

# MICRON

rivista quadrimestrale / numero 11 - luglio 2009 / spedizione in abbonamento postale 70% / DCB Perugia

- A Terni la qualità dell'aria si misura con i licheni

- Il futuro viaggia in barca a vela

- La scienza contro la crisi

**Direzione Generale Arpa Umbria**  
Via Pievaiola - San Sisto - 06132 - Perugia  
Tel. 075 515961 / Fax 075 51596235

**Dipartimento Provinciale di Perugia**  
Via Pievaiola San Sisto - 06132 - Perugia  
Tel. 075 515961 / Fax 075 51596354

**Dipartimento Provinciale di Terni**  
Via F. Cesi, 24 - 05100 - Terni  
Tel. 0744 47961 / Fax 0744 4796228

#### Sezioni Territoriali del Dipartimento di Perugia

Sezione di Città di Castello - Gubbio

• **Distretto di Città di Castello**  
via L. Angelini - loc. Pedemontana  
Città di Castello  
tel. 075 8509379 - fax 075 8509379

• **Distretto di Gubbio**  
via Giotto, 3 - Gubbio  
tel. 075 9239319 - fax 075 918259  
loc. Sassuolo - Gualdo Tadino  
tel. 075 918259 - fax 075 918259

Sezione di Perugia - Trasimeno

• **Distretto di Perugia**  
via Pievaiola San Sisto - Perugia  
tel. 075 515961 - fax 075 51596354

• **Distretto del Trasimeno**  
via Firenze, 59 - Castiglione del Lago  
tel. 075 9652049 - fax 075 9652049

Sezione di Todì - Bastia Umbra

• **Distretto di Assisi - Bastia Umbra**  
via De Gasperi, 4 - Bastia Umbra  
tel. 075 8005306 - fax 075 8005306

• **Distretto di Todì - Marsciano**  
via XXV Aprile, 11 - Todì  
tel. 075 8945504 - fax 075 8945504

Sezione di Foligno - Spoleto

• **Distretto di Foligno**  
loc. Portoni, Sant'Eraclio - Foligno  
tel. 0742 677009 - fax 0742 393293

• **Distretto di Spoleto**  
via dei Filosofi, 87 - Spoleto  
tel. 0743 225554 - fax 0743 201217

• **Distretto di Valnerina**  
via dei Filosofi, 87 - Spoleto  
tel. 0743 225554 - fax 0743 201217

#### Sezioni Territoriali del Dipartimento di Terni

Sezione di Terni

• **Distretto di Terni**  
via Federico Cesi, 24 - Terni  
tel. 0744 4796202 - fax 0744 4796228

Sezione di Orvieto

• **Distretto di Orvieto**  
viale I° maggio 73/b - Orvieto  
tel. 0763 393716 - fax 0763 391989

• **Distretto di Narni - Amelia**  
via Federico Cesi, 24 - Terni  
tel. 0744 4796202 - fax 0744 4796228



**DIREZIONE GENERALE**

**DIPARTIMENTI PROVINCIALI**  
con laboratorio chimico-fisico biologico

**SEZIONI TERRITORIALI**

**DISTRETTI TERRITORIALI**

Arpa Umbria  
controllo, prevenzione, protezione dell'ambiente

Rivista quadrimestrale di ARPA Umbria  
spedizione in abbonamento postale - 70%  
DCB Perugia  
supplemento al periodico [www.arpa.umbria.it](http://www.arpa.umbria.it)  
(Isc. Num. 362002 del registro  
dei periodici del Tribunale di Perugia  
in data 18/10/02)  
Autorizzazione al supplemento micron  
in data 31/10/03

**Direttore**  
Svedo Piccioni

**Direttore responsabile**  
Fabio Mariottini

**Comitato di redazione**  
Giancarlo Marchetti, Fabio Mariottini,  
Alberto Micheli, Svedo Piccioni,  
Adriano Rossi

**Segreteria di redazione**  
Markos Charavgis

**Comitato scientifico**  
*Coordinatore*  
Giancarlo Marchetti

Raffaele Balli, Giampietro Beretta,  
Doretta Canosci, Corrado Corradini,  
Salvatore Curcuruto, Appio Claudio Di Pinto,  
Walter Dragoni, Osvaldo Gervasi,  
Giuseppe Giuliano, Giorgio Liuti,  
Guido Morozzi, Vito Mastrandea,  
Mario Mearelli, Francesco Pennacchi,  
Antonio Poletti, Sergio Santini,  
Roberto Sorrentino, Adriano Zavatti

**Direzione e redazione**  
Via Pievaiola San Sisto 06132 Perugia  
Tel. 075 515961 - Fax 075 51596235  
[www.arpa.umbria.it](http://www.arpa.umbria.it) - [info@arpa.umbria.it](mailto:info@arpa.umbria.it)

**Design / illustrazioni / impaginazione**  
Paolo Tramontana

**Fotografia**  
Silvia Capponi, Paolo Tramontana  
ICP Milano

**Stampa**  
Grafiche Diemme

*stampato su carta ecologica*

Anno VI . numero 11  
luglio 2009

© Arpa Umbria 2009

## sommario

- I rischi per l'ambiente di una Europa sfiduciata** 05  
Svedo Piccioni
- La scienza contro la crisi** 06  
Pietro Greco
- La globalizzazione: un fallimento biologico ed economico** 08  
*Intervista a Gianni Tamino: docente universitario ed ex parlamentare europeo*  
Fabio Mariottini
- Cina: una nuova rivoluzione verde** 13  
Romualdo Gianoli
- Cambiamenti climatici e contabilità ambientale** 16  
Stefania Righi
- Il futuro viaggio in barca a vela** 20  
*Wolfgang Sachs, responsabile del progetto interdisciplinare "Globalizzazione e Sostenibilità" del Wuppertal Institut*  
Silvia Zamboni
- Un deposito unico per i rifiuti radioattivi** 24  
Cristiana Pulcinelli
- Naturalizzazione dell'artificiale. Ambientalismo e antropologia filosofica** 26  
Christian Fuschetto
- Indagine sulla qualità dell'aria mediante licheni epifiti nella zona industriale di Terni** 31  
Romina Ciotti, Rita Guerrini, Olga Moretti, Camilla Natali, Chiara Piersanti
- Il telerilevamento per lo studio dei canneti del Trasimeno** 37  
Mariano Bresciani, Claudia Giardino, Mauro Musanti
- La contaminazione degli acquiferi alluvionali umbri da composti organo-alogenati** 43  
Nicola Morgantini, Luca Peruzzi, Sonia Renzi
- Valutazione dell'azoto nitrico nelle acque dei pozzi inquinati delle zone vulnerabili** 54  
Giacomo Bodo, Paolo Boila, Silvana Gualtieri, Paolo Stranieri
- Dal contenimento dei consumi alla definizione delle prestazioni energetiche** 56  
Katuscia De Angelis
- Il calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti ad alta tensione** 60  
Maila Strappini



## I rischi per l'ambiente di una Europa sfiduciata

Svedo Piccioni

Gli europei bocciano l'Europa. La prima consultazione di livello extranazionale che si è tenuta dopo l'ufficializzazione di una crisi economica e finanziaria di portata planetaria, ha mostrato che il 57% dei cittadini del vecchio continente non crede all'Europa come entità politica, culturale e sociale. E lo ha dimostrato non recandosi alle urne, o votando forze politiche marcatamente nazionaliste e xenofobe. Complessivamente un pessimo risultato, che necessita però di qualche ulteriore valutazione sul significato di questo responso, non imputabile solo allo scarso impegno dei partiti verso una consultazione che sentono lontana dagli interessi e dagli affanni quotidiani. Il primo punto è legato alla recessione economica: i cittadini non hanno fiducia nell'impegno collettivo come via di uscita dalla crisi e preferiscono affidarsi alle varie forme di protezionismo che, in maniera più o meno palese, sono state messe in atto in quasi tutti i paesi del mondo. Il risultato è stato quello di tamponare in maniera provvisoria le falle più grandi, senza però offrire una prospettiva strategica di lungo periodo. Il tutto a discapito di quel sistema di regole condivise che tutti i governi, almeno a parole, dicono necessarie per riequilibrare il peso della finanza sull'economia reale, causa prima del crollo di un sistema malamente globalizzato. Il secondo punto riguarda gli effetti che questa sfiducia generalizzata può avere nei comportamenti dei singoli governi rispetto alla necessità di varare politiche ambientali che, nell'immediato, possono risultare poco popolari e onerose per i comparti produttivi nazionali. Una tendenza, quindi, in netto contrasto con l'esigenza di combattere il riscaldamento globale, che richiede invece uno sforzo di dimensione planetaria. Il vertice mondiale che si terrà a Copenaghen il prossimo dicembre sui cambiamenti climatici sarà un banco di prova per misurare la capacità dell'Europa di accettare la sfida ambientale che viene da Stati Uniti e Cina.

Per queste motivazioni anche in questo numero della rivista abbiamo voluto affrontare i temi che legano in maniera sempre più stretta l'ambiente all'economia. Cercando nella dimensione planetaria le coordinate per la costruzione di un percorso che riesca a coniugare l'esigenza di sempre maggiori investimenti nella ricerca scientifica, con il bisogno immediato di offrire ai singoli individui risposte immediate ed efficaci. Una strada stretta e impervia che, se priva di una guida politica autorevole, rischia di mettere in contrapposizione le legittime esigenze del sud del mondo di crescere e svilupparsi con la necessità, come ormai ci dicono da tempo gli scienziati dell'Ippc, di diminuire l'impatto antropico sulla terra. Insieme alle grandi questioni planetarie, abbiamo voluto affrontare anche il problema dei rifiuti radioattivi ancora presenti – e mal conservati – nel nostro paese, proprio mentre si riapre la stagione del nucleare. Ma, come di consueto, abbiamo voluto dedicare un capitolo anche a ciò che come Agenzia ambientale facciamo quotidianamente per la salvaguardia e la conservazione del nostro territorio. Nella convinzione che sempre di più sia valido il proposito che al pensiero globale debba poi far riscontro anche un quotidiano impegno locale.

## La scienza contro la crisi

Pietro Greco

*Malgrado la grave crisi economica gli investimenti nella ricerca crescono in tutto il mondo con un ritmo sostenuto*

Lo scorso agosto 2008, mentre la crisi finanziaria si stava trasformando ovunque nel mondo in crisi economica globale, il governo di Stoccolma, un governo di destra, ha deciso nuovi investimenti aggiuntivi per il quadriennio 2009-2012 di circa 1,5 miliardi di euro per la ricerca scientifica nelle università pubbliche. Il più alto incremento in spese per ricerca e sviluppo (R&S) mai realizzato in Svezia. La Svezia è, con Israele, il paese che già investe di più al mondo in ricerca. Ed è uno dei paesi che investono di più in alta educazione. Davanti alla crisi la Svezia ha deciso non di rallentare, ma di accelerare la sua corsa per entrare nell'«era della conoscenza».

Lo scorso mese di febbraio il presidente democratico degli Stati Uniti, Barack Obama, ha deciso tra i primi atti della sua nuova Amministrazione di aumentare gli investimenti pubblici in ricerca e sviluppo (R&S) di 21,5 miliardi di dollari. Un'iniezione di denaro che per quantità non ha precedenti nella storia pur ricca del sistema di ricerca pubblico americano. Che rappresenta da solo il 2,7% del mastodontico pacchetto di investimenti da 787 miliardi messo a punto dalla Casa Bianca per contrastare la grande crisi economica in atto. I 21,5 miliardi di investimenti nuovi e aggiuntivi da spendere in due anni decisi da Barack Obama e persino rafforzati dal Congresso sono superiori all'intera spesa italiana in R&S (pubblica e privata) e costituiscono un incremento pari al 20% della spesa pubblica americana che, con i suoi circa 100 miliardi di dollari, è di gran lunga la più grande al mondo. Anche il paese leader al mondo nella ricerca scientifica ha, dunque, deciso di rispondere alla crisi con un'accelerazione verso la «società della conoscenza». Qualcuno ha già definito queste decisioni il *New Deal* scientifico degli Stati Uniti d'America. In realtà Barack Obama punta sulla scienza – in primo luogo sulla scienza di base o *curiosity-driven* – perché, come ha scritto Elias A. Zerhouni, direttore uscente dei National Institutes of Health, in un editoriale pubblicato su *Science* lo scorso 20 febbraio 2009, «gli investimenti in ricer-

ca e sviluppo sono la migliore garanzia per il nostro futuro economico». Gli Stati Uniti sono i *leader* mondiali dell'economia della conoscenza, da almeno sessant'anni fondano sulla ricerca scientifica e lo sviluppo tecnologico questa leadership e anche in questa fase storica vedono nel *New Deal* della scienza la base fondante del *New Deal* dell'economia. Negli anni scorsi, gli anni di Bush, gli investimenti federali nella ricerca erano diminuiti. Secondo Elias A. Zerhouni per ogni miliardo di dollari di diminuzione di investimenti, hanno perso lavoro nel settore pubblico della ricerca biomedica da 6.000 a 9.000 persone. È, dunque, lecito aspettarsi che con oltre 10 miliardi di investimenti aggiuntivi in ciascuno dei prossimi due anni possano trovare lavoro nel sistema di ricerca degli Stati Uniti da 60.000 a 100.000 ricercatori.

### LA CONOSCENZA COME VOLANO DELL'ECONOMIA

Una grande boccata di ossigeno per il sistema di ricerca e alta educazione degli Usa, se si considera la crisi che attraversa la rete delle università americane. Si calcola, infatti, che negli ultimi due anni le 75 maggiori università Usa, largamente finanziate con fondi privati, abbiano visto diminuire le entrate di una cifra compresa tra 75 e 100 miliardi di dollari sui 300 complessivi del 2007. E quindi abbiano perduto dal 25% al 30% dei loro introiti. Nel 2009 si prevede che le donazioni diminuiscano di una quantità compresa tra 7 e 10 miliardi di dollari. Ma la massiccia iniezione di fondi per la ricerca voluta da Barack Obama e approvata dal Congresso non serve solo a difendere un settore, sia pure strategico. L'Amministrazione confida che gli «investimenti in conoscenza» servano come volano dell'intera economia. Perché ritiene che il futuro degli Stati Uniti sia nella riaffermazione della leadership nell'economia della conoscenza. Per questo ai 21,5 miliardi per la ricerca scientifica Barack ha aggiunto 80 miliardi di dollari di investimenti per l'educazione. Complessivamente la nuova Amministrazione di Barack Obama investi-

yen  
euro  
dollaro



rà nei prossimi due anni oltre 100 miliardi di dollari nel «pacchetto conoscenza». Mai il mondo aveva conosciuto un investimento così grande in ricerca e in formazione. Ma Svezia e Stati Uniti non sono un'eccezione. Bensì la regola. O, almeno, la punta vistosa di un iceberg più grande. A sostenerlo è il *2009 Global R&D Funding Forecast*, il rapporto sullo stato della ricerca mondiale pubblicato di recente dalla rivista americana *R&D Magazine* sulla base di dati forniti da Battelle, dalla US National Science Foundation e dall'OECD. Secondo il rapporto, nell'anno 2008 gli investimenti mondiali in R&S hanno raggiunto la cifra senza precedenti di 1.108,0 miliardi di dollari (calcolati a parità di potere d'acquisto delle monete), con un incremento del 3,4% rispetto all'anno precedente. Malgrado la crisi, nel 2009 la spesa mondiale in ricerca aumenterà ancora a ritmo immutato e, al netto dell'inflazione, giungerà a 1.143,2 miliardi di dollari: il 3,4% in più rispetto al 1938. *R&D Magazine* elabora ogni anno un rapporto sui finanziamenti globali alla ricerca. Con un lavoro soggetto a molti errori, sia perché le fonti dei dati (i singoli paesi) sono diversi, sia perché è difficile valutare l'effettiva spesa di un paese: dato che il rapporto di cambio ufficiale delle monete non è un indicatore esatto e non esiste alcun metodo univoco e rigoroso per valutare il potere di acquisto reale delle monete nazionali. Ciò spiega perché il *R&D Magazine* ha rivisto leggermente al ribasso la spesa di alcuni paesi asiatici, soprattutto di Cina e India. In pratica, nell'ultimo rapporto la Cina ritorna al terzo posto nella classifica dei paesi che investono di più in R&S, dopo essere stata promossa al secondo posto nei due precedenti rapporti. Nella stessa situazione si trova l'India, retrocessa dal settimo al decimo posto.

Ma, al netto di queste variazioni, il *2009 Global R&D Funding Forecast* descrive uno stato della ricerca nel mondo piuttosto stabile, riconfermando i trend degli anni precedenti. Malgrado la crisi, ripetiamo, gli investimenti in R&S crescono con un ritmo sostenuto. L'Asia è il continente dove questo ritmo è più elevato. Il mondo della ricerca è, sempre più, un mondo multipolare. Non tutti i paesi, tuttavia, stanno adottando la medesima politica di investimento. Tra i primi 12 paesi per spesa assoluta in R&S, ce ne sono alcuni dove gli investimenti crescono a ritmi molto sostenuti: del 3,9% negli Usa, del 5,6% in Brasile, del 6,6% in Russia, del 9,7% in India, addirittura del 22,7% in Cina. E paesi – come il Giappone, la Francia o il Canada – dove la crescita è contenuta. In un solo paese, tuttavia, la spesa è diminuita lo scorso anno: l'Italia. Il nostro paese risponde alla crisi ancora

una volta scegliendo un modello di sviluppo diverso dagli altri: un modello di sviluppo senza ricerca. Una scelta che ha grosse implicazioni anche per la sostenibilità ecologica. Se, infatti, non basta investire in ricerca per perseguire uno sviluppo ecologicamente sostenibile è anche vero che nessun modello di sviluppo sostenibile può essere realizzato rinunciando in partenza alla conoscenza. Ma il nuovo rapporto del *R&D Magazine* mette a fuoco un'altra caratteristica degli investimenti planetari in R&S: la globalizzazione. Riguarda, ovviamente, gli investimenti delle imprese (che rappresentano i due terzi degli investimenti globali). Per la gran parte si tratta di investimenti realizzati nei paesi che ospitano l'impresa. Ma non è affatto raro che imprese europee investano in laboratori americani e asiatici. E viceversa, che imprese americane o asiatiche investano in laboratori localizzati in Europa. Ciò ha dato luogo a un flusso di finanziamenti che gli esperti della rivista hanno provato a valutare.

*Gli investimenti in ricerca e sviluppo sono la migliore garanzia per il nostro futuro*

Le imprese europee nel 2007 hanno investito 28,9 miliardi di dollari in laboratori di ricerca e sviluppo localizzati in America. Imprese americane hanno investito 46,4 miliardi di dollari in Europa. Con un flusso totale di 65,3 miliardi di dollari e un flusso netto a vantaggio dell'Europa di 17,5 miliardi di dollari.

Le imprese europee hanno investito 22,1 miliardi di dollari in laboratori localizzati in Asia. Imprese asiatiche hanno investito in Europa 14,5 miliardi di dollari. Con un interscambio totale di 36,6 miliardi di dollari e un flusso netto a svantaggio dell'Europa di 7,6 miliardi di dollari. Le imprese americane, infine, hanno investito 27,8 miliardi di dollari in Asia. Viceversa, imprese asiatiche hanno investito 19,2 miliardi di dollari in America. Il flusso totale è stato di 47,0 miliardi di dollari, mentre lo squilibrio a favore dell'Asia è stato di 8,6 miliardi. Nel complesso la mobilità o – se si vuole – la globalizzazione degli investimenti in R&S è ammontata a 158,9 miliardi di dollari. Pari al 15% della spesa mondiale assoluta in R&S e al 23% della spesa mondiale delle imprese. Molti si chiedono se questa marcata globalizzazione della spesa in ricerca resisterà alla crisi finanziaria ed economica che il mondo sta attraversando.

## La globalizzazione: un fallimento biologico ed economico

Intervista a Gianni Tamino, docente universitario ed ex parlamentare europeo

Fabio Mariottini

L'evoluzione scientifica può rappresentare, oggi più che mai, la strada per uscire dalla crisi ecologica ed economica che attraversa il pianeta. Ma quali debbono essere i paradigmi di questo sviluppo è ancora oggetto di un aspro dibattito. A questo proposito abbiamo rivolto alcune domande a Gianni Tamino, professore di Biologia presso l'Università degli Studi di Padova ed ex parlamentare europeo dei Verdi.

*Il Novecento è stato il secolo che ha portato alle estreme conseguenze l'opera di dominio dell'uomo sulla materia inerte. Oggi la ricerca si sta orientando sempre più verso il controllo sulla materia vivente suscitando però aspre polemiche che travalicano i confini della scienza. Quali sono le ragioni di questo contenzioso?*

Il percorso della conoscenza scientifica è lungo e complesso e potremmo farlo iniziare dalle prime riflessioni empiriche dell'uomo sul mondo che lo circonda. La prima fase parte dalla scheggiatura della pietra, ed è stata caratterizzata dall'esigenza di "comprendere" e modificare la materia inerte. La seconda si ha con l'avvento dell'agricoltura, quando si inizia a modificare gli organismi viventi, si operano le selezioni e si determinano gli adattamenti di piante e animali in funzione del luogo dove dovranno essere coltivati e allevati. Il livello superiore è raffigurato dalla capacità di utilizzare l'energia per migliorare le proprie condizioni di vita, fino all'ultimo stadio, recente, della ricerca che riguarda l'utilizzo dell'informazione.

Lo studio della materia vivente, quindi, è antico e nasce in funzione di pratiche agricole e mediche. Successivamente, con la Scuola medica di Salerno nel XII secolo o, se vogliamo, ancora prima con l'Università di Baghdad, si cerca di capire e conoscere aspetti importanti della natura, come la fisiologia e l'anatomia, ma senza porsi l'obiettivo del dominio sui viventi. Alla fase empirica della conoscenza scientifica segue, dunque, uno stadio di approfondimento teorico sulla re-

altà che circonda gli esseri umani. La prima fase di questa evoluzione riguarda la materia inerte, che viene studiata dal punto di vista teorico: così si scoprono le leggi della fisica, espresse in equazioni matematiche, che permettono di avere – per lo meno in termini ingegneristici – un controllo efficace sulla realtà. Ma è tra l'Ottocento e il Novecento, con la formulazione delle grandi teorie della biologia, che cambia ulteriormente il quadro di riferimento. La cellula viene individuata come l'unità fondamentale di ogni organismo vivente e si comincia così a pensare a interagire con le diverse forme di vita. In seguito, la teoria darwiniana dell'evoluzione, permetterà di capire che gli organismi viventi si adattano e si evolvono.

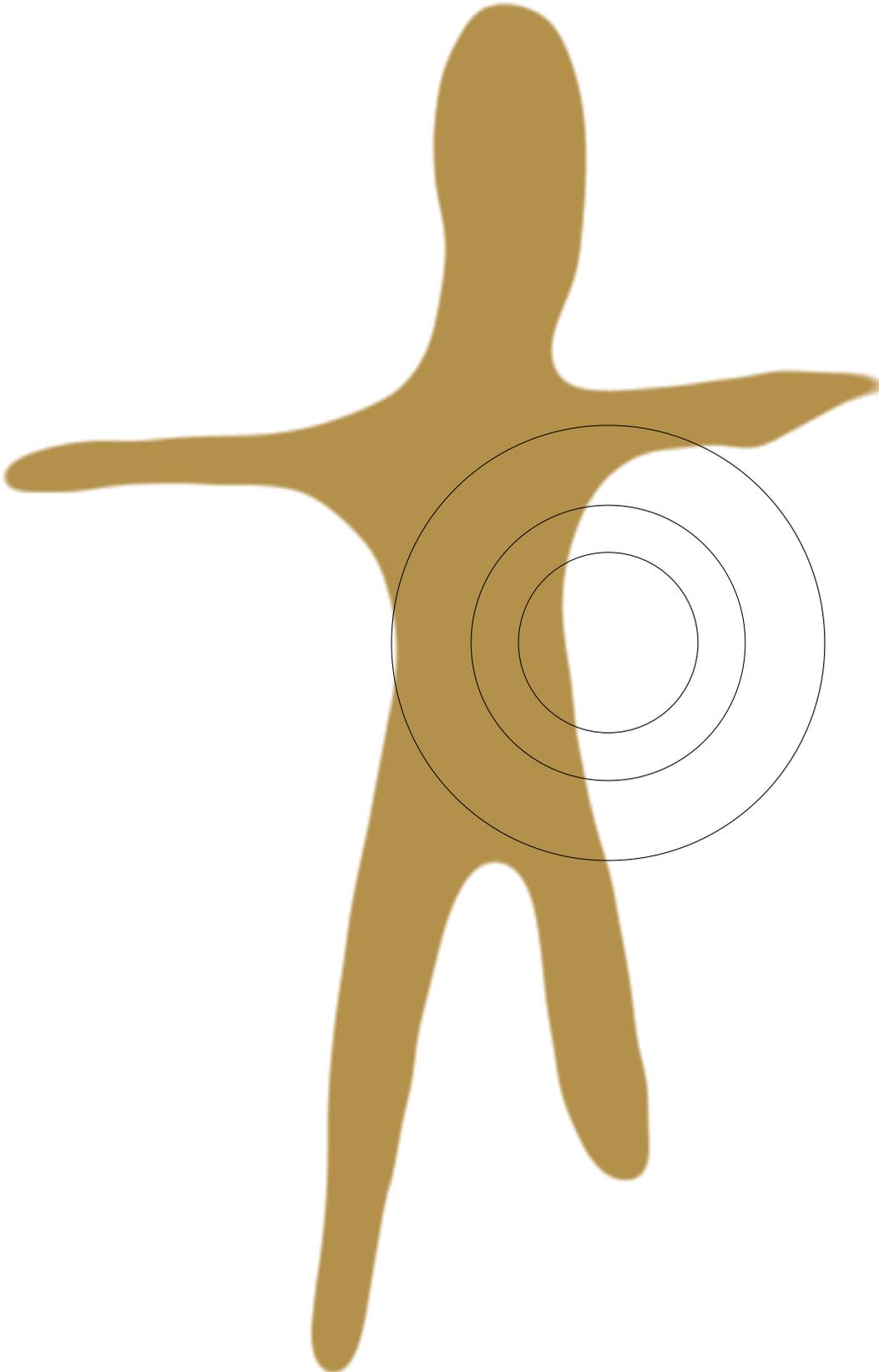
Nella seconda metà del secolo scorso, poi, si intuisce che non solo possiamo conoscere, ma anche modificare gli organismi viventi. Le grandi possibilità di trasformare il vivente, però, avvengono quando si conoscono tutte le strutture e funzioni interne alla cellula e, soprattutto, il flusso di informazione e cioè la struttura e funzione del DNA, che ci consente di capire che gli organismi viventi hanno un progetto, "scritto" nell'informazione genetica. Un progetto che per molti viene inteso – e per qualcuno ancora oggi rimane – come rigido e deterministico. E proprio qui sta l'oggetto del contenzioso perché, se attribuiamo alla "vita" un funzionamento meccanico, allora possiamo anche pensare di intervenire sugli esseri viventi come si fa con un'automobile, semplicemente cambiando o aggiustando pezzi. Si tratta però di un grave errore, perché per ciò che riguarda la materia vivente esistono innumerevoli variabili, esterne e interne, che vanno a condizionare tali processi di trasformazione. Variabili che non sono solo la sommatoria di processi meccanici. Tutto questo comporta, ovviamente, delle implicazioni di ordine culturale ed etico.

*Come cambia in questo contesto, indubbiamente più complesso, l'approccio verso la scienza?*

Cambia molto in termini di logica e di finalità, ma, purtroppo, il paradigma dominante rimane quello determinista che, se applicato a qualcosa che non è interpretabile in maniera meccanica, può provocare errori colossali. L'evoluzione, ad esempio, non significa smania di cambiamento – questa è una *vulgata* non corretta – e nemmeno l'adattamento del migliore. L'evoluzione è semplicemente una condizione che favorisce, entro certi limiti, una diversità nella quale si possono trovare assortimenti idonei perché, al cambiare dell'ambiente, qualche organismo possa adattarsi non in quanto "migliore" – perché una specializzazione molto forte impedisce ulteriori cambiamenti – ma attraverso assetti "intermedi", non molto specializzati, che possono a loro volta riadattarsi. Quando invece vengono operate manipolazioni di tipo deterministico meccanicistico, si innescano modificazioni importanti in tempi brevissimi che, a prescindere dalle condizioni esterne e nel solo interesse di una parte della natura, l'uomo, sono in grado di provocare sconvolgimenti potenzialmente devastanti, dal momento che sono stati inseriti o sostituiti nuovi geni senza conoscere le regole del gioco.

*Quando si parla di manipolazione della materia vivente, quindi, non è possibile usare il paradigma della "certezza"...*

Fermo restando che neanche i filosofi greci pensavano per certezze, ciò che però è sicuro è che nella biologia – scienza di per sé più incerta della fisica – nemmeno se si conoscessero tutti gli elementi del passato che hanno determinato la situazione attuale sarebbe possibile prevedere il futuro. Questo perché tutti gli eventi, in realtà, sono in continuo cambiamento e gli organismi viventi hanno delle reazioni che non sono determinate in modo meccanico dagli eventi precedenti. In altre parole, ci troviamo in presenza di un sistema complesso con proprietà emergenti non prevedibili dalla sommatoria delle si-



tuazioni. Questo dunque esclude, di per sè, qualunque ipotesi di certezza.

*E riguardo ai rischi, invece?*

Il rischio è la manipolazione che non tiene conto della complessità. Se non si conosce la sintassi del linguaggio del DNA non si può inserire dei geni che dialogano con gli altri geni, allora vengono inseriti in modo anormale rispetto alla logica e al linguaggio del DNA. Per fare ciò è necessario inserire un interruttore che li tiene sempre accesi. Questi geni vengono presi da un virus che, avendo in sé strumenti adatti ad eludere il controllo genetico dell'organismo, si inserisce come un parassita nei canali informativi degli organismi viventi. Ma il parassita altera il sistema nel suo complesso, poiché i geni sono tra loro in continua interconnessione. In un sistema a rete di geni, invece, ogni gene funziona limitatamente allo spazio-tempo in cui serve. La quantità dei nostri geni, seppur minore di quanto pensassimo, è molto elevata e comunque più che sufficiente, e i geni sono tutti presenti in tutte le cellule. Alcuni di essi servono durante la fase embrionale, altri nella fase fetale, alcuni agiscono prima dell'adolescenza, altri nella senescenza. Questi vengono attivati, e poi si "spengono" e questa è la regolazione temporale. Poi c'è la regolazione spaziale. Ogni gene funziona, attraverso questo passaggio temporale, sulla base di ciò che ha intorno. Per cui se la cellula si trova nel contesto pelle funzioneranno i geni della pelle, se si trova nel contesto fegato, quelli del fegato. Alcuni di questi geni devono essere in grado di rispondere a cambiamenti ambientali esterni rapidi, per cui sono sensibili a meccanismi indotti da fattori ambientali. Se c'è il sole produco melanina per difendermi. È un sistema estremamente complesso che richiede una interazione e regole di composizione sintattiche complesse che noi non conosciamo. Non conoscendole, il gene viene inserito by-passando tutte le regole e obbligando il sistema a produrre una

proteina sempre, comunque e dovunque. E quindi questo altera il funzionamento di molti geni. Oltre a non fornire certezze, dunque, una manipolazione basata sul paradigma deterministico dà origine ad un complesso di interazioni non desiderabili, con conseguenze non facilmente prevedibili. Si può solo dire che si stanno sconvolgendo, nel lungo tempo, i processi evolutivi adattativi, e nel breve tempo quella che è la regolazione di un organismo vivente.

*Lo sfruttamento intensivo delle risorse naturali (del quale, a partire dagli anni della rivoluzione industriale, si è alimentato il nostro sviluppo) ha portato ad uno squilibrio ecologico del pianeta. Quali vantaggi in termini ambientali si possono avere da una modifica così radicale delle relazioni tra economia tradizionale e "economia della conoscenza"?*

La rivoluzione informatica ha prodotto enormi cambiamenti nella nostra società. Mutazioni che, come è stato per la rivoluzione industriale e per l'uso dell'energia, possono avere prospettive diverse e perfino opposte. Si può usare l'energia per alleviare la fatica umana e aumentare la produzione, senza intensificare lo sfruttamento sulla natura; oppure, per ottenere gli stessi benefici, si può puntare sullo sfruttamento delle risorse. Lo stesso andamento, oggi, può averlo la rivoluzione informatica: la si può usare per ridurre il consumo di energia, o per spingere ancora di più verso un utilizzo indiscriminato delle risorse naturali. Il futuro, quindi, sarà determinato dalla nostra capacità di impiegare adeguatamente il grado di conoscenza che abbiamo raggiunto, in maniera critica e non più solo predatoria nei confronti della natura. Va poi aggiunto che, come la rivoluzione biotecnologica ha portato a trasformare il vivente e la vita in merce, così la rivoluzione informatica sta portando alla mercificazione della conoscenza.

Il problema, come dicevo, è dunque legato all'utilizzo che vogliamo fare della nostra intelligenza e delle nostre capacità creative. Alexander Langer diceva: veniamo presi per utopici quando diciamo che bisogna essere più lenti, che bisogna essere più dolci, che non è importante arrivare prima, ma tutti insieme. Questo perché, in passato, l'uomo si è considerato in dovere di dominare la natura. Ma mentre l'utopia di cui parliamo, quella di un uso sostenibile delle risorse, è un'utopia praticabile, che si può concretizzare, l'utopia del dominio su una natu-

ra, le cui risorse sarebbero infinite, è senza prospettive, perché cozza contro leggi fisiche naturali, ed è quindi irrealizzabile. Le soluzioni che si stanno prospettando per l'uscita dalla crisi finanziaria, continuano a spingere sui consumi, che è come vedere che la spia della benzina segna rosso e accelerare per arrivare prima al distributore. È una pericolosa assurdità.

*Oggi che l'economia sembra governare la politica e non viceversa, quale sarà il modello di sviluppo futuro e quali saranno i nuovi vincoli e le nuove barriere?*

È difficile bloccare una macchina in corsa a questa velocità. Però se non si inizia a decelerare, non se ne viene fuori. Questo è il compito di chi ha il potere: stabilire che anche il mercato non può essere basato solo sulla crescita, ma deve essere necessariamente basato sull'equilibrio. Il flusso di materia, energia, informazione deve essere in equilibrio tra consumo, riciclo, e riuso. In passato le scelte (e quindi anche i vincoli e le barriere) scaturivano dall'interazione tra economia e politica, il cui rapporto rappresentava gli interessi delle classi dominanti. Oggi, un po' alla volta, la politica ha perso la propria centralità a discapito di processi economico – finanziari spesso ispirati a dinamiche quasi virtuali, in cui i soldi non si fanno con le merci ma con altri soldi. È questa è una delle ragioni determinanti della perdita di centralità della politica, e non solo nel senso più nobile di *polis*, luogo dei cittadini, in cui viene gestito il bene collettivo, perché questa accezione l'abbiamo già persa da tempo, ma anche di semplice compromesso tra interessi diversi. Questo è un disastro, perché nel momento in cui l'economia e la finanza accelerano per andare verso il baratro, non c'è la capacità da parte della politica di tirare il freno a mano.

*La globalizzazione doveva diventare, fra le altre cose, un banco di sperimentazione per costruire una nuova società dell'accesso nella quale la scienza avrebbe dovuto fornire nuove opportunità anche alle popolazioni dei paesi in via di sviluppo. In realtà, fino ad oggi, la politica dei monopoli rimane sempre dominante: un esempio è rappresentato dai medicinali per la cura dell'Aids.*

Il rapporto tra globalizzazione e brevetti è un buon esempio per capire come una grande potenzialità si sia trasformata in realtà in un ulteriore ostacolo per buona parte della popolazione mondiale. Oggi, infatti, i brevetti non

rappresentano più la forma di restituzione temporale di un valore in denaro a chi ha inventato qualcosa, che può avere un senso. Non si va più a brevettare l'oggetto, ovvero il frutto di quella fase di conoscenza della materia e della meccanica da cui nasce. Attualmente, il brevetto si estende prevalentemente ai settori agricoltura e della medicina, quindi alla biologia, e poi, attraverso le varie forme dei diritti di proprietà intellettuale, all'informazione e alla conoscenza. Il controllo monopolistico sul *software* è così diventato un ostacolo per l'accesso e la conoscenza. Potremmo dire che i problemi della globalizzazione nascono da due fattori: il primo è che questa globalizzazione, nel momento in cui è stata teorizzata, è fallita. L'Organizzazione Mondiale del Commercio, che nasce a metà degli anni '90, dopo dieci anni di elaborazione dell'*Uruguay round*, che doveva avere proprio come obiettivo di inserire le conoscenze nel mercato mondiale, non funziona. Gli ultimi vertici dell'Organizzazione sono infatti tutti falliti, perché è chiaro che c'è una parte relativamente piccola dell'umanità che vorrebbe impadronirsi delle ricchezze di tutto il Pianeta e che vorrebbe avere il controllo non solo della materia, ma anche dell'energia e dell'informazione. La globalizzazione (o forse sarebbe meglio dire la mondializzazione) potrebbe diventare un processo significativo se proponesse di operare la gestione dei beni comuni per il bene comune. Non più della *polis* o di uno stato *polis*, ma dell'umanità e del Pianeta nel suo insieme. Invece, mentre si propone la globalizzazione, si favorisce il processo di nazionalizzazione della politica attraverso stati etnici e la logica della guerra. Il secondo fattore che rivela il fallimento della globalizzazione è di natura biologica – etologica ed evolutiva. L'essere umano è un animale sociale, e l'animale sociale uomo si è evoluto per aver messo in comune le conoscenze maturate, la propria evoluzione culturale. Nel momento in cui l'accesso alla conoscenza viene chiuso, nel momento in cui

viene favorita una visione individualistica, si crea oggettivamente una barriera, in grado di bloccare la possibilità di uno sviluppo sociale e culturale equo. Quello dell'ambiente è, in questo senso, un esempio paradigmatico: i problemi ambientali, infatti, debbono necessariamente essere risolti in forma solidale-associativa, in una dimensione che è propria delle organizzazioni non nazionali e non governative, in un'ottica sociale, che diventa poi etica collettiva.

Il caso più evidente, in questo senso, è quello dei cambiamenti climatici che chiamano l'intero pianeta ad una assunzione di responsabilità. Purtroppo, però, oggi viviamo un momento di crisi e nei momenti di crisi si finisce quasi sempre per privilegiare la scelta peggiore, quella individuale. Crolla la borsa, metto i soldi sotto il materasso. Crolla l'economia, cerco un posto dove isolarmi e difendere i miei interessi. Questo è ciò che la cultura dominante ha favorito. Il fatto, però, è che o il problema ambientale viene affrontato e risolto in maniera solidale e diventa coscienza collettiva o non si risolve.

*Una domanda d'obbligo a te che sei stato uno dei fondatori del movimento verde nel nostro paese. Come mai a una richiesta sempre più diffusa nella popolazione di "qualità dell'ambiente", ha corrisposto questa debacle dei Verdi in Italia?*

Oggi stiamo assistendo a una crisi di partecipazione che attraversa sia l'associazionismo che la politica. A questo bisogna aggiungere che i problemi ambientali non si risolvono, come dicevo prima, proponendo soluzioni individualistiche e minoritarie. I Verdi nascono essenzialmente come anomalia rispetto alla politica generalista, sia perché indicavano nell'ambiente una priorità, sia perché, rispetto a un ceto politico che si auto perpetua, proponevano una rottura. Questa è stata l'innovazione degli anni '80 e dei primi anni '90. Gradatamente, però, la cultura della po-

litica e la logica delle poltrone sono diventate dominanti sulla soluzione dei problemi. E a lungo andare, se non si è stati in grado di trasmettere motivazioni e valori per cui vale la pena impegnarsi, finisce col prevalere la logica individualistica. I Verdi non hanno avuto la capacità in questi ultimi anni di individuare percorsi e soluzioni, per i quali valeva la pena dedicare parte della propria vita. I Verdi avrebbero dovuto fare questo anziché occuparsi del numero di voti, degli amici da sistemare, del numero di poltrone e di come garantirle. I voti devono essere la conseguenza di quello che si riesce a realizzare, ma non possono essere l'obiettivo finale. Quindi ben venga anche la scomparsa dei Verdi, se questa è la fine di un equivoco. Oggi, però, purtroppo, non vedo all'orizzonte alcun soggetto politico né associazione in grado di cogliere la drammaticità della situazione, e tantomeno, quindi, di prospettare quell'idea forte che diventa valore collettivo e che è capace di imporsi alla politica, all'economia e alla società.

*E per il futuro?*

Anche in questo caso, come per la scienza, credo sia necessario un cambio di paradigmi – scientifico, culturale, politico, economico – che attualmente derivano tutti da un'impostazione meccanicistica e dogmatica. È da qui che bisogna partire per ricreare le condizioni e i punti di aggregazione solidale che sappiano praticare una visione diversa del mondo. Se riusciremo a creare nuove forme collettive capaci di mettere in campo idee nuove per una scienza, una tecnologia, una economia, una politica che siano per l'uomo e non per il dominio sulla natura, allora avremo creato anche le condizioni per una vera sostenibilità planetaria. Altrimenti rischieremo di proseguire questo cammino dissennato che davanti a ogni contingenza e a ogni crisi propone rimedi che, spesso, sono peggiori dei mali.

A stylized, high-contrast graphic of a human face in profile, facing right. The face is rendered in a dark, almost black color against a light, golden-yellow background. The features are simplified and bold: large, almond-shaped eyes, a prominent nose, and a thick, curved mustache. The overall style is reminiscent of mid-century modern graphic design.

china  
culture

## Cina: una nuova rivoluzione verde

Romualdo Gianoli

*Per contrastare l'aumento di emissioni pro capite di CO<sub>2</sub> gli sforzi del governo cinese si sono concentrati in quattro aree strategiche: produzione di energia da fonti rinnovabili, efficienza energetica, trasporti e finanza*

Da anni si continua a ripetere che la Cina è il paese che produce la maggior quantità di gas climalteranti del mondo, le sostanze ritenute responsabili dell'effetto serra e del conseguente riscaldamento globale. Per questo la Cina è stata più volte messa sul banco degli imputati e il suo travolgente sviluppo economico e industriale è stato additato quale primo responsabile di questo stato di cose, a causa di una politica economica priva di scrupoli, tutta orientata allo sviluppo a ogni costo, che poco o nulla si curava delle ricadute sull'ambiente.

Non che questo oggi non sia più vero ma, se si guarda oltre la superficie, si scoprono i segnali di una vera rivoluzione "verde" che sta attraversando la Cina e che in pochi decenni potrebbe far diventare il paese orientale il vero leader mondiale della *low carbon economy*. A compiere lo sforzo di superare il luogo comune è stato il team cinese del Climate Group, che ha studiato nel dettaglio i cambiamenti in atto nella politica energetica e produttiva del paese asiatico. Questa analisi ha prodotto un dato tanto interessante quanto incontrovertibile: non solo i governanti e gli industriali cinesi non ignorano il pericolo dei cambiamenti climatici ma, al contrario li conoscono e sono anche consapevoli delle opportunità derivanti dalla sfida ambientale. Il risultato di questa consapevolezza è che già oggi la Cina mostra il maggior tasso di crescita al mondo nel settore delle industrie a basse emissioni. Questo fatto, da solo, ha già prodotto almeno tre indubbi benefici: l'abbattimento delle emissioni dannose, la creazione di nuovi posti di lavoro e, non ultimo, la generazione di profitti dal settore. Decisamente non male per un Paese che ha visto passare la propria percentuale di emissioni annue di CO<sub>2</sub> sul totale mondiale, dal 7% prima del 2002, a oltre il 24% del 2007.

Ancora una volta, però, per interpretare correttamente certi fenomeni, i dati vanno letti con attenzione. È vero che su scala globale la Cina è il paese che fornisce il maggior contributo alle emissioni globali di CO<sub>2</sub> (avendo recentemente superato anche gli Usa che storicamente detenevano questo primato),

ma se si vanno a guardare le emissioni annue pro-capite, gli Usa risultano ancora saldamente al comando della classifica. Il problema è che la Cina conta circa 1 miliardo e 300 milioni di abitanti e se il trend nell'aumento di emissioni pro-capite di CO<sub>2</sub> cinese dovesse continuare come è accaduto negli ultimi anni, allora sarebbero davvero guai per tutto il pianeta. Dove si concentrano allora gli sforzi degli amministratori cinesi per limitare questa crescita esplosiva? Essenzialmente in quattro aree principali: produzione di energia, efficienza energetica, trasporti e finanza. Vediamo un po' più nel dettaglio ciascuno di questi settori.

### ENERGIA

Negli ultimi anni la richiesta di energia elettrica cinese è andata sempre più crescendo con l'aumentare della capacità produttiva e della domanda interna (solo nel 2007 questa è aumentata del 14,4%) e la sempre maggiore fame di energia è stata soddisfatta grazie all'ampia e relativamente economica disponibilità di carbone. Il risultato è che oggi il 77% dell'energia elettrica cinese è prodotta in centrali che bruciano carbone, con enormi emissioni di CO<sub>2</sub>. Tuttavia vi sono aspetti meno conosciuti della politica energetica cinese. Fin dal 2005, infatti, il governo ha imposto, per le centrali a carbone di nuova costruzione, l'uso di tecnologia ad alta efficienza energetica e nel solo 2007 ha completamente chiuso 553 piccoli impianti di produzione giudicati inefficienti, per un totale di 14,38 GW. Allo stesso tempo, se si guardano le cifre, si scopre che l'investimento nelle energie rinnovabili è stato paragonabile, in termini di percentuale del Pil, a quello della Germania, leader mondiale e pari a 12 miliardi di dollari nel 2007. Questi dati non sono casuali, ma rientrano in un più vasto piano energetico che fa leva sul fatto che già adesso la Cina è tra i leader mondiali nel solare fotovoltaico con 820 MW prodotti nel 2007, un valore secondo solo al Giappone e con una capitalizzazione di settore che nel luglio 2008 ha superato i 15 miliardi di dollari per le sei maggiori aziende.

Il programma di medio e lungo termine per lo sviluppo delle energie rinnovabili, annunciato il 31 agosto 2007, prevede poi il passaggio dall'attuale 8% al 16% della quota di energia prodotta da fonti rinnovabili (comprendenti solare, eolico e biomasse) entro il 2020. Per incentivare questo sforzo una apposita legge impone alla rete elettrica nazionale di acquistare l'energia così prodotta a prezzi privilegiati, soprattutto per l'eolico e la biomassa. Questa opportunità, congiuntamente alla detassazione applicata alle produzioni ecocompatibili, ha determinato una forte crescita del settore, richiamando notevoli investimenti. Così facendo, il governo spera di raggiungere gli obiettivi prefissati che, per il 2020, prevedono una capacità installata di 60 GW per l'eolico e la biomassa, 300 per l'idroelettrico e 1,8 per il solare. Ma le cose stanno procedendo ancora meglio del previsto perchè, a guardare l'andamento nel periodo 2005-2007, l'obiettivo fissato di 420 GW da fonti rinnovabili entro il 2020 potrebbe essere raggiunto ben prima, visto che l'associazione delle industrie produttrici di energie rinnovabili ha comunicato di poter raggiungere i 50 GW provenienti da energia solare entro il 2015 ben oltre, quindi, i 30 GW previsti e con cinque anni di anticipo.

#### L'EFFICIENZA ENERGETICA

Di certo non trascurato dal governo cinese è l'aspetto dell'efficienza energetica, visto che dal 1980 al 2006 la Cina ha ridotto di oltre il 60% il costo necessario a convertire un'unità di energia prodotta dalla propria economia in un'unità di Pil e una ulteriore riduzione del 20% è attesa tra il 2006 e il 2010. Sempre nel 2006 in Cina è stato introdotto un nuovo Codice per l'edilizia civile. Questo codice richiede che tutti i nuovi edifici consumino il 50% di energia in meno rispetto ai precedenti, e fino al 65% in meno in città come Pechino e Shanghai. Già nel

*Fin dal 2005 il governo ha imposto, per le centrali a carbone di nuova costruzione, l'uso di tecnologia ad alta efficienza energetica e nel solo 2007 ha chiuso 553 piccoli impianti di produzione giudicati inefficienti*

2006 più del 10% delle case cinesi usava l'energia solare per riscaldare l'acqua ad uso domestico, per un controva-

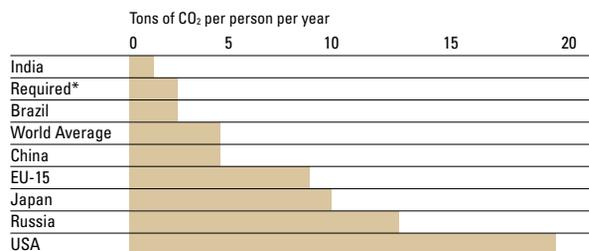
lore valutato in circa 2,6 miliardi di dollari, una cifra pari al 60% del valore complessivo mondiale del settore. In aggiunta, la Cina ha elaborato e applicato standard particolarmente restrittivi per l'efficienza energetica delle apparecchiature domestiche, che permetteranno di evitare la produzione di ben 27 GW di potenza fino al 2020, con una riduzione di 10 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> all'anno immesse nell'atmosfera. Anche le industrie dovranno fare la loro parte visto che, secondo i dati del 2005, le prime mille aziende del paese hanno consumato un terzo di tutta l'energia necessaria alla nazione. Per porre un freno a questo stato di cose il governo ha varato il piano *Top-1000 Enterprise Programme*. Si tratta di un insieme di regole e norme destinato ad aumentare l'efficienza della produzione industriale e a ridurre il fabbisogno energetico e, di conseguenza, le emissioni. Entrato in vigore nel 2006, se avrà pieno successo questo piano porterà a una diminuzione di fabbisogno energetico pari a 100 milioni di tonnellate di carbone entro la fine del 2010.

#### TRASPORTI

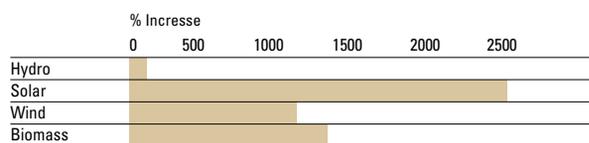
Anche nel campo dei trasporti il mercato cinese dei veicoli *low carbon* sta crescendo rapidamente. Lo testimoniano gli oltre 79 milioni di biciclette prodotte nel 2007, assieme ai 21 milioni di biciclette elettriche (pari ai tre quarti circa di tutti i veicoli elettrici venduti nel mondo) e al milione e 640mila vetture *citycar* con motori ad alta efficienza. Una attenzione e una tendenza confermate anche nel 2008, anno in cui la Cina ha implementato uno standard per il consumo di carburante per gli autoveicoli destinati ai passeggeri, che prevede una percorrenza minima di oltre 15 chilometri con un litro di benzina, vale a dire ben il 40% più alto di quello esistente negli Usa.

Tali iniziative tengono in conto e, in qualche modo cercano di arginare, l'aumento delle vetture private circolanti in Cina (in conseguenza del miglioramento del tenore di vita) che nel 2008 ha segnato un +21% nelle vendite e che nel 2015 potrebbe superare gli Usa, portando la Cina al primo posto al mondo per parco auto. Per un paese dai grandi numeri non deve stupire, poi, scoprire che il governo cinese ha destinato un'area del proprio territorio grande quanto la metà dell'Inghilterra, a coltivazioni destinate esclusivamente alla produzione di biodiesel, in grado di produrre 6 milioni di tonnellate di biocarburante entro il 2020. Questo aspetto è potenzialmente molto promettente, dato che il vasto territorio cinese conta quasi 100 milioni di ettari di terre di confine poco sfruttate, che invece potrebbero essere usate per tali coltivazioni,

Per capita carbon dioxide emissions<sup>1</sup> for selected countries in 2006



\* Required world average per capita emissions by 2025 to keep atmospheric carbon dioxide concentration below 500ppm



Aumento della quota di produzione d'energia da fonti rinnovabili nel 2020 rispetto al 2006

(1) Fossil Fuel	70,3%
(2) Hydro	21,2%
(3) Wind	3,5%
(4) Nuclear	2,8%
(5) Biomass	2,1%
(6) Solar PV	0,1%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

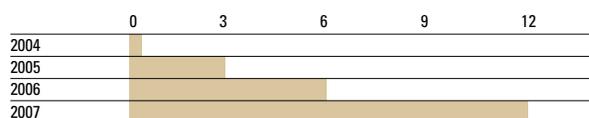


Distribuzione prevista delle quote di produzione elettrica in Cina nel 2020

(1) China	64,5%
(2) European Union	12,8%
(3) Turkey	6,3%
(4) Japan	4,5%
(5) Brazil	2,1%
(6) USA	1,7%
(7) Other	8,1%
<b>Total</b>	<b>100%</b>



Presenza di impianti solari per acqua calda domestica nel 2006



Investimenti in Cina nelle energie rinnovabili (escluso l'idroelettrica) in milioni di dollari

senza entrare in competizione con quelle per uso alimentare ma, anzi, con l'ulteriore vantaggio di aiutare a combattere la desertificazione e l'erosione dei suoli. Una ulteriore potenzialità sta nell'industria degli accumulatori elettrici e delle batterie, per la quale, già ora, la Cina rappresenta il primo produttore al mondo, un dato che la colloca in posizione privilegiata per diventare il leader mondiale nella tecnologia delle vetture elettriche o ibride. Una possibilità che porterebbe a un'ulteriore sviluppo dell'industria di settore, con prevedibili positive ricadute su manodopera e investimenti.

## FINANZA LOW CARBON

Tutte queste iniziative, ovviamente, hanno un risvolto finanziario, inevitabilmente fatto anch'esso di grandi cifre, come tutto ciò che riguarda la Cina. A cominciare dal fatto che essa è il principale beneficiario del *Clean Development Mechanism* delle Nazioni Unite, è il secondo maggior investitore al mondo dopo la Germania nelle energie rinnovabili e che ha sviluppato progetti per la riduzione di 900 milioni di tonnellate di emissioni di CO<sub>2</sub> entro il 2012, con un risparmio valutato in oltre 10 mi-

*Nel campo dei trasporti il mercato cinese dei veicoli low carbon sta crescendo rapidamente. Lo testimoniano gli oltre 79 milioni di biciclette prodotte nel 2007*

liardi di dollari. Infine, il governo cinese, nel 2008 ha investito in progetti di efficienza energetica circa 6 miliardi di dollari con l'ovvia intenzione di ricavarne utili nei prossimi anni. L'affare, d'altra parte, è enorme se si pensa che le politiche energetiche di Pechino stanno già creando un sensibile aumento nella domanda di investimenti nella *low carbon energy*, che includono progetti per un valore complessivo stimato in quasi 400 miliardi di dollari entro il 2015. Insomma, la rapida crescita del mercato delle energie "pulite" in Cina rientra senz'altro nello scenario internazionale che vede impegnati molti paesi nella lotta ai cambiamenti climatici. Tuttavia non si può negare il ruolo fondamentale che in questo cambiamento di rotta sta giocando la chiara visione del governo e la decisa politica di sostegno messa in campo in quasi ogni settore. Il tutto senza dimenticare che questo può anche diventare un grande affare e un'enorme occasione d'arricchimento per un paese che sta entrando, nel bene e nel male, con tutto il suo (enorme) peso tra i protagonisti della scena mondiale oggi e ancor di più domani.

## Cambiamenti climatici e contabilità ambientale

Stefania Righi

*Di fronte alle importanti scelte che la questione ambientale impone alla nostra società, i processi decisionali necessitano di un flusso di informazione omogeneo e immediatamente fruibile. Uno strumento sempre più importante, in questo senso, è rappresentato dalla contabilità ambientale*

La Convenzione Quadro delle Nazioni unite sui Cambiamenti climatici (COP15) che si aprirà a Copenhagen il prossimo 7 dicembre potrebbe raggiungere alcuni importanti obiettivi: da un lato, riconfermare la leadership politica dell'Europa nel complesso processo negoziale orientato ad un trattato globale sul clima per il periodo post-Kyoto (cioè dopo il 2012) e, dall'altro, misurare quanto è stato finora intrapreso dai singoli Paesi europei in materia di riduzione delle emissioni nocive, esaminando gli effetti di tali azioni sulla competitività delle imprese e sui sistemi economici. Un gruppo di lavoro, rappresentativo dei 192 Paesi firmatari della Convenzione di Rio de Janeiro del 1992, sta già mettendo a punto il testo del nuovo trattato che, a partire dal 2012 – data di scadenza del protocollo di Kyoto – estenderà ai Paesi non industrializzati gli obiettivi di riduzione dei gas serra e di lotta al surriscaldamento del Pianeta.

Il Pacchetto "Energia-Cambiamenti climatici" varato alla fine del 2008 dall'Unione Europea comprende:

- la revisione del Sistema di scambio delle quote di emissione dei gas serra (*European Union Emission Trading Scheme, EU-ETS*), che si è dimostrato non del tutto efficace per gli obiettivi proposti;
- *l'Effort Sharing*, ossia sforzi condivisi al di fuori del sistema di scambio di quote di emissione, che riguardano gli impegni di riduzione delle emissioni di gas serra da parte degli stati membri dell'Unione per arrivare al raggiungimento degli obiettivi fissati per il 2020;
- la promozione della produzione di energia da fonti rinnovabili;
- la cattura e il confinamento geologico della CO<sub>2</sub> (*Carbon Capture and Storage-CCS*).

Punto irrinunciabile, riesaminato nell'aprile scorso a Siracusa nell'ambito del G8 sull'ambiente, è l'obiettivo di ridurre entro il 2020 le emissioni di gas serra del 20% rispetto ai livelli registrati nel 1990. Un obiettivo che, nelle intenzioni del Consiglio europeo, potrà essere portato fino al 30% se agli sforzi dei Paesi europei si uniranno quelli dei Paesi in via di sviluppo. Una prima valutazione degli effetti

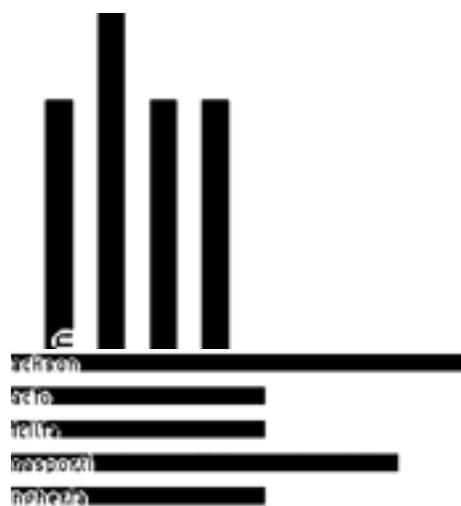
delle azioni di contenimento delle emissioni sulla competitività dell'industria europea da parte del consiglio europeo è prevista entro il marzo del 2010. Anche il G8 Energia, tenutosi a Roma il 24 e 25 maggio scorsi ha riproposto, insieme al sostegno all'Africa e ai Paesi in via di sviluppo, il tema dell'efficienza energetica come mezzo per contrastare i cambiamenti climatici in atto.

### MITIGAZIONE O ADATTAMENTO?

A pochi mesi dall'appuntamento di Copenhagen, tuttavia, il problema di fondo rimane irrisolto: dare la priorità alle politiche di mitigazione, ossia combattere le cause dei cambiamenti climatici riducendo gli impatti di origine umana e le emissioni di gas serra nell'atmosfera, oppure privilegiare una strategia di adattamento che, senza toccare né la produzione né i consumi, cerchi di minimizzare i danni provocati dai cambiamenti climatici? Le due strategie, mitigazione e adattamento, sembrerebbero poter procedere parallelamente, ma non è così. Sappiamo infatti che attraverso una decisa strategia di mitigazione, che contempi un forte impegno di riduzione delle emissioni, si minimizzano le conseguenze delle variazioni climatiche. Viceversa, quanto minore è l'impegno per la mitigazione, tanto maggiori saranno le esigenze di adattamento e, quindi, maggiori i costi che la collettività dovrà sostenere per riparare i danni.

La scelta tra mitigazione e adattamento investe questioni legate ai modelli di sviluppo delle società, agli stili di vita e di consumo, alla definizione delle politiche industriali, all'allocazione delle risorse finanziarie e alla competitività internazionale dei Paesi.

Per quanto riguarda l'Italia, c'è da registrare un grave ritardo nell'attuazione degli impegni connessi agli accordi di Kyoto. Tra i passi più recenti, l'approvazione nel marzo scorso da parte della Camera dei deputati del disegno di legge di conversione del D.L. 30 dicembre 2008, n.208, che detta misure straordinarie in materia di risorse idriche e di protezione dell'ambiente e stabilisce – tenendo conto degli attuali livelli di produzione delle ener-



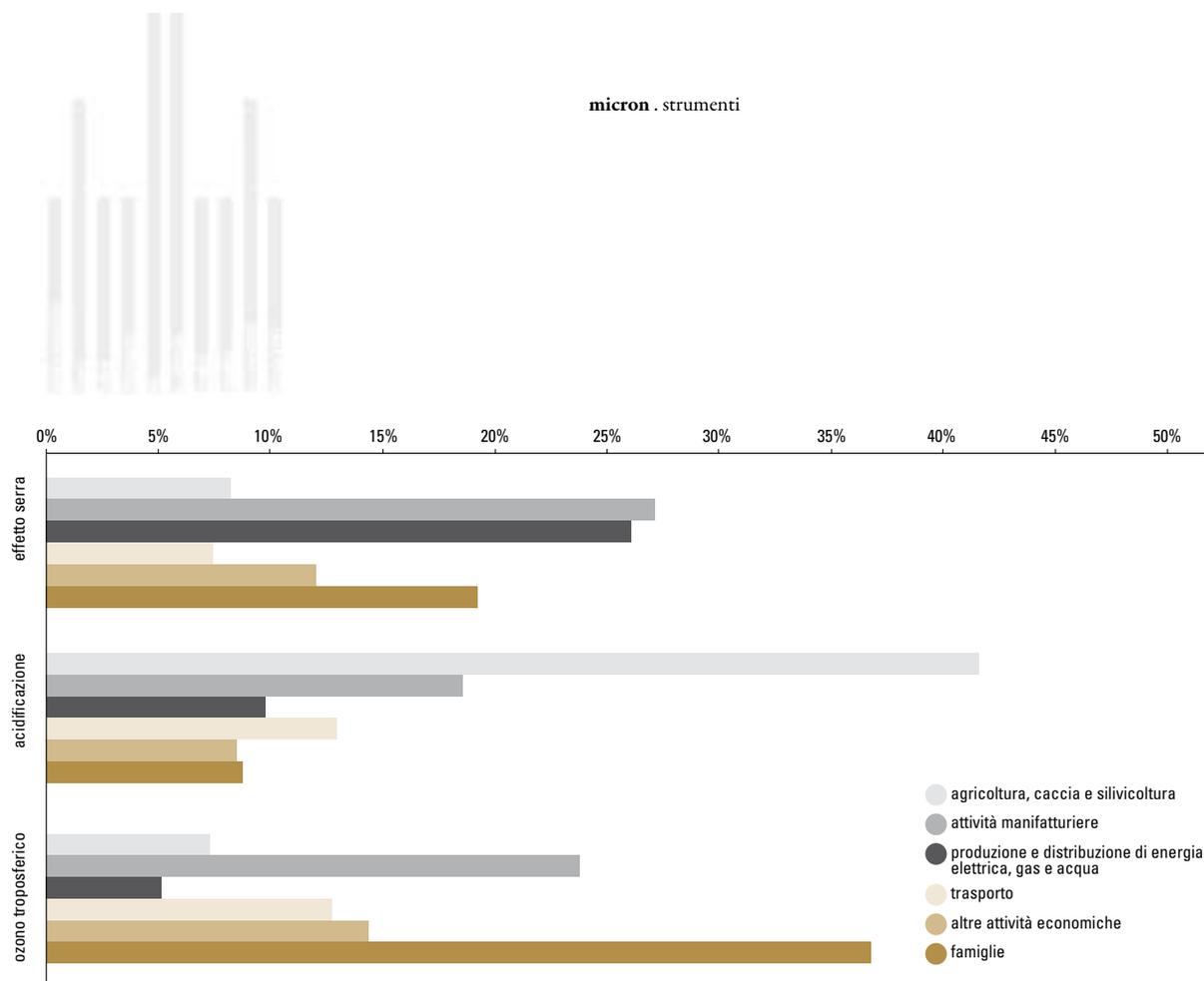


Figura 1 - Emissioni atmosferiche delle attività economiche e delle famiglie per tema ambientale – Anno 2006 (composizione percentuale)

Fonte: Istat, matrice di conti economici nazionali integrata con conti ambientali

gie rinnovabili – la ripartizione a livello regionale degli sforzi per realizzare entro il 2020 una parte degli obiettivi concordati a livello comunitario con il pacchetto Clima-Energia. È anche grazie all'accento posto dalle convenzioni internazionali sui cambiamenti climatici, sulle emissioni atmosferiche e sulle questioni energetiche che il tema della attendibilità e della confrontabilità dei dati statistici nazionali – senza i quali nessuna seria politica ambientale ed energetica può essere impostata o verificata – emerge in tutta la sua importanza. In Italia la maggior parte delle emissioni nocive che finiscono nell'atmosfera è causata dalle attività economiche attraverso i processi produttivi, l'uso di combustibili per il riscaldamento e il trasporto; la parte restante è dovuta quasi interamente al riscaldamento domestico e al traffico veicolare privato.

Nel 2006, ad esempio, oltre l'80 per cento delle emissioni di inquinanti "ad effetto serra" e più del 90 per cento delle emissioni che sono all'origine del fenomeno dell'"acidificazione" è stato generato dalle attività produttive, mentre la parte residua è attribuibile alle attività di consumo delle famiglie; nel caso dei gas responsabili della formazione dell'ozono troposferico la quota delle famiglie sale al 37 per cento delle emissioni complessive (figura 1). I dati sono ricavati dagli aggregati Namea (*National accounting matrix including environmental accounts*, ossia matrice di conti economici nazionali integrata con conti ambientali) per l'Italia relativi agli anni 1990-2006, diffusi dall'Istat.

Questo tipo di conto consente di confrontare, secondo la metodologia dell'Eurostat, gli aggregati economici di produzione, valore aggiunto, occupazione e consumi finali delle famiglie con i dati relativi ad alcune pressioni che le attività produttive e di consumo esercitano sull'am-

*Sapere con precisione dove, da chi e in che misura sono prodotte le emissioni in atmosfera è la base indispensabile per ogni futura strategia di intervento*

biente. Sono presi in esame diciotto inquinanti atmosferici: anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), metano (CH<sub>4</sub>), ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>), ossidi di zolfo (SO<sub>x</sub>), ammoniaca (NH<sub>3</sub>), composti organici volatili non metanici (COVNM), monossido di carbonio (CO), particolato (PM<sub>10</sub>), arsenico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), rame (Cu), mercurio (Hg), nichel (Ni), piombo (Pb), selenio (Se), zinco (Zn). Secondo i dati dell'Istat, tra le attività produttive che più contribuiscono alle emissioni di inquinanti figurano:

- le "Attività manifatturiere" - da cui proviene il 27,1 per cento delle emissioni complessive di gas ad effetto serra,

il 18,6 per cento del totale nel caso dell'acidificazione e il 23,8 per cento per il fenomeno della formazione dell'ozono troposferico;

- il settore "Agricoltura, silvicoltura e pesca" - che contribuisce per più del 40 per cento alle emissioni complessive di sostanze acidificanti;
- il settore "Energia elettrica, gas e acqua" - che genera il 26 per cento delle emissioni complessive di gas ad effetto serra e il 9,8 per cento delle sostanze acidificanti;
- le attività di "Trasporto in conto terzi" - cui è attribuibile il 13 per cento del totale sia nel caso dell'acidificazione sia nel caso della formazione di ozono troposferico.

Nel periodo che va dal 1990 al 2006 il peso delle attività produttive nella generazione delle emissioni atmosferiche, è tuttavia lievemente diminuito. La riduzione è particolarmente evidente nel caso degli inquinanti che causano la formazione di ozono troposferico, alla cui generazione le attività produttive hanno dato un contributo pari a circa il 63 per cento del totale nel 2006, a fronte del 71 per cento circa del 1990; è più limitata, invece, nel caso dell'effetto serra (da un contributo dell'84 per cento circa nel 1990 a meno dell'81 per cento del 2006), e minima nel caso dell'acidificazione (dal 92 al 91 per cento circa). La riduzione di inquinanti in atmosfera da parte delle imprese è in gran parte collegabile con la maggiore attenzione imposta dalla normativa nazionale ed europea e con la crescente quota di spese per interventi di protezione dell'ambiente: sempre secondo le indagini dell'Istat, sulle spese delle imprese italiane per la protezione dell'ambiente, tra il 1997 e il 2006 la spesa totale delle imprese italiane per interventi di riduzione degli inquinanti è aumentata del 147%, passando da 10.330 milioni di euro e 25.512 milioni di euro. Questo tipo

*Il nostro Paese continua a registrare un grave ritardo nell'attuazione degli impegni connessi agli accordi di Kyoto*

di spesa comprende sia gli investimenti effettuati per innovazioni, modifiche e adattamenti ambientali degli impianti e delle tecnologie produttive, sia le spese correnti di tipo ambientale. In particolare, i rilievi mostrano che gli investimenti delle imprese sono orientati in primo luogo alla protezione della qualità dell'aria e del clima, mentre le spese correnti riguardano soprattutto

la gestione dei rifiuti. Nel decennio considerato, gli investimenti per la protezione ambientale rappresentano in media l'1,4% del totale degli investimenti fissi lordi delle imprese, percentuale destinata progressivamente a crescere se gli impegni richiesti dall'Europa a protezione del clima diventeranno maggiormente vincolanti. Per quanto riguarda le famiglie, i dati Istat illustrano, inoltre, come le emissioni inquinanti derivino soprattutto dall'uso di combustibili per il trasporto privato (pari a quasi il 10 per cento delle emissioni complessive di gas serra nel 2006 e ad oltre il 25 per cento nel caso della formazione di ozono troposferico) e dall'uso di combustibili per il riscaldamento domestico e gli usi di cucina (responsabili, nel 2006, del 10 per cento circa delle emissioni complessive di gas serra).

#### **LE DIFFERENZE TRA I RILIEVI ISPRA E ISTAT SULLE EMISSIONI IN ATMOSFERA**

I dati Namea vengono calcolati sulla base dall'inventario delle emissioni atmosferiche Corinair (Coordination-Information-Air), prodotto dall'Ispra e utilizzato come fonte ufficiale di dati anche per le principali convenzioni internazionali sulle emissioni atmosferiche, come la Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (Unfccc) e la Convenzione della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite sull'inquinamento transfrontaliero (Un-Ece Clrtap). Tuttavia, in tema di emissioni in atmosfera esistono alcune differenze tra i conteggi effettuati dall'Istat e quelli effettuati dall'Ispra. Prendendo ad esempio il caso delle emissioni di CO<sub>2</sub>, nel 2006 - in base ai dati comunicati nel 2008 dall'Ispra alla Unfccc - si sono registrate 488.039 migliaia di tonnellate di anidride carbonica. Se a tale dato - che si riferisce a tutte le emissioni prodotte sul territorio nazionale indipendentemente dalla residenza di chi le ha generate - si aggiungono le emissioni dovute ad attività di trasporto effettuate nel resto del mondo da imprese italiane e si sottraggono le emissioni causate da attività di trasporto effettuate in Italia da imprese non italiane - dato pari complessivamente a 1.120 migliaia di tonnellate - si ricava il dato di emissione della CO<sub>2</sub> della Namea elaborato dall'Istat, pari a circa 489.160 migliaia di tonnellate. La compresenza nell'ambito della statistica ufficiale dei dati dell'inventario Corinair e dei dati Namea deriva dalla diversa finalità a cui i dati rispondono. L'inventario nazionale delle emissioni prodotto dall'Ispra mira a rappresentare i flussi di emissione generati sul territorio nazionale dalle varie fonti

← 22-51  
WALL ST

esistenti, siano esse antropiche o naturali. Nello schema Namea elaborato dall'Istat, invece, l'interesse specifico è la rappresentazione dei flussi di emissione generati dalle attività produttive e di consumo delle unità residenti, le stesse unità per le quali i conti economici nazionali forniscono gli aggregati economici. Rappresentare tutte e sole le emissioni delle unità economiche residenti significa in primo luogo che nei dati Namea non sono incluse le emissioni causate dai fenomeni naturali e, in secondo luogo, che sono considerate le emissioni dovute alle attività di trasporto (nelle varie modalità: su strada, via acqua e per via aerea) delle unità residenti e dei turisti che operano all'estero ed escluse le emissioni delle attività di trasporto dovute alle unità non residenti e dei turisti che operano sul territorio nazionale. Per ciascun inquinante, l'Istat dà conto in modo dettagliato della differenza esistente tra il totale delle emissioni Namea e il totale valido ai fini della Unfccc o della convenzione Un-Ece, con una tavola di raccordo tra i due totali pubblicata nell'ambito della diffusione dei dati Namea.

#### SEMPLIFICAZIONE, TRASPARENZA E UTILIZZABILITÀ DEI DATI

I prodotti della contabilità ambientale, grazie alla standardizzazione delle informazioni ambientali e di quelle economiche che li caratterizza, hanno una elevata potenzialità informativa, che li rende un ausilio importante nell'ambito delle varie fasi dei processi decisionali. Anche se le istanze amministrative e di governo costituiscono il destinatario privilegiato dei conti ambientali, le informazioni statistiche prodotte nell'ambito della contabilità ambientale sono rivolte all'intera collettività: istituzioni nazionali ed internazionali, mass media, cittadini, imprese. Esistono perciò ampi margini di sviluppo di questa materia, con un utilizzo sempre più mirato sia dei conti ambientali sia dei dati di base a partire

dai quali i conti vengono costruiti. Verso una semplificazione, una maggiore trasparenza e una più vasta utilizzabilità dei dati ambientali si è mossa nel febbraio del 2008 la Commissione Europea con la comunicazione "Verso un sistema condiviso di informazioni ambientali" (*SEIS - Shared Environmental Information System*), che mira a semplificare, modernizzare e razionalizzare la raccolta, lo scambio, l'utilizzo e l'analisi dei dati e delle informazioni ambientali in ambito europeo tra Istituzioni, Paesi membri e cittadini.

La comunicazione segna un passo avanti in materia di raccolta delle informazioni ambientali, poiché elimina il concetto di duplicazione del dato proponendo l'utilizzo di sistemi non più centralizzati ma basati sull'accesso, la condivisione e l'interoperabilità. Nella comunicazione della Commissione sono evidenziati i principi guida relativi alle informazioni ambientali che in particolare:

- dovranno essere gestite il più possibile vicino alla fonte;
- andranno raccolte una sola volta e condivise per differenti fini;
- dovranno essere accessibili, per consentire ai fruitori di fare comparazioni su scala geografica;
- dovranno essere rapidamente disponibili agli organismi amministrativi per consentire il facile adempimento degli obblighi di reporting;
- dovranno essere prontamente rese accessibili agli utilizzatori finali, a cominciare dalle autorità pubbliche locali ed europee, per consentire di valutare lo stato dell'ambiente, l'efficacia delle relative politiche e per pianificare nuove strategie;
- dovranno essere completamente disponibili al pubblico, previa considerazione del livello di aggregazione appropriato e dei vincoli di riservatezza, nelle rispettive lingue nazionali;
- dovranno essere condivise ed elaborate con il supporto di strumenti software comuni, liberi ed open source.

## Il futuro viaggia in barca a vela

Intervista a Wolfgang Sachs, Wuppertal Institut

Silvia Zamboni

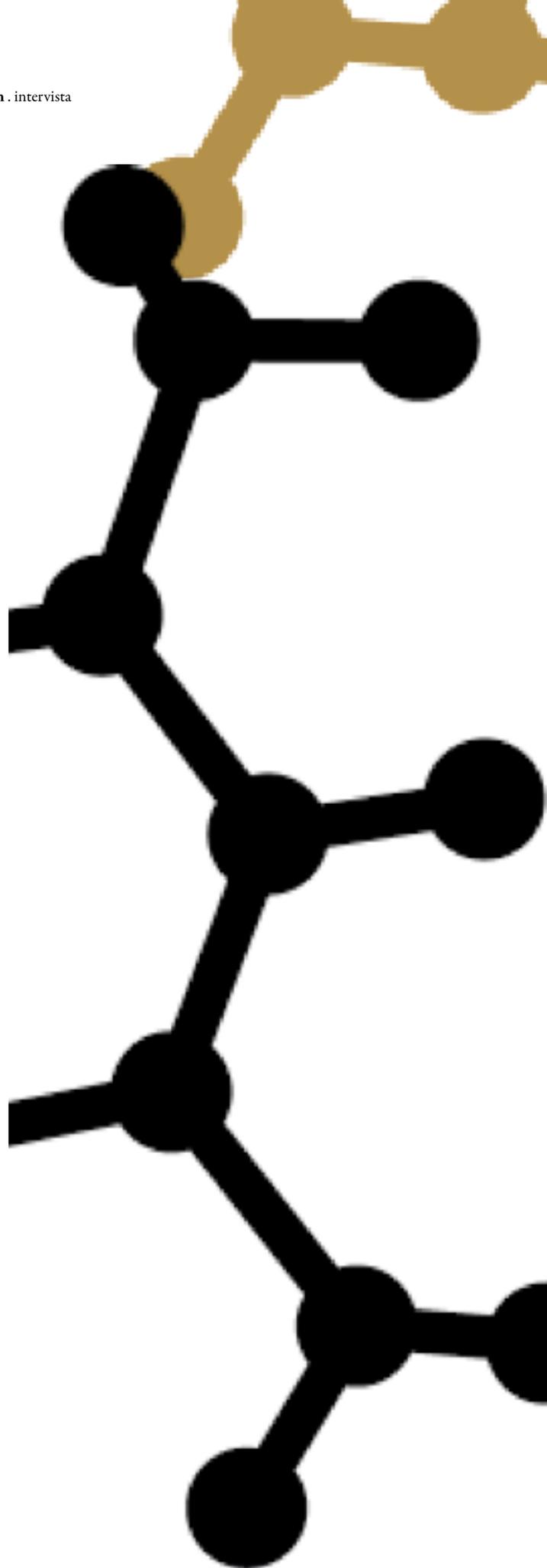
Wolfgang Sachs, sociologo di fama mondiale, responsabile del progetto interdisciplinare “Globalizzazione e Sostenibilità” del Wuppertal Institut, ha coordinato lo studio “Per una Germania capace di futuro in un mondo globalizzato” uscito nel 2008, ed è autore di svariati libri pubblicati anche in Italia, tra cui “Per un futuro equo”, edito da Feltrinelli. Lo abbiamo incontrato in occasione di una *lectio magistralis* che ha tenuto all’Università di Modena il 28 maggio scorso, nell’ambito del programma Spinner.

*Nei tuoi studi hai sempre legato il concetto di equità all’ecologia, e viceversa. Cosa intendi quando sostieni che l’ambientalismo va inteso come pietra angolare della convivenza?*

Occuparsi di ambiente oggi vuol dire porsi gli interrogativi intorno al grande tema delle risorse e del patrimonio naturale in rapporto alla convivenza sul pianeta. Da qui il mio sforzo per sviluppare una visione cosmopolita dell’ambiente. Il mio approccio all’ambientalismo non mette in primo piano l’amore per la natura, bensì l’amore per gli esseri umani. E quando il punto di partenza sono gli esseri umani e l’obiettivo è dare ospitalità a tutti coloro che abitano il pianeta, subito si pone la questione ambientale, perché sappiamo bene che il nostro modo di produrre, di consumare, di spostarci, di mangiare, di costruire case, ecc... non può essere esportato dappertutto: consuma così tante risorse che non ne rimarrebbero in quantità sufficienti per tutti gli altri esseri umani.

*La carrying capacity della terra, le risorse naturali, sono limitate. Da più parti però si dice che non è giusto, e nemmeno efficace, dare uno stop ai paesi – come India e Cina – che si stanno sviluppando a tappe forzate dopo essere rimasti esclusi dai nostri livelli di consumo. Che ne pensi?*

Se per scarsità intendiamo che i nostri desideri superano la possibilità materiale di soddisfarli, ossia vanno oltre i mezzi di cui disponiamo, sono quattro le risposte possibili alla scarsità così intesa. La prima è l’esclusione sociale, tenere a bada le aspirazioni di chi non è ancora arrivato. È la strada dell’apartheid, di cui si vedono già le prime avvisaglie: xenofobia, leghismo in Italia, il concetto di “forzezza Europa”. La seconda risposta è quella dell’espansione: se non bastano i mezzi per dare risposte ai bisogni di tutti, espandiamo i mezzi, anche correndo dei rischi. Anche di questa risposta si vedono già dei segnali, a cominciare dal rilancio dell’energia nucleare. Il nuclearista del XXI secolo presenta la sua opzione in nome della lotta ai cambiamenti climatici. Lo stesso avviene per l’uso della biomassa su scala intercontinentale: visto che si deve fare ricorso alle fonti rinnovabili, perché non usare la biomassa argentina o indonesiana per riempire i serbatoi delle nostre auto? Anche l’ingegneria genetica è pronta: perché non modificare geneticamente piantagioni e foreste per far sì che assorbano maggiori quantità di anidride carbonica? Si tratta di ricerche già in corso. E perché non modificare geneticamente la biomassa da usare a fini energetici, per farla crescere più in fretta? Sono soluzioni a misura della grande industria, che comportano altri rischi. La terza risposta è l’efficienza: facciamo un uso più efficiente dei mezzi, produciamo di più con minor energia e materiale. Il che si traduce in efficienza energetica, fonti rinnovabili di energia, nuovi materiali, recupero e riciclaggio, in parte anche nuove forme di organizzazione. La quarta risposta recita così: se i mezzi disponibili non sono all’altezza dei desideri, bisogna ricalibrare questi ultimi, analizzare i nostri obiettivi per stabilire la soglia a cui corrisponde il concetto di “abbastanza”. Per un ecologista l’opzione da scegliere sta nel punto di equilibrio tra efficienza e sufficienza, ovvero nello sviluppo di modelli di produzione più efficienti e a minor impatto, e nel ricalibrare gli obiettivi, le aspirazioni.



*E venendo allo sviluppo specifico di Cina e India?*

Parto da due considerazioni. La prima è che anche in paesi come Cina, India o Brasile si stanno conducendo dibattiti analoghi ai nostri. Non c'è una spaccatura netta nord-sud. Basti pensare ai movimenti che in Ecuador si oppongono alla distruzione della foresta pluviale per estrarre petrolio, o in India alla costruzione delle megadighe, o alle manifestazioni, sempre in India, contro gli Ogm. Anche loro si chiedono se questo modello di società attualmente prevalente sia anche quello desiderabile. Seconda considerazione: è ora di prendere sul serio anche il sud del mondo. Se pensiamo all'azione dell'Onu è dal 1992, (se non dal 1970 con la prima conferenza mondiale sull'ambiente di Stoccolma), che si affrontano queste questioni, per cui non ha senso manifestare stupore di fronte al dilemma: "Come possiamo essere ospitali sulla terra senza compromettere la biosfera?". Di fronte ad una situazione così problematica mi aspetterei da una qualsiasi guida illuminata, sia in Cina che in India, che agisse in modo responsabile dando risposta a questo dilemma. La terza considerazione riguarda il cambiamento che sta avvenendo in Cina: i cinesi sono abituati a sentirsi incolpare dell'aumento delle emissioni climalteranti, accusa rispetto alla quale fanno spallucce ribattendo "Voi occidentali siete molto più colpevoli di noi". Oggi questa contrapposizione si sta attenuando fortemente e la Cina collabora al processo del Protocollo di Kyoto per un motivo molto semplice: le elite cinesi hanno compreso di non essere solo corresponsabili dei cambiamenti climatici ma anche vittime. Basta guardare Shangai che è a un metro sul livello del mare. Cosa può comportare l'innalzamento del livello del mare per la Cina che si sta sviluppando lungo la costa? E nella parte occidentale del paese ci sono vastissime aree aride in cui i cambiamenti climatici rischiano di causare un aumento di siccità, con conseguente abbandono delle campagne perché diventa impossibile coltivare. I cinesi non sono stupidi,

lo vedono che il loro paese è sì è espanso nel corso degli anni nella grandi vallate fluviali del fiume Giallo, dello Yang Tze, per esempio, e vedono da dove vengono le acque dei loro grandi fiumi: dall'Himalaya. E cosa sta succedendo sull'Himalaya? La stessa cosa che sta avvenendo sulle Alpi: i ghiacciai si ritirano. Certo, c'è ancora acqua, ma tra 20-40 anni mancherà l'acqua nei grandi fiumi della Cina con conseguenze del tutto imprevedibili per l'agricoltura e l'alimentazione, perché l'acqua è alla base di tutto.

*Per la transizione verso la sostenibilità hai individuato tre elementi-base: dematerializzazione, rinnovabilità e moderazione. Che significa?*

Per spiegarlo userò la metafora della petroliera e della barca a vela. La prima simboleggia l'economia industriale: è forte, ha bisogno di grandi strade acquatiche nell'oceano, percorre lunghe rotte, trasporta carichi enormi, però consuma anche grandi quantità di petrolio, si manovra a fatica, è di proporzioni gigantesche. La barca a vela, che simboleggia l'economia ecologica, è agile, leggera, elegante, però non è in grado di trasportare lo stesso carico della petroliera, e non può spingersi così lontano. Per chi sceglie la barca a vela il primo imperativo è ridurre i pesi per ottimizzare il rapporto tra barca e carico perché altrimenti la barca non va. Lo stesso vale per l'economia ecologica: ridurre i pesi corrisponde alla dematerializzazione. È l'arte di produrre con un impiego ridotto di energia, materiali, acqua e superficie per unità di prodotto. È l'efficienza ecologica, la nuova direzione di marcia del progresso tecnologico. È una grande sfida per ingegneri, progettisti, ecc...: si tratta di ristrutturare l'hardware della società, di ridurre progressivamente l'impronta ecologica. C'è poi un'altra dimensione: la rigenerazione. La barca a vela è elegante, affascinante. Il fascino sta nel fatto che utilizza la natura ma non la distrugge: sfrutta il flusso naturale del vento, ma non lo degrada, non lo esaurisce. Altro elemento di fascino è che va più veloce contro vento

che col vento a favore. Generazioni di marinai, di progettisti hanno sviluppato in anni di studio scafi e vele in grado di dare queste performance. L'intelligenza umana è un fattore decisivo per lo sviluppo di tecnologie di conversione delle risorse naturali rinnovabili. Al contrario, la petroliera sfrutta le risorse naturali – i carburanti di origine fossile, per esempio – diminuendole, per cui ce ne sono sempre meno, mentre la barca a vela attinge ai flussi naturali senza diminuire gli stock. Analogamente, si utilizza l'energia di vento, sole, biomassa, il calore della terra, senza distruggerne le riserve. Da qui viene il secondo imperativo: la rinnovabilità, la rigenerazione. La terza dimensione è la moderazione. La barca a vela ha tanti pregi ma sarebbe un errore aspettarsi le medesime performance che possiamo avere da una petroliera. Lo stesso vale per l'economia ecologica, per cui torniamo alla domanda iniziale: quale è la soglia che definisce il concetto di "abbastanza" rispetto alle nostre aspettative verso il sistema tecnologico, ed economico? La risposta è moderazione, ossia abbassare le aspettative. Rispetto alla velocità si parla di decelerazione: perché avere ritmi così alti che ci costano tante risorse? Dal punto di vista spaziale c'è la regionalizzazione: la filiera può essere intermedia, corta, non sempre europea, globale. In passato si diceva "lavorare meno, lavorare tutti". Se le prospettive future sono quelle di un'economia che non potrà espandersi all'infinito, visto però che tutti devono lavorare la logica (anche se la politica non funziona in modo logico) impone che tanti lavorino di meno per dare spazio a tutti, perché tutti possano partecipare alla divisione del lavoro. La moderazione coincide con la partecipazione. In tutte le società ricche si guadagna in un senso, ma si perde in un altro, per esempio si guadagna in beni di consumo, ma si perde in tempo a disposizione. Diventare ricchi molto spesso implica diventare più poveri di tempo. Se si vuole essere ricchi di tempo – che di sicuro fa parte della qualità della vita – ha senso moderare il possesso di beni per avere spazio sufficiente per i propri progetti personali.

*La moderazione di cui parli ha a che fare con il concetto di decrescita di Latouche?*

Non è pensabile che crescita permanente e riduzione dell'impronta ecologica vadano di pari passo; o meglio, a lungo termine la riduzione dell'impronta ecologica non la si potrà raggiungere senza ridurre anche l'impronta economica. Io parlerei di decrescita sostenibile e di decrescita insostenibile. La catastrofe peggiore – la decrescita insostenibile – l'abbiamo quando una società improntata alla crescita non cresce più. Decrescita sostenibile vuol dire invece costruire un'economia che funziona bene anche se non cresce. Non ho alcun dubbio che sia questa la grande sfida del secolo: disegnare un'economia che non deve espandersi per forza per fiorire. Io condivido la prospettiva della decrescita, ma a lungo termine, perché non c'è dubbio che a breve termine ci sono grandi potenzialità di crescita anche per la *green economy*. È chiaro che quando c'è scarsità, si ristrutturano le domande, e che ristrutturare la domanda porta ad aprire nuovi mercati; e chi è più pronto per il cambiamento vincerà. Ma non a lungo termine. Rispetto all'occupazione non è un gran problema; il problema l'abbiamo rispetto al sistema di sicurezza sociale e ancor di più nella sanità, perché ci sono aree in cui tutti vogliamo crescere. Tutti, per esempio, vogliamo prolungare la vita, ma questo costa sempre di più: da dove verranno i fondi necessari? E non è che questo desiderio alla fine ci mangerà la vita e la biosfera?

*In un certo senso è una fortuna che crisi energetica e crisi climatica siano arrivate insieme*

Sì, in un certo senso è stata una fortuna nella disgrazia, come ha messo in evidenza la reazione all'uscita del "Rapporto Stern" due anni fa. Mentre noi in passato avevamo sempre affermato che il sistema economico danneggia il sistema climatico (senza peraltro che importasse qualcosa a qualcuno), Nicholas Stern ha detto che è il sistema climatico che sta per danneggiare il sistema economico, al che tutti – investitori, finanziari, capi di industria, ricercatori – si sono agitati. Abbiamo di fronte a noi

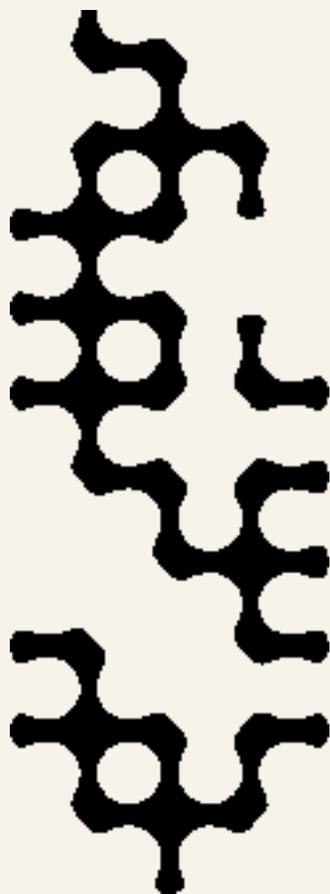
due crisi distinte: il caos climatico e la scarsità di risorse, in particolare la fine del petrolio. Il fatto che siano arrivate contemporaneamente è frutto di pura casualità storica. Immaginiamo invece se avessimo avuto la crisi climatica oggi, ma la crisi da esaurimento del petrolio fra cento anni: saremmo messi molto peggio, perché tutto sommato è l'etica che ci spinge a contrastare i cambiamenti climatici, mentre la scarsità di petrolio e gas metano, l'aumento del loro prezzo, mettono in movimento tutti quanti, perché gli effetti di questa nuova scarsità si ripercuotono sul portafoglio. Così tanti diventano ambientalisti, ma non perché amano la natura – figuriamoci! – e nemmeno per amore dell'umanità – figuriamoci! –, amano però il loro portafoglio, perciò adottano l'efficienza energetica, le fonti rinnovabili, ecc... e questo aiuta in gran parte i nostri obiettivi e anche il clima. In questo senso la contemporaneità di queste due grandi crisi rappresenta una fortuna nella disgrazia. Un altro aspetto positivo della crisi finanziaria è che è crollata l'idea del mercato de-regolato. Nel momento in cui si devono investire ingenti capitali pubblici per salvare l'industria privata è chiaro che la politica deve riacquistare il primato rispetto al mercato. Si va verso una fase in cui non sarà più possibile produrre e consumare ciò che si vuole. Questo comporta che il mercato vada regolamentato rispetto ai suoi processi di funzionamento, e che vada governato anche rispetto ai risultati, ai prodotti. Da questo punto di vista i giapponesi hanno adottato un sistema interessante, in base al quale lo standard di prestazione più alto raggiunto da un prodotto diventa standard obbligatorio per tutta la medesima categoria di beni. In pratica, la lavatrice che consuma meno acqua, meno elettricità, fa standard per tutti. La politica non sa come fabbricare, cerca sul mercato il prodotto migliore e impone al mercato quello standard indirizzando così l'economia produttiva verso determinati obiettivi. Ma la politica deve anche sfidare i tecnici, come è successo in Germania con l'equivalente del conto-energia italiano: una disposizione legislativa molto semplice ha fatto esplodere il mercato dell'eolico, aprendo nuovi orizzonti alla ricerca e allo sviluppo tecnologico.



## Un deposito unico per i rifiuti radioattivi

Cristiana Pulcinelli

*Il territorio italiano è disseminato di rifiuti radioattivi, che ogni giorno si accumulano. Un problema non più rinviabile, per il quale si sta profilando una possibile soluzione*



Dal gruppo di esperti che ha partecipato al tavolo di concertazione tra governo, regioni, Ispra (ex-Apat) ed Enea, voluto dall'ex ministro Bersani, è arrivata nei mesi scorsi la proposta: il deposito unico per i rifiuti radioattivi italiani dovrebbe essere costituito da due strutture di superficie. Due grandi bunker ermeticamente chiusi, magari mimetizzati sotto una collinetta erbosa. La prima dovrebbe contenere per circa 300 anni i rifiuti radioattivi a bassa intensità, quelli che provengono, ad esempio, dall'attività degli ospedali o della ricerca. Accanto a questo primo deposito ce ne dovrebbe poi essere un altro per i rifiuti radioattivi ad alta intensità. Questo secondo contenitore sarebbe comunque temporaneo: dovrebbe ospitare i rifiuti per almeno 100 anni, in attesa della realizzazione di un deposito geologico profondo. Le due strutture dovrebbero essere poste sotto il controllo di un'authority indipendente e il costo complessivo di tutta l'operazione si aggirerebbe intorno a 1,5 miliardi di euro. Il progetto è stato presentato all'attuale ministro dello sviluppo economico Claudio Scajola e poi è stato inviato alle Regioni per un parere. Qualunque sia l'esito della consultazione, la convinzione comune è che il problema della gestione dei rifiuti radioattivi ormai non sia più rinviabile. Di quanto materiale si tratta? O meglio quanti rifiuti radioattivi abbiamo oggi in Italia? Secondo l'Ispra, l'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale, oggi abbiamo in Italia 27.000 metri cubi di rifiuti radioattivi, ma il conteggio va aggiornato giorno per giorno perché questo tipo di rifiuti vengono prodotti ancora. Anche se non abbiamo più gli impianti nucleari, infatti, ogni giorno in molti luoghi del nostro paese si usano materiali radioattivi. Ad esempio per le attività di cura e diagnosi mediche, per le attività di ricerca e per alcune attività industriali. Inoltre, gli impianti nucleari, benché chiusi, richiedono un'attività di manutenzione che, a sua volta, produce materiale radioattivo che deve essere smaltito. A questa cifra vanno aggiunti i rifiuti che provengono dallo smantellamento delle quattro centrali nucleari non più funzionanti (Caorso, Trino vercellese, Latina e Garigliano) e dagli impianti di ricerca sul ciclo del com-

bustibile nucleare (Saluggia, Bosco Marengo, Casaccia, Trisaia Rotondella). Le centrali di Caorso, Trino e Latina furono chiuse nel 1987, dopo il referendum sul nucleare, quella di Garigliano, invece, era già stata bloccata nel 1978 per problemi tecnici. Da allora tutto ciò che era stato contaminato dalle radiazioni è rimasto al loro interno. Con lo smantellamento delle centrali, per il quale ci vorranno ancora alcuni anni, anche questi rifiuti verranno ad aggiungersi agli altri. Quantitativamente sono la parte più importante: le stime variano tra i 30.000 e i 50.000 metri cubi di materiale. Infine, ci sono i rifiuti che abbiamo spedito all'estero e che dovrebbero rientrare dopo essere stati trattati. Sono quelli che più preoccupano perché si tratta del combustibile esaurito, ovvero la fonte di tutta la radioattività delle centrali nucleari: le sostanze a più lungo decadimento. Ne abbiamo mandati 6.000 metri cubi a Sellafield in Inghilterra e altre 235 tonnellate in Francia. Lì saranno riprocessati, ovvero verrà separato il materiale che può essere riutilizzato dai rifiuti veri e propri che verranno messi in una matrice vetrosa e diventeranno rifiuti ad alta attività, ovvero rimarranno radioattivi per centinaia di migliaia di anni. Questi rifiuti torneranno a casa fra una decina d'anni.

### LA SCELTA DI UN SITO DEVE SEGUIRE UN PERCORSO CONDIVISO CON LA POPOLAZIONE

Per ora tutti questi rifiuti (a parte il combustibile spedito all'estero) sono disseminati sul territorio italiano: i siti che li hanno prodotti li conservano. Ma non possono rimanere per sempre così. "Per mettere in sicurezza i rifiuti radioattivi - spiega Roberto Mezzanotte, direttore del reparto nucleare dell'Ispra - si deve procedere al loro condizionamento. I rifiuti liquidi vengono inglobati in una matrice solida, ad esempio un blocco di cemento, quelli solidi vengono resi più compatti e messi anch'essi nel cemento. Questa attività è cominciata in alcuni impianti, ma il lavoro da fare è ancora molto. Ci vorrà almeno una decina d'anni per completarlo". Nei mesi scorsi sono arrivati, uno dopo l'altro, il parere favorevole per le



valutazioni di impatto ambientale per lo smantellamento delle centrali di Trino Vercellese e di Caorso, oltre a quella per l'impianto Cemex di Saluggia. Inoltre è arrivato il via libera definitivo per lo smantellamento dell'impianto Fabbricazioni Nucleari di Bosco Marengo (Alessandria). Il nuovo piano industriale della Sogin prevede come obiettivo il raggiungimento del 51 per cento delle attività di smantellamento degli impianti già entro il 2012, mentre il precedente piano industriale della società prevedeva come obiettivo il 37 per cento entro il 2011. Oltre allo smantellamento definitivo entro il 2009 dell'impianto di

*A preoccupare sono i rifiuti che, spediti all'estero per essere trattati, dovranno prima o poi ritornare*

Bosco Marengo il piano prevede poi lo smantellamento definitivo, entro il 2013, della centrale di Trino e una "significativa accelerazione delle attività negli impianti Enea di Casaccia, Saluggia e Trisaia". Bisognerà trovare un posto per questi rifiuti. Alla Casaccia, vicino al lago di Bracciano, Nucleco, l'operatore pubblico per la gestione dei rifiuti a basso e medio livello, conserva una gran parte dei rifiuti radioattivi che provengono invece dalle attività di ricerca, medica o industriale. "Il nostro deposito, benché in assoluta sicurezza, è però arrivato quasi al limite: non potrà durare a lungo", commenta Francesco Troiani, presidente della Nucleco. In questa gestione frammentata c'è un problema di sicurezza: "Se noi teniamo i rifiuti in dieci siti diversi la probabilità che accada qualcosa può essere più alta che se teniamo tutto in un unico sito, inoltre i costi a carico della comunità aumentano molto", spiega ancora Troiani. Gli esperti dunque sono d'accordo: così non si può andare avanti ancora per molto, bisogna pensare al deposito nazionale. Del resto, l'Italia, quando ha firmato l'accordo per mandare oltrelpe il combustibile esaurito, si è impegnata con la Francia a costruire il deposito entro il 2020. Come sarà? Gli esperti si sono interrogati a lungo su come deve essere questo luogo. Il problema principale è la gestione del sito: in sostanza bisogna essere sicuri che nel futuro qualcuno non andrà a scavare proprio nel punto in cui ci sono i rifiuti radioattivi. La cosa non è banale se si pensa che alcune sostanze hanno tempi di dimezzamento di centinaia di anni, altre addirittura di migliaia e di centinaia di migliaia di anni. "Si può ragionevolmente supporre – spiega Mez-

zanotte - che la collettività umana tra 300 anni avrà tenuto memoria di cosa c'è in quel luogo e saprà gestire un deposito, ma non posso dire altrettanto per l'umanità che popolerà la Terra tra 10mila anni. Si pone quindi il problema di isolare in maniera definitiva i rifiuti radioattivi dall'ambiente umano". Per questo ci vuole un deposito geologico, ovvero un deposito naturale sotterraneo che si trovi a una elevata profondità. Molti paesi lo stanno cercando, alcuni (come gli Stati Uniti) lo hanno individuato, ma nessuno finora lo ha ultimato. Invece, la soluzione più sperimentata è quella del deposito superficiale. Il famoso bunker di cui parlavamo prima che va bene per i rifiuti a bassa e media attività e, temporaneamente, può ospitare anche quelli ad alta attività in modo più sicuro rispetto a dove sono ora. Ce ne sono già 100 in attività e anche l'Italia si sta orientando verso questa soluzione come dimostra la proposta degli esperti alle Regioni. Ma c'è un ostacolo: non si sa dove farlo. Chi ricorda la vicenda di Scanzano jonico può capire perché hanno tutti paura di rimanere scottati. Nel novembre 2003 il governo Berlusconi aveva individuato nella cittadina della Basilicata il luogo dove costruire il deposito unico per le scorie radioattive di media e alta durata. Il sito per la costruzione di un deposito geologico profondo era stato indicato dal Consiglio dei ministri dopo una valutazione del servizio geologico nazionale. Nessuno ritenne però di dover avvertire la popolazione che sarebbero arrivati 60mila metri cubi di scorie tossiche. Dal giorno successivo all'annuncio cominciò la rivolta. A Scanzano manifestarono gli ambientalisti, gli studenti, i commercianti, persino i sacerdoti, tutti contro il sito. Il 23 novembre scesero in piazza più di 100mila persone. Di fronte a una presa di posizione così netta, il governo dovette fare marcia indietro. A fine novembre il nome di Scanzano venne cancellato dal decreto. Ma poiché l'essere umano impara dagli errori, Scanzano può essere visto come un utile sbaglio. Tutti gli esperti sono convinti che quella non sia la strada giusta: "Una scelta del genere – commenta Mezzanotte – non si può fare per decreto legge: ci vuole un percorso condiviso". E Troiani incalza: "Queste scelte di altissima sensibilità pubblica vanno fatte insieme alle parti sociali. Bisogna pensare a forme di risarcimento che non siano solo soldi, ma soprattutto prospettive di sviluppo per chi si assume quello che è sentito come un onere. I francesi, ad esempio, intorno al sito di La Manche hanno creato una città industriale e un centro di eccellenza di settore, dove lavorano migliaia di tecnici. Oggi gli esperti non possono pensare di scegliere al posto della gente, ma devono scegliere con la gente. La comunicazione e l'informazione diventano quindi centrali".

## Naturalità dell'artificiale. Ambientalismo e antropologia filosofica

Cristian Fuschetto

*Il confine concettuale fra natura e artificio ha da sempre accompagnato la riflessione dell'uomo. Un confine che, oggi può stimolare nuove risposte alle grandi questioni ambientali*



### L'IRRESOLUBILE DIADE

Sono davvero pochissime le parole innocenti, si sa. E tra di esse di certo non figura la parola "artificiale". Come proiettata attraverso un'atmosfera di emotività, allorché la si pronuncia essa infatti non si limita a renderci consapevoli di uno stato, di una cosa, di una situazione, ma ci trasmette un'immediata sensazione di diffidenza, di apprensione, se non addirittura di pericolo. Volenti o nolenti, nel dire che una cosa è "artificiale" non la si descrive per quella che è ma si finisce per gettare su di essa anche un'irriflessa aura di negatività. È un'esperienza frequente. Così come la parola "naturale" ci fornisce un senso di quiete e pacificazione, la parola "artificiale" ci suggerisce un vago senso di estraneità. Di certo la psicologia del profondo potrebbe dirci delle cose molto interessanti in proposito, ma sia per intenzioni sia per incompetenza (dello scrivente), non pare qui il caso di scomodare né Freud né Lacan. Oltre che sull'onirica e inafferrabile dimensione dell'inconscio il concetto di artificio, insieme a tutto il suo corredo di subdole e persuasive emozioni, può infatti tornare utile anche a proposito della più prosaica dimensione della riflessione ecologica. Se è vero che ogni epoca ha la sua propria idea di natura e quindi una sua propria cognizione del naturale e dell'artificiale, è altresì vero che mai prima d'ora, cioè prima della diffusione pressoché planetaria di un'economia massicciamente orientata alla produzione di merci e alla moltiplicazione dei consumi e quindi prima delle relative emergenze ambientali, il termine "artificiale" è apparso così prepotentemente prioritario rispetto al suo partner naturale. Viviamo, cioè, in un'epoca in cui non sembra così ovvio definire l'artificiale in opposizione al naturale ma, piuttosto, comincia a sembrare possibile il suo contrario. Già il continuo reclamare e parlare di agricoltura "biologica", già l'esigenza di definire un prodotto di natura, un frutto come un ortaggio, tanto per fare un esempio, con un aggettivo *naturalizzante* mi pare possa essere in questo senso considerato come un segnale assai chiaro dei tempi che stiamo attraversando: i prodotti della terra,

vale a dire quelli che dovrebbero essere considerati dei prodotti naturali per eccellenza, vengono percepiti come dei prodotti "normalmente" artificiali e per questo, laddove lo si ritiene necessario, occorre specificarne e reclamarne la naturalità, la loro "naturale" biologicità. Si può dire che nella coppia concettuale natura/artificio oggi sembra prevalere senza alcun dubbio l'artificio. Non è più la natura l'elemento primario rispetto al quale diventa possibile definire, per opposizione, il secondo ma è esattamente il contrario.

La ragione di questo rovesciamento di prospettiva è piuttosto banale: l'uomo ha ormai *artificializzato* il mondo con una pervasività che probabilmente nemmeno il Rifkin de *Il secolo biotech* ha saputo descrivere. Meglio dell'analista statunitense, è stato forse Paul J. Crutzen lo scienziato che ha saputo fornirci, in proposito, l'immagine più utile e rappresentativa. Come è noto, Crutzen, Nobel nel 1995 per i suoi studi sulla chimica dell'atmosfera e sul buco dell'ozono, in base ai quali è stato successivamente bandito a livello internazionale l'uso dei clorofluorocarburi, ha definito la nostra epoca come l'epoca in cui ha inizio l'"Antropocene". Secondo lo scienziato olandese a partire dalla rivoluzione industriale è addirittura possibile parlare dell'inizio di una nuova era geologica, che si distinguerebbe dalle altre, dal Pleistocene e dall'Olocene, per esempio, per l'impatto determinante dell'uomo sull'ambiente. Negli ultimi due secoli, osserva Crutzen, si sono registrati i più elevati livelli di anidride carbonica e di metano degli ultimi 15 milioni di anni e il pianeta Terra, mite e ospitale da circa 10 mila anni, sta trasformando in modo significativo i suoi equilibri strutturali in seguito a fattori interamente antropogenici, ovvero a causa dell'uso abnorme che la specie *Homo sapiens* sta facendo dei combustibili fossili come carbone, metano e petrolio, e della combustione di biomasse, come foreste, rifiuti e materiali organici<sup>2</sup>. L'uomo, come disse già nella seconda metà dell'800 il geologo italiano Antonio Stoppani, è una «nuova forza tellurica» e, come tale, ha dato avvio a un'era a sua immagine e somiglianza, un'era interamente

artificiale, l'«era antropozoica»<sup>3</sup>. Di fronte a questo indiscutibile, letteralmente epocale, mutamento delle stesse condizioni di esistenza e di sopravvivenza del nostro pianeta, è naturale che il “naturale” (mi si passi il gioco di parole) sia stato considerato da parte del pensiero ambientalista come l'unica dimensione verso cui tendere in opposizione alla diabolica ingerenza dell'artificio, quasi si trattasse di una lotta senza quartiere tra la Natura e la «nuova forza tellurica» in cui l'uomo dell'era industriale si è progressivamente trasformato. Di fronte all'atteggiamento energivoro dell'uomo del XIX e del XX secolo è apparso ovvio, cioè, trovare una possibile risposta al problema ambientale nell'estremizzazione dei due poli della diade natura/artificio: in questo gioco di opposti, si è detto e ribadito, la minaccia dell'artificio non può che essere vinta puntando tutto sull'assolutezza del naturale. Aldo Leopold, per esempio, il padre della *Land ethics*, già alla fine degli anni Quaranta del secolo scorso esprimeva bene questa posizione quando nel definire la massima della nuova etica della Terra affermava che «una cosa è giusta quando tende a preservare la stabilità, l'integrità e la bellezza della comunità biotica, è sbagliata quando tende altrimenti»<sup>4</sup>. È facile capire come secondo questa impostazione, seguita negli anni a venire da radicali dell'ecologismo come Rachel Carson o Barry Commoner, ogni azione umana finirebbe per essere ingiusta! O perlomeno, nella misura in cui gran parte delle azioni umane sprigionano una forza alterativa e non semplicemente preservativa nei confronti dell'equilibrio della

natura, esse andrebbero considerate intrinsecamente sbagliate perché intrinsecamente contrarie all'etica (omeostatica) della Terra. Nell'ottica della cosiddetta ecologia profonda l'uomo avrebbe quindi diritto di abitare la Terra solo nella misura in cui rinunciasse al suo potenziale modificativo nei confronti dell'ambiente che lo circonda, e cioè, si potrebbe dire, solo a patto di rinunciare alla sua artificialità. Ma è davvero possibile scindere, nell'uomo, in modo così netto i due poli del naturale e dell'artificiale? È davvero possibile pensare l'umano senza la sua dimensione artificiale? È davvero possibile immaginare un uomo naturale, bio-eticamente integerrimo, in contrapposizione a un uomo artificiale, bio-eticamente riprovevole? Va da sé che tali interrogativi non hanno nulla a che spartire con la dimensione della volontà, non è

*È possibile scindere nell'uomo in modo netto i due poli del naturale e dell'artificiale?*

cioè una questione di buoni propositi da mantenere, non si tratta di chiedersi se l'uomo sia o no realisticamente in grado di rinunciare a logorare e distruggere il pianeta in cui vive. Se l'uomo del XXI secolo sia o no capace di evitare di corrodere la biosfera e, tanto per fare dei riferimenti concreti, di mantenere gli impegni dell'ormai celebre protocollo di Kyoto, è un problema che attiene

la sua intelligenza e il suo (un po' appannato?) istinto di sopravvivenza. Quel che qui interessa capire è, per così dire, se sia davvero possibile concepire l'uomo senza la sua artificialità.

### ARTIFICIO DELLA NATURA E NATURA DELL'ARTIFICIO. GELHEN, PLESSNER E UN PO' DI RAGIONEVOLEZZA

Nel dare uno sguardo all'antropologia filosofica novecentesca ci si rende immediatamente conto che la questione implicitamente posta da Leopold e dall'ambientalismo professato in suo nome, ovvero quella di una rinuncia all'artificio antropogenico in ossequio all'imperativo preservazionista della «stabilità della comunità biotica», viene completamente rovesciata. Per l'antropologia filosofica, infatti, la questione da risolvere non è la possibile rinuncia, da parte dell'uomo, del proprio potenziale "artificializzante", quanto piuttosto la comprensione dell'origine di questo potenziale, cioè la spiegazione del perché l'uomo e soltanto l'uomo possa apparire come l'unico essere vivente che non si limita a vivere nel mondo ma che, nel farlo, costruisce strumenti adatti a dominarlo e modificarlo. Se per un certo ecologismo la questione è stata e continua tuttora a essere quella della rinuncia, da parte dell'uomo, a una sua prerogativa, per una parte importante del pensiero del 900 la questione è stata invece quella di comprenderne l'origine e, in qualche modo, di darne. È allora evidente che se una qualche risposta si può dare all'interrogativo se sia possibile scindere, nell'uomo, i due poli del naturale e dell'artificiale, ciò risulterà possibile soltanto incrociando queste due prospettive. Proviamo a farlo attraverso due giganti dell'antropologia filosofica come Arnold Gehlen e Hel-

*L'uomo è l'unico essere vivente che non si limita a vivere nel mondo, ma che costruisce strumenti per modificarlo*

mut Plessner. Secondo Gehlen (1904-1976) è strutturalmente impossibile concepire l'uomo al di fuori dell'artificialità. Richiamandosi a Schiller e a Herder, egli infatti ritiene che l'uomo sia un «progetto particolare della natura» nel senso che, mentre tutti gli animali godono di strumenti organici altamente specializzati per l'offesa e per la difesa e inoltre sono finemente dotati di precisi

istinti che li ragguagliano *automaticamente* su da farsi per sopravvivere, l'uomo è l'animale organicamente *carente*: «Dal punto di vista morfologico, a differenza di tutti i mammiferi superiori – scrive Gehlen nel suo capolavoro *L'Uomo. La sua natura e il suo posto nel mondo* (1940) – l'uomo è determinato in linea fondamentale da una serie di carenze, le quali di volta in volta vanno definite nel senso biologico di inadattamenti, non specializzazioni, [...], cioè come carenze di sviluppo; e dunque in senso essenzialmente negativo. Manca in lui il rivestimento pilifero e pertanto la protezione naturale alle intemperie; egli è privo di organi difensivi naturali, ma anche di una struttura somatica atta alla fuga; quanto ad acutezza dei sensi è superato dalla maggior parte degli animali e difetta di istinti autentici. In altre parole, in condizioni naturali, trovandosi, lui terricolo, in mezzo ad animali valentissimi nella fuga ai predatori più pericolosi, l'uomo sarebbe già da gran tempo eliminato dalla faccia della terra»<sup>5</sup>. Eppure, è ancora vivo e vegeto. Anzi è fonte di minaccia per tutti gli altri animali oltre che per la Terra medesima. Come mai? Perché l'uomo, sebbene nudo di istinti e di organi specializzati, è dotato di capacità previsionale, cioè riesce a prevedere, pianificare e modificare le proprie condizioni di sopravvivenza. L'uomo, dice Gehlen, va considerato come un «novello Prometeo», la cui intraprendenza e creatività gli consentono di compensare con le stampelle offertegli dalla tecnica le proprie deficienze biologiche, per cui ogni volta è capace di sfuggire ai diktat imposti dall'ambiente "naturale" in direzione di un ambiente "artificiale" a sua immagine e somiglianza: «Egli vive, per così dire, una natura artificialmente disintossicata, manufatta e da lui modificata in senso favorevole alla vita. Si può anche dire che egli è biologicamente condannato al dominio della natura»<sup>6</sup>. Anche da questi pochi cenni appare evidente come nell'impostazione gehleniana la natura non possa che apparire come una sorta di nemico che l'uomo, come tale, non ha che da combattere e vincere. Quest'essere biologicamente carente, così distante dalla completezza istintuale e organica degli animali, sarà allora tanto più se stesso quanto più si allontanerà dalla natura. E l'artificio tecnico è la via di questo allontanamento: l'uomo per essere se stesso deve realizzarsi come l'essere *anti-naturale*. Può apparire paradossale, ma questa impostazione non è poi così lontana da quella che Leopold avrebbe formulato da lì a qualche anno. Il naturalista Leopold e l'anti-naturalista Gehlen esprimono infatti due posizioni speculari. Independentemente dal "partito" di appartenenza, in entrambi i casi si ipotizza una sorta di scontro tra il naturale



e l'artificiale. Molto probabilmente qualche passo in avanti può aiutarci a compierlo Plessner (1892-1985). Ne *e l'uomo*, Plessner mette a punto una delle più influenti fenomenologie dell'essere vivente del secolo appena trascorso. In modo molto originale rispetto agli studi che l'avevano preceduto, egli si impegna a rendere la specificità dell'uomo sulla base di un unico principio di riferimento comune a tutti i viventi, dalle piante al resto degli animali. Questo principio è la *posizionalità*, vale a dire il grado o livello con cui ogni singolo vivente può porsi in relazione al proprio ambiente. Così, mentre per la pianta e per l'animale risulta impossibile cogliersi nell'ambiente nel quale vivono e – nel caso dell'animale – si muovono, per l'uomo è invece possibile vedersi in questo ambiente e così distinguere tra il proprio corpo e il proprio *io*. In altri termini, dice Plessner, mentre l'animale coincide sempre con il proprio corpo, grazie a cui, per esempio, recepisce gli stimoli che gli provengono dall'ambiente e, di conseguenza, agisce in esso, l'uomo è in grado di prendere distanza dalla propria corporalità, per cui egli è sia *il* proprio corpo sia nel proprio corpo, cioè è contemporaneamente un corpo che come tanti altri occupa semplicemente uno spazio nell'ambiente ma è anche un *io* che dispone di questo corpo. «L'animale vive a partire dal suo centro, all'interno del suo centro ma non vive come centro»<sup>7</sup>, l'uomo invece riesce a vivere anche come centro, riesce cioè a esperire la propria posizione nell'ambiente anche al di là dalla coincidenza con i propri confini organici. Per questo motivo, suggerisce suggestivamente il filosofo tedesco, l'uomo è un «essere eccentrico», è cioè un essere capace di «porsi alle proprie spalle»<sup>8</sup>. Ma se l'uomo, proprio in forza di questa sua eccentricità, è sia corpo che nel corpo, è sia oggettività che soggettività, sia pura materia vivente che puro spirito, in base a quale principio o struttura potrà assumere la sua giusta posizione nella natura? Se nell'uomo agisce questa sorta di opposizione tra eccentricità e vitalità, su cosa potrà mai fondarsi il suo proprio *modus vivendi*? Ed eccoci di nuovo alla coppia natura/artificio, ovvero alla nostra questione. Per Plessner così come per Gehlen, l'uomo vive quindi una situazione di profondo contrasto e lacerazione poiché a differenza dell'animale non coincide con sé e con il proprio ambiente ma se ne distacca. In alcuni passaggi le due posizioni sembrano addirittura indistinguibili, come quando Plessner dice che l'uomo per sentirsi sicuro e protetto ha bisogno di uscire dalla natura per seguire «la strada più lunga delle cose artificiali»<sup>9</sup>. Tuttavia, a differenza di Gehlen, l'autore de *I gradi dell'organico* mette in luce il fatto che il contrasto caratte-

ristico dell'esistenza umana (soggettività vs. oggettività, eccentricità vs. centricità) rimane decisamente all'interno della sua naturalità e non è in alcun modo assimilabile a quella sorta di acceleratore di distanze tra l'uomo e la natura quale è la tecnica gehleniana. L'uomo descritto dall'antropologia filosofica di Plessner non potrà mai apparire come un essere *anti-naturale* perché la sua artificialità non è uno strumento di allontanamento dall'ambiente ma è il modo attraverso cui quest'essere vivente risponde al suo messaggio *naturale* di essere eccentrico, cioè è il modo attraverso cui l'uomo vive il proprio ambiente. L'uomo, dice Plessner, è *naturalmente artificiale* e questa viene da lui giudicata come la prima *legge antropologica fondamentale*<sup>10</sup>. L'artificio tecnico, in questa prospettiva, è il modo attraverso cui l'azione dell'uomo risponde alla sua natura e non è affatto il modo attraverso cui egli si allontana da essa: «Soltanto perché l'uomo è per metà natura e sta (cosa essenzialmente connessa con quest'ultima) oltre se stesso, l'artificialità costituisce il mezzo attraverso il quale mettersi in equilibrio con il mondo»<sup>11</sup>. In base a queste parole si potrebbe dire che nell'uomo l'artificio è il nome della naturalità.

È evidente come, a differenza che in Gehlen, nella prospettiva aperta da Plessner l'uomo per essere se stesso non deve affatto allontanarsi dalla natura ma deve semplicemente realizzare la propria (eccentrica) naturalità. È evidente, inoltre, come in questa prospettiva perde ogni significato la possibilità di pensare di scindere, nell'uomo, i due poli del naturale e dell'artificiale e quindi di immaginare una sorta di moralismo dialettico ambientalista in base a cui opporre un uomo «naturale» e buono a un uomo «artificiale» e cattivo. Del resto basta un po' di ragionevolezza per rendersene conto, quella che non a caso anima le ultime pagine del libro di Crutzen, quan-

*L'animale coincide sempre con il proprio corpo, mentre invece l'uomo è in grado di prenderne distanza*

do scrive che «l'Antropocene è l'unica epoca geologica in cui la natura non è una forza esterna che domina sul destino degli uomini, ma siamo noi, al contrario, a determinare i suoi equilibri e pertanto siamo tutti chiamati a comportarci con saggezza e responsabilità». Con saggezza e con responsabilità significa, per Crutzen, con gli strumenti *artificiali* della scienza e della tecnologia.



^  
**Riferimenti bibliografici**

<sup>1</sup> Rimane utilissimo al riguardo, per suggestioni e analisi, il lavoro di P. Hadot, *Il velo di Iside. Storia dell'idea di natura*, tr. it. di D. Tarizzo, Einaudi, 2006.

<sup>2</sup> Cfr. P. Crutzen, *Benvenuti nell'Antropocene. L'uomo ha cambiato il clima, la Terra entra in una nuova era*, tr. it. a cura di A. Parlangeli, Mondadori, 2005.

<sup>3</sup> Cfr. S. Pisani, *L'Antropocene*, in «*Scienza e Società*», n. 1-2/2007, pp. 6-11, in part. cit. p. 8.

<sup>4</sup> A. Leopold, cit. in S. Bartolommei, *Etica, filosofia e coscienza ecologica. Introduzione a Leopold*, in «*Critica Marxista*», 4, 1987.

<sup>5</sup> A. Gehlen, *L'uomo. La sua Natura e il suo posto nel mondo*, tr. it. a cura di C. Mainoldi, Feltrinelli, Milano 1983, p. 60.

<sup>6</sup> *Id.*, *Prospettive antropologiche*, tr. it. di S. Cremaschi, Il Mulino, Bologna 1987, p. 69.

<sup>7</sup> H. Plessner, *I gradi dell'organico e l'uomo. Introduzione all'antropologia filosofica*, tr. it. a cura di V. Rasini, Bollati Boringhieri, Torino 2006, p. 360.

<sup>8</sup> *Ibid.*, p. 419.

<sup>9</sup> *Ibid.*, p. 367.

<sup>10</sup> Cfr. *Ibid.*, pp. 334 e ss.

<sup>11</sup> *Ibid.*, p. 344.

## Indagine sulla qualità dell'aria mediante licheni epifiti nella zona industriale di Terni

Romina Ciotti, Rita Guerrini, Olga Moretti, Camilla Natali, Chiara Piersanti

*L'Agenzia di protezione ambientale dell'Umbria, ospitando un progetto di ricerca finanziato dalla Comunità Europea della durata di 18 mesi, ha effettuato uno studio per la valutazione della qualità dell'aria sfruttando i licheni epifiti come bioindicatori*

I licheni sono organismi vegetali risultanti dalla simbiosi fra un fungo (in genere Ascomiceti, eterotrofi) e un'alga (alghe verdi o cianobatteri, autotrofi) (ANPA Manuali e Linee Guide 2/2001). Le alghe e i funghi si organizzano in modo tale da formare uno strato centrale, generalmente costituito da alghe, uno strato superiore e uno inferiore, rappresentati dai funghi. Questi ultimi strati vanno a costituire il cortex superiore e inferiore. Il cortex superiore è quello più esposto all'ambiente e porta le strutture deputate alla riproduzione, come gli isidi, gli apoteci e i sorredi; il cortex inferiore, presente soprattutto nelle specie foliose, è deputato all'ancoraggio del lichene al substrato attraverso le cosiddette rizine, estroflessioni del tallo simili a radici. Nella Fig.1 è riportata la sezione di un lichene vista al microscopio ottico e fotografata, in cui sono visibili sia le porzioni algali che fungine. Le principali forme di crescita dei licheni individuabili su base morfologica sono: crostosi (in cui il tallo è completamente aderente al substrato e privo di cortex), foliosi (in cui il tallo forma lobi più o meno ampi con un cortex superiore e uno inferiore) e fruticosi (in cui il tallo si sviluppa in modo tridimensionale mediante ramificazioni chiamate lacinie) (Fig. 2) (ANPA Manuali e Linee Guide 2/2001). Dal punto di vista ecologico i licheni rappresentano un gruppo di organismi capaci di sopravvivere in ambienti diversi a temperature comprese tra  $-20^{\circ}\text{C}$  e  $+70^{\circ}\text{C}$ ; sono ubiquitari e possono svilupparsi su qualsiasi tipo di substrato, come rocce, alberi, terreno e superfici di materiali particolari come cemento, tegole o asfalto (ANPA Manuali e Linee Guide 2/2001). La resistenza dei licheni alle temperature più proibitive è legata alla loro capacità di disidratazione del tallo; in questo modo essi entrano in uno stato di vita latente (riviviscenza) che gli permette di sopravvivere a condizioni di stress. Essi possono quindi restare in un periodo di quiescenza molto lungo fino all'instaurarsi di nuove condizioni favorevoli alla ripresa delle attività metaboliche. La rapidità con cui riescono a disidratarsi è favorita dalla mancanza della cuticola superficiale che negli organismi superiori, come le

piante, ha proprio la funzione di mantenere il bilancio idrico. La mancanza di cuticola, l'assorbimento delle sostanze direttamente dall'atmosfera, il lento tasso di accrescimento e la capacità di metabolizzare anche a basse temperature rendono i licheni ottimi bioindicatori della qualità dell'aria (ANPA Manuali e Linee Guide 2/2001; ARPA Sezione di Rimini, 2003; Miani, Skert, Grahonja, Mariuz, 2006). Un bioindicatore è un organismo che presenta variazioni morfologiche e fisiologiche in corrispondenza dell'intensità del disturbo ambientale a cui è sottoposto. Nel

*Le aree studiate sono tre: Maratta Bassa, Cesi, Massa Martana, e sono state scelte sulla base del Modello Previsionale delle Emissioni predisposto da Arpa*

caso dei licheni tale disturbo è rappresentato dal tasso di inquinamento presente nell'aria (Loppi, Frati, 2003; ARPA FVG, 2006). Il livello di inquinamento ha vari effetti sui licheni, come, ad esempio, lo scolorimento del tallo, la diminuzione della larghezza degli apoteci, la diminuzione della copertura del substrato e la riduzione del numero totale delle specie nello spazio (ANPA Manuali e Linee Guide 2/2001; Anderi, Baldi, Bortolas, 2005). La considerazione di tutti questi effetti ha permesso di stimare in modo qualitativo la qualità dell'aria in particolari zone della città di Terni selezionate, come già detto, sulla base del "Modello Previsionale delle Emissioni" Arpa.

Le aree di studio sono:

- **Via Vanzetti, Maratta Bassa**, prima periferia di Terni. Essa rappresenta la zona a massima ricaduta in quanto si trova nelle vicinanze dei tre termovalorizzatori. È caratterizzata da una forte presenza di attività antropiche di diversa natura.
- Cortile antistante la scuola primaria di **Cesi**, paese a circa 10 chilometri da Terni contradd-

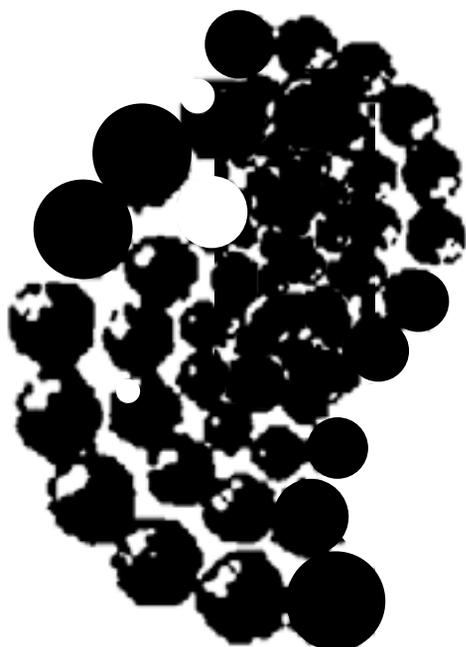




Figura 1 - Sezione verticale di un lichene folioso (Parmelia) in cui sono visibile la porzione algale e quella ifale

Figura 2 - Morfologie di licheni: crostosi, foliosi, fruticosi



distinto da un paesaggio collinare a ridosso delle montagne e abbastanza lontano da fonti inquinanti come i termovalorizzatori stessi, ferrovie e attività industriali. Pertanto Cesi è stata scelta come la zona a minima ricaduta.

- **Massa Martana**, a circa 30 Km da Terni, rappresentata da una zona boschiva con ampia biodiversità e lontana dalle fonti inquinanti. Per tale motivo è stata definita come zona di controllo o bianco.

### MATERIALI E METODI

Lo studio della qualità dell'aria nelle zone sopra citate è stato effettuato applicando le regole dettate dal "Manuale ANPA 2001". In tal modo si è operata la scelta dei forofiti su cui elaborare l'Indice di Biodiversità Lichenica (I.B.L.), delle UCP (Unità Campionarie Primarie, porzioni di terreno quadrate, 1x1 Km) e delle UCS (Unità di Campionarie Secondarie, porzioni di terreno circolari, Ø 250m). Di particolare importanza per lo studio affrontato è stato il lavoro di base svolto dall'Università "La Sapienza" di Roma in collaborazione con Arpa Umbria (2003) che ha costruito la Rete permanente di biomonitoraggio della regione Umbria inserita in quella nazionale elaborata dall'Anpa. Come risultato, la rete umbra consiste di 25 UCP, di cui 20 comprese nella provincia di Perugia e 5 in quella di Terni (Fig.3). Le UCP considerate sono state due: UCP n.3 – Santa Lucia, Terni (che comprende la zona a massima ricaduta di Maratta Bassa e la zona a minima ricaduta di Cesi) – e la UCP n.9 – Marsciano, Perugia che comprende la zona di controllo di Massa Martana. Nell'ambito di tali UCP è stata costruita una sottorete a maglie più piccole all'interno delle quali sono stati individuati i forofiti oggetto di studio. I campionamenti sono stati effettuati nell'anno 2007-2008, per un totale di 18 mesi. Per il calcolo dell'I.B.L. è stato utilizzato il reticolo posizionato a 1 metro da terra in corrispondenza dei quattro punti cardinali (Fig.4). Il reticolo è costituito da quattro subunità distinte formate da 5 quadranti (10x10 cm) all'interno dei quali sono state identificate e contate tutte le specie licheniche presenti. È importante ricordare che per ogni specie rilevata viene considerata la frequenza e non il numero di individui appartenenti ad essa. La somma degli I.B.L. relativi ai punti cardinali di ogni albero, e la somma degli I.B.L. di tutti i forofiti

Valore	Classe di naturalità/alterazione	Colore
>186	1 Naturalità molto alta	Blu scuro
156-186	2 Naturalità alta	Blu chiaro
126-155	3 Naturalità media	Verde scuro
94-124	4 Naturalità bassa/Alterazione bassa	Verde chiaro
63-93	5 Alterazione media	Giallo
32-62	6 Alterazione alta	Arancione
0-31	7 Alterazione molto alta	Rosso

Tabella 1 - Scala di naturalità per l'interpretazione dei valori di I.B.L.



Fig. 4 - Esempio di posizionamento del reticolo per il calcolo dell'I.B.L.



Figura 3 - UCP Umbria - Università "La Sapienza" Roma

esaminati, fornisce l'indice I.B.L. del sito. Poiché non è stato sempre possibile effettuare il riconoscimento delle specie licheniche in campo, alcune volte è stato necessario identificarle in laboratorio con l'ausilio delle chiavi dicotomiche (Nimis-Tretiach e ANPA, 2001), dello stereomicroscopio e del microscopio ottico (Whirt, 1995). La Tab.1 riporta la scala di naturalità a cui ci si riferisce per interpretare i valori di I.B.L. ottenuti.

## RISULTATI

Di seguito sono riportati i risultati ottenuti in ognuna delle aree oggetto dello studio:

### Maratta Bassa

La zona di Maratta Bassa è un'area soggetta a diverse fonti inquinanti, come l'elevato traffico veicolare, le attività industriali, e, soprattutto, la presenza dei tre termovalorizzatori ASM, Terni En.A. e PRINTER (l'impianto ASM ha sospeso le sue attività dal gennaio 2008). Inizialmente per lo studio di questa prima zona si era optato per la scelta di forofiti appartenenti alla specie *Tilia platyphillos*, Famiglia *Tiliaceae*; successivamente però sono stati sostituiti con *Quercus ilex*, Famiglia *Fagaceae* perché numericamente insufficienti e inadatti al rilievo a causa della presenza di importanti danni presenti sul fusto (vernici, escoriazioni, presenza di aree decorticate). *Quercus ilex* è una specie arborea non del tutto compatibile con quelle scelte nelle altre due zone di studio (*Tilia platyphillos* a Cesi, zona di minima ricaduta – *Quercus pubescens* a Massa Martana, controllo) e non elettiva per lo studio dei licheni, soprattutto per la sua corteccia che con il passare del tempo si divide in piccole scaglie poligonali nerastre rendendo il tronco strutturalmente non omogeneo. Nel caso di questo progetto, però, la scelta è stata obbligata a causa della circoscritta zona da esaminare. I forofiti scelti, comunque, sono tre (numero minimo sufficiente per poter portare avanti lo studio) e presentano le caratteristiche indispensabili a renderli adatti all'esame. Una iniziale analisi visiva basata sull'osservazione dei licheni ha permesso di dare un primo e generale giudizio circa le condizioni ambientali della zona. Attraverso l'osservazione della morfologia, del colore, del grado di copertura del substrato e della grandezza del tallo lichenico è possibile, infatti, comprendere gli effetti degli inquinanti su tali organismi. In particolare, gli alberi esaminati presentano un numero esiguo di specie: talli di piccole dimensioni e fragili al tatto, e scolorimento a causa della forte antropizzazione della zona. Gli apoteci, cioè le strutture deputate alla riproduzione sessuata, sono pochi e piccoli. Come è possibile evidenziare

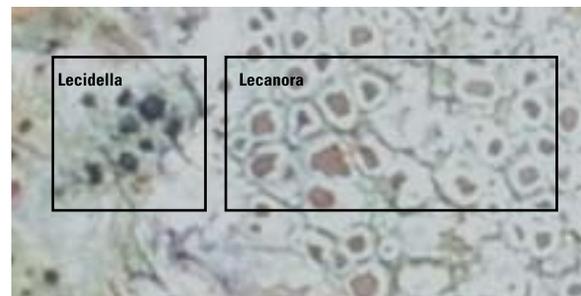


Figura 5 - Licheni crostosi, generi *Lecanora* e *Lecidella*

nella tabella 2, la metà dei licheni osservati appartiene a specie crostose (genere *Lecidella* e *Lecanora*, figura 5), cioè a organismi che, grazie alle loro ridotte dimensioni, offrono una minore superficie di scambio che li rende più resistenti all'attacco degli agenti tossici e inquinanti (Nimis, 1991). I licheni appartenenti a specie foliose e fruticose, invece, sono più sensibili agli effetti degli agenti inquinanti a causa delle loro dimensioni più sviluppate che permettono maggiori rapporti di scambio con l'ambiente. Inoltre, in ognuno degli alberi in corrispondenza di almeno un punto cardinale è massima la frequenza di *Xanthoria parietina*, lichene folioso ampiamente diffuso in ambienti fortemente antropizzati per la sua maggiore resistenza a condizioni di stress di varia origine (ARPAV, 2004). Il valore I.B.L della Stazione n.1 è pari a 68; l'area esaminata rientra quindi nella "Classe di naturalità/altezzazione" gialla, cioè quella corrispondente ad una "Altezzazione media".

### Cesi

Il paese di Cesi si trova a 10 Km da Terni ad un'altezza di circa 400 metri sul livello del mare, abbastanza lontano da fonti inquinanti e classificato dal "Modello Previsionale" come zona a "minima ricaduta". I forofiti scelti per l'ana-

*Un bioindicatore è un organismo che presenta variazioni morfologiche e fisiologiche in corrispondenza dell'intensità del disturbo ambientale a cui è sottoposto*

lisi dei licheni appartengono al genere *Tilia*, Famiglia *Tiliaceae* e sono collocati all'interno del cortile della scuola elementare del paese; sono in numero di tre e presentano tutti i requisiti che li rendono adatti allo studio. Essi sono caratterizzati da tronchi diritti e slanciati, rami robusti e

Area	Specie licheniche rilevate	I.B.L.		Classe naturalità/alterazione
<b>Maratta bassa</b> ( <i>Quercus ilex</i> )	<b>Crostosi:</b> Candelaria concolor, Lecanora, Lecidella elaeochroma <b>Foliosi:</b> Hyperphyscia adglutinata, Physcia adscendens, Xanthoria parietina	I.B.L. primo forofita	53	<b>Alterazione media</b>
		I.B.L. secondo forofita	73	
		I.B.L. terzo forofita	76	
		<b>I.B.L. Stazione n. 1</b>	<b>68</b>	
<b>Cesi</b> ( <i>Tilia platyphyllos</i> )	<b>Crostosi:</b> Candelaria concolor, Lecanora, Lecidella elaeochroma <b>Foliosi:</b> Hyperphyscia adglutinata, Parmelia borrieri, Parmelia caperata, Parmelia tiliacea, Phaeophyscia chloantha, Physcia adscendens, Physcia aipolia, Xanthoria parietina	I.B.L. primo forofita	101	<b>Naturalità bassa/Alterazione bassa</b>
		I.B.L. secondo forofita	99	
		I.B.L. terzo forofita	86	
		<b>I.B.L. Stazione n. 2</b>	<b>95</b>	
<b>Massa Martana</b> ( <i>Quercus pubescens</i> )	<b>Crostosi:</b> Caloplaca, Lecanora, Lecidella Elaeochroma, Phlyctis, Pertusaria <b>Foliosi:</b> Anaptychia ciliaris, Hyperphyscia adglutinata, Parmelia acetabulum, Parmelia quercina, Parmelia soredians, Parmelia tiliacea, Physcia adscendens, Physcia biziana, Physcia leptalea, Physcia tenella, Physconia distorta, Xanthoria parietina	I.B.L. primo forofita	120	<b>Naturalità bassa/Alterazione bassa</b>
		I.B.L. secondo forofita	103	
		I.B.L. terzo forofita	119	
		<b>I.B.L. Stazione n. 3</b>	<b>114</b>	

Tabella 2 - Valori di I.B.L. con corrispondenti "Classi di naturalità/alterazione" relative alle area esaminate

chioma densa, fitta e ampia a formare una cupola. L'osservazione delle specie ha rilevato talli grandi, vivacemente colorati, con le strutture deputate alla riproduzione sessuata e asessuata (apotecii, soredi e isidi) ben evidenti anche ad occhio nudo; segno evidente che queste specie licheniche si trovano in un ambiente più libero da sostanze tossiche rispetto a quelle di Maratta Bassa. Dalla tabella 2 è possibile evidenziare la presenza di molte più specie licheniche foliose rispetto al sito di Maratta Bassa. Infatti in tutti e tre i forofiti sono rilevabili licheni appartenenti al genere *Parmelia* (come *P. borrieri*, *P. caperata* e *P. tiliacea*), *Phaeophyscia* e *Physcia* che nella Stazione 1 non erano affatto presenti. A testimonianza delle condizioni migliori in cui si trovano tali forofiti c'è la presenza del lichene folioso *Parmelia caperata* (*Flavoparmelia caperata*) (ARPAV, 2004). Tale lichene tipico delle zone temperate con microclima né particolarmente umido né particolarmente secco, è molto sensibile ai fenomeni di inquinamento e quindi la sua presenza, anche se minima rispetto alla flora lichenica totale, fa pensare a una diminuzione della concentrazione degli inquinanti a Cesi. Il calcolo dell'I.B.L. ha dato il risultato pari a circa 95, che equivale allo stato di Naturalità/Alterazione "verde chiaro", cioè "Naturalità Bassa/Alterazione Bassa".

#### Massa Martana

Massa Martana rappresenta il sito di controllo e come tale è caratterizzato da un ambiente privo, almeno nelle immediate vicinanze, di fonti inquinanti come fabbriche, industrie e traffico, essendo una zona prevalentemente coltivata e boschiva. I forofiti scelti appartengono alla Famiglia *Fagaceae*, genere *Quercus*, specie *Quercus pubescens* e sono collocati all'interno di un giardino privato.

Dall'indagine effettuata è possibile constatare come il sito in esame abbia una situazione ambientale differente rispetto a quella delle altre due zone, Maratta Bassa e Cesi. Infatti, anche se l'I.B.L. ottenuto a Massa Martana ricade nella stessa fascia di quello di Cesi (I.B.L. 114, "Naturalità bassa/Alterazione bassa") è comunque vero che per certi aspetti il quadro generale che si presenta a Massa Martana è migliore. Da un'analisi visiva quello che si evince è l'ampio grado di copertura dei fusti dei forofiti presenti. Essi appaiono, infatti, completamente ricoperti da licheni ap-

*La zona sottoposta a maggior stress ambientale è Maratta Bassa dove più alta è la concentrazione di fonti di inquinamento*

partenenti, soprattutto, a generi foliosi quali *Xanthoria*, *Physcia*, *Physconia* e *Parmelia*. Anche a livello cromatico è importante notare come a parità di specie i colori dei licheni osservati nella zona di controllo siano molto più vivaci e intensi di quelli delle specie licheniche rilevate nelle altre due zone. Inoltre, dalla valutazione delle strutture deputate alla riproduzione sessuata, cioè gli apotecii, è possibile dedurre quanto siano maggiormente favorevoli allo sviluppo dei licheni le condizioni ambientali in cui essi si trovano, in quanto tali apparati risultano possedere dischi grandi e ben visibili anche ad occhio nudo. Per di più, i lobi dei licheni appartenenti al genere *Parmelia* appaiono più rigogliosi e consistenti al tatto rispetto a

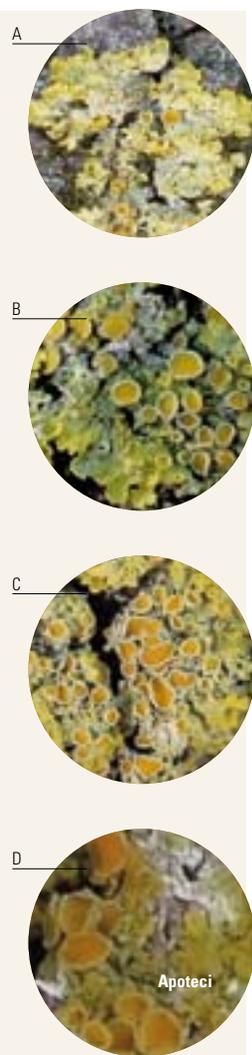


Figura 6  
Confronto fra la stessa  
specie lichenica, *Xanthoria  
parietina*, rilevata nelle tre  
aree di studio:  
a) Maratta Bassa,  
b) Cesi,  
c) Massa Martana,  
d) particolare di apotecia  
lecanorini

quelli degli altri due siti che, laddove presenti, sono spesso sciupati e deteriorati. Come accennato precedentemente, gli effetti degli inquinanti sui licheni sono visibili a lungo termine anche ad occhio nudo, analizzando le loro caratteristiche macroscopiche e cromatiche. Gli aspetti macroscopici da valutare sono la grandezza del tallo, il suo grado di copertura, la grandezza del disco degli apotecia, il colore del tallo, l'ampiezza dei lobi, la resistenza del tallo. È stato possibile valutare questo tipo di cambiamenti considerando il lichene folioso *Xanthoria parietina* di colore giallo vivo con apotecia lecanorini, cioè apotecia che presentano un disco interno di colore arancio e un margine dello stesso colore del tallo (figura 6). L'aspetto cromatico e la grandezza dei lobi di *X. parietina* permettono di valutare le variazioni ambientali che avvengono in una zona a causa del tasso di inquinamento. Osservando l'immagine (figura 6) è possibile paragonare la stessa specie lichenica (*X. parietina*) nei tre siti esaminati: Maratta Bassa, Cesi e Massa Martana. Partendo dal presupposto che le foto siano state scattate con la stessa fotocamera e con lo stesso ingrandimento 10x, quello che ne risulta è una differenza evidente sia a livello cromatico che di dimensioni del tallo. Infatti, mentre il lichene della zona di Maratta Bassa (a) ha un colore sbiadito e presenta un numero basso di apotecia di piccole dimensioni, man mano che ci si allontana da tale sito a massima ricaduta si avverte un miglioramento delle condizioni ambientali. A Cesi (b), infatti, il colore del lichene risulta più vivo, il tallo aumenta di dimensioni e i lobi acquistano un aspetto più consistente. Se ci spostiamo poi a Massa Martana (c) è evidente il miglioramento di tutti gli aspetti considerati: il colore del tallo e degli apotecia è deciso e gli apotecia stessi sono grandi e numerosi. In questi 18 mesi è stato effettuato un campionamento per ogni sito, ma è importante puntualizzare che questo tipo di indagine, ovviamente, necessita di più tempo e di un numero maggiore di campionamenti per poter stabilire le variazioni delle condizioni generali di un sito. Il nostro lavoro, dunque, può essere considerato l'inizio di un monitoraggio che per essere significativo dovrebbe essere effettuato almeno per alcuni anni. È noto che gli effetti sui licheni sono visibili solo dopo una esposizione prolungata e se ci sarà ancora l'opportunità di continuare questo tipo di studio nei prossimi anni, sarà possibile attraverso indagini epidemiologiche, definire anche gli effetti che le polveri e gli inquinanti in generale hanno sulla salute umana. Alla fine del nostro lavoro e alla luce dei risultati ottenuti, quello che si può affermare è lo stato di deterioramento e lo stress ambientale a cui è sottoposta la zona di Maratta Bassa, dove è alta la concentrazione di fonti di inquina-

mento. È importante, inoltre, sottolineare che questo studio non permette di avere risultati quantitativi ma solo qualitativi; non è dunque possibile quantificare l'effetto degli inquinanti sugli organismi e tanto meno stabilire quale sostanza fra tutte influisce in maniera più negativa delle altre. A tal fine occorrerebbe approfondire l'indagine utilizzando i licheni come bioaccumulatori. Conferma del fatto che la zona di Maratta Bassa è sottoposta ad uno stress ambientale maggiore rispetto agli altri due siti sono anche i dati ottenuti dagli altri studi condotti nelle stesse zone nello stesso periodo incentrati sul monitoraggio chimico dell'aria e del suolo e sullo studio delle api e del miele come bioindicatori della qualità dell'aria. In particolare, le analisi di IPA, particolato atmosferico, sostanze gassose, PCB e metalli nelle matrici suolo e aria hanno permesso di dimostrare che le concentrazioni di tali sostanze sono più elevate nella zona di Maratta Bassa rispetto alle altre due zone oggetto di studio. Inoltre, i risultati ottenuti dalle analisi di IPA e metalli pesanti effettuate sul miele e sulle api confermano che nella zona limitrofa ai tre termovalorizzatori si verifica una deviazione dalle condizioni normali dei componenti degli ecosistemi considerati.

#### Riferimenti bibliografici

- Anderi P., Baldi D., Bortolas D. (2005). Bioindicazione della qualità dell'aria mediante l'uso di licheni epifiti; Agenda 21 Laghi, 11-12.
- ANPA (2001). I.B.L. Indice di Biodiversità Lichenica, Manuale ANPA; Manuali e Linee Guida 2/2001
- APAT - Università di Roma "La Sapienza" (2003). Dipartimento di Biologia Vegetale "Rete di biomonitoraggio permanente in Italia centrale con l'Indice di Biodiversità Lichenica (I.B.L.) Umbria con la collaborazione dell'ARPA Umbria.
- ARPA Sezione di Rimini, Provincia di Rimini (2003). Biomonitoraggio della qualità dell'aria nel territorio della provincia di Rimini mediante la biodiversità dei licheni epifiti; Provincia di Rimini.
- ARPA Umbria (2006). Studio per la valutazione di ricaduta al suolo di Polveri Sospese Totali da impianti di Termovalorizzazione Area di Maratta - Comune di Terni. Rapporto tecnico.
- ARPAV (2004). Biomonitoraggio della qualità dell'aria nella provincia di Treviso (Siniestra Piave) mediante l'impiego di licheni epifiti; Dipartimento di Treviso, 25-26.
- Loppi S., Frati L. (2003). Biomonitoraggio della qualità dell'aria tramite licheni epifiti nel territorio interessato dalla centrale Turbogas presso lo zuccherificio Sadam.
- Università degli Studi di Siena - Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti"; Comune Jesi, 1-9.
- Miani N., Skerr N., Grahonja R., Mariuz M. (2006). Biomonitoraggio dell'inquinamento da gas fitotossici della provincia di Trieste tramite licheni come bioindicatori; Relazione finale, 2-9.
- Miani N., Skerr N., Grahonja R., Mariuz M. (2006). Atlante dei licheni epifiti più comuni rinvenuti in studi di biomonitoraggio ambientale nella provincia di Trieste. ARPA FVG, Dipartimento di Trieste, 1-9.
- Nimis P.L. (1991) I licheni come bioindicatori dell'inquinamento atmosferico "La qualità dell'aria"; Università di Trieste, Dipartimento di Biologia
- Tretiacch M. Chiavi analitiche per l'identificazione dei più comuni licheni epifiti d'Italia. Dipartimento di Biologia, Università di Trieste.
- Whirt V., (1995). Die Flechten Baden-Württembergs. Ulmer & Co., Stuttgart. 2 voll.

#### Note

- <sup>1</sup> [www.uklichens.co.uk.pictureindex.html](http://www.uklichens.co.uk.pictureindex.html)
- <sup>2</sup> [http://space.comune.re.it/cca/scuola/pagine/ipertesti/licheni/cap4\\_chiavi/lista3.html](http://space.comune.re.it/cca/scuola/pagine/ipertesti/licheni/cap4_chiavi/lista3.html)
- <sup>3</sup> [www.dryades.eu](http://www.dryades.eu)



## Il telerilevamento per lo studio dei canneti del Trasimeno

Mariano Bresciani, Claudia Giardino, Mauro Musanti

*I canneti rappresentano un elemento estremamente importante per l'equilibrio dell'ecosistema lacustre, oltre che un utile bioindicatore del suo stato di salute. Una ricerca promossa da Arpa e condotta dal CNR-IREA ne ha studiato diffusione e caratteristiche*

Gli ecosistemi o sistemi ecologici, definibili come l'insieme delle interazioni tra specie animali, vegetali ed ambiente fisico in uno spazio definito (Tansley<sup>1</sup>, 1935), sono strettamente dipendenti dai flussi di energia, carbonio e nutrienti necessari alla vita (Odum<sup>2</sup>, 1989). La complessità di tutte le interazioni e flussi osservabili negli ecosistemi, rende difficile la gestione dei suoi equilibri, molto delicati e dipendenti da molteplici fattori. L'unico approccio per la loro comprensione e la formulazione di strategie di protezione e gestione equilibrate e non impattanti è olistico e multidisciplinare; un'integrazione del maggior numero di competenze e informazioni che permettano una osservazione il più possibile esaustiva.

Il lago Trasimeno è un esempio di ecosistema fortemente complesso, in cui l'elemento acqua condiziona ed è condizionato da tantissimi differenti parametri. Considerato ZPS (Zona di Protezione Speciale) dal 2000, con una superficie inclusa di 14.607 ettari, in queste aree l'associazione elofitica caratterizzante la zona costiera è il *Phragmitetum australis*. Al fine di poter acquisire un'osservazione ampia ed esaustiva dell'eterogeneità delle caratteristiche e delle problematiche del lago, Arpa Umbria ha avviato una serie di ricerche tematiche, ciascuna focalizzata su un determinato aspetto ecologico-ambientale che abbia come risultato l'omogeneizzazione dei dati, in un ampio quadro costruttivo per fini gestionali.

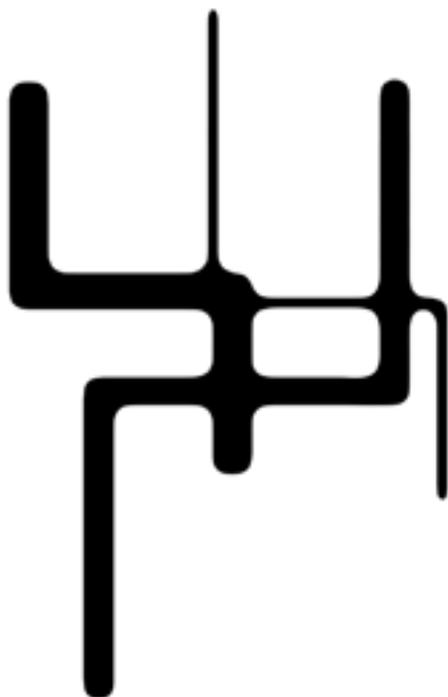
### ECOLOGIA DEI CANNETI

Le caratteristiche fisiologiche, la struttura, le modalità di associazione rendono il *Phragmitetum australis* particolarmente importante negli equilibri del lago Trasimeno. Queste elofite sono una nicchia ecologica per una grandissima varietà di animali che vi trovano rifugio, luogo di nidificazione e di alimentazione; basti pensare che nelle zone protette del lago sono state segnalate 199 specie di uccelli, di cui 79 nidificanti e 19 incluse nella Lista Rossa nazionale. Il *Phragmites*, insieme ad altre macrofite acquatiche,

è saldamente ancorato al substrato nel cui sedimento forma una complessa rete di rizomi e radici dotati di ampi canali auriferi. Queste vie permettono la diffusione dell'ossigeno nei sedimenti consentendo sia di instaurare popolazioni di decompositori aerobi molto più efficienti nella decomposizione del detrito degli organismi anaerobi, sia di evitare la formazione di composti chimici secondari tossici. Oltre a questa importante funzione, l'apparato radicale dei canneti stabilizza il terreno e previene il trasporto di particolato dalla riva al corpo d'acqua. Infine, sullo stelo dei canneti, si forma una guaina d'organismi epifiti che hanno una grande capacità di metabolizzare i nutrienti e di abbattere la carica batterica. Tale importanza ecologica, associata alla notevole estensione e alle problematiche connesse alla loro gestione, rendono i canneti una priorità del focus sul Trasimeno. Bisogna infatti sottolineare come nel nord Europa, negli ultimi decenni, la vegetazione sponale a dominanza di *Phragmites australis* è andata incontro a fenomeni di declino dovuti alla sindrome di *die-back* (Van der Putten, 1997<sup>3</sup>). Questa sindrome comporta la regressione del canneto dalle stazioni con acque a profondità maggiori, l'assottigliamento dei culmi, modificazioni anatomiche dei rizomi, fino alla degenerazione generalizzata del canneto.

### L'UTILIZZO DEL TELERILEVAMENTO

Il telerilevamento può essere descritto come una tecnica che sfrutta il diverso modo in cui le superfici naturali interagiscono con l'energia elettromagnetica proveniente da una sorgente per ottenere informazioni sulle loro caratteristiche. L'interazione tra l'energia solare incidente e la superficie naturale lascia una "traccia", chiamata firma spettrale. Le firme spettrali delle superfici naturali possono essere misurate sia da spettroradiometri di campo, sia da sensori montati su piattaforme satellitari o aeree che permettono l'osservazione sinottica di vaste porzioni di territorio. I dati raccolti da questi strumenti,



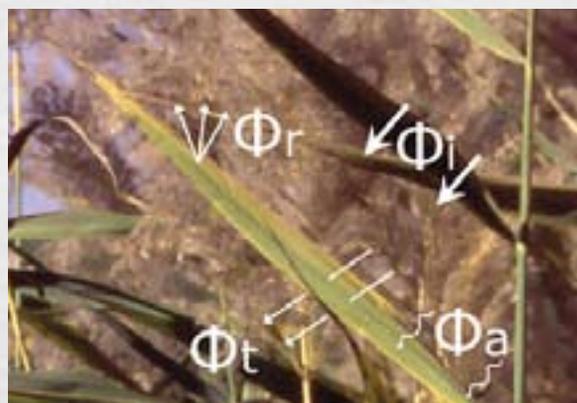
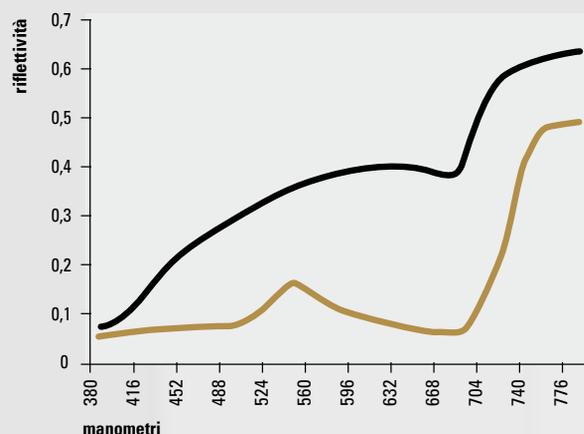


Figura 1 - Sopra, principali fenomeni di interazione tra l'energia elettromagnetica incidente ( $i$ ) e la superficie fogliare dei canneti che può rispettivamente assorbita ( $a$ ), rifletterla ( $r$ ) e trasmetterla ( $t$ ). Sotto, firma spettrale della foglia dei canneti; in magenta, una firma caratteristica di una cannuccia di palude in buono stato di salute, in blu una firma di cannuccie di palude secche



opportunamente elaborati, consentono di ottenerne informazioni sulle proprietà bio-geofisiche delle superfici. L'esito finale del processo è generalmente la produzione di mappe tematiche che forniscono informazioni utili per lo studio e la gestione dell'ambiente. La ricerca condotta dal CNR-IREA si è concentrata sullo studio dei fenomeni di regressione e di presenza della sindrome di *die back* dei canneti del Trasimeno, attraverso tecniche di telerilevamento che sfruttano la componente elettromagnetica del visibile (VIS) e vicino infrarosso, o *near-infrared* (NIR). Le cui energie, essendo motore della fotosintesi, condizionano il vigore dei canneti e quindi le loro possibilità di sviluppo. I dati telerilevati analizzati in questo studio comprendono sia immagini satellitari, sia misure radiometriche di campo.

## MATERIALI E METODI

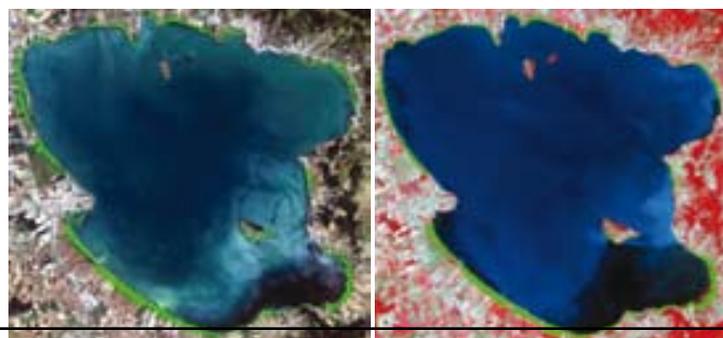
Le tecniche del telerilevamento utilizzate per caratterizzare l'associazione vegetale a *Phragmites australis* del lago Trasimeno sono state le seguenti:

- **dal alto** con l'utilizzo di immagini satellitari, tecniche di classificazione automatica che ne permettono la discriminazione da altre superfici e l'applicazione di indici di vegetazione per valutarne lo stato di salute;
- **dal basso** con l'utilizzo di ceptometro, per la valutazione della biomassa, elemento che contraddistingue i canneti, indicate tra le associazioni vegetali erbacee più produttive. Le immagini satellitari sono state acquisite da differenti sensori: due scene QuickBird del 11/09/04 e del 06/09/05, due scene AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*) del 08/07/07 e del 23/06/08 ed una scena ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) del 22/06/03. Le immagini si contraddistinguono per differenti caratteristiche di risoluzione spaziale: nell'ordine di un metro per i dati QuickBird e rispettivamente di 15 m e 10 m per ASTER e AVNIR-2.

Attraverso l'utilizzo di classificatori automatici che sfruttano il diverso comportamento spettrale delle superfici, le aree a canneto sono state separate da altri tipi di copertura (acqua, suolo nudo, altra vegetazione, urbanizzato), permettendo di stimarne la copertura areale nei diversi anni. Inoltre, per le immagini satellitari comprensive di *band* nella regione del VIS e del NIR, è possibile derivare indici sintetici utili per valutare il vigore della vegetazione e dei canneti in particolare. In questo lavoro è stato utilizzato l'indice NDVI, differenza normalizzata tra il valore di riflettanza nella banda del rosso (672 nm) e del NIR (780 nm), che può essere applicata a tutti i pixel dell'immagine:

$$NDVI = \frac{\text{Rif. } 780\text{nm} - \text{Rif. } 672\text{nm}}{\text{Rif. } 780\text{nm} + \text{Rif. } 672\text{nm}}$$

Le misure radiometriche di campo, effettuate con il ceptometro AccuPAR LP-80 per la misura della componente della radiazione fotosinteticamente attiva (PAR), hanno permesso di derivare l'Indice di Area Fogliare (LAI), definito come l'area di superficie fogliare vivente per area di superficie di suolo. Il LAI, indicatore della densità della chioma e della biomassa, dipende da fattori sia fisiologici sia strutturali: la composizione specifica, la fase di sviluppo dell'associazione vegetale, le condizioni del sito in cui si misura il parametro. Per caratterizzare il LAI dei canneti del Trasimeno sono state svolte tre cam-



*Figura 2 - A sinistra immagine a falsi colori del lago Trasimeno acquisita dal sensore ASTER il 22 giugno del 2003, a destra immagine a colori reali acquisita dal sensore AVNIR del 23 giugno del 2008. In verde sono evidenziati i canneti ottenuti dal processo di classificazione automatica delle immagini*

pagne nei mesi di maggio, luglio e settembre 2008, in più di dieci areali a canneto che hanno permesso di valutarne la variabilità temporale e spaziale lungo l'intero perimetro lacuale.

#### **LA DIMINUZIONE AREALE DEI CANNETI**

L'analisi delle immagini satellitari ha permesso di quantificare la superficie areale della superficie a canneto della zona costiera del lago: nel 2003 è risultata essere di 388 ettari, nel 2008 di 370 ettari. Questi risultati sono stati confrontati con la mappa di copertura del suolo di Cecchetti et al.<sup>4</sup> del 2005, che aveva fornito una stima di 356 ettari di canneti. Il confronto ha evidenziato la diminuzione della copertura

*Lo studio ha consentito di identificare una serie di specifiche operazioni di gestione dei canneti, indispensabili per la loro salvaguardia*

areale dei canneti, riportando la situazione del Trasimeno ad un comportamento osservato anche nel nord est europeo. Rispetto ai dati di Cecchetti del 2005, il risultati ottenuti dall'immagine AVNIR-2 del 2008 mostrano un leggero aumento di superficie. I risultati del 2005 sono indicatori di un'annata di criticità per i canneti, come mostrato anche dalla fotointerpretazione dei dati QuickBird, grazie ai quali si è potuto quantificare la formazione di piscine interne ai canneti, come nel caso dell'Oasi a Panicale in cui, dal 2004 al 2005, si sono persi 0,55 ettari di vegetazione. La riduzione di copertura areale dei canneti nelle zone con livelli acqua più elevati conferma le problematiche generali dei canneti in cui si ha un accumulo di materiale organico e una riduzione del tasso di germinazione come spiegato per altre aree geografiche da Sinnassamy e Mauchamp<sup>5</sup> nel 2001.

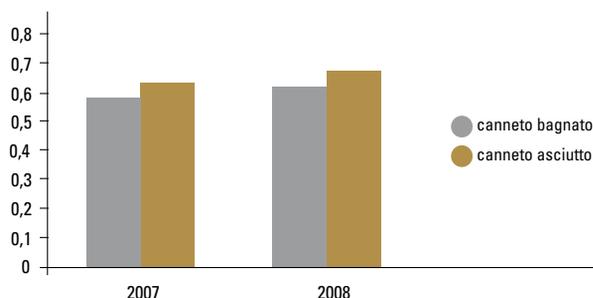


Figura 3 - Valori medi di NDVI ottenuti dall'elaborazione delle immagini satellitari del 08/07/07 e del 23/06/08 acquisiti dal sensore AVNIR. I valori nelle zone in acqua sono inferiori rispetto a quelle più asciutte. Inoltre, nel 2008 si è registrato un leggero aumento dei valori medi NDVI

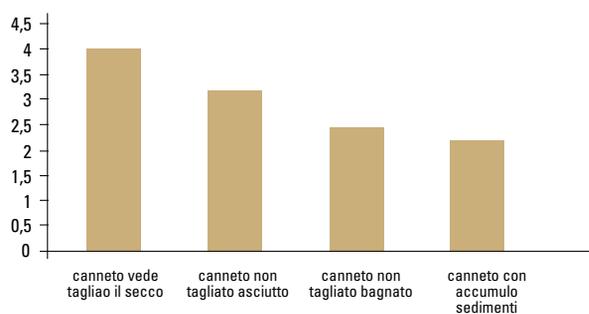


Figura 4 - Valori di LAI (in m<sup>2</sup>m<sup>2</sup>) misurati a fine maggio nel canneto di Rio Pesca in differenti zone. Questo canneto stato sottoposto a sfalcio nel 2007 ed è evidente come le aree tagliate abbiano i valori di LAI più elevati. Dove invece c'è un eccessivo accumulo di sedimenti, nelle zone maggiormente interessate dal trasporto delle onde del lago, i valori di LAI sono più a

### LO STATO DI SALUTE DEI CANNETI

L'applicazione dell'indice NDVI alle immagini corrette e georeferite ha permesso di valutare lo stato di salute dei canneti costieri. I valori di NDVI medi, calcolati su un areale di circa 22 ettari, sono stati di 0,68 nel 2003, di 0,60 nel 2007 e di 0,63 nel 2008. Queste differenze possono essere una conseguenza sia delle variazioni dei livelli

*Fenomeni di regressione, modificazione e di degenerazione rischiano di mettere gradualmente a rischio la presenza di queste importanti elofite*

sia della qualità delle acque del lago. Differenziando infatti gli areali a canneto in funzione della loro vicinanza alla linea costiera e quindi dell'interazione con le acque

del lago, si è osservato (figura 3) come le parti maggiormente bagnate risultino in condizioni fisiologicamente più deficitarie (valori più bassi di NDVI) rispetto a quelli meno a contatto con l'ambiente acquatico (valori maggiori di NDVI). Questo risultato è stato confermato dai dati di campo: nel periodo maggio-giugno, infatti, i canneti bagnati hanno valori di LAI molto inferiori rispetto a quelli asciutti (figura 4). Da questi risultati si evince come la rimozione del materiale organico, predisposto grazie a operazioni di gestione delle aree a canneto, possa essere un fattore positivo nel guidare la capacità di crescita delle cannuce di palude e quindi sulla loro biomassa. Viceversa l'accumulo di sedimenti comporta una riduzione della biomassa a causa dell'instaurarsi di condizioni anossiche che rendono più difficile la sopravvivenza dei rizomi. A livello stagionale i valori di LAI più elevati sono stati osservati al culmine della stagione di crescita (luglio), questo è caratteristico a livello fisiologico, poiché da luglio in poi, la fioritura comporta una dissipazione di energia tutta utilizzata per la futura produzione di polline. A livello scientifico è riconosciuto come le quantità di azoto e fosforo e la biomassa dei canneti siano utilizzabili per valutare lo stato trofico dei laghi. I canneti divengono quindi bioindicatori dello stato di salute delle acque dei laghi; a parità di altre condizioni, i valori di LAI crescono con i livelli trofici delle acque. Confrontando i valori di LAI medi del lago Trasimeno con quelli del Garda (lago oligo-mesotrofico), rilevati con la stessa metodologia (CRA Sirmione<sup>6</sup>), si è notato che nel caso del Garda i valori sono di 4,1 (± 1,1) m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup> mentre per il Trasimeno di 5,07 (± 1,27) m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup>. La bioindicazione fornita dai canneti è quindi in accordo con i dati di qualità delle acque del lago (Arpa Umbria<sup>7</sup>). Un'ultima nota estraibile dai valori di LAI è che nei periodi vegetativi (maggio-luglio) valori inferiori di 3 m<sup>2</sup>m<sup>-2</sup> sono sintomatici di possibile presenza di *die back*. Purtroppo nei canneti più a contatto con l'acqua e in alcuni canneti di San Feliciano e di Passignano si sono registrati valori caratteristici della presenza di questa problematica della cannuccia di palude.

### PROSPETTIVE FUTURE

Lo studio ha permesso la caratterizzazione delle aree a canneto del lago Trasimeno che sono risultate in una situazione di equilibrio precario. La tendenza alla diminuzione e la presenza di zone con problematiche a livello di stato di salute dovrebbero incentivare una maggiore attenzione, attraverso operazioni di tutela e gestione di



questi ecosistemi così importanti. Le operazioni di gestione delle aree a canneto sono da tempo prassi comune a livello mondiale; obiettivo generale della gestione di un canneto è permettergli di assicurare correttamente le importanti funzioni di habitat e di conservazione della biodiversità, ruolo nel ciclo dell'acqua (quantità e qualità), funzioni socio-economiche. Tra le operazioni di gestione la pratica della falciatura invernale deve essere accompagnata da opportune precauzioni quali la rimozione del materiale tagliato (compresi, rifiuti e componente organica accumulata sul substrato), l'asportazione dei rifiuti, il non danneggiamento dei rizomi e un taglio alternato tra i canneti e all'interno dei canneti (zone a zero, zone sopra il livello delle acque, zone non tagliate) al fine di mantenere inalterata la possibilità di rifugio per gli animali.

#### Riferimenti Bibliografici

<sup>1</sup> Tansley A.G., 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Forest Ecology and Management*. 16: 284-307.

<sup>2</sup> Odum E.P., 1989. *Ecology and Our Endangered Life-Support Systems*. Sinauer Associates, Inc., Publishers. Sunderland, Massachusetts. 283 p.

<sup>3</sup> Van der Putten W. H., Peters B. A. M. and Van den Berg M. S., 1997. Effect of litter on substrate conditions and growth of emergent macrophytes. *New Phytologist*, 135: 527-537.

<sup>4</sup> Cecchetti A., Ficola M., Lazzarini G., Pedini A. and Segantini F., 2005. Vegetazione, habitat di interesse comunitario, uso del suolo del Parco lago Trasimeno. *Relazione Parco del lago Trasimeno*.

<sup>5</sup> Sinnassamy J.M. and Mauchamp A., 2001. *Roselieres: gestion fonctionnelle et patrimoniale*. Atelier Technique des Espaces Naturels, ATEN, Cahiers Techniques 63, Montpellier.

<sup>6</sup> [www.crasirmione.it](http://www.crasirmione.it)

<sup>7</sup> [www.arpaumbria.it](http://www.arpaumbria.it)

agination walks



## La contaminazione degli acquiferi alluvionali umbri da composti organo-alogenati

Nicola Morgantini, Luca Peruzzi, Sonia Renzi

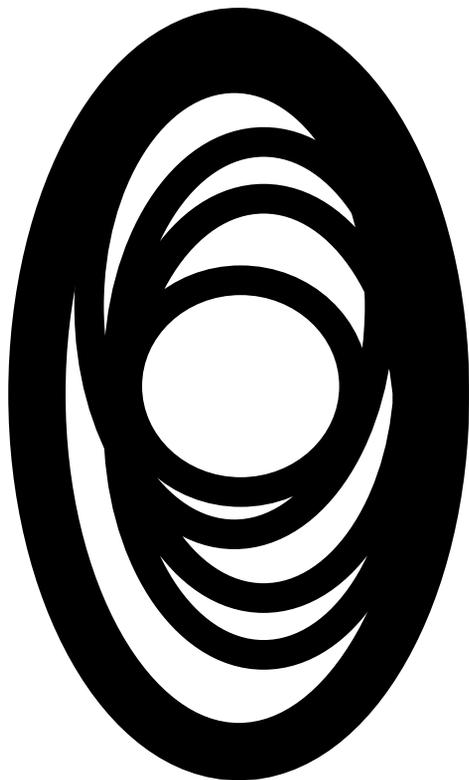
*La decennale esperienza di controllo degli acquiferi di interesse regionale attraverso una Rete di monitoraggio dedicata, ha avuto come obiettivo principale la definizione dello stato ambientale, quale prodotto delle condizioni qualitative e quantitative dei corpi idrici sotterranei*

Solo nel 1998, con l'avvio del *Progetto PRISMAS* (Progetto Interregionale di Sorveglianza e Monitoraggio delle Acque Sotterranee) ed a seguito delle indicazioni della Direttiva 98/83/CE, i composti organo-alogenati (AOX) sono stati inseriti nei protocolli di monitoraggio degli acquiferi (corpi idrici significativi) umbri. Prima di allora tali rilevazioni venivano effettuate con sistematicità solo sulle acque potabili. Dal 1998 e per i primi tre anni di esecuzione del suddetto Progetto, l'embrionale Rete regionale di monitoraggio ha consentito la rilevazione di una pluralità di "positività" di concentrazione da AOX, che hanno interessato tutti gli acquiferi alluvionali di interesse regionale. Tali positività sono state periodicamente segnalate all'Agenzia nazionale per l'ambiente, al Ministero dell'Ambiente, alla Comunità Europea e al competente Assessorato regionale e, solo dal 2002, la concentrazione di AOX è stata inserita nei criteri di classificazione della qualità dei corpi idrici sotterranei come media dei valori su un periodo significativo che, nel caso degli acquiferi umbri ha riguardato il periodo 1998-2001.

Il *Progetto PRISMAS* anticipava di circa due anni l'attuazione della Direttiva 98/83/CE (con il D.Lgs. 152/99) e aveva come obiettivo di breve termine la validazione della rappresentatività della rete di monitoraggio, quale prerequisite essenziale per la sua natura funzionale. In questa fase le indicazioni di tutti i dati avevano ovviamente l'unico ruolo di soddisfare tale obiettivo anche perché, parallelamente, oltre alla rappresentatività della rete, si ricercava quella dei metodi di campionamento, delle misurazioni sul campo, delle determinazioni analitiche di laboratorio. In altri termini si ricercava la rappresentatività del dato attraverso la qualità complessiva delle fasi che lo producono. Per questo motivo veniva rinviato a dopo il consolidamento di un set di dati significativo il ragionamento complessivo sul valore assoluto del dato, che avrebbe in seguito completato il processo di validazione della rappresentatività della rete di monitoraggio nel caso di microinquinanti sito-specifici, tra i quali gli AOX.

### DALLE "POSITIVITÀ", ALLA CONTAMINAZIONE D'AREA: LA SORGENTE

La gamma di specie inquinanti riscontrate mediante il monitoraggio degli acquiferi e la loro distribuzione areale consentono di distinguere due gruppi fondamentali: quello delle specie "ubiquitarie" e quello delle specie "puntuali". Tale distinzione deriva da una diversa distribuzione della sorgente di contaminazione che, nel caso delle specie ubiquitarie, è ubiquitaria essa stessa, mentre nel caso di quelle puntuali è essenzialmente sito-dipendente e sito-specifica. Un esempio di inquinanti ubiquitari sono i nitrati, immessi uniformemente nel terreno dalle pratiche agricole per la fertilizzazione dei terreni di coltivazione, data la vocazione prevalentemente agricola delle aree monitorate. Gli inquinanti sito-dipendenti sono costituiti in genere da sostanze sversate nel terreno intenzionalmente o accidentalmente, in base alla convenienza economica dell'"eliminazione" o "conservazione". Un esempio reale di sversamento accidentale è quello che considera gli idrocarburi per autotrazione (chi può aver interesse a disperdere benzina o gasolio?) la cui dispersione nelle falde idriche sotterranee interessa porzioni di territorio molto limitate nello stretto intorno della sorgente di contaminazione (per esempio, rotture di serbatoi interrati delle aree di servizio). Nel caso dei solventi organo-alogenati e in particolare nelle forme (DNAPLs) più comunemente riscontrate Tricloroetilene (TCE) e Tetracloroetilene (PCE), nel limitato contesto delle aree di utilizzazione (non in quelle di produzione), l'interesse economico si sposta verso lo smaltimento a basso costo delle sostanze utilizzate nel ciclo produttivo (esauste). In tal caso il "costo zero" è assicurato dalla non-tracciabilità dallo smaltimento, il cui miglior sistema (anche se imperfetto) è costituito da uno sversamento nel terreno, quantitativamente limitato e persistente. Tale modalità di smaltimento implica tuttavia che il prodotto venga veicolato nel sottosuolo e raggiunga le falde idriche dove, avendo una solubilità trascurabile in acqua e



acquifero	anno rilevazione	aree coinvolte	ampiezza area interessata (Kmq)	approfondimenti da effettuare per nuove rilevazioni	data
CONCA EUGUBINA	2006	nucleo "Zappacenera"	~ 10 [complessiva]	0	-
	2006	nucleo "Ferratelle"	~ 10 [complessiva]	0	-
	2006	nucleo "Bagianello"	~ 10 [complessiva]	0	-
ALTA VALLE DEL TEVERE	2002	<b>zona ind.le "Riosecco"</b>	~ 5	0	-
	2006	S.Giustino	?	0	-
MEDIA VALLE DEL TEVERE	2000	<b>zona ind.le "Marsciano"</b>	?	2	2009
	2005	Balanzano	~ 10	2	2009
VALLE UMBRA	2004	Ponte Nuovo	?	2	2009
	2007	<b>"Cantone"</b>	non determinabile	2	2009
CONCA TERNANA	2005	<b>nucleo "Fontana di Polo"</b>	?	2	2009
MONTI PERUGINI	2000	<b>zona ind.le "S. Sabina"</b>	-	-	-

Tabella 1 - Periodo 1995-2008: casistica degli episodi di contaminazione delle acque sotterranee da sostanze AOX (in neretto: approvvigionamento per destinazione al consumo umano mediante Campo Pozzi)

avendo una densità maggiore di quella dell'acqua, tende a concentrarsi alla base dell'acquifero e a diffondersi (in genere lentamente) sia per moto proprio delle acque sotterranee, sia in virtù del forte richiamo orientato dall'utilizzo dei pozzi per acqua.

A partire dal 2001, con la formalizzazione del passaggio da "Rete PRISMAS" a Rete regionale di monitoraggio (come prevedeva il D.Lgs.152/99), Arpa Umbria ha iniziato le verifiche sulla rappresentatività della rete di

merito di aree nelle quali, dalla rilevazione del dato puntuale (e cioè dalla rilevazione di contaminazione in uno o più pozzi), si è confermata una contaminazione areale (perimetrabile), talora con la tracciabilità della sorgente primaria e/o secondaria di contaminazione.

#### IL BERSAGLIO PREFERITO: LE ACQUE POTABILI

Occorre innanzitutto evidenziare che il passaggio dalla rilevazione puntuale delle positività alla perimetrazione di aree contaminate è avvenuto in buona parte dei casi per la congiuntura di due fattori: la contaminazione di pozzi per acqua distribuita mediante servizio di pubblico acquedotto e il costante monitoraggio cui sono normalmente soggetti. Questo è il caso dei primi due eventi rilevati sul territorio regionale che, nella seconda metà degli anni '90, hanno coinvolto il campo pozzi nella zona industriale di Marsciano (nella Media Valle del Tevere) e, dal 2000, il campo pozzi nella zona industriale di Santa Sabina, compresa nell'idrostruttura dei Monti Perugini. In entrambi i casi, la contaminazione determinava la perdita in tutto o in parte delle possibilità di approvvigionamento idrico, fino al definitivo abbandono dei pozzi. Ciò ha confermato la validità della scelta di ammettere a far parte della Rete regionale di monitor-

*Gli episodi più significativi di contaminazione da AOX sono stati rilevati nel biennio 2005-2006 e hanno coinvolto la parte meridionale dell'acquifero alluvionale denominato Conca Eugubina e la parte centrale della Media Valle del Tevere*

monitoraggio nel caso di microinquinanti sito-specifici rilevando, negli anni a seguire, nel caso degli AOX, una pluralità di episodi di contaminazione delle acque sotterranee che a volte hanno interessato aree molto estese. La tabella1 riassume, per acquifero alluvionale, il nu-



aggio le captazioni ad uso idropotabile pubblico, nonostante l'ambiguità delle indicazioni che il loro utilizzo può ingenerare. Tali captazioni infatti, recando un difetto "congenito" dovuto principalmente a caratteristiche costruttive che per adeguarsi alle necessità di "produzione" debbono soprassedere sulla "selezione" delle falde captate, orientano l'attenzione verso una rappresentatività del sistema nel complesso (rappresentatività "media" di una "larga scala" dell'acquifero), piuttosto che di specifica area o livello di circolazione. Le informazioni ricavate da tale monitoraggio sono tuttavia uniche e, in molti casi complementari, a quelle derivanti dal monitoraggio da captazioni caratterizzate da una maggiore selettività.

Dal 2000, sono state riscontrate quattro ulteriori contaminazioni di campi pozzi di acque destinate al consumo umano. In almeno due di tali casi (campo pozzi "Fontana di Polo" e campo pozzi "Cantone"), non essendo state riscontrate sorgenti di inquinamento in atto, la contaminazione è da considerarsi una conseguenza indiretta della captazione di grandi volumi (e a grande portata) di acque sotterranee. Specialmente nella circostanza di condizioni siccitose che determinano condizioni di magra prolungata (annuale e pluriennale), la mancanza di ricarica delle falde idriche sotterranee determina un generale abbassamento della quota dei livelli piezometrici e, poiché l'idroesigenza non si adegua alla variazione delle riserve, si ha un allargamento dell'area interessata dal richiamo di acque sotterranee verso i campi pozzi. L'effetto sfavorevole più diretto consiste nel progressivo accumulo di tali sostanze nella parte più produttiva dell'acquifero e quindi ad un incremento della concentrazione di AOX nelle acque captate.

Nonostante siano in corso approfondimenti di indagine per la rilevazione di eventuali sorgenti di contaminazione, tale ipotesi è la più attualmente accreditata per spiegare il trend manifestato dal campo pozzi "Cantone", che capta l'acquifero in pressione nella Valle Umbra. La vulnerabilità molto bassa di tale acquifero, in quanto protetto dall'infiltrazione di inquinanti che seguano un percorso "verticale" (cioè direttamente dalla superficie), impone che gli inquinanti in falda provengano o da iniezione diretta in falda attraverso i pozzi, oppure dall'area di alimentazione dell'acquifero in pressione. Poiché i controlli effettuati hanno escluso la prima ipotesi, rimane da considerare che l'area di alimentazione dell'acquifero è costituita dalla paleo-conoide del fiume Topino, corrispondente all'area urbana della città di Foligno, caratterizzata da un'elevata densità insediativa. Gli spots di contaminazione da AOX rilevati in tale area sin dal 1998 dalla Rete regionale di monitoraggio (seppur in basse concentrazioni), confermano una pressione antropica in tal senso e giustificano anche il fatto che, pur in presenza di un livello di contaminazione che costringe alla diluizione della risorsa distribuita dall'acquedotto per miscelazione con acqua proveniente direttamente dalle sorgenti appenniniche, le concentrazioni non siano tuttavia elevate.

Il caso analizzato conferma pertanto l'ambiguità che si determina nell'attribuire ai pozzi ad uso pubblico un ruolo di presidio, tra il considerarli cioè "sentinelle" della contaminazione del sistema idrico sotterraneo, oppure accidentali "complici" della contaminazione stessa, a causa di un regime di utilizzo poco razionale dovuto alla necessità.

Completamente diversa, e più consueta, è la natura della contaminazione da AOX che ha interessato:

- campo pozzi "zona industriale Riosecco" (Città di Castello), nell'Alta Valle del Tevere;
- campo pozzi "zona industriale Marsciano" (Comune di Marsciano, Media Valle del Tevere);
- campo pozzi "zona industriale S.Sabina" (Comune di Perugia, struttura dei Monti Perugini).

Tali casi presentano un comune denominatore costituito dalle seguenti caratteristiche:

- sono ubicati in prossimità o addirittura all'interno di aree produttive nelle quali insiste una pluralità di attività che lavorano i prodotti coinvolti nella contaminazione;
- divengono il bersaglio principale della contaminazione, a causa del regime di sfruttamento che orienta verso il campo pozzi il deflusso delle acque sotterranee (e per questo svolgono, loro malgrado, un efficiente ruolo di "sentinella");
- hanno pregiudicato la propria funzionalità (per un tempo lungo) a causa di una compromessa qualità della risorsa captata in funzione della destinazione d'uso.

Tali caratteristiche esemplificano una realtà che manifesta per tali captazioni una scarsissima presidibilità tale da suggerire, per alcuni di essi, la necessità di una delocalizzazione dei punti di prelievo, piuttosto che l'insistenza su un'improbabile delocalizzazione delle attività an-

*Durante il monitoraggio degli acquiferi sono stati osservati due gruppi fondamentali di specie inquinanti: quelle derivanti dalla specificità del sito e quelle provenienti da un'area di contaminazione più vasta*

tropiche, realmente o potenzialmente considerate "centri di pericolo". Ciò implica, oltre all'impellente necessità di adempiere alla disciplina delle Aree di Salvaguardia prevista dal D.Lgs.152/99, l'esigenza di perfezionare lo strumento normativo che le regolerà. Ad oggi, infatti,

l'intento di salvaguardia delle captazioni di acque destinate al consumo umano focalizza troppo spesso il solo aspetto "quantitativo" (condizionato in tal senso dalla frequenza delle crisi idriche dovute alle condizioni siccitose degli ultimi anni), relegando quello dell'idoneità della qualità a un problema che rimane nell'astrattezza della "potenzialità" fino a che non si manifesta. Per un cambiamento di strategia sarebbe sufficiente cominciare a ragionare intorno a una proprietà transitiva semplice e diretta: *"Quando l'acqua non c'è, è come fosse inquinata. Quando invece è inquinata, è come non ci fosse"*. Da qui dovrebbe partire un impulso verso una disciplina di salvaguardia che affronti la materia della protezione statica delle captazioni pubbliche nella sua inevitabile complessità e senza ulteriori incertezze.

#### **DALLA CONTAMINAZIONE DI SITO A QUELLA "TERRITORIALE"**

Gli episodi più significativi di contaminazione da AOX sono stati rilevati nel biennio 2005-2006 ed hanno coinvolto la parte meridionale dell'acquifero alluvionale denominato Conca Eugubina e la parte centrale della Media Valle del Tevere. In entrambi i casi la contaminazione ha riguardato un'area così vasta (circa 10 Km<sup>2</sup>) da poter essere paragonata a una contaminazione da specie ubiquitarie. Dato il tipo di sostanze coinvolte non è possibile ovviamente pensare a uno smaltimento indiscriminato così diffuso. In entrambi i casi la distribuzione areale delle concentrazioni evidenzia uno sviluppo della contaminazione genericamente orientato dal naturale movimento delle acque sotterranee (e dal forte richiamo esercitato dal regime di utilizzo di alcuni pozzi ad uso industriale), a partire da singoli "focolai" di concentrazioni elevate, corrispondenti ad altrettante sorgenti di contaminazione. Nel caso della Media Valle del Tevere (figura 1A), si potrebbero considerare almeno due principali sorgenti di contaminazione, ubicate nell'area industriale di Balanzano, ad ovest della E45 e nella parte meridionale dell'area industriale di Ponte S.Giovanni, adiacente al Tevere.

Nella Conca Eugubina è possibile isolare tre nuclei distinti (figura 1B): un nucleo più orientale ben distinto e, più ad ovest, due ulteriori *plumes* i quali potrebbero avere un'origine comune.

La forma e le dimensioni di tali *plumes* evidenziano una loro propagazione determinata dalla direzione di deflusso naturale delle acque sotterranee, genericamente orientata da nord a sud.

I due casi posti all'attenzione propongono due elementi molto interessanti ai fini dell'analisi, uno di stretta analogia e l'altro di evidente diversità:

- L'elemento di diversità si concretizza nelle concentrazioni massime rilevate che per la Conca Eugubina consistono di alcune decine di  $\mu\text{g}/\text{l}$  mentre, per la Media Valle del Tevere, arrivano ad alcune migliaia di  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Tali differenze suggeriscono che nel primo caso lo smaltimento possa caratterizzarsi per uno sversamento sistematico di una modesta quantità di prodotto mentre, nel secondo caso, non si può solo presumere che l'eventuale sversamento sia più copioso, ma occorre prendere in considerazione l'eventualità di un episodio accidentale importante che ha coinvolto una grande quantità di prodotto.
- L'elemento di analogia si evince dalla grande ampiezza dell'area contaminata: in entrambi i casi se si considera il percorso dell'inquinante e la sua velocità di trasferimento nel sottosuolo, si determina che la contaminazione iniziale è certamente datata. Nel momento in cui si cerca di risalire alle responsabilità della contaminazione è evidente che tale elemento si interseca strettamente con il precedente. Solo in rarissimi casi si può ascrivere con ragionevole certezza un episodio di inquinamento al soggetto che lo ha determinato in quanto, a causa delle particolari caratteristiche di questo tipo di sostanze, non è sistematico che, a distanza di anni dall'immissione nel terreno, le concentrazioni massime coincidano con la sorgente contaminazione. Tale aspetto può essere infatti ulteriormente complicato dalla contestuale presenza di importanti captazioni di acque sotterranee le quali modificano localmente la direzione del naturale deflusso delle acque sotterranee e contribuiscono a frazionare l'originale *plume* di contaminazione. Un dato interessante emerge dall'analisi del trend storico delle concentrazioni di AOX rilevate nella Conca Eugubina (figura 2) su tre pozzi della Rete regionale di monitoraggio discreto, corrispondenti ai tre nuclei di contaminazione evidenziati dalle rilevazioni specifiche. L'analisi evidenzia le seguenti caratteristiche peculiari:

- concentrazioni elevate già a partire dall'estate del 1998;
- ampio range di oscillazione delle concentrazioni, sia su base stagionale che annuale;
- stretta relazione dei trends dei tre punti di monitoraggio a partire dal luglio 2003 a oggi.

Tali elementi convergono nel riferire la dispersione nel sistema sotterraneo a un periodo anteriore all'estate del 1998 e inoltre, essendo la contaminazione dell'acquifero già rilevata dai suddetti pozzi di monitoraggio, è oggi

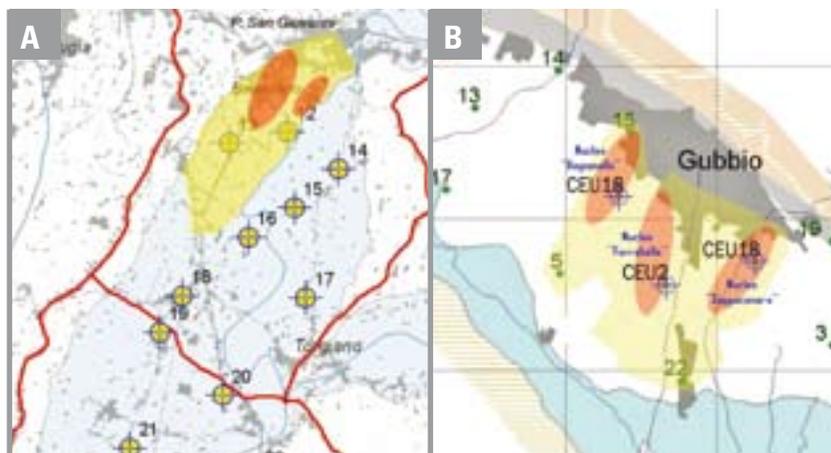
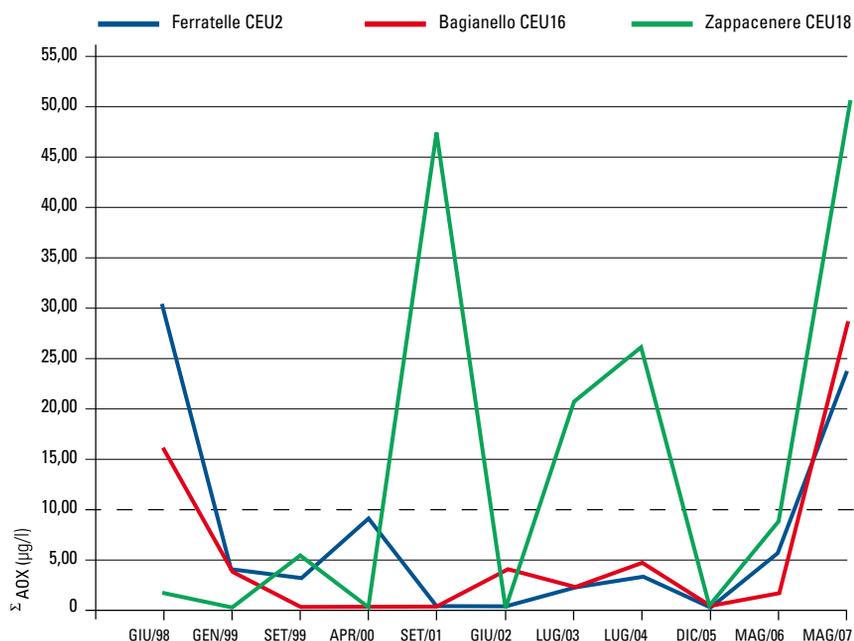


Figura 1 - A parte sinistra (Media Valle del Tevere) - estensione della contaminazione da AOX (in giallo) e distribuzione areale dei nuclei (in rosso) nei quali la concentrazione di AOX supera i 10  $\mu\text{g}/\text{l}$ . B parte destra (Conca Eugubina) - estensione della contaminazione da AOX (in giallo) e distribuzione areale dei nuclei (in rosso) nei quali la concentrazione di AOX supera i 10  $\mu\text{g}/\text{l}$

Figura 2 - Conca Eugubina - trends dei tenori di AOX sui punti della rete di monitoraggio corrispondenti ai nuclei in cui la concentrazione supera i 10  $\mu\text{g}/\text{l}$



possibile valutare una larga propagazione dell'inquinante già all'atto della sua prima rilevazione. Solo per il nucleo "Zappacenero" le basse concentrazioni suggeriscono una propagazione in falda di AOX più recente rispetto agli altri nuclei. Tali considerazioni sono tuttavia possibili solo oggi, sulla scorta di un set di dati consolidato, alimentato anche dalle specifiche investigazioni che hanno consentito il riconoscimento di distinti *plumes* di contaminazione. Fino al 2001, infatti, le oscillazioni delle concentrazioni di AOX determinano notevoli difficoltà interpretative in quanto, per lunghi periodi, si mantengono inferiori al limite di rilevabilità analitico (CEU-16, dal 1999 al 2002; CEU-18, nel 2000, 2002 e 2005; CEU-2, dal 2001 al 2003). Solo negli anni successivi le rilevazioni è stato possibile comprendere che, in assenza di sorgenti di contaminazione attive, le variazioni della concentrazione sono relazionabili alle oscillazioni dei livelli piezometrici dell'acquifero e quindi all'abbondanza delle precipitazioni meteoriche, secondo una proporzionalità inversa. In genere è stato osservato che la concentrazione di AOX aumenta quando i livelli sono più bassi in risposta a condizioni siccitose stagionali e annuali/pluriennali. La frequenza delle crisi idriche dell'ultimo quinquennio ha consentito la possibilità di osservare tale fenomeno e ha chiarito che l'ampiezza delle oscillazioni della concentrazione osservate è amplificata dal fatto che le rilevazioni sono state effettuate in periodi stagionali disomogenei. Esaminando la figura 2, infatti, è possibile notare che, a partire dal 2003, le serie di dati

*Se i soggetti responsabili della contaminazione non sono individuabili, o sono inadempienti, la Pubblica amministrazione ha l'obbligo di intervenire d'ufficio*

forniscono riscontri univoci del tutto relazionabili come valori massimi alle crisi idriche occorse nel biennio 2002-2003 e nel 2007 mentre, come valori minimi, agli straordinari apporti meteorici che hanno caratterizzato l'ultimo bimestre del 2005, in circostanza dei quali si ebbe l'esondazione dei principali corsi d'acqua regionali. Più in generale, risulta evidente che la maggior parte della casistica della contaminazione da AOX propone eventi ormai datati, per i quali diviene impercorribile l'individuazione della sorgente primaria di contaminazione

con i soli metodi tecnici. L'area contaminata diviene talmente vasta da inglobare una pluralità di attività che utilizzano prodotti equiparabili a quelli rinvenuti negli acquiferi e, soprattutto, il limite principale deriva dal fatto che molte attività produttive operanti nel passato non sono attualmente più presenti. Tale limite è nella maggior parte dei casi insuperabile in quanto, se non in particolari situazioni, di tali sostanze non rimane traccia nel terreno posto tra la superficie e la falda freatica. Solo in tal caso infatti sarebbe possibile attribuire responsabilità precise con sufficiente certezza. Ciò ovviamente comporta che, in mancanza dell'individuazione del soggetto che ha determinato la contaminazione, gli oneri delle azioni di recupero ambientale siano a carico della collettività.

Il D.Lgs. 152/2006 (all'art. 250-*co. 1*) stabilisce che, qualora i soggetti responsabili della contaminazione non siano individuabili (o siano inadempienti), la Pubblica amministrazione, intervenga d'ufficio, in funzione dei criteri previsti dal Piano regionale per la bonifica delle aree inquinate. La figura 3 propone il trend cumulato della casistica di contaminazione da AOX sul territorio regionale. La scelta di proporre la casistica mediante tale rappresentazione non è né casuale, né tantomeno dettata dalla volontà di amplificare la problematica trattata. È semmai la rappresentazione di una realtà irrisolta che, a distanza di anni dalla rilevazione delle contaminazioni, non ha ancora dato esito agli interventi di bonifica. La tabella 2 propone, per la casistica delle aree inquinate da AOX, il confronto fra le previsioni dei costi degli interventi previsti dal Piano del 2004 e quelli contenuti nella neo-redatta proposta di Piano regionale per la bonifica delle aree inquinate, attualmente in fase partecipativa. Emerge innanzitutto che i costi previsti dalla proposta di Piano del 2008, pur in presenza di due ulteriori aree contaminate inserite nella lista dei Siti di interesse pubblico (lista A1), eccedono quelli del Piano 2004 di circa il 31% e che tale incremento risulta per la maggior parte dovuto ai maggiori costi degli interventi sulle aree già individuate nel Piano del 2004. Come descritto precedentemente, per le due neo-inserite aree non è più possibile identificare una "contaminazione di sito" ma, data la diffusione degli inquinanti, si riconosce una "contaminazione di territorio" la cui previsione dei costi di intervento dovrebbe essere, nel migliore dei casi, almeno confrontabile con uno dei siti inseriti in lista A1 nel Piano del 2004. La proposta di Piano del 2008 limita invece le previsioni per tali aree ai soli costi della caratterizzazione del sito ed all'esecuzione dell'*analisi di rischio sanitario-*

Figura 3 - Trend cumulato della casistica di contaminazione da AOX nel periodo 1995-2008

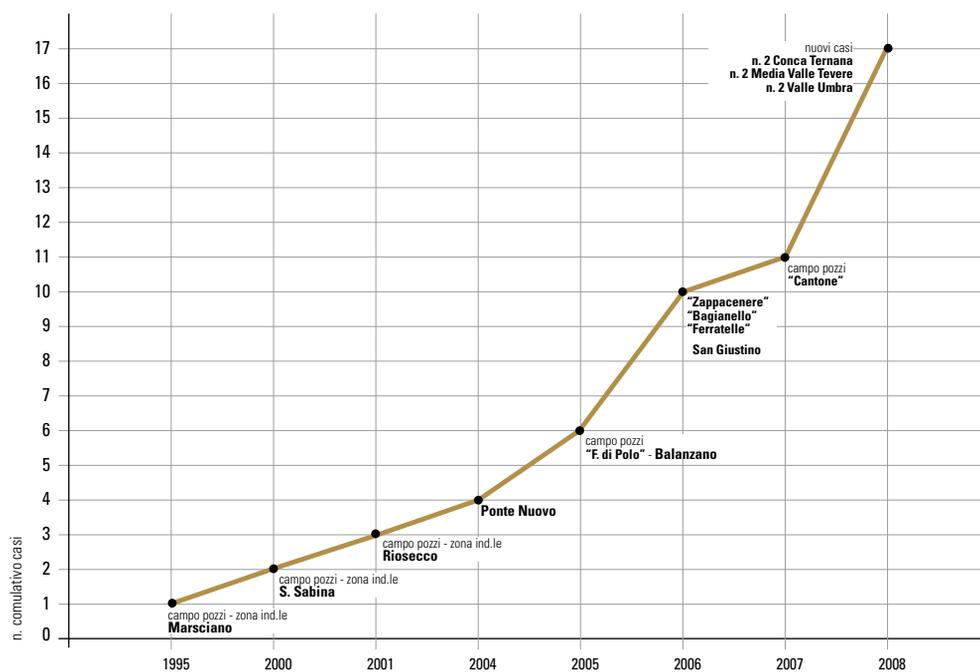


Tabella 2 - Previsione dei costi degli interventi sulle aree caratterizzate da contaminazione da sostanze AOX

acquifero	anno rilevazione	siti da bonificare	previsione P.R.B.A.P.(2004)		previsione P.R.B.A.I.(2008)	
			LISTA	COSTO €	LISTA	COSTO €
CONCA EUGUBINA	2006	nucleo "Zappacenero"	-	-	A1	150.000 <sup>(*)</sup>
	2006	nucleo "Ferratelle"	-	-	n.i.	-
	2006	nucleo "Bagianello"	-	-	n.i.	-
ALTA VALLE DEL TEVERE	2002	zona Ind.le Riosecco	A1	754.000	A1	750.140
	2006	San Giustino	-	-	n.i.	-
MEDIA VALLE DEL TEVERE	2000	zona Ind.le Marsciano	A1	754.000	A1	866.392
	2005	Balanzano	-	-	A1	100.000 <sup>(**)</sup>
VALLE UMBRA	2004	Ponte Nuovo	-	-	n.i.	-
	2007	"Cantone"	-	-	n.i.	-
CONCA TERNANA	2005	"Fontana di Polo"	-	-	n.i.	-
MONTI PERUGINI	2000	zona Ind.le S. Sabina	A1	766.200	A1	1.200.000
totale				2.274.200		2.976.682 <sup>(***)</sup> + 30.8%

n.i.: non ancora inserite in nessuna lista in quanto non risulta esaurita la fase di rilevazione

*ambientale sito-specifica* quale “innovativo” strumento previsto dal D.Lgs.152/2006 per corrispondere al criterio fondamentale su cui si basano oggi le procedure previste per gli interventi di ripristino ambientale: la “tutela della salute umana”. Secondo tale criterio, diversamente dalla previgente normativa (D.Lgs.471/1999), “il concetto di **contaminazione** non equivale a quello di **inquinamento**” (Cirillo P. e Pasqualicchio F., 2008). La contaminazione dà infatti seguito a procedure di verifica sistematiche (già previste dal D.Lgs.471/1999) solo nel caso di superamento delle *Concentrazioni Soglia di Contaminazione - CSC* (razionali, anche perché molto basse). In base al D.Lgs.152/2006, l'accertamento del superamento della CSC “*delinea un evento modificativo del sito che, in forza di indici predeterminati dal legislatore, denota esclusivamente un possibile rischio di inquinamento*” (Cirillo P. e Pasqualicchio F., 2008).

Il superamento delle CSC non giustifica ancora l'adozione di interventi di ripristino ambientale i quali potranno essere adottati solo nel caso in cui il livello di contaminazione della matrici ambientali sia tale da determinare un rischio concreto per la salute umana, da valutarsi attraverso metodi di calcolo numerico che stabiliscano le *Concentrazioni Soglia Rischio (CSR)* in funzione dell'esposizione umana per inalazione, ingestione, contatto, ecc., delle sostanze inquinanti coinvolte. Qualora ci si trovi nel limbo del range di concentrazioni fra la CSC e la CSR, l'unico strumento di tutela previsto è la prevenzione, realizzata attraverso un monitoraggio in grado di rilevare tempestivamente gli eventuali superamenti della CSR. In generale, il D.Lgs.152/2006 non essendo “*improntato alla ricostituzione dello status quo ante di un luogo ma all'eliminazione degli effetti nocivi della contaminazione sulla salute umana*” (Cirillo P. e Pasqualicchio F., 2008) e sanzionando di fatto il soggetto che cagiona la contaminazione solo nel caso di superamento delle CSR, smantella l'ipotesi di danno ambientale in senso generale, vincolandolo alla sola tollerabilità umana. Ciò a nostro avviso “inquinando” l'originario principio generale “*chi inquina paga*” dettato dalla Direttiva 2004/35/CEE del 21 aprile 2004. Non ci pare infatti tendenzioso considerare che il risultato indiretto ottenuto dal legislatore determini l'opportunità di immettere inquinanti nell'ambiente a patto che l'esposizione degli umani rientri in un margine di accettabilità, di fatto distinguendo indirettamente luoghi inquinabili e non, sulla base delle caratteristiche sito-specifiche delle matrici ambientali e della loro connessione con la presenza umana.

Il paradosso, a questo punto, potrebbe consistere in

una logica per la quale si interviene sulla ricostituzione dello *status quo ante* di un acquifero sotterraneo solo quando le acque sotterranee da esso estratte sono destinate al consumo umano. L'esperienza tuttavia insegna il contrario: in tal caso si preferisce infatti abbandonare captazioni, luoghi e matrice ambientale piuttosto che bonificare (cfr. campo pozzi zona industriale S.Sabina, zona industriale Marsciano, ecc..) in quanto ciò comporterebbe l'istallazione e il mantenimento di attrezzature complesse, per tempi molto lunghi, essendo le sostanze organo-alogenate, per loro natura, caratterizzate da “*tempi di residenza*” nel sistema sotterraneo che possono essere anche pluridecennali. Ciò comporta oneri economici tali da scoraggiare, le pubbliche amministrazioni dall'intervenire in tal senso, specialmente quando la contaminazione è datata e, per questo, interessa una porzione di territorio di tale ampiezza da limitare le possibilità di successo della bonifica in termine di valori di concentrazione residui degli inquinanti. Un ragionamento più complessivo sui costi dovrebbe tuttavia non portare ad identificare il costo di una contaminazione con quello della bonifica. Ai costi riportati in tabella 2 si dovrebbero infatti almeno aggiungere quelli derivanti dalla sottrazione alla disponibilità collettiva di risorse idriche importanti che impongono oneri rilevanti per ottenere un approvvigionamento alternativo (progettazione e realizzazione di pozzi, adduttrici, serbatoi, ecc..), nonché quelli, senz'altro più contenuti, di monitoraggio delle falde idriche sotterranee per tutto il tempo di residenza dell'inquinante nell'acquifero.

## **IL RUOLO DEL MONITORAGGIO E IL D.LGS.152/2006**

La decennale esperienza di monitoraggio degli acquiferi di interesse regionale attraverso la Rete dedicata ha avuto come obiettivo principale la definizione dello stato ambientale, quale prodotto delle condizioni qualitative e quantitative dei corpi idrici sotterranei. Per i micro-inquinanti di esclusiva derivazione antropica, lo stato della “qualità” dei corpi idrici sotterranei è determinato, mediante l'accertamento delle “positività” della concentrazione, sulla base del superamento di “valori soglia”. Le indicazioni derivanti dalla rilevazione delle “positività” della concentrazione sui punti della Rete hanno tuttavia un obiettivo intrinseco per il quale tale rilevazione, anche nel caso di non superamento dei valori soglia, determina il passaggio ad una fase di verifica su una scala più dettagliata (che consentirà di rilevare le più alte concen-

trazioni presenti). Nel caso degli AOX, il passaggio da tale rilevazione “embrionale” alla completa rilevazione di una contaminazione (perimetrazione dell’area contaminata e di quella in cui si ha il superamento della CSC -criteri del D.M.471/1999-), è stato ostacolato dalle seguenti difficoltà:

- una generale “schizofrenia” temporale delle positività interpretabile solo a posteriori, sulla base di una serie temporale di dati formata;
- una scala territoriale del monitoraggio troppo “larga” per orientare immediatamente verso la specificità dei criteri imposti dal suddetto decreto.;
- una mancanza di percorsi procedurali successivi, semplici e diretti.

Ne deriva che il percorso di “rilevazione” è stato prevalentemente compiuto nei casi di evidente e immediato rischio per la salute umana e quindi nelle aree di captazione di acque sotterranee per il consumo umano.

La non-equivalenza tra il concetto di *contaminazione* e quello di *inquinamento* introdotta dal D.Lgs.152/2006 determina attualmente che, mentre per la fase di “rilevazione” non mutano le modalità di approccio, per quella di valutazione il monitoraggio è destinato a rapportarsi su due criteri diversi: inizialmente con la CSC e, successivamente (dopo l’effettuazione dell’analisi di rischio), sulla CSR. La proposta di Piano Regionale di Bonifica delle Aree Inquinata prevede infatti che il monitoraggio svolga un ruolo centrale nelle scelte della Pubblica Amministrazione (alla quale compete la maggior parte degli oneri di ripristino ambientale), sia in quanto

previsto in buona parte delle aree individuate, sia per il riconoscimento di aree contaminate/inquinata e per la verifica dell’efficacia degli eventuali interventi di bonifica. L’esperienza maturata attraverso la Rete regionale di monitoraggio degli acquiferi di interesse regionale stabilisce quindi la necessità di una riconsiderare strategia e ruolo del monitoraggio, in modo da distinguere ed armonizzare la fase di “rilevazione” e quella di “valutazione” di una contaminazione per formalizzare un percorso uniforme di passaggio da una fase all’altra. La prima conseguenza certa coinvolge le strategie in termini di rappresentatività del monitoraggio, in quanto i punti della Rete Regionale risultano inadeguati sia alla scala della fase di valutazione, sia a quella di perimetrazione delle aree contaminate. Ciò determina, in generale, la necessità di sviluppare reti di monitoraggio dedicate alle singole aree inquinate che, per quanto riguarda la contaminazione da AOX, devono essere specificatamente adattate alle caratteristiche di tali sostanze anche attraverso la costruzione di pozzi di monitoraggio.

La tabella 3 riassume le caratteristiche generali delle reti in funzione dell’obiettivo del monitoraggio. Risulta evidente che le reti locali per la rilevazione della contaminazione costituiscono presidi transitori, il cui ruolo si esaurisce con l’inizio della fase di valutazione per lasciare spazio a una rete locale più semplice, costituita dai punti che offrono la migliore rappresentatività del corpo idrico sotterraneo e del fenomeno di contaminazione dal quale è interessato. Anche tale rete è in realtà un presidio temporaneo, pur su un termine molto più

Tabella 3 - Caratteristiche generali delle reti in funzione dell’obiettivo del monitoraggio

	<b>Rete Regionale Monitoraggio</b>	<b>Rete Locale CSC</b>	<b>Rete Locale CSR</b>
OBIETTIVO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• definizione dello “stato ambientale” dei corpi idrici</li> <li>• “rilevazione iniziale” della contaminazione</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rilevazione dell’area contaminata</li> <li>• rilevazione dell’area inquinata</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• “valutazione” del trend della contaminazione</li> </ul>
DENSITÀ PUNTI	0.33/Kmq	20/Kmq	5/Kmq
PARAMETRI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• markers</li> <li>• costituenti specifici</li> <li>• macrodescrittori</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• markers</li> <li>• costituenti specifici</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• costituenti specifici</li> <li>• macrodescrittori ?</li> </ul>
FREQUENZA	2/anno	1 ÷ 2/anno	1 ÷ 2/anno
CARATTERISTICHE PUNTI	captazioni esistenti (pubbliche e private)	pozzi di monitoraggio e/o captazioni esistenti (se selettive)	pozzi di monitoraggio e/o captazioni esistenti (se selettive)

lungo, correlato al tempo di residenza dell'inquinante nell'acquifero, fino al raggiungimento di una concentrazione residua ritenuta accettabile. I punti della rete di valutazione tuttavia, per la caratteristica di massima rappresentatività del sistema monitorato, costituiscono un valore aggiunto anche per la definizione dello stato ambientale del corpo idrico, in quanto possono inquadrare la reale dimensione di un fenomeno di contaminazione, scevra da possibilità di sovra e sottostima del fenomeno. Tale considerazione ha come diretta conseguenza la necessità di una seria valutazione sull'opportunità di includere i punti delle reti di valutazione nella Rete regionale, a integrazione o sostituzione degli attuali punti, anche parziale.

#### Riferimenti bibliografici

**Barro G.**, *Il principio di precauzione, sue formalizzazioni e interpretazioni*, Il principio di precauzione – salute, ricerca, partecipazione. Convegno ARPA Umbria, Perugia 27 Febbraio 2006.

**Berardi S. e D'Aprile L.**, *Procedura di analisi di rischio per suoli contaminati, Giornate di studio: "Siti contaminati: suolo, sottosuolo e sedimenti"*, Università di Roma "La Sapienza", Roma 15-16 Novembre 2007.

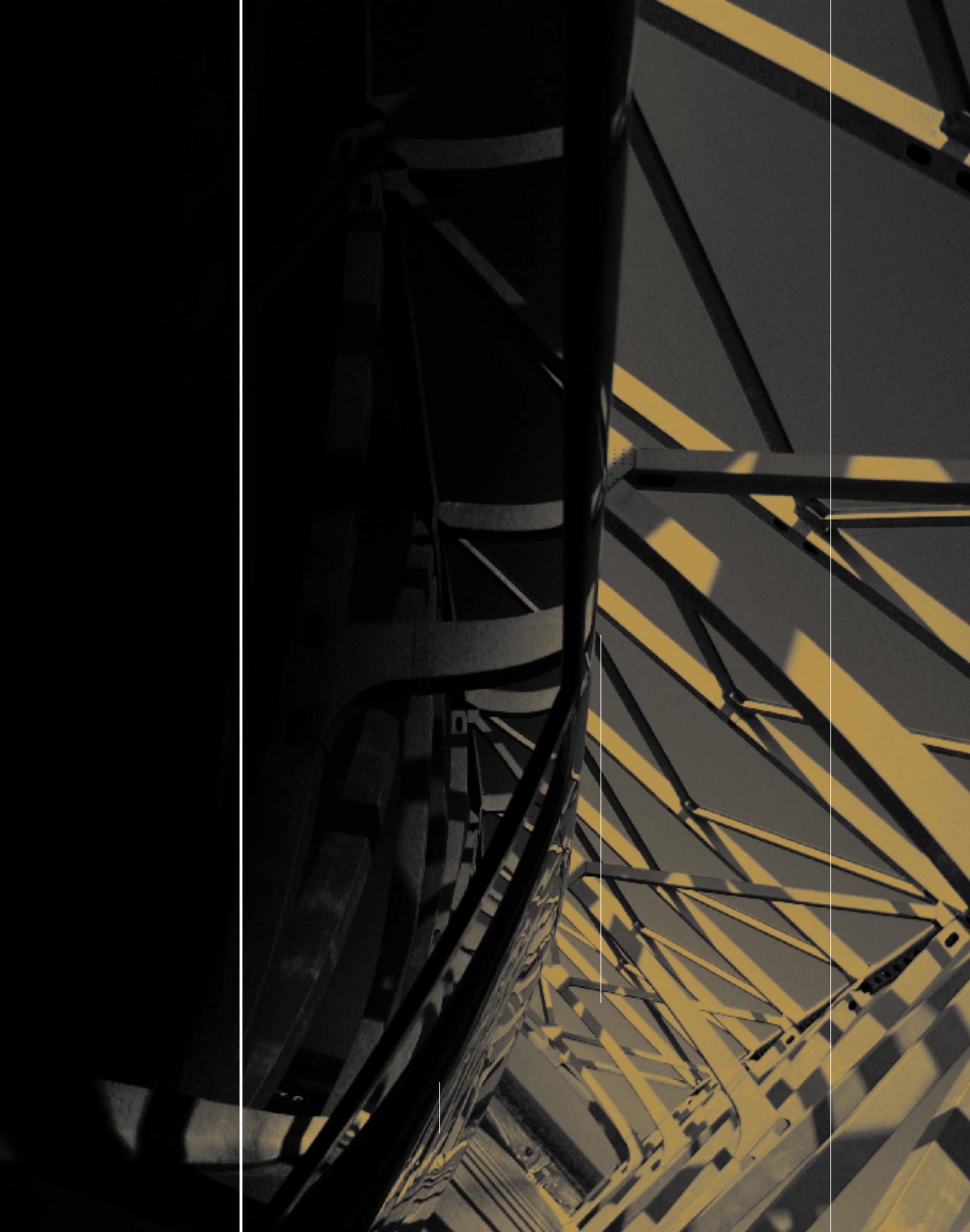
**Cirillo P. e Pasqualicchio F.**, *La riforma del sistema penale delle bonifiche alla luce del decreto legislativo 152/06*, Arpa Rivista - Rivista bimestrale dell'Agenzia regionale prevenzione e ambiente dell'Emilia-Romagna, n.1, Gennaio-Febbraio 2008.

**Tunesi S.**, *Calcolo del rischio e stima dell'esposizione per la popolazione in presenza di siti inquinati*, Università di Bologna, Facoltà di Scienze Ambientali, Conferenze del Giovedì, Ravenna 16 Novembre 2006.

#### Note

<sup>1</sup> Molecole di sostanze organiche alifatiche contenenti uno o più atomi di fluoro, cloro, bromo o iodio.

<sup>2</sup> Dense Non-Aqueous Phase Liquid



## Valutazione dell'azoto nitrico nelle acque dei pozzi inquinati delle zone vulnerabili

Giacomo Bodo, Paolo Boila, Silvana Gualtieri, Paolo Stranieri

*Il Progetto Life Petignano, approvato e cofinanziato dalla Commissione Europea e dalla Regione Umbria, concluso nel 2005, ha consentito di approfondire le ricerche sulla fertilizzazione azotata delle colture agrarie in base ai loro fabbisogni effettivi, senza creare deficit nutrizionali o eccessi d'azoto*

Una non corretta distribuzione di concimi chimici e/o organici comporta, sotto l'aspetto agronomico e ambientale, una perdita di elementi nutritivi (azoto, fosforo, potassio) per le colture agrarie e il rilascio di sostanze inquinanti nel suolo e nelle acque, incidendo sulla qualità dei corpi idrici superficiali e sotterranei. Ciò può verificarsi in particolare quando si apportano sostanze azotate in eccesso rispetto ai fabbisogni delle colture, determinando un residuo sottoforma di nitrati soggetto a ruscellamento e/o lisciviazione, tale da richiedere una attenta gestione del bilancio dell'azoto, in modo da garantire un generale livello di protezione delle acque.

A livello sanitario dosi elevate di nitrati assorbiti dall'organismo umano attraverso le acque potabili possono essere dannose, tanto che la normativa vigente pone un limite alla loro concentrazione, pari a 50 mg/l. Per garantire alle generazioni future la disponibilità di un bene prezioso quale l'acqua potabile, nel 1991 l'Unione Europea ha approvato la Direttiva Nitrati (676/91) in cui vengono indicate agli Stati membri, tra l'altro, quelle azioni necessarie al risanamento delle acque inquinate da nitrati di origine agricola. L'Italia ha recepito tale Direttiva adottando il decreto legislativo 152/99, sostituito dall'attuale decreto legislativo 152/2006, dando mandato alle Regioni di delimitare le "aree vulnerabili ai nitrati di origine agricola" e attuare misure di intervento per risanare le acque sotterranee inquinate o suscettibili di inquinamento da nitrati. La Regione Umbria ha promosso una serie di indagini e ricerche che hanno consentito di definire il quadro della situazione delle falde acquifere e l'incidenza delle attività agricole e zootecniche sulle stesse. In questo contesto si è sviluppato il Progetto Life Petignano, approvato e cofinanziato dalla Commissione Europea e dalla Regione Umbria, concluso nel 2005. Le attività del Progetto Life hanno consentito di approfondire le ricerche sulla fertilizzazione azotata delle colture agrarie in base ai loro fabbisogni effettivi, senza creare deficit nutrizionali o eccessi d'azoto, grazie all'applicazione del bilancio azotato.

L'esperienza maturata ha contribuito alla stesura e approvazione del "Programma d'azione per le zone vulnerabili ombre" che stabilisce, tra l'altro, modalità operative per l'utilizzo dei fertilizzanti azotati in tali aree. La gestione della fertilizzazione azotata nelle aree vulnerabili ai nitrati di origine agricola è legata alla formulazione di un Piano di utilizzazione agronomica (PUA), basato su un bilancio che tiene conto dell'equilibrio tra entrate e uscite complessive d'azoto nel terreno. Il bilancio azotato mira a una corretta distribuzione di composti azotati, consentendo una riduzione del rischio di lisciviazione dell'azoto e del relativo inquinamento delle acque di falda. Nella formulazione del bilancio azotato, tra i coefficienti di apporto previsti, vi è anche quello relativo all'azoto irriguo (Ni), qualora si utilizzino acque di irrigazione provenienti da falde con alto tenore in nitrati. Tale parametro, nell'ambito della sperimentazione condotta da Arpa Umbria per la realizzazione del Progetto Life Petignano, è stato ritenuto significativo nel calcolo degli apporti azotati. Ritenendo utile approfondire tale aspetto, al fine di valutare il peso della quota d'azoto irriguo nel bilancio azotato, Arpa Umbria ha effettuato un'indagine che ha interessato le aree vulnerabili del settore orientale dell'Alta Valle del Tevere, di San Martino in Campo e della Valle Umbra a sud del Fiume Chiascio.

### MATERIALI E METODI

L'indagine, effettuata nel periodo novembre 2006 – maggio 2008, ha interessato 22 aziende agricole, 5 delle quali ricadenti nella zona di San Martino in Campo, 5 nella zona del Settore Orientale dell'alta Valle del Tevere e le restanti 12 aziende nell'area della Valle Umbra a sud del Fiume Chiascio.

Le aziende monitorate sono state selezionate in base ai seguenti criteri:

- 1) utilizzo di acque irrigue prelevate da pozzi ubicati in area dichiarata vulnerabile da nitrati di origine agricola;
- 2) ordinamento colturale comprendente colture da rinnovo irrigue, con semina pri-



maverile nel periodo di realizzazione del progetto (mais, sorgo, ortive, tabacco e lenticchia). Per ogni azienda sono stati effettuati una serie di campionamenti di acqua di pozzo per la determinazione analitica dei nitrati, di suolo per le analisi fisiche volte a determinare la tessitura dei terreni e chimiche per la determinazione del ph, dell'azoto minerale totale e della sostanza organica. Come da progetto, i campionamenti di acqua e suolo e le relative analisi sono state effettuate all'inizio e al termine della stagione irrigua, al fine di determinare l'azoto nitrico nella matrice acqua e per verificare l'eventuale residuo di azoto minerale totale, dopo il raccolto delle colture, per la matrice suolo. Per ogni azienda è stato inoltre predisposto un Piano di utilizzazione agronomica che ha tenuto conto, tra l'altro, dell'apporto di nitrati provenienti dalle acque di irrigazione, sulla base del bilancio azotato volto a determinare l'equilibrio tra le entrate e le uscite dell'azoto complessivo del terreno. Dalla conoscenza delle concentrazioni in nitrati delle acque di pozzo e dei volumi di adacquamento distribuiti nella stagione irrigua, è stato possibile determinare gli apporti azotati per ettaro, risultati pari al 10% circa dell'azoto complessivo riportato nel PUA aziendale. La figura 1 mostra l'andamento degli apporti d'azoto irriguo nelle differenti aziende. Questi variano dai 5 Kg/ha ai 70 Kg/ha. Come si evince dal grafico, il maggior numero di aziende ha registrato valori d'azoto irriguo che si attestano tra 5 e 15 Kg/ha. Tali apporti sono significativi se rapportati ad altri coefficienti quale l'azoto atmosferico il cui valore nel PUA è posto pari a 10 Kg/ha all'anno. Ottimizzare la fertilizzazione azotata delle colture agrarie, in base ai loro fabbisogni effettivi, consente di evitare deficit nutrizionali o eccessi di azoto che determinano residui sottoforma di nitrati che, per lisci-

viazione, si concentrano nelle acque sotterranee. Inoltre, il bilancio azotato contribuisce a contenere i costi aziendali per l'acquisto di concimi, pur garantendo il massimo livello di produttività delle colture. Le esperienze

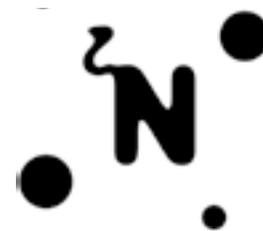
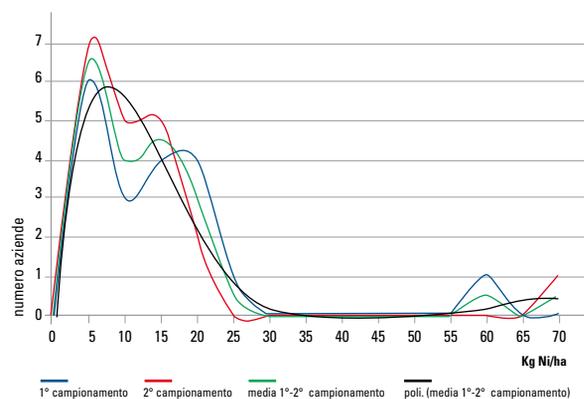
*Il bilancio azotato mira a una corretta distribuzione di composti azotati, consentendo una riduzione del rischio di inquinamento delle acque di falda*

maturate da Arpa Umbria con l'attuazione dei Progetti Life Petrignano e Azoto irriguo hanno consentito, tra l'altro, di valutare il reale apporto dell'azoto alle colture derivante dalla utilizzazione di acque di falda per l'irrigazione, con alto tenore in nitrati. Dalle prove di pieno campo effettuate si ritiene di assegnare al coefficiente di azoto irriguo (Ni) una quota fissa o variabile nella predisposizione del PUA aziendale, sulla base delle seguenti ipotesi applicative:

- 1) adozione di un fattore variabile, "stimato", tra 5 e 15 Kg di azoto in base al grado di vulnerabilità ai nitrati delle aree;
- 2) adozione di un fattore "fisso" di azoto pari a 10 Kg per tutte le aziende e tutte le aree vulnerabili.

È possibile avanzare una terza ipotesi, meno adottabile perché più onerosa e complessa, che prevede l'adozione di un fattore variabile, "calcolato" per ciascuna azienda agricola, da stabilire a fronte di una verifica puntuale e periodica dei tenori di nitrati presenti in falda, mediante analisi chimica delle acque sotterranee utilizzate per l'irrigazione.

Figura 1- Apporti d'azoto irriguo (Kg/ha) per numero di aziende



#### Riferimenti Bibliografici

DGR Umbria 2052/2005 "Programma di azione per le zone vulnerabili da nitrati di origine agricola"

Arpa Umbria (2005). "La tutela degli acquiferi vulnerabili. Esperienze europee a confronto". Progetto Life Petrignano. Atti del 2° convegno Internazionale. Perugia, 8-9 settembre 2005

Arpa Umbria (2008). Rapporto tecnico finale alla Regione Umbria. "Valutazione dell'azoto nitrico nelle acque di irrigazione prelevate da pozzi inquinati da nitrati nelle zone vulnerabili umbre"

## Dal contenimento dei consumi alla definizione delle prestazioni energetiche

Katiuscia De Angelis

*I temi del risparmio e dell'efficienza energetica hanno conosciuto negli ultimi anni una considerevole evoluzione normativa, che fa già intravedere i primi importanti risultati*

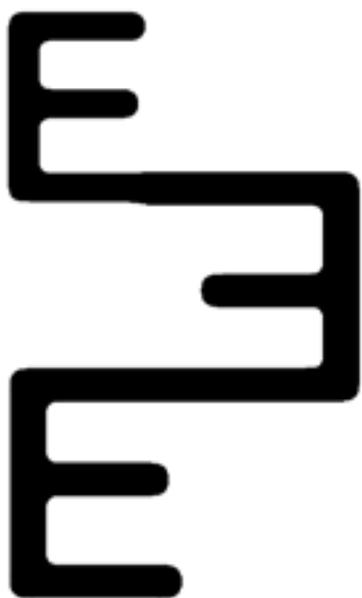
L'emanazione della direttiva 2002/91/CE, conosciuta come direttiva EPBD (*Energy Performance of Buildings Directive*) ha posto l'obiettivo "di promuovere il miglioramento del rendimento energetico degli edifici nella comunità, tenendo conto delle condizioni locali e climatiche esterne, nonché delle prescrizioni per quanto riguarda il clima degli ambienti interni e l'efficacia sotto il profilo dei costi". L'obiettivo era quello di ottenere, entro il 2010, un risparmio di circa il 22% dei consumi energetici e la riduzione di 100 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub>. In Italia la direttiva è stata recepita con il D.lgs. 192/05, passando così da una normativa di carattere prescrittivo (la preesistente L.10/91) ad una di carattere prestazionale e, quindi, dal contenimento dei consumi energetici alla definizione delle prestazioni energetiche degli edifici, ampliando il concetto di prestazione energetica a tutti i consumi energetici negli edifici nel regime invernale ed estivo per la produzione di acqua calda sanitaria, i consumi di illuminazione ed elettrici. Di contro, il D.lgs. 192/05 disattende quanto indicato dalla direttiva europea per ciò attiene l'obbligo della certificazione energetica e non definisce uno standard di comfort termo-igrometrico che consentirebbe, insieme agli altri fattori climatici (luce naturale, clima acustico, fonti energetiche rinnovabili...), la definizione della giusta combinazione tra orientamento dell'edificio, caratteristiche morfologiche e dimensionali.

In tema di risparmio energetico, in particolare, è stato emanato il D.lgs. 311/2006, che modifica e rende operativa la Legge 192/05. Il decreto definisce nuovi e sempre più stringenti limiti, dal 2006 al 2010, al fabbisogno di energia primaria, modificando l'ambito di intervento (art.3), allargando la certificazione energetica a tutti gli edifici con gradualità di applicazione e introducendo due strumenti legislativi volti ad attestare le prestazioni energetiche degli edifici: l'attestato di qualificazione e la certificazione energetica. Il primo è il documento che, insieme alla relazione tecnica, riporta la conformità delle opere realizzate rispetto al progetto e deve

essere firmato dal direttore dei lavori e da un professionista abilitato e presentato al Comune contestualmente alla dichiarazione di fine lavori per l'ottenimento dei titoli abilitativi. Il secondo, l'attestato di certificazione energetica, esprime le prestazioni energetiche dell'edificio ovvero rende evidenza della situazione attuale, si applica all'intero edificio e deve essere consegnato al compratore/locatario. Come accennato, la certificazione energetica era già contemplata nella legge 10/91, ma non ha avuto diffusa applicazione, a causa forse di una scarsa sensibilità nei confronti del tema. Oggi, la nuova attenzione dedicata all'argomento e le esperienze in materia avviate da alcune istituzioni locali (Province Autonome di Trento e Bolzano, Regione Lombardia, Regione Emilia Romagna ed altre) stanno incentivando la diffusione della certificazione energetica degli edifici, con una conseguente ricaduta positiva in diversi ambiti, in particolare:

- nel settore delle costruzioni, con un'espansione del mercato delle ristrutturazioni in chiave energetica;
- sul versante dei professionisti del settore o degli operatori dei servizi energetici, per le maggiori opportunità di mercato e di qualificazione;
- per i cittadini, che avranno a disposizione uno strumento con il quale poter scegliere appartamenti e attività commerciali anche in base ai consumi e non solo alle finiture;
- a livello nazionale, per la ricaduta in termini di sostenibilità energetica e ambientale dovute al miglioramento del parco edilizio.

Un passo in avanti verso il completamento del quadro normativo per la Certificazione energetica è stato fatto con la recente emanazione del DPR 59 del 2/aprile/2009, il primo dei regolamenti previsti dal D.lgs. 192 che definisce i criteri, i metodi di calcolo, i requisiti minimi degli edifici e impianti termici, con riferimento alla climatizzazione estiva, invernale e alla produzione di acqua calda per usi sanitari. La Regione Umbria, in attesa che venga emanata la legge regionale e le relative linee guida per la Certificazione Energetica con il recepimento del DPR 59/2009, si



era già espressa in materia con la Legge Regionale n° 17 del 18/11/2008 “Norme in materia di sostenibilità ambientale degli interventi urbanistici ed edilizi” allo scopo

*Con il supporto delle più recenti tecnologie, i nuovi edifici possono essere progettati e realizzati con una efficienza fino al 70% rispetto all'attuale*

di promuovere la salvaguardia dell'integrità ambientale e il risparmio delle risorse naturali secondo i principi dello sviluppo sostenibile. La legge regionale definisce comunque norme e criteri di sostenibilità da applicarsi agli strumenti di governo del territorio e agli interventi edilizi, stabilendo le modalità per la valutazione e la certificazione delle prestazioni di sostenibilità ambientale e degli edifici, nonché le forme di sostegno e di incentivazione promosse dalla Regione stessa e dagli enti locali. La legge stabilisce, inoltre, che la certificazione di sostenibilità ambientale debba essere rilasciata dall'Arpa e dagli altri soggetti certificatori individuati dalla giunta regionale, introducendo inoltre diverse novità, tra le quali il fatto che la certificazione di sostenibilità ambientale non sostituisce la Certificazione energetica, ma ne utilizza i risultati per valutare le prestazioni ambientali dell'edificio, e che può essere richiesta per edifici esistenti anche in assenza di interventi. Sono previste norme per il recupero dell'acqua piovana (con la realizzazione di apposite cisterne di raccolta dell'acqua, della relativa rete di distribuzione e dei conseguenti punti di presa per il successivo riutilizzo), per la permeabilità dei suoli (con la definizione di percentuali minime di superficie permeabile), per l'uso sostenibile e la tutela del territorio, per l'esposizione e il soleggiamento degli edifici, per i sistemi di riscaldamento, per il risparmio energetico e l'utilizzo delle fonti di energia rinnovabile (con l'obbligo di installazione di impianti a pannelli solari e di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili per gli edifici di nuova costruzione).

L'applicazione dei principi ispiratori della legge trova un ostacolo rilevante nella caratterizzazione del patrimonio edilizio esistente. Infatti secondo quanto riportato nel rapporto ENEA, Dipartimento Ambiente, Cambiamenti globali e Sviluppo sostenibile del dicembre 2008 “Le detrazioni fiscali del 55% per la riqualificazione

energetica del patrimonio edilizio esistente nel 2007”, in Umbria la caratterizzazione del patrimonio edilizio prevalente è residenziale ad occupazione continua e la problematica si concentra nel periodo di costruzione antecedente al 1990 per circa il 70% degli immobili. In questi casi dovranno essere verificate le tecniche costruttive applicate nei differenti periodi con metodi statici, nei casi in cui non sia possibile accedere ai progetti originali, non essendo applicabili i metodi distruttivi che consentirebbero di ricostruire esattamente la stratigrafia e gli spessori presenti nella struttura in considerazione, ricavandone i necessari parametri di calcolo per l'attestato di qualificazione. Vale la pena segnalare alcuni aspetti salienti e poco noti, tratti dal libro bianco sull'edilizia ENEA-FINCO (2004) e relativi ai consumi e prestazioni energetiche:

- il consumo per costruire un'abitazione di 90-100 m<sup>2</sup> si attesta sui 5-6 tep (tonnellate equivalenti di petrolio), mentre il consumo annuo per il solo riscaldamento è di circa 1 tep;
- i consumi medi per metro quadrato degli edifici italiani sono tra i più bassi al mondo, dopo quelli giapponesi, ma la situazione si ribalta considerando il fabbisogno per metro quadrato e grado giorno, segno di cattiva coibentazione, basso rendimento degli impianti di riscaldamento e regolazione non ottimale. La L.R. 17/2008 e il relativo regolamento attuativo pongono l'accento

Tabella 1 - Caratterizzazione del parco edilizio in Umbria

**Destinazione d'uso immobili**

Tipologia	Num.	Perc.
Residenziale, occupazione continuativa	1.867	94%
Residenziale, occupazione saltuaria	36	2%
Terziario/commerciale	71	4%
Altro	13	1%
<b>Totale</b>	<b>1.987</b>	<b>100%</b>

**Epoca di costruzione**

Periodo	Num.	Perc.
Prima del 1920	145	7%
Dal 1920 al 1945	67	3%
Dal 1946 al 1960	172	9%
Dal 1961 al 1981	831	42%
Dal 1982 al 1990	217	11%
Dopo il 1990	218	11%
Non specificato o anomalo	337	17%
<b>Totale</b>	<b>1.987</b>	<b>100%</b>

(Gruppo di lavoro "Efficienza energetica")

sull'importanza della riduzione dei consumi energetici: i nuovi edifici, ad esempio, possono essere progettati e realizzati con una efficienza fino al 70% rispetto all'attuale con molte tecnologie già in commercio e alcune in via di sviluppo. Per il parco edilizio esistente si può arrivare a un risparmio anche del 50%; basti pensare che, solo considerando l'illuminazione progettata, può oggi essere raggiunto un risparmio dell'ordine del 30-60%. Sul parco edilizio esistente sono disponibili vari interventi che riguardano principalmente:

- l'involucro edilizio (isolamento e coperture trasparenti efficienti);
- la climatizzazione (caldaie ad alta efficienza o pompe di calore accoppiate con contabilizzazione, valvole termostatiche e regolazione adeguata, pompe di calore, sistemi di cogenerazione e reti di teleriscaldamento, raffrescamento centralizzato e sistemi ad accumulo di freddo);
- la produzione di acqua calda per usi sanitari (solare termico, sistemi tradizionali efficienti);
- l'illuminazione (lampade e corpi illuminanti efficienti, dispositivi per la regolazione del flusso, sensori di luminosità e di presenza);
- lo stand-by (tenere sotto controllo tale voce di consumo nascosta, ma rapidamente crescente).

In ambito residenziale tali risultati, affiancati da una politica di sensibilizzazione sul territorio, porteranno non solo ad una diminuzione in tempi medi delle spese per l'energia, ma favoriranno la crescita di una nuova coscienza del risparmio energetico e una conseguente diminuzione dell'inquinamento. Il quadro del patrimonio edilizio presentato lascia un largo margine di miglioramento per la diminuzione dei consumi energetici, anche se i costi che dovranno essere sostenuti non sono sempre alla portata di tutti i cittadini o delle piccole/medie imprese; da qui l'importanza dei sistemi di incentivazione, sia nazionali che regionali, che dovranno continuare a fare da traino, almeno per il medio termine. Un'altro settore che presenta un enorme potenziale per la riduzione interna dei consumi e le conseguenti emissioni è quello della media-grande industria, grazie alla maggiore efficienza di motori, pompe, caldaie, al recupero di energia nei processi di produzione di materiali, nel riciclo degli scarti e nell'adozione di processi e materiali avanzati. I risparmi maggiori, secondo recenti studi, possono essere realizzati in realtà industriali che interessano molto da vicino la nostra regione come il settore dell'acciaio e del ferro, la produzione di cemento, vetro e ceramica, dove si stimano riduzioni fino al 25-26% del fabbisogno energetico.

#### Riferimenti bibliografici

BUILDINGS AND CLIMATE CHANGE *Status, Challenges and Opportunities*, UNEP 2007

"LE DETRAZIONI FISCALI DEL 55% PER LA RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DEL PATRIMONIO EDILIZIO ESISTENTE NEL 2007" rapporto ENEA, Dip. Ambiente, Cambiamenti globali e Sviluppo sostenibile del Dicembre 2008

Libro Bianco sull'edilizia ENEA-FINCO (2004)

La rivoluzione dell'efficienza Il potenziale di efficienza energetica negli usi finali di energia elettrica in Italia al 2020 e i benefici connessi ad un suo largo dispiegamento, GREENPEACE, 2008

L'impegno di Confindustria per fonti rinnovabili ed efficienza energetica, Area Impresa e Territorio, Confindustria, 2008



## Il calcolo delle fasce di rispetto per gli elettrodotti ad alta tensione

Maila Strappini

*A tutela della salute della popolazione, per la costruzione di ambienti destinati a lunghe permanenze la legge prevede una distanza minima dagli elettrodotti, la cui modalità di calcolo, però, è rimasta per anni di difficile definizione*

Nella progettazione di nuove aree gioco per l'infanzia, ambienti abitativi, ambienti scolastici e luoghi adibiti a permanenze non inferiori a quattro ore giornaliere che si trovano in prossimità di linee elettriche, sottostazioni e cabine di trasformazione, si deve tener presente il rispetto dell'*obiettivo di qualità*, ovvero un valore di campo magnetico che, in virtù del principio di precauzione, dovrebbe garantire la progressiva minimizzazione dell'esposizione della popolazione ai campi elettromagnetici. A questo scopo la Legge quadro 36/01 definisce le *fasce di rispetto*,<sup>1</sup> cioè aree in cui non possono essere previsti insediamenti le cui destinazioni d'uso comportino una permanenza prolungata oltre le quattro ore giornaliere.

Sia la legge quadro, però, che il successivo decreto attuativo – DPCM 08/07/2003 – hanno mancato di indicare, nello specifico, le modalità di calcolo delle fasce di rispetto, alimentando per alcuni anni un grado di incertezza che ha riguardato le amministrazioni preposte al controllo del rispetto del vincolo, con notevoli difficoltà nell'interpretare le potenziali implicazioni che la sua applicazione inevitabilmente produce sulla edificabilità di alcune zone in prossimità di elettrodotti. In questo contesto, il sistema delle agenzie ambientali è stato coinvolto dall'ente ministeriale preposto, l'attuale Ispra, in un progetto nazionale di interconfronto che ha portato a diversi interessanti risultati. Arpa Umbria ha preso parte a numerose fasi del progetto testimoniando, con la propria esperienza, sia un accordo procedurale con le altre Agenzie sia la bontà nella scelta dei propri strumenti e programmi di calcolo nonché fornendo, successivamente, il proprio contributo scientifico nella definizione della procedura di valutazione delle fasce di rispetto. I frutti di tale lavoro sono stati sintetizzati in un documento predisposto da Ispra e successivamente adottato, quasi per intero, nella definizione della metodologia per il calcolo delle fasce di rispetto regolamentata nel DM 29 maggio 2008. La trasposizione normativa della metodologia per il calcolo delle fasce di rispetto ha chiarito molti aspetti analitici

primari nell'applicazione del principio di precauzione ma, nel contempo, ha complicato la rete delle responsabilità e delle competenze e ha aumentato la necessità di controlli tecnici specialistici. Allo scopo di chiarire numerosi aspetti pratici, snellire le procedure, definire le competenze e far fronte alle continue richieste particolari, Arpa Umbria ha redatto una Linea Guida<sup>2</sup> e ha organizzato alcune giornate di studio rivolte alle Amministrazioni comunali e ai professionisti nel tentativo, attraverso un'analisi interpretativa della normativa, di semplificare la comprensione e l'attribuzione dei ruoli nonché, con la realizzazione del Progetto Elf, fornire il proprio contributo tecnico nel calcolo delle fasce di rispetto, proponendo nuove soluzioni a chi, per mandato istituzionale, si trova a fronteggiare i quotidiani problemi connessi alla gestione del territorio e alla quotidiana evoluzione dei suoi assetti.

### LA LINEA GUIDA PER GLI ELETTRODOTTI

Con la definizione della metodologia per le fasce di rispetto sono stati chiariti molti aspetti tecnici connessi al calcolo del campo magnetico in prossimità di elettrodotti, quali ad esempio il campo di applicazione, la corrente da considerare nel calcolo, la definizione rigorosa di fascia di rispetto e di *distanza di prima approssimazione*<sup>3</sup> (DPA). La normativa, però, non affronta gli aspetti procedurali; la Linea Guida redatta da Arpa, nata sulla scorta di un confronto con il sistema agenziale e sentite le intenzioni dei gestori Terna, RFI e Enel Distribuzione, ha quindi avuto lo scopo di chiarire i contenuti normativi, le competenze e i ruoli di amministrazioni, gestori e professionisti, nonché di fornire agli enti competenti i primi strumenti per valutare l'eventuale esigenza di ulteriori approfondimenti.

Il documento sintetizza i principali contenuti delle normative di interesse, cercando di darne una interpretazione quanto più possibile chiara e accessibile, descrivendo i ruoli e le competenze dei diversi enti coinvolti, i



dati necessari al calcolo, la modalità per ottenerli e, infine, proponendo modelli in grado di fornire un ausilio nella presentazione della domanda di permesso per costruire in prossimità di elettrodotti, anche senza richiedere il supporto dell'Arpa. La Linea Guida tiene conto di tutti gli aspetti connessi all'applicazione dell'*obiettivo di qualità* e, principalmente, di quelli relativi alla progettazione di nuovi insediamenti (come definiti all'art.4 DPCM 08/07/2003) in prossimità di elettrodotti esistenti e della realizzazione di cabine di trasformazione MT/BT; sono questi, infatti, i temi in materia che maggiormente coinvolgono le amministrazioni locali nella pianificazione del proprio territorio. In particolare, il documento specifica che il calcolo delle fasce di rispetto è compito del gestore, che l'autorità competente al controllo e alla vigilanza è il Comune e che la stessa Autorità comunale, al fine dello svolgimento dei propri compiti, si avvale dell'Arpa quale organo di supporto tecnico-scientifico. Pertanto, l'Amministrazione comunale potrebbe richiedere al gestore il calcolo della DPA e, nei casi più critici, della fascia di rispetto per tutti gli elettrodotti che ricadono nel territorio di competenza. In tale contesto, a seguito di esplicita richiesta del Comune, all'Arpa spetta il compito di verificare il valore della DPA o della fascia di rispetto calcolata dal gestore.

## GLI ELETTRODOTTI IN UMBRIA

In Umbria sono presenti sia impianti per la produzione dell'energia elettrica che linee di distribuzione della corrente elettrica in alta tensione (AT). Le centrali di produzione dell'energia elettrica sono del tipo:

- **Idroelettrico:** Centrale Acea Orte (proprietario Acea Electrabel situata nel comune di Narni) Centrale Alviano (proprietario Eon), Centrale Baschi (proprietario Eon), Centrale Galleto nei pressi di Villavalle (proprietario Eon), Centrale Monteargento (proprietario Eon), Centrale di Narni (proprietario Eon), Centrale di Nera Montoro (proprietario Eon), Centrale di Preci (proprietario Eon), Centrale di Triponzo (proprietario Eon);

- **Termoelettrico:** Centrale di Bastardo (proprietario Enel), Centrale Edison Terni (proprietario Edison), Centrali (n.2) di Pietrafitta (proprietario Enel). La maggior parte delle linee elettriche è caratterizzata da una tensione di esercizio pari a 132 kV. Sono tuttavia presenti anche alcune linee ad altissima tensione: in particolare, due linee a 220 kV collegano la stazione Enel di Pietrafitta nel Comune di Piegara (Pg) con quelle di Villavalle (Tr) e Arezzo e altre due a 380 kV la stazione di Villavalle (Tr) con quelle di Montalto di Castro (Vt) e Villanova (Pe). Le linee elettriche gestite da Terna, raccordate da circa 34 Cabine Primarie, attraversano l'Umbria per 1500 km totali così suddivisi: linee a 380 kV per 160 km, linee a 220 kV per 290 km, linee a 150 kV per 200 km, linee a 132 kV per 850 km. La società RFI invece gestisce circa 440 km di linee tutte a 132 kV. I dati per la localizzazione dei tralicci forniti da questi gestori sono riportati nella cartografia in figura 1. I dati tecnologici invece, necessari al calcolo delle DPA e delle fasce di rispetto, sono stati reperiti solo per alcuni di essi ma, in base ad accordi intercorsi in ambito nazionale, le società stanno predisponendo l'invio massivo a tutti i Comuni e, nel frat-



Figura 1 - Posizione tralicci linee AT in Umbria  
La mappa comprende tutti i tralicci Terna e solo alcuni RFI

tempo, si sono impegnate a rispondere tempestivamente a singole richieste specifiche.

### IL SOFTWARE WINELF

Il software WinELF utilizzato da Arpa Umbria è un ambiente interattivo implementato per l'analisi e la verifica di campi magnetici a bassa frequenza generati dalle linee elettriche. Grazie all'ambiente di modellazione su cui è basato il software di calcolo, l'utente può navigare sul modello numerico dell'area oggetto di studio, aggiungere nuove informazioni, modificare quelle esistenti ed eseguire operazioni di analisi e verifica; a tale scopo ci si serve di un database sia grafico che alfanumerico. Tutte le informazioni che costituiscono il modello territoriale sono riferite al reale e quindi intrinsecamente tridimensionali: questo implica che le metriche non si riferiscono ad un ambiente piano e pertanto la minima distanza tra due punti non è costituita da un segmento di linea retta ma da un arco di geodetica. Per il calcolo dei valori di induzione magnetica prodotti dalle linee si è scelto di utilizzare la modalità "integrazione lungo la catenaria" mediante la quale viene eseguita una sommatoria dell'induzione magnetica generata dai segmenti lineari con cui si approssima la catenaria e che descrive i conduttori delle campate. Con questa opzione il modello è naturalmente

*Un progetto pilota curato da Arpa ha consentito di sviluppare un metodo per individuare agevolmente le aree edificabili lontane da elettrodotti*

più vicino alla situazione reale. Il software consente la realizzazione di diagrammi di induzione magnetica con le seguenti caratteristiche:

- *sezioni sul piano orizzontale (sopra il modello)*: il calcolo viene effettuato su un piano a distanza in quota costante rispetto alla superficie descritta dai valori desunti dal modello orografico;
- *sezioni sul piano verticale*: il calcolo viene effettuato in un piano verticale, la cui posizione è definita attraverso due punti che appartengono al piano stesso;
- *diagrammi spaziali*: il calcolo viene effettuato nel volume delimitato dall'area di interesse e dalle quote minima e massima definite dall'utente. La visualizzazione 3D

rappresenta la superficie di involuppo relativa al valore di soglia specificato come limite del volume di rispetto.

La proiezione al suolo della fascia di rispetto ottenuta mediante il diagramma spaziale rappresenta la DPA delle campate analizzate. Pur non essendo ancora stato definito uno standard, le valutazioni eseguite con il software WinELF – testato nel progetto di interconfronto Arpa/Appa – sono da ritenersi affidabili se si calcolano le isolinee a  $3 \mu\text{T}$  (ovvero le proiezioni al suolo delle fasce di rispetto) e si effettua il calcolo impostando una integrazione della catenaria su 20 divisioni. In particolare, è stato mostrato che nei casi standard utilizzati per le simulazioni di interconfronto, i valori calcolati da Arpa Umbria sono risultati perfettamente in linea con le misure eseguite e con quelli delle altre Agenzie anche se ricavati con altri software.

### IL PROGETTO ELF

L'Umbria è una regione prevalentemente collinare con una superficie di  $8.456 \text{ km}^2$ ; la popolazione residente è di 894.222 persone (dato Istat al 31/12/2008) con una densità abitativa media di 105,75 abitanti per  $\text{km}^2$  che si concentra nei principali centri abitati. Quanto appena descritto, considerando anche che la lunghezza totale delle linee elettriche in Umbria è di circa 1940 km (Terna e RFI), per lo più distribuite nelle vicinanze di centri abitati, induce ad osservare che gran parte del territorio è potenzialmente interessato dalla DPA di un elettrodotto. Ipotizzando infatti una DPA media di 40 m per elettrodotto a singola terna in AT, l'area data dalla lunghezza delle linee elettriche per la DPA media è pari a  $77,6 \text{ km}^2$  ovvero circa lo 0,91 % dell'intera superficie regionale. Pertanto, sulla base della normativa vigente e della considerevole presenza di linee elettriche nel territorio umbro, risulta di fondamentale importanza possedere uno strumento previsionale immediato che sia d'ausilio alle autorità competenti (Comuni, Province, Arpa) ma anche al cittadino privato. Da quanto fin qui osservato discende infatti che, in prossimità di elettrodotti, le Autorità comunali nell'adozione di nuovi strumenti urbanistici (Piani Regolatori ecc.) e, in ogni caso, all'atto del rilascio delle singole concessioni edilizie, debbano tenere conto della presenza delle fasce di rispetto e delle DPA che ne vengono implicitamente determinate. In questo contesto Arpa Umbria, sulla base di accordi di programma specifici e in convenzione con le Amministrazioni comunali, ha realizzato il Progetto Elf con l'obiettivo di generare un sistema informativo territoriale che, mediante la co-



Figura 2 - Linee elettriche nel Comune di Gualdo Tadino

noscenza della localizzazione e dei dati tecnologici delle linee elettriche, è in grado anzitutto di fornire la valutazione delle DPA e successivamente mappe vettoriali in formato elettronico direttamente sovrapponibili alle carte tecniche regionali (CTR) o alle ortofoto; in questo modo, è possibile ottenere una visualizzazione immediata delle edificazioni o aree che sicuramente si trovano all'esterno delle fasce di rispetto ed è possibile identificare i nuovi insediamenti che non saranno soggetti al vincolo sui valori di campo magnetico. Gli insediamenti che invece si trovano all'interno delle DPA, dovranno essere sottoposti ad una valutazione più complessa mediante uno studio tridimensionale degli isovolumi di campo magnetico e delle possibili intersezioni con essi. Grazie alla sovrapposizione del tematismo delle DPA totali e delle sezioni di censimento Istat, sarà poi possibile costruire indicatori dell'esposizione della popolazione ai campi magnetici generati da elettrodotti. Ad ulteriore supporto di questo sistema informativo sono previste attività di misura in continuo in prossimità degli insediamenti che già si trovano in prossimità di linee elettriche. Il primo Comune umbro ad aver aderito al progetto Elf è stato quello di Gualdo Tadino che, grazie anche all'estensione del suo territorio e alle differenti tipologie di elettrodotti AT che lo attraversano, si è rivelato essere un buon candidato per la sperimentazione. In primo luogo, mediante il gestore e analisi diretta, sono stati reperiti i dati tecnologici e di localizzazione delle sorgenti AT nel territorio, ovvero:

1. linee RFI 132 kV Fossato di Vico - Foligno 1 e Fossato di Vico - Foligno 2 (che attraversa il Comune di Gualdo Tadino per circa 10.5 km): Si tratta di un elettrodotto a doppia terna su palificazione separata, la cui distanza fra gli assi di linea è di 18 m. Le linee sono entrambe di trasmissione secondaria con tensione di esercizio di 132 kV e valore della portata<sup>4</sup> in corrente in servizio normale di 462.97 A. La doppia terna in esame è ottimizzata.
2. linea Terna Gualdo Tadino - Sez. AT Colacem (per circa 7 km): si tratta di un elettrodotto a singola terna con due conduttori a destra dell'asse linea ed uno a sinistra. È caratterizzato da una tensione di esercizio di 132 kV e un valore della portata in corrente in servizio normale pari a 570 A.
3. linea Terna Gualdo Tadino - Fabriano (per circa 5.5 km): si tratta di un elettrodotto a singola terna

con due conduttori a destra dell'asse linea ed uno a sinistra. È caratterizzato da una tensione di esercizio di 132 kV e un valore della portata in corrente in servizio normale pari a 570 A.

4. linea Terna Gualdo Tadino - Nocera Umbra (circa 1.5 km): Si tratta di un elettrodotto a doppia terna su palificazione unica, realizzata in pratica come combinazione delle due linee a singola terna Fossato - Gualdo Tadino e Gualdo Tadino - Nocera. Le due linee sono caratterizzate da una tensione di esercizio di 132 kV e da una portata in corrente in servizio normale pari a 455 A. La doppia terna è ottimizzata.

#### IL CALCOLO DELLE DPA E DELLE FASCE DI RISPETTO

Su richiesta dell'Amministrazione comunale i gestori (RFI, Terna) hanno comunicato i dati rappresentativi degli elettrodotti in oggetto, in particolare: denominazione e informazioni necessarie per l'individuazione della linea; tensione nominale; coordinate georeferenziate assolute dei singoli tralicci; portata in corrente in servizio normale; tipologia dei sostegni; posizione relativa delle coordinate dei punti di sospensione; disegno della testa dei soste-

*il lavoro svolto dall'Agenzia ha fornito un notevole contributo anche nella definizione delle procedure per la valutazione delle fasce di rispetto*

gni; disposizione delle fasi; caratteristiche dei conduttori (tipo materiale, diametro, parametro<sup>5</sup> di tesatura meccanica della catenaria alla temperatura massima). Tutti i dati sono stati verificati e corretti mediante sopralluogo o tramite confronto con la cartografia regionale e inseriti nella banca dati del programma di calcolo. Successivamente, attraverso il software di calcolo WinEDT/WINELF, per ciascuna campata di elettrodotto è stato simulato l'andamento del campo magnetico prodotto, in modo da determinare sia la fascia di rispetto sia la DPA. Si è osservato che l'ampiezza della DPA dipende principalmente dal valore della portata in corrente

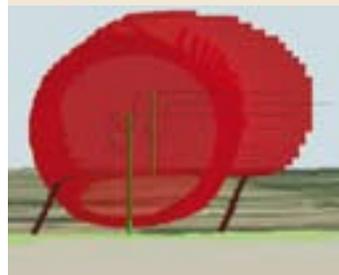


Figura 3 - Nel disegno in alto è riportato il risultato del calcolo della fascia di rispetto di una campata di elettrodotto, mentre in quello in basso la sua proiezione al suolo ovvero la DPA corrispondente

in servizio normale della linea e dalla configurazione geometrica dei conduttori; pertanto, questa può variare in base alla tipologia e alle dimensioni dei sostegni che caratterizzano ogni singola campata. Anche il gestore ha fornito il calcolo delle DPA, effettuato però in corrispondenza del traliccio e basato su un modello di calcolo bidimensionale senza considerare l'effettivo andamento della catenaria; ciò comporta che, nel caso di campate composte da tralicci diversi, si ottiene una condizione più cautelativa ma eccessivamente limitativa. In tabella 5 sono confrontati alcuni valori di DPA calcolati con quelli corrispondenti forniti dal gestore per alcuni casi specifici delle linee analizzate; si osserva che in ogni caso la DPA calcolata con il software WinELF è inferiore a quella fornita dai gestori. Dalle valutazioni eseguite sono emersi diversi casi complessi, ovvero situazioni in cui le linee elettriche subiscono deviazioni, incroci o interferenze da altre linee ad esse parallele; in tutti questi casi il DM fornisce un suggerimento per il calcolo semplificato. Il gestore Terna ha fornito le DPA recependo tali suggerimenti, in particolare per quanto riguarda i cambi di direzione delle linee aeree. Per i casi di incrocio con le linee dell'altro gestore, invece, non ha applicato alcun fattore correttivo per tenere conto della mutua interferenza; tali situazioni sono state analizzate in modo più approfondito per poter caratterizzare in modo corretto l'effettiva estensione della DPA.

#### MAPPA GLOBALE DELLE DPA E OVERLAY TOPOLOGICO

Al fine di inserire le DPA calcolate in un sistema informativo territoriale, è stato creato un tematismo mediante sistema GIS. Sono stati così determinati i corridoi che delimitano le DPA nell'intero territorio comunale: le figure che seguono illustrano, a titolo di esempio, porzioni delle DPA calcolate per le linee elettriche in prossimità del centro abitato e come sia possibile sovrapporre lo *shapefile*<sup>6</sup> generato sia alle ortofoto sia alle carte tecniche regionali (CTR) e combinare queste informazioni per la costruzione di un indicatore di esposizione della popolazione residente ai campi magnetici.

#### MISURE DI CAMPO MAGNETICO

A completamento dell'analisi effettuata si è ritenu-

Linea elettrica (132 kV)	Tipologia linea	DPA calcolata (m)	DPA fornita dal gestore (m)
Fossato - Foligno	doppia terna ottimizzata su palificazione separata	50.4 (min) 54.6	53.0 (min) 56.0 (max)
Gualdo - Nocera	doppia terna ottimizzata su unica palificazione	41.9 58.5	44.6 (min) 92.4 (max)
Gualdo - Fabriano	singola terna	31.90 32.80	34.8 (min) 76.20 (max)
Gualdo - Colacem	singola terna	30.7 (min) 32.85 (max)	34.8 34.8
Gualdo - Colacem Gualdo - Fabriano	tratto in doppia terna	48.2 48.2	50.2 (min) 82.8 (max)

Tabella 5 - Esempio di confronto fra valori di DPA calcolati e alcuni forniti dal gestore



Figura 4 - DPA di un caso complesso



Figura 5 - Esempio di overlay topologico tra il tematismo DPA globale e ortofoto di una porzione di territorio di Gualdo Tadino

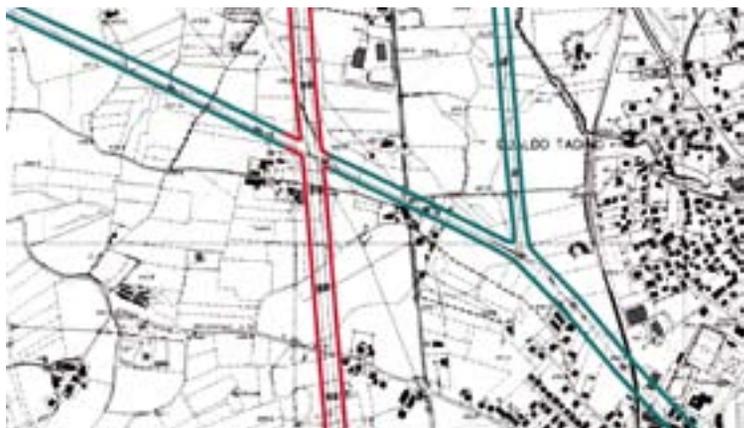


Figura 6 - Esempio di overlay topologico tra il tematismo DPA globale e CTR di una porzione di territorio di Gualdo Tadino



Figura 7 - Esempio di overlay topologico tra il tematismo DPA globale e Sezioni Censuarie (con indicata in blu la popolazione residente al 2001) di una porzione di territorio di Gualdo Tadino

to opportuno studiare non solo le aree destinate alle future edificazioni oggetto dell'art. 4 del DPCM 08/07/2003, ma anche quelle in cui sono già presenti degli insediamenti. Per propria natura, infatti, la fascia di rispetto non è caratterizzabile mediante misure di campo magnetico poiché, dovendo fare riferimento all'obiettivo di qualità, la corrente in servizio normale da utilizzare per il calcolo è un valore di cautela. L'emanazione del DM 29 maggio 2008 ha introdotto restrizioni anche rispetto alla metodologia di misura del campo magnetico; si è scelto pertanto di effettuare monitoraggi in continuo della durata di una settimana per ciascun punto di misura e con intervallo di campionamento conforme a quanto stabilito dal decreto. Tale scelta consente di tenere in considerazione le variazioni di carico sulla linea e, contestualmente, della corrente circolante, che molto spesso generano oscillazioni del campo di induzione magnetica prodotto nell'arco della giornata e nel fine settimana, quando generalmente l'attività della linea è ridotta.

È stata quindi eseguita una campagna di monitoraggio del campo magnetico prodotto dagli elettrodotti, effettuando sia misure in continuo all'interno degli edifici maggiormente esposti, sia misure istantanee in corrispondenza del franco minimo di ogni campata di elettodotto. Complessivamente, l'attività di monitoraggio in continuo ha avuto una durata di 45 giorni, facendo registrare un valore massimo della mediana del campo magnetico nelle 24 ore pari a  $1.51 \mu\text{T}$ ; tale valore è notevolmente inferiore sia al limite di esposizione che al valore di attenzione e all'obiettivo di qualità. La tabella 8 riporta i risultati del monitoraggio eseguito nel punto più esposto. L'introduzione della normativa sulle fasce di rispetto in prossimità di elettrodotti produce inevitabilmente effetti nell'ambito urbanistico oltre che ambientale; Arpa Umbria, come ente di supporto tecnico scientifico, ha realizzato una Linea Guida interpretativa allo scopo di coadiuvare le autorità competenti nella definizione dei compiti e dei ruoli propri e dei gestori degli elettrodotti. Arpa ha inoltre attivato il Progetto ELF con la finalità di accrescere e migliorare le informazioni e i vantaggi di un sistema informativo territoriale. Il progetto è stato applicato al Comune di Gualdo Tadino: su questo territorio è stato realizzato un nuovo tematismo da sovrapporre a ortofoto, CTR o piani regolatori in cui sono rappresentate le DPA degli elettrodotti, ed è stata analizzata la situazione attuale mediante misurazioni di campo magnetico nei punti più vicini alle linee elettriche. L'implementazione del tematismo sulle DPA consente di avere una visualizzazione immediata dell'edificabilità o meno di un'area ma permetterebbe, se integrata opportunamente utilizzando ad esempio le sezioni censuarie e la popolazione residente, anche di eseguire valutazioni statistiche mediante indicatori di esposizione. I risultati ottenuti mostrano l'utilità di quanto realizzato sia dal punto di vista dell'Amministrazione comunale nell'esercizio dei propri compiti di controllo e vigilanza, sia da quello dell'Arpa per la comunicazione ai cittadini potenzialmente esposti, sia ai progettisti o imprese che intendono



DATA	MEDIANA VALORI MISURATI NELLE 24 ORE: B ( $\mu\text{T}$ )
28/01/2009 MERCOLEDI (*)	0.63
29/01/2009 GIOVEDI	1.26
30/01/2009 VENERDI	1.20
31/01/2009 SABATO	1.51
01/02/2009 DOMENICA	1.24
02/02/2009 LUNEDI	1.05

(\*) Il valore della mediana non si riferisce all'arco di tutte le 24 ore della giornata di mercoledì in quanto il monitoraggio ha avuto inizio alle ore 08:00

Tabella 6 - Mediana dei valori di campo magnetico nel punto di misura

edificare in prossimità di un elettrodotto. La buona riuscita di quanto realizzato rende auspicabile estendere il Progetto a tutti i Comuni in quanto consentirebbe di arricchire la conoscenza dello stato dell'ambiente della nostra regione, di snellire le procedure burocratiche e di valutare correttamente l'impatto che le fasce di rispetto degli elettrodotti hanno sul territorio.

#### Riferimenti bibliografici

<sup>1</sup> Spazio circostante un elettrodotto che comprende tutti i punti caratterizzati da un'induzione magnetica di intensità maggiore o uguale all'obiettivo di qualità pari a  $3 \mu\text{T}$

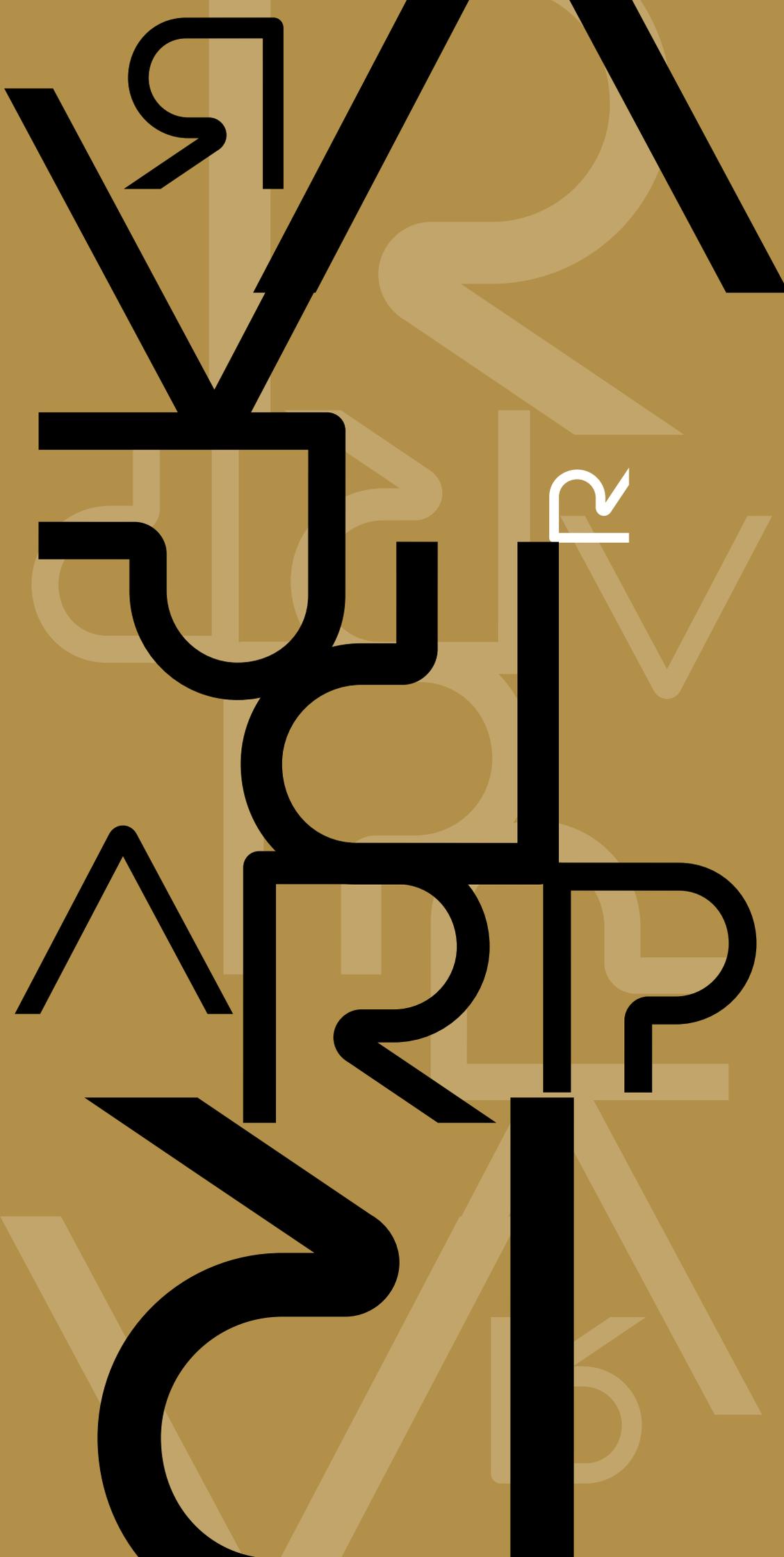
<sup>2</sup> "Linea Guida per elettrodotti" [www.arpa.umbria.it](http://www.arpa.umbria.it)  
proiezione a terra del volume individuato dalla fascia di rispetto

<sup>3</sup> La portata in corrente in servizio normale è un parametro definito nella norma CEI 11-60: "la corrente che può essere sopportata da un conduttore per il 100% del tempo con limiti accettabili del rischio di scarica sugli oggetti mobili e sulle opere attraversate e dell'invecchiamento".

<sup>4</sup> Il rapporto tra il tiro ed il peso per unità di lunghezza dei conduttori ed indica il grado di tensione dei conduttori stessi:  $\text{tesatura} = \frac{\text{tiro}}{P_m}$  dove  $P_m$  è il peso del conduttore per unità di lunghezza [kg/m].

<sup>5</sup> Insieme di file che caratterizzano spazialmente punti, poligoni, polilinee con cui si possono rappresentare elementi cartografici. A ciascun elemento possono essere associati ulteriori attributi.

<sup>6</sup> Insieme di file che caratterizzano spazialmente punti, poligoni, polilinee con cui si possono rappresentare elementi cartografici. a ciascun elemento possono essere associati ulteriori attributi.



Hanno collaborato a questo numero:

**Giacomo Bodo**  
Arpa Umbria

**Paolo Boila**  
Geologo

**Mariano Bresciani**  
CNR IRSA

**Romina Ciotti**  
Arpa Umbria

**Katiuscia De Angelis**  
Arpa Umbria

**Cristian Fuschetto**  
Università degli studi di Napoli "Federico II"

**Romualdo Gianoli**  
Giornalista scientifico

**Claudia Giardino**  
CNR IRSA

**Pietro Greco**  
Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati

**Silvana Gualtieri**  
Arpa Umbria

**Rita Guerrini**  
Arpa Umbria

**Olga Moretti**  
Arpa Umbria

**Nicola Morgantini**  
Arpa Umbria

**Mauro Musanti**  
CNR IRSA

**Camilla Natali**  
Arpa Umbria

**Luca Peruzzi**  
Arpa Umbria

**Chiara Piersanti**  
Arpa Umbria

**Cristiana Pulcinelli**  
Giornalista scientifica

**Sonia Renzi**  
Arpa Umbria

**Stefania Righi**  
Giornalista esperta di tematiche ambientali

**Wolfgang Sachs**  
Wuppertal Institut

**Paolo Stranieri**  
Arpa Umbria

**Maila Strappini**  
Arpa Umbria

**Gianni Tamino**  
Università di Padova

**Silvia Zamboni**  
Giornalista esperta di tematiche ambientali

