell'Ente. Dunque ricerca applicata, promozione industriale, trasferimento tecnologico, attività di servizio a supporto delle strutture di Stato, Regioni ed Enti locali rappresentarono per l'Ente un grandissimo rilancio, un periodo d'oro in termini di numero di dipendenti, con un forte incremento di diplomati e laureati, e di finanziamenti dello Stato.

Prodi premia gli italiani dell'IPCC

Il 25 ottobre a Palazzo Chigi, il Presidente del Consiglio Romano Prodi, su iniziativa del Ministro dell'Ambiente Alfonso Pecoraro Scanio, a seguito dell'assegnazione del Premio Nobel per la pace all'IPCC, ha consegnato una pergamena a una trentina di ricercatori italiani che hanno dato direttamente il loro contributo ai rapporti IPCC sul cambiamento climatico e i suoi effetti.

La ricerca italiana, ha ricordato Pecoraro Scanio, ha contribuito significativamente allo sforzo scientifico globale e quello del Governo è un riconoscimento ed un ringraziamento ai rappresen-

Eventi

Convegno in ricordo
di Umberto Colombo

Prodi premia gli italiani
dell'IPCC

Il futuro a idrogeno

tanti italiani dell'IPCC, la *task force* volontaria degli scienziati mondiali che ha disegnato, a partire da 20 anni ad oggi, il quadro degli effetti del cambiamento climatico.

Quattro gli esperti ENEA presenti, Vincenzo Ferrara, Vincenzo Artale, Sergio La Motta e Francesco Zarlenga, e il riconoscimento del loro contributo al lavoro comune per l'IPCC premia un settore di punta delle ricerche ENEA, la modellistica climatica. Un'attività di ricerca ventennale in cui l'Ente ha sviluppato studi multidisciplinari sui cambiamenti climatici con particolare riferimento ai fenomeni nel Mediterraneo e in Italia, mettendo in evidenza le tendenze del clima attuale, gli scenari futuri e i possibili impatti sul sistema socio-economico.

Il climatologo Ferrara è stato dal 1992 al 2006 *focal point* italiano dell'IPCC; Artale è l'unico italiano *lead author* nella stesura dell'ultimo rapporto IPCC sui processi di base del clima (WG1); La Motta è *lead author* della Guida tecnica IPCC sugli inventari dei gas serra nazionali per il settore energia; Zarlenga è *lead author* del rapporto IPCC su Cattura e sequestro della CO₂ per la parte riguardante i metodi e i processi di sequestro geologico.

Il futuro a idrogeno

Il Progetto Hyways e la correlata Joint Technology Iniziative (JTI) sono esempi delle possibilità offerte dalla ricerca collettiva europea nei confronti dalle sfide imposte

dal bisogno di un più ampio ventaglio di opzioni di energia sostenibile nel mondo attuale. Entrambi hanno come tema l'idrogeno: un vettore energetico che può dare un grande contributo alla soluzione dei problemi legati all'ambiente, alla sicurezza degli approvvigionamenti energetici, alla competitività industriale.

Il Workshop *Il futuro è a Idrogeno?* organizzato dall'ENEA il 16 ottobre a Roma ha inteso indagare sulle prospettive di sviluppo di un sistema energetico all'idrogeno, non solo nel dar conto dello "stato dell'arte", ma soprattutto mettendo a confronto i vari stakeholders pubblici e privati del settore con l'obiettivo di favorire una presenza industriale nazionale numerosa e qualificata per utilizzare al meglio le opportunità offerte da HyWay e JTI.

Molto di quello che accadrà nel prossimo futuro, sarà legato a modalità e percorsi attraverso cui si realizzerà il cambiamento tecnologico. L'ENEA, impegnato da anni nella ricerca sulle tecnologie dell'idrogeno e delle fuel cell, anche in un'ottica di impegno complessivo sul ciclo dell'idrogeno con particolare riguardo alla sua produzione da fonti rinnovabili, ha fornito il proprio contributo tecnico-scientifico ad entrambi i progetti presentati. Come ha ricordato il Presidente dell'ENEA Paganetto in apertura dei lavori: "L'obiettivo di questi progetti sta nella definizione di azioni mirate di ricerca, sviluppo e dimostrazione, per delineare possibili traiettorie tecnologiche per l'im-

piego dell'idrogeno e delle celle a combustibile nel settore dell'industria automobilistica, e in quello della telefonia mobile e dei personal computer".

Sono stati perciò illustrati i risultati del Progetto HyWays dell'Unione Europea, il cui obiettivo è la definizione di una Roadmap europea dell'idrogeno attraverso un'analisi delle tecnologie, delle potenzialità e delle possibili ricadute per l'UE e per i singoli Stati membri. Se verranno seguite le indicazioni dello studio, si arriverà già nel 2020 ad introdurre un milione di veicoli alimentati a idrogeno, con un notevole impatto sulla qualità dell'aria. Si calcola, infatti, che se in Italia nel 2050 il parco macchine sarà costituito per il 50% da veicoli a idrogeno le emissioni di CO₂ si ridurranno più del 50%.

A livello economico lo sviluppo delle nuove tecnologie legate all'idrogeno e di tutto l'indotto potrebbe avere, se opportunamente sostenuto, un impatto sull'occupazione di 200 mila-400 mila unità nel 2030. Oltre al sostegno da parte dei governi molto dipende dal creare un mercato: un primo passo è il partenariato pubblico-privato, tra industria e comunità europea, come la JTI, per la quale sono previsti finanziamenti europei.

La JTI sull'idrogeno e le fuel cell, che vede coinvolte le principali imprese europee del settore costituirà il riferimento tecnologico per lo sviluppo industriale, la dimostrazione e il primo utilizzo di queste tecnologie su larga scala.

Climate policy uncertainty and investment risk

OECD/IEA, 2007.
pagine 142, € 75

Questo libro effettua un'analisi su come l'incertezza di una politica relativa ai cambiamenti climatici possa influire sugli investimenti nel settore della generazione di energia.

Il nostro clima sta cambiando, e questa è una certezza. Ma non sono altrettanto certi i tempi e le dimensioni di questi cambiamenti, e neppure i costi della transizione verso un mondo che riesca finalmente a ri-

durre le proprie emissioni di CO₂. Il tema è molto sentito e il dibattito a livello mondiale è acceso, ma la formulazione di una politica in questo ambito resta ancora avvolta da una grande incertezza.

L'approvvigionamento energetico non potrà essere garantito nel prossimo futuro se non si farà ricorso ad investimenti mirati. L'investimento nel settore dell'energia è legato a vari fattori, quali l'economia nazionale, le politiche del governo, il mercato energetico, il progresso tecnologico, che possono tutti costituire dei rischi per l'investitore. In aggiunta a questi, l'"incertezza" è divenuta una preoccupazione crescente; in particolare, quella rappresentata dall'imprevedibilità dei mercati dell'energia e dalle politiche sui cambiamenti climatici. Attraverso una corposa analisi quantitativa, la pubblicazione mostra il livello di sensibilità degli investimenti nei vari settori dell'energia rispetto ai differenti rischi. Essa effettua inoltre una comparazione fra l'incertezza della politica sui cambiamenti climatici con quella dei mercati, mostrando l'importanza relativa di queste fonti di rischio per le differenti tecnologie nei diversi tipi di mercato.

L'IEA ha dato inizio nel 2006 ad un progetto a più tappe che esplora come e in quale misura l'incertezza di queste politiche può condizionare gli investimenti in campo energetico. Questo libro, che rappresenta la fase iniziale del progetto, riporta i risultati di:

- uno studio che quantifica il costo di questa incertezza nel processo di sviluppo della politica sul clima;
- interviste con le funzioni aziendali che all'interno delle imprese elettriche si occupano

della pianificazione degli investimenti;

- una scelta fra l'opzione del carbone, del gas naturale e del nucleare.

Le conclusioni possono essere schematizzate in pochi messaggi chiave per il decisore politico che sarà così in grado di formulare politiche migliori sui cambiamenti climatici, atte a motivare le imprese del settore elettrico.

Un certo grado di incertezza caratterizza ogni politica economica ed anche quella relativa al clima. Avere delle politiche fissate per un orizzonte di tempo sufficientemente lungo tende a ridurre l'incertezza ed a favorire gli investimenti. Per tale ragione il dibattito sul post-Kyoto è importante: in questo momento esiste una evidente discrasia tra i tempi di ritorno di un investimento (sempre oltre i 15-20 anni) ed i tempi in cui le politiche pubbliche su Kyoto sono state fissate (2008-2012). In questo contesto di tempi asimmetrici, l'incertezza sul prossimo *commitment period* rende davvero complessa una valutazione completa dell'incertezza e dunque degli investimenti.

L'incertezza di una politica sul clima rallenta l'introduzione di nuove tecnologie; la valutazione del rischio associata all'incertezza delle politiche per il cambiamento climatico può costituire un 40% in più rispetto ai costi di investimento per la costruzione dell'impianto ed il 10% in più sul prezzo finale dell'energia. Le imprese avranno fiducia nell'investire capitali in questi progetti e ad operare con investimenti tempestivi e con le tecnologie più idonee anche in situazioni di incertezza se i decisori stabiliranno regole chiare.

Lecture

Climate policy uncertainty and investment risk