

REGIONE TOSCANA

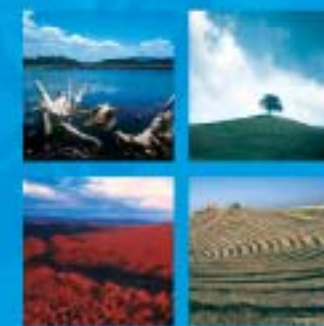


SAN ROSSORE  
A NEW GLOBAL VISION  
15-16 LUGLIO 2004

IL CAMBIAMENTO CLIMATICO DAGLI SCENARI GLOBALI ALLE STRATEGIE LOCALI  
REGIONE TOSCANA / IBIMET CNR



# SEGNALI CLIMATICI



IL CAMBIAMENTO CLIMATICO  
DAGLI SCENARI GLOBALI ALLE STRATEGIE LOCALI

IBIMET CNR





# SEGNALI CLIMATICI

IL CAMBIAMENTO CLIMATICO  
DAGLI SCENARI GLOBALI ALLE STRATEGIE LOCALI

SAN ROSSORE  
A NEW GLOBAL VISION  
15-16 LUGLIO 2004

Il volume **SEGNALI CLIMATICI** è stato realizzato nell'ambito dell'iniziativa Osservatorio Kyoto - Regione Toscana, un progetto nato dalla collaborazione tra l'Istituto di Biometeorologia del CNR e la Regione Toscana. [www.osservatoriokyoto.it](http://www.osservatoriokyoto.it)

**Coordinamento del progetto Osservatorio Kyoto:**

Lorenzo Genesio, IBIMET CNR, Firenze;  
Francesco Primo Vaccari, IBIMET CNR, Firenze.

**Referente regionale Osservatorio Kyoto:**

Mario Romanelli, Regione Toscana  
DG PTA – Settore qualità dell'aria, rischi industriali,  
prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento.

**Coordinamento editoriale del volume:**

Valentina Grasso, IBIMET CNR, Firenze.

© 2004 Regione Toscana  
[www.rete.toscana.it/sett/pta](http://www.rete.toscana.it/sett/pta)  
[ambiente@mail.regione.toscana.it](mailto:ambiente@mail.regione.toscana.it)

© IBIMET CNR  
Via Caproni 8 - 50145 - Firenze  
Tel. 055 3033711 – Fax 055 308910 [www.ibimet.cnr.it](http://www.ibimet.cnr.it)

ISBN 88-901460-0-1

**Progetto Grafico:** Camerachiarà s.n.c. Roma - **Stampa:** Sintesi Grafica s.r.l. Roma

**Stampato su carta ecologica priva di cloro**

**Finito di stampare nel mese di luglio 2004 - Roma**

**In copertina** immagini dall'Archivio Fotografico della Regione Toscana: da sinistra in alto in senso orario: Laguna Di Maremma, di Giorgio Barrera; Viva La Natura, di Stefano Casubaldo; Paesaggio Rurale, di Marino Caliterna; Le Crete Senesi, di Franco Mariconda.

**Avviso.** La Regione Toscana ed IBIMET CNR non sono responsabili in alcun modo dell'uso che può essere fatto delle informazioni contenute nel volume. Si autorizza la riproduzione dei dati, immagini ed informazioni contenute nel volume, purché sia citata la fonte.

## Presentazione

*Claudio Martini - Presidente Regione Toscana*

Dall'origine del mondo il clima del Pianeta ha subito variazioni costanti. Ma, dicono gli scienziati, mentre nei primi 4,5 miliardi di anni le variazioni sono state inferiori ad un grado ogni secolo, negli ultimi 100 anni (e specialmente nei 20 più recenti) abbiamo assistito a vere e proprie "mutazioni" climatiche, dovute in gran parte alle attività dell'uomo.

Il surriscaldamento del Pianeta avviene a causa dell'aumentare della quantità di gas serra presenti in atmosfera – anidride carbonica, metano, ossido di azoto – che, formando uno strato attorno al Pianeta, impediscono ai raggi solari riflessi dalla superficie della Terra di disperdersi nello spazio.

Nel 2001, oltre 1.000 tra i maggiori scienziati del mondo, riuniti nell'IPCC hanno pubblicato un rapporto dai toni allarmanti:

- dal 1860 la temperatura sulla Terra è cresciuta di circa 0,6 gradi e gli ultimi 20 anni sono stati i più caldi mai registrati;
- dal 1900 il livello degli oceani si è alzato di 10-20 centimetri, i ghiacciai si stanno ritirando, sono cambiate le abitudini degli uccelli migratori, abbiamo assistito ad una perdita notevole della biodiversità e degli ecosistemi.

E l'elenco dei cambiamenti potrebbe continuare. È necessaria una svolta, o gli effetti saranno devastanti: minore disponibilità di acqua potabile soprattutto nelle aree già ora afflitte dalla siccità, diminuzione della produzione agricola, aumento della mortalità, delle inondazioni e del livello dei mari (altri 80-90 cm entro il 2100).

Porre rimedio a tutto questo è possibile. Ad esempio, stabilizzando la concentrazione dei gas e riducendo le emissioni in ogni parte del Pianeta; oppure avviando un profilo energetico sempre più differenziato, attraverso una progressiva decarbonizzazione del sistema ed il passaggio ad altre fonti; oppure ancora sfruttando al massimo le potenzialità di assorbimento dell'anidride carbonica che le foreste, i terreni agricoli e altri ecosistemi offrono. Su ognuna di queste opzioni deve crescere l'impegno e l'iniziativa da parte delle istituzioni internazionali, nazionali e locali. Ma occorre una volontà politica diffusa e, soprattutto, un accordo a livello globale.

Alcuni scienziati ritengono che le trasformazioni necessarie per stabilizzare la concentrazione di anidride carbonica comporterebbe un costo tra lo 0,2 e l'1% del Pil. Tutto sommato una cifra modesta, sia in termini assoluti, sia in paragone agli enormi costi potenziali che, a lungo termine e su scala planetaria, dovremmo sostenere se lasciamo le cose come stanno.

Le due giornate di San Rossore 2004 sono state pensate per affrontare proprio il tema del cambiamento climatico, delle sue cause, dei suoi effetti e di come si può invertire la tendenza, attraverso soluzioni efficaci e realizzabili. Per coinvolgere, com'è nella tradizione di questo *meeting* della Regione Toscana, istituzioni, movimenti, amministratori, politici intellettuali e scienziati a confronto sui grandi temi del Pianeta.

Questo libro illustra bene la situazione attuale dei mutamenti climatici, le prospettive future e indica la necessità - vorrei dire l'urgenza - di impostare politiche ecologiche in grado di ridurre le emissioni inquinanti in atmosfera.

È quindi una pubblicazione utile e interessante, che consiglio a tutti di leggere attentamente. Mi pare un buon punto di partenza per sviluppare un confronto intorno ad una delle sfide più pressanti del nostro Pianeta: la soluzione dei problemi globali.

Claudio Martini

## Introduzione

*Tommaso Franci - Assessore alle Politiche Territoriali e Ambientali*

*Regione Toscana*

Le diverse analisi sulle cause dei cambiamenti climatici e le diverse strategie con cui le società intendono affrontarli costituiscono un vero e proprio confronto tra paradigmi alternativi del modo di intendere il rapporto tra l'uomo e l'ecosistema del Pianeta.

Ancora in molte occasioni si tenta di utilizzare l'evidenza, indiscutibile, che nella storia del Pianeta ci sono stati grandissimi cambiamenti climatici indipendenti dalla presenza dell'uomo e ad essa antecedenti come alibi sempre meno credibile per non riconoscere e non affrontare le straordinarie alterazioni, queste sì senza precedenti, che l'uomo ha portato negli ultimi due secoli agli equilibri ambientali del Pianeta.

L'effetto dell'immissione di grandi quantità di gas climalteranti nell'atmosfera terrestre si manifesta in termini planetari come sommatoria di processi locali in una dimensione che oggi definiamo globale. Ciò costituisce una delle espressioni più significative del rapporto tra responsabilità locali e effetti globali.

La scelta della Toscana non solo come governo, ma come comunità regionale, è quella di misurare e di esercitare le proprie responsabilità a livello locale con la consapevolezza di essere parte, non solo da un punto di vista ambientale ma anche economico e sociale, di una realtà, il Pianeta, in cui nessuna regione, o Paese, o continente può pensare di salvarsi, o di darsi delle risposte individualmente.

È in questa prospettiva che la Regione Toscana, in occasione del quarto *meeting* di San Rossore, vuole illustrare in questa pubblicazione lo stato attuale e le tendenze dei mutamenti climatici a scala globale e raccogliere il complesso di attività e iniziative messe in atto a livello locale per fronteggiare i cambiamenti climatici. La strategia toscana si articola su quattro principali filoni di intervento:

1. Innanzi tutto l'investimento costante nelle attività di ricerca e di monitoraggio dedicate ai cambiamenti climatici nella nostra regione. Una buona conoscenza scientifica a livello locale costituisce il

presupposto per azioni adeguate che consentano di comprendere il senso dei fenomeni locali dentro il processo globale di mutamento climatico. In queste attività sono impegnate direttamente le strutture tecniche della Regione, l'ARPAT, e iniziative scaturite dalla collaborazione col mondo universitario e della ricerca, in particolare con l'Istituto di Biometeorologia (IBIMET) del CNR attraverso il progetto Lamma e recentemente l'Osservatorio Kyoto.

2. Il monitoraggio sempre più accurato e una prevenzione sempre più efficace delle emissioni di gas climalteranti prodotte nella nostra regione. Il livello delle emissioni regionali di gas serra è arrivato nel 2000 a quasi 40 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente (39,8). Dal 2000 al 2002 c'è stata una prima inversione di tendenza, con la riduzione di più di 1 milione di tonnellate che ci ha portati al di sotto dei 39 milioni annui (38,7). La strada che ci separa dal raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra per raggiungere i parametri del Protocollo di Kyoto è però ancora lunga. Nel 2010 la Toscana dovrà arrivare a circa 34,5 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalente (per rispettare la riduzione del 6,5% rispetto ai livelli del 1990, stabilita come obiettivo per l'Italia). Negli anni che ci separano dal 2010 dovremo pertanto proseguire con l'attuazione delle azioni previste dal Piano regionale di riduzione delle emissioni di gas responsabili dell'effetto serra, per tagliare più di 4 milioni di tonnellate di emissioni di CO<sub>2</sub> equivalente. E ciò con la consapevolezza che si tratta di un primo passo, e che in futuro dovremo mirare ad obiettivi molto più importanti, per raggiungere i quali saranno necessarie nuove e ulteriori strategie.

3. Gli effetti dei cambiamenti climatici si manifestano già ora in modo rilevante. Oltre a rafforzare l'impegno nella prevenzione delle emissioni di gas serra è indispensabile perciò mettere in atto strategie di mitigazione degli impatti dei cambiamenti climatici sul nostro territorio. Gli ambiti in cui attuare tali strategie riguardano principalmente le politiche di difesa del suolo, di gestione della risorsa idrica, della protezione civile, e di altri settori come quello della salute e dell'agricoltura. Tenendo conto del modo in cui cambiano i fenomeni meteorologici, la Regione Toscana sta adeguando e rafforzando l'impegno per l'approvazione dei Piani di assetto idrogeologico (PAI), per la realizzazione di interventi di difesa dal rischio

idraulico e dal dissesto idrogeologico, e per le attività di manutenzione del reticolo idraulico, anch'esse essenziali per mettere in sicurezza il territorio. Le modifiche del regime pluviometrico con andamento sempre più estremizzato si riflettono negativamente anche sulla disponibilità della risorsa idrica. Di qui la necessità di interventi ancora più incisivi per la tutela di tale risorsa, garantendone il prelievo sostenibile e incentivando tutte le forme di aumento dell'efficienza nell'uso dell'acqua. Anche il funzionamento di un buon sistema di protezione civile a livello regionale, con capacità di previsione e di intervento adeguato sul territorio, diventa in questo scenario una risposta essenziale per fronteggiare la nuova situazione in cui ci troviamo.

4. L'impegno su strategie di cooperazione internazionale. L'obiettivo è di potenziare la condivisione e la promozione di modelli di sviluppo compatibili con un equilibrato rapporto tra società umane e Pianeta, contribuendo anche a rafforzare il ruolo degli organismi internazionali che in una chiave di sviluppo del multilateralismo e di una *governance* globale possano creare le condizioni per dare delle risposte coerenti da parte di tutta la comunità mondiale.

Tommaso Franci



# INDICE

Presentazione, <i>Claudio Martini</i>	3
Introduzione, <i>Tommaso Franci</i>	5

## CLIMA E CAMBIAMENTI CLIMATICI

Processi, segnali, impatti	11
La macchina del clima	
I segnali climatici a scala globale	
La climatologia della Toscana	18
L'Arno segnale ambientale del cambiamento climatico in Toscana, <i>Giovanni Menduni</i>	24
Segnali del cambiamento climatico	34
Segnali a scala globale ed in Toscana	

## ARIA

Processi, segnali, impatti	40
Emissioni e effetto serra	
La riduzione delle emissioni e il Protocollo di Kyoto	
I principali gas serra	
I meccanismi flessibili	
Il Piano Nazionale di Assegnazione delle quote di emissione	
Focus Toscana	53
Strategie locali per la riduzione delle emissioni	
Il bilancio del carbonio	
<i>News and Views</i>	58

## ACQUA

Processi, segnali, impatti	66
Il consumo dell'acqua	
Acqua e temperatura	
I <i>trend</i> delle precipitazioni	
Ghiacciai e mari	
Mare Nostrum	
Biodiversità marina	
Focus Toscana	79
Il livello di prelievo delle acque dolci	
Lo stato delle risorse idriche in Toscana	
Siccità e crisi idrica nel 2003	
Strategie di risposta	
Il Piano di Tutela delle Acque	
<i>News and Views</i>	92

<b>TERRA</b>	
Processi, segnali, impatti	100
Gli ecosistemi terrestri e il cambiamento globale	
Il suolo	
Fenomeni di erosione	
Desertificazione	
Bilancio del carbonio	
La vegetazione	
Natura e biodiversità	
Focus Toscana	117
Clima e agricoltura	
Vegetazione e foreste	
Biodiversità	
Urbanizzazione	
Degrado dei suoli e desertificazione	
Fenomeni erosivi delle coste toscane	
<i>News and Views</i>	128
<b>UOMO</b>	
Processi, segnali, impatti	136
L'uomo e il cambiamento climatico	
Clima e salute	
Focus Toscana	151
Il ruolo della Protezione Civile nella prevenzione del rischio	
Il rischio e i gradi di rischio e accettabilità	
La previsione dei rischi	
Scenari di danno e piani di protezione civile	
Attività di prevenzione	
La previsione dei fenomeni	
Eventi recenti in Toscana	
Il sistema di avviso meteorologico per condizioni avverse	
Clima e salute	
<i>News and Views</i>	162
<b>CAMBIAMENTI CLIMATICI, GLOBALIZZAZIONE E STRATEGIE LOCALI</b>	
Processi globali	169
Le origini del processo	
Informazione globale	
Globalizzazione e cambiamenti climatici	
Globalizzazione e informazione	
Cambiamenti climatici e strategie locali	
La strategia toscana per i cambiamenti climatici	178
<b>GLOSSARIO E ACRONIMI</b>	187
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	199
<b>AUTORI E COLLABORATORI</b>	206

## AVVERTENZA

### Struttura del libro

Il libro è suddiviso in quattro principali aree tematiche *Aria, Acqua, Terra e Uomo* dove vengono illustrati i segnali e gli impatti dei cambiamenti climatici nei diversi elementi. Ognuna di queste sezioni è strutturata secondo un medesimo schema: Processi, Segnali, Impatti, in cui vengono analizzati i segnali a scala globale; Focus Toscana, che illustra alcuni degli impatti locali del cambiamento in atto; News and Views che offre una panoramica di articoli e recensioni tratti da quotidiani e riviste di settore. Nel caso di articoli in inglese, la versione italiana presenta la traduzione effettuata dalla nostra redazione. Una prima sezione introduttiva, *Clima e cambiamenti climatici*, fornisce il quadro generale dei fenomeni di cambiamento a scala globale e locale, mentre, in chiusura, *Cambiamenti climatici, globalizzazione e strategie locali*, inquadra la problematica del cambiamento globale e delle strategie per contrastarlo nel più generale contesto dello sviluppo sostenibile, per tracciare infine la strategia della Regione Toscana.

### Glossario e acronimi

In fondo al volume è presente un Glossario dei termini tecnici più ricorrenti. Gli acronimi, quando non sono direttamente esplicitati nel testo, sono inseriti alla fine del Glossario.

### Bibliografia

I dettagli dei riferimenti bibliografici citati nel testo si trovano nella Bibliografia in coda al volume, divisa nelle sei diverse sezioni.

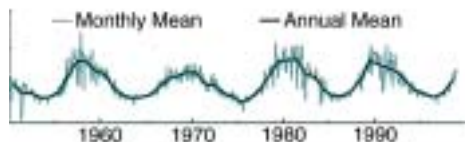
## Il clima e i cambiamenti climatici. Processi, segnali, impatti

# CAMBIAMENTI CLIMATICI

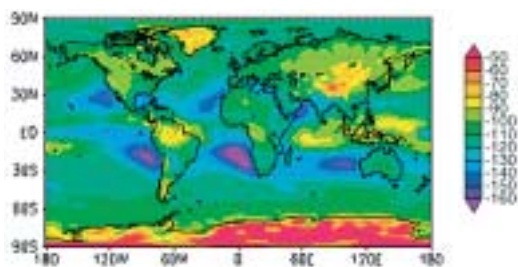
Il mondo contemporaneo si appresta ad affrontare una serie di formidabili sfide, in quasi tutti i campi. I problemi che riguardano le tecnologie, la società e l'ambiente si fondono in un solo grande problema globale che riguarda la sostenibilità stessa del nostro Pianeta e delle società umane che vivono su di esso. La nostra società occidentale, distratta forse dalla necessità di consumare per autosostenersi, e costantemente impegnata nella ricerca del proprio benessere e del suo miglioramento continuo, tende a dimenticare il tipo di sfida che la Terra ha di fronte a sé. Così capita spesso di vedere amministratori che fanno coincidere in modo spregiudicato sviluppo e consumi energetici: se aumentano i consumi energetici si intravede subito un segnale di un imminente ripresa economica, foriera di ottime prospettive per l'impresa, per il lavoro e per tutta la società. Ma si dimentica che l'aumento dei consumi energetici causa l'aumento delle emissioni di gas serra nell'atmosfera che contribuisce a creare un quadro generale di cambiamento, non solo climatico, che riguarda e riguarderà sempre di più l'intero Pianeta. Con il mutamento globale, viene messa in gioco la sostenibilità stessa del nostro Pianeta, e cioè la possibilità di far coincidere il fabbisogno di una popolazione umana che cresce rapidamente con una adeguata produzione di beni primari ottenuta senza minare quell'equilibrio dinamico dell'ambiente terrestre che è alla base del funzionamento del nostro sistema fisico e biologico. Per affrontare la sfida, è però necessario comprendere i fenomeni ed intuire quali siano i fattori di rischio ad essi associati. In questa introduzione, si cercherà di spiegare in sintesi quale sia la posta in gioco relativamente al problema del cambiamento climatico e perché la semplice equazione aumento dei consumi energetici = sviluppo e crescita non sia ormai decisamente più applicabile. Più avanti nel volume si cercherà di far percepire al lettore l'intreccio di fattori ed eventi che legano fra loro ambiente, clima e sostenibilità, in un complesso mosaico di effetti e retroazioni che riguardano l'atmosfera, la geosfera e la biosfera. Ne uscirà un quadro che, purché incompleto e talvolta superficiale, ci permetterà di capire quale siano i processi in atto con i relativi impatti e giustificherà in modo sostanziale quell'opera di pressione che la scienza sta già facendo per far crescere il dibattito e le proposte all'interno dei sistemi locali e globali.

# CLIMA E CAMBIAMENTI CLIMATICI PROCESSI, SEGNALI, IMPATTI

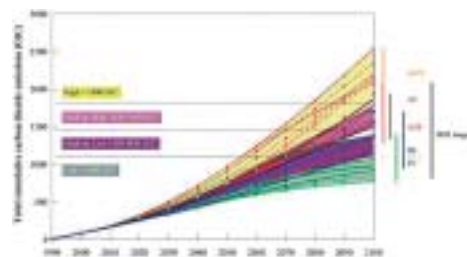
1. Fluttuazioni della costante solare 1950-2000 (Fonte: NASA).



2. Bilancio netto radiativo su scala globale watt/m<sup>2</sup> (Fonte: IBIMET CNR; dati NCEP-NCAR).



3. Scenari di emissioni per il secolo futuro formulati secondo vari modelli (Fonte: Special Report on Emission Scenarios – SRES; IPCC, 2000).



## La macchina del clima LA MACCHINA DEL CLIMA

La climatologia è storicamente una disciplina della geografia che per buona parte del ventesimo secolo si è limitata a registrare la distribuzione dei diversi climi sul Pianeta assumendo criteri diversi: fisici, biologici, economici, agricoli, per effettuare le suddivisioni in aree relativamente omogenee. L'insieme di tali classificazioni costituisce la climatologia descrittiva che rappresenta una parte della geografia fisica. Ovviamente nel registrare le differenze, a partire dai dati registrati con gli strumenti a terra o sul mare, i climatologi si sono interrogati sulle ragioni di tali differenze. L'interpretazione di queste ha permesso di costruire una serie di modelli interpretativi in primo luogo della circolazione dell'atmosfera e degli oceani, aprendo la strada alla più moderna climatologia dinamica. D'altra parte basta ricordare che

Hadley, nel 1700, pose le basi di tale disciplina ipotizzando un modello di circolazione tridimensionale basato su grandi celle convettive nella zona equatoriale, che davano luogo nella loro fase discendente al fenomeno degli alisei e interferivano sul flusso generale dell'atmosfera, che nel nostro emisfero va da Ovest verso Est. Interrogarsi sui cambiamenti climatici comporta necessariamente capire in cosa consiste il concetto di variabilità climatica. L'intera macchina climatica terrestre è

legata all'attività solare, che è la fonte di energia primaria che ne alimenta i vari processi da cui si origina la circolazione delle masse d'aria. La Terra riceve una quantità diversa di radiazione in funzione della latitudine e la prova di questa disomogeneità spaziale è ben rappresentata nella figura 2, dove viene mostrato il contributo netto radiativo su scala globale, ottenuto dal bilancio fra radiazione entrante e radiazione uscente. Le differenze di energia accumulate nelle diverse aree terrestri generano una serie di flussi di massa e di energia fra le diverse aree. Inoltre, le modifiche nella composizione dell'atmosfera dovute all'aumento del-

l'uso di fonti di energia non rinnovabili come il carbone e il petrolio, verificatesi dall'era pre-industriale ad oggi, ha condotto la comunità scientifica ad interrogarsi sulla natura dei processi in atto e sulle conseguenze sul clima generale. Il trend su scala globale attuale e previsto (figura 3) di aumento delle emissioni dei gas di combustione da energia fossile, costituito per la maggior parte da anidride carbonica, è sempre più significativo e, se non contrastato, proba-

bilmente si attenerà solo quando le riserve dei combustibili tenderanno a estinguersi. Sotto questa legittima spinta scientifica lo sviluppo della climatologia, supportato dal progresso della tecnica informatica e di quella modellistica, è cresciuto in maniera consistente. L'obiettivo di arrivare a cercare di comprendere il clima e le sue variazioni è forse la maggiore sfida scientifica contemporanea, poiché rappresenta l'anima del dibattito mondiale sull'uso sostenibile delle risorse.

#### Alcune date storiche sulla ricerca sul Global Change:

1980 - I Conferenza Mondiale sul Clima – OMM, Ginevra
1981 - I Programma Europeo sul Clima - UE
1985 - Convezione di Montreal sulla Riduzione dei CFC
1988 - Costituzione dell'Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC
1990 - II Conferenza Mondiale sul Clima – OMM; l'IPCC pubblica il primo rapporto sul clima
1992 - Conferenza delle Nazioni Unite sullo stato dell'Ambiente, sul Clima, Foreste, Biodiversità e Desertificazione – Rio de Janeiro
1995 - Il rapporto dell'IPCC sul clima
1997 - III Conferenza delle Parti UNFCCC, approvazione del Protocollo di Kyoto
2002 - Rapporto sul clima della National Academy of Science USA

Il quadro generale degli eventi scientifici e politici dell'ultimo ventennio è importante in quanto costituisce la memoria di una presa di coscienza di un problema veramente globale. Nel 1980 l'Organizzazione Meteorologica Mondiale organizzò a Ginevra la Prima Conferenza Mondiale sul Clima, nel corso della quale emersero le preoccupazioni basate su alcune considerazioni relative al bilancio energetico terrestre ed ai possibili effetti della modifica dell'atmosfera sul clima del Pianeta. Da allora le ricerche in merito sono state intensificate e differenziate sia attraverso un impegno modellistico sia attraverso campagne di misura mirate sui vari ecosistemi, per meglio comprendere le diverse componenti del sistema e le loro interrelazioni. L'Unione Europea, negli anni, è stata la maggiore fonte di risorse per l'attività di ricerca su questi temi attraverso i Programmi Quadro che si sono succeduti a partire dai primi anni Ottanta fino a oggi. A livello mondiale l'ICSU - l'International Council for Scientific Unions, ha promosso programmi coordinati come l'IGBP - International Geosphere Biosphere Program, che hanno rinforzato le collaborazioni internazionali, creando importanti sinergie interdisciplinari. Nel 1990 l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM) promosse la seconda conferenza mondiale sul clima per fare il punto sulle attività scientifiche svolte; i suoi risultati vennero presentati nel 1992 alla Conferenza sullo Stato dell'Ambiente di Rio de Janeiro organizzata dalle Nazioni Unite. Da allora attraverso la ratifica da parte della maggior parte

## CLIMA E CAMBIAMENTI CLIMATICI PROCESSI, SEGNALI, IMPATTI

dei Governi aderenti alle Nazioni Unite delle Convenzioni sul Clima, sulla Biodiversità, sulle Foreste e sulla Desertificazione, questi temi sono divenuti parte dell'agenda politica internazionale. Peraltro non è un caso che mentre si discutono le misure da prendere per evitare o per contenere catastrofi ecologiche a scala globale, nello stesso tempo si discute sempre più frequentemente della globalizzazione dell'economia che vede cambiare sostanzialmente i metodi di produzione e di scambio con impatti spesso difficilmente immaginabili sui comportamenti e sulla cultura sia dei Paesi poveri come dei Paesi ricchi. Le iniziative internazionali di ricerca hanno coinciso con una maggior capacità tecnica di osservare, misurare ed analizzare i fenomeni naturali, grazie a strumenti come i satelliti per le osservazioni terrestri, con la possibilità di elaborare velocemente grandi moli di dati e, nell'ultimo decennio, con la possibilità di scambiare con facilità i dati stessi attraverso gli strumenti messi a disposizione da Internet. L'impegno di alcuni Paesi, in primo luogo degli Stati Uniti, nel raccogliere, organizzare e controllare i dati di *routine* e quelli derivanti da campagne di misura internazionali, permettono oggi di effettuare ricerche di climatologia dinamica che solo alcuni anni fa sembravano impossibili. È utilizzando tali mezzi che ci è possibile effettuare una sintesi delle acquisizioni più recenti sui cambiamenti climatici. Il criterio adottato si basa sulla identificazione di segnali climatici macroscopici nella serie dei dati disponibili, e sulla successiva correlazione di tali segnali ai modelli esplicativi della climatologia, della circolazione generale dell'atmosfera e dei suoi effetti regionali e locali.

### I segnali climatici a scala globale

## SCALA GLOBALE

Cosa è successo negli ultimi anni? Come è ormai noto, è aumentata in modo significativo la concentrazione in alcuni gas nell'atmosfera, in particolare quella dell'anidride carbonica che, dal 1860 ad oggi, è salita fino a 378 ppm (parti per milione): per dare un ordine di grandezza, è la stessa variazione che si è verificata nella storia della Terra in milioni di anni.

L'aumento della CO<sub>2</sub>, che è uno dei gas ad effetto serra, ha determinato un aumento della temperatura media terrestre come evidenziato da nel grafico della figura 3, dove lo zero è il valore medio e si vede come negli ultimi anni la temperatura sia aumentata in media di circa 0,4 gradi centigradi. Questa, che può apparire una piccola variazione, se rapportata all'intera superficie del Pianeta, significa una quantità enorme di energia. Questo "surplus" energetico non determina solo un aumento della temperatura media del Pianeta, ma ha anche importanti effetti sui cosiddetti eventi estremi, segnali importanti di un cambiamento del clima in atto. Si parla di eventi estremi per identificare eventi

di intensità eccezionale o con caratteri di persistenza e frequenza fuori dal comune. Sono eventi estremi la terribile ondata di caldo della scorsa estate che ha mietuto 21.000 vittime solo in Europa, l'uragano Mitch che nell'ottobre del 1998 ha devastato l'America Centrale lasciando dietro di sé oltre 10.000 morti e milioni di senza casa, l'alluvione che nello stesso anno ha sommerso il 65% del territorio del Bangladesh. Un altro segnale forte dell'evidente riscaldamento del

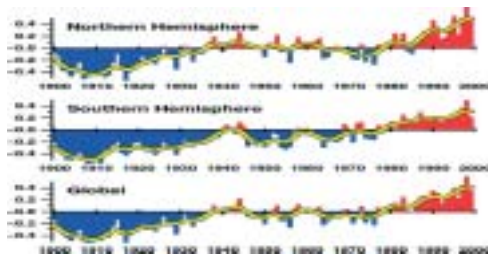
Pianeta è l'analisi della variazione della temperatura superficiale degli oceani, sistemi particolarmente importanti per il sistema climatico mondiale. La figura 5 mostra l'andamento della temperatura superficiale degli oceani fra il 1910 e il 1950 e fra il 1970 ed il 1999. È chiaramente visibile che fra il primo grafico e il secondo, la fascia scura, che corrisponde ad una temperatura intorno i 28-29° e rappresenta la zona più calda, si è allargata moltissimo, segno di un riscaldamento della zona tropicale. Nell'immagine, un

elaborazione realizzata da IBIMET CNR su dati a scala globale, è interessante notare che mentre cinquant'anni fa il punto in cui il bilancio era 0, cioè in cui dal rosso si passava al blu, era intorno a 22-23° di latitudine, cioè esattamente sul tropico, oggi, questo punto si è spostato quasi di 10° di latitudine, raggiungendo i 30° di latitudine, segno di una "espansione" della fascia tropicale verso i poli. Tutti questi processi sono alla base di una modifica nei meccanismi della circolazione generale dell'atmosfera. Il tempo meteorologico che noi sperimentiamo in Toscana, in Italia, in Europa, è determinato dal-

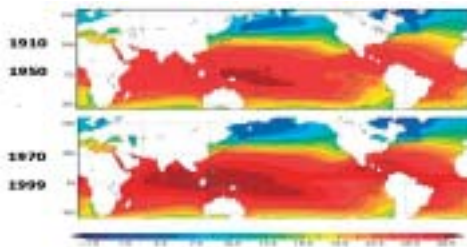
l'incontro di masse d'aria calde ed umide, provenienti dalla fascia tropicale, con masse d'aria, provenienti dalla fascia polare, definiti in meteorologia "fronti". Accanto ai fenomeni che regolano la circolazione dell'atmosfera ci sono anche quelli che influenzano la circolazione degli oceani, più complessi da valutare in quanto hanno tempi più lunghi rispetto a quelli che avvengono nella circolazione

atmosfera. Una massa d'aria per arrivare dal Nord Africa alla Toscana impiega mediamente una giornata, una particella di acqua che parte dal Pacifico ed arriva in Inghilterra può impiegarci anche 10 anni. La nostra comprensione dei fenomeni climatici è quindi resa ancora più difficile dai cicli decennali legati alla grande circolazione oceanica governata dalla temperatura e dalla salinità dell'acqua. L'insieme dei fenomeni di circolazione atmosferica ed oceanica determina la formazione e l'evoluzione dei centri, cosiddetti, di azione climatica. I due centri di azione climatica più rilevanti sono sull'oceano Pacifico e sull'oceano Atlantico. Quello sul Pacifico dà luogo ad un fenomeno molto conosciuto, il

**4. Andamento della temperatura media globale e nei due emisferi boreale ed australe (Fonte: MetOffice, UK).**



**5. Isotherme annuali della temperatura oceanica nei periodi 1910-1950 e 1970-1999 (Fonte: IBIMET CNR; dati NCEP - NCAR).**





## CLIMA E CAMBIAMENTI CLIMATICI PROCESSI, SEGNALI, IMPATTI

Niño, il cui nome tecnico, ENSO, si riferisce a una modifica della situazione termica dell'oceano che origina una serie di fenomeni meteorologici che raramente interessano direttamente l'Europa. Nel nostro continente si forma un centro di azione climatica, simile al Niño, conosciuto come North Atlantic Oscillation (NAO) ovvero in italiano Oscillazione Nord-Atlantica. Questa oscillazione è semplicemente un parametro che registra la differenza dei valori della pressione atmosferica fra Mar d'Islanda e le Azzorre e assume un valore, variabile da positivo a negativo, che determina il tipo di configurazione climatica stagionale su gran parte del continente europeo. Analizzando i valori storici di questi grandi centri di azione climatica si possono eseguire previsioni climatiche o stagionali. La previsione stagionale non dice che tempo farà ma fornisce una indicazione di massima sullo sviluppo dei fenomeni rispetto ai valori medi. Dalle previsioni stagionali non ci si può quindi aspettare una risoluzione spaziale e temporale comparabile alle previsioni meteorologiche, che sulle ventiquattro ore successive hanno ormai una affidabilità superiore al 90%, ma indicazioni di massima sull'andamento stagionale.

---

6. Jbel Tifernine,  
Marocco, 1999 (E. Blasi).



Il quadro fino qui presentato consente di affermare che la tendenza in atto continuerà ad evolversi per un lungo periodo, stabilizzandosi in funzione delle misure di mitigazione che saranno intraprese. Non vi è dubbio, comunque, che i cambiamenti climatici comportano un'attenta valutazione degli impatti che avranno prima di tutto sull'agricoltura e sulle foreste che sono direttamente dipendenti dal clima e in generale sulle attività economiche, sulla salute dell'uomo e in modo più ampio sulla sostenibilità dello sviluppo. La messa in opera di strate-

gie che permettono di mitigare gli effetti e gli impatti dei cambiamenti climatici consentirà di poter affrontare il cambiamento imposto senza sostanziali stravolgimenti delle condizioni di vita dell'uomo a patto che tali misure vengano proposte ed attuate in modo tempestivo, graduale e con coscienza. In questo caso l'informazione tecnica-scientifica gioca un ruolo fondamentale per la pianificazione ed implementazione della *governance* del territorio soprattutto per quelle tematiche, quali il cambiamento climatico, che impattano in modo trasversale sui diversi aspetti del territorio. In questo senso il progetto Osservatorio Kyoto, frutto della già consolidata collaborazione tra IBIMET e Regione Toscana, nasce dall'esigenza di valorizzare le acquisizioni nel campo della ricerca scientifica per sviluppare un supporto alla pianificazione regionale sulle tematiche di Kyoto in modo da rispettarne i vincoli e sfruttarne le opportunità. In contesti come quello toscano in cui il territorio è capitale la possibilità di disporre di strumenti di analisi e pianificazione diventa di fondamentale importanza per la gestione integrata del territorio alla luce dei cambiamenti globali, e per avviarsi verso un modello di sviluppo che sia sostenibile e realizzabile davvero per tutti.

## CLIMA TOSCANA

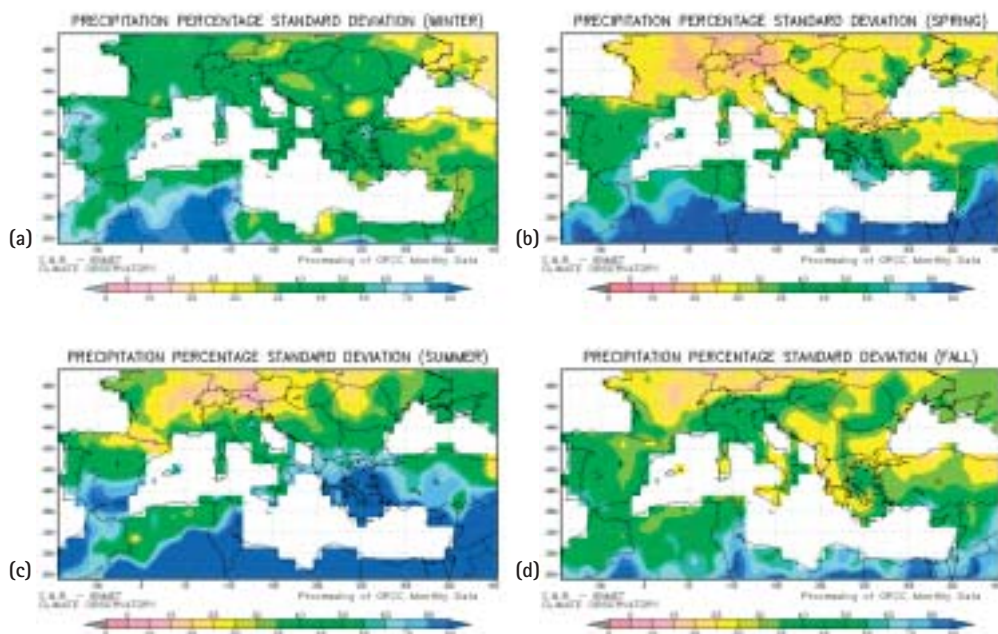
### La climatologia della Toscana

Senza ricorrere all'ormai troppo noto "effetto farfalla", per cui se una farfalla sbatte le ali a Tokyo a Los Angeles inizia a piovere, è lecito domandarsi come i processi del cambiamento climatico a livello globale abbiano impatti e conseguenze tangibili in altre zone del Pianeta, anche molto distanti.

Il nesso fra processi climatici globali e fenomeni locali va ricercato nei meccanismi di variabilità della circolazione generale atmosferica e il tipo di interazione con le caratteristiche di un determinato territorio. L'eccedenza termica globale ha modificato e continua a modificare il comportamento della circolazione in termini di intensità e direzione, facendo crescere in maniera sensibile la variabilità meteorologica negli aspetti generali di persistenza e quindi di frequenza dei fenomeni. Facendo un esempio concreto, se i trasferimenti delle masse d'aria fra Polo ed Equatore crescono e assumono una direzione preferenziale lungo un asse Nord-Sud, è più facile che nella stagione estiva si verifichino ondate di calore provenienti dai quadranti meridionali. Il termine generico cambiamento climatico indica questo tipo di variazione che si discosta dalla normale fluttuazione climatica, dove normale indica la distribuzione degli eventi storicamente osservati.

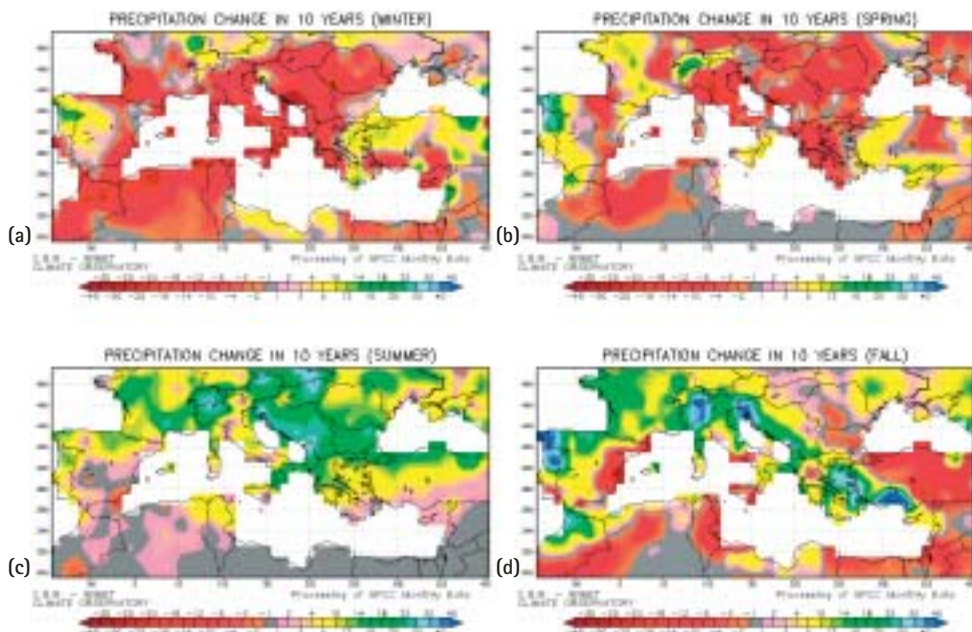
La variabilità della precipitazione stagionale, illustrata mediante la deviazione *standard* (figura 1), mostra un elevato segnale di incremento della variabilità

1. Deviazioni *standard* percentuali della precipitazione, espresse in %, in inverno (a), primavera (b), estate (c), autunno (d).



in area mediterranea soprattutto nei mesi invernali ed in misura appena minore in quelli estivi, stagioni dominate da caratteristiche emisferiche della circolazione atmosferica che esibiscono un elevato grado di variabilità inter-annuale (quali l'oscillazione Nord-Atlantica in inverno e i monsoni asiatico e dell'Africa occidentale in estate), e minori in primavera e autunno, stagioni

2. Tendenze lineari della precipitazione, espresse in mm/anno su 10 anni, in inverno (a), primavera (b), estate (c), autunno (d).

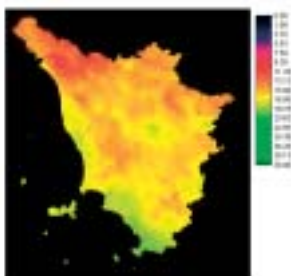
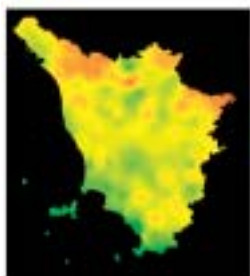


dominate da caratteristiche transienti della circolazione atmosferica, la cui media stagionale assume una variabilità decisamente inferiore. La tendenza decennale delle precipitazioni stagionali, illustrata in figura 2, risponde a trasformazioni climatiche a lungo termine, più marcate nel periodo invernale, in cui il percorso delle perturbazioni Nord-Atlantiche si è spostato decisamente verso Nord nei decenni più recenti, e in primavera, in cui il sensibile riscaldamento della troposfera regionale ha determinato una corrispondente riduzione della umidità relativa e quindi della nuvolosità più profonda e delle precipitazioni. In estate e in autunno, le caratteristiche dominanti della circolazione atmosferica a scala emisferica e continentale, rispettivamente i monsoni e i transienti, non hanno mostrato significative variazioni negli ultimi due decenni.

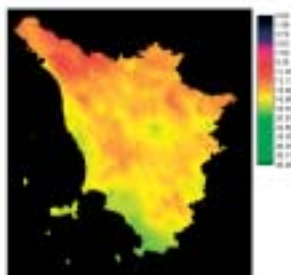
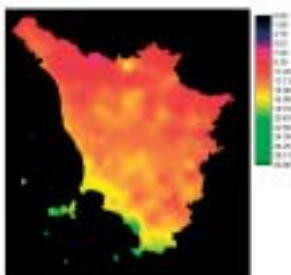
3. Evoluzione recente e prevista delle precipitazioni medie annuali in Toscana.



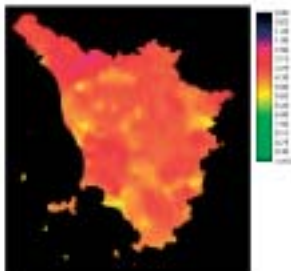
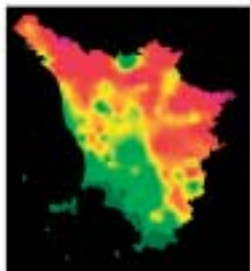
4. Medie trentennali 1961-1990 di giorni consecutivi di siccità per i mesi di luglio (sinistra) e maggio (destra).



5. Medie trentennali 1961-1990 di massima sequenza siccitosa per i mesi di luglio (sinistra) e maggio (destra).



6. Medie trentennali 1961-1990 del numero di sequenze siccitose per i mesi di luglio (sinistra) e maggio (destra).

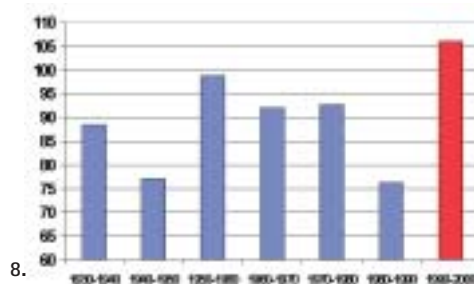
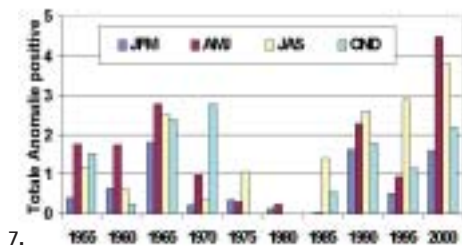


Complessivamente, la precipitazione annuale sulla Toscana (figura 3) ha subito una riduzione intorno al 18% negli ultimi 40 anni, mentre per i prossimi 40 anni è previsto un recupero di circa il 5%, legato in massima parte alla prevista intensificazione delle perturbazioni invernali (Meneguzzo et al., 2004). La variabilità del regime pluviometrico e della sua distribuzione ha tra le sue conseguenze un impatto sulla disponibilità

idrica nel corso della stagione con particolare riferimento agli eventi siccitosi per cui è possibile elaborare delle vere e proprie mappe delle sequenze siccitose a partire dalle analisi dei dati di pioggia giornalieri. Definendo come siccità un periodo temporale in cui le precipitazioni sono sensibilmente inferiori rispetto alla media stagionale, la soglia limite, al

di sotto della quale si può parlare di siccità meteorologica, è data da un valore di pioggia inferiore ad 1 mm. Nelle figure 4, 5 e 6 (Genesis et al., 2004) sono riportati esempi di mappe di giorni consecutivi di siccità, massima sequenza siccitosa e numero di sequenze siccitose per i mesi di luglio e maggio del trentennio '61-'90 interpolando i valori puntuali a livello mensile di giorni consecutivi di permanenza sotto la soglia, la massima sequenza siccitosa ed il numero di sequenze siccitose.

Un altro fattore che tende a influenzare il comportamento climatico nella regione Toscana è la caratteristica del bacino Mediterraneo di accumulare calore, in modo passivo, dalle masse d'aria transanti. L'aumento di temperatura dell'ultimo decennio è ben evidente dagli aumenti delle anomalie positive su tutte le stagioni, specie nel settore occidentale tirrenico, a dimostrazione della capacità del mare di essere integratore dell'andamento climatico annuale (figura 7). Il surplus energetico del mare aumenta le possibilità di eventi estremi dovuti ai processi di evaporazione e di trasporto che sono "esaltati" in questo quadro di modificazioni. Nella climatologia statistica viene definito come "segnale" un insieme di registrazioni che si distinguono, rispetto alla serie delle osservazioni, in modo netto in termini di media e di varianza e le cui cause non sono attribuibili alla normale variabilità climatica.



Ad esempio, le serie pluviometriche estreme sulle 24 ore della Versilia presentano segnali di questo tipo negli ultimi dieci anni che hanno avuto come conseguenza diretta un aumento della frequenza degli eventi alluvionali, come dimostrato in figura 8 per la zona di Massa Carrara.

Gli impatti dei fenomeni alluvionali di origine meteorologica sono strettamente legati alle caratteristiche geo-morfologiche di un territorio complesso come la regione Toscana. In figura 9 è rappresentata la vulnerabilità alle alluvioni del territorio toscano valutata in funzione delle caratteristiche geo-morfologiche.

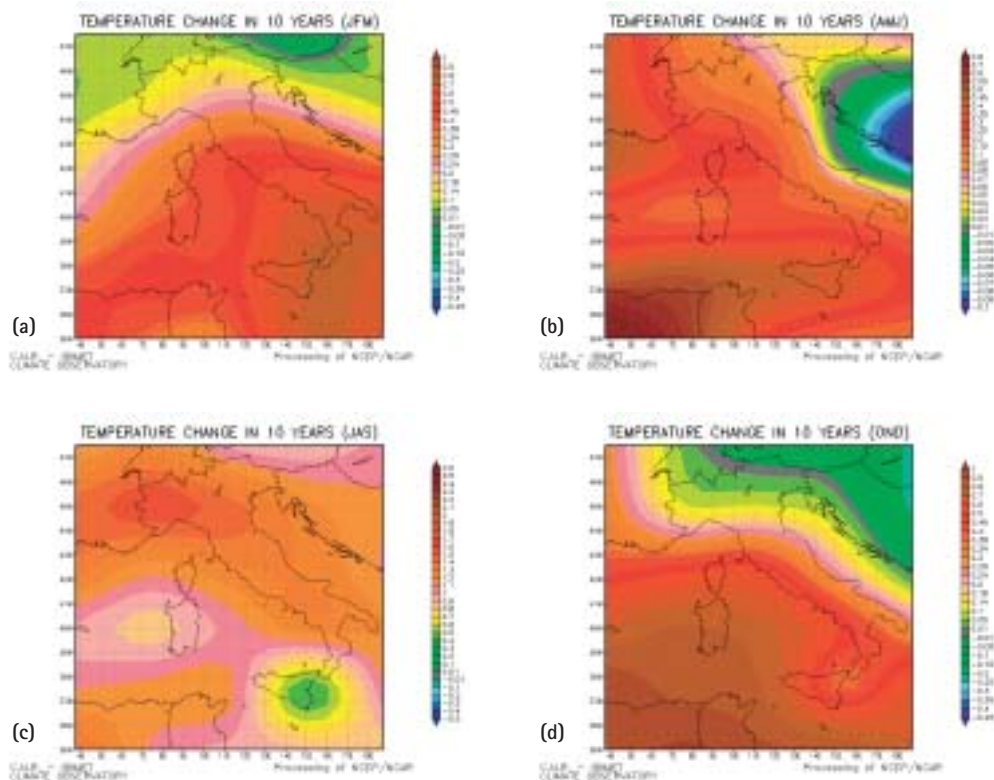
La tendenza globale al riscaldamento dell'atmosfera si proietta sulla scala regionale in modo estremamente complesso e diversificato. Sull'Italia, si produce un riscaldamento variabile con la stagione (figura 10), massimo in estate



10. Tendenze lineari della temperatura superficiale dell'aria, espresse in °C/10 anni, in inverno (a), primavera (b), estate (c), autunno (d).

(intorno a 1.3°C/10 anni sulla Toscana) e minimo in autunno (intorno a 0.3°C/10 anni sulla Toscana).

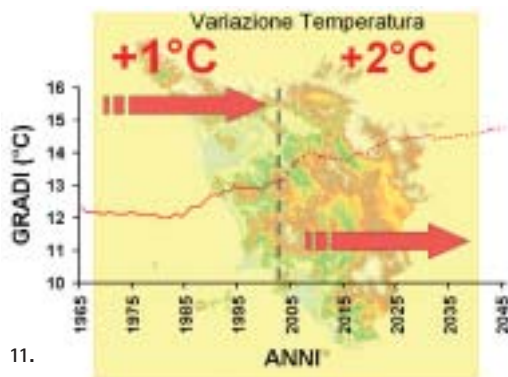
Il riscaldamento medio annuale sulla Toscana (figura 11) ha raggiunto +1°C negli ultimi 40 anni, ed è previsto procedere a velocità doppia nei prossimi decenni (+2°C in 40 anni); queste evoluzioni sono molto simili a quelle osservate a livello planetario, e testimoniano il carattere globale dei processi di trasformazione del clima innescati dall'incremento di concentrazione dei gas serra nell'atmosfera.



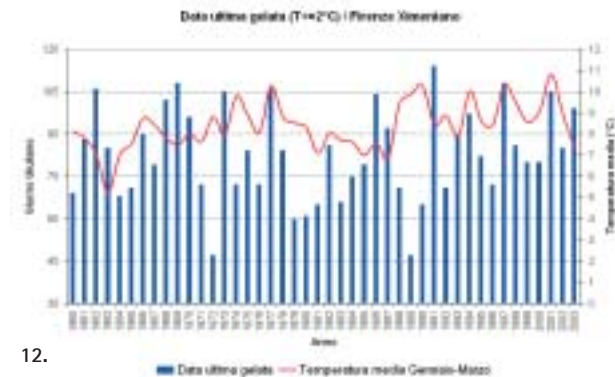
La temperatura media invernale, conformemente al *trend* medio annuale, è in aumento, mentre la data dell'ultima gelata è sostanzialmente stazionaria, o addirittura mostra una debole tendenza all'avanzamento (figura 12), verosimilmente in risposta alla intensificazione della circolazione meridionale primaverile e al conseguente aumento della frequenza e intensità delle irruzioni di aria fredda. La combinazione delle due tendenze comporta, tra l'altro, un aumento del pericolo di danno alla vegetazione, in relazione alle gelate tardive.

La variabilità e le tendenze climatiche sul territorio della Toscana, sono dunque in stretta relazione con le più generali trasformazioni del clima globale e mediterraneo ed hanno anche a livello locale un forte impatto su tutti i sistemi territoriali sia naturali che antropici e sulle attività umane ad essi collegate.

11. Evoluzione recente e prevista della temperatura superficiale media annuale dell'aria sulla Toscana.



11.



12.

12. Serie storiche recenti della temperatura media invernale e della data dell'ultima gelata a Firenze (soglia della gelata: +2°C a 2 m di altezza).



L'Arno, segnale ambientale del cambiamento climatico in Toscana

Giovanni Menduni, Segretario Generale, Autorità di bacino del fiume Arno

Introduzione

## INTRODUZIONE

Ci sono processi, fenomeni fisici, sociali ed economici che travalicano la scala della nostra percezione diretta. La loro azione si esplica a livello continentale, alle volte planetario, coinvolgendo innumerevoli variabili tra loro mutuamente combinate in un groviglio apparentemente inestricabile. Il caso del clima, sotto questo aspetto è eclatante. I cambiamenti in atto riflettono un insieme di fattori nei quali la componente, per così dire, fisiologica concorre con quella indotta dall'azione dell'uomo. L'analisi è complessa, spesso contraddittoria, soprattutto per le fluttuazioni che combinano tra loro oscillazioni su frequenze diverse, con tendenze probabilmente irreversibili. Uno dei maggiori problemi, in questi casi, è determinare un passaggio affidabile tra la scala globale e quella locale alla quale, ogni giorno, ci confrontiamo con problemi contingenti ed esplichiamo la nostra azione quotidiana. Stendere questo ponte significa trovare risposta ad una serie di domande strategiche che proviamo, grossolanamente, a delineare. La prima riguarda l'entità dell'effetto che il fenomeno globale è in grado di riflettere su quelli locali, sulle nostre cose, sulla vita di tutti i giorni. La seconda è quella dei tempi caratteristici del cambiamento, essenzialmente quanta parte sia già in atto e quanta possa interessare il futuro prossimo e quello remoto. La terza domanda è individuare le azioni immediate che possano contrastare al più presto gli aspetti più negativi, determinando anche le basi per una azione di lungo periodo. La risposta a questi interrogativi non è facile. Si tratta di abbracciare, in un unico colpo d'occhio, le variabili di stato ed elaborare le politiche conseguenti. È una azione che sovente genera banalità, se ci si limita ad una analisi superficiale, o frustrazione, se si vuole affrontare il problema ad un sufficiente livello di complessità.

Il ruolo degli indicatori

## IL RUOLO DEGLI INDICATORI

Un aiuto sostanziale, in questa classe di tematiche, è data dagli *indicatori*. Si tratta di quelle spie, segnali, sintomi che, opportunamente tenuti sotto controllo, possono testimoniare le tendenze in atto in maniera semplice, lineare ed efficace. L'indicatore, assai spesso, non è direttamente correlato con quanto indagato. La produzione giornaliera di rifiuti solidi urbani, ad esempio, è portata ad indicare tanto del livello economico delle famiglie

che della entità della popolazione effettivamente presente in città in un dato giorno, quanto dello stato di coscienza ambientale di una comunità. E svolge tutti e tre i ruoli, per quanto distanti, in maniera soddisfacente.

Vediamo allora quali sono le caratteristiche di un indicatore. Si tratta innanzitutto di un dato facilmente misurabile e del quale è disponibile una serie storica sufficientemente lunga. Soprattutto deve avere la dote della sintesi. Facciamo l'esempio di un fenomeno complesso quale, ad esempio, la *qualità della vita*. Il concetto presenta dei margini di soggettività ma, in prima approssimazione, può essere ricondotto, tra gli altri, a parametri quali la corretta alimentazione, la conduzione di attività lavorative non usuranti, un buon bilanciamento tra attività lavorativa e tempo libero, un contesto sociale sicuro, i bassi tassi di inquinamento acustico e dell'aria e, più in generale, una buona qualità ambientale. La misura diretta della qualità della vita richiederebbe dunque la stima dei parametri appena ricordati, cui dovrebbe far seguito una elaborazione tale da condurre alla sintesi. Consideriamo invece un *indicatore* quale, ad esempio, l'aspettativa di vita della popolazione. È immediato constatare che tutte le variabili considerate sono direttamente e concordemente correlate con la durata della vita media. Si può dunque ritenere che la vita media della popolazione possa costituire un indice della *qualità della vita*: ove l'aspettativa di vita è elevata, altrettanto lo sarà la *qualità*. Così, monitorando la vita media della popolazione sarà possibile, con un unico elemento, valutare l'insieme degli aspetti più eclatanti della *qualità della vita*.

### Il cambiamento climatico

## IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

È curioso ricordare come una delle affermazioni ricorrenti nei testi di idrologia sia quella della sostanziale stazionarietà del regime delle precipitazioni. Cito a puro titolo di esempio il Linsley, uno dei *sacri testi* nelle nostre scuole di ingegneria, il quale ricorda l'evidenza scientifica di oltre 100 differenti cicli climatici rilevati con periodo fino a 700 anni. L'autore osservando, per la verità un po' sconsolato, l'intreccio di frequenze che caratterizzano le lunghe serie climatiche, conclude che la sequela di anni asciutti ed umidi "*is purely random, such it might be expected by successive tosses of a coin.*" Sappiamo, purtroppo, che non è così e che le nostre serie, negli ultimi decenni, riportano invece una deriva chiara ed evidente. Si tratta di un fenomeno di straordinaria complessità, guidato da una molteplicità di fattori che coinvolgono i volumi di pioggia affluiti, la loro distribuzione spaziale e temporale, il regime delle temperature, l'umidità dell'aria, il regime dei venti. Sono

tasselli di un mosaico che interagiscono tra loro in maniera sovente non lineare, producendo un quadro di effetti assai variegato e di non immediata interpretazione. Restano dunque le domande che, poco più sopra, si sono poste: l'entità del cambiamento, i suoi effetti, le azioni da mettere in campo. È un tipico esempio nel quale sono indispensabili processi di sintesi, indicatori, quei *segnali ambientali*, insomma, cui l'Amministrazione regionale della Toscana ha dedicato tante e positive energie.

### I deflussi fluviali

## I DEFLUSSI FLUVIALI

La genesi dei deflussi fluviali è uno degli aspetti forse più interessanti e senz'altro più studiati nel campo delle scienze ambientali. Si tratta di una catena di processi che parte dalle piogge, con la loro distribuzione nello spazio e nel tempo. Prosegue con l'interazione dell'acqua con il suolo, il sottosuolo e la vegetazione per poi approdare all'idraulica dei versanti, prima, e del reticolo incanalato ai diversi ordini, poi. È la trasformazione, insomma, delle piogge nelle portate, uno degli aspetti fondamentali dell'interazione tra clima e crosta terrestre. Il ruolo del clima è molteplice e, oltre alla mera produzione della pioggia, contribuisce a determinare, attraverso una catena di fenomeni combinati, la quota parte di deflusso superficiale e quella destinata a restare nel terreno da dove, successivamente, evapora, traspira attraverso le piante o percola verso le falde profonde. Questi meccanismi risentono, tra l'altro, del numero dei giorni piovosi, della temperatura e del tasso di anidride carbonica dell'atmosfera. In particolare la temperatura condiziona i meccanismi di evaporazione e traspirazione, anche stimolando l'attività delle piante, oltreché i processi biochimici che determinano la pedogenesi. Conviene soffermarsi su ambedue questi ultimi punti. L'evaporazione costituisce un elemento fondamentale del bilancio idrologico e dipende fortemente dalla temperatura dell'aria. Già un grado centigrado di incremento può provocare significative alterazioni nel bilancio, disperdendo quantità significative di acqua e sottraendole ai deflussi. Ma anche la traspirazione può costituire un elemento condizionante. Recenti lavori hanno provato che la vegetazione, stimolata dall'aumento della temperatura e dell'anidride carbonica contenuta nell'atmosfera, diventa sempre più attiva ed efficace, con il meccanismo della fotosintesi, nel sottrarre acqua dal suolo per cederla verso l'atmosfera. Per quanto attiene alla pedogenesi, ricordiamo diversi lavori che mostrano l'effetto acceleratore della temperatura sul tasso di produzione dei suoli in particolari condizioni litologiche e di umidità.

## Il rapporto tra cambiamento climatico e deflusso superficiale

# DEFILUSSO SUPERFICIALE

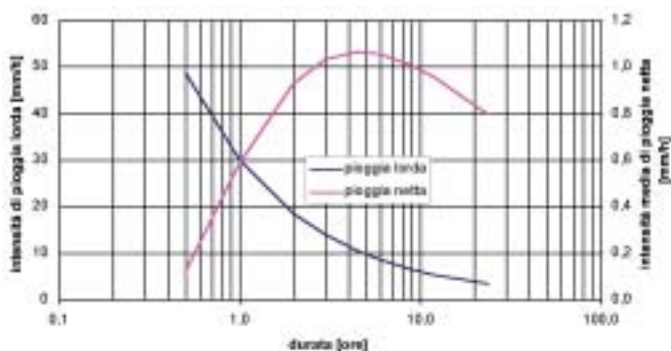
- **La distribuzione temporale delle precipitazioni**

Una recente indagine sul clima nel bacino dell'Arno mostra alcuni aspetti particolarmente significativi. In sintesi, negli ultimi quarant'anni, si riscontra una diminuzione dei volumi annuali di pioggia dell'ordine del 30%, una diminuzione del numero dei giorni piovosi dello stesso ordine di grandezza e un aumento della temperatura media di oltre 1 grado. Si tratta di tassi di cambiamento importanti, tali da comportare effetti rilevanti sul territorio e che alterano direttamente il ciclo idrologico. Andiamo dunque a valutarne i singoli aspetti.

L'analisi delle piogge, si è detto, mostra la duplice caratteristica dell'abbattimento delle quantità e della loro diversa distribuzione nel tempo. L'attitudine di una determinata pioggia a produrre deflusso è dettata da fattori propri del territorio quali, ad esempio, i tipi di suolo, lo stato di manutenzione dei boschi, le politiche di conduzione delle colture, l'estensione delle superfici impermeabili. C'è poi una forte dipendenza data dallo stato di umidità del terreno che è in grado di aumentare in maniera molto rilevante la produzione delle portate, a parità di precipitazione. Esiste tuttavia un altro aspetto, legato alla durata dell'evento, che non può essere trascurato. La pioggia che effettivamente è disponibile per la produzione del deflusso è detta *afflusso efficace* o *pioggia netta*. Parte della pioggia lorda, difatti, viene assorbita dal terreno, intercettata dalle piante o resta catturata da ostacoli quali le piccole depressioni superficiali, le scoline campestri o le caditoie stradali. Molti di questi volumi, soprattutto quelli caduti nelle prime fasi dell'evento, tornano all'atmosfera attraverso i meccanismi della evaporazione e la traspirazione. Solo una parte percola verso le falde, ad alimentare la componente sotterranea del bilancio idrologico.

Il rapporto tra la pioggia netta e quella lorda si chiama, come tutti sanno, coefficiente di deflusso. Il *coefficiente di deflusso*, a parità di tempo di ritorno, cresce con la durata della pioggia mentre l'intensità media diminuisce. Gli eventi estremi di breve durata, nella sostanza, sono caratterizzati da elevate intensità di pioggia e coefficienti di deflusso relativamente modesti. Via via che cresce la durata dell'evento, la situazione tende ad invertirsi: al diminuire dell'intensità è sempre maggiore la quantità d'acqua che ruscella dai versanti verso il reticolo di drenaggio. Semplici simulazioni su eventi sintetici evidenziano la combinazione di questi due aspetti. L'intensità media della *pioggia netta*, data dal rapporto tra volume ruscellato e durata complessiva dell'evento, può essere considerata un buon indi-

1. Intensità media della pioggia lorda e netta per eventi di durata compresa tra 0,5 e 24 ore.



ce dell'efficienza di una certa precipitazione a produrre deflusso. Questa intensità, definita dal rapporto tra la pioggia netta e la durata dell'evento, è generalmente bassa per eventi brevi, intorno a qualche ora, per poi raggiungere un massimo e quindi diminuire lentamente con la durata. Un

esempio, con piogge sintetiche di pari frequenza e durata da trenta minuti a ventiquattro ore, è presentato nella figura 1. Questo aspetto non implica necessariamente che eventi brevi, mettendo in campo elevatissime intensità di pioggia, non possano comunque determinare portate rilevanti, anche potenzialmente molto pericolose. È vero tut-

tavia, per fare un esempio, che per ottenere il deflusso corrispondente ad una pioggia che cade costantemente per 24 ore possano essere necessari ben più di 24 eventi di un'ora o 48 di mezz'ora. L'aumento dell'intensità delle precipitazioni, associata alla diminuzione del numero di giorni piovosi, costituisce dunque, sulla base del bilancio annuo, un elemento potenzialmente negativo, sottraendo deflussi che sostengono il minimo vitale, alimentano i serbatoi, determinano un buon regime, anche biologico, del fiume.

### • Il ruolo della temperatura

Il ruolo della temperatura nella produzione dei deflussi fluviali è esteso ed importante. La temperatura può essere assunta come indice della velocità di molti dei processi fisici e biochimici in atto sul bacino. Tra quelli che interessano il ciclo idrologico vale la pena di considerare l'evaporazione, la traspirazione e la pedogenesi cui abbiamo fatto cenno più sopra. L'evaporazione è il modo fisicamente più semplice con il quale la terra cede acqua all'atmosfera, attraverso la superficie degli specchi liquidi, il terreno umido e, più in generale, il sottile velo che si determina sopra ogni cosa durante una precipitazione. Il motore di questo fenomeno è il potere evaporante dell'atmosfera che, a parità di umidità relativa, dipende più o meno linearmente dalla temperatura.

La traspirazione è invece il meccanismo con il quale le piante sottraggono acqua al suolo per trasferirla all'atmosfera. Lo scambio avviene attraverso una estesa superficie evaporante data dai canalicoli delle foglie e soggetta all'azione regolatrice degli stomi e dello stesso potere evaporante della

atmosfera, attraverso cicli giornalieri e stagionali. Il governo principale di questi processi è dato dal livello di attività della pianta che, nella sostanza, trova proprio nella temperatura uno dei parametri fondamentali. La fotosintesi, tuttavia, è anche legata al tasso di anidride carbonica dell'atmosfera. L'aumento della concentrazione di questo gas, dovuto alle emissioni antropiche, viene a determinare una maggiore attività delle piante, rendendo potenzialmente ancora più efficiente il meccanismo di sottrazione dell'acqua dal terreno. Questo almeno in linea generale, anche se l'interazione tra apparato foliare ed elevate concentrazioni di anidride carbonica è ancora oggetto di una attiva discussione scientifica.

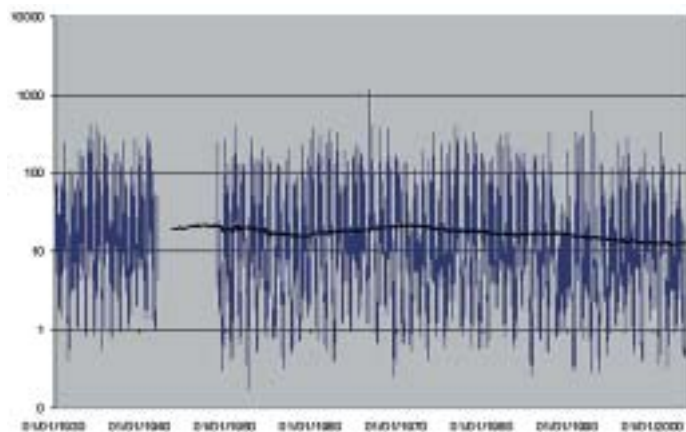
Il termine *pedogenesi* indica i processi che sono alla base della formazione e dello sviluppo del sistema suolo con le sue caratteristiche morfologiche, mineralogiche, chimiche, fisiche e biologiche. Il clima rappresenta il fattore che probabilmente esercita la maggiore influenza sulla pedogenesi del suolo e sullo sviluppo delle sue proprietà. Le componenti essenziali sono l'umidità e la temperatura: esse, a partire dalla formazione della roccia madre, controllano la velocità dei fenomeni chimici, fisici e biologici della pedogenesi, soprattutto i processi di alterazione e di lisciviazione. L'umidità agisce in funzione dell'intensità e della distribuzione annua delle precipitazioni, dell'evaporazione e della possibilità dell'acqua di scorrere sulla superficie o penetrare nel suolo secondo la morfologia e la permeabilità della roccia. La temperatura influenza in vario modo il processo di pedogenesi, controlla la velocità delle reazioni chimiche e biologiche ed è fattore essenziale della vita del suolo. Oltre agli effetti sulla evapotraspirazione, agisce sullo sviluppo radicale delle piante superiori, influisce sul tipo e sulla quantità di vegetazione che si insedia sul suolo e, quindi, sul tipo e la quantità di residui organici. Un incremento termico di 10 gradi centigradi nel suolo determina infatti un aumento fino a 2-3 volte nella velocità delle reazioni biochimiche, dovuto all'incremento di attività microbica, che si traduce poi in una più rapida decomposizione della sostanza organica. Analoga è la tendenza per il tasso di mineralizzazione. Temperature mediamente più elevate comportano, in sintesi, suoli significativamente più spessi, con maggiore influenza sul deflusso su base annua. Non va inoltre trascurato l'impatto della variabilità della escursione termica giornaliera e del numero di giorni con temperature inferiori allo zero, anch'esso potenzialmente rilevante sulla pedogenesi.

## L'ARNO COME SEGNALE AMBIENTALE

### L'Arno come segnale ambientale della Toscana

Abbiamo discusso di come i diversi fattori indotti dal cambiamento climatico abbiano tutti, nella sostanza, una funzione concorde nella diminuzione dei deflussi. Le portate dell'Arno su base annuale stanno effettivamente e drammaticamente diminuendo da oltre trent'anni. Il dato è generalizzato su tutte le stazioni di misura presso le quali è una serie di dati sufficientemente estesa. Conviene utilizzare, per illustrare le tendenze in atto, la stazione di misura delle portate di Subbiano, alla chiusura del bacino del Casentino, in servizio dal 1930. L'analisi dei valori medi giornalieri consente di stimare i volumi di risorsa che, prodotti dal bacino a monte, transitano verso il Valdarno, ad alimentare gli invasi di La Penna e Levane e poi il corso del fiume verso Firenze. Sono questi bacini a modulare le portate estive del fiume nel Valdarno superiore, determinando il sostegno del minimo deflusso vitale e l'alimentazione degli acquedotti. Il bacino di dominio ha una superficie di 720 Km<sup>2</sup> scarsamente antropizzata e per buona parte costituita da boschi e foreste incontaminate. Non si riscontra altresì la presenza di azioni strutturali tali da influenzare significativamente il regime

2. Serie storica delle portate medie giornaliere dell'Arno alla stazione di Subbiano. La linea spessa corrisponde all'applicazione di un filtro a media mobile che evidenzia la tendenza in diminuzione a partire dal 1970.



idrologico, e complessivamente la situazione non è stata alterata durante il periodo delle misure di portata. La figura 2 mostra la serie storica completa delle portate medie giornaliere, filtrata in maniera da evidenziare le tendenze in corso. La diminuzione può essere stimata nell'ordine del 50% in trent'anni. Viene subito da chiedersi come mai un dato così eclatante non sia stato osservato

se non attraverso rilevazioni di tipo strumentale. La risposta dipende in parte dal carattere torrentizio del fiume che, alternando piene impetuose a periodi di magra, non facilita una stima più immediata delle tendenze del regime su base annuale. C'è poi da dire che l'andamento rilevato è la media di un dato fortemente variabile di anno in anno, oltre le periodicità stagionali, e che trascende dunque le capacità della nostra esperienza sensibile. Il risultato, comunque, è significativo e incontrovertibile.

Dalle riflessioni che abbiamo appena svolto si comprende come il cambiamento climatico trovi, nel regime fluviale, un momento di sintesi di grande interesse. La diminuzione delle piogge complessive, la loro intensificazione sulla base del singolo evento e l'aumento delle temperature sono elementi che determinano concordemente la diminuzione dei deflussi su base annuale. La serie storica delle portate può dunque essere assunta come un indicatore del cambiamento climatico sul territorio del bacino e, più in generale, su quello della regione Toscana. Aiuta, tra l'altro, a rispondere alle domande che ci siamo posti all'inizio di questa breve discussione. Consente difatti di valutare l'entità dell'effetto con cui il fenomeno globale è in grado di proiettarsi sui processi locali, quella dei tempi caratteristici del cambiamento e permette di individuare, almeno per alcuni aspetti settoriali, le azioni da mettere in campo.

#### Dalla scala locale a quella globale

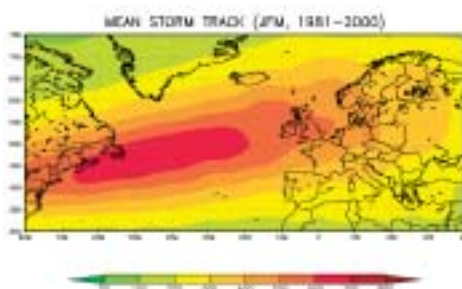
## DALLA SCALA LOCALE A GLOBALE

Le affermazioni appena formulate richiedono tuttavia una conferma di carattere più diretto, che prescindendo da valutazioni di tipo induttivo. Questa può derivare soltanto da correlazioni effettuate con indici sintetici dei processi a scala almeno continentale, in modo da evidenziare eventuali legami tra il dato locale e le trasformazioni di carattere più globale.

Dalla statistica condotta sui dati di precipitazione sul bacino si osserva che la riduzione dei volumi di pioggia e quella del numero di giorni piovosi mostrano una decisa correlazione, suggerendo che i due fenomeni sono aspetti diversi di un'unica tendenza di carattere più generale. L'analisi stagionale dei dati mostra poi come queste tendenze siano significative soprattutto in inverno.

La precipitazione invernale deriva dalle perturbazioni che, originate in prevalenza sul Nord Atlantico, attraversano il Mediterraneo. Recenti studi consentono di valutare il percorso e l'intensità media delle perturbazioni lungo il Nord Atlantico, il Mediterraneo e l'Europa e le relative trasformazioni nel corso degli ultimi decenni. I risultati mostrano sia una intensificazione di queste perturbazioni, che una deriva verso latitudini più settentrionali dei percorsi che evidenziano, a loro volta, una forte correlazione con i dati di precipitazione sul bacino dell'Arno e, in generale, sulla Toscana. Si veda, a questo proposito, la figura 3. I meccanismi alla base di questa recente trasformazione rimandano poi, sulla stessa area, alla significativa modificazione della fase prevalente della

3. (a) Intensità dei percorsi delle perturbazioni (gennaio-marzo) tra il 1981 e il 2000.





# CLIMA E CAMBIAMENTI CLIMATICI L'ARNO SEGNALE AMBIENTALE

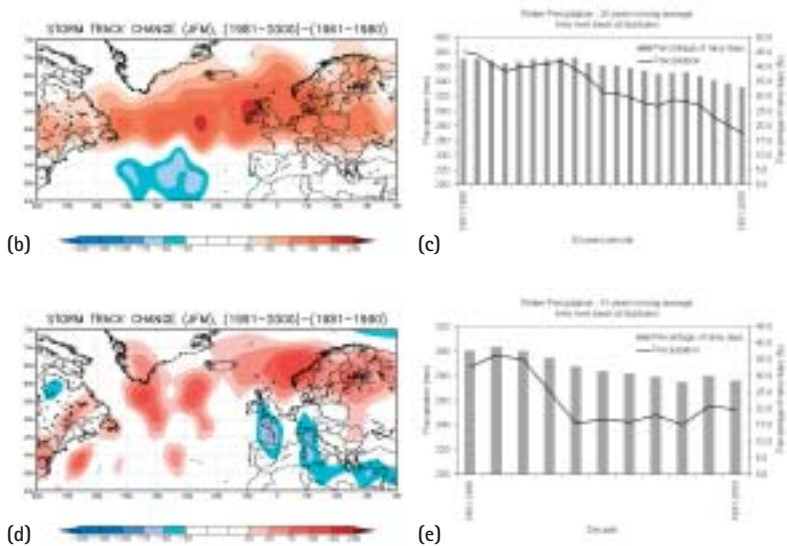
3.(b) Cambiamento di intensità dei percorsi delle perturbazioni (gennaio-marzo) tra il 1961 e il 1980 e tra il 1981 e il 2000;

3.(c) Media mobile sulla finestra di 20 anni della precipitazione annua e frequenza del numero dei giorni piovosi registrata sul bacino dell'Arno chiuso a Subbiano.

3.(d) Cambiamento di intensità dei percorsi delle perturbazioni tra le decadi 1981-1990 e 1991-2000;

3.(e) Media mobile sulla finestra di 10 anni della precipitazione annua e frequenza del numero dei giorni piovosi registrata sul bacino dell'Arno chiuso a Subbiano. L'intensità dei percorsi di precipitazione è espressa in  $m^2/s^2$ .

Oscillazione Nord Atlantica (NAO), che ha visto aumentare il gradiente di pressione tra le latitudini sub tropicali e sub polari del Nord Atlantico e, a livello globale, secondo recenti ricerche, al riscaldamento degli oceani equatoriali e tropicali, in particolare nelle aree dell'Oceano Indiano e del Pacifico Occidentale. Almeno per il periodo invernale quindi, si individua una relazione molto importante e significativa tra fenomeno globale e le trasformazioni subite dal maggiore fiume della Toscana, ottimo testimone dell'evoluzione dell'effetto serra.



La riduzione delle portate nelle altre stagioni, in particolare in primavera e in autunno, può essere ricondotta tanto all'aumento della temperatura dell'aria che alla trasformazione dei regimi pluviometrici. L'aumento regionale delle temperature è legato all'incremento della concentrazione dei gas serra che, procedendo attraverso numerosi meccanismi di retroazione, determina il riscaldamento globale in corso. Anche in questo caso, la risposta del bacino dell'Arno testimonia processi a scala maggiore e proietta l'impatto delle trasformazioni climatiche sulle comunità locali.

### I segnali del cambiamento climatico a scala globale

Segnali climatici	Cambiamenti osservati e previsti
Concentrazione atmosferica CO <sub>2</sub>	Da 280 ppm nel periodo 1000 – 1750 a 378 ppm nel 2004 (+36%) (IPCC) I modelli prevedono per il 2100 una concentrazione di anidride carbonica che va dalle 540 alle 970 ppm a seconda dello scenario di sviluppo economico che si considera (IPCC)
Temperatura media superficiale del Pianeta	Aumento di 0.6±0.2°C nel XX secolo (IPCC) L'incremento medio globale della temperatura dell'aria previsto dal 2000 al 2100 è stimato in una quantità che va da 1.4° a 5.8°C. Se tale aumento si verificasse con valori vicini anche soltanto al limite inferiore dell'intervallo previsto, ciò produrrebbe un evento climatico che non ha precedenti negli ultimi diecimila anni (IPCC)
Temperatura superficiale dell'emisfero Nord	L'aumento nel XX secolo è stato il maggiore negli ultimi 1000 anni; il decennio 1990-2000 è stato il più caldo del secolo (IPCC)
Escursione termica diurna	È diminuita tra il 1950 ed il 2000: aumento delle minime notturne ad un ritmo doppio delle massime diurne (IPCC) È molto probabile che continuerà ad esserci un aumento delle temperature notturne (IPCC)
Giorni con indice di calore sopra la media	Sono aumentati. L'Istituto Superiore di Sanità ha calcolato che da luglio a metà agosto 2003, circa 5.000 persone hanno perso la vita con l'"indice di calore" che ha toccato, e spesso ampiamente superato, i 40° (Istituto Superiore di Sanità) È molto probabile un aumento dell'indice di calore sulla maggior parte della superficie terrestre (IPCC)
Giorni di gelo	Sono diminuiti nel corso del XX secolo (IPCC) È molto probabile che vi saranno meno giorni di gelo, giorni freddi e ondate di gelo su quasi tutta la superficie terrestre (IPCC)
Precipitazioni continentali	Sono aumentate del 5-10% nel XX secolo nell'emisfero Nord, diminuite in Africa del Nord e dell'Ovest ed in parte del Mediterraneo (IPCC) Un aumento delle precipitazioni è atteso nelle aree tropicali e alle alte latitudini, mentre riduzioni sono attese in buona parte delle aree subtropicali e nelle aree continentali in estate. C'è una elevata probabilità di un aumento delle ondate di caldo e la maggior parte delle regioni sperimenterà un aumento di intensità e di frequenza di forti precipitazioni (IPCC)
Eventi piovosi estremi	Gli eventi estremi sono aumentati alle medie ed alte latitudini (IPCC) In Italia si prevede una forte riduzione delle precipitazioni al Sud su base annua con una concentrazione di pochi violenti fenomeni in pochi giorni che causerà la desertificazione per fenomeni erosivi di vaste aree pianeggianti, frane ed erosioni nelle aree montane. Viceversa al Nord si avrebbe un aumento delle precipitazioni, anch'esse concentrate stagionalmente, che causerà alluvioni e dissesti sempre più frequenti. L'intensità delle precipitazioni aumenterà con l'aumentare della temperatura. Un clima più caldo potrebbe non provocare cambiamenti nella frequenza degli eventi legati alle precipitazioni, ma certamente causa un aumento nella quantità di precipitazioni per evento (WWF Italia)

Frequenza e gravità delle siccità	<p>Aumenta la siccità estiva. Negli ultimi decenni è aumentata la frequenza ed intensità delle siccità in parte di Asia ed Africa (IPCC)</p> <p>Vi è una media probabilità di aumento della siccità. La sensibilità del ciclo idrologico alla variazione della temperatura e delle precipitazioni comporterà significative modificazioni nell'umidità del suolo, nello scorrimento superficiale dell'acqua, nella portata dei fiumi e dei laghi. Questo esporrà gli ecosistemi e le comunità umane a sostanziali cambiamenti nella disponibilità di acqua, nella qualità della stessa e nel rischio di alluvioni e siccità (<a href="http://www.laprimaveradellascienza.it">www.laprimaveradellascienza.it</a>)</p>
-----------------------------------	---

Segnali fisici, biologici e socio economici	Cambiamenti osservati e previsti
Livello medio del mare	<p>Aumento medio annuo di 1-2 mm nel corso del XX secolo (IPCC)</p> <p>Gli scenari più sfavorevoli prevedono un innalzamento fino a quasi 1 m di altezza da qui al 2100. L'innalzamento medio previsto, attorno ai 50 cm, metterebbe in pericolo la vita di circa 100 milioni di persone nelle aree del Pianeta più a rischio</p> <p>In Italia le stime più affidabili prevedono un aumento di 25/30 cm entro il 2050, con un rischio di inondazione di circa 4.500 Km<sup>2</sup> di coste (ENEA)</p>
Durata del periodo ghiacciato di laghi e fiumi	Decremento di circa 2 settimane nel corso del XX secolo alle medie ed alte latitudini dell'emisfero Nord (IPCC)
Estensione e spessore dei ghiacci artici	Si è registrato un assottigliamento del 40% negli ultimi decenni nella tarda estate ed in autunno, e un decremento in estensione del 10-15% a partire dal 1950 in primavera ed estate (IPCC)
Ghiacciai non polari	Si sono ritirati diffusamente nel corso del XX secolo (IPCC)
Copertura nevosa	A partire dagli anni '60 abbiamo un decremento della superficie del 10% (IPCC)
Permafrost	Scioglimento, riscaldamento e degrado in parte delle regioni polari, sub-polari e montane (IPCC)
El Niño	Il fenomeno naturale El Niño (ENSO) è divenuto più frequente, persistente ed intenso negli ultimi 20-30 anni rispetto ai 100 precedenti (IPCC)
Lunghezza della stagione di crescita	Allungamento di circa 1.4 giorni per decennio negli ultimi 40 anni nell'emisfero Nord soprattutto ad alte latitudini (IPCC)
Habitat	Spostamento verso il Nord e verso quote più elevate degli habitat di piante, insetti, uccelli e pesci (IPCC)
Fioriture e migrazioni	Si registrano fioriture precoci, arrivo precoce dei migratori, emergenza precoce di insetti nell'emisfero Nord (IPCC)
Perdita di colorazione delle barriere coralline	Frequenza aumentata specialmente durante gli eventi di El Niño (IPCC)
<i>Trend</i> delle precipitazioni	Nel prossimo secolo le precipitazioni aumenteranno in alcune zone e diminuiranno in altre; aumenterà la frequenza, la durata e la persistenza degli eventi estremi, il ciclo dell'acqua subirà accelerazioni e intensificazioni (IPCC)

## CLIMA E CAMBIAMENTI CLIMATICI SEGNALI

Disponibilità della risorsa idrica	<p>L'evoluzione del clima e le attività antropiche stanno progressivamente riducendo le disponibilità e la qualità della risorsa idrica in molte aree</p> <p>Le ricerche indicano che lo stress delle risorse idriche potrà crescere in molti Paesi tra i quali l'Australia, il Nord Africa, l'Africa meridionale, l'Europa meridionale, il Medio Oriente e l'America Latina e ridursi in Asia e Africa equatoriale. I modelli indicano per la maggior parte delle aree una tendenza all'aumento del rischio di alluvioni e periodi di siccità (IPCC)</p>
Calamità naturali	<p>È stato stimato che nel 2003 i 700 diversi eventi catastrofici che si sono verificati sul Pianeta hanno provocato 11 mila vittime e causato perdite fra i 45 e i 55 miliardi di euro. I costi dei cambiamenti climatici ammonteranno nei prossimi 10 anni a circa 150 miliardi di dollari l'anno (OMM)</p> <p>I costi che le compagnie di assicurazione pagano per le calamità naturali - alluvioni, inondazioni - stanno raddoppiando ogni 10 anni (UNEP)</p>
Consumi elettrici	<p>Tra il 1850 e il 1970 il numero degli abitanti della Terra è triplicato e il consumo energetico è aumentato di 12 volte. Dal 1970 al 2002 la popolazione è aumentata di un ulteriore 68% e il consumo di combustibili fossili del 73%. Nei Paesi industrializzati gli elettrodomestici sono responsabili del 30% del consumo di elettricità e del 12% delle emissioni di gas serra. Tra il 2000 e il 2020 nel mondo industrializzato, il consumo di elettricità per elettrodomestici potrebbe aumentare del 25%. L'energia per la loro funzione "stand-by" sarà molto probabilmente in rapido aumento: entro il 2020 potrebbe rappresentare il 10% del consumo totale di elettricità. Per far fronte a questo serviranno 400 centrali da 500 MW che emetteranno più di 600 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> (State of The World, 2004)</p>
Desertificazione	<p>1/3 della superficie terrestre è minacciato da desertificazione: oltre 4 miliardi di ettari; 42 miliardi di dollari sono i redditi persi annualmente in zone affette da desertificazione; la popolazione direttamente colpita è rappresentata da 250 milioni di persone ed un miliardo di persone vivono in aree a rischio</p> <p>135 milioni di persone rischiano di dovere emigrare a causa della perdita di produttività del territorio</p> <p>Entro il 2020 circa 60 milioni di persone saranno costrette a doversi trasferire dall'area subsaheliana verso l'Africa del Nord ed Europa (UNCCD)</p>

## Segnali del cambiamento climatico in Toscana

# SEGNALI IN TOSCANA

Segnali climatici, fisici, biologici	Cambiamenti osservati e previsti
Temperatura	La temperatura media annuale della Toscana è aumentata di 1°C negli ultimi 40 anni, con un incremento ancora più vistoso per i mesi estivi, soprattutto nelle grandi città (IBIMET CNR) L'aumento di temperatura è previsto procedere a velocità doppia nei prossimi decenni (+2°C in 40 anni) (IBIMET CNR)
Portata dei fiumi	La portata del fiume Arno in Casentino è diminuita del 50% negli ultimi 30 anni (Autorità di bacino Arno)
Precipitazioni	La precipitazione annuale sulla Toscana ha subito una riduzione intorno al 18% negli ultimi 40 anni, la diminuzione più significativa si è verificata in estate, è previsto un recupero delle precipitazioni di circa il 5% nei prossimi 40 anni, legato in massima parte alla prevista intensificazione delle perturbazioni invernali (IBIMET CNR)
Eventi estremi	Sono diventati più frequenti sia gli eventi estremi localizzati (Versilia 1996, Isola d'Elba 2002, Carrara 2003) sia quelli estesi a tutto il territorio regionale (1991-92-93) (Regione Toscana)
Temperatura del mare Tirreno	Nell'estate 2003 la temperatura delle acque tirreniche è stata di 3°C superiore rispetto alla media stagionale. La temperatura media del Mediterraneo è stata la più alta negli ultimi tremila anni (IBIMET CNR)
Erosione delle coste	Oltre un terzo dei litorali toscani presenta evidenti fenomeni di erosione, 6 chilometri di spiagge sono scomparse, complessivamente il litorale toscano ha perso 214 mila metri quadrati di spiaggia negli ultimi 20 anni (Regione Toscana)
Innalzamento del livello del mare	Entro 25 anni in Versilia le acque potrebbero innalzarsi di 30 cm e la costa arretrare di 200 m
Gelate	Le gelate tardive, particolarmente dannose per le colture arboree, sono aumentate di numero in modo significativo negli ultimi 10 anni (ARSIA)
Emissioni CO <sub>2</sub>	In Toscana, nel decennio 1990-2000, le emissioni di anidride carbonica sono aumentate del 7,8% (IRSE)
Sequestro CO <sub>2</sub>	Tra 10 e 15 milioni le tonnellate di CO <sub>2</sub> sequestrate annualmente dalle foreste toscane ( <a href="http://www.osservatoriokyoto.it">www.osservatoriokyoto.it</a> )
Frane	Il numero di frane è aumentato in modo significativo in tutte le provincie toscane negli ultimi 40 anni; in provincia di Firenze si passa da meno di 10 frane a più di venti ogni dieci anni; in provincia di Lucca da meno di 5 per decennio a più di 40 (IBIMET CNR)
Rischio idraulico	In seguito all'aumento delle precipitazioni estreme il rischio idraulico per il bacino dell'Arno è previsto aumentare del 30% nei prossimi 15-20 anni (IBIMET CNR)
Aridità	L'aridità (rapporto tra precipitazione ed evapotraspirazione) è aumentata in modo significativo negli ultimi 10 anni su circa il 90% del territorio regionale (fino ad 800 metri di quota) (IBIMET CNR)
Danni da siccità	Nella sola regione Toscana la siccità del 2003 ha prodotto danni valutabili attorno ai 250 milioni di euro. Le sequenze siccitose sono aumentate negli ultimi 10 anni in termini di frequenza e durata (IBIMET CNR – Regione Toscana)
Clima e salute	I decessi in Toscana sono aumentati del 10% in seguito all'ondata di calore del 2003 (ARPAT)

# AIRIA



## EFFETTO SERRA

### Emissioni e effetto serra

Negli ultimi anni le problematiche relative al riscaldamento globale del Pianeta sono divenute di cruciale interesse. L'effetto serra, di per sé positivo per il nostro Pianeta, sta ormai funzionando "troppo" bene facendo aumentare in modo sensibile la temperatura della Terra.

L'effetto serra è un fenomeno naturale, ed utile, che assicura il riscaldamento del nostro Pianeta grazie ad alcuni gas naturalmente presenti nell'atmosfera come l'anidride carbonica, l'ozono, il vapore acqueo e il metano. Questi gas agiscono come una sorta di vetro trasparente che avvolgendo il Pianeta consente alle radiazioni provenienti dal sole di passare, ma ostacola il passaggio di parte delle radiazioni infrarosse (IR) provenienti dalla Terra e dalla bassa atmosfera (calore riemesso) e quindi trattiene il calore (figura 1).

Proprio come in una serra la temperatura tende a salire. Senza la regolazio-

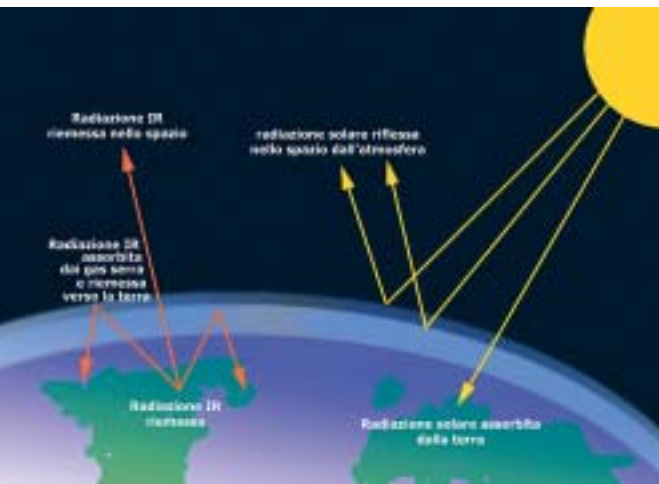
ne dovuta all'effetto serra, la temperatura media terrestre sarebbe inferiore di 33 gradi centigradi, ovvero  $-18^{\circ}\text{C}$  anziché gli attuali  $15^{\circ}\text{C}$ , e il nostro sarebbe un Pianeta freddo ed inospitale per la vita come la conosciamo. Tramite l'effetto serra, e il suo influsso sul bilancio radiativo terrestre, si determina la temperatura del Pianeta e conseguentemente la distribuzione ed il funzionamento dei sistemi climatici.

Con la rivoluzione industriale, da circa duecento anni, l'uso massiccio di combustibili fossili, le attività agricole intensive ed i cambiamenti di uso del suolo hanno

determinato un aumento drammatico delle concentrazioni dei gas serra di origine antropica come l'anidride carbonica ( $\text{CO}_2$ ), il metano ( $\text{CH}_4$ ), l'ossido di azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ) e l'ozono troposferico ( $\text{O}_3$ ) (vedi tabella 1). La capacità dell'atmosfera di trattenere il calore è dunque molto aumentata causando la modifica del sistema climatico terrestre rispetto all'era pre-industriale sia a scala globale che regionale e locale. Se pensiamo ai gas serra come a una sorta di coperta che avvolge la Terra, possiamo immaginare che a causa delle attività umane, e soprattutto all'uso di combustibili fossili a scopi energetici, stiamo facendo diventare questa coperta sempre più spessa e pesante.

Oggi un crescente numero di osservazioni scientifiche fornisce il quadro di un Pianeta che si sta scaldando (tabella 2). Il XX secolo è stato il più caldo del

### 1. Rappresentazione schematica dell'effetto serra.



millennio ed il decennio degli anni '90 è stato il più caldo del secolo. In assoluto il 2003 si è rivelato l'anno più caldo nell'era della rilevazione scientifica su scala mondiale dei parametri meteorologici (dal 1861). Considerando la stretta relazione esistente tra l'incremento della concentrazione dei gas ad effetto serra e l'aumento di temperatura del Pianeta è altresì certo che la maggior parte di questi cambiamenti siano da attribuire all'azione dell'uomo.

Ogni giorno infatti le attività umane determinano l'emissione nell'atmosfera di gas climalteranti: si rilascia CO<sub>2</sub> con l'utilizzo di combustibili fossili, legno e derivati (trasporti, riscaldamento, produzione di energia elettrica); si produce metano per la decomposizione della materia organica (allevamenti, discariche, produzione di carbone e gas naturale); si utilizzano alocarburi nella produzione di *spray*, collanti e solventi. Il fenomeno coinvolge l'intero Pianeta ed è quindi da considerarsi un problema di scala globale, rispetto ad altri fenomeni legati all'inquinamento atmosferico che impattano a scala continentale (come l'acidificazione e l'eutrofizzazione, dovute al trasporto atmosferico di sostanze quali gli SO<sub>x</sub> e gli NO<sub>x</sub>), regionale (ozono e PM10) o locale (CO e benzene).

Se è quindi valida la relazione tra l'aumento della concentrazione di CO<sub>2</sub> e l'innalzamento della temperatura, le stime ci dicono che proseguendo con l'attuale tendenza di incremento delle emissioni antropogeniche, le temperature superficiali terrestri ed il livello del mare sono destinati ad aumentare ancora nel corso del XXI secolo. Si valuta che entro il 2100 la concentrazione di CO<sub>2</sub> potrebbe aumentare dal 45% al 160% rispetto ai valori attuali. Una variabile da considerare rispetto a questi scenari è dovuta alla futura evoluzione dei processi di immobilizzazione della CO<sub>2</sub> da parte degli ecosistemi la cui funzione "assorbente" potrebbe variare tra il -10% ed il +30%, a seconda delle strategie di gestione degli ecosistemi e della reazione degli stessi alle mutate condizioni climatiche.

Quello che maggiormente preoccupa la comunità scientifica è primariamente la rapidità con cui stanno avvenendo questi cambiamenti. Secondo gli studi dell'IPCC, il gruppo di studio intergovernativo sui cambiamenti clima-

**Tabella 1. Cambiamenti della composizione dell'atmosfera terrestre nel 20° secolo (Fonte: IPCC – Summary for Policy Makers 2001).**

Indicatori di concentrazione	Cambiamenti osservati
Concentrazione atmosferica CO <sub>2</sub>	da 280 ppm nel periodo 1000–1750 a 378 ppm nel 2004 (+36%)
Concentrazione atmosferica CH <sub>4</sub>	da 700 ppb nel periodo 1000–1750 a 1.750 ppb nel 2000 (+151%)
Concentrazione atmosferica N <sub>2</sub> O	da 270 ppb nel periodo 1000–1750 a 316 ppb nel 2000 (+35%)
Concentrazione troposferica O <sub>3</sub>	incremento dal 1750 al 2000, variabile a seconda delle regioni del globo
Concentrazione stratosferica O <sub>3</sub>	diminuzione dal 1970 al 2000, variabile a seconda della latitudine

**Entro il 2100 la concentrazione di CO<sub>2</sub> potrebbe aumentare dal 45% al 160% rispetto ai valori attuali.**



**Tabella 2. Cambiamenti del clima nel XX secolo**  
(Fonte: IPCC – *Summary for Policy Makers 2001*).

Indicatori climatici	Cambiamenti osservati
Temperatura media superficiale del Pianeta	Aumento di $0.6 \pm 0.2^\circ\text{C}$ nel XX secolo
Temperatura superficiale dell'emisfero Nord	L'aumento nel XX secolo è stato il maggiore negli ultimi 1000 anni; il decennio 1990-2000 è stato il più caldo del secolo
Escursione termica diurna	Diminuita tra il 1950 ed il 2000: aumento delle minime notturna ad un ritmo doppio delle massime diurne
Giorni con indice di calore sopra la media	Aumento
Giorni di gelo	Diminuiti nel corso del XX secolo
Precipitazioni continentali	Aumentate del 5-10% nel XX secolo nell'emisfero Nord, diminuite in Africa del Nord e dell'Ovest ed in parte del Mediterraneo
Eventi piovosi estremi	Aumentati alle medie ed alte latitudini
Frequenza e gravità delle siccità	Aumento della siccità estiva, aumento della frequenza ed intensità delle siccità in parte di Asia ed Africa negli ultimi decenni

tici sostenuto dalla Nazioni Unite che riunisce oltre 2500 scienziati ed esperti in tutto il mondo, la continua crescita delle emissioni e della concentrazione di gas serra ci sta portando verso un aumento della temperatura globale quantificabile tra  $1,4^\circ\text{C}$  e  $5,8^\circ\text{C}$  entro il prossimo secolo. Il cambiamento climatico più rapido negli ultimi diecimila anni.

Ad oggi un ampio numero di indicatori conferma il cambiamento climatico in atto (vedi tabella 3) ed i crescenti costi legati ai danni dovuti agli eventi meteorologici, anche se difficilmente scorporabili da fattori puramente

socio-economici e di gestione, suggeriscono una aumentata vulnerabilità alla variabilità climatica.

I futuri impatti a livello globale e locale non sono facilmente prevedibili ma potrebbero essere molto pesanti: basti pensare che a innescare l'ultima glaciazione sono state variazioni nelle temperature dell'ordine di  $5^\circ\text{C}$ - $10^\circ\text{C}$ . Se gli impatti dei cambiamenti climatici riguarderanno tutti, gli effetti più

devastanti dei cambiamenti saranno quindi destinati a colpire gli ecosistemi con un equilibrio più fragile ed i sistemi produttivi e popolazioni a basso reddito. In aggiunta agli scenari già preoccupanti determinati dalle attuali tendenze non sono da escludersi i cosiddetti *abrupt changes* (cambiamenti bruschi o cambiamenti non lineari) del sistema fisico climatico e degli ecosistemi dovuti all'aumento della concentrazione di gas ad effetto serra. Tra questi i più probabili sono:

- un cambiamento su larga scala della copertura vegetale che porterebbe ad una variazione delle proprietà riflettenti della superficie terrestre quindi ad un riduzione via via maggiore della sua capacità di assorbire calore. Basti pensare a quanto fa più caldo su un piazzale di cemento rispetto ad un prato.

- un indebolimento della circolazione termoalina degli oceani dovuta allo scioglimento di grandi masse di ghiaccio che potrebbe portare ad un progressivo indebolimento della Corrente del Golfo.
- una rottura irreversibile degli ecosistemi in larghe porzioni del Pianeta a causa della scomparsa degli habitat di molte specie.
- un superamento delle soglie termiche di sviluppo di alcune colture e quindi crollo dei rendimenti agricoli.

**Tabella 3. Indicatori fisici e biologici del cambiamento climatico**  
(Fonte: IPCC – *Summary for Policy Makers 2001*).

Indicatori fisici e biologici	Cambiamenti osservati
Livello medio del mare	Aumento medio annuo di 1-2 mm nel corso del XX secolo
Durata del periodo ghiacciato di laghi e fiumi	Decremento di circa 2 settimane nel corso del XX secolo alle medie ed alte latitudini dell'emisfero Nord
Estensione e spessore dei ghiacci artici	Assottigliamento del 40% negli ultimi decenni nella tarda estate ed in autunno, decremento in estensione del 10-15% a partire dal 1950 in primavera ed estate
Ghiacciai non polari	Ritirata diffusa nel corso del XX secolo
Copertura nevosa	Decremento della superficie del 10% a partire dagli anni '60
Permafrost	Scioglimento, riscaldamento e degrado in parte delle regioni polari, sub-polari e montane
El Niño	Il fenomeno naturale El Niño (ENSO cycle) è divenuto più frequente, persistente ed intenso negli ultimi 20-30 anni rispetto ai 100 precedenti
Lunghezza della stagione di crescita	Allungamento di circa 1.4 giorni per decennio negli ultimi 40 anni nell'emisfero Nord soprattutto ad alte latitudini
Habitat	Spostamento verso il Nord e verso quote più elevate degli habitat di piante, insetti, uccelli e pesci
Fioriture e migrazioni	Fioriture precoci, arrivo precoce dei migratori, emergenza precoce di insetti nell'emisfero Nord
Perdita di colorazione delle barriere coralline	Frequenza aumentata specialmente durante gli eventi di El Niño

## LE EMISSIONI

### La riduzione delle emissioni e il Protocollo di Kyoto

A partire dagli anni Ottanta la comunità scientifica si è attivata al fine di fornire prove ed evidenze scientifiche che le attività umane costituiscono un'interferenza pericolosa per il sistema climatico, e per fornire indicazioni sulle strategie da adottare per contrastare il cambiamento.

Davanti all'evidenza delle osservazioni e agli scenari prospettati, nasce nel 1992 la Convenzione Quadro della Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), la prima iniziativa di cooperazione internazionale diretta a ridurre gli effetti dei gas serra. La convenzione stabilisce, come obiettivo finale, di "stabilizzare la concentrazione di gas serra nell'atmosfera ad un livello tale da prevenire pericolose interferenze antropogeniche (indotte dall'uomo) con il sistema climatico". Sebbene a tutt'oggi non sia ancora stato stabilito quale sia questo livello di pericolosità, l'importanza della convenzione sta, in primo luogo, nell'aver riconosciuto che esiste un pericolo legato al cambiamento climatico, e, in secondo luogo, nell'aver affermato la necessità di rallentare la velocità del cambiamento per consentire agli ecosistemi di adattarsi.

La convenzione costituisce dunque il primo strumento di indirizzo politico e tecnico a scala mondiale e definisce la strategia per fronteggiare i cambiamenti climatici. Essa si basa sulla "mitigazione" del cambiamento attraverso la riduzione delle emissioni antropogeniche e sull'"adattamento" dei sistemi naturali ed umani alle mutate condizioni climatiche.

La riduzione delle emissioni è da considerarsi infatti l'unico modo per rallentare, non fermare, i danni causati dal cambiamento climatico. Incrementi più lenti della temperatura del Pianeta consentirebbero di sviluppare misure di adattamento che sono comunque necessarie e complementari alle misure di mitigazione.

Un elemento di allarme rispetto all'efficacia della riduzione delle emissioni è dato dalla cosiddetta "inerzia" del sistema climatico dovuta alla dimensione dei sistemi fisici in gioco che fa sì che da un lato i cambiamenti siano lenti a manifestarsi ma dall'altro difficili da frenare o irreversibili. A ciò si aggiunge il fatto che il tempo di permanenza nell'atmosfera dei gas ad effetto serra va da centinaia a migliaia di anni. Questo significa che anche effettuando da subito una riduzione drastica delle emissioni il sistema climatico continuerebbe ad evolvere nella direzione attuale per centinaia di anni. È comunque evidente che maggiori e più rapidi abbattimenti delle emissioni, comportano riduzioni nell'innalzamento della temperatura. Secondo le stime attuali, il picco di emissioni di gas ad effetto serra a livello mondiale si dovrebbe raggiungere entro cento anni, mentre la stabilizzazione definitiva della con-

---

La riduzione delle emissioni è da considerarsi l'unico modo per rallentare, non fermare, i danni causati dal cambiamento climatico.

centrazione atmosferica avverrà tra 100 e 300 anni. Nonostante questa stabilizzazione l'innalzamento del livello del mare dovuta all'espansione termica ed allo scioglimento dei ghiacci potrebbe continuare per millenni.

Per dare un maggior impulso alle politiche sul cambiamento climatico, e imprimere una maggiore spinta operativa ai governi dei Paesi industrializzati, nel Dicembre 1997, viene elaborato il Protocollo di Kyoto, che integrando la Convenzione Quadro stabilisce precisi impegni di riduzione delle emissioni per i Paesi industrializzati.

Gli impegni di riduzione diventeranno giuridicamente vincolanti all'entrata in vigore del Protocollo, ovvero 90 giorni dopo che sarà stato ratificato da 55 parti alla Convenzione UNFCCC, purché tra tali Paesi siano compresi i Paesi industrializzati e ad economia in transizione destinatari del Protocollo, le cui emissioni totali di CO<sub>2</sub> rappresentano almeno il 55% della quantità complessiva di emissioni di CO<sub>2</sub> emessa nel 1990 dall'insieme dei Paesi industrializzati. Ad oggi le emissioni dei Paesi firmatari ammontano al 44%, con il 17% della Russia il Protocollo entrerebbe in vigore.

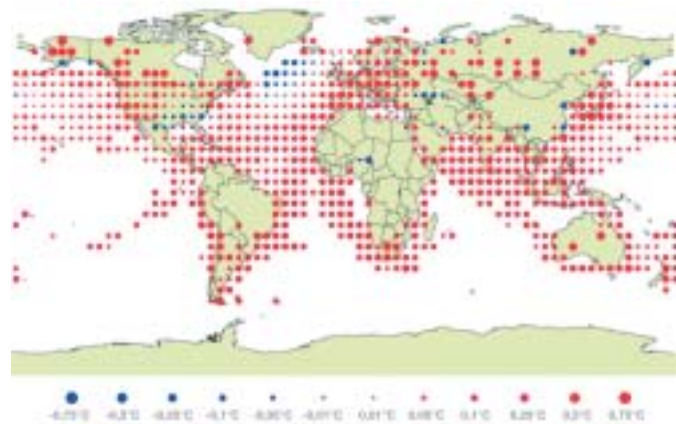
Il Protocollo di Kyoto indica gli obiettivi internazionali per la riduzione di sei gas ad effetto serra, e impegna i Paesi industrializzati e quelli ad economia in transizione (i Paesi dell'Est europeo) a ridurre complessivamente del 5,2% rispetto ai valori del 1990 le principali emissioni antropogeniche di gas climalteranti.

Sebbene un obiettivo del 5% possa sembrare una riduzione limitata, considerato che l'attuale andamento delle emissioni dei gas serra dei Paesi industrializzati sta conducendo ad una crescita complessiva delle emissioni attorno al 20%, il limite del 5% deciso a Kyoto implicherà una riduzione effettiva delle emissioni tendenziali di circa il 20-25%.

Il Protocollo indica le politiche e le misure che ogni Paese sviluppato dovrà attuare per raggiungere gli obiettivi di limitazione e riduzione delle emissioni:

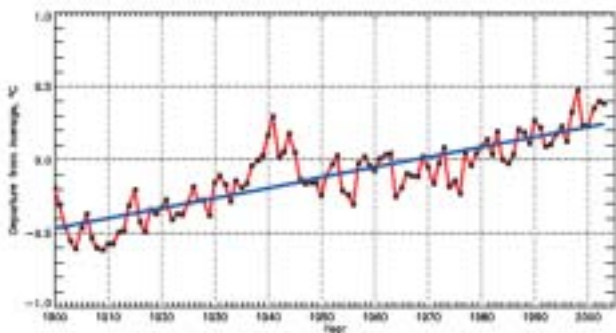
1. il miglioramento dell'efficienza energetica nei rilevanti settori dell'economia nazionale;
2. la protezione e l'estensione dei pozzi di assorbimento dei gas ad effetto serra (ad esempio i cosiddetti sink forestali);
3. la promozione di forme sostenibili in agricoltura;

**2. Tendenze delle temperature (°C/decade) annuali 1900–2004**  
(Fonte: *NCDC Experimental Land and Ocean Temperature Data Set*).



4. la ricerca, promozione, sviluppo e maggiore utilizzazione di fonti rinnovabili per la produzione di energia e di tecnologie avanzate per la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra;
5. la progressiva riduzione o eliminazione delle imperfezioni di mercato, degli incentivi fiscali, delle esenzioni tributarie e dei sussidi, che siano contrari all'obiettivo del Protocollo;
6. l'applicazione di politiche e misure che limitino o riducano le emissioni dei gas ad effetto serra;
7. la limitazione e/o riduzione delle emissioni di metano attraverso il recupero e l'uso nella gestione dei rifiuti, come pure nella produzione, nel trasporto e nella distribuzione di energia.

3. Andamento della temperatura media annuale del Pianeta 1900 - 2004 (Fonte: NCDC Experimental Land and Ocean Temperature Data Set).



La riduzione delle emissioni passa dunque attraverso delle scelte sia di natura tecnologica che di "stile di vita".

Gli obiettivi stabiliti dal Protocollo di Kyoto per i singoli Paesi variano tra la stabilizzazione delle emissioni per la Russia e le riduzioni comprese tra il 6% del Giappone, il 7% degli USA e l'8% dei Paesi dell'Unione Europea.

I Paesi aderenti al protocollo dovranno individuare e applicare le misure di riduzione necessarie a portare il bilancio di emissioni nette di Mt. CO<sub>2</sub> eq. (milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> equivalenti) entro i limiti assegnati.

Per l'Italia è fissato un obiettivo di riduzione nazionale del 6,5% dei sei principali gas serra rispetto alle emissioni del 1990. In base a tale obiettivo, nel periodo di adempimento 2008-2012, la quantità di emissioni assegnate all'Italia non potrà eccedere le 487.1 Mt. CO<sub>2</sub> eq. La risposta nazionale ai cambiamenti climatici globali descritta nel Piano Nazionale per la Riduzione delle Emissioni

passa quindi attraverso l'intervento sulle fonti di emissione, il risparmio e l'efficienza energetica, la diffusione delle fonti energetiche rinnovabili, i meccanismi di cooperazione internazionale (meccanismi flessibili) e la gestione dei pozzi di assorbimento (*sink* agricoli e forestali).

Le foreste, l'agricoltura e gli altri ecosistemi terrestri offrono infatti un importante potenziale di mitigazione, garantendo l'immobilizzazione del carbonio attraverso la fotosintesi.

A livello italiano i dati relativi alle emissioni di gas serra per il periodo 1990-1999 evidenziano che, nonostante le prime misure adottate per la riduzione dei consumi (es. *carbon tax*) e l'aumento dell'efficienza energeti-

ca, l'incremento complessivo dei consumi energetici, pari a quasi il 10%, ha determinato che:

- le emissioni di tutti i gas serra nel 1999 risultano superiori del 4.4% a quelle del 1990;
- in particolare le emissioni di CO<sub>2</sub> nel 1999 risultano superiori del 4.3% a quelle del 1990, contro un impegno di stabilizzazione europeo nel 2000 rispetto ai livelli del 1990;
- considerando solo le emissioni di CO<sub>2</sub> da processi di combustione, per le quali sono disponibili anche i dati relativi al 2000 (434.6 Mt. CO<sub>2</sub> eq.) l'incremento risulta pari al 5.3% nel 1999 e al 6.5% nel 2000.

Tutte le misure che concorrono all'abbattimento delle emissioni devono essere sviluppate nell'ottica dello sviluppo sostenibile. Non si può infatti dimenticare che di fatto tutte le attività locali regionali globali sono legate in modo inscindibile ed è dalla somma delle politiche di gestione locale che si determina il quadro globale.

Lo sviluppo di sinergie tra le politiche energetiche, ambientali e socio economiche diventa fondamentale per garantire la sostenibilità dello sviluppo. Ridurre la vulnerabilità al cambiamento climatico vuol dire ridurre la vulnerabilità del territorio anche rispetto ad altri settori e vice versa. Le politiche nazionali per combattere il cambiamento climatico diventano dunque efficaci se prendono in considerazione le dimensioni economiche, sociali, ed ambientali in modo integrato da un punto di vista globale. A questo proposito è importante considerare che la variazione futura delle concentrazioni di gas ad effetto serra sarà fortemente influenzata dal corso dello sviluppo economico e sociale di aree del Pianeta meno avanzate con conseguenze drammatiche in termini di velocità ed ampiezza dei cambiamenti climatici, dei conseguenti impatti sulla biosfera e sulla possibilità di adattamento e di mitigazione. È esattamente in questa ottica che Il Protocollo di Kyoto invita i Paesi industrializzati a realizzare i propri obiettivi di riduzione tramite il trasferimento di tecnologie pulite in Paesi in Via di Sviluppo e con economia in transizione.

Solo se i Paesi di tutto il mondo si impegneranno seriamente a rispettare gli accordi stipulati dalla comunità internazionale per ridurre le emissioni, si potrà provare a ristabilire quell'equilibrio climatico che sembra in pericolo.

---

**La riduzione delle emissioni passa dunque attraverso delle scelte sia di natura tecnologica che di "stile di vita".**

## I principali gas serra

### GAS SERRA

**CO<sub>2</sub>**: L'anidride carbonica è forse il più importante dei gas serra ed è responsabile per circa il 60% dell'innalzamento dell'effetto serra. Durante molte delle nostre attività quotidiane, come l'uso della macchina, il riscaldamento delle case, ma anche la produzione di energia elettrica, vengono bruciati grandi quantitativi di combustibili fossili che rilasciano in atmosfera la CO<sub>2</sub> immagazzinata milioni di anni fa. Anche la deforestazione contribuisce per quasi un terzo all'aumento delle emissioni di CO<sub>2</sub>, poiché da un lato comporta un rilascio della CO<sub>2</sub> immagazzinata negli alberi, e dall'altro una diminuzione della superficie di assorbimento forestale. L'anidride carbonica permane in atmosfera per circa un centinaio di anni e viene rimossa dalle piante, tramite la fotosintesi.

**CH<sub>4</sub>**: Anche se presente in concentrazioni inferiori della CO<sub>2</sub>, il metano produce 21 volte il calore di quest'ultima (*Global Warming Potential GWP*) ed è responsabile per il 20% dell'innalzamento dell'effetto serra. Il metano è prodotto dai batteri responsabili della decomposizione della materia organica, dalle discariche e dalla normale attività biologica di molti animali, come i milioni di bovini presenti sulla Terra. Viene emesso metano anche durante la produzione e il trasporto di carbone e gas naturale. Il metano è sequestrato dall'atmosfera nel processo naturale di formazione dell'acqua e rimane in aria per 11-12 anni, meno di molti altri gas serra.

**N<sub>2</sub>O**: Il protossido di azoto costituisce una piccolissima parte dell'atmosfera, ed è mille volte meno presente della CO<sub>2</sub> ma quasi 300 volte più potente nel trattenere il calore. La concentrazione del protossido di azoto è cresciuta moltissimo negli ultimi decenni, passando da 270 ppb (parti per bilione) del periodo pre-industriale ai 316 ppb del 2000. La maggior parte del protossido di azoto in atmosfera deriva da processi microbiologici. Nei terreni e nelle acque, le maggiori fonti di emissione di N<sub>2</sub>O sono i processi di nitrificazione e denitrificazione, quest'ultimo è il principale responsabile delle emissioni di N<sub>2</sub>O in ambienti sotterranei.

**Alocarburi**: I più conosciuti tra questi gas sono i CFC, clorofluorocarburi, gli HCFC, idroclorofluorocarburi, e gli HFC, idrofluorocarburi. La concentrazione di alocarburi in atmosfera è molto bassa, ma il loro potenziale di riscaldamento è da 3.000 a 13.000 volte superiore della CO<sub>2</sub>. La presenza di questi gas in atmosfera è attribuibile alle attività umane. Fino alla metà degli anni Settanta i CFC erano largamente impiegati come propellenti per le bombolette *spray*, nei solventi e in alcuni collanti. Nel 1987, siglando il Protocollo di Montreal, le nazioni del mondo hanno stretto un accordo per ridurre drasticamente l'uso di questi gas lesivi dell'ozono atmosferico. I CFC sono stati in gran parte sostituiti dagli HCFC, meno dannosi per l'ozono ma comunque nocivi per l'effetto serra poiché contribuiscono al riscaldamento globale. Così mentre la concentrazione di CFC diminuisce, quella degli altri gas aumenta. Questi gas permangono in aria anche per periodi molto lunghi, fino a 400 anni.

Ozono, vapore acqueo: sono da considerarsi gas ad effetto serra, anche se non regolati dal Protocollo di Kyoto.

### I meccanismi flessibili

## MECCANISMI FLESSIBILI

Secondo il principio che ogni riduzione delle emissioni è efficace indipendentemente dal luogo in cui avviene, per facilitare il raggiungimento degli obblighi il Protocollo di Kyoto ha introdotto degli strumenti supplementari noti come meccanismi flessibili.

Si parla di meccanismi flessibili perché rendono più adattabile il processo di riduzione delle emissioni e anche perché introducono un fattore di flessibilità economica immettendo progetti a costi inferiori e strumenti legati al mercato. I tre meccanismi flessibili individuati dal Protocollo sono:

#### JI – Joint Implementation (Implementazione Congiunta)

Regolamentate dall'articolo 6 del Protocollo, la JI consente ai Paesi di cui all'Annesso 1 del Protocollo di Kyoto, ovvero ai Paesi industrializzati e ad economia in transizione (Paesi dell'Est europeo), di realizzare in maniera congiunta progetti diretti alla riduzione dei sei gas serra regolati dal Protocollo. I progetti possono agire in diversi ambiti: miglioramento dell'efficienza energetica nella produzione e distribuzione di energia; nel settore dei trasporti, nella gestione e smaltimento dei rifiuti e nel settore forestale. Attraverso la realizzazione del progetto il Paese investitore riceve un trasferimento di Emission Reduction Units (ERU), corrispondente alla riduzione realizzata dal progetto stesso nel Paese ospite. La quantificazione della riduzione è fatta attraverso l'uso di una *baseline* di riferimento che descrive lo scenario di emissione che si sarebbe presentato senza l'intervento del progetto. Le ERU sono quindi calcolate come differenza tra le emissioni calcolate nella *baseline* di riferimento e le emissioni ottenute con il progetto.

#### CDM – Clean Development Mechanism (Meccanismo di Sviluppo Pulito)

Introdotta dall'articolo 12 del Protocollo, il meccanismo di sviluppo pulito funziona in maniera simile alla JI, ma si pone l'obiettivo di ridurre le emissioni promuovendo contemporaneamente lo sviluppo sostenibile nei Paesi in Via di Sviluppo, purché abbiano ratificato il Protocollo. Attraverso progetti di riduzione realizzati nei Paesi terzi, i Paesi Annesso 1 ricevono Crediti di Emissione, cosiddetti CER's, (Certified Emission Reductions) che possono utilizzare per raggiungere i propri obiettivi di riduzione oppure rivendere sul



mercato dell'*Emission Trading*. La riduzione delle emissioni dovrà essere certificata da specifici Enti designati dalla Conferenza delle parti e i benefici riguardanti la mitigazione dei cambiamenti climatici dovranno essere "reali, misurabili e di lungo periodo".

Al comma 5 dell'articolo 12 del Protocollo, si legge che le riduzioni saranno certificate dagli enti operativi designati in base ai seguenti criteri:

- a) la partecipazione volontaria di ogni parte coinvolta;
- b) benefici reali, misurabili e a lungo termine in relazione con la mitigazione dei cambiamenti climatici
- c) riduzione delle emissioni che siano supplementari a quelle che si produrrebbero in assenza dell'attività certificata

### ET - Emission Trading (Commercio dei diritti di emissione)

L'Emission Trading, ovvero il commercio internazionale dei diritti di emissione (art. 17), riguarda la possibilità di trasferire i propri diritti di emissione o acquistare i diritti di emissione di un altro Paese. La commercializzazione dei diritti di emissione non è libera, ma sottoposta a condizioni di cooperazione bilaterale tra i Paesi. È uno dei meccanismi che assieme alla "carbon tax", la tassa sulle emissioni di anidride carbonica, concorre ad ottimizzare il rapporto costi/benefici. L'Emission Trading può avvenire solo tra i Paesi Annesso 1. Il 13 ottobre 2003 è diventata legge la nuova direttiva europea 2003/87/CE che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni di gas ad effetto serra nella comunità europea, e modifica la direttiva precedente 96/61/CE. Nell'ambito del sistema di scambio delle quote, gli Stati membri dell'UE dovranno stilare i piani nazionali di allocazione delle emissioni dove verranno fissati i limiti sulle emissioni di CO<sub>2</sub> prodotte da imprese ad alto consumo energetico (circa 10.000 fra stabilimenti siderurgici, centrali elettriche, raffinerie di petrolio, cartiere, vetrerie e cementifici). Dal 1 gennaio 2005 nessuno degli impianti indicati dalla direttiva potrà operare se non munito di un'autorizzazione rilasciata dall'Autorità competente.

## Il Piano Nazionale di Assegnazione delle quote di emissione

# PIANO NAZIONALE

Il Protocollo di Kyoto fissa per l'Italia un obiettivo di riduzione del 6,5%, obiettivo piuttosto impegnativo considerato che dal 1990 ad oggi le emissioni di gas serra nel nostro Paese sono aumentate. Nel 2010, senza alcun intervento di riduzione avremo un livello di emissione superiore di 92.7 Mt. CO<sub>2</sub> eq. rispetto al target di Kyoto. La tabella seguente illustra i diversi scenari di emissione.

Il 13 ottobre 2003 è entrata in vigore la direttiva Emission Trading 2003/87/CE che istituisce dal gennaio 2005 il mercato europeo per lo scambio di quote di emissione. Nell'ambito del siste-

ma, gli Stati membri dell'Unione sono tenuti a fissare, attraverso i Piani Nazionali di Allocazione (PNA) delle quote di emissione, i limiti sulle emissioni di CO<sub>2</sub> prodotte da imprese ad alto consumo energetico rilasciando loro le quote di biossido di carbonio che potranno generare. I settori che secondo l'Allegato 1 ricadono nella direttiva sono:

### a. attività energetiche

- impianti di combustione con potenza oltre 20MW al giorno; raffinerie di petrolio; cokerie

### b. produzione e trasformazione dei metalli ferrosi

- impianti di arrostimento o sinterizzazione di minerali metallici; impianti di produzione di ghisa o acciaio di capacità superiore a 2.5 t l'ora

### c. industria dei prodotti minerali

- produzione di clinker o calce viva; fabbricazione del vetro o fibre di vetro, fabbricazione di prodotti ceramici (tegole, mattoni, piastrelle, gres, porcellane...)

### d. altre attività

- produzione di pasta per carta a partire dal legno
- produzione di carta e cartone, produzioni oltre le 30 tonnellate al giorno

L'Italia ha pubblicato una prima parte del PNA dove vengono resi noti i limiti di emissione per settore (vedi pag. seguente), ma non ancora le quote spettanti ai singoli impianti.

Emissioni di gas serra del 1990	521.0
Emissione del 2000	546.8
Scenario di emissione tendenziale al 2010 a legislazione vigente	579.7
Scenario di riferimento con le misure individuate al 20 giugno 2002	528.1
Obiettivo di emissione per l'Italia secondo la legge 120/2002	487.1
<b>Ulteriore riduzione necessaria per arrivare all'obiettivo</b>	<b>+ 41.0</b>

## ARIA PROCESSI, SEGNALI, IMPATTI

Dal 1 gennaio 2005 nessuno degli impianti elencati nell'Allegato 1 della direttiva potrà operare se non munito di un'autorizzazione rilasciata dall'Autorità competente.

Le emissioni di CO<sub>2</sub> previste al 2010 per i settori regolati dalla direttiva sono pari a 285.8 Mt CO<sub>2</sub>. La quantità totale provvisoria assegnata per il periodo (2005-2007) è presentata di seguito.

### Quantità totale provvisoria assegnata per il periodo (2005-2007)

2005	278.5 Mt CO <sub>2</sub>
2006	279.7 Mt CO <sub>2</sub>
2007	279.2 Mt CO <sub>2</sub>

Le emissioni di CO<sub>2</sub> per le attività regolamentate dalla direttiva per gli anni 2000 e 2010 sono presentate nella tabella seguente. Le emissioni sono una stima basata sui dati disponibili.

	Emissioni Anno 2000 Mt CO <sub>2</sub>	Scenario rif. Anno 2010 Mt CO <sub>2</sub>
<b>Attività energetiche</b>	<b>208.2</b>	<b>232.4</b>
• Impianti di combustione	191.1	213.2
Termoelettrico non cogenerativo	99.7	93.2
Cogenerazione di cui:	-	-
Elettricità	30.9	54.1
Calore	-	-
Cemento	10.6	11.9
Calce	0.8	0.9
Vetro	3.5	4.1
Prodotti ceramici	3.6	4.4
Laterizi	2.3	2.4
Pasta per carta/carta e cartoni	5.1	6.7
Altre attività di combustione	34.6	35.7
• Raffinazione (consumi diretti)	17.1	19.2
<b>Prodez. e Trasf. dei metalli ferrosi</b>	<b>27.6</b>	<b>30.3</b>
<b>Industria dei prodotti minerali (emissioni da processo)</b>	<b>20.8</b>	<b>23.1</b>
• Cemento	16.2	18.1
• Calce	1.9	2.1
• Vetro	0.5	0.6
• Prodotti ceramici	0.2	0.2
• Laterizi	2.0	2.0
<b>Totale</b>	<b>256.6</b>	<b>285.8</b>

# WYKONOSCIWOŚĆ

## ARIA





## IRIDURRE LE EMISSIONI

### Strategie locali per la riduzione delle emissioni

Considerata l'importanza delle strategie e misure locali nell'ottica del raggiungimento degli obiettivi globali la Regione Toscana si è da tempo dotata di strumenti e di linee guida per favorire l'adattamento del territorio ai cambiamenti climatici e contribuire efficacemente alle misure di riduzione.

Infatti, nell'elaborazione del Piano Energetico Regionale (PER), la Regione Toscana aveva adottato, come autonoma linea guida per la sua politica energetica futura, la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra promuovendo l'efficienza energetica ed il ricorso alle fonti rinnovabili.

Il quadro conoscitivo relativo all'identificazione delle emissioni di tali gas è stato successivamente delineato con l'inventario regionale delle sorgenti di emissione IRSE, adottato per la prima volta dalla Giunta Regionale con DGR n. 1193 del 14 novembre 2000, che ha stimato anche le emissioni di anidride carbonica CO<sub>2</sub> e dei due altri più importanti gas ad effetto serra, metano CH<sub>4</sub> e protossido di azoto N<sub>2</sub>O, per gli anni 1990, 1995, 2000 e 2002.

Le emissioni regionali sono suddivise per macrosettori di generazione, in coerenza con quelli impiegati per la stima delle emissioni delle principali sostanze inquinanti implicate nella gestione della qualità dell'aria ambiente ai fini della protezione sanitaria della popolazione ed espresse per i tre gas serra in CO<sub>2</sub> equivalente (CO<sub>2</sub> eq.) con l'impiego di fattori di trasformazione utilizzati a livello nazionale ed internazionale.

La seguente tabella riporta per i tre anni considerati (1990, 1995, 2000 e 2002), per gli 11 macrosettori le emissioni regionali espresse in CO<sub>2</sub> eq.

Macrosettori	CO <sub>2</sub> eq (t)				variazione %
	1990	1995	2000	2002	1990 - 2002
Centr. Elettriche Pubbl., Cogeneraz., Telerisc.	10.225.126	10.546.732	9.943.060	8.671.660	-15.2
Combustione Riscaldamento civile e terziario	4.434.815	4.600.211	4.701.137	4.782.837	+7.8
Combustione - Industria	7.275.527	7.546.655	8.205.830	8.161.830	+12.2
Processi Produttivi	867.973	901.329	1.230.805	1.230.805	+41.8
Estrazione, distribuzione combustibili fossili	2.380.652	2.449.863	2.465.287	2.450.587	+2.9
Uso di solventi	0	0	0	0	
Trasporti Stradali	5.970.538	6.192.615	6.870.348	7.023.448	+17.6
Altre Sorgenti Mobili	1.023.164	1.058.734	970.939	970.939	-5.1
Trattamento e Smaltimento Rifiuti	2.728.945	2.743.753	3.733.368	3.733.368	+36.8
Agricoltura - Allevamenti	1.992.056	1.982.467	1.644.714	1.644.714	-17.4
Natura	56.804	58.315	76.891	76.391	+34.5
<b>TOTALE</b>	<b>36.955.595</b>	<b>38.080.675</b>	<b>39.842.380</b>	<b>38.746.580</b>	<b>+4.8</b>

Obiettivo di riduzione per il 2010: 34.553.481,3 (-6.5% emissioni CO<sub>2</sub> eq. rispetto al 1990)



L'inventario regionale delle emissioni dei tre principali gas ad effetto serra fornisce, per gli undici macrosettori in cui è suddiviso, le stime delle quantità emesse nell'anno 2002 e le rispettive incidenze percentuali.

I principali macrosettori di provenienza delle emissioni regionali di gas ad effetto serra, in ordine di importanza, sono:

Macrosettori	Valori assoluti 2002							
	CH <sub>4</sub> (t)		CO <sub>2</sub> (t)		N <sub>2</sub> O (t)		CO <sub>2</sub> eq. (t)	
Centr. Elettriche Pubbl., Cogeneraz., Telerisc.	113	0%	7.469.200	23%	3.871	46%	8.671.660	22%
Combustione - Industria	224	0%	7.983.900	25%	590	7%	8.161.830	21%
Trasporti Stradali	1.932	1%	6.674.100	21%	881	11%	7.023.448	18%
Combustione - Riscaldamento civile e terziario	1.323	1%	5.018.900	16%	413	5%	4.782.837	12%
Estrazione, distribuzione combustibili fossili	28.477	13%	1.852.600	6%	0	0%	2.450.587	6%
Processi Produttivi	730	0%	1.215.500	4%	0	0%	1.230.805	3%
Altre Sorgenti Mobili	34	0%	1.036.100	3%	192	2%	970.939	3%
Trattamento e Smaltimento Rifiuti	150.159	66%	576.000	2%	13	0%	3.733.368	10%
Natura	727	0%	57.700	0%	11	0%	76.391	0%
Uso di solventi	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Agricoltura e Allevamenti	42.953	19%	0	0%	2.396	29%	1.644.714	4%
<b>TOTALE</b>	<b>226.673</b>		<b>31.884.000</b>		<b>8.367</b>		<b>38.746.580</b>	

Con il nuovo Piano Regionale di Azione Ambientale 2004-2006 (PRAA), la via Toscana all'eco-efficienza, la Regione individua obiettivi e strumenti per realizzare una sostenibilità locale che sia compatibile con le grandi questioni globali. I cambiamenti climatici e la riduzione delle emissioni di gas serra per il rispetto degli obiettivi di Kyoto sono la prima delle quattro aree di azione prioritarie. Il PRAA indica le principali azioni che l'Amministrazione intende perseguire per raggiungere il macroobiettivo di ridurre le emissioni di gas serra. Esse sono:

1. conversione del parco termoelettrico da olio combustibile a ciclo combinato a gas;
2. sviluppo di energie rinnovabili;
3. promozione dell'efficienza negli usi energetici a fine di riscaldamento;
4. miglioramento negli usi energetici domestici;
5. riduzione/eliminazione del conferimento dei rifiuti in discarica;
6. interventi sul traffico e la mobilità;
7. interventi nei processi di combustione nell'industria.

Con la consapevolezza che i singoli problemi ambientali del territorio debbano essere affrontati con un approccio di tipo olistico capace di prendere in considerazione tutte le possibili ricadute, l'analisi delle azioni e dei program-

---

**Il risultato di questa analisi evidenzia che, se valutata in termini di bilancio di CO<sub>2</sub>, la situazione del territorio toscano è nettamente migliore rispetto alla media europea.**



mi capaci di ridurre le emissioni di gas serra, in particolare nel settore energetico, deve necessariamente tenere conto delle emissioni delle altre sostanze inquinanti connesse. Si deve cioè valutare la convenienza ambientale, sia delle politiche che dei singoli interventi, nell'ottica di ottenere un **doppio dividendo ambientale**: quello globale relativo a gas climalteranti e quello locale relativo alla riduzione delle concentrazioni degli inquinanti "classici".

1. Aree boschive in Toscana (Fonte: dati CORINE Land Cover – elaborazione IBIMET CNR).

## BILANCIO CO<sub>2</sub>

Un ulteriore passo concreto in questa direzione è la realizzazione, in collaborazione con l'Istituto di Biometeorologia del CNR, dell'**Osservatorio Kyoto** per

la Regione Toscana, un progetto integrato di monitoraggio del bilancio delle emissioni di gas serra e di assistenza nell'elaborazione delle politiche e strategie locali.

Il progetto Osservatorio Kyoto ha come obiettivi:

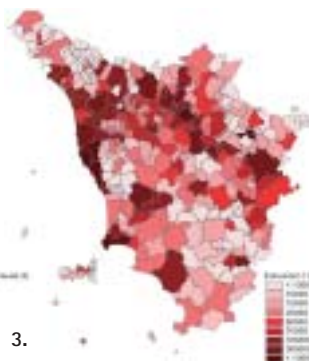
1. sviluppare la contabilizzazione regionale degli assorbimenti di CO<sub>2</sub> con l'utilizzo di tecnologie innovative capaci di misurare i flussi reali di carbonio e valutare il bilancio tra emissioni ed assorbimenti;
2. informare e sensibilizzare la popolazione toscana e gli enti locali sulla strategia regionale legata al Protocollo di Kyoto e promuovere, quindi, un sistema partecipativo diretto alla definizione di un modello di gestione e valorizzazione del territorio coordinandosi anche con i programmi di Agenda 21 e le politiche di sviluppo sostenibile;



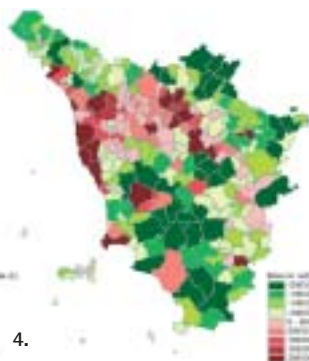
Forest areas in Tuscany (CORINE)  
 Broad leaved forest    Scierophyllous vegetation    Transitional woodland/strata  
 Coniferous forest    Mixed forest



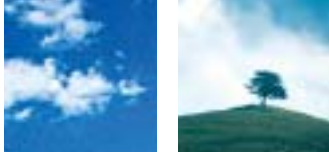
2.



3.



4.



3. fornire un supporto alla definizione delle politiche regionali per il raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni.

La Toscana infatti, con i suoi 982.800 ettari (ha) di superficie forestale, rappresenta circa l'11% dei boschi italiani. La vegetazione forestale si estende dalle formazioni di macchia presenti sulla costa, alle pinete litoranee, ai boschi di sempreverdi sclerofille e di specie decidue mediterranee dell'interno, fino alle strutture forestali pedemontane e montane delle zone appenniniche. A questo si aggiungono le piantagioni forestali per la produzione di legno e carta, che sono ben rappresentate nelle zone pianeggianti della regione.

Vista la consistenza del capitale forestale regionale è indubbio che una sua attenta gestione e valorizzazione possa consentire di raggiungere traguardi di riduzione importanti che andranno contabilizzate in relazione a quanto stabilito dal Protocollo (Art. 3.3 e 3.4) e dai successivi accordi. Infatti sarà contabilizzabile ai fini di riduzione la variazione dei sequestri operati dagli ecosistemi forestali, tramite interventi di gestione forestale, riforestazione e afforestazione, effettuati dopo il 1990 fino ad un massimo di circa 10 Mt. CO<sub>2</sub> eq., limite annuo assegnato all'Italia dall' UNFCCC. Sarà quindi necessario in futuro poter monitorare il contributo al raggiungimento degli obiettivi regionali in termini di riduzioni nette prendendo in considerazione il bilancio complessivo del territorio. A questo proposito una prima analisi di bilancio regionale della CO<sub>2</sub> è stata condotta attraverso l'analisi quantitativa delle emissioni (+) e degli assorbimenti operati dagli ecosistemi forestali (-) partendo dai dati di emissione dell'inventario IRSE e dai dati potenziali di sequestro patrimonio di IBIMET (vedi figure 1, 2, 3, 4). In seguito l'applicazione di una procedura di destagionalizzazione delle emissioni e dei sequestri ha permesso di ottenere una fotografia della distribuzione temporale della differenza tra emissione ed assorbimenti a livello di comune nel corso dell'anno. Il risultato di questa analisi evidenzia che se valutata in termini di bilancio di CO<sub>2</sub> la situazione del territorio toscano è nettamente migliore rispetto alla media europea. Infatti i sequestri operati da tutti gli ecosistemi forestali (prima e dopo il 1990) sono stimabili in 10-15 Mt. CO<sub>2</sub> annui, ovvero tra il 30 ed il 45% delle emissioni, contro circa l'8% della media europea. Il bilancio rappresenta dunque un importante strumento di pianificazione e gestione del territorio, oltre a consentire una verifica delle politiche regionali e determinare l'impatto e la pressione dell'uomo sull'ambiente naturale. L'Osservatorio Kyoto - Regione Toscana sta inoltre realizzando una rete di misura diretta degli scambi di CO<sub>2</sub> tra terra ed atmosfera che permetterà un monitoraggio continuo della situazione.

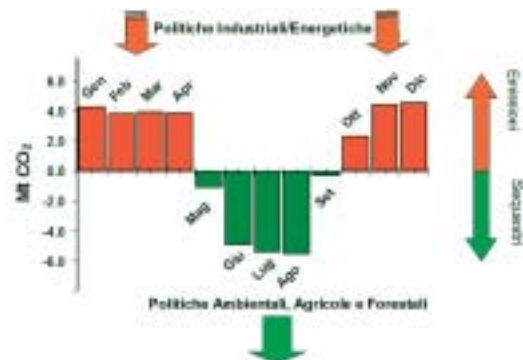
2. Emissioni CO<sub>2</sub> per comune in Toscana

(Fonte: dati Inventario regionale IRSE 2000).

3. Assorbimenti CO<sub>2</sub> degli ecosistemi forestali per comune in Toscana (analisi IBIMET-CNR).

4. Bilancio CO<sub>2</sub> per comune in Toscana (Emissioni-Assorbimenti) (analisi IBIMET-CNR).

5. Bilancio stagionale CO<sub>2</sub> per la regione Toscana (Fonte: Osservatorio Kyoto - Regione Toscana).





Le emissioni di gas serra e i fenomeni di aerosol dovuti alle attività umane continuano ad alterare l'atmosfera con prevedibili effetti sul clima.

*IPCC Third Assessment Report, 2001*

## La domanda mondiale di energia e le emissioni

WASHINGTON – La domanda mondiale di tutte le forme di energia dovrebbe aumentare del 54% nei prossimi due decenni, e il consumo di petrolio da solo dovrebbe balzare a 40 milioni di barili il giorno, ha comunicato il governo americano mercoledì. Le previsioni a lungo termine dell'Energy Information Administration (EIA - Ente Americano per l'Informazione sull'Energia) fino l'anno 2025 mostrano l'aumento più consistente di consumo energetico da parte dei Paesi in Via di Sviluppo, specialmente Cina ed India, dove le economie sane intensificheranno la domanda. Si prevede che la domanda mondiale di petrolio aumenterà da 81 milioni di barili il giorno (bpd) di quest'anno a 121 milioni nel 2025, con gli Stati Uniti, la Cina ed il resto dell'Asia in via di sviluppo che assorbiranno quasi il 60% di quei barili in più, ha detto l'EIA.

*Da: Reuters, 15/04/2004  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

## Come le attività dell'uomo producono i gas ad effetto serra

- La fornitura e l'uso di combustibili fossili incidono per circa l'80% delle emissioni di biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>) del genere umano, un quinto del metano (CH<sub>4</sub>), ed una quantità significativa di protossido di azoto (N<sub>2</sub>O).
- La deforestazione rappresenta la seconda importante causa per la presenza di biossido di carbonio. Quando le foreste vengono disboscate per dare spazio a coltivazioni o per altri sviluppi, la maggior parte del carbonio prodotto dagli alberi bruciati o in decomposizione finisce nell'atmosfera. Comunque, quando si creano nuove foreste gli alberi assorbono il biossido di carbonio, rimuovendolo dall'atmosfera. C'è molta incertezza dal punto di vista scientifico riguardo alle emissioni a causa della deforestazione e di altri cambiamenti nell'uso della terra, ma si stima che una quantità di carbonio che varia da 800 milioni a 2.4 miliardi di tonnellate venga rilasciata globalmente nell'atmosfera ogni anno.
- Gli animali addomesticati emettono metano. Il secondo più importante gas ad effetto serra dopo il biossido di carbonio, il metano viene prodotto da bovini, mucche da latte, bufali, capre, pecore, cammelli, maiali e cavalli. Il bestiame incide per il 30% delle emissioni di metano da parte delle attività dell'uomo.
- Anche la coltivazione del riso rilascia metano [...] "Paludi" o "risaie" producono all'incirca da un quinto ad un quarto delle emissioni globali di metano che derivano dalle attività dell'uomo. Batteri ed altri microrganismi nel terreno delle risaie allagate decompongono sostanza organica e producono metano.
- [...] così come lo smaltimento ed il trattamento dell'immondizia e dei rifiuti organici. Quando l'immondizia viene bruciata in una discarica, prima o poi subirà una decomposizione anaerobica (senza ossigeno) ed emetterà metano (ed un po' di biossido di carbonio). A meno che il gas prodotto non venga catturato ed utilizzato come combustibile, il metano potrebbe finire nell'atmosfera.

*Da: Climate Change Information Kit, a cura di UNEP e UNFCCC  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

## L'anidride carbonica nell'aria aumenta a ritmo incalzante, dicono gli scienziati

OSSERVATORIO DI MAUNA LOA, Hawaii, Marzo 20 (AP) — L'anidride carbonica, il gas ampiamente condannato per il riscaldamento globale, ha raggiunto livelli da record nell'atmosfera [...], dicono gli scienziati che monitorano il cielo dalla stazione posta a 3000 m in cima ad un vulcano. [...] "il problema grave è che il CO2 è in continuo aumento," ha detto Russell Schnell, vicedirettore del laboratorio per il monitoraggio climatico del National Oceanic and Atmospheric Administration (Ente Nazionale per l'Oceano e l'Atmosfera) di Boulder, Colorado, che gestisce l'Osservatorio di Mauna Loa. [...] Le indicazioni medie dell'Osservatorio di Mauna Loa, dove la densità dell'anidride carbonica raggiunge il massimo ogni inverno boreale, si sono aggirate intorno a 379 parti per milione Venerdì, in confronto a circa 376 di un anno fa. Quell'aumento da anno ad anno di circa tre parti per milione è considerevolmente più alto dell'aumento medio annuale di 1.8 parti per milione dello scorso decennio, e notevolmente più accelerato dell'aumento annuale di una parte per milione di mezzo secolo fa, quando gli osservatori furono costruiti qui per la prima volta. Un altro autorevole climatologo, Ralph Keeling, ha affermato che " [...] ci stiamo muovendo in un mondo sempre più caldo".

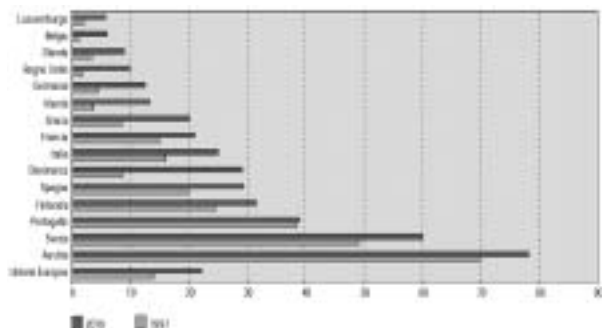
*Da: "Carbon Dioxide in Air Rises at Faster Rate, Scientists Say", Associated Press, 21/03/2004 (nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

## Le energie rinnovabili amiche del clima

Ogni strategia energetica sostenibile, compatibile in particolare con il controllo del drammatico riscaldamento globale del Pianeta, non può prescindere da un massiccio ricorso alle fonti energetiche rinnovabili. Eppure tali fonti attualmente coprono appena il 6% dei consumi dell'Unione Europea. L'attuale potenziale tecnico delle fonti rinnovabili nella UE è stimato intorno al 29% della domanda finale di energia. La Commissione Europea, nel suo Libro Bianco sulle Fonti Rinnovabili di Energia ha stabilito l'obiettivo di coprire con queste fonti il 12% dei consumi interni entro il 2010; per il settore elettrico ciò corrisponde ad un obiettivo del 22.1%, da confrontare con il 13.9% del 1997. La stessa Commissione definisce questi obiettivi "ambiziosi ma realistici". I recenti sviluppi, in particolare nel campo dell'energia eolica fanno ritenere che questi obiettivi possano essere superati se si manterranno gli incentivi.

*Da: "Power Switch. Cambiamo Energia", Allegato "Attenzione" Ed. Edicom n.27 gennaio 2003*

**Obiettivi indicativi per l'elettricità da fonti di energia rinnovabile proposti dalla Commissione Europea, confrontati con i valori al 1997.**



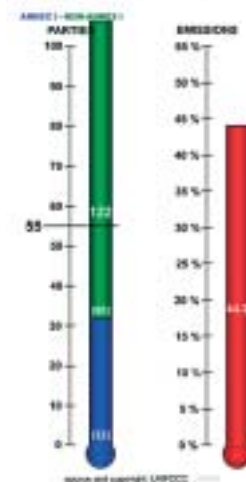
# IL PROTOCOLLO DI KYOTO

## Stato di Ratifica del Protocollo di KYOTO:

Il Protocollo di Kyoto	Ultima ratifica:	Ucraina
impegna i Paesi industrializzati a ridurre le emissioni di gas serra del 5,2% rispetto ai livelli del 1990 entro il 2012.	Numero totale di ratifiche /accettazioni:	122
	Percentuale totale di emissioni:	44.2
	Aggiornato al 15/04/2004	

Da <http://unfccc.int/resource/kpthermo.html>  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)

**KYOTO PROTOCOL THERMOMETER**  
As of Thursday, April 15, 2004  
Today's Kyoto Party: June 15, 2009



## Il cambiamento climatico: i grandi emettitori

I Paesi che più contribuiscono a livello mondiale alle emissioni di gas serra. BBC osserva quanto emettono, cosa stanno facendo per limitarlo e dove si posizionano rispetto al Protocollo di Kyoto.

**USA.** Gli USA sia come dato assoluto che come dato pro capite, emettono molto di più di qualunque altro Paese – anche se sono il Paese che produce più ricchezza. Al momento degli accordi di Kyoto, gli USA si erano impegnati a ridurre le emissioni del 6%. Ma da allora si sono ritirati dagli accordi e le emissioni di anidride carbonica sono aumentate del 16% oltre i livelli del 1990. [...] Il Presidente Bush nel marzo 2001 ha detto che gli USA non avrebbero ratificato Kyoto, perché Kyoto avrebbe danneggiato l'economia degli USA e perché gli accordi non prevedevano ancora riduzioni nelle emissioni dei Paesi in Via di Sviluppo.

**Unione Europea.** Tutti e 15 gli Stati dell'Unione Europea hanno ratificato gli accordi di Kyoto nel maggio 2002. Il sostenitore più entusiasta del protocollo, l'Unione Europea, ha continuamente dibattuto sulla rigorosa applicazione del protocollo di Kyoto, avvertendo di limitare l'uso dei cosiddetti meccanismi di flessibilità, che permettono ai Paesi di raggiungere i loro obiettivi di riduzione delle emissioni in modo parziale pagando per miglioramenti tecnologici di riduzione in altri Paesi. Nonostante il suo atteggiamento rigido su Kyoto, l'Unione Europea è in qualche modo fuori del proprio obiettivo, con emissioni di gas serra che sono aumentati dell'1% nel 2001.

**Cina.** La Cina è un Paese dell'Allegato II, e come Paese in Via di Sviluppo non è ancora obbligato a ridurre le emissioni. Ciò nonostante si stima che la Cina ha ridotto le sue emissioni di anidride carbonica del 17% dalla metà degli anni Novanta. Nello stesso periodo, la sua economia è cresciuta di circa un terzo. Contando un quinto della popolazione mondiale e sviluppandosi velocemente, la Cina presto emetterà tanto da far scomparire qualunque riduzione concordata nei Paesi dell'Allegato I – i Paesi sviluppati che invece hanno preso degli impegni specifici. Nondimeno, i suoi leader riconoscono che i cambiamenti climatici sono in grado di portare grandi sconvolgimenti nella società cinese.

**Russia.** La Russia si trova nella posizione critica dell'essere un Paese la cui ratifica potrebbe dare sufficiente supporto affinché il protocollo di Kyoto entri in vigore. La Russia si trova elencata nell'Allegato I e si è impegnata quindi a ridurre le sue emissioni. Malgrado ciò, l'economia russa si è ridotta drasticamente dal 1990 e le attività industriali sono calate, diminuendo così le proprie emissioni del 40%, ben al di sotto del livello previsto dal Protocollo di Kyoto. Nel breve termine, la Russia potrà guadagnare miliardi di dollari attraverso il commercio delle quote di emissioni – vendendo le quote inutilizzate ai quei Paesi che vogliono emettere più di ciò che è loro consentito dal protocollo. Ratificare il Protocollo e impegnarsi a limitare le emissioni, potrebbe nel lungo termine comportare un costo per l'economia russa.

**Giappone.** Una delle maggiori potenze economiche mondiali, il Giappone, è uno dei principali Paesi dell'Allegato I di Kyoto, impegnati nella riduzione delle emissioni. È stato responsabile dell'8.5% delle emissioni nel 1990 ed il suo supporto nell'accordo è importante in assenza della partecipazione degli USA. Il Giappone ha ratificato il Protocollo nel giugno del 2002. Il Paese sa che la sua economia potrebbe trarre vantaggio da questo accordo, poiché le aziende giapponesi potrebbero assalire i mercati della nuova tecnologia pulita.

**India.** I Paesi in Via di Sviluppo quali l'India, sono elencati tra i Paesi dell'Allegato II del protocollo di Kyoto e al momento non sono ancora obbligati a nessuna riduzione delle emissioni. Tuttavia, innalzandosi gli *standard* di vita, le loro emissioni indubbiamente aumenteranno – dal 1990 le emissioni dell'India sono aumentate di oltre il 52%. Gli architetti del protocollo sostengono che è giusto permettere ai Paesi in Via di Sviluppo un periodo di grazia, perché il problema è stato causato dai Paesi più sviluppati. Tuttavia, l'India con più di un miliardo di persone, diventerà presto uno dei principali emettitori di gas serra. L'India ha ratificato il protocollo nell'agosto 2002.

*Da: BBC NEWS 29/09/2003 <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/3143798.stm>  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

### **Russia vicina alla ratifica, afferma il direttore dell'UNEP**

La Russia probabilmente ratificherà il protocollo di Kyoto entro quest'anno, mettendo in salvo l'accordo delle Nazioni Unite diretto a contenere il problema del riscaldamento globale, sostiene Klaus Toepfer, responsabile del Programma Ambiente delle Nazioni Unite (UNEP). E l'esempio di obblighi legali vincolanti per i Paesi più ricchi, potrebbe rendere più semplice far rientrare nel protocollo anche i grossi emettitori dei Paesi in Via di Sviluppo, come India e Cina, continua Toepfer. "Fintanto che non possiamo provare che i Paesi industrializzati sono impegnati nell'implementazione di quanto richiesto dal Protocollo di Kyoto, sarà molto difficile convincere chiunque altro a impegnarsi in una fase secondaria".

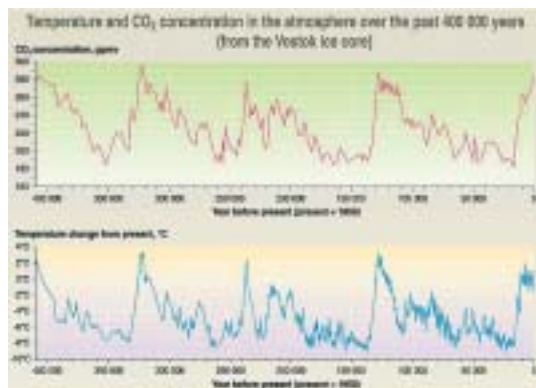
*Da: Pointcarbon 07/06/2004 <http://www.pointcarbon.com>  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*



# TEMPERATURA

Negli ultimi 400.000 anni il clima della Terra è stato instabile, con significativi cambi di temperatura, passando molto velocemente da un clima caldo all'epoca glaciale in pochi decenni. Questi rapidi cambiamenti suggeriscono che il clima potrebbe essere piuttosto sensibile a forzature e *feedback* climatici interni od esterni. Come si può vedere dalla curva blu, le temperature sono state meno variabili durante gli ultimi 10.000 anni. Basandosi sulle prove disponibili, seppur incomplete, è improbabile che le temperature medie globali siano variate più di 1°C nel giro di un secolo durante questo periodo. Le informazioni presentate su questo grafico indicano una forte correlazione tra il contenuto di biossido di carbonio nell'atmosfera e la temperatura. Un possibile scenario: le emissioni antropogeniche dei gas a effetto serra potrebbe portare il clima ad uno stato regressivo di alta instabilità come quello del periodo antecedente l'epoca glaciale. Piuttosto che seguire un'evoluzione lineare, il clima segue un percorso non lineare con improvvise e marcate variazioni quando i livelli di gas a effetto serra raggiungono una zona di innesco fino ad ora sconosciuta.

Da: UNEP, <http://www.grida.no/climate/>  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)



UN NUMERO CRESCENTE DI OSSERVAZIONI  
 NOSTRA  
 UN QUADRO  
 DI UN MONDO CHE VA  
 RISCALDANDOSI SEMPRE PIÙ  
 E DI ALTRI CAMBIAMENTI

## Ondata di caldo del 2003, un record in attesa di essere battuto

L'ondata di caldo che ha causato danni in Gran Bretagna e nel continente europeo lo scorso anno ha fatto sì che l'anno 2003 venisse messo nel libro dei *record*. È stata l'estate più calda da più di 500 anni, dicono i climatologi. Gli scienziati dell'Università di Berna hanno scoperto che l'estate dell'anno scorso non solo è stata eccezionalmente calda, ma che negli ultimi 10 anni l'Europa ha avuto le estati più calde dal 1500 dopo Cristo. Jürg Luterbacher ed i suoi colleghi hanno raccolto dati dalle stazioni meteorologiche sparse in Europa per poter creare un'accurata registrazione delle temperature a partire dal 1659. [...] Le registrazioni mostrano che la scorsa estate l'Europa è stata in media più calda di 2°C rispetto alla temperatura estiva media di quasi tutto il XX secolo. Alcune parti dell'Europa continentale sono state fino a 6°C più calde la scorsa estate. Secondo lo studio pubblicato sulla rivista "Science" di oggi, l'èquipe ha scoperto che anche gli inverni sono diventati di gran lunga più miti in questi anni, con l'inverno più freddo registrato nel lontano 1708. [...] "Non sappiamo se ogni anno farà sempre più caldo, ma la tendenza è certamente in questa direzione," ha detto lo scienziato. "Il problema è che molte persone in Europa non sapranno fronteggiare la situazione quando ciò accadrà".

Da: "2003 heatwave a record waiting to be broken", Ian Sample, *The Guardian*, 05/03/2004  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)

## Nuovi dati "confermano" il riscaldamento del Pianeta

Una nuova analisi dei dati rilevati dal satellite ha rivelato che le temperature in una parte critica dell'atmosfera stanno salendo molto più velocemente di quanto si pensasse in precedenza, rafforzando l'opinione diffusa nel mondo secondo cui la Terra va sempre più riscaldandosi.

Fino ad ora gli scienziati non sono riusciti a rilevare il livello di riscaldamento nella troposfera, gli strati dell'atmosfera più vicini alla superficie terrestre. [...] Un'equipe guidata da Qiang Fu, dell'Università di Washington a Seattle, sembra aver risolto il puzzle. La sua ricerca, riportata nel Times, rivela che la troposfera si sta riscaldando secondo quanto previsto dai modelli, cioè di circa 0.2°C per decennio. Le scoperte, i cui dettagli vengono pubblicati oggi nella rivista "Nature", forniscono una delle prove finali che il riscaldamento del Pianeta è in corso e che si tratta di un fenomeno causato dall'uomo.

*Da: "New data 'confirms' global warming", Matthew Taylor, The Guardian, 06/05/2004  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

## Se cambia la corrente del golfo...

La Gran Bretagna potrebbe avere un clima come quello dell'Islanda entro i prossimi 100 anni, ha dichiarato uno scienziato. Il cambiamento potrebbe verificarsi come risultato del riscaldamento del Pianeta, con la Corrente del Golfo che potrebbe improvvisamente essere interrotta. Si dice che il processo potrebbe già essere in atto a causa dei cambiamenti provocati dal riscaldamento del globo.

L'esperto Terry Joyce, dell'Istituto Oceanografico di Woods Hole negli Stati Uniti dice: "La probabilità di avere un cambiamento improvviso sta aumentando perché il riscaldamento del globo ci sta portando sempre più vicini al baratro. Noi non sappiamo dove sia, ma sappiamo una cosa, ci stiamo sempre più avvicinando al limite.

"E perciò posso dire che entro i prossimi 100 anni ciò sarà molto probabile, in altre parole c'è il 50% di probabilità che possa verificarsi." Il cambiamento potrebbe giungere quasi inaspettato. "Sarà veloce, ed improvvisamente per un decennio farà caldo, e nel successivo potremmo avere l'inverno più freddo degli ultimi 100 anni, ma dobbiamo aspettarci questi cicli decennali per almeno altri 100 anni," dice l'esperto. [...] I rilevamenti del Dr Turrell mostrano che la salinità della Corrente del Golfo sta certamente diminuendo. "È il cambiamento più critico che abbia mai osservato nella mia carriera".

*Da: "Global warming may lead to big chill threat", Ananova Ltd, 13/11/2003  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

**Il riscaldamento  
del Pianeta  
potrebbe portare  
ad una forte  
minaccia di gelo.**



# ACQUA



## Introduzione

# INTRODUZIONE

L'acqua occupa più dei due terzi della superficie della Terra ed è alla base dei principali meccanismi di scambio di sostanze e di energia tra tutti gli ecosistemi terrestri e marini grazie al ciclo dell'acqua, che puntualmente si rinnova nelle due componenti principali, evaporazione e precipitazione. L'acqua evapora raggiungendo gli strati atmosferici e, attraverso le precipitazioni, si redistribuisce in una varietà di "corpi" idrici come i fiumi, i laghi, le lagune costiere e gli oceani, ognuno dei quali contribuisce al mantenimento della vita di specie animali e vegetali. Forse la vasta presenza della risorsa idrica sulla Terra, o il fatto stesso che la vediamo cadere dal cielo o anche l'uso quotidiano e spesso disattento che noi, occidentali, ne facciamo, può indurre a ritenere che l'acqua sia una risorsa infinita. In realtà non è affatto così. Negli ultimi decenni la pressione antropica su questa risorsa, come su molte altre del nostro Pianeta, si è fatta sempre più pesante: le falde idriche di acqua dolce si stanno abbassando per l'eccessivo sfruttamento da parte dell'uomo, l'aumento della popolazione fa aumentare la domanda d'acqua, le attività industriali mettono a rischio le falde a causa dell'inquinamento. A questi fattori, negli ultimi decenni si è aggiunto anche l'effetto del cambiamento climatico: le attività umane stanno alterando il ciclo di dell'acqua (che attraverso i fenomeni di evaporazione e precipitazione circola dagli oceani alla terra all'atmosfera), con conseguenze allarmanti per la risorsa idrica. Non solo è a rischio l'equilibrio di molti ecosistemi, marini, lacustri, fluviali, ma la sopravvivenza stessa di sempre più vaste fasce della popolazione mondiale, soprattutto le più povere, tanto da indurre gli scienziati a ritenere la scarsità d'acqua come il secondo più preoccupante problema del nuovo millennio, dopo il *climate change*. Come vedremo adesso i due aspetti sono strettamente correlati.

## Il consumo dell'acqua

# CONSUMO DI ACQUA

Le prime ricerche scientifiche sul bilancio mondiale dell'acqua, volto a quantificare la risorsa idrica della Terra ed a comprenderne i principali flussi, cominciarono alla fine del XIX secolo. Un'eshaustiva lista di questi studi è riportata nei lavori di Lvovitch (1970) e di Baumgartner e Reichel (1970). Solo recentemente Shiklomanov (1997) ha raffinato le cifre ed attualmente, anche se esiste un certo margine di incertezza, il mondo scientifico è concorde nell'affermare che circa il 96.5% del volume dell'acqua sulla Terra è contenuto negli oceani, mentre solamente il 2.5% è dolce. Quest'acqua dolce è contenuta per il 70% nelle calotte polari e nei ghiacciai permanenti, per meno del 30% nelle falde sotterranee molto profonde, e solo uno 0.3% si trova nei laghi, nei fiumi e nelle sorgenti, che è pari



allo 0.008% dell'acqua totale presente sulla Terra. Questi numeri, anche se mancano di precisione, forniscono una chiara indicazione di come la risorsa acqua sia una risorsa "finita", anche se rinnovabile. Sono diverse le cause che hanno portato ad un rapido aumento della domanda dell'acqua. Le più importanti possono ritenersi la crescita della popolazione globale, l'aumento della domanda di prodotti agricoli, l'urbanizzazione e lo stile di vita. Le recenti proiezioni di incremento della popolazione indicano per i prossimi anni una netta diminuzione del tasso di crescita dovuta ad una chiara contrazione delle nascite, per cui la popolazione mondiale si stabilizzerà intorno a circa 9.3 miliardi di persone nella metà del XXI secolo (*United Nations Population Fund - UNFPA, 2002*). Nonostante questo previsto arresto della crescita demografica mondiale, la pressione dell'uomo sulla risorsa idrica sarà comunque molto forte nei prossimi 50 anni. Le proiezioni dello scenario peggiore sono quelle citate nelle parole del Direttore Generale dell'Unesco, Koichiro Matsuura, (riprese dallo studio di Gardner-Outlaw e Engelman del 1997): "Le riserve d'acqua stanno diminuendo mentre la domanda cresce drammaticamente, a un ritmo insostenibile. Tra vent'anni, ogni persona disporrà, in media, di un terzo d'acqua in meno". Nella peggiore delle ipotesi a metà di questo secolo saranno 7 miliardi di persone in 60 Paesi a soffrire di scarsità d'acqua. Ne soffriranno solo 2 miliardi in 48 Paesi, nella migliore delle ipotesi, ovvero se i governi adotteranno politiche adeguate di conservazione e salvaguardia della risorsa idrica. All'aumento della popolazione è collegato anche un inevitabile aumento della domanda dei prodotti agricoli e quindi della pressione sull'acqua, che già nel XX secolo si è cominciata a manifestare con il raddoppio delle aree coltivate irrigue. Anche l'urbanizzazione contribuirà ad aumentare la richiesta di acqua. Alla fine del 2025, dicono le previsioni, il 58% circa della popolazione mondiale vivrà nelle grandi città (UNFPA, 2002) con una conseguente maggiore richiesta di acqua per usi potabili e per i servizi. Infine, e non per ordine di importanza, anche lo stile di vita dell'uomo può contribuire ad incrementare la domanda di acqua. Infatti tra le voci di consumo dell'acqua nei bilanci globali, lo stile di vita occidentale è quella che maggiormente viene sotto valutata. L'acqua in occidente è considerata come un diritto e molti la usano come se fosse una risorsa illimitata. A titolo di esempio sono riportati in tabella 1 alcuni dati di consumo idrico, propri dell'occidente, presentati dall'AMREF (African Medical and REsearch Foundation) al 1°Forum Alternativo Mondiale sull'Acqua, tenutosi a Firenze nel marzo 2003.

Tabella 1.

Consumi Idrici pro capite	
Bagno in vasca	120-160 litri
Doccia (3 min.)	30 litri
Per lavaggio in lavatrice	80-120 litri
Per lavare piatti a mano	20 litri
Per lavarsi i denti (senza lasciare aperto il rubinetto)	2 litri
Per lavarsi le mani	1-1.5 litri
Per lo sciacquone	10-16 litri
Per bere e cucinare per persona al giorno	6 litri

Per fornire un esempio concreto e ipotizzando che la popolazione residente nella regione Toscana, circa 3.497.806 persone (Censimento Istat, 2001), si lavasse i denti due volte al giorno, consumerebbe circa 5 milioni di metri cubi di acqua all'anno, ovvero la quantità di acqua che servirebbe per riempire una vasca delle dimensioni di un campo da calcio e profonda circa 700 metri, ovvero circa 8 volte l'altezza del campanile di Giotto, del Duomo di Firenze. In sintesi, i dati sono allarmanti tanto che si può cominciare a parlare di una vera e proprio "crisi blu": il consumo di acqua negli ultimi anni è aumentato di sei volte, a un ritmo più del doppio del tasso di crescita della popolazione, mentre la disponibilità pro capite dal 1950 al 1995 è passata da 17.000 m<sup>3</sup> a 7.500 m<sup>3</sup>.

---

Circa 1.4 miliardi di persone non hanno acqua potabile a sufficienza, 1 miliardo beve acqua non sicura, 3.4 milioni muoiono ogni anno per malattie trasmesse dall'acqua.

Considerando che il 70% circa delle risorse idriche del Pianeta sono utilizzate in agricoltura, il 20% nell'industria e il 10% in altri usi, la distribuzione della risorsa è tale che circa 1.4 miliardi di persone non hanno acqua potabile a sufficienza, 1 miliardo beve acqua non sicura, 3.4 milioni muoiono ogni anno per malattie trasmesse dall'acqua.

Questo quadro, di per sé poco rassicurante, può assumere connotati molto più preoccupanti se viene letto alla luce delle recenti analisi di scenario dei cambiamenti climatici e degli impatti sulla risorsa idrica. Le recenti analisi di scenario ci dimostrano chiaramente che una differenza di alcuni gradi centigradi della temperatura media terrestre potrebbe avere un impatto devastante sull'estensione dei ghiacciai permanenti, sul livello del mare, sul regime e sulla distribuzione delle precipitazioni. I rapporti 2000 e 2001 dell'IPCC dimostrano che l'incremento dell'emissione dei gas ad effetto serra, verificatosi dalla fine del XIX secolo e destinato a continuare anche nei prossimi anni, è direttamente correlato con l'aumento della temperatura media terrestre compreso, secondo le stime, tra 1.4°C a 5.8°C; un aumento senza precedenti nella storia della Terra negli ultimi 10.000 anni.

### Acqua e temperatura

## ACQUA E TEMPERATURA

Negli ultimi anni sono stati dedicati numerosi studi alla valutazione delle probabili variazioni degli estremi meteorologici e climatici nell'ambito del cambiamento in corso e previsto nel prossimo futuro. Un recente studio di Palmer e Ralsanen, (2002) ha rilevato come, a fronte di un moderato incremento delle precipitazioni invernali medie sull'Europa centro-settentrionale e un decremento sull'Europa centro-meridionale, la probabilità di inverni "estremamente umidi" cresca sensibilmente su gran parte dell'Europa. La causa è da ricercarsi nel raddoppio della concentrazione atmosferica di ani-

dride carbonica (CO<sub>2</sub>) rispetto al recente passato. Un altro lavoro (Christensen e Christensen, 2003), dedicato al rischio di alluvioni estive in Europa, illustra come – a fronte di un trend verosimilmente in diminuzione della precipitazione estiva su gran parte dell'Europa centrale e meridionale, ma non, per esempio, sull'Italia settentrionale e centrale tirrenica – la probabilità di eventi estremi nel trentennio 2071-2100, aumenterà significativamente in Europa.

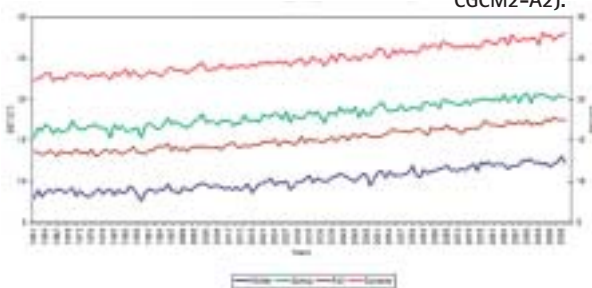
Cambieranno anche le distribuzioni delle variazioni globali della precipitazione. Sempre secondo un recente studio, (Hegerl et al., 2003), i modelli applicati indicano per esempio una forte riduzione della precipitazione media annuale e una moderata riduzione della precipitazione nel giorno più umido dell'anno su gran parte della Penisola Iberica, un moderato aumento degli eventi estremi sull'Europa centro-settentrionale, e nessun segnale di rilievo sull'Italia.

Sono in particolare due aspetti degli scenari climatici previsti che meritano particolare attenzione soprattutto in relazione al possibile pericolo rappresentato dalle precipitazioni intense. Il primo riguarda l'evoluzione delle temperature superficiali del mare (SST) nel futuro che indica (Flato e Boer, 2001) un riscaldamento ulteriore e significativo in tutte le stagioni e particolarmente nel periodo estivo (figura 1), suggerendo quindi un aumento del pericolo potenziale di precipitazioni intense, più rilevante nel periodo caldo dell'anno.

Il secondo riguarda la trasformazione del percorso e della intensità delle perturbazioni invernali. Queste ultime negli ultimi decenni si sono sensibilmente spostate verso latitudini più alte del Nord Atlantico, come illustrato in figura 2a (vedi p. successiva), tuttavia, una modifica significativa del campo di temperature superficiali del mare sul Nord Atlantico (forte riscaldamento delle aree tropicali e sub-tropicali e sostanziale stazionarietà o perfino un raffreddamento alle alte latitudini per il rallentamento della Corrente del Golfo), potrà verosimilmente determinare una nuova intensificazione delle tempeste invernali alle latitudini dell'Europa centro-meridionale e del Mediterraneo (figura 2b, p. successiva), con il conseguente aumento del pericolo di precipitazioni abbondanti ed eccessive anche nel periodo più freddo dell'anno.

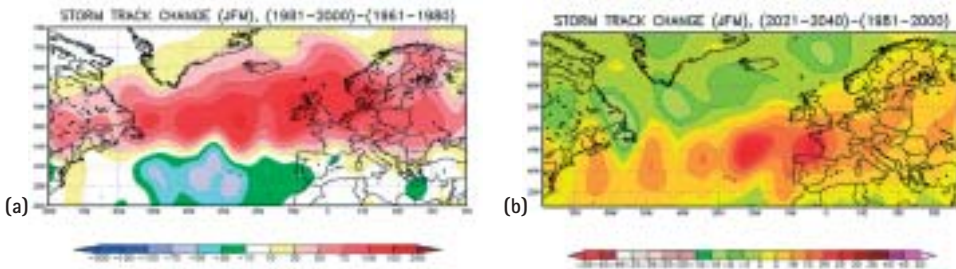
---

1. Scenario climatico delle temperature superficiali del mare medie stagionali sulla regione di figura 3b (vedi p. 72) (scenario CGCM2-A2).



---

Due aspetti degli scenari climatici previsti meritano particolare attenzione: l'evoluzione delle temperature superficiali del mare e la trasformazione del percorso e della intensità delle perturbazioni invernali.



2. Trasformazione del percorso e intensità delle tempeste invernali (gennaio-marzo) nel recente passato, in base alle rianalisi NCEP-NCAR (a) e nel prossimo futuro, in base allo scenario CGCM2-A2 (b).

Tra i principali effetti di questo riscaldamento terrestre, oltre al prevedibile aumento del livello degli oceani, sarà la maggiore disponibilità di energia al sistema climatico terrestre con una intensificazione del ciclo dell'acqua a livello globale ed evidenti variazioni nella quantità totale delle precipitazioni, nella distribuzione stagionale, nella frequenza e nell'intensità delle precipitazioni con significativi impatti sull'uomo, sulla biodiversità animale e vegetale e sulle risorse idriche.

Accanto a questi effetti diretti, non sono da sottovalutare alcuni importanti *feedback*, cioè cambiamenti provocati dall'aumento della temperatura che causano essi stessi aumento di temperatura.

Lo scioglimento del ghiaccio e della neve dovuto all'aumento della temperatura scoprirà porzioni di territorio che si riscalderà sempre di più accelerando un ulteriore scioglimento di ghiaccio e neve. Le temperature più alte intensificheranno sia l'evaporazione sia la capacità dell'atmosfera di trattenere più vapore acqueo che, essendo un potente gas serra, incrementerà ulteriormente la temperatura.

Il maggior calore, e quindi anche la maggiore energia presente nel sistema climatico, porteranno ad una serie di conseguenze, dirette e indirette sui diversi ecosistemi.

- Assieme ad una diversa distribuzione delle precipitazioni, uno degli effetti del cambiamento del clima sarà l'aumento di fenomeni estremi legati alle precipitazioni, come alluvioni, siccità, tifoni e cicloni. Già abbiamo potuto vedere alcuni segnali premonitori di questo cambiamento: l'alluvione del Bangladesh del 1998, l'uragano Mitch che colpì l'America Centrale, sempre nello stesso anno; l'evento catastrofico del dicembre del 1999 in Venezuela, dove piovve in due giorni la quantità di pioggia media di due anni, provocando la morte di circa 30.000 persone e un danno economico dell'ordine di 2 miliardi di dollari americani (International Federation of Red Cross -

IFRC, 2001) per colpa delle frane che investirono i centri abitati. Dal rapporto sui disastri mondiali del 2001 dell'International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies si legge che tra il 1991 e il 2000 più di 665.000 persone sono morte in circa 2.557 disastri naturali, dei quali il 90% sono correlati all'acqua e che il 97% delle vittime abitava in Paesi in Via di Sviluppo.

- Si verificheranno anche impatti diretti sulla maggior parte degli ecosistemi, con ricadute più o meno dirette sull'uomo e sull'economia: l'aumento anche di soli 2°C delle acque fredde dei fiumi degli Stati Uniti ridurrebbe di un quarto gli habitat diminuendo drasticamente la quantità e le specie di pesci.
- L'anomalia delle precipitazioni determinerà una maggiore variabilità della portata dei principali fiumi con riflessi negativi sia sulla progettazione delle opere idrauliche a difesa delle piene che sulla quantità di biomassa nei lunghi periodi.
- Le zone umide, che prima occupavano il 5% della superficie terrestre, con l'aumento dell'evaporazione dovuto all'aumento della temperatura, diminuiranno ulteriormente. Con un aumento di 3-4°C, l'85% delle zone umide dell'Europa meridionale scomparirebbe con grave danno alle specie animali e vegetali.

### I trend delle precipitazioni

## TREND PRECIPITAZIONI

Le simulazioni dei modelli di circolazione globale indicano chiaramente che lo scenario che si verificherà nei prossimi anni sarà caratterizzato da un aumento delle precipitazioni, sia in termini di quantità che di intensità, soprattutto alle medie e alte latitudini. Nelle aree tropicali e subtropicali, invece, si assisterà ad un aumento della variabilità delle precipitazioni con evidenti riflessi su quegli ecosistemi fragili che verranno danneggiati in modo irreversibile.

Recenti analisi delle tendenze della pioggia giornaliera nei sei mesi più caldi dell'anno, su circa il 40% delle terre emerse (Groisman et al., 1999), mostrano che mentre la frequenza dei giorni piovosi non è variata significativamente, la pioggia media mensile è aumentata quasi ovunque di circa il 5% nello scorso secolo, e gli eventi pluviometrici più intensi sono cresciuti di circa il 20%. Questo aumento delle precipitazioni intense estive è associato a un rilevante incremento della concentrazione di vapore acqueo nell'atmosfera e a un riscaldamento della bassa e media troposfera, suggerendo che

---

Tra il 1991 e il 2000 più  
di 665.000 persone  
sono morte in circa  
2.557 disastri naturali,  
dei quali il 90% sono  
correlati all'acqua.

l'aumento delle precipitazioni estreme sarà anche in futuro molto più grande dell'aumento delle precipitazioni medie.

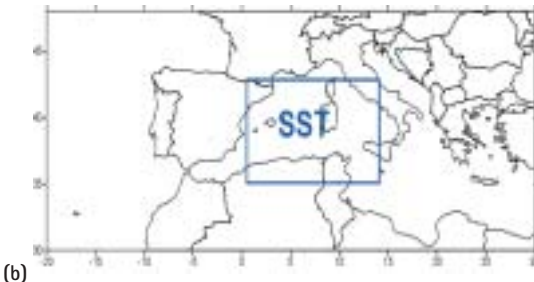
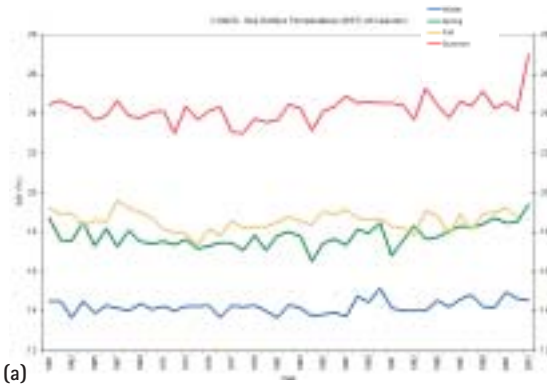
Sull'area italiana, le serie di precipitazione giornaliera mostrano, negli ultimi 50 anni (Brunetti et al., 2001), le seguenti tendenze significative:

- Il numero di giorni piovosi nel corso dell'anno subisce un *trend* negativo, chiaro e molto significativo. Questo dipende soprattutto dall'inverno, la stagione che contribuisce per circa il 50% del decremento al Nord, e per circa il 75% al Sud.
- Incremento della intensità della pioggia giornaliera, meno elevato e significativo della riduzione dei giorni piovosi, e non concentrato in una specifica stagione. In inverno, in particolare, questo *trend* è positivo ma molto debole al Nord e negativo al Sud.
- Al Nord, l'incremento della intensità della precipitazione giornaliera è legato ad un incremento degli eventi più estremi, mentre al Sud è imputabile ad un incremento complessivo della intensità media giornaliera.

3. Serie temporali della temperatura superficiale del mare (SST) media stagionale da gennaio-marzo (a), sul Mediterraneo occidentale (b).

L'incremento della intensità di pioggia si accorda con le osservazioni di molti autori e studi modellistici (Groisman et al., 1999), e può essere dovuto a un generale incremento del ciclo idrologico legato all'umidità atmosferica e a sua volta all'aumento delle temperature superficiali.

La variabilità e le tendenze del ciclo idrologico sulla regione Mediterranea, sono stati presi in considerazione da molti studi, che si sono concentrati sui regimi pluviometrici: sul Mediterraneo la tendenza generale è verso un decremento delle precipitazioni, ma il cambiamento è complesso, in particolare rispetto agli eventi estremi. Nella parte occidentale del Bacino, per esempio sulle regioni costiere della Penisola Iberica, si osserva un aumento dei giorni piovosi e della relativa intensità pluviometrica, mentre nella parte orientale soltanto pochi siti mostrano una debole tendenza verso eventi pluviometrici più intensi, in autunno. Le temperature superficiali del mare influenzano una parte significativa dei regimi pluviometrici medi e soprattutto estremi sulle aree terrestri del Mediterraneo. Secondo studi statistici (Xoplaki et al., 2003) e modellistici (Pastor et al., 2001), SST

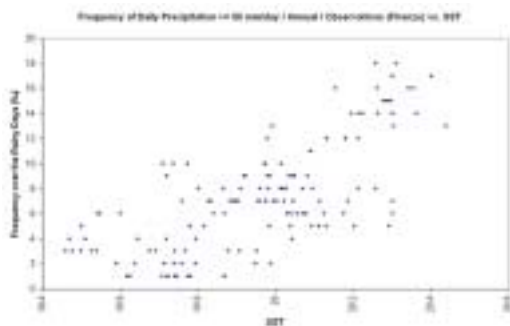


superiori alla media, in particolare, concorrono ad incrementare i nubifragi intensi durante la stagione calda sulle terre settentrionali del Mediterraneo; In figura 3a sono riportate le serie temporali delle SST medie stagionali basate sui dati COADS - Comprehensive Ocean Atmosphere Data Set (Woodruff et al., 1998), sul Mediterraneo occidentale (figura 3b). Il riscaldamento estivo è evidente e molto rapido, almeno negli ultimi due decenni, la tendenza primaverile è moderata e continua negli ultimi 10-15 anni, in inverno il riscaldamento è stato più improvviso — e definitivo — durante un breve periodo intorno alla fine degli anni Ottanta.

Il riscaldamento regionale è evidente nelle SST sia nei valori medi, sulla scala decennale, per i quali sono più rappresentative le stagioni invernale e primaverile, che nei valori massimi estremi in estate, determinando una risposta composta delle stesse precipitazioni intense.

Anche altri elementi a scala regionale e continentale sono molto importanti nel determinare la trasformazione degli eventi pluviometrici intensi e del relativo pericolo alluvionale (tra cui lo stesso riscaldamento globale e regionale, in quanto associato direttamente all'aumento dell'acqua precipitabile potenzialmente contenuta nell'atmosfera), tuttavia il ruolo delle SST regionali, legandosi alla velocità dell'evaporazione e alla modulazione della instabilità convettiva potenziale dell'atmosfera, costituisce un fattore di primo piano, come dimostrato in figura 4, che illustra graficamente la relazione tra le SST medie dell'area di figura 3b e gli eventi pluviometrici intensi a Firenze.

4. Relazione tra la frequenza dei giorni piovosi oltre la soglia di 50 mm/giorno a Firenze e la temperatura superficiale media del mare da marzo a dicembre (regione di figura 3b, vedi p. 72).



## Ghiacciai e mari

# GHIACCIAI E MARI

Se come abbiamo visto circa il 70% dell'acqua dolce è contenuto nelle calotte polari, un impatto determinante dei cambiamenti climatici sul ciclo dell'acqua — dovuto all'aumento della temperatura media terrestre — è quello relativo allo scioglimento dei ghiacci. Particolarmente gravi sarebbero gli effetti nella tundra e nelle regioni artiche, dove gli strati di permafrost impediscono il drenaggio del terreno: se questi si sciogliessero vaste aree di torba si seccerebbero e l'attuale copertura di abete nero, sfagno e licheni sarebbe sostituita dall'erba. Con l'aumento della temperatura, un altro effetto diretto sarà lo scioglimento dei ghiacci e del permafrost che ridurrà la copertura nevosa invernale in vaste aree del Pianeta. L'impatto sullo sciogli-

mento stagionale delle nevi e sulla portata dei fiumi avrà conseguenze sull'ambiente e sull'uso del suolo in aree ancora più vaste, danneggiando numerose attività umane, dall'agricoltura alla produzione di energia idroelettrica. L'IPCC indica che i cambiamenti nella criosfera saranno la più rapida e drammatica manifestazione dei mutamenti climatici. Entro il 2100 potrebbero sparire da un terzo alla metà dei ghiacciai di montagna, ridursi del 70% la durata del manto nevoso nelle Grandi Pianure degli Stati Uniti, lo scioglimento del 16% del permafrost entro il 2050 e la sua scomparsa nell'Europa Settentrionale. Lo scioglimento della calotta di ghiaccio dell'Antartide potrebbe causare un innalzamento dei livelli del mare in tutto il mondo mettendo a rischio molte zone costiere. Il Rapporto dell'IPCC (2001) indica che il 17% del Bangladesh potrebbe sparire mettendo a rischio 70 milioni di persone ed altrettante in Cina. In tutto il mondo l'innalzamento delle acque determinerà il ritiro della linea costiera di cui il 70% dei litorali è già in contrazione, mettendo in pericolo le dune sabbiose, le lagune costiere e la loro fauna. Lo scioglimento delle calotte polari determinerebbe anche un "anomalo" apporto di acqua dolce negli oceani provocando cambiamenti delle correnti oceaniche profonde. La Corrente del Golfo, che attualmente mantiene nel Nord Atlantico ed in parte dell'Europa temperature più elevate di alcuni gradi, potrebbe essere "deviata" provocando un immediato abbassamento della temperatura in queste zone.

---

Lo scioglimento della calotta di ghiaccio dell'Antartide potrebbe causare un innalzamento dei livelli del mare in tutto il mondo mettendo a rischio molte zone costiere.

Il riscaldamento del Pianeta aumenterà la temperatura delle acque marine, specialmente vicino alla superficie e modificherà le correnti oceaniche, le onde e la salinità; anche i cambiamenti che si verificheranno sulle terre emerse influiranno sulle modificazioni negli oceani, soprattutto nelle aree costiere dove la quantità e la qualità della portata dei fiumi cambierà drasticamente, e la geografia degli ecosistemi marini subirà profondi cambiamenti, con la conseguenza del collasso di alcune zone di pesca e l'esplosione di altre a seconda di particolari eventi climatici e oceanografici locali. Nessuno sa come le correnti di risalita, che portano le sostanze nutrienti alla superficie risponderanno ai mutamenti climatici, ma si teme che il riscaldamento del Pianeta possa indebolire la circolazione oceanica in generale, con una fortissima riduzione delle sostanze nutrienti che risalgono in superficie. È, inoltre, a rischio la permanenza delle barriere coralline, le quali, pur coprendo solo l'1% della superficie del Pianeta, contengono circa il 4-5% delle specie. Alcune ricerche dimostrano che le barriere coralline, se sono in buono stato, possono crescere mantenendo il passo con l'innalzamento delle acque; tuttavia esse sono molto sensibili ad aumenti della temperatura dell'acqua, dato che la temperatura ideale per la loro crescita si aggira tra i 25-



28°C. Le temperature eccezionalmente calde registrate nei mari tropicali negli ultimi anni hanno causato un vasto fenomeno di "sbiancamento" dei coralli che, se le condizioni persistono, potrebbe portare alla loro morte. Gli atolli rappresentano secondo la definizione dell'IPCC "un ambiente tra i più sensibili alle variazioni climatiche a lungo termine e all'innalzamento del livello del mare". Risulta così evidente che cambiamenti anche relativamente modesti delle temperature medie globali possono innescare mutamenti regionali ben più drammatici.

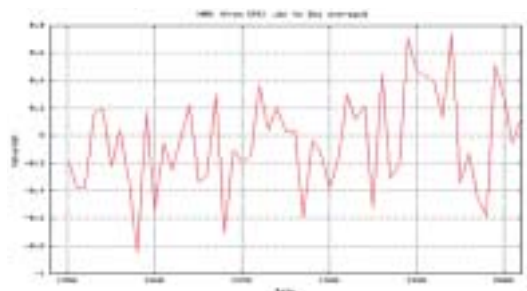
### Mare Nostrum

## MARE NOSTRUM

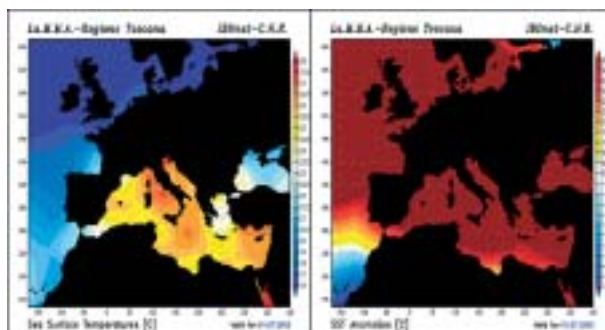
Anche il bacino del Mediterraneo, caratterizzato in passato da valori medi di temperatura tali da classificarlo come mare temperato, ha subito negli ultimi decenni l'influenza delle variazioni termiche globali che hanno interessato tutto il Pianeta. In particolare, la correlazione esistente tra l'indice NAO, principale fattore determinante del clima marino invernale nell'emisfero settentrionale, e la temperatura dell'aria, evidenzia un *trend* crescente nel Mediterraneo registrato dai primi anni Ottanta fino ad oggi. Anche se l'aumento medio della temperatura del mare si attesta su valori piuttosto modesti (circa 0.4°C per decade), risulta nettamente più sensibile la variazione correlata alla temperatura superficiale (SST). Come è riportato nella figura 5, il bacino del Mediterraneo ha visto un deciso *trend* crescente della SST dal 1970 fino ai giorni nostri.

Si sono, infatti, raggiunti nell'ultimo decennio valori decisamente elevati di questo parametro tali da accomunare la temperatura del Mediterraneo a quella dei mari tropicali. Nei mesi di giugno e luglio 2003 si sono registrati valori estremi particolarmente elevati: le immagini da satellite indicavano una temperatura del mare con valori prossimi ai 28°C (figura 6), determinando anomalie di 6°C oltre la media.

5. Media annuale della temperatura superficiale del Mediterraneo (Fonte: dati NOAA).



6. Temperatura superficiale del Mediterraneo e anomalia del mese di luglio 2003 (Fonte: dati LaMMA).



## Biodiversità marina

# BIODIVERSITÀ

Nei decenni passati la relativa stabilità della temperatura media del Mediterraneo ha permesso agli organismi marini di adattarsi e di avere uno sviluppo regolare sia come distribuzione sia come numero di specie. La situazione attuale presenta evidenti segnali di un processo di cambiamento in atto che sembra proiettato verso un aumento crescente della biodiversità marina, che non sempre si traduce in un aspetto positivo. L'aumento della biodiversità è infatti dovuto all'intrusione di specie marine alloctone che sono attratte dall'aumento della temperatura del Mediterraneo, con relativi sconvolgimenti a diversi livelli trofici della catena alimentare.

I primi segnali di questo processo di tropicalizzazione del Mediterraneo arrivano da segnalazioni della pesca professionistica e sportiva dilettantistica e dagli avvistamenti relativi ad attività subacquee. Tra questi possiamo citare la presenza sempre più frequente nelle acque a Nord del Lido di Fregene e Terracina del pesce Serra (*Pomatosus saltator*), oppure la cattura di alcune Aguglie imperiali (*Tetrapturus belone imperialis*) nel Mar Tirreno e nello Ionio, tipicamente più freddi rispetto alle coste meridionali dell'Italia dove comunemente veniva pescato. Oltre allo spostamento dell'areale verso Nord delle specie già presenti all'interno del bacino del Mediterraneo, le biocenosi acquatiche stanno cambiando anche dal punto di vista qualitativo: a causa infatti al progressivo riscaldamento del Mediterraneo, alcune specie tipiche dei mari tropicali si stanno infiltrando nelle acque mediterranee attraverso il Canale di Suez.

Oltre alle specie animali, si è avuta anche la propagazione di alcune specie vegetali tipiche di ambienti più caldi, come la *Caulerpa taxifolia*, un'alga proveniente dai Caraibi, che nel Mediterraneo ha trovato un habitat ideale, raggiungendo dimensioni molto maggiori rispetto a quelle nei suoi territori di origine, tanto da espandersi molto velocemente da quando è stata segnalata la prima volta nel 1984. Oggi si stima che la sua distribuzione raggiunga i 13.000 ha di superficie.

---

I primi segnali di questo processo di tropicalizzazione del Mediterraneo arrivano da segnalazioni della pesca professionistica e sportiva dilettantistica e dalle attività subacquee che riportano la presenza a Nord del lido di Fregene e Terracina del pesce Serra, o la cattura di alcune Aguglie imperiali nel Mar Tirreno e nello Ionio.

## Conclusioni

# CONCLUSIONI

Se il cambiamento climatico è ineluttabile, sta a l'uomo, disponendo dei mezzi e della ricerca scientifica, affrontare nel modo migliore queste nuove emergenze. Infatti gli effetti e gli impatti del cambiamento climatico dipenderanno molto dalle condizioni che avremo saputo organizzare, proprio in considerazione degli scenari previsti, in modo da rispondere non solo alle variazioni del cambiamento del clima, ma anche alla maggiore domanda di acqua dovuta all'aumento della popolazione ed alla crescita delle attività produttive soprattutto nei Paesi in via di Sviluppo.

Saranno soprattutto questi Paesi quelli più vulnerabili al cambiamento del clima, sia perché si trovano già in aree aride o semi aride, ma soprattutto perché le loro risorse idriche sono di tipo puntuale, come pozzi o serbatoi. Questi sistemi di approvvigionamento idrico non possono essere sostituiti da altre fonti come laghi o fiumi e sono soggetti ad essere facilmente controllati, esacerbando, quindi, i contrasti sociali ed economici delle popolazioni che vivono in quelle aree. Secondo il rapporto sull'Acqua dell'UNESCO del 2003 il 20% dell'incremento della scarsità d'acqua mondiale sarà dovuto ai cambiamenti climatici, il restante 80% sarà dovuto all'aumento della popolazione e alla crescita economica. Ma se da una parte il cambiamento del clima comporterà una diminuzione dell'acqua nelle zone tropicali e in alcune delle zone sub tropicali, le zone a latitudini maggiori saranno probabilmente interessate da maggiori precipitazioni con una maggior irregolarità nell'intensità e nella distribuzione. Avremo quindi una diversa distribuzione delle precipitazioni con rilevanti effetti anche sulla qualità dell'acqua, soprattutto nelle zone dove è previsto una diminuzione delle piogge. Per questi motivi l'acqua non può essere considerata solo come una risorsa da utilizzare, ma un patrimonio del Pianeta da tutelare. Le politiche messe in atto devono mirare, dunque, ad evitare per quanto possibile il suo deterioramento a lungo termine, sia per gli aspetti qualitativi sia quantitativi.

# WATER SUSTAINABILITY

## ACQUA





## INTRODUZIONE

### Introduzione

Il rapporto tra i cambiamenti climatici e le risorse idriche si può riscontrare nei rilevanti cambiamenti che il ciclo idrologico subisce nel tempo su una varietà di scale spaziali e temporali. La sensibilità del ciclo idrologico alla variazione della temperatura e delle precipitazioni comporterà significative modificazioni nell'umidità del suolo, nello scorrimento superficiale dell'acqua, nella portata dei fiumi e dei laghi. Questo esporrà gli ecosistemi e le comunità umane a sostanziali cambiamenti nella disponibilità di acqua, nella qualità della stessa e nel rischio di alluvioni e siccità. Il cambiamento climatico creerà poi significativi disequilibri negli ecosistemi per lunghi periodi di tempo e questo porterà una riduzione della biodiversità. Cambiamenti significativi interesseranno anche le grandi masse d'acqua marine comportando una modificazione della salinità e delle correnti e la riduzione della pescosità. Molte aree costiere sperimenteranno poi un aumento dell'intrusione delle acque marine, dell'erosione e della salinizzazione delle falde (si veda anche la sezione dedicata all'erosione costiera in "Terra-Focus Toscana").

## PRELIEVO IDRICO

### Il livello di prelievo delle acque dolci da corpi idrici

L'entità dei prelievi di acque, superficiali o sotterranee, rappresenta lo stato di pressione cui è sottoposto un corpo idrico. Questo dato è noto con un certo grado di attendibilità solo per l'uso potabile: sono prelevati circa 120.209.432 m<sup>3</sup>/anno di acque superficiali e 318.568.507 m<sup>3</sup>/anno di acque sotterranee (dati ricavati dalla ricognizione delle Ambiti Territoriali Ottimali). I prelievi per uso industriale e per uso irriguo si basano su stime con grado di attendibilità variabile da zona a zona. Ancora più difficile è definire i prelievi per uso domestico non soggetto a concessione. La recente legislazione nazionale dà la possibilità di migliorare la conoscenza di questi dati perché ha definito pubbliche tutte le acque ed ha previsto la denuncia di tutti i pozzi. In questo anno sono stati fatti alcuni passi in avanti per il miglioramento delle conoscenze sui prelievi. È stata svolta una indagine sullo stato di attuazione del trasferimento alle province delle funzioni relative al demanio idrico da cui è emerso il numero di opere di captazione di acque superficiali e sotterranee, soggette o meno a concessione, che insistono sul territorio toscano:

- 122 grandi derivazioni (tra acque superficiali e sotterranee)
- 7.900 piccole derivazioni (tra acque superficiali e sotterranee)
- 237.000 pozzi denunciati
- 46.500 previsione denunce pozzi da trasformare in concessione
- 24.000 domande di concessione preferenziale



	Arezzo	Firenze	Grosseto	Livorno	Lucca	Massa*	Pisa	Pistoia	Prato	Siena
GD	12	10*	30	5	25	8	15	8	3	6
PD	400	700	500	1500	1000	700	100	2000	500	500
Denunce	50000	35000	33000	16000	25000	7000	35000	20000	4000	12000
In Concessione	8000	5000	4500*	6000	3000	1000	7000	10000	500	1500
Sbarramenti	250(1)									
Aut. Ricerca	12000(1)									
Conc. OO. II.	2000(1)									
Conc. Aree demaniali	798(1)									
Conc. a regime	11412	10710	10030	7805	9025	2208	8615	15008	1403	2306

\* dato aggiunto da altre fonti.

(1): dati non conteggiati perché tutti mancanti.

Tabella 1.  
Suddivisione per  
province.

Ricostruire dagli atti concessori e dalle denunce i prelievi effettivi di acqua è difficile, anche perché molto spesso il quantitativo di acqua rilasciato in concessione è un quantitativo istantaneo che non corrisponde al reale consumo (non è detto cioè che il pozzo funzioni 24 ore al giorno per 365 giorni all'anno). Esistono stime più o meno certe dei prelievi dei maggiori comparti industriali della Toscana:

- Zona del Cuoio 6.200.000 m<sup>3</sup>/anno
- Val di Cecina e pianura costiera di Vada-Cecina 11.000.000 m<sup>3</sup>/anno
- Val di Cornia 10.200.000 m<sup>3</sup>/anno
- Area Piana di Lucca 26.400.000 m<sup>3</sup>/anno

Stime di prelievi per uso irriguo sono di larga massima una preliminare valutazione eseguita dall'ARSIA; sulla base delle superfici irrigate rilevate nell'ultimo Censimento dell'Agricoltura (ISTAT 2000) stima che il fabbisogno irriguo medio annuo ammonterebbe a circa 150.000.000 di m<sup>3</sup>. Per arrivare con una certa approssimazione alla stima dei prelievi ad uso agricolo occorre maggiorare i fabbisogni irrigui calcolati di una quota corrispondente al livello di inefficienza dipendente dal sistema di irrigazione utilizzato: i tecnici attribuiscono all'inefficienza degli impianti irrigui realizzati nelle aziende un valore variabile, non inferiore al 15-20%. Si arriva così a stimare che i prelievi per uso agricolo ammontino a circa 180.000.000 m<sup>3</sup> annui. Saranno attivati studi di approfondimento in raccordo ed integrazione con l'ARSIA ed il Dipartimento Agricoltura della Regione:

1. in accordo con le province la Regione sta lavorando ad indirizzi normativi in materia di tutela e risparmio delle risorse idriche (revisione dei canoni, obbligatorietà della misurazione delle portate);
2. in accordo con le province sarà completato l'archivio informatico dei pozzi;



3. in varie zone del territorio in cui le falde presentano condizioni di criticità, sono stati attivati studi di dettaglio (anche in collaborazione con l'Autorità di Bacino del Fiume Arno):
  - studio idrogeologico della fascia costiera livornese e del Bacino del Fiume Cecina;
  - indagini per il monitoraggio idrogeologico, geochemico e per la modellazione idrogeologica nell'ambito delle operazioni per la messa in sicurezza della miniera di Gavorrano;
  - studio conoscitivo del contesto idrogeologico della Val di Cornia, di supporto alla pianificazione in materia di risorsa idrica e di tutela delle acque;
  - progetto di studio sugli acquiferi della pianura dell'Ombrone Pistoiese;
  - altri studi saranno attivati in aree critiche o poco note.
4. in fase di ottimizzazione, la rete di monitoraggio qualitativa e quantitativa dei corpi idrici significativi sotterranei (D.Lgs. 152/99).

Lo stato di pressione esercitato sui corpi idrici è rappresentato dall'entità di prelievi di acque, superficiali o sotterranee. Dati certi relativi sui prelievi di acqua, sullo stato di sofferenza dei corpi idrici e sui fabbisogni attuali e futuri dei vari comparti (civile, irriguo, industriale) sono alla base dell'attività pianificatoria nello spirito di uno sviluppo sostenibile. I dati disponibili, stimati con un certo grado di attendibilità solo per prelievi per uso potabile e riferiti ai consumi della popolazione toscana allacciata agli acquedotti (2.468.497 abitanti), mostrano negli ultimi anni un leggero ma costante aumento. In particolare, le maggiori pressioni vengono esercitate sui corpi idrici sotterranei, fonte di approvvigionamento, quest'ultima, che nel 2001 ha fornito l'80% del fabbisogno idrico per uso potabile della Toscana. Per quanto riguarda le acque destinate al consumo umano e monitorate ai sensi del DPR 236/88 di attuazione della direttiva CEE 80/778, considerando il triennio 1999/00/2001 dai campionamenti effettuati dalle Aziende USL e dai Laboratori di Analisi dei Dipartimenti ARPAT, si evince che nel 98.9% dei casi i parametri sono conformi alle direttive previste dal DPR 236/88 quindi ciò denota oltre ad una buona qualità dell'acqua, anche una tendenza ad un progressivo miglioramento.

	1999	2000	2001
Quantità di acqua fornita per anno (m <sup>3</sup> )	267.397	268.100	264.469
Tipo di approvvigionamento per anno (m <sup>3</sup> )	1999	2000	2001
Superficiale	95.731	95.844	95.854
Sotterraneo	171.717	172.429	174.063



# Lo stato delle risorse idriche in Toscana

## STATO DELLE RISORSE IDRICHE

### • Monitoraggio e qualità dei corpi idrici sotterranei

Il D. Lgs. 152/99, stabilisce che entro il 2016 i corpi idrici significativi sotterranei dovranno raggiungere lo stato di qualità ambientale “buono” e mantenere, lo stato di qualità ambientale “elevato”. La Regione Toscana ha dato attuazione a quanto disposto dalla normativa,

- individuando i corpi idrici sotterranei significativi sulla base della metodologia prevista dal D. Lgs. 152/99;
- organizzando ed iniziando ad attuare il piano di monitoraggio delle acque sotterranee;
- effettuando la classificazione iniziale delle acque sotterranee, all’interno del Piano di Tutela.

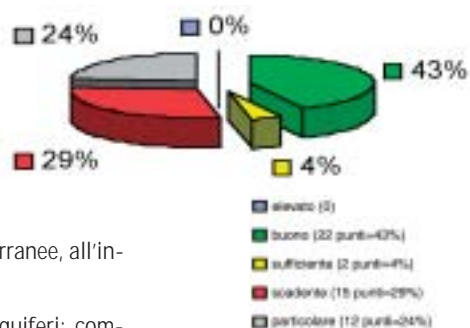
In Regione Toscana sono stati individuati e controllati 45 acquiferi; complessivamente i punti di controllo (pozzi e sorgenti) individuati sono 415 per lo stato chimico e 140 per lo stato quantitativo. Il principale indicatore utilizzato è lo stato di qualità ambientale (SAAS) dato dallo stato quantitativo (SquAS) e dallo stato chimico (SCAS). Per quanto riguarda lo stato di qualità delle acque sotterranee la situazione attuale è sintetizzata nella figura 1. Gli acquiferi che presentano particolari criticità risultano i seguenti, articolati per bacino idrografico:

- Bacino dell' Arno: Acquifero della Val di Chiana e del Valdarno Superiore, Falda di Prato, Falda della Zona Cerbaie e Bientina (per questi acquiferi la criticità principale è l'eccesso di prelievi).
- Bacino del Serchio: Acquifero della Piana di Lucca, con problemi sia di eccesso di prelievi che di contaminazione.
- Bacino Costa Toscana: gli acquiferi costieri del Cornia e del Cecina hanno problemi relativi sia ai prelievi che alla qualità delle acque; quello dell'Elba Orientale solo di qualità.
- Bacino dell'Ombrone: in via precauzionale è stata attribuita la classe scadente a 4 acquiferi identificati come significativi per i quali non si dispone attualmente di una quantità sufficiente di dati.

### • Monitoraggio e qualità dei corpi idrici superficiali

Come già accennato per i corpi idrici sotterranei, il D. Lgs. 152/99 stabilisce che entro il 2008 i corpi idrici significativi superficiali dovranno raggiungere lo stato di qualità ambientale “sufficiente” ed entro il 2016 lo stato di qualità ambientale “buono” e mantenere lo stato di qualità ambientale “elevato”. In

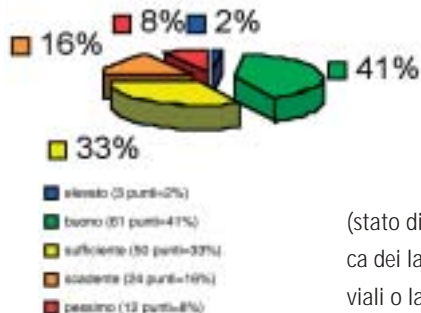
1. Lo stato di qualità delle acque sotterranee.







## 2. Classi di qualità rilevate nelle classi superficiali interne.



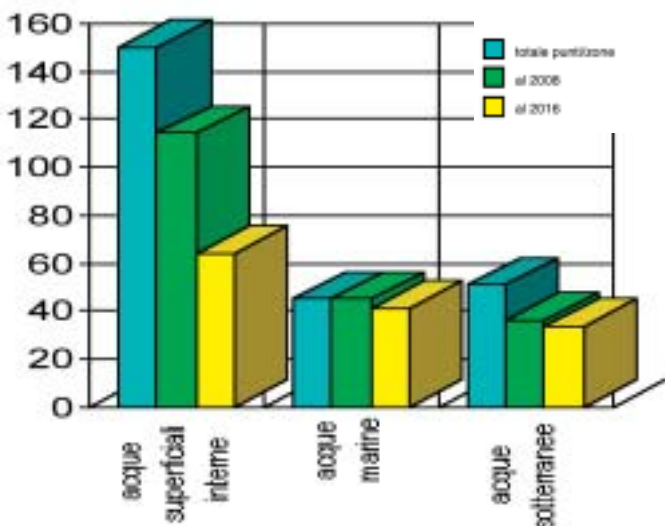
Regione Toscana sono stati individuati e quindi vengono controllati, ai sensi del D.Lgs. n. 152/99, tutti i principali corpi idrici superficiali interni lungo l'asta principali e i vari affluenti, a partire dalla sorgente per arrivare all'immissione in altro corpo idrico o in mare. Complessivamente i punti di controllo individuati sono 150 sia per lo stato qualitativo che per lo stato quantitativo delle acque. Gli indici di qualità previsti dal D. Lgs. 152/99 per le acque superficiali interne identificate come corpi idrici significativi sono il LIM (stato di qualità delle acque dal punto di vista chimico), l'IBE (stato di qualità biologica), il SECA (stato di qualità ecologico dei corsi d'acqua) e il SEL (stato di qualità ecologica dei laghi). Come evidenzia la figura 2, la qualità rilevata in alcuni tratti fluviali o lacustri risulta ad oggi di classe inferiore a quella prescritta per il 2008, mentre in altri casi i dati attuali registrano classi superiori a quelle prescritte per le scadenze di legge, come di seguito dettagliato:

- nel 33% del totale si rileva la classe di qualità ambientale sufficiente, conforme all'obiettivo previsto per il 2008;
- nel 41% del totale si rileva la classe di qualità ambientale buono, conforme all'obiettivo previsto per il 2016.

Le criticità relativamente al raggiungimento degli obiettivi di qualità minimi previsti dalla legge riguardano 36 punti di cui 26 nel bacino dell'Arno, 3 nel Bacino del Serchio, 3 nel Bacino Toscana Costa, 2 nel Bacino dell'Ombrone e 2 nel Bacino Toscana Nord.

## 3. Conformità dello stato di qualità ambientale rispetto agli obiettivi previsti.

### • La qualità delle acque superficiali sotterranee e costiere in Toscana



Analizzando il grafico nella figura 3 è possibile rilevare, complessivamente, un elevato livello di qualità delle acque della nostra regione, in quanto una buona percentuale dei punti monitorati è già conforme agli obiettivi minimi di qualità stabiliti per i diversi corpi idrici dal D. Lgs. 152/99 per il 2008 e per il 2016.



**Siccità e crisi idrica nel 2003. Un esempio di problematiche riscontrate in seguito al cambiamento climatico**

## SICCITÀ E CRISI IDRICA

Particolarmente significativa in questo contesto risulta la problematica relativa alla crisi di approvvigionamento idrico e siccità verificatesi con maggiore intensità durante la stagione estiva dell'anno scorso. Essa è da ricondurre, oltre che alle peculiarità della nostra regione ed al carattere torrentizio di tutti i suoi corpi idrici superficiali, alla riduzione delle effettive disponibilità della risorsa acqua. Tale riduzione dipende da due ordini di fattori strutturali: l'aumento di domanda di dotazione idrica da un lato e le trasformazioni del territorio con la conseguente riduzione di infiltrazione negli acquiferi sotterranei dall'altro.

È già stato evidenziato che la prolungata stagione siccitosa abbinata alle elevate temperature del periodo estivo hanno determinato una generale situazione di sofferenza delle risorse idriche nella nostra regione. Ciò ha indotto oggettive difficoltà di approvvigionamento per alcuni acquedotti ed aree che dipendono da risorse locali e non presentano possibilità di interconnessioni con altri sistemi.

Nell'estate 2003 sono state rilevate in particolare situazioni di emergenza idrica nelle zone di Pistoia, Montecatini Terme, Volterra, Pomarance, Castelnuovo Val di Cecina, Montecatini Val di Cecina e Radicondoli e nella zona costiera della Versilia, dove sono state messe in atto procedure straordinarie di protezione Civile e di igiene pubblica per la risoluzione delle più gravi situazioni di crisi idrica.

Il monitoraggio continuo della situazione della crisi garantito dalla Regione è stato accompagnato da un continuo confronto con le Autorità di ATO, con i comuni più colpiti dalla crisi idrica e da un supporto ai gestori del servizio idrico integrato.

È da rilevare inoltre che il nuovo assetto ed organizzazione delle competenze in materia di governo del ciclo delle acque, nonostante abbia raggiunto in Toscana uno dei più alti ed avanzati livelli di attuazione rispetto al panorama nazionale, è al suo avvio e risulta ancora lontano il momento della completa realizzazione dei piani di investimento per garantire disponibilità ed usi razionali della risorsa acqua.

Con l'individuazione e l'attivazione dei Gestori unici di Ambito Ottimale ai sensi della legge Galli, in cinque Ambiti ATO su sei istituiti in Toscana, si sono create le premesse e le effettive condizioni per l'adeguamento delle infrastrutture del ciclo delle acque.

I Piani di ambito, quale atti della programmazione di settore, prevedono tutti gli interventi necessari per dare risposta alla domanda di acqua idropotabi-



le; da quelli per l'adeguamento e completamento (con particolare riferimento alla diminuzione delle perdite effettive in rete stimabile mediamente nel 30–35 % dell'acqua immessa), a quelli per la realizzazione delle opere di raccolta e di riserva di acqua, necessari per eliminare i gradi di vulnerabilità dell'attuale sistema.

Parallelamente la Regione ha predisposto il Piano di Tutela delle Acque che rappresenta lo strumento generale di governo e di concertazione delle politiche che hanno relazioni col ciclo delle acque.

## Strategie di risposta

### LE RISPOSTE

#### • L'acqua bene comune

L'evoluzione del quadro normativo relativo alla tutela delle risorse idriche, la piena acquisizione in esso dei principi di sostenibilità e di tutela dell'ambiente da un lato, la profonda mutazione del quadro, dell'assetto istituzionale e delle competenze in materia ambientale dall'altro, determinano un contesto del tutto nuovo ed originale rispetto al passato.

Il punto di partenza è pertanto il considerare l'acqua, oltre che una risorsa naturale e componente fondamentale dell'ambiente, un bene comune, cioè di tutti. La Regione Toscana ha avviato a questo riguardo un percorso per il formale riconoscimento di questi principi attraverso la assunzione di una specifica Carta, elaborata in occasione dell'Anno internazionale dell'Acqua.

#### • I principi alla base delle politiche: la carta dell'acqua

“Il ciclo dell'acqua è un elemento chiave della vita e dell'equilibrio ecologico del Pianeta. L'eccessivo consumo d'acqua da parte dell'uomo ha impatti negativi sugli altri esseri viventi. L'acqua che consumiamo è una risorsa rinnovabile che ha un ciclo naturale: la pioggia alimenta sorgenti, fiumi, laghi e falde acquifere. Oltre che agli uomini questa risorsa è necessaria per la sopravvivenza di animali, piante ed ecosistemi. L'uso eccessivo d'acqua per consumi urbani, industriali e agricoli ne mette a rischio la sopravvivenza.

La Regione Toscana fa proprie le risultanze della Conferenza di Rio del 1992 - Agenda 21. La Regione Toscana assume i seguenti principi, derivanti dalla Direttiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 23 ottobre 2000, che istituisce un 'Quadro per l'azione comunitaria in materia di acque': l'acqua non è un prodotto commerciale, bensì un patrimonio che va protetto, difeso e trattato come tale fatto salvo il principio del recupero dei costi relativi ai servizi idrici (art. 9 della direttiva), compresi i costi ambientali secondo il principio *chi inquina paga*”.



Una politica per la protezione delle acque superficiali interne, delle acque di transizione, delle acque costiere e sotterranee deve:

- impedire un ulteriore deterioramento, proteggere e migliorare lo stato degli ecosistemi acquatici e degli ecosistemi terrestri e delle zone umide direttamente dipendenti dagli ecosistemi acquatici sotto il profilo del fabbisogno idrico;
- agevolare un utilizzo idrico sostenibile fondato sulla protezione a lungo termine delle risorse idriche disponibili;
- mirare alla protezione rafforzata ed al miglioramento dell'ambiente acquatico, anche attraverso misure specifiche per la graduale riduzione degli scarichi, delle emissioni e delle perdite delle sostanze prioritarie e l'arresto o la graduale eliminazione degli scarichi, delle emissioni, e delle perdite di sostanze pericolose;
- assicurare la graduale riduzione dell'inquinamento delle acque sotterranee e impedirne l'aumento;
- contribuire a mitigare gli effetti delle inondazioni e della siccità;
- garantire una fornitura sufficiente di acque superficiali e sotterranee di buona qualità per un utilizzo idrico, sostenibile, equilibrato ed equo;
- ridurre in modo significativo l'inquinamento delle acque sotterranee;
- proteggere le acque territoriali e marine;
- realizzare gli obiettivi degli accordi internazionali in materia.

La Regione Toscana assume i seguenti principi, derivanti dalla legge 36/94 "Disposizioni in materia di risorse idriche":

- Tutela ed uso delle risorse idriche - Tutte le acque superficiali e sotterranee, ancorché non estratte dal sottosuolo, sono pubbliche e costituiscono una risorsa che è salvaguardata e utilizzata secondo criteri di solidarietà. Qualunque uso delle acque è effettuato salvaguardando le aspettative ed i diritti delle generazioni future a fruire di un integro patrimonio ambientale. Gli usi delle acque sono indirizzate al risparmio ed al rinnovo delle risorse per non pregiudicare il patrimonio idrico, la vivibilità dell'ambiente, l'agricoltura, la fauna e la flora acquatiche, i processi geomorfologici gli equilibri idrologici.
- Usi delle acque – L'uso dell'acqua per il consumo umano è prioritario rispetto agli altri usi del medesimo corpo idrico superficiale o sotterraneo. Gli altri usi sono ammessi quando la risorsa è sufficiente ed a condizione che non ledano la qualità dell'acqua per il consumo umano.



## IL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE

**Il principale strumento di intervento: il Piano di Tutela delle Acque**

Il Piano di Tutela delle Acque rappresenta l'attuazione dell'art. 44 del D. Lgs. 152/99, ed anticipa i contenuti della Direttiva Quadro 2000/60/CE non ancora recepiti pienamente nell'ordinamento italiano.

La Regione Toscana ha elaborato il presente strumento in conformità ai criteri ed agli obiettivi delineati dagli art. 3 e seguenti della Direttiva stessa. Il Piano assume, quindi, anche la valenza di "Piano di gestione" di tutti i bacini idrografici presenti nel territorio regionale.

4. Sorgente, 1997  
(E. Blasi).



In tale ottica la Regione, attraverso lo strumento del Piano di Tutela, ha voluto intraprendere un percorso innovativo con il quale ha precorso i tempi dettati dall'azione comunitaria (che richiede che i Piani di gestione siano adottati entro il 2009) e fatto propri i programmi ambientali di cui alla Direttiva più volte citata.

Per effetto di un tale rovesciamento del punto di vista dell'intervento normativo e regolativo dell'impianto delle politiche di tutela dell'acqua, il Piano di Tutela non rappresenta un nuovo Piano di settore, ma si configura più come una attività di supporto, o meglio di "servizio" alla pianificazione territoriale ed a quelle settoriali e, in generale, alle politiche di settore.

In sostanza il Piano di Tutela dell'acqua toscana rappresenta uno strumento che racchiude in sé sia i connotati del Piano di gestione comunitario che quelli del Piano di Tutela ai sensi dell'art. 44 del D. Lgs. 152/99.

Si tratta di un Piano settoriale, "di servizio", che, attraverso il quadro conoscitivo dello stato attuale delle risorse idriche e il monitoraggio delle stesse e di quelle che sono in altre matrici ambientali, individua le attività e le azioni di governo necessarie a raggiungere gli obiettivi su scala di bacino. Il Piano mira al raggiungimento degli obiettivi di qualità della risorsa idrica, così come definiti dalle Autorità di Bacino ai sensi dell'art. 44 del Decreto; a tale raggiungimento contribuisce, però, non solo la conoscenza sullo stato qualitativo ma anche su quello quantitativo della risorsa.

La conoscenza degli aspetti quantitativi dei corpi idrici rappresenta, pertanto, un elemento fondamentale per l'individuazione dei programmi e delle



misure volte a garantire l'equilibrio del bilancio idrico e la sua salvaguardia per il futuro, tenuto conto della disponibilità, dei fabbisogni, del minimo deflusso vitale, della capacità di ravvenamento della falda, nonché delle destinazioni d'uso della risorsa. In tale contesto, anche la definizione del minimo deflusso vitale — che costituisce una grandezza della massima importanza, data la sua valenza sia come mezzo di gestione delle concessioni per le derivazioni d'acqua, sia come strumento di tutela ambientale — è da tenere in considerazione nella individuazione degli obiettivi del Piano di Tutela. Laddove, pertanto, non sussista una compiuta definizione del bilancio idrico, nonché del deflusso minimo vitale, il Piano contiene, fra le misure per la tutela quantitativa della risorsa idrica, gli indirizzi agli Enti a ciò preposti affinché provvedano, entro un determinato periodo, a tale determinazione. La proposta di Piano della Regione Toscana è attualmente sottoposta a verifica da parte delle competenti Autorità di bacino, delle province, dei comuni e di tutti i soggetti istituzionali interessati. Il Piano dovrà essere approvato dalla Regione entro il dicembre 2004.

---

**5. Lago Boracifero,**  
**(Emanuele Guazzi,**  
**Archivio Fotografico**  
**della Regione Toscana).**





Le novità fondamentali del nuovo assetto normativo rispetto alla disciplina ed alla gestione amministrativa precedente, sono riconducibili a due fondamentali elementi:

- il primo aspetto riguarda il capovolgimento del punto di vista e di approccio del governo del sistema acqua. Si è passati dal controllo e dalla regolazione della fonte di inquinamento (limitatamente peraltro alle fonti puntuali: gli scarichi) alla salvaguardia della qualità ambientale del corpo idrico superficiale e sotterraneo tenendo conto delle sue caratteristiche chimiche, biologiche e quantitative;
- il secondo aspetto riguarda l'assunzione degli ambiti fisici e temporali specifici dell'elemento acqua, quali ambiti della pianificazione, programmazione e governo del sistema, che presentano delimitazioni proprie non direttamente ed univocamente riconducibili a delimitazioni amministrative.

Nella parte prescrittiva del Piano identificata come Disciplinare di Piano, vengono illustrati i programmi degli interventi e delle misure necessarie per il raggiungimento degli obiettivi stessi e delle problematiche individuate.

Nel programma degli interventi è compresa la realizzazione di infrastrutture e sistemi come riserve di acqua, reti di acquedotti, reti fognarie e impianti di depurazione, infrastrutture per il riutilizzo delle acque reflue, riferiti ai diversi comparti di azione, quali il servizio idrico integrato, il comparto agricolo e quello industriale.

In particolare è possibile suddividere l'insieme degli interventi in quattro categorie di interesse prioritario:

- aumento della disponibilità di risorse idriche;
- tutela quantitativa delle risorse idriche;
- tutela qualitativa delle risorse idriche;
- tutela qualitativa delle risorse idriche – Fognatura;
- tutela qualitativa delle risorse idriche – Depurazione;
- riutilizzo di acque reflue.

Nel programma di misure è compresa l'emanazione da parte della Regione di tutti gli atti normativi e di disciplina con valenza sia generale che locale, di atti e programmi con valenza di prescrizione e vincolo nei confronti anche di soggetti terzi, nonché infine di atti di indirizzo diretti verso enti locali ed altri soggetti aventi specifiche funzioni amministrative, con particolare riferimento alle province, agli ATO ed ai comuni.



Tra le misure che il Piano propone ve ne sono poi alcune di particolare importanza e rilievo:

- gli indirizzi per le Autorità di Bacino di dotarsi delle determinazioni del bilancio idrico e del deflusso minimo vitale di concerto con la Regione Toscana;
- la individuazione di parte del bacino dell'Arno, soprattutto a valle di Firenze, quale area sensibile, dato l'elevato livello di eutrofizzazione riscontrato;
- la promozione ed incentivazione per la realizzazione di interventi finalizzati alla ricarica artificiale delle falde idriche interessate da sovrasfruttamento di concerto con tutti i soggetti utilizzatori degli acquiferi interessati, previa intesa con le competenti autorità locali, e di concerto con gli organi centrali;
- l'incentivazione delle politiche per il risparmio e la diminuzione del consumo idrico come per esempio la differenziazione delle tariffe in base alle diverse tipologie di utilizzo, il controllo delle concessioni di derivazione e captazione e forme di disincentivazione degli sprechi.



# TEMPERATURA DEL MARE

## Mediterraneo, effetto tropici

L' Anomalia termica del  
Mediterraneo nel 2003

Il mare supera 27 gradi: è il limite per gli uragani

ROMA: il Mediterraneo ha raggiunto 27 gradi, il livello più caldo degli ultimi tremila anni, per quanto ne possiamo sapere. È una soglia molto pericolosa, il limite riconosciuto nel mondo per la formazione di uragani. È allarme per i tropici all'italiana. Per gli studiosi di clima e ambiente, il mare Nostrum assomiglia sempre di più al Golfo del Messico, la tropicalizzazione del clima è una tendenza che si radicalizzerà sempre di più nei prossimi vent'anni, si dovranno studiare adattamenti, difese, rimedi. E in fretta. Il mutamento non avrà un respiro lungo, il passo millenario, ma accadrà tutto nello spazio di una generazione. "È forse la prima vera estate con un clima umido tropicale, qualcosa di simile al Centro America", spiega Francesco Meneguzzo dell'Istituto di Biometeorologia del CNR, "La temperatura attuale del Mediterraneo è un'eccezione, in genere raggiungeva la sua punta massima durante il mese di agosto e non si superavano i 24 gradi, negli ultimi anni, per l'effetto serra, i 25/26 gradi". Anche il Mare Adriatico presenta temperature al di sopra della media: 28 gradi sono stati registrati dal battello di ricerca Daphne, 29 gradi hanno raggiunto le acque della Croazia". Questo pone problemi immediati perché quando arriva una perturbazione si rischia la calamità: grandine, trombe d'aria, i fenomeni del clima tropicale umido.

*Da: "Mediterraneo, effetto Tropici", Monica Cavalieri,  
La Repubblica, 02/07/2003*

## Dai tropici al Mediterraneo: è arrivato anche il barracuda

Sono circa 120 le specie ittiche tropicali che dai mari caldi si sono trasferite nel Mediterraneo. Il fenomeno, la cosiddetta tropicalizzazione, è noto già dall'inizio del Novecento, ma negli ultimi anni con l'aumento delle temperature è diventato sempre più veloce. A tutt'oggi sono circa 56 le specie originarie del Mar Rosso, arrivate attraverso il Canale di Suez. Le altre sono passate attraverso lo stretto di Gibilterra. Qualche esempio? I barracuda atlantici, *Sphyaena chrysoaenia* e *Sphyaena flavicauda*, tre nuove specie di ricciola, pescate nello Stretto di Sicilia e nel Tirreno Meridionale e il pesce palla.

L'aumento delle temperature modifica però anche il comportamento delle specie tipicamente mediterranee. Il pesce balestra, ad esempio, prima viveva solo sulla sponda africana, ora si trova anche sulle coste della Puglia. Emigra verso settentrione anche il pesce pappagallo, di solito avvistato attorno a Lampedusa. Non tutta la colpa è del riscaldamento comunque. Entrano in gioco anche altri fattori, quali la pesca troppo intensiva, l'inquinamento e la diminuzione di acqua dolce dai fiumi.

*Da: Il Mattino, 28/07/2003*

### **L'Oceano indiano potrebbe perdere la maggior parte dei suoi atolli corallini nei prossimi 50 anni**

VICTORIA, Seychelles - L'Oceano Indiano potrebbe perdere la maggior parte dei suoi atolli corallini nei prossimi 50 anni se le temperature del mare continuano a salire e le barriere coralline potrebbero soffrire di danni enormi a causa del riscaldamento globale, ha detto lunedì scorso un esperto di scienze marine. Nel 1998, il riscaldamento globale ha provocato la morte di circa il 50-98% delle barriere coralline in una regione che va dal Nord del Mozambico all'Eritrea all'Indonesia, e anche se c'è stato un qualche recupero, diversi scienziati rimangono allarmati. "Abbiamo motivo di credere che se i cambiamenti climatici continueranno a causa dell'anidride carbonica immessa nell'atmosfera, le temperature al suolo e negli oceani tenderanno ad aumentare", ha affermato il Dr. Carl Lundin, responsabile del programma marino della World Conservation Union (IUCN) con base in Svizzera. "Di conseguenza, potenzialmente tutti gli atolli corallini hanno una concreta possibilità di scomparire entro i prossimi 50 anni", ha dichiarato Lundin.

Le barriere coralline sono tra le comunità più eterogenee e produttive presenti sulla Terra. Collocate in acque poco profonde, calde e cristalline degli oceani tropicali del Pianeta, le barriere coralline hanno funzioni che vanno dall'approvvigionamento di cibo e rifugio per pesci ed invertebrati, alla protezione delle coste dall'erosione progressiva. Molti organismi della barriera corallina riescono a tollerare solo una limitata gamma di condizioni ambientali, e sono molto sensibili ai danni provocati dalle alterazioni dell'innalzamento delle temperature, che possono causare il loro sbiancamento e addirittura l'eventuale morte.

Secondo Lundin, le isole coralline di Amirantes, Aldabra, l'Isola degli Uccelli e l'Isola Denis delle Seychelles che posseggono ecosistemi ineguagliabili, sono gravemente minacciate.

*Da: Reuters, 11/05/2004*

*(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

### **Milioni di persone dipendono dal mare**

"Centinaia di milioni di persone dipendono dall'ambiente marino per l'approvvigionamento del cibo, per il loro sostentamento e per la loro sopravvivenza culturale. Riducendo l'impatto sull'agricoltura, i rifiuti e l'inquinamento dell'aria, i mari e gli oceani diventeranno degli elementi chiave aiutandoci ad affrontare gli Obiettivi di Sviluppo nel nuovo Millennio e riportare alla Conferenza Mondiale nel Piano di Implementazione per lo Sviluppo Sostenibile in aree che vanno dall'industria della pesca alla perdita di biodiversità, alle misure sanitarie e la povertà".

*Klaus Toepfer, Direttore Esecutivo dell'UNEP*

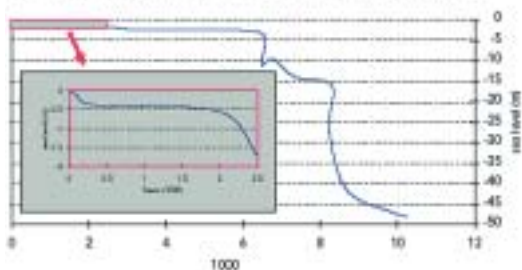
*(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

IL MARE  
SUPERÀ  
27 GRADI  
È IL LIMITE PER GLI  
URAGANI



### Le spiagge italiane affondano

Sea-level rise in the Mediterranean region over the past 10 000 years



Fonte: Pharaoh, 1997, Antonioli et al., in press

Rapporto stato  
e fattori di pressione  
sull'ecosistema marino  
e costiero del  
Mediterraneo, 1999  
EEA-UNEP (European  
Environment Agency -  
United Nations  
Environment  
Programme).

instabili cordoli di terreno. Secondo il rapporto Enea, in un Paese industrializzato l'impatto del cambiamento climatico costerà circa il 2% del Prodotto interno lordo. Una parte di questa cifra (tra il 7 e il 25%) sarà spesa per la difesa delle coste, la climatizzazione dei palazzi e i costi di spostamento della popolazione costretta ad abbandonare le aree più severamente colpite. L'analisi dell'Enea conferma le preoccupazioni per il cambiamento climatico avvenuto negli ultimi 50 anni (il numero dei giorni di pioggia è diminuito del 14%, il 47% della Sicilia, il 54% della Basilicata e il 60% della Puglia sono a rischio desertificazione) e traccia previsioni allarmanti per il secolo appena iniziato: diminuzione delle piogge estive del 5% ogni dieci anni, inverni più brevi ed estati più calde, crescita delle alluvioni, smottamento delle colline e delle montagne.

Da: "Quelle spiagge affondano", Antonio Cianciullo, *La Repubblica*, 29/01/2003

**UN QUINTO DELLA LINEA COSTIERA  
DELLA NUOVA UNIONE EUROPEA  
È SOGGETTO AD EROSIONE  
IN QUALCHE CASO DRAMMATICO  
FINO A 15 METRI L'ANNO**

### A rischio 100 milioni di persone

Se non saranno avviate idonee azioni per adattarsi ai cambiamenti, già nella situazione demografica attuale, l'innalzamento medio previsto di 50 cm del livello del mare, metterebbe a rischio circa 100 milioni di persone. Il rischio è particolarmente elevato per le piccole isole e per i delta fluviali e le perdite di territorio stimate oscillerebbero da 0.05% per l'Uruguay, 1% per l'Egitto e 6% per l'Olanda, fino al 17.5% per il Bangladesh e addirittura fino all'80% circa per l'atollo Majuro nelle isole Marshall.

Da: "Clima e Cambiamenti Climatici", Collana Sviluppo Sostenibile, ENEA, 2001

### Le piccole isole del Pacifico scontano già il cambiamento climatico

L'inizio del 2004 è stato un periodo difficile, che ha fornito prove tangibili degli impatti previsti a causa dei cambiamenti climatici. In gennaio, il ciclone Heta ha colpito la piccola isola di Niue (solo 260 Km<sup>2</sup>) con venti che hanno sfiorato i 300 Km/h e che l'hanno devastata. Gli abitanti raccontano che si tratta del peggior ciclone a memoria d'uomo, e testimoniano che la tempesta si è abbattuta con onde di 50 m che hanno letteralmente spazzato via le zone interne dell'isola. I danni alle case e alle infrastrutture sono stimati in otto volte il prodotto interno lordo annuale dell'isola. In febbraio, le nove isole dell'atollo di Tuvalu sono state sommerse da "maree giganti" con picchi che si avvicinano ai tre metri. Queste maree si sono abbattute nella parte più bassa del Paese, che si trova a soli 4.5 m sopra il livello del mare nel suo punto più alto, danneggiando le sorgenti d'acqua dolce e i raccolti. "Le isole del Pacifico potrebbero essere le prime a soffrire degli effetti negativi del cambiamento climatico, ed essere le prime a doversi adattare forzatamente", ha dichiarato un rapporto pubblicato nel 2003 dal governo giapponese e dal Programma sull'Ambiente Regionale del Sud Pacifico. "La maggior parte dei Paesi sono stati già sottoposti a cambiamenti significativi, anticipando molte delle conseguenze causate dal cambiamento climatico globale, incluso fenomeni quali l'erosione costiera, la siccità, lo sbiancamento dei coralli, una più diffusa e frequente tendenza alle malattie causate dalle zanzare, e livelli del mare più elevati che causano terreni troppo salini per le coltivazioni tradizionali".

*Da: United Nations Department of Public Information, Development Section, Press release, Aprile 2004, <http://www.un.org/smallislands2004>  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

### Minacciate le coste europee

L'erosione delle coste ha effetti drammatici sull'ambiente e sulle attività umane. Può far sprofondare case nell'oceano e distruggere strade ed altre infrastrutture. Minaccia gli habitat degli animali e delle piante selvatiche e la sicurezza delle persone che vivono sulle coste, oltre che le attività economiche quali il turismo. I tre Paesi aventi la più alta percentuale di zona costiera erosa, sono tutti nuovi stati membri. In Polonia il 55% della costa è erosa, a Cipro il 37.8%, ed in Lettonia il 32.8%. L'erosione sta mettendo a repentaglio vite umane. Negli ultimi 50 anni, la popolazione che vive nei comuni costieri nell'Unione Europea è praticamente raddoppiata, raggiungendo 70 milioni di persone – il 16% della popolazione dell'UE-25. Le persone sono sempre più esposte ai rischi dell'erosione e delle alluvioni. Durante la peggiore tempesta di mare registrata nella storia moderna europea, Mare del Nord 1953, più di 2.000 persone hanno perso la vita in Inghilterra e nei Paesi Bassi.

*Da: Environment News Service, 19/05/2004  
<http://europa.eu.int/comm/environment/iczm/home.htm>  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*



# PRECIPITAZIONI E ALLUVIONI

## ● Il clima minaccia i fiumi

L'acqua dolce verrà a mancare sempre più con il progredire dei cambiamenti climatici. Mentre aumenterà globalmente la portata dei fiumi ed alcuni si ingrosseranno, altri, che assicurano le risorse idriche alla maggioranza delle persone nel mondo, inizieranno a prosciugarsi. Alcuni di questi cambiamenti previsti si stanno già verificando. I cambiamenti delle temperature nell'ultimo secolo hanno modificato la portata dei 200 fiumi più grandi al mondo, e in Africa la portata è diminuita negli ultimi 10 anni. Il modellista climatico Syukuro Manabe e i suoi colleghi dell'Università di Princeton [...], hanno previsto gli effetti del cambiamento climatico sull'evaporazione e le precipitazioni. Secondo i ricercatori, entrambi i fenomeni aumenteranno, causando l'aumento della portata dei fiumi nel mondo di circa il 15%. Gli aumenti maggiori avverranno nelle zone scarsamente popolate dei Tropici e a Nord del Canada e della Russia. Al contrario, ci sarà una diminuzione della portata in molti fiumi che scorrono attraverso regioni densamente popolate e si trovano a medie latitudini: Mississippi, Mekong e in particolare il Nilo, uno di fiumi maggiormente sfruttati e politicamente contestati, laddove il suo modello prevede un crollo del 18% della portata.

*Da: "Climate change heralds thirsty times ahead", New Scientist, 19/05/2004  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

## ● I Fiumi continuano a scendere: il Po è sotto di 7 metri e mezzo

Fiumi in secca, cieli senza l'ombra di una nuvola, laghi e bacini ridotti a pantani. La fotografia dell'estate 2003 è desolante. Il Po non era mai sceso ad un livello così basso. Ieri alla stazione idrometrica di Cremona è stato rilevato un livello di - 7,56 m. Il fiume è sceso di 27 cm in due settimane, 18 dei quali negli ultimi 4 giorni. Tanto che non si può più misurare con la scala idrometrica posta sul pilone di un ponte: l'acqua è scesa al di sotto della tacca minima e ora si utilizza il sonar. Secca storica anche per il Ticino a Pavia con meno 4,48 metri sotto lo zero idrometrico. Situazione analoga in Veneto: nel padovano il Brenta e il Piave sono in grave carenza idrica e nel veronese "boccheggia" l'Adige che vede calare la sua portata giorno dopo giorno.

*Da: "I Fiumi continuano a scendere: il Po è sotto di 7 metri e mezzo", Il Messaggero, 12/07/2003*

## ● La Toscana Tropicale: più rischi per l'Arno

L'Arno tornerà a farci pura con le sue piene. Lo dice il primo studio su "Analisi e previsioni sul clima sul bacino dell'Arno." Promosso dall'Autorità di Bacino e sviluppato dalla Fondazione per la Meteorologia Applicata e dall'Istituto di Biometeorologia del CNR di Firenze, presieduti da Giampiero Maracchi. Un progetto mirato soprattutto alla valutazione del rischio idraulico lungo tutto il corso dell'Arno — spiega il segretario generale dell'Autorità di Bacino Giovanni Menduni —

perché lo studio dei mutamenti climatici è il supporto fondamentale per i progetti, l'esecuzione e le realizzazioni delle opere previste in difesa delle alluvioni. [...] "In questi ultimi 20 anni la quantità delle piogge è rimasta identica, ma sono diminuiti i giorni piovosi. A vantaggio di forti intensità delle precipitazioni, con relativo aumento della loro frequenza lungo tutto il bacino del fiume", osserva Maracchi. Insomma avremo forti piogge di breve durata con allagamenti locali e alluvioni lungo l'Arno e i suoi affluenti, oltre a dissesti sui versanti con disastrose frane, precisa Francesco Meneguzzo, responsabile scientifico dell'equipe di Maracchi. [...] Tra cinquant'anni? Il modello prevede identiche quantità di pioggia ma, fin dai prossimi anni, un probabile aumento di perturbazioni invernali e della loro intensità — aggiunge Maracchi — oltre a piogge estive tra luglio e settembre, autunni come l'estate perché con minori precipitazioni, ma più intense. Una tendenza che proiettata tra 15-20 anni sul bacino dell'Arno, ne aumenta il rischio idraulico del 30%.

Da: "La Toscana tropicale: più rischi per l'Arno", Maria Amorevoli, *La Repubblica*, cronaca Firenze, 16/07/2003

#### Alluvioni più frequenti e più costose

L'Europa, nell'estate del 2002, ha dimostrato la sua vulnerabilità alle alluvioni. Circa 500 le vittime delle inondazioni dell'Elba, del Danubio e della Vistola. Secondo il Consiglio Mondiale dell'Acqua, il 90% delle calamità naturali verificatesi tra il 1992 e il 2001 sono legate all'acqua. In totale, 2400 disastri idro-meteorologici, di cui il 50% causati da inondazioni. Le inondazioni catastrofiche sono un fenomeno in continua crescita: 6 casi negli anni '50, 7 negli anni '60, 8 negli anni '70, 18 negli anni '80 e 26 negli anni '90. Tra il 1971 e il 1995 sono stati colpiti più di un miliardo e mezzo di abitanti del Pianeta, di cui 318 mila sono morti e 81 milioni hanno perso la casa. Solo nel 2002 le inondazioni hanno coinvolto 17 milioni di persone, in più di 80 Paesi, e hanno provocato 4200 vittime.

**I Costi delle alluvioni.** Tra il 1992 e il 2001 le inondazioni hanno causato danni per circa 170 miliardi di dollari. Secondo la compagnia assicurativa Munich Re, nel 2002 le perdite economiche dovute alle inondazioni ammontano a circa 27 miliardi di dollari, di cui circa 18 imputabili alle alluvioni che in agosto hanno colpito il centro Europa. Nella sola Germania sono stati persi circa 9 miliardi. In generale, tuttavia, le perdite maggiori riguardano i Paesi in Via di Sviluppo, per i quali l'impatto economico di questi eventi catastrofici è più alto. Per l'Ecuador, ad esempio, le perdite causate da El Niño tra il 1997 e il 1998 rappresentano il 14,6% del prodotto interno lordo; mentre per gli Stati Uniti solo lo 0,03%.

Da: "Quando l'acqua rompe gli argini", Vanessa Giovagnoli, 23/03/03  
<http://www.sgrtv.it/link/numeroacqua/GiovagnoliVanessa/acqua/inondazioni.htm>

#### I Disastri dell'acqua

Circa 1.5 miliardi di persone sono state colpite da alluvioni nell'ultima decade del millennio. Nell'estate del 2002, vaste zone dell'Europa che vanno dal Regno Unito alla Bulgaria alla Romania, hanno sopportato pesanti alluvioni. Le alluvioni sono in aumento e parte della colpa sta nel cambiamento climatico, il quale ha determinato precipitazioni preoccupanti in alcune zone dell'emisfero del Nord.

"Water and Disaster",

WMO, Ginevra, 2004  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)





TERRA

## Gli ecosistemi terrestri e il cambiamento globale

# GLI ECOSISTEMI TERRESTRI

Gli ecosistemi terrestri, naturali o coltivati, rappresentano una delle risorse fondamentali per la vita dell'uomo sul nostro Pianeta. Dalla produzione agricola dipende la disponibilità alimentare globale; la produzione forestale garantisce prodotti essenziali per la sopravvivenza di intere popolazioni umane e nel loro insieme, gli ecosistemi terrestri sono il serbatoio fondamentale della biodiversità vegetale ed animale del nostro Pianeta. Ma gli ecosistemi sono vulnerabili ed alcuni dei principali fattori del cambiamento globale rappresentano una minaccia per la sostenibilità delle produzioni agricole e forestali e per l'ambiente nel suo complesso. Il punto da cui partire per analizzare e prevedere l'effetto di questo cambiamento sugli ecosistemi terrestri è però la constatazione che il cambiamento globale è qualcosa che va ben oltre il solo cambiamento climatico. Sta emergendo in modo sempre più chiaro che possono verificarsi effetti singoli o interazioni fra i diversi fattori che riguardano non solo il clima, ma anche l'uso del suolo, la composizione chimica dell'atmosfera e la diversità biologica.

- L'uso del suolo sta cambiando in modo estremamente rapido. Grandi superfici del Pianeta vengono convertite, in tempi assai rapidi, da un uso all'altro. Urbanizzazione, deforestazione ed abbandono delle terre coltivate sono eventi che accomunano gran parte del territorio e che introducono elementi dinamici che non sono mai stati così rapidi.
- La composizione chimica dell'atmosfera sta modificandosi in modo rapidissimo e forse senza precedenti nella storia della Terra. La concentrazione dei cosiddetti gas ad effetto serra è in vertiginoso aumento nell'atmosfera e continuerà inesorabilmente a crescere nei prossimi decenni.
- La diversità biologica è in rapida contrazione.
- Il clima sta cambiando in modo altrettanto rapido, sia in risposta all'aumento dei gas ad effetto serra che a fenomeni meno appariscenti ma altrettanto significativi legati a fenomeni di retroazione fra le caratteristiche della superficie terrestre, l'atmosfera e la circolazione generale.

E accanto a questi quattro elementi fondamentali di cambiamento, non va mai dimenticato che la popolazione umana è aumentata di tre volte, globalmente, fra il 1900 e il 2000 (figura 1), accompagnata da un incremento di circa 20 volte della produzione industriale e di oltre 30 volte del consumo di energia. Si calcola, e non si tratta certo di un calcolo azzardato, che



la produzione alimentare sulla Terra deve già oggi aumentare almeno del 2% ogni anno per poter far fronte alla richiesta crescente di risorse. Alla metà di questo secolo, l'uomo avrà bisogno di produzioni agricole 250 volte maggiori di quelle della fine del XX secolo ma non potrà rinunciare, d'altra parte, ad altro territorio "naturale", la cui superficie si è già contratta in modo sostanziale negli ultimi cento anni.

In gioco, insomma, non c'è soltanto la vulnerabilità degli ecosistemi terrestri al cambiamento climatico o il loro equilibrio, ma la sostenibilità stessa del nostro Pianeta: la possibilità, in altre parole, di assicurare all'uomo risorse sufficienti mantenendo quanto più possibile inalterata la qualità, preziosissima, dell'ambiente e la sua straordinaria biodiversità. Una sfida che non ha precedenti nella storia dell'umanità a cui sarà possibile far fronte solo approfondendo lo studio degli ecosistemi, solo conoscendo meglio ed in maniera più approfondita le leggi che regolano la risposta delle piante e degli animali ai fattori ambientali in mutamento. È fondamentale renderci conto che la stessa attenzione che viene data oggi alla ricerca tecnologica e all'innovazione di prodotto quali motori del progresso umano, andrà posta anche sulla ricerca ambientale, agricola e forestale. Non esistono scorciatoie per affrontare un domani pieno di incertezze, non esistono ricette già pronte per garantire quel 2% di aumento delle produzioni che il nostro mondo ci chiede.

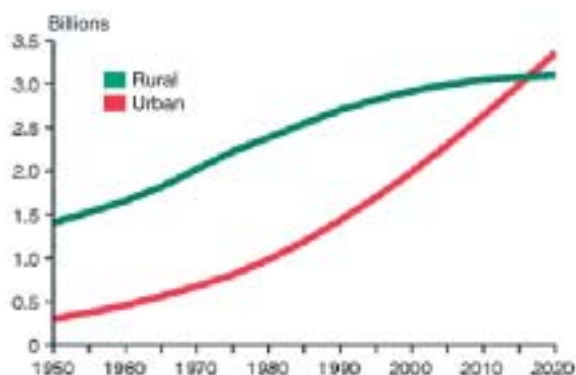
In questa sezione del volume cercheremo di fare un punto molto rapido su quello che già sappiamo sulle interazioni fra ambiente atmosferico e clima ed il funzionamento degli ecosistemi terrestri mettendo in luce gli interrogativi più pressanti a cui dovremo dare presto una risposta.

## IL SUOLO

### Il suolo

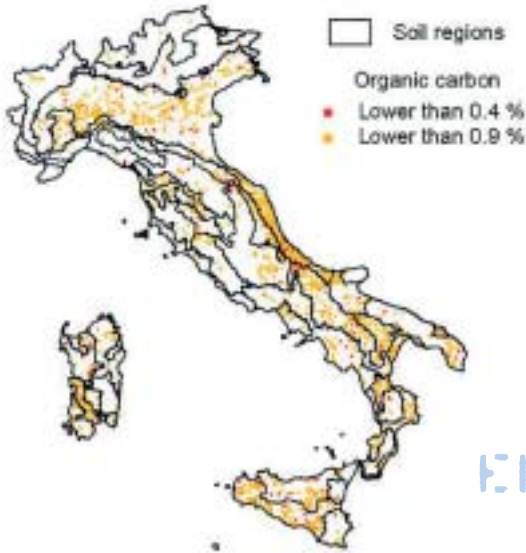
Il suolo è, visto nel suo complesso, il substrato fondamentale per la vita delle piante e per la loro produttività. Costituito da un insieme equilibrato di elementi minerali ed organici, il suolo è il luogo dove avviene una serie di processi fondamentali che mettono ciclicamente a disposizione delle piante gli elementi nutritivi di cui hanno bisogno. Detto in termini molto semplici, il processo fondamentale che avviene nel suolo consiste nella trasformazione di elementi organici che provengono dalla decomposizione dei residui della

1. Andamento e previsione della popolazione mondiale suddivisa fra popolazione rurale ed urbana (Fonte: Nazioni Unite: *World Urbanization Prospects: the 1996 Revision*, New York, 1996).



I suoli del nostro Paese contenevano circa 320-350 tonnellate di sostanza organica per ogni ettaro mentre oggi ne contengono, in media, meno di 150 tonnellate. Uno sfruttamento della risorsa suolo che ne ha modificato, in modo pressoché irreversibile, la fertilità naturale e la capacità di "sostenere" un ecosistema diverso da quello agricolo.

2. Contenuto medio di sostanza organica dei suoli agricoli italiani (Fonte: Marcello Pagliai, Ist. per la Conservazione del suolo, MIPAF, Firenze).



vegetazione in elementi minerali che costituiscono il nutrimento delle piante. L'introduzione dell'agricoltura ha causato, storicamente, una profonda alterazione di questo ciclo bio-geochimico. Basti considerare, come esempio, che meno di un secolo fa, i suoli del nostro Paese contenevano circa 320-350 tonnellate di sostanza organica per ogni ettaro mentre oggi ne contengono, in media, meno di 150 tonnellate (figura 2). Uno sfruttamento della risorsa suolo che ne ha modificato, in modo pressoché irreversibile, la fertilità naturale e la capacità di "sostenere" un ecosistema diverso da quello agricolo.

Un cambiamento fondamentale che è alla base di tutti i principali processi di erosione superficiale: un suolo povero in sostanza organica perde infatti gran parte di quella "struttura" che è alla base dell'aggregazione fra le particelle che è garantita proprio dalla sua frazione "vivente". E così, insieme alla sua struttura, il suolo perde anche gran parte della sua capacità di "resistere" ai fenomeni erosivi dovuti alle piogge o al vento.

## Fenomeni di erosione

### EROSIONE

La componente vegetazionale della biosfera, che ha un ruolo fondamentale nel regolare i processi di trasformazione dell'energia solare in prodotti agricoli e forestali, è attualmente soggetta a forti cambiamenti in conseguenza diretta o indiretta di attività umane che comportano diverse forme di trasformazione del territorio, quali urbanizzazione, industrializzazione, conversione di aree naturali in superfici agricole, ecc. È ormai divenuto chiaro che la capacità dell'uomo di modificare le caratteristiche dell'ambiente e quindi i relativi processi bio-geo-chimici deve confrontarsi con la necessità di mantenere la sostenibilità delle risorse naturali e di non alterare eccessivamente il funzionamento del sistema accoppiato terra-atmosfera. La violazione di questi principi porta infatti inevitabilmente ad un degrado ambientale e quindi, in prospettiva non lontana, ad un peggioramento irreversibile della qualità della vita.

L'aumentata capacità umana di modificare l'ambiente deve e dovrà sempre più essere necessariamente accoppiata ad un incremento delle capacità di monitoraggio delle relative risorse teso a verificare gli effetti delle modifiche.

Questa conoscenza è infatti essenziale sia per regolare l'intensità ed il tipo delle azioni intraprese che per poter far fronte ad eventuali conseguenze negative.

Fra queste, oggi assume una centrale importanza quella del degrado dei suoli, inteso in senso ecologico come perdita irreversibile di produttività degli ambienti naturali o semi-naturali.

Per il loro carattere di persistenza e irreversibilità, i processi di erosione necessitano infatti di un monitoraggio continuo teso ad individuarne la nascita e lo sviluppo in modo più rapido ed accurato possibile. A questo riguardo gli studi condotti negli ultimi anni hanno chiaramente dimostrato che tali aumentate necessità di monitoraggio possono essere soddisfatte solo con un approccio integrato che unisca tecniche convenzionali basate sulle misure a terra con tecniche più moderne basate sulla modellistica ambientale e il telerilevamento satellitare. Le problematiche della perdita di produttività dell'ecosistema naturale, legata a fenomeni di degrado dell'ambiente, sono stati affrontati in ambito Italiano da numerosi progetti di ricerca negli ultimi 15-20 anni.

A livello mondiale è stato condotto agli inizi degli anni novanta il progetto GLASDO (Global Assessment of Human-induced Soil Degradation) realizzato dal centro olandese ISRIC (International Soil Reference and Information Centre) commissionato direttamente dall'organismo delle Nazioni Unite UNEP (United Nations Environment Programme) per lo studio e l'individuazione delle aree maggiormente affette dal degrado dei suoli indotto direttamente o indirettamente dall'azione dell'uomo.

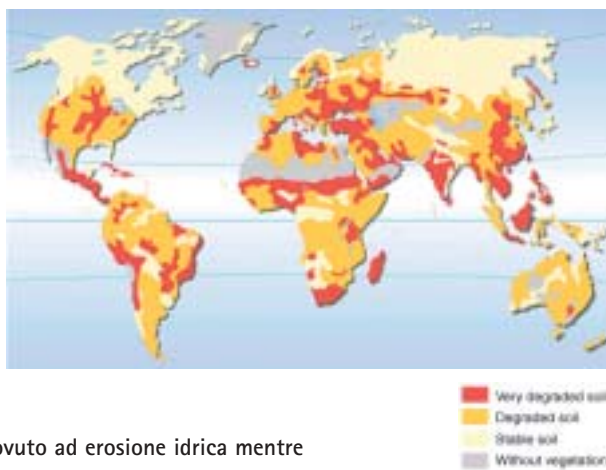
I dati pubblicati dal progetto hanno fatto suonare un campanello di allarme: i risultati hanno evidenziato che il **17% delle terre emerse**, ad esclusione delle aree coperte da neve e ghiacci perenni, è

**affetto da erosione, di questo il 56% è dovuto ad erosione idrica mentre il 28% è dovuto a erosione eolica.** Questo significa che le aree colpite da **erosione idrica** sono circa **11 milioni di Km<sup>2</sup>** mentre quelle caratterizzate da **erosione eolica** sono circa **5.5 milioni di Km<sup>2</sup>**.

A livello di regioni Europee, considerando anche i territori della ex Unione Sovietica, i dati riportati dal documento per il Consiglio Europeo (Oldeman et al., 1991 e Van Lynden, 1995), relativi all'estensione del fenomeno di degrado dei suoli, mostrano la seguente distribuzione in classi di erosione idrica (valori in Mha).

---

### 3. Mappa della degradazione dei Suoli nel mondo (fonte: UNEP).



Erosione idrica	Bassa	Moderata	Forte	Estrema	Totale
Perdita suoli superficiali	18.9	64.7	9.2	-	92.8
Deformazioni terrestri	2.5	16.3	0.6	2.4	21.8
Totale	21.4	81.0	9.8	2.4	114.5 (52.3%)

In area mediterranea questo fenomeno di degrado legato anche a situazioni climatiche in mutamento, con alternanze di periodi siccitosi a periodi sempre più ricorrenti di eventi meteorici estremi, è stato individuato con il termine "desertificazione", riconosciuta come uno dei maggiori problemi ambientali dei Paesi che si affacciano sul bacino del Mediterraneo. I Paesi colpiti da questo fenomeno, Portogallo, Spagna, Italia e Grecia, sono firmatari presso UNCCD (United Nations Convention to Combat Desertification) della convenzione per la lotta alla desertificazione. È importante cercare però di comprendere a fondo cosa si intende quando si parla di erosione. L'erosione è un processo fisico naturale responsabile del continuo rimodellamento della superficie terrestre che determina la rimozione di materiale dalla superficie dei suoli. È un processo complesso, fortemente modificato dalle attività umane come l'agricoltura (lavorazioni, irrigazioni, pascolo), la selvicoltura, l'urbanizzazione. L'erosione, accelerata dalle attività dell'uomo, provoca un degrado progressivo della fertilità e della produttività potenziale dei suoli. Oltre alla perdita di suolo l'erosione crea notevoli problemi ambientali come effetti secondari. I fertilizzanti e i pesticidi vengono asportati con le particelle del suolo creando degli accumuli localizzati di agenti inquinanti e la conseguente contaminazione di habitat naturali.

Un altro aspetto della degradazione ambientale riguarda il tenore di salinità dei suoli delle pianure costiere, specialmente nelle zone più prossime al mare. Questo fenomeno è dovuto alla risalita capillare di acque ricche in sali per l'intrusione di acque marine nei corpi acquiferi continentali; ciò è determinato dal massiccio e, spesso incontrollato, prelievo delle acque dolci sotterranee sommato a poco corrette pratiche irrigue.

Anche gli incendi boschivi, intesi come reiterata perdita di copertura della vegetazione, costituiscono un fenomeno di degrado poiché influenzano la capacità di protezione della vegetazione e favoriscono quindi l'erosione idrica. Un'altra forma di perdita irreversibile della funzionalità produttiva ed ecologica del suolo, che può essere compresa nel concetto di degrado dei suoli, è rappresentata dall' "urbanizzazione", o "cementificazione", che corrisponde al termine anglosassone "*soil sealing*". I consumi di suolo per l'aumento delle superfici occupate da strutture ed infrastrutture hanno raggiunto valori elevatissimi in alcune aree, causando tra i vari problemi anche l'aumento del

rischio di alluvioni. In Versilia per esempio e in alcune pianure interne della Toscana, il consumo di suolo per attività extra-agricole raggiunge il 10,6% della superficie. A seconda della tipologia di erosione, si possono individuare alcuni principali fattori determinanti:

**Erosione provocata dall'acqua:**

- erosività della pioggia: intensità, durata, diametro delle gocce delle piogge o delle irrigazioni sono direttamente correlate al grado di erosione;
- pendenza e lunghezza dei versanti: i pendii lunghi e ripidi sono più soggetti a fenomeni erosivi;
- certe caratteristiche del suolo (tessitura, struttura, contenuto in sostanza organica, permeabilità) determinano diversi gradi di erosione;
- gestione del suolo (tipo, frequenza e periodo di effettuazione delle lavorazioni, irrigazione, tipi di coltivazioni, gestione dei residui colturali, rotazioni);
- presenza e efficacia delle sistemazioni idrauliche agrarie;
- tipo e stato della copertura vegetale.

**Erosione provocata dal vento:**

- la forza del vento: è tale da sollevare particelle singole di terreno;
- la conformazione del territorio estesa, liscia e pianeggiante, priva o scarsa di vegetazione;
- la superficie del terreno esposta durante periodi critici dell'anno.

La valutazione dell'erosione del suolo nei diversi contesti climatici, morfologici, pedologici e colturali è necessaria in un'ottica di pianificazione territoriale per mantenere l'erosione entro livelli di soglia accettabili. La conoscenza dei processi erosivi in atto e dei fattori che determinano l'erosione consente l'utilizzo di modelli previsionali sempre più affidabili, sviluppati nel corso degli ultimi decenni, fra i quali la USLE, il modello WEPP e il modello EUROSEM (European Soil Erosion Model).

L'uso di prodotti cartografici tematici di questo tipo risulta particolarmente utile per i diversi aspetti della programmazione territoriale:

- 1) l'individuazione e rappresentazione delle aree a maggior rischio;
- 2) la determinazione delle tipologie di utilizzazioni più consone alle specifiche situazioni;
- 3) l'individuazione delle aree ad intervento prioritario.

Le opere di difesa del suolo risultano di vitale importanza, per garantire alle generazioni future la sopravvivenza. Ad esempio, il ripristino dello strato fertile dei suoli asportato a seguito della erosione, è un processo lungo; alcuni autori hanno stimato che per la ricostituzione di 2.5 cm di suolo occorre dai 300 ai 1000 anni.

Lo studio e la conoscenza del fenomeno erosivo permette la predisposizione di piani di azione e di contrasto, che rivestono una notevole importanza sia per le attività agricole che per la pianificazione territoriale e la gestione dell'ambiente in generale.

Per quanto riguarda le attività agricole, l'obiettivo principale dovrebbe essere quello di mantenere o migliorare la fertilità dei suoli in modo da conservarne o accrescerne la produttività potenziale nel tempo. Negli ultimi anni è stato introdotto il concetto di Tasso di erodibilità tollerabile o sostenibile T (Soil Loss Tolerance) indicando appunto il tasso di erosione ammissibile affinché un suolo possa mantenersi in efficienza e possa sostenere la produzione degli organismi autotrofi. Il Soil Conservation Service istituito negli anni Trenta negli Stati Uniti, considera per una serie di campi coltivati un tasso di perdita tollerabile annuo di 10 Tonnellate di suolo ad ettaro in un anno (T in realtà ha valori oscillanti tra 2.5 a 15 t/ha in dipendenza del tipo di coltura e del terreno). In termini di spessore di suolo, una perdita di 10 tonnellate di suolo corrisponde (secondo l'ipotesi che 1 m<sup>3</sup> di terreno pesi circa 1.6 t) a 0.625 mm. Considerando che nei Paesi USA, ex Unione Sovietica, Cina e India, che rappresentano il 52% delle terre coltivate, l'erosione è oltre i limiti di soglia tollerabile, e che ammonta a circa 13.4 miliardi t/anno, si può ipotizzare che a scala globale la perdita di suolo dovrebbe aggirarsi a circa 25-26 miliardi t/ha (Zanchi, 1995).

I dati sono allarmanti se si pensa che la risorsa suolo perduta eccede annualmente quella formata dello 0.7% e con questo ritmo in mancanza di efficaci provvedimenti nel giro di 150 anni l'intera superficie coltivabile del nostro Pianeta potrebbe risultare fortemente degradata e impoverita.

# DESERTIFICAZIONE

## Desertificazione

La desertificazione, definita come "il degrado delle terre nelle aree aride, semi-aride e sub-umide secche, attribuibile a varie cause tra cui i cambiamenti climatici e le attività umane" (UNCCD, art. 1, par. a) è uno dei grandi problemi che l'uomo deve fronteggiare. La problematica della perdita irreversibile di fertilità del suolo è strettamente collegata agli altri grandi temi ambientali identificati nel 1992 dalla conferenza di Rio sullo sviluppo sostenibile ed è un flagello reale che si manifesta sul 70% delle terre aride (3.600 milioni di ettari) ed ha conseguenze dirette sulla vita di oltre 250 milioni di persone.

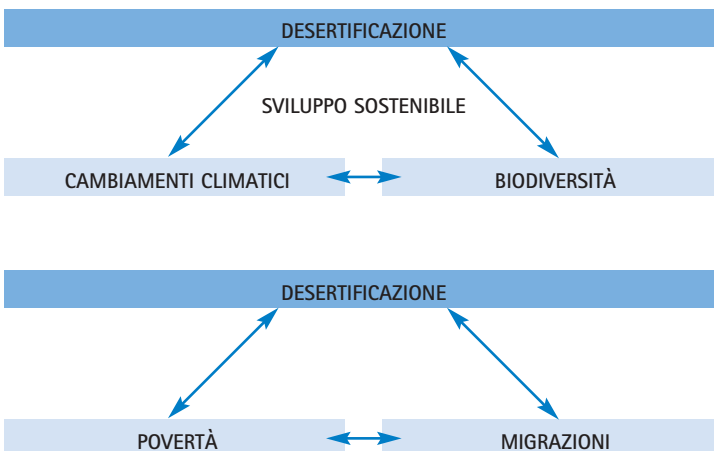
Il circolo vizioso che si instaura tra desertificazione, cambiamento climatico e biodiversità fa sì che il territorio non sia più in grado di sostenere i sistemi produttivi spingendo la popolazione a consistenti migrazioni che sono all'origine di molti conflitti che hanno spesso come teatro i Paesi più poveri e politicamente emarginati. Secondo la Convenzione delle Nazioni Unite per la Lotta alla Desertificazione (UNCCD) ad oggi oltre 135 milioni di persone rischiano di dover emigrare per il degrado del loro territorio.

I fattori scatenanti alla base dei fenomeni di degrado sono:

- variazioni climatiche;
- cattivi metodi di irrigazione;
- deforestazione;
- inquinamento dei suoli;
- sovrasfruttamento agricolo, pastorale e delle attività produttive.

## 4. La sensibilità alla desertificazione in Italia

(Fonte: progetto DISMED Desertification Information System for the Mediterranean, UNCCD secretariat, EEA, FMA).



La UNCCD riconosce l'urgenza di sviluppare strategie e di identificare strumenti per minimizzare il degrado dei suoli, essendo questo intimamente legato alla capacità di sviluppo sostenibile del territorio.

Sensibilità alla desertificazione nei Paesi mediterranei europei (Fonte: progetto DISMED).

Molti Paesi europei che si affacciano sul bacino del Mediterraneo presentano problemi di degrado del suolo legati all'aridità che tendono ad aggravarsi con il cambiamento climatico.

Indice di sensibilità alla desertificazione	Grecia	Italia	Portogallo	Spagna
nessuna sensibilità	11.5%	13.2%	5.5%	6.7%
bassa sensibilità	51.7%	63.2%	50.8%	26.1%
moderata sensibilità	17.7%	16.2%	26.4%	26.2%
alta sensibilità	16.0%	5.5%	11.6%	27.8%
altissima sensibilità	3.1%	2.0%	5.7%	13.2%

## Bilancio del carbonio

# BILANCIO DEL CARBONIO

La sostanza organica di un suolo è, in media, costituita per circa il 50% da carbonio. E così, la perdita di sostanza organica si traduce in un flusso netto di carbonio che sotto forma di anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) si trasferisce dal terreno all'atmosfera. Fenomeno che prende il nome di "respirazione" e che è effettivamente un processo di ossidazione del carbonio organico a CO<sub>2</sub> operato dalla flora microbica del suolo. Così, quelle 180 tonnellate di sostanza organica che sono state perse dai nostri terreni agrari, corrispondono a circa altrettante tonnellate di CO<sub>2</sub> emesse dal suolo verso l'atmosfera. Calcolando che la superficie agricola italiana ammonta a circa 30 milioni di ettari, si può stimare che in poco più di cento anni, i suoli agrari italiani hanno contribuito alle emissioni di gas serra con oltre 5.4 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub>. Ma, d'altra parte, se il contenuto di sostanza organica del suolo aumentasse di una frazione pari all'1% all'anno, soli 18 milioni di ettari di terreno agrario italiano (ovvero la metà della SAU) potrebbero "sequestrare" una quantità di CO<sub>2</sub> uguale a quella che, secondo gli accordi del Protocollo di Kyoto, il nostro Paese dovrebbe eliminare dalle proprie emissioni di gas serra.

Ma è possibile invertire questo processo? Ci sono strategie adeguate per "sequestrare" nuova sostanza organica nei suoli agricoli del nostro Paese e del mondo? L'obiettivo di un aumento di sostanza organica dei suoli dell'1% l'anno è davvero raggiungibile? Ci sono evidenze sperimentali, anche in Toscana, che una diversa gestione del suolo, come ad esempio l'introduzio-



ne di tecniche alternative di lavorazione dei terreni (*no-tillage* o *minimum tillage*, concimazioni organiche ecc.), possono consentire di raggiungere questo obiettivo. Ricerche condotte dall'Università di Pisa e di Udine nell'ambito del Progetto MIUR-CARA dimostrano che questo obiettivo è alla nostra portata e va davvero perseguito. Un tema che riguarda la programmazione e la pianificazione degli interventi in agricoltura, un impegno a cui le pubbliche amministrazioni non possono sottrarsi nel disegnare le future politiche di sostegno al settore agrario.

### La vegetazione

## LA VEGETAZIONE

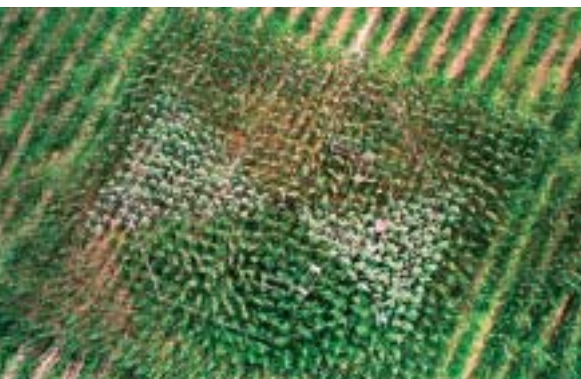
Un discorso a parte merita l'analisi degli effetti e degli impatti del cambiamento climatico e del cambiamento globale sulla vegetazione terrestre, naturale, semi-naturale e coltivata. Nelle prime due categorie ricadono le foreste, i boschi e le aree a macchia mediterranea che costituiscono nel loro insieme una parte minore dell'uso del suolo in Italia. Nella terza categoria rientra l'agricoltura che oltre ad essere, secondo un'accezione convenzionale, una fornitrice di materie prime alimentari e non, sta assumendo sempre più un ruolo di gestione dell'intero ecosistema del nostro Paese. E data la sua importanza, merita, in questa sede, dare prima uno sguardo proprio al settore agrario analizzando alcuni fatti ed evidenze sperimentali che hanno una sicura rilevanza in un quadro di rapido cambiamento ambientale.

Abbiamo già avuto modo di sottolineare come sia particolarmente riduttivo parlare di cambiamenti climatici quando si affrontano temi che riguardano l'agricoltura. La nozione cambiamento globale assume, in questo caso, una particolare rilevanza. La fotosintesi, il processo che sta alla base della produzione biologica primaria del nostro Pianeta, dipende infatti in modo molto preciso dalla concentrazione atmosferica di anidride carbonica, il più importante dei gas serra. Se la concentrazione di CO<sub>2</sub> aumenta nell'atmosfera, aumenta, anche se non in proporzione diretta, il tasso con cui le piante crescono, producono e accumulano sostanze di riserva. E, ancor più sorprendentemente, all'aumentare della concentrazione di CO<sub>2</sub>, diminuisce la quantità di acqua che viene traspirata dalla vegetazione per ogni unità di biomassa prodotta. È l'insieme di quasi cento anni di ricerche scientifiche ed una base di dati sperimentali immensa, che dimostra che la gran parte delle specie coltivate e non che vivono sulla Terra aumentano anche del 100% il tasso di assimilazione fotosintetica se esposte ad aumento di concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub> dalle 280 ppm (parti per milione) dell'era pre-industriale alle 550 ppm previste nell'atmosfera terrestre alla metà di questo secolo, e che

---

Calcolando che la superficie agricola italiana ammonta a circa 30 milioni di ettari, si può stimare che in poco più di cento anni, i suoli agrari italiani hanno contribuito alle emissioni di gas serra con oltre 5.4 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub>. Ma, d'altra parte, se il contenuto di sostanza organica del suolo aumentasse di una frazione pari all' 1% all'anno, soli 18 milioni di ettari di terreno agrario italiano (ovvero la metà della SAU) potrebbero "sequestrare" una quantità di CO<sub>2</sub> uguale a quella che, secondo gli accordi del Protocollo di Kyoto, il nostro Paese dovrebbe eliminare dalle proprie emissioni di gas serra.

5. Un'immagine aerea del sito sperimentale del Progetto Europeo POPFACE che studia in campo aperto gli effetti dell'aumento della concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub> sugli ecosistemi terrestri (Fonte: Progetto EU-EuroFACE, V Programma Quadro) Foto di Steve Bunn.



questo aumento nel tasso di assimilazione coincide con un ridotto "consumo" di acqua. Gli ultimi venti anni di sperimentazione agraria hanno poi permesso di stabilire, con una ottima approssimazione che, a parità di altri fattori, la produzione agricola del 2050 sarà del 10-30% superiore a quella degli ultimi anni del XX secolo grazie a questo effetto di "fertilizzazione" operato dall'incremento di concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub> e che le colture potranno raggiungere questo risultato sorprendente utilizzando la stessa quantità di acqua che usano oggi e, forse, anche meno (figura 5).

Sembra, a prima vista, di essere di fronte ad una specie di paradosso: da una parte l'uomo che emette sempre più gas serra nell'atmosfera, che causa perturbazioni importanti nell'equilibrio del Pianeta, e dall'altra la biosfera che riesce a trarre un potenziale vantaggio da questo processo globale, con la produzione agricola che può aumentare senza richiedere nemmeno maggiori risorse idriche. Situazione paradossale che ha attratto dapprima l'attenzione di scienziati, come ad esempio il notissimo Sherwood B. Idso, fino a pochi anni orsono ricercatore del Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti (USDA), che ha addirittura invocato l'avvento di un'era nuova per il Pianeta ed ipotizzato l'idea del "Greening of the World" ovvero quella di un "futuro verde" per il Pianeta determinato dall'aumento di gas serra nell'atmosfera. E quindi l'interesse, non certo casuale, di importanti *lobbies*

industriali di "emettitori di gas serra" che cavalcando l'enunciato di quegli scienziati, tenta ancora oggi di dipingere un futuro meno nero per la Terra e per le società umane. Ma, è convinzione di chi scrive, questo futuro verde per la Terra rimane un'ipotesi assai remota. La realtà è più complessa di come appare e la ricerca agraria più recente sta mettendo in dubbio quel postulato, dimostrando che l'interazione fra fattori diversi del cambiamento quali la temperatura dell'aria, la piovosità, le deposizioni atmosferiche, l'inquinamento fotochimico (la concentrazione di ozono troposferico) e la gestione del suolo e del territorio hanno il potere di annullare quell'effetto positivo dovuto all'aumento di concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub>. Una sana dose di realismo ci porta ad affermare, ormai, che se certamente il crescere della concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera avrà un effetto positivo sulla produzione agricola a livello globale, altri fattori del cambiamento potranno cancellare questo effetto se non invertirne il segno, alme-

no in molti casi. Un possibile aumento della temperatura dell'aria associato ad una riduzione delle piogge avrà infatti un effetto negativo più importante di quello positivo della CO<sub>2</sub> sulla produzione agricola. E questo ci riguarda davvero da vicino perché proprio la nostra agricoltura italiana, compresa quella della Toscana, si inserisce su una pericolosa linea di confine fra clima temperato e clima semi-arido. Basta guardare ad un esempio molto recente, ovvero alla forte anomalia termica e pluviometrica della primavera-estate 2003. Una stagione in cui il sistema di produzione del frumento duro, una derrata dalla cui disponibilità il nostro sistema agro-industriale dipende fortemente, ha registrato perdite clamorose in tutta Italia. Le alte temperature e la bassa piovosità hanno ridotto di oltre la metà rispetto alla media i raccolti di frumento duro in Puglia, e forse anche di più proprio in Toscana, ed hanno praticamente polverizzato le produzioni di granoturco in tutta l'Italia ed in tutta Europa; la produzione di questo cereale è stata quasi annullata in Francia, uno dei maggiori produttori mondiali. Un evento, questo, che evidenzia come l'elemento di vulnerabilità delle produzioni abbia più importanza, sul lungo periodo, che non il valore medio assoluto. Infatti ha certamente più impatto economico e sociale una forte crisi dovuta ad un anno anomalo di un qualsiasi abbassamento od innalzamento medio delle produzioni sul lungo periodo. L'impatto dell'evento estremo fa molto più danno del beneficio potenziale di un riaggiustamento verso l'alto che si possa realizzare negli anni "normali". E se questo assioma è ben noto in tutte le aree di crisi alimentare del mondo, non ci sarebbe da stupirsi, visti i possibili scenari climatici previsti per la fine di questo secolo, che diventasse un problema anche per le aree temperate del mondo.

Ma ci sono ricette per il nostro futuro prossimo che ci permettano di delineare e mettere a punto una strategia per far fronte ai rischi connessi al cambiamento globale sul sistema agricolo locale o globale? La risposta è purtroppo negativa, perché c'è ancora bisogno di ricerca in questo campo del sapere. Nella parte introduttiva di questa sezione si è fatto riferimento a quella pesante realtà che riguarda il futuro della sostenibilità delle società umane: dobbiamo aumentare del 2% ogni anno la produzione globale di alimenti, pena la denutrizione e la malnutrizione di enormi strati della popolazione mondiale. E ora, alla luce delle considerazioni fatte sopra, dobbiamo riflettere di nuovo sul fatto che la ricerca scientifica in questo campo non è un "optional" per la nostra società. Ogni investimento fatto da ora in avanti sulla ricerca ambientale ed agro-forestale avrà un valore enorme pari se non superiore a quello degli studi fatti in campo tecnologico ed ingegneristico. Se la ricerca agro-biologica dovesse diventare, come sta purtroppo

---

L'interazione fra fattori diversi del cambiamento quali la temperatura dell'aria, la piovosità, le deposizioni atmosferiche, l'inquinamento fotochimico e la gestione del suolo e del territorio hanno il potere di annullare quell'effetto positivo dovuto all'aumento di concentrazione atmosferica di CO<sub>2</sub>.

---

Se la ricerca agro-biologica dovesse diventare la cenerentola del nostro impegno globale, non avremo mai i mezzi per fronteggiare le emergenze, per pianificare il futuro dello sviluppo.

tendenzialmente già accadendo in tutto il mondo, la cenerentola del nostro impegno globale, non avremo mai i mezzi per fronteggiare le emergenze e per pianificare il futuro dello sviluppo. Sarebbe un errore imperdonabile la cui responsabilità cadrebbe pesantemente sulle spalle di chi ha amministrato a livello globale, nazionale e locale.

Parte delle considerazioni fatte sopra possono anche riguardare, anche se con significative distinzioni, la vegetazione naturale e semi-naturale, ovvero i boschi e le foreste. Tenendo presente che questa componente dell'ecosistema terrestre svolge un ruolo tutt' affatto secondario, di protezione idrogeologica del territorio e di conservazione della biodiversità. Oltre a questo, le foreste del mondo e anche del nostro Paese, rappresentano uno *stock* significativo di biomassa il cui contenuto di carbonio va assolutamente conservato. È accertato che la deforestazione che è in corso in molte aree equatoriali del mondo, sia responsabile di una percentuale significativa di emissioni di gas serra. In realtà, ogni ettaro di foresta che viene tagliato o bruciato contribuisce in modo importante al bilancio dei gas serra del nostro Pianeta. Si stima che circa 1.2 miliardi di tonnellate di carbonio (pari a 4.4 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub>) vengano emesse ogni anno nell'atmosfera a causa della deforestazione. In Italia, lo *stock* di carbonio contenuto nelle foreste è stato calcolato come equivalente ad oltre 4 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub>. Ovvero, un solo ettaro di foresta bruciata o tagliata contribuisce per circa 400-600 tonnellate alle emissioni nazionali di CO<sub>2</sub> (calcolando che secondo la III Comunicazione Italiana all'UNFCCC la superficie forestale italiana è compresa fra 8 e 10 milioni di ettari).

Ma quando si parla di ecosistemi terrestri, non bisogna trascurare un altro significativo aspetto che riguarda l'effetto di retroazione che l'uso del suolo ha sul clima, alle diverse scale. Chiunque di noi ha percepito, almeno una volta, la sensazione che il clima di un territorio coperto da vegetazione è diverso da quello di un'area nuda o, ancor peggio, da un'area urbanizzata. Si tratta di un semplice effetto di *feedback* dovuto al fatto che la vegetazione assorbe e trasforma parte dell'energia radiante in arrivo dal sole in biomassa e che utilizza un'altra parte della stessa energia per la traspirazione delle piante. Diversamente, un suolo nudo o un'area urbana restituiscono all'atmosfera quasi tutta l'energia che hanno ricevuto dal sole. E questa semplice osservazione può essere scalata a livello di territorio, di continente e a livello globale. Un territorio ricoperto di vegetazione si comporta, termicamente ed idrologicamente, in modo molto diverso da uno che ne è privo e ciò può avere una grande influenza sul clima locale. Ne sono prova molte osservazioni fatte in passato in varie aree del mondo dove una radicale modifica dell'uso del suolo ha causato altrettanto radicali variazioni clima-

tiche ed il fenomeno è stato oggetto di molti studi approfonditi (Brovkin V , Climate-vegetation interaction, "Journal de Physique", 4, 2002). Lo stesso vale per l'intero Pianeta, in cui la distribuzione dei territori vegetati, desertici o ricoperti da ghiacci o acqua, giocano un ruolo importante nell'equilibrio globale del clima.

### Natura e biodiversità

## NATURA E BIODIVERSITÀ

Per milioni di anni la componente biotica degli ecosistemi si è evoluta attraverso stadi successionali che hanno comportato grossi cambiamenti delle caratteristiche proprie dell'ambiente con il raggiungimento di uno stadio di maturità e stabilità, contraddistinto da un'ampia diversità biologica, indice della varietà di specie animali e vegetali che sono presenti nella biosfera. All'interno della diversità biotica del nostro Pianeta, si distinguono tre livelli diversi:

- diversità genetica (o intraspecifica): relativa ad organismi appartenenti alla stessa specie;
- diversità specifica (o interspecifica): relativa ad organismi appartenenti a specie diverse;
- diversità ecosistemica: relativa alla varietà degli ecosistemi.

La variabilità genetica è collegata con il potenziale adattativo delle popolazioni: più gli individui di una specie sono diversi, maggiori sono le possibilità che almeno alcuni di essi tollerino i mutamenti delle condizioni ambientali o resistano ad eventuali attacchi di patogeni, garantendone la sopravvivenza. La diversità specifica rappresenta invece il complesso delle specie che popolano una determinata area ed indica la diversità tassonomica, quindi sia la ricchezza di specie, sia le relazioni tra di esse. All'interno di un ecosistema, le principali interazioni sono soprattutto l'espressione dei rapporti di alimentazione tra gli organismi viventi. Si definisce "catena alimentare" il trasferimento di materia e energia sottoforma di alimento che, a partire dai vegetali, passa attraverso una serie di organismi che mangiano e vengono mangiati. La ricchezza di biodiversità e la conseguente complessità della rete alimentare fanno sì che le specie dell'ecosistema possano adattarsi a cambiamenti senza risentire di carenze di cibo. Esempi di ambienti caratterizzati da un'ampia ricchezza specifica sono le barriere coralline, gli estuari dei fiumi e le foreste tropicali che accolgono oltre la metà degli esseri viventi, pur ricoprendo il 6% della superficie terrestre.

La diversità ecosistemica comprende sia le grandi differenze che ci sono tra

6. Una scimmia nelle strade di Addis-Abeba, Etiopia, Africa, giugno 2002 (WHO/P. Viro).

---



i diversi tipi di ecosistemi, sia le diversità di habitat e di processi ecologici presenti all'interno di ciascun ecosistema. La diversità ecosistemica è più difficile da definire rispetto alla diversità di specie o genetica perché le linee di separazione tra comunità (associazioni di specie) ed ecosistemi sono più fluide. I cambiamenti globali potranno creare forti squilibri negli ecosistemi, mettendo a rischio la sopravvivenza delle specie che non saranno in grado di seguire il passo evolutivo, soprattutto per la rapidità con cui si sta realizzando. I primi ecosistemi a risentire degli influssi negativi saranno quelli meno stabili e quelli sensibili anche alle più piccole variazioni di temperatura, come le lagune costiere e le zone umide, caratterizzate da acque poco profonde e pertanto soggette a prosciugamento e a variazione della concentrazione dei sali, del pH e della distribuzione di nutrienti. Un aumento della temperatura globale porterà inevitabilmente ad una maggiore evapora-

zione causando la perdita di una parte di acqua pura con conseguente aumento delle concentrazioni delle sostanze inquinanti nel suolo e, di conseguenza, nelle acque di falda. Una delle conseguenze generali dell'inquinamento del suolo sarà la perdita di biodiversità dovuta alla scomparsa di specie microbiche e di invertebrati. La maggior concentrazione di questi inquinanti tende a danneggiare l'attività dei microrganismi presenti nel suolo ostacolando quindi il processo di degradazione dei nutrienti, essenziale per lo sviluppo delle piante che vegetano su tali substrati. Inoltre, la concentrazione di sale nell'acqua influenza la struttura e la distribuzione della vegetazione per cui, ad esempio, alcune specie di alghe, come

quelle appartenenti ai generi *Ruppia*, *Zostera* e *Caulerpa*, saranno agevolate dall'aumento di temperatura che favorirà l'evaporazione, mentre specie caratterizzate da una minore tolleranza nei confronti delle alte concentrazioni di sale nell'acqua si troveranno in difficoltà. La perdita delle zone umide o la variazione delle loro caratteristiche chimiche, fisiche o biologiche costituisce già un enorme problema anche per alcune specie di uccelli cui vengono a mancare aree di sosta e di rifornimento nel corso della migrazione. Pensiamo ad esempio al Pagliarolo (*Acrocephalus paludicola*), al

Pellicano riccio (*Pelecanus crispus*), al Chiurlottero (*Numenius tenuirostris*), alla Rondine (*Hirundo rustica*) e alla Gru (*Grus grus*).

Gli areali di distribuzione della fauna e della flora sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche climatiche: nonostante le diverse specie abbiano sviluppato, nel corso del tempo, delle capacità di adattamento, quelle dotate di una scarsa mobilità (in senso di dispersione del seme per le piante e di migrazione per gli animali) saranno quelle che risentiranno maggiormente dell'influenza dei cambiamenti climatici repentini, non trovando più l'habitat adatto per la loro sopravvivenza. Molte specie rischieranno quindi l'estinzione. Vista la tendenza al riscaldamento globale, lo spostamento dell'areale di distribuzione verso Nord sarà una delle possibili vie di fuga per molte specie. La migrazione di alcune specie, oltre a modificare gli equilibri già in parte trasformati delle zone di partenza, potrà andare ad intaccare quelli esistenti nei luoghi di arrivo, mettendo in crisi molte specie autoctone. In alcuni casi le specie che si insinuano possono essere dei predatori di altre indigene, in altri casi le specie allo gene possono non trovare il loro concorrente e per questo avere uno sviluppo eccessivo per cui poi vanno ad occupare le nicchie delle specie autoctone.

Le specie animali e vegetali con i loro comportamenti forniscono utili indicazioni alle indagini climatiche. La ripresa vegetativa, ad esempio, è collegata al periodo in cui la temperatura torna a rialzarsi e pertanto l'anticipo della primavera prospettato dagli scenari porta ad un anticipo della fioritura delle piante. Lo stesso dicasi per il ritorno anticipato o la partenza ritardata degli uccelli migratori. Il problema principale risiede nel fatto che si assiste spessissimo a ritorni di freddo, e sono proprio questi ultimi a mettere in crisi le piante e gli animali che avevano ripreso la loro attività in conseguenza delle temperature più miti. Per quanto riguarda la produzione del seme, questa viene fortemente inibita dai ritorni di freddo perché le gelate bruciano i germogli che sono molto fragili: dopo la gelata la pianta è costretta a produrre altri germogli che però produrranno foglie e non fiori. La produzione di seme viene così ridotta di una percentuale importante rispetto a quella abituale. Le risposte a questo fenomeno possono essere le più diverse, ma non favoriscono mai l'espansione delle specie animali e vegetali. D'altra parte, l'allungamento della stagione vegetativa dovuta alla maggior durata dei giorni con temperatura mite, consente alla pianta di accrescersi per un periodo di tempo maggiore e quindi di raggiungere dimensioni maggiori più velocemente. Anche per quanto riguarda gli animali, gli effetti del ritorno del freddo possono essere diversi: per alcuni si verranno a creare le condizioni ideali per fare più generazioni in una stagione

---

**Esempi di ambienti caratterizzati da un'ampia ricchezza specifica sono le barriere coralline, gli estuari dei fiumi e le foreste tropicali che accolgono oltre la metà degli esseri viventi, pur ricoprendo il 6% della superficie terrestre.**

e si avrà quindi uno sviluppo eccessivo degli individui di queste specie; al contrario, per altre le condizioni potranno risultare limitanti e si assisterà quindi alla diminuzione del numero di generazioni per stagione. In uno studio condotto dal Museo di Scienze Naturali di Ferrara (S. Mazzotti, R. Falconi, F. Zaccanti, 2002) è stata ipotizzata la relazione tra i cambiamenti climatici, ed in particolare l'allungamento del periodo estivo, e la riproduzione autunnale del rospo (*Bufo bufo*): questa specie, grazie al prolungamento della stagione adatta alla riproduzione, è riuscita a compiere una seconda generazione prima dell'arrivo della stagione avversa. Il problema è che i nati vicino al periodo autunnale possono non essere abbastanza sviluppati e forti per superare l'inverno e si trovano a dover affrontare dei climi per cui non sono preparati che molto spesso li portano alla morte.

I cambiamenti nell'areale di distribuzione delle piante e degli animali e dei loro comportamenti hanno conseguenze importanti non solo sul paesaggio naturale, ma anche sulla vita dell'uomo. Infatti la vita dell'uomo, oltre ad essere influenzata direttamente dalle variazioni che avvengono nel clima, lo è anche indirettamente perché è strettamente correlata alle alterazioni che avvengono nell'ambiente in cui si trova. È importante quindi identificare delle specie particolarmente sensibili alle modificazioni del clima in modo da poter essere considerate specie indicatrici. La ricerca di specie indicatrici può essere utile anche nelle attività di previsione a lungo e a breve termine e permette di focalizzare l'attenzione solo su un numero limitato di organismi in modo da rendere lo studio più agevole. Questo tipo di studi è utile sia per monitorare come gli animali e le piante sono influenzati dai cambiamenti climatici, sia per vedere più da vicino quali saranno le conseguenze che questi cambiamenti comporteranno nell'ambiente naturale.

---

La tesi che animali e vegetali riescano ad interpretare nelle varie stagioni i segnali provenienti dalla normale variabilità meteoclimatica è confermata sia dall'osservazione empirica che da quella scientifica.



# WYKOSYSTOWANIE



TERRA



In Toscana il valore del territorio è d'importanza capitale per le attività legate ai sistemi agricoli al turismo e come base per lo sviluppo di gran parte delle attività produttive. L'assetto attuale del territorio toscano, portato spesso ad esempio di gestione, si è sviluppato attraverso secoli di affinamento che hanno portato all'immagine inconfondibile che è conosciuta nel mondo. L'ottimizzazione della gestione e la prevenzione dei fenomeni erosivi, attraverso la regimentazione delle acque e lo sviluppo di sistemazioni agricole che hanno fatto la storia dell'agraria nei secoli scorsi, hanno contribuito grandemente alla costruzione di un modello territoriale noto in tutto il mondo. I sistemi terrestri attuali si sono dunque sviluppati in stretta connessione con l'abilità umana che li ha plasmati in armonia con le caratteristiche climatiche portando all'attuale disegno. Il cambiamento del clima e l'eccessiva pressione rischiano oggi di modificare in modo drastico ed irreversibile queste caratteristiche. Per di più un sistema altamente "ottimizzato" come quello toscano presenta una vulnerabilità ancora maggiore poiché avendo già raggiunto il potenziale di sfruttamento *climax*, rischia di essere meno flessibile per assorbire drastici cambiamenti. L'innalzamento delle temperature, la sensibile diminuzione delle precipitazioni, l'aumento di periodi siccitosi interrotti da fenomeni di precipitazioni intense, espongono il territorio e gli ecosistemi vegetali a rischi sempre maggiori, con conseguenze importanti anche dal punto di vista della produzione agricola e in particolare di quei prodotti tipici che hanno fatto la storia della nostra regione.

Clima e agricoltura

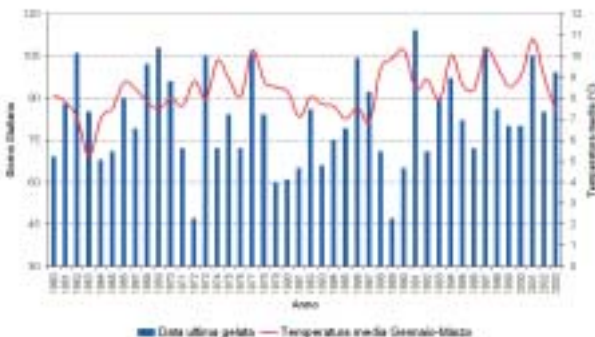
CLIMA E AGRICOLTURA

1. Data dell'ultima gelata ( $T < 2^{\circ}\text{C}$ ) (Fonte: elaborazione IBIMET CNR).

In questo contesto vanno letti con preoccupazione i previsti scenari di spostamento degli areali climatici che rischiano in un prossimo futuro di mettere in crisi i sistemi produttivi agricoli che si sono sviluppati nel corso dei secoli,

generando quindi pesanti ricadute sulle attività produttive ad essi legate. In particolare le produzioni di grande qualità, come vino, olio, frutta e ortaggi, sono a rischio nelle loro caratteristiche peculiari laddove fasi delicate del loro sviluppo fenologico - nelle quali si delinea il carattere qualitativo della produzione - coincidano con eventi avversi. Non sono ad esempio da escludersi scenari climatici che porterebbero allo spostamento dell'area di coltivazione dell'olivo, pianta simbolo del paesaggio regionale.

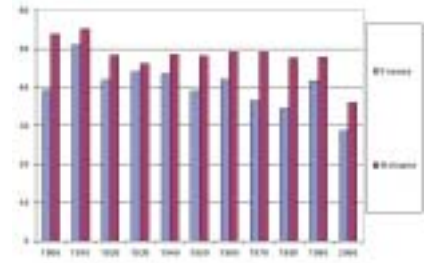
Data ultima gelata ( $T < 2^{\circ}\text{C}$ ) - Firenze - Stivatore





Tra i fenomeni attualmente già osservabili si può prendere ad esempio la forte oscillazione nella produttività dei vigneti dovuta alla estremizzazione delle stagioni. L'umidità sopra la norma dell'estate 2002 ha condizionato lo sviluppo della vite, ed ha esposto la coltura a malattie che hanno duramente compromesso i raccolti. In futuro, modifiche nelle caratteristiche compositive dell'uva potrebbero portare ad un cambiamento delle tipologie di prodotti, caso che del resto si sta già verificando in Veneto dove le uve dell'ultimo decennio stanno diventando più adatte ai vini da dessert che non ai tipici bianchi (Orlandini et al., 2003). Un fattore legato alla temperatura che condiziona fortemente lo sviluppo della vegetazione è il rischio di gelate tardive che ha subito un *trend* all'aumento negli ultimi 10 anni (figura 1). L'andamento della stagione climatica ha quindi forti impatti sulle attività agricole già facilmente riscontrabili: si stima che la siccità dello scorso anno abbia prodotto danni valutabili attorno ai 250 milioni di euro al sistema agricolo locale. (I danni economici sono stati calcolati in base alle valutazioni presenti nelle Delibere di Giunta della Regione Toscana n.1118-1125 del novembre 2003).

## 2. Media decennale del giorno di inizio della stagione vegetativa (T° media > 10).

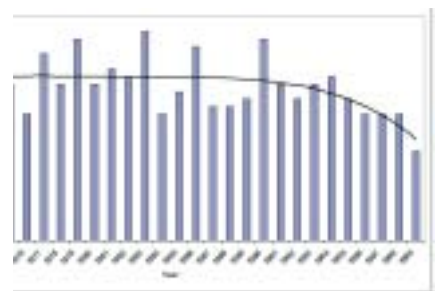


## Vegetazione e foreste

# VEGETAZIONE E FORESTE

Nel contesto toscano, e con particolare riferimento alle misure di mitigazione dell'effetto dei cambiamenti climatici, il capitale forestale assume una particolare importanza. La Toscana con oltre 980.000 ha di superficie forestale, pari circa 11% del territorio nazionale, è la seconda regione italiana per superficie boscata. L'attenta gestione di questo patrimonio, che si stima sequestri annualmente una cifra compresa tra 10 e 15 milioni di tonnellate di CO<sub>2</sub> diventa fondamentale, anche nell'ottica del raggiungimento degli obiettivi di Kyoto, laddove la variazione a partire dal 1990 della quantità di carbonio assorbita dagli ecosistemi forestali può essere "scalata" dalle emissioni di CO<sub>2</sub> rilasciate dal sistema produttivo per rientrare nel *target* di riduzione previsto dal Protocollo (secondo quanto stabilito dagli articoli 3.3 e 3.4 e successive modifiche). Ad oggi, i dati tendenziali dello sviluppo della vegetazione non sono particolarmente confortanti ed un notevole sforzo dovrà essere compiuto per invertire la tendenza. Lo studio della dinamica della vegetazione attraverso l'indice NDVI, che valuta l'attività fotosintetica degli ecosistemi su un periodo di 18 anni (1986–2003) ha mostrato infatti un significativo decremento dei valori di NDVI del mese di

## 3. Data di maturazione del frumento in provincia di Grosseto.





**4. Andamento dei valori di NDVI del mese di agosto nel periodo 1986–2003.**

(Fonte: IBIMET CNR – LaMMA CRES).

agosto, specialmente nelle zone costiere e nelle colline della Toscana meridionale (figure 4 e 5). Si reputa che questa tendenza per gli ecosistemi forestali sia soprattutto legata ad una diminuzione delle piogge invernali.

**Impatti sulla biodiversità**

**BIODIVERSITÀ**

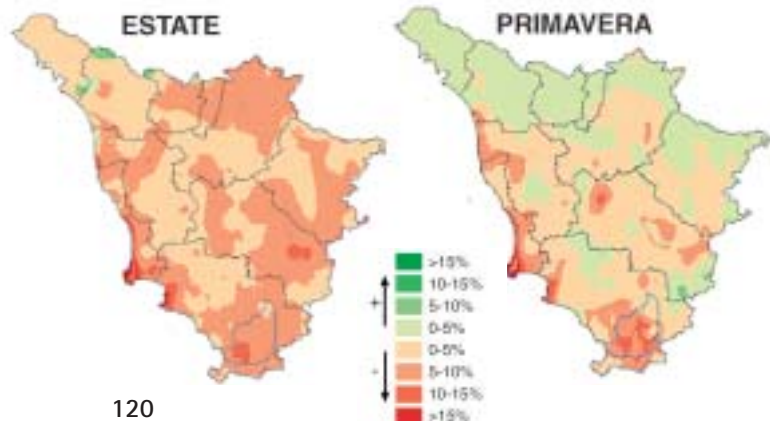
La tutela degli habitat risulta fondamentale per lo sviluppo e la conservazione delle specie animali e vegetali. Il buon grado di biodiversità presente in Toscana si evince dall'elevato numero di specie in "liste d'attenzione": 964 sono le specie in oggetto, di cui 460 vegetali e 504 animali. Oltre ad alcune norme specifiche per la tutela di varie specie animali e vegetali contenute nella legislazione regionale in materia di foreste, pesca e gestione della fauna omeoterma e attività venatoria, la Regione Toscana sta fornendo il suo contributo più significativo all'attuazione delle convenzione sulla biodiversità attraverso l'attuazione di quattro leggi regionali, che tutelano i parchi e le aree protette, gli habitat, la flora e la fauna selvatica nonché la diversità biologica delle specie animali e vegetali di rilevanza produttiva. La Regione ha una lunga tradizione di politiche per la tutela dell'ambiente tramite l'istituzione e la gestione di Parchi ed aree protette e può vantare una vasta rete su una superficie complessiva che costituisce il 9,2% del territorio regionale:

La tutela degli habitat risulta fondamentale per lo sviluppo e la conservazione delle specie animali e vegetali. Il buon grado di biodiversità presente in Toscana si evince dall'elevato numero di specie in "liste d'attenzione": 964 sono le specie in oggetto, di cui 460 vegetali e 504 animali. Oltre ad alcune norme specifiche per la tutela di varie specie animali e vegetali contenute nella legislazione regionale in materia di foreste, pesca e gestione della fauna omeoterma e attività venatoria, la Regione Toscana sta fornendo il suo contributo più significativo all'attuazione delle convenzione sulla biodiversità attraverso l'attuazione di quattro leggi regionali, che tutelano i parchi e le aree protette, gli habitat, la flora e la fauna selvatica nonché la diversità biologica delle specie animali e vegetali di rilevanza produttiva. La Regione ha una lunga tradizione di politiche per la tutela dell'ambiente tramite l'istituzione e la gestione di Parchi ed aree protette e può vantare una vasta rete su una superficie complessiva che costituisce il 9,2% del territorio regionale:

- 3 Parchi nazionali,
- 3 Parchi regionali,
- 2 Parchi provinciali,
- 33 Riserve naturali dello Stato,
- 39 Riserve naturali provinciali,
- 31 Aree Naturali Protette d'Interesse Locale (ANPIL).

**5. Andamento dei valori di NDVI nei periodi estivo e primaverile nel periodo 1986–2003.**

(Fonte: IBIMET CNR – LaMMA CRES).

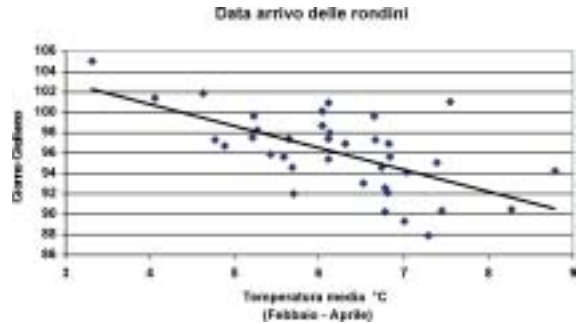


Queste aree protette non sono comunque una difesa sufficiente per le specie animali e vegetali dagli impatti dei cambiamenti climatici globali: l'innalzamento delle temperature ad esempio tende a spostare gli areali di distribuzione delle



specie, la contrazione delle zone umide mette in pericolo la sopravvivenza di moltissime specie che trovano in quell'ambiente il loro habitat naturale. Un esempio di queste variazioni, che si riscontrano non solo nella nostra regione ma in tutta Europa è riscontrabile nella data di arrivo delle rondini, che negli ultimi anni ha subito un anticipo sempre più evidente. La tesi che gli animali e i vegetali riescano ad interpretare nelle varie stagioni i segnali provenienti dalla normale variabilità meteoroclimatica è confermata sia dall'osservazione empirica che da quella scientifica. La ricerca di specie indicatrici, come le rondini, può considerarsi quindi un fattore molto importante per una valutazione complessiva degli impatti dei continui cambiamenti climatici su i diversi territori. Dal 2003 presso l'Istituto di Biometeorologia del CNR di Firenze ha preso avvio il progetto sperimentale GILIA, un Bollettino informativo per il bio-monitoraggio della flora e della fauna in relazione ai cambiamenti climatici globali, con l'obiettivo di costruire una rete di contatti tra gli enti e gli istituti che effettuano un monitoraggio costante delle diverse specie e raccogliere questa pluralità di informazioni per renderla disponibile ad un pubblico più vasto. Il bollettino informativo viene composto grazie alle segnalazioni di avvistamenti e delle osservazioni sulle specie animali e vegetali effettuati sul territorio nazionale da una pluralità di soggetti *partner*: dalle associazioni faunistiche ai centri di scienze naturali, dagli istituti di ricerca agli enti Parco<sup>(1)</sup>. Alcuni esempi di come le variazioni termiche legate ai cambiamenti climatici stanno influenzando la fauna toscana, in particolare il passo delle specie migratrici, si possono ricavare dagli avvistamenti segnalati dal bollettino GILIA. Quest'anno il 7 febbraio alcuni esemplari di Airone guardabuoi (*Bubulcus ibis*) erano segnalati all'interno all'interno del parco del Centro di Scienze Naturali di Prato: sembra che questi individui abbiano cominciato a svernare in questi luoghi già da qualche anno. Si tratta di una segnalazione alquanto interessante poiché questa specie solitamente sverna in Africa settentrionale. Il 22 febbraio EBN segnalava un esemplare riconducibile alla Rondine rossiccia (*Hirundo daurica*), in gruppo con 8 Balestrucci, nell'Oasi WWF Palude Orti-Bottagone (Piombino - LI), una specie che in Italia si trova solitamente durante l'estate. E ancora EBN, l'11 marzo 2004, segnalava il primo avvistamento di Rondone maggiore (*Apus melba*) a Vecchiano (Pisa), un migratore che sverna in Africa australe e che generalmente arriva sul territorio italiano in aprile.

## 6. Anticipo della data di arrivo delle rondini in Europa.



(1) Attualmente collaborano con il servizio GILIA: WWF Italia; Centro di Scienze Naturali di Prato; Museo Civico di Storia Naturale di Ferrara; Università degli Studi di Firenze; Centro di Conservazione e di Educazione Ambientale Bioparco di Roma; Istituto Sperimentale per la Zoologia Agraria di Firenze; EBN Italia; LaMMA Comma-Med di Livorno; Museo del Fiore di Viterbo; Parco Regionale Naturale del Beigua, in Liguria, ecc.



Liste di attenzione che includono le specie rare e in pericolo, le specie di interesse bio-geografico, le specie endemiche di diverso grado, le specie di importanza ecologica, le specie le cui popolazioni possono essere particolarmente sensibili ad un qualche fattore esterno di origine antropica (Fonte: Segnali Ambientali 2003, Regione Toscana).

Gruppo	N. elementi di attenzione
Flora	472
Habitat	87
Fitocenosi	83
Molluschi	48
Crostacei	3
Insetti	300
Pesci	15
Anfibi	13
Rettili	11
Uccelli	80
Mammiferi	40
<b>TOTALE</b>	<b>1152</b>

N.B. fra gli organismi marini sono stati presi in considerazione solo i vertebrati che si riproducono a terra, cioè le tartarughe e gli uccelli marini.

## URBANIZZAZIONE

### Il controllo dell'urbanizzazione

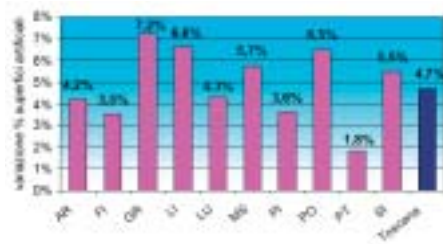
La salvaguardia degli habitat naturali passa necessariamente dal controllo dell'urbanizzazione. Negli ultimi dieci anni, l'assetto del territorio in Toscana sembra non aver subito particolari variazioni per quanto riguarda la sua destinazione. La dinamica sia delle aree artificiali sia di quelle boscate evidenzia tuttavia che l'incremento più significativo è da attribuirsi alle prime che registrano una variazione positiva del 4,65% dal 1991 al 2001. Sempre positivo, ma di entità minore, risulta l'incremento relativo alle superfici boscate, che nel 2001 coprono lo 0,16% in più del territorio regionale rispetto a dieci anni prima. Dalla figura 7, che riporta la variazione percentuale delle superfici artificiali per provincia, si evince come l'aumento maggiore si sia registrato nelle province di Grosseto, Livorno e Prato, con valori ben al di sopra della media regionale.

7. Variazione percentuale 1991-2001 delle aree artificiali per provincia. (Fonte: elaborazione LaMMA - Regione Toscana su dati CORINE land cover).

## DEGRADO DEI SUOLI

### Degrado dei suoli e desertificazione

Oltre ai danni di tipo diretto sugli ecosistemi, precedentemente menzionati, una serie di impatti negativi indirettamente dovuti al cambiamento del clima sono legati all'assetto idrogeologico del territorio. In generale, infatti, la problematica legata alla perdita di produttività e fertilità dell'ecosistema naturale nelle aree mediterranee è un fenomeno connesso principalmente all'erosione/degrado del suolo. La prospettata variazione dell'in-





tensità e distribuzione delle piogge, con un aumento dell'alternanza di periodi siccitosi a periodi umidi, sta già portando alle soglie dell'attenzione il rischio idrogeologico in molte aree della regione.

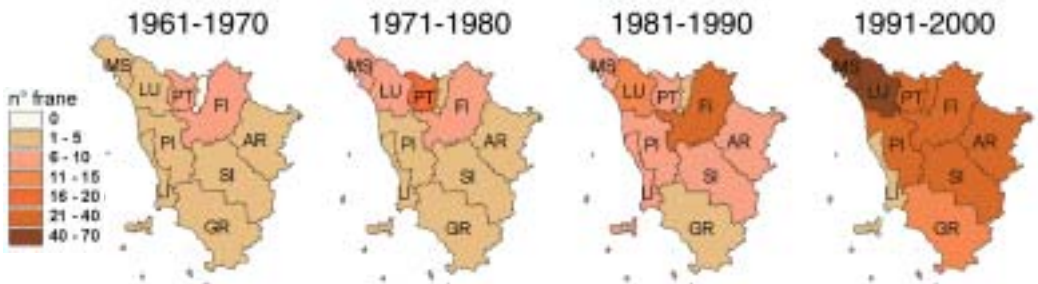
L'alternanze di periodi siccitosi a periodi sempre più ricorrenti di eventi meteorici estremi, agendo sullo sviluppo della vegetazione e quindi sul grado di copertura vegetale del suolo, indebolisce la protezione operata dalla vegetazione rendendo devastanti gli effetti del ruscellamento superficiale e influenzando la possibilità di ricarica delle falde. È infatti dimostrato che con l'aumento della temperatura, le precipitazioni tendono a spostarsi verso le classi più intense (>40mm/giorno) ed estreme (>100mm/giorno), con un impatto più forte sui processi erosivi.

In questo contesto la *governance* del territorio basata su di una informazione appropriata ed attendibile è un presupposto fondamentale per il successo di una politica pubblica, come quella ambientale, che si attua in un contesto in cui operano diversi attori con poteri, ruoli e interessi differenziati. In particolare, in riferimento alla degradazione dei suoli, la possibilità di disporre di strumenti adeguati per identificare le aree a rischio e quindi programmare le priorità di intervento delle misure di mitigazione e recupero rappresenta un punto fondamentale identificato sia a livello internazionale, come enfatizzato dal Comitato Scienza e Tecnologia (CST) della UNCCD, sia a livello Nazionale, come priorità dei Programmi di Azione Nazionale (PAN) di lotta alla desertificazione e come previsto dal-



8. Esempio di evento franoso.

9. Numero di eventi franosi per decennio in Toscana  
(Fonte: elaborazione IBIMET CNR).





10. Aree in cui l'erosione supera il valore di tolleranza accettabile pari a 10 tonnellate per ettaro per anno  
(Fonte: LaMMA – CRES).



l'articolo 20 del D.Lvo n. 152/1999 sulla tutela delle acque. Il PAN italiano riconosce tra l'altro l'importanza del ruolo delle Regioni e delle Autorità di bacino nel quadro più generale del monitoraggio del territorio nazionale e raccomanda che siano questi enti a predisporre azioni di monitoraggio e studio finalizzate all'identificazione dello stato e delle dinamiche di degrado delle zone a rischio. A questo proposito la Regione Toscana ha recentemente attivato, in

collaborazione con IBIMET CNR e con la Provincia di Grosseto, il Centro Ricerche Erosione del Suolo (LaMMA – CRES) con sede a Grosseto, per il monitoraggio continuo dell'ecosistema con riferimento al clima al suolo e alla vegetazione, su tutto il territorio regionale. Dagli studi intrapresi dal LaMMA-CRES, attraverso l'utilizzo di modellistica ambientale e con l'impiego del telerilevamento satellitare, si evidenzia come la Regione Toscana sia inserita tra le Regioni Italiane da monitorare costantemente per le caratteristiche morfologiche di alcune aree (pendenza dei versanti), e per le caratteristiche pluviometriche (precipitazioni intense e di breve durata seguita da periodi siccitosi prolungati) che le caratterizzano. Presso il Laboratorio CRES è in fase di realizzazione una carta tematica di tipo quantitativo in scala 1:250.000 con le indicazioni delle aree particolarmente suscettibili al degrado dei suoli per erosione superficiale. La mappa sull'intera regione è stata realizzata applicando il modello RUSLE modificato (Wischmeier and Smith, 1978, Renard et al., 1991). Le mappe mostrano le zone dove l'acclività è maggiore e la pioggia presenta caratteristiche di elevata erosività. La valutazione dei risultati a livello regionale è ancora in fase di realizzazione e comunque il dato in formato di mappa rappresenta un documento importante per le future programmazioni territoriali.

In questo contesto la Regione Toscana ha inoltre aderito al Progetto DESERTNET "Monitoraggio ed azioni di lotta alla desertificazione nella regione mediterranea europea" (INTERREG IIIB MEDOCC) con le finalità di:

- contribuire allo sviluppo di una cartografia basata su indicatori comuni tra le varie regioni italiane coinvolte nel progetto;
- portare avanti uno studio specifico sul territorio regionale sviluppando metodologie di analisi che possano divenire patrimonio comune per le altre regioni.

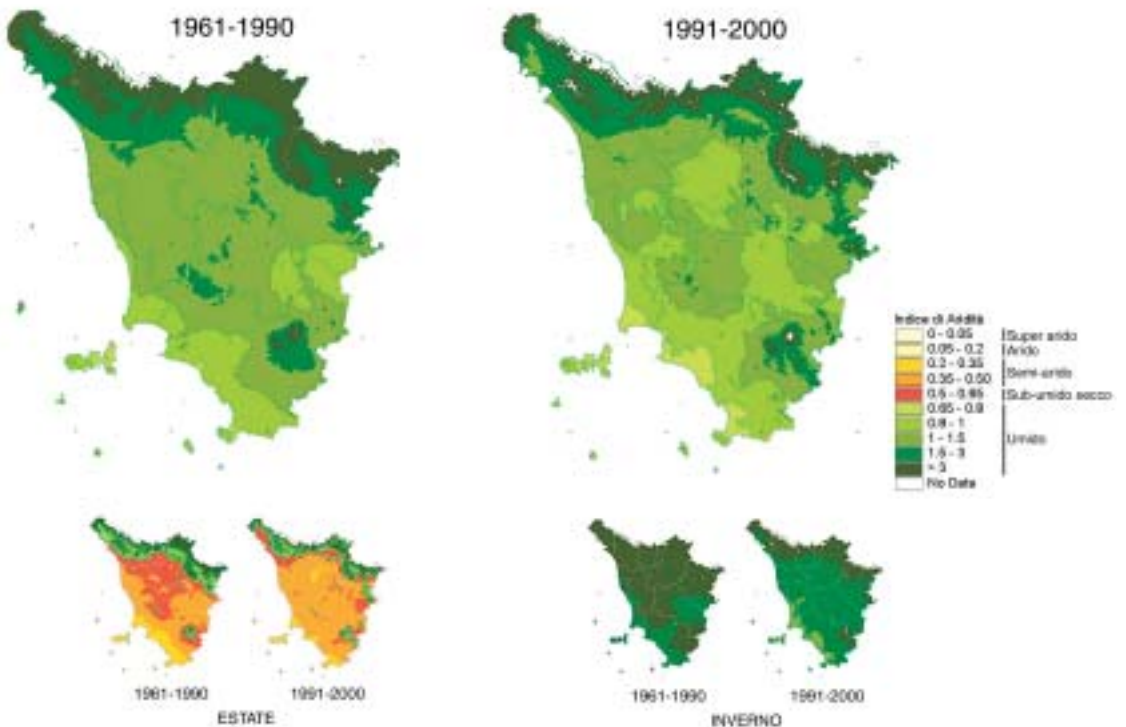




Questo studio che ha permesso una zonizzazione del territorio regionale a seconda dei livelli di sensibilità alla desertificazione valutati in funzione dei fattori climatici, del suolo della vegetazione e della gestione del territorio, ha messo in evidenza una tendenza all'aumento dell'aridità, su oltre il 90.21% del territorio, fino a 800 m di quota (figura 11).

Non va comunque dimenticato che accanto alla crescita di fenomeni di desertificazione, negli ultimi anni, da un punto di vista di difesa del suolo, si osservano eventi meteorici di forte intensità molto localizzati e puntuali (come quelli della Versilia nel 1996, dell'Isola d'Elba nel 2002, e di Carrara nel settembre 2003) che si vanno ad aggiungere alla casistica comunque presente di eventi meteorici estesi (quali l'alluvione del 1966 oppure del 1991, 1992, 1993), e che aumentano il rischio idrogeologico del territorio toscano gestibili soltanto con azioni preventive di difesa idraulica e sistemazione dei versanti.

11. Analisi dell'indice di aridità (Pioggia/ Evapotraspirazione Potenziale) (UNEP) nei periodi 1961-90 e 1991-2000 (Fonte: progetto DesertNet Interreg III B – IBIMET CNR – Regione Toscana).





# EROSIONE COSTIERA

## Fenomeni erosivi delle coste toscane

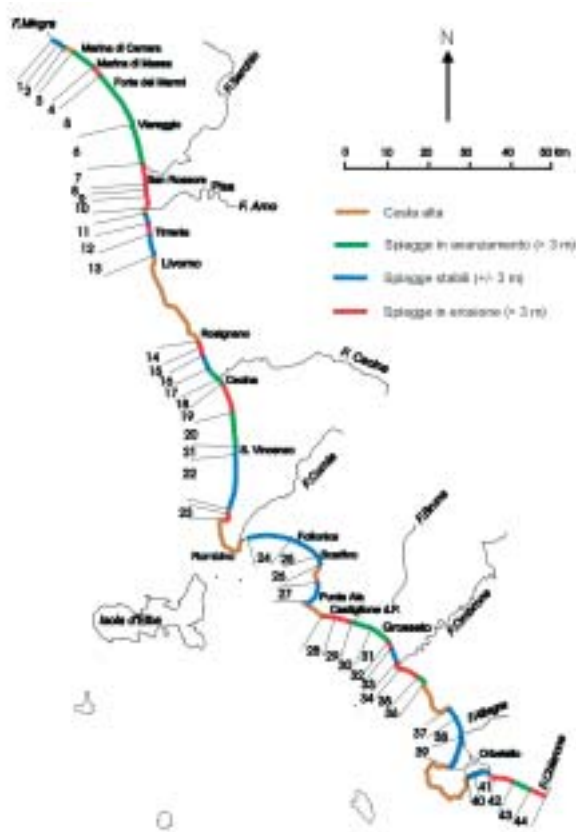
12. Settori nei quali è stata suddivisa la costa della Toscana continentale.

Le coste costituiscono un elemento dinamico della superficie terrestre e la loro evoluzione dipende da una continua azione tra fenomeni di abrasione e deposito. Approssimativamente la metà delle spiagge toscane è colpita da un fenomeno erosivo che determina la perdita di un patrimonio ambientale ed economico di grande pregio. La costa continentale toscana si estende per

circa 400 Km, dalla foce del fiume Parmignola alla foce del fiume Chiarone. Il litorale sabbioso, che si estende per una lunghezza di circa 191 Km, presenta fenomeni evidenti di erosione per circa 67 Km (35% del litorale sabbioso). Altri 6 Km di costa toscana, un tempo costituiti da litorali sabbiosi, sono oggi protetti da scogliere poste a ridosso dei centri abitati o di vie di comunicazione, contribuendo ad un stima peggiorativa del quadro descritto in precedenza.

Complessivamente quindi, secondo i dati più recenti, e comparando i tratti in erosione con quelli in avanzamento, il litorale toscano ha perso circa 214.000 m<sup>2</sup> di spiaggia negli ultimi venti anni; il Rapporto sullo Stato dell'ambiente 1998 indicava una perdita di circa 187.000 m<sup>2</sup> di spiaggia. I dati riportati nel presente rapporto sono una sintesi di numerosi studi condotti dal Dipartimento di Scienze della Terra

dell'Università di Firenze attraverso una serie di convenzioni di ricerca con il Dipartimento delle Politiche territoriali ed ambientali della Regione Toscana e si riferiscono ad intervalli temporali spesso molto diversi. Una base fondamentale è costituita dalla carta delle linee di riva della Regione Toscana del 1989, che costituisce ad oggi il documento di sintesi più aggiornato disponibile, al quale sono stati aggiunti i rilievi effettuati negli anni Novanta su gran parte della costa toscana sia nell'ambito di studi di base sia per la progettazione di interventi di difesa. Dei 66 settori in cui è suddivisa la costa





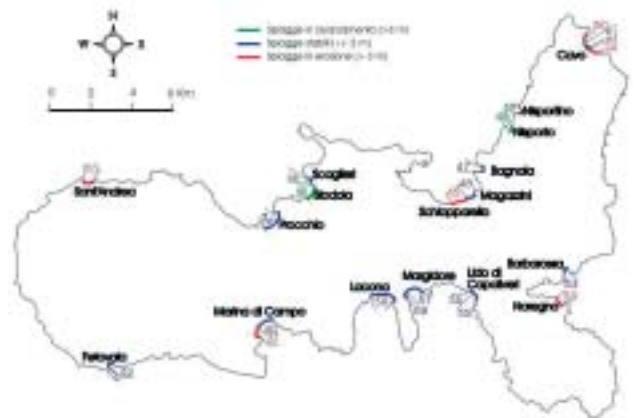
toscana (inclusa l'Isola d'Elba) solo 8 hanno rilievi effettuati prima degli anni Novanta e per i quali è previsto il rilievo della linea di riva e dei fondali entro il primo semestre del 2002. Le politiche di difesa dei litorali toscani sono in fase di rapida evoluzione grazie al nuovo quadro normativo e ad una politica di sinergia e coordinamento fra la Regione Toscana, e le Amministrazioni provinciali e comunali.

Un nuovo approccio progettuale delle opere di difesa costiera tende ad abbandonare i sistemi rigidi, imposti peraltro dall'urgenza di difendere i centri abitati e le infrastrutture, per privilegiare interventi "morbidi", quali ad esempio i rinascimenti artificiali e quelli che tendono soprattutto alla prevenzione dei fenomeni erosivi. In quest'ottica è fondamentale il monitoraggio degli apporti sedimentari fluviali, a rappresentare una base di orientamento per interventi di riequilibrio del ciclo e il monitoraggio e risanamento delle praterie di Posidonia oceanica, che l'Unione Europea ha individuato come habitat ad interesse prioritario. I

nuovi interventi di difesa dovranno quindi essere caratterizzati da un minor impatto ambientale e consentire di sfruttare la stabilità stessa delle spiagge sia come difesa degli insediamenti dalle mareggiate estreme sia per diminuire l'intrusione del cuneo salino nelle pianure costiere.

L'elaborazione grafica illustra i settori nei quali è stata suddivisa la costa toscana continentale.

13. Settori nei quali è stata suddivisa la costa dell'isola d'Elba.



Gli scienziati hanno lanciato l'allarme dopo aver notato dei cambiamenti nell'ambiente delle foreste pluviali tropicali del Brasile.

### Il sink dell'Amazzonia sta rallentando?

Gli scienziati dicono d'aver rinvenuto segnali preoccupanti che le foreste sono meno in grado di assorbire le emissioni di anidride carbonica responsabili del riscaldamento globale. Il loro studio a lungo termine in zone presumibilmente primitive ha rivelato che gli alberi sono cresciuti e sono morti più velocemente rispetto al passato. Questa tendenza potrebbe avere delle conseguenze per le altre specie di piante e animali, ammoniscono gli autori nel giornale americano *Nature*. L'Amazzonia conta più della metà delle foreste pluviali mondiali rimaste. Si ritiene che queste limitino l'effetto serra del riscaldamento globale immagazzinando carbonio e quindi riducendo la quantità di anidride carbonica nell'atmosfera. [...] Ma è nelle aree di "controllo", in cui non ci sono attività umane come l'abbattimento o l'incendio degli alberi, dove hanno scoperto invece che specie più grandi e a crescita più rapida stanno avanzando a spese di quelle più piccole che vivono sotto la volta della foresta. "È chiaro che non si tratta di una variazione casuale. Le dinamiche delle foreste pluviali stanno cambiando", spiega William Laurance dello Smithsonian Tropical Institute, che ha condotto lo studio. La crescita delle piante richiede anidride carbonica ed i ricercatori ipotizzano che gli alberi dell'Amazzonia stanno ricevendo una spinta extra all'aumento dei livelli dei gas causati dai gas di scarico dei veicoli, le emissioni delle fabbriche e di altri processi industriali. [...] "La foresta amazzonica sembra fungere indisturbata da un importante pozzo d'assorbimento di carbonio, rallentando il riscaldamento globale, sebbene cambiamenti diffusi nelle comunità degli alberi potrebbero modificare questo effetto", afferma lo studio.

*Da: "Amazon carbon sink effect slows", BBC News, 10/03/2004 <http://www.bbc.co.uk> (nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

### Siccità e culture tradizionali

La siccità ha infine aperto un terzo fronte, quello agricolo. La Confederazione Italiana Agricoltori ha calcolato che nell'estate 2003 la produzione è scesa del 10% e si sono registrate perdite per 5,5 miliardi di euro in Italia e per 13,5 miliardi in Europa. [...] Il colpo è stato tale da accelerare il ripensamento di fondo su un'agricoltura che si basa su un assetto climatico in via di mutamento. Con la siccità che avanza diventerà sempre più difficile piantare granturco in regioni come la Sicilia, mentre sarà sempre più conveniente recuperare colture tradizionali a basso consumo idrico, le stesse che prima della seconda guerra mondiale consentivano di far crescere i frutteti e gli orti senza annaffiarli se non in occasioni eccezionali. Oggi per produrre 1 Kg di mais bisogna spendere 1.000 kg di acqua.

*Da: "Il Grande Caldo", Antonio Cianciullo, Ponte alle Grazie, 2004 (pag 120-121)*

## Fra mezzo secolo limoni a Novara e caffè a Palermo

Se un giorno vi dovesse capitare di assaporare gustosissime arance di Novara e banane di Siracusa, magari mentre sorseggiate dell'ottimo caffè coltivato a Palermo, allora vorrà dire che il cambiamento climatico in corso avrà fatto un bel passo in avanti. Stando infatti alle previsioni elaborate grazie a modelli costruiti al computer dai ricercatori dell'Istituto di Biometeorologia del CNR di Firenze sembrerebbe che se gli attuali trend di riscaldamento del Pianeta dovessero mantenere questo passo, tra 50 anni gli agrumi potrebbero crescere in Val Padana mentre le banane potrebbero tranquillamente essere coltivate ai piedi dell'Etna a patto, naturalmente, che ci sia acqua a sufficienza per farlo.

“Ogni pianta - dice il ricercatore del centro fiorentino, Simone Orlandini - ha bisogno delle sue particolari condizioni climatiche per crescere. In generale stiamo osservando uno spostamento delle colture dal Sud verso il Nord del Paese e anche al di fuori di esso”. In pratica le piante che prima erano coltivate esclusivamente nel Mezzogiorno, nel 2050 potrebbero esserlo in tutta la penisola e anche al di là delle Alpi. “Alcuni esempi lampanti di questo fenomeno potrebbero essere la vite e l'ulivo come pure gli agrumi”. La vite, per esempio potrà essere coltivata in quota oltre i 1200-1300 metri anche sulle Alpi e, fuori dall'Italia. In Italia invece assisteremo ad una trasformazione dei vitigni che vedranno scalzare le specie tradizionali: non sarà difficile trovare un ottimo Nero del Chianti che non avrà nulla da invidiare al famoso Nero d'Avola. Anche l'uva da tavola, prerogativa quasi esclusiva della Puglia potrà essere piantata fino alla Romagna. Stesso discorso vale pure per l'olivo che potrà essere coltivato nel cuore della Germania. Mentre per quanto riguarda arance, limoni e pompelmi questi non saranno più un prodotto esclusivo del Sud, ma si troveranno anche in Val Padana, dove andranno a sostituire i campi di granturco che invece hanno bisogno di una gran quantità di acqua.

Un discorso particolare merita il Mezzogiorno. “In quest'area il rischio reale è quello della desertificazione generale del territorio, ma non si esclude che nelle aree in cui ci sarà acqua sufficiente a disposizione non possano essere messe a coltura piante che vengono attualmente coltivate in Africa Settentrionale e in quella subtropicale”. Datteri e banane appunto, ma anche caffè, pistacchi e cotone che potrà essere piantato a Nord fino all'area di Latina nel Lazio.

*Da: Il mattino, Emanuele Perugini, 28/07/2003*

IN ARRIVO  
UNA RIVOLUZIONE  
AGRO CLIMATICA: LA VITE  
POTRÀ ESSERE COLTIVATA  
ANCHE SULLE ALPI MENTRE  
ARANCE  
LIMONI E POMPELMI IN VAL PADANA

## Il costo della siccità in Toscana

Nella sola Regione Toscana la siccità dello scorso anno ha prodotto danni valutabili attorno ai 250 milioni di euro.

(I danni economici sono stati calcolati in base alle valutazioni presenti nelle Delibere di Giunta della Regione Toscana n.1118-1125 del novembre 2003).



### Ecosistemi alpini a rischio

Il cambiamento climatico  
provocherà un'estinzione  
di massa oppure farà  
sbocciare nuova vita?  
Alcuni degli scenari  
scientifici sono  
apocalittici e scorgono  
nel riscaldamento  
globale cambiamenti  
profondi e mai più visti  
dalla scomparsa  
dei dinosauri.

Reuters, 20/05/2004

I biologi sostengono che il cambiamento climatico potrebbe già aver colpito gli ecosistemi d'alta montagna del mondo, laddove piante e animali che si sono adattati al freddo e alle condizioni disagiati, ora dovranno far fronte a temperature più elevate e all'aumento improvviso di predatori e avversari. Gli ecosistemi alpini sono particolarmente vulnerabili ai cambiamenti climatici, e studi recenti suggeriscono che le popolazioni montane — dai fiori delicati nelle Alpi Svizzere agli opossum pigmei dell'Australia — sono in pericolo. Un crescente numero di ricercatori temono che se il calore dovesse aumentare, molte piante e animali alpini dovranno scontrarsi con una veloce decadenza e estinzione. [...] Hanno riscontrato che tutte le creature stanno ovunque rispondendo al fenomeno del riscaldamento, tuttavia i biota di montagna, come le specie polari che amano il freddo, hanno un minor numero di alternative per superare la situazione (Science, 19 gennaio 2001, p. 424). Le temperature globali medie sono aumentate di 0.6°C negli ultimi 100 anni, e le isole della tundra sono diventate i rifugi dell'arca di Noè dove interi ecosistemi, spesso risalenti all'era glaciale, si sono ora arenati tra i mari impercorribili delle calde pianure. Queste isole si stanno riducendo. La quota più bassa per raggiungere lo zero termico alle medie latitudini è salita a 150 metri dal 1970. (In media, ogni salita di 100 metri corrisponde a una caduta di 0.5°C delle temperature medie.) [...] Queste piccole popolazioni possono essere spazzate via dai diversi fattori legati alle variazioni di temperatura: invasione di alberi, più bassa quota per le piante, o predatori; eventi meteorologici estremi; e, presumibilmente in caso di creature come le pica, un semplice surriscaldamento. "Prendete una montagna e riscaldatela, e probabilmente [l'ecosistema alpino] si sposterà verso l'alto — ma solo fino a quando avrà raggiunto la cima", spiega Brown. [...] Nel 1994, i ricercatori dell'Università di Vienna hanno dimostrato che in più dei due terzi dei siti presi in esame, le specie di pianura provenienti dalle montagne più basse, si erano spostate in su di 4 metri per decennio — una apparente risposta ad un innalzamento termico regionale di 0.7°C. Se l'ascesa continuasse, spiega il responsabile dello studio Georg Grabherr, le piante che amano i luoghi alle più alte quote, verranno spinte in alto ed alla fine "raggiungeranno il paradiso".

Da: "All downhill from here?", Kevin Krajick, Science, Vol 303, Issue 5664, 1600-1602, 12/03/2004 (nostra traduzione e adattamento dall'inglese)

LA COMPOSIZIONE  
E LA DISTRIBUZIONE  
DELLE SPECIE REAGIRANNO ALLE NUOVE CONDIZIONI  
CREATE DAL CAMBIAMENTO CLIMATICO  
LE SPECIE  
CHE NON RUSCIRANNO AD ADATTARSI  
VELOCEMENTE POTREBBERO  
ESTINGUERSI

## Il riscaldamento globale minaccia un'estinzione di massa

OSLO. Secondo uno studio internazionale, il riscaldamento globale potrebbe spazzare via un quarto delle specie di animali e piante sulla Terra entro il 2050, in una delle più grandi estinzioni di massa dal tempo dei dinosauri. Sottolineando le minacce a creature come le farfalle australiane e le aquile spagnole, le Nazioni Unite nel rapporto affermano che c'è necessità che il mondo ritorni al protocollo di Kyoto, utilizzandolo come un freno per l'innalzamento delle temperature collegate all'inquinamento dell'uomo. "Un quarto di tutte le specie di animali e piante, più di un milione in totale, potrebbe essere portata all'estinzione", spiega Chris Thomas, professore di Biologia Conservativa all'Università di Leeds in Inghilterra. Thomas, autore principale dello studio pubblicato dal giornale scientifico Nature, afferma che le emissioni provenienti dalle macchine e dalle fabbriche potrebbero portare, entro la fine del secolo, le temperature a livelli mai visti da trenta milioni di anni, minacciando così parecchi habitat. Lo studio, il più esteso mai fatto ad oggi, ha preso in esame il collegamento tra il riscaldamento globale e 1,103 specie di piante, mammiferi, uccelli, rettili, rane ed insetti in Sud Africa, Brasile, Europa, Australia, Messico e Costa Rica, calcolando approssimativamente risultati fino al 2050. Non ha invece preso in esame gli oceani. Thomas afferma ancora che la temuta estinzione potrebbe essere la peggiore dal tempo in cui sono spariti i dinosauri 65 milioni di anni fa. Le specie minacciate includono molti tipi di alberi in Amazonia, l'aquila imperiale spagnola ed il dragone della foresta di Boyd in Australia. Uccelli come il crociere scozzese potrebbero probabilmente sopravvivere se solo sapessero volare verso l'Islanda. Klaus Toepfer, responsabile del Programma Ambiente delle Nazioni Unite, ha detto che il rapporto ha messo in evidenza che le estinzioni potrebbero colpire miliardi di persone, principalmente del terzo mondo, che fanno affidamento sulla natura per il cibo, il riparo e le medicine.

*Da: "Global Warming Threatens mass extinctions, study says", Alister Doyle, Reuters, 08/01/2004 (nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

## Rondini in Inghilterra, sei settimane di anticipo

LONDRA. Che sia primavera oppure no poco importa. Il clima mite invitava a partire. Così le rondini si sono messe in viaggio: hanno volato per migliaia di chilometri e nei giorni scorsi sono atterrate nel Sud dell'Inghilterra. Con un anticipo - sei settimane rispetto alla media - che da quelle parti giurano di non aver mai registrato prima. "Normalmente arrivano fra la fine di marzo e l'inizio di aprile", ha detto Graham Madge della Royal Society for the Protection of Birds, ipotizzando che l'arrivo anticipato sia dovuto ad una corrente di aria tiepida proveniente da Sud-Ovest che la settimana scorsa ha transitato sul Sud dell'Inghilterra. Sfortunatamente però l'aria tiepida ha ora lasciato il posto a venti freddi provenienti dall'Artico proprio in coincidenza dell'arrivo delle rondini.

*Da: Corriere della Sera, 10/02/2004*

Rondine, Parigi, 2004  
(E. Blasi).



## DESERTIFICAZIONE

## I Numeri della Desertificazione nel mondo

250 milioni	la popolazione direttamente colpita da desertificazione
1 miliardo	la popolazione che vive in aree a rischio di desertificazione spesso nei Paesi più poveri emarginati e politicamente deboli
100	i Paesi che presentano rischio desertificazione spesso nei Paesi più poveri e politicamente deboli
3.600 milioni di ettari	la superficie terrestre toccata da fenomeni di degrado pari al 70% delle zone aride
42 bilioni di dollari	redditi persi annualmente nelle zone affette
2/3	del continente africano è costituito da deserto o terre aride
135 milioni di persone	rischiano di dover emigrare a causa del degrado del loro territorio
il 50%	dei conflitti armati nel 1994 avevano come fattore scatenante problematiche ambientali in zone aride
191	i Paesi che hanno ratificato la Convenzione delle Nazioni Unite per la Lotta alla Desertificazione (UNCCD)

LA SICCAITÀ  
E LA DESERTIFICAZIONE  
MINACCIANO I MEZZI DI SUSSISTENZA  
DI PIÙ DI 1 MILIARDO DI PERSONE  
IN PIÙ DI 100 PAESI NEL MONDO

## La desertificazione costa 42 miliardi di dollari

ROMA. Ogni anno si perdono 24 miliardi di tonnellate di terra coltivabile a causa delle desertificazione. Un rapporto dell'UNEP, il Programma ambientale delle Nazioni Unite, ha accertato che il degrado del territorio interessa circa 1.900 milioni di ettari: 550 milioni solo in Africa, dove è a rischio il 65 per cento della superficie coltivabile del continente. In tutto il mondo, la perdita della produttività potenziale dovuta all'erosione del suolo, è stimata equivalente a circa 20 milioni di tonnellate di grano all'anno. [...] La Confederazione italiana agricoltori (Cia) ha calcolato che nel 2001 la siccità ha causato all'agricoltura un danno in termini di mancata produzione di 1,7 miliardi di euro e dall'inizio dell'anno 2002 fino al mese di agosto, i danni subiti dalle coltivazioni a causa della desertificazione sono ammontati a circa 3,7 miliardi di euro. Persi migliaia di ettari di prodotti, con conseguenze immaginabili anche per gli allevamenti e le strutture aziendali. Le organizzazioni italiane rappresentative degli interessi degli agricoltori lanciano l'allarme: l'agricoltura italiana soprattutto quella del Mezzogiorno, è sempre più a secco.

Da: "La desertificazione costa 42 miliardi di dollari", ANSA, 26/08/2003



### Desertificazione: un killer silenzioso

Un quinto della popolazione mondiale è minacciato dagli impatti della desertificazione. I suoi effetti si possono vedere in tutto il mondo, in Asia, Sahel, America Latina, in tutta l'America settentrionale e lungo il Mediterraneo. Ad oggi, un terzo della superficie terrestre è minacciata dalla desertificazione, che significa un'area di più di 4 miliardi di ettari sul Pianeta. La sera del decimo anniversario



della Convenzione UN per Combattere la Desertificazione (UNCCD), le Nazioni Unite e le sue agenzie hanno ricordato alla comunità globale che la vastità della siccità e del degrado del terreno non possono essere ignorate. Le attività dell'uomo quali l'eccessiva coltivazione dei terreni, la deforestazione e la scarsa irrigazione, assieme ai cambiamenti climatici, stanno facendo diventare terreni una volta fertili, lande desolate. La desertificazione e la siccità costringono le persone a lasciare le loro terre in cerca di una vita migliore. Si stima che 135 milioni di persone – l'insieme delle popolazioni di Francia e Germania – sono a rischio di immigrazione a causa della desertificazione. Circa 60 milioni dovranno eventualmente trasferirsi dalle aree desertificate dell'Africa Subsahariana verso l'Africa del Nord e dell'Europa, entro l'anno 2020. Diversamente, negli ultimi 20 anni, quasi metà della popolazione mondiale maschile totale a Mali è immigrato almeno una volta ai vicini Paesi africani (96%) o verso l'Europa (2.7%). In Messico, il 47% delle terre sono colpite da desertificazione, causando vaste immigrazioni della popolazione. In una popolazione complessiva di 91 milioni di persone, si stima che ogni anno da 8 a 10 milioni di messicani, sono immigrati negli Stati Uniti in cerca di una vita migliore.

*Da: UNCCD, Convenzione UN per Combattere la Desertificazione, <http://www.unccd.org>  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

### Il 27% del territorio italiano a rischio desertificazione

ROMA. Italia sempre più a secco. In 20 anni l'inaridimento è triplicato e il 27% del territorio nazionale è infatti a rischio desertificazione. Vittime della siccità soprattutto le regioni meridionali dove l'avanzata del "deserto" rappresenta nel nuovo millennio una vera e propria emergenza ambientale. La Puglia è la più colpita da fenomeni di desertificazione con il 60% di superficie, seguita dalla Basilicata con il 54%, dalla Sicilia con il 47% e la Sardegna con il 31%. Ma a rischio anche le piccole isole. Il nuovo allarme siccità, è stato lanciato dagli esperti italiani nel corso della tavola rotonda su "Desertificazione e cambiamenti climatici in Italia".

*Da: "Clima: rischio desertificazione per 27% territorio italiano", ANSA, 31/03/2004*





UOMO

## UOMO E CLIMA

### L'uomo e il cambiamento climatico

Nei capitoli precedenti è stato più volte sottolineato che sono proprio le attività dell'uomo una delle cause del cambiamento del clima e che sarà l'uomo stesso a subirne le maggiori conseguenze, sia direttamente che indirettamente e che dovrà proporre soluzioni e alternative ecocompatibili e sostenibili, per rendere gli impatti del cambiamento del clima, meno "aggressivi" e dannosi. In questo contesto, quindi, l'uomo è posto al centro del problema del cambiamento del clima, come nella celebre raffigurazione dell'Uomo Vitruviano di Leonardo da Vinci. Finora, poche ricerche sono state dedicate a questo importante e complesso aspetto della salute umana e di conseguenza le previsioni a proposito degli effetti sanitari del clima sono spesso soggette a un alto tasso di incertezza, inoltre, mentre i modelli di previsione per i sistemi fisici come le inondazioni costiere o la stima dei raccolti agricoli, sono ben sperimentati, altrettanto non si può dire dei sistemi ecologici complessi, come quelli che impattano sulla salute umana.

Sebbene diversi modelli per prevedere l'impatto sanitario dei cambiamenti climatici sono stati messi a punto in questi anni, ci vorrà del tempo perché il classico schema della ricerca scientifica – osservazione, interpretazione, replica, predizione e, se necessario, cambiamento dell'ipotesi iniziale – possa portare a conclusioni certe. Molti degli impatti del riscaldamento globale, compresi quelli sanitari, possono essere ridotti o addirittura evitati grazie a strategie d'adattamento di diverso tipo. L'abilità di adattarsi ai mutamenti climatici, e in particolare di difendere la salute umana, dipende da molti fattori, diversi tra loro: le infrastrutture esistenti, le risorse economiche, la tecnologia, l'informazione e il livello di equità nelle differenti regioni del Pianeta. Fattori, quindi, che hanno radici in aree come la tutela delle riserve idriche, l'agricoltura, l'educazione, il commercio, il turismo, il trasporto, lo sviluppo e l'urbanizzazione. Per questo non esiste "una" strategia di adattamento, ma tante misure – primarie e secondarie, settoriali e intersettoriali, reattive o anticipatorie, pianificate o autonome – che difficilmente possono essere separate dalle strategie generali di salute pubblica. La salute umana riflette gli impatti combinati dei cambiamenti climatici sull'ambiente fisico, sugli ecosistemi, sul mondo economico e sulla società. Cambiamenti di lungo periodo nel clima mondiale potrebbero colpire le basi del benessere umano: cibo sufficiente, acqua potabile e insediamenti sicuri. E le mutazioni di ampia scala in atto nell'ambiente e nella società contemporanei significano che nel dibattito sul riscaldamento globale bisogna assegnare la priorità alla salute della popolazione umana. Assicurare una salute migliore, ovviamente,

richiederà educazione e informazione, trasferimento di tecnologie, distribuzione di risorse e un impegno internazionale e nazionale nella protezione delle risorse comuni, come l'atmosfera.

## Clima e salute

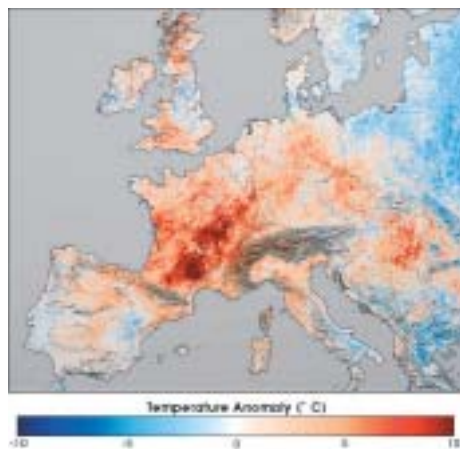
# CLIMA E SALUTE

Il termine salute umana è stato definito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità come "uno stato di completo benessere fisico, mentale e sociale, e non solamente l'assenza di malattia o infermità". Differenti aspetti di questo benessere sono legati al clima e al tempo atmosferico, ma primariamente esso dipende dalle risorse, dalle misure di sanità pubblica e dai sistemi di assistenza sanitaria disponibili per la popolazione e, conseguentemente, le comunità più vulnerabili risultano essere quelle che vivono in povertà. È ormai noto che i cambiamenti climatici influenzano sia la salute che l'ambiente naturale nel quale l'uomo vive, condizionandone anche i processi produttivi. I possibili effetti del clima sull'uomo possono essere i più diversi, spesso imprevedibili nella gravità e talvolta di difficile individuazione per la lentezza con la quale si manifestano (o agiscono). Numerosi sono i fattori che rendono difficile l'analisi di questa relazione; innanzitutto, i processi coinvolti si manifestano su grandi aree geografiche e su processi chimici e/o fisici che operano a livello regionale e globale. È ipotizzabile che tali effetti interesseranno intere popolazioni o comunità piuttosto che piccoli gruppi o singoli individui, e i meccanismi di ricaduta sulla salute umana potranno essere diversi a seconda della regione interessata. In base alle prime osservazioni e alle previsioni elaborate è comunque ipotizzabile che gli effetti negativi supereranno di gran lunga quelli positivi. Le incertezze sull'impatto dei cambiamenti climatici sulla salute dell'uomo sono complicate dagli imprevedibili cambiamenti futuri in campo sociale, demografico, economico e tecnologico, fattori che possono pesare notevolmente sulla vulnerabilità e la capacità di adattamento della nostra specie. Secondo l'IPCC (2001) gli effetti dei cambiamenti climatici sulla salute dell'uomo possono essere suddivisi in diretti e indiretti, anche se non si tratta di una vera e propria dicotomia ma di un *continuum* tra i due estremi. Nei primi possono essere individuati tre principali meccanismi di azione:

**1. Aumento della mortalità.** Un incremento nella frequenza e nell'intensità di ondate di calore che determinerebbero un aumento della mortalità e della morbilità (stato o frequenza percentuale di una malattia

---

1. **Mappa delle anomalie termiche** calcolate a partire dalle immagini MODIS-NASA, come differenze tra le temperature superficiali del 2003 e del 2001. (Fonte: Natural Hazards, NASA, USA. <http://earthobservatory.nasa.gov/NaturalHazards/>).



---

Nel 2003 l'Europa ha sperimentato un'ondata di calore senza precedenti che è stata responsabile di 14.800 morti in eccesso nella sola Francia. In Italia, secondo il Ministero della Sanità, ci sono stati 7.560 morti in più rispetto al 2002.

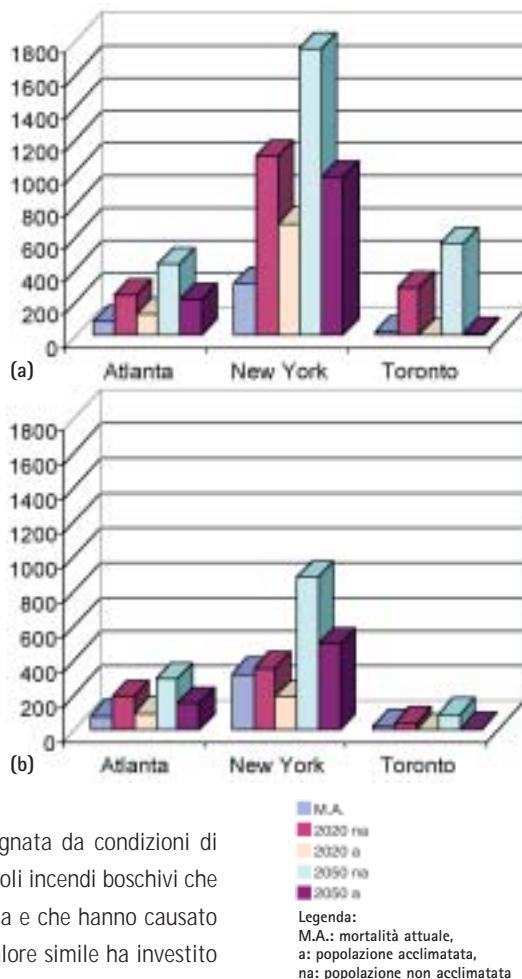
all'interno di un gruppo) legata al caldo. L'aumento di mortalità durante le ondate di calore è stato ampiamente dimostrato da studi eseguiti in tutto il mondo (Ramlow et al., 1990; Kalkstein, 1993; Kunst et al., 1993; Rooney et al., 1998, Katsouyanni et al., 1998), soprattutto quando la temperatura, accompagnata anche dall'elevata umidità, supera la soglia fisiologica a cui la popolazione locale si è adattata nel tempo. Un recente studio canadese (Smoyer et al., 2000) ha mostrato che la mortalità legata ad ondate di calore interessa soprattutto persone con età superiore a 65 anni e incide principalmente sulle popolazioni che vivono nelle grandi città. Nelle ondate di calore del 1980, 1983 e 1988 negli USA, rispettivamente 1700, 556 e 454 decessi furono attribuiti direttamente al calore (CDC, 1995). Le regioni temperate, come quelle del Nord America o del Nord e Centro Europa, sono quelle che in modo non proporzionale si riscaldano più delle zone tropicali e subtropicali (IPCC 1996, Working Group 1). Spesso i soggetti più colpiti sono gli anziani, i bambini, le persone affette da patologie cardiovascolari e la popolazione di basso livello socio-economico. Nell'emisfero Nord, fra i mesi estivi, le ondate di calore che si verificano nel mese di giugno sono associate ad una maggiore mortalità rispetto a quelle di pari intensità che si verificano nel mese di agosto. La ragione di questo fenomeno non è stata ancora chiarita, ma le ipotesi più accreditate sono due: la prima prevede che i soggetti più a rischio nella popolazione muoiano alla prima ondata di calore; la seconda considera la possibilità che, coloro che sopravvivono alla prima ondata, in qualche modo si acclimatino e siano così più resistenti alle successive ondate estive (Marmor, 1975). È comunque possibile che le due ipotesi coesistano. Kalkstein (1993) suggerisce che approssimativamente un terzo dei decessi associati alle ondate di calore, colpisce persone che sarebbero comunque decedute nelle settimane successive. D'altra parte, alcuni autori sostengono che potrebbero essere necessari alcuni giorni per un discreto acclimatamento a condizioni di caldo intenso, ma sarebbero necessari anni per un completo adattamento dell'organismo (Frisancho, 1991). Ci sarebbe, comunque, un "carico" di calore oltre il quale i meccanismi di termoregolazione, anche di un soggetto sano, non sono sufficienti; una soglia, cioè, oltre la quale aumenta il rischio di morbilità o mortalità nella popolazione. Tale soglia sarà diversa in caso di soggetti affetti da patologie croniche o con fattori di rischio per determinate patologie. Soglie di temperatura sono state individuate negli USA per città come St Louis, al Sud (circa 36°C) e Detroit, al Nord (circa 32°C), ma in Europa occidentale, per esempio, fino a questo momento non è stato possibile individuare una temperatura soglia per la mancanza di condizioni così estreme (Jentritzky, 1996).

A livello europeo, fino al 2003, non erano disponibili dati di decessi da calore da mettere in relazione con i cambiamenti climatici, se si escludono gli aumenti della mortalità giornaliera nel Regno Unito in conseguenza delle ondate di calore verificatesi nel 1976 e nel 1995, dove i decessi in eccesso rispetto alla media furono del 15% (McMichael et al., 1998; Rooney et al., 1998). Furono, invece, 2000 i decessi in eccesso rispetto alla media durante l'ondata di calore di Atene nel 1987 (Katsouyanni et al., 1998a, b). Sempre ad Atene, lo stesso autore ha evidenziato come l'aumento dei ricoveri e della mortalità aumentava di cinque volte dopo il terzo giorno dell'ondata di calore del 1987, mostrando l'importanza della durata dell'esposizione al caldo intenso (Katsouyanni, 1990).

Nel 2003 l'Europa ha sperimentato un'ondata di calore senza precedenti che è stata responsabile di 14.800 morti in eccesso rispetto alla media nella sola Francia e in modo particolare nell'area di Parigi (Dhainaut et al., 2004), con un aumento medio della mortalità del 130% oltre il valore atteso (Grynszpan, 2003). Per fare qualche paragone, nella famosa ondata di calore del 1995 a Chicago l'aumento fu del 147% mentre in quella del 1963 a Los Angeles fu del 172%.

Anche il Nord dell'Italia, e il Sud dell'Inghilterra sono state interessate dall'ondata di calore. In Italia, secondo il Ministero della Sanità, ci sono stati 7.560 morti in più rispetto al 2002. Non esistono informazioni ufficiali relative alla determinazione dei morti in eccesso rispetto ad un valore medio riferito a più anni. In figura 1 (p. 137) è riportata la mappa delle anomalie termiche calcolate a partire da immagini del satellite MODIS della NASA, come differenze tra le temperature superficiali del 2003 e del 2001. In alcune zone della Francia tali differenze termiche hanno raggiunto anche i 10°C, con temperature molto più alte nel 2003 rispetto al 2001. Un effetto indiretto di tale ondata di calore, accompagnata da condizioni di intensa e persistente siccità, sono stati gli innumerevoli incendi boschivi che hanno interessato Francia, Spagna, Portogallo e Italia e che hanno causato almeno 15 morti. Sempre nel 2003, un'ondata di calore simile ha investito

2. Cambiamento climatico e mortalità estiva (in migliaia) prevista al 2020 ed al 2050 secondo lo scenario a) dell'United Kingdom Meteorological Office Transient Experiment, e lo scenario b) del Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, per tre diverse città. (Fonte: *Climate change and human health*, WHO, 1996).



anche l'India, soprattutto la regione di Andhra Pradesh, dove la temperatura ha raggiunto addirittura i 49°C. Si stima che tale situazione abbia determinato più di 1.100 decessi.

L'ondata di calore del 2003 che ha interessato gran parte dell'Europa negli ultimi giorni di luglio e nella prima decade di agosto, mostra una stretta somiglianza con quello che gli scenari di modelli climatici prevedono che succederà con maggiore frequenza durante i prossimi periodi estivi. Molti modelli, infatti, prevedono che in conseguenza dell'aumento di concentrazione dei gas serra, le temperature estive aumenteranno in media di circa 4°C, con un corrispondente incremento nella frequenza di intense e persistenti ondate di calore. L'evento del 2003 può essere quindi considerato un esempio di quello che potranno essere le estati delle prossime decadi e può essere utilizzato per gli studi sugli impatti climatici e socio-economici (Beniston, 2004). Applicando le conoscenze sui rischi associati alle ondate di calore agli scenari di riscaldamento futuro, alcuni ricercatori americani hanno stimato che il numero di morti, dovuto a condizioni di caldo estremo o persistente, può aumentare significativamente in varie metropoli degli USA entro il 2050 (Kalkestein, 1993; figura 2).

Al contrario, la maggior probabilità di avere inverni più miti nell'emisfero settentrionale determinerebbe una consistente riduzione del numero di morti dovuti al freddo. In Europa, per esempio, l'aumento della temperatura media di 1°C potrebbe già ridurre significativamente la mortalità per cause cardiovascolari (Martens, 1998). In uno studio recente, Langford e Betham (1995) hanno previsto per l'Inghilterra e il Galles una riduzione di circa 9.000 decessi a partire dal 2050 in conseguenza ad un aumento della temperatura media invernale di 2-2.5°C.

Il progetto di ricerca europeo EUROWINTER (Eurowinter Group, 1997), allo scopo di correlare le differenze nella mortalità con il clima invernale e valutare i metodi usati dalla popolazione per proteggersi dal freddo, ha analizzato l'aumento di mortalità connesso con la riduzione di un grado centigrado della temperatura, al di sotto dei 18°C, nelle diverse regioni europee. L'aumento percentuale di mortalità generale per tale riduzione era maggiore nelle regioni più calde che nelle regioni più fredde. Infatti ad Atene, per un grado di riduzione della temperatura, l'aumento della mortalità era del 2.15%, mentre in Finlandia dello 0.7%. A supporto di questa osservazione, uno studio eseguito in Siberia, in una delle città più fredde del mondo, non ha evidenziato alcun rapporto tra il freddo e la mortalità nonostante che le temperature arrivino anche a 48°C sotto zero. I risultati sono la conseguenza di fattori comportamentali adeguati a quel clima, come l'uso di abbigliamenti-

to pesante, la limitazione delle attività all'aperto e un buon riscaldamento delle abitazioni (Donaldson et al., 1998). Attualmente le informazioni disponibili non permettono di effettuare un bilancio tra morti e vite risparmiate in conseguenza del riscaldamento legato ai cambiamenti climatici; in ogni caso, il bilancio varierà in base alla località e alla risposta adattativa.

**2. Patologie respiratore.** Cambiamenti nella temperatura e nell'umidità dell'aria, a livello stagionale e giornaliero, possono influenzare la concentrazione di materiale disperso nell'atmosfera con conseguenze soprattutto sulle patologie respiratorie. Le alte temperature accelerano i processi di formazione dello smog fotochimico e le concentrazioni di alcuni inquinanti, nonché l'inizio e la durata della stagione di fioritura, aumentando la permanenza dei pollini e delle spore allergogene. Queste condizioni sono strettamente legate, in modo complesso, alle sommatorie termiche ed alle piogge (Emberlin, 1994; Spiexsma et al., 1995). Alte temperature ed inquinanti dell'aria, specialmente i particolati, agiscono sinergicamente e influiscono sulla mortalità. La relazione più evidente e ampiamente documentata è quella con il PM10, sulla quale è stato pubblicato nel 2000 un importante studio che dimostra chiaramente l'incremento della mortalità per cause respiratorie e cardiovascolari consensualmente agli alti livelli di questo inquinante (Samet et al., 2000). Nonostante che l'approccio abbia il limite di considerare il PM10 e non il PM2.5, i risultati sono particolarmente allarmanti e gli studi eseguiti successivamente continuano a confermarli. L'effetto combinato tra alte temperature e formazione di inquinanti è già presente in grandi città, quali ad esempio Città del Messico e Santiago in Cile, dove tali condizioni favoriscono la formazione di inquinanti secondari (come per esempio l'ozono) (Escudero, 1990; Katsouyanni et al., 1993; Canziani et al., 1994). Risultati allarmanti sono emersi da un recente studio eseguito sulle autopsie di abitanti di Vancouver e Città del Messico; i polmoni degli abitanti della inquinatissima città messicana contenevano numerosi aggregati di particelle carboniose ultrafini e di silicato di alluminio, a differenza di quelli degli abitanti canadesi. Questo dimostra chiaramente che gli abitanti delle città inquinate ritengono nei polmoni elevate quantità di particolato, in particolare ultrafine (Brauer et al., 2001). Effetti combinati sull'aumento della mor-

---

3. Rischio di inquinamento ambientale, fiume cosperso di rifiuti, Delhi, India, Asia, novembre 2002 (WHO/P. Viot).





Un recente studio eseguito sulle autopsie di abitanti di Mexico City: i polmoni degli abitanti della inquinatissima città messicana contenevano numerosi aggregati di particelle carboniose ultrafini e di silicato di alluminio.

talità in risposta al simultaneo verificarsi di alte temperature e alti livelli di inquinanti atmosferici sono stati riportati anche per Atene (Katsouyanni et al., 1993). L'OMS stima addirittura 500.000 decessi in più ogni anno nel mondo a causa dell'esposizione a PM (WHO, 2000).

In tempi recenti stanno emergendo con sempre maggior chiarezza i rapporti tra aerobiologia ed inquinanti e la possibilità che questi due fattori possano svolgere un effetto sinergico nella patogenesi di importanti malattie respiratorie (in particolare l'asma bronchiale). I cambiamenti climatici possono influenzare l'asma, sia agendo direttamente sulle vie aeree con meccanismi come il raffreddamento o l'irritazione, sia indirettamente, condizionando i livelli atmosferici di allergeni come pollini e spore fungine. È esperienza comune che alcuni pazienti asmatici risentono negativamente di alcune condizioni atmosferiche, per esempio l'umidità o il freddo intenso (Deal et al., 1980; O'Byrne et al., 1982). Numerosi sono comunque gli studi che hanno mostrato relazioni tra le cosiddette "epidemie" di asma, rappresentate da un consistente incremento dei ricoveri al pronto soccorso in un breve periodo di tempo, e determinati eventi atmosferici (Salvagio et al., 1970; Goldstein, 1980; Packe e Ayres, 1985).

**3. Eventi meteorici estremi (alluvioni, tifoni, siccità, ecc.)** causano morti, danni, malattie infettive e disordini mentali. Riguardo agli effetti sulla salute delle alluvioni, gli studi effettuati dopo alcuni eventi alluvionali, utilizzando sia metodi quantitativi che qualitativi, hanno evidenziato la presenza di episodi di stress post-traumatico, epidemie circoscritte di malattie di solito rare (come la leptospirosi, malattia che si manifesta con febbre acuta ed è trasmessa da un batterio), un aumento delle malattie respiratorie ed intestinali (Comunicato Stampa: <http://www.euro.who.int/mediacentre>). I dati disponibili indicano inoltre che alcuni gruppi all'interno della comunità (per esempio anziani, disabili, bambini, donne, minoranze etniche, e persone con basso reddito) possono essere più vulnerabili agli effetti delle alluvioni sulla salute. Il numero di vittime per questo tipo di eventi è abbastanza basso in Europa (Alexander, 1993; International Decade for Natural Disaster Reduction - IDNDR, 1994) ma può raggiungere dimensioni consistenti in altri continenti quali l'America Latina o l'Asia. Ad esempio le forti inondazioni che hanno interessato il centro Europa (Austria, Repubblica Ceca e Germania) nell'estate del 2002 hanno determinato 110 morti e 15 miliardi di euro di danni (Risk Management Solutions - RMS, 2002) contro i 30.000 morti e i 2 miliardi di dollari di danni che si sono verificati in Venezuela nel dicembre del 1999, a causa di piogge torrenziali (IFRC, 2001). Tale forte

impatto, a livello di America Latina, è conseguente alla localizzazione di popolosi e poveri agglomerati urbani su zone collinari geologicamente a rischio e su aree a rischio di alluvione.

Esistono dei segnali che l'incidenza delle inondazioni nelle parti settentrionali dell'Europa e delle burrasche nelle parti occidentali e centrali dell'Europa (e quindi rischi per la salute) siano in aumento (Downing et al., 1996), ma, attualmente non esistono studi di stima sugli aumenti di mortalità e morbilità.

Secondo un rapporto della Commissione Europea, presentato a Dresda dal commissario per la Ricerca Philippe Busquin nell'ottobre del 2003, nel periodo dal 1980 al 2002 l'Italia detiene il triste primato in Europa per la mortalità legata a inondazioni e alluvioni (38% del totale delle vittime nei quindici Paesi della Comunità). Il secondo posto tocca alla Spagna (20%), seguita dalla Francia (17%). L'Italia è seconda solo alla Francia per il numero di alluvioni e inondazioni: il numero più alto di alluvioni sono avvenute in Francia (22%), Italia (17%) e Gran Bretagna (12%).

Esistono evidenze anche di diminuzioni di piogge a livello dell'Australia e della Nuova Zelanda, dell'Africa del Nord e dell'Asia e, conseguentemente, di un aumento della frequenza dei periodi siccitosi e la riduzione della lunghezza dei periodi di crescita. Ad esempio in Marocco, secondo MADRPM (1999), prima del 1990 si verificava un anno siccitoso su 5, mentre durante l'ultima decade, tale rapporto è stato, in media, di 1 anno siccitoso su 2. Negli anni siccitosi la riduzione della produzione di cereali è stata anche del 70%. Se però nel caso del Marocco, così come in Paesi ad alto reddito, tali eventi possono essere affrontati dal "sistema sociale", che permette di aiutare chi è direttamente afflitto dall'evento (l'agricoltore che perde il raccolto) e di modificare ad esempio le pratiche agricole per affrontare le conseguenze dei cambiamenti climatici, in Paesi ad economia debole, quali ad esempio l'India, tali situazioni determinano la morte di molte persone ed esistono ben poche opportunità di modificare il sistema di coltivazione (ESPERE-ENC, <http://www.atmosphere.mpg.de>). La siccità ha, inoltre, un impatto diretto sulla salute pubblica attraverso un peggior-

**4. Tubercolosi, una paziente trasportata dai suoi due figli, Alem Kitmama Nord Est di Addis-Abeba, Etiopia, Africa, giugno 2002 (WHO/P. Viot).**



ramento della qualità dell'acqua. Infatti, con l'abbassarsi del livello dei corsi d'acqua, la concentrazione di prodotti chimici, effluenti e patogeni può aumentare in modo marcato con un conseguente impatto sulla qualità dell'acqua da bere, sia del sistema pubblico sia dei pozzi domestici. Tali effetti sono particolarmente evidenti in regioni quali quelle africane (Zambia, Zimbabwe, Botswana, e Sud-Africa) dove, ripetutamente, in coincidenza con anni siccitosi, si verificano forti aumenti di casi di diarrea, dissenteria e colera (Southern African Research and Documentation Centre - SARDC, 1994). In conseguenza della grande siccità che ha interessato nel 2002 gran parte degli Stati Uniti, si sono registrati inattesi effetti indiretti a livello di salute mentale e di stress, con aumento di suicidi, abusi, insonnia, ecc. (Hayes, 2002). È probabile che questi problemi legati alla siccità aumenteranno in conseguenza dei cambiamenti climatici previsti, ma, in ogni caso, misure di controllo ne modificheranno l'impatto.

---

In Europa e nell'America del Nord è previsto, a causa del riscaldamento del clima, un aumento del rischio di trasmissione della malaria.

Gli effetti indiretti del cambiamento climatico sulla salute dell'uomo sono quelli che vengono mediati dall'ambiente circostante: ad esempio alcuni eventi estremi possono modificare l'ecologia e l'attività degli agenti infettivi che possono così provocare patologie nell'uomo. Si tratta di un problema che riguarda prevalentemente i Paesi in Via di Sviluppo, dove le infezioni trasmesse da vettori sono una delle maggior cause di malattia. La distribuzione e l'abbondanza dei vettori e degli ospiti intermedi delle malattie infettive sono determinate da vari fattori fisici (temperatura, precipitazioni, umidità e vento) e biotici (vegetazione, caratteristiche degli ospiti, predatori, competitori, parassiti ed intervento dell'uomo). In particolare possono essere individuati:

**1. Aumento della distribuzione geografica di organismi vettori (per esempio zanzare, acari, mosche della sabbia) di varie malattie infettive, in conseguenza ai cambiamenti nelle dinamiche del ciclo vitale di vettori e parassiti infettivi sensibili ad alcune variabili climatiche.**

Un aumento della temperatura, per esempio, può accelerare i processi metabolici tanto da rendere necessaria una maggior quantità di cibo. I vettori che si nutrono di sangue necessitano quindi di incrementare il numero di punture; la conseguenza è una maggior produzione di uova. Inoltre, le variazioni della temperatura possono determinare la diffusione di alcune malattie trasmesse da artropodi in zone diverse dove non erano precedentemente per limiti di temperatura massima o minima. Anche l'umidità è un parametro che influisce notevolmente sui processi metabolici dei vettori. Infatti, alle alte temperature, un'alta umidità relativa provoca un prolungamento della sopravvivenza degli artropodi, anche se li rende più suscettibili alle infezioni batteriche e fungine. D'altra parte, bassi valori di umidità possono indur-



---

Cambiamenti climatici potrebbero portare ad una maggior diffusione della mosca della sabbia verso le regioni settentrionali, dal momento che l'ostacolo più importante alla diffusione di questo vettore sembra essere proprio il clima.

no di El Niño (ENSO) può fornire alcuni indizi sull'impatto dei potenziali futuri effetti dei cambiamenti su queste malattie, poiché influenza la distribuzione (riproduzione e mortalità) dei vettori della malattia. Un incremento molto rilevante di *Plasmodium falciparum* (il più pericoloso degli agenti della malaria) fu segnalato sugli altipiani del Rwanda in associazione con l'evento dell'ENSO del 1987 e con un incremento nelle temperature minime (temperature notturne) e medie (Loevinsohn, 1994).

Negli ultimi anni, sta diventando un problema anche in Europa e nell'America del Nord, dove è previsto, a causa del riscaldamento del clima, un aumento del rischio di trasmissione della malaria. In Paesi come la Turchia, per esempio, l'ultima epidemia si è verificata nel 1997, con più di 35.000 persone infettate dal *Plasmodium vivax* veicolato dalla *Anopheles sacharovi*; tutti questi casi hanno dimostrato un'origine autoctona. Ricordiamo, a tale proposito, che la malaria autoctona è definita come un'infezione trasmessa da una *Anopheles* locale in un Paese nel quale era stata ottenuta l'eradicazione. Perché si realizzi questa condizione è necessario che vi sia una sufficiente densità di *Anopheles* locale, una sufficiente incidenza di malaria importata, la compatibilità tra il vettore locale ed il tipo di *Plasmodium* importato e condizioni climatiche che permettano il completo ciclo sporogonico nel vettore. Queste condizioni si sono realizzate in alcune zone dell'Europa occidentale. Un interessante caso si è verificato in Maremma nel 1997, dove una donna che non aveva mai viaggiato e che abitava lontano da aeroporti contrasse l'infezione dall'*Anopheles labranchiae*, il vecchio vettore della malaria in Italia. Un attento studio permise di accertare che il vettore fu infettato da una bambina di sette anni che abitava nelle vicinanze ed aveva contratto la malaria durante un viaggio in India (Baldari et al., 1998) Questo caso dimostra come sia facile la trasmissione di questa malattia quando ci siano le condizioni favorevoli. Nonostante la preoccupazione derivata da casi come questi, gli studi hanno dimostrato che i vettori presenti in Europa non sono generalmente capaci di trasmettere il *P. falciparum* tropicale; l'adattamento si potrebbe verificare soltanto dopo un lungo periodo di selezione. Inoltre, viste le risorse della sanità pubblica (gestione delle acque superficiali, sorveglianza sanitaria, trattamenti medici) il diffondersi di tale patologia è estremamente improbabile, anche se l'aumento di resistenza del *Plasmodio* (agente patogeno della malaria) ai trattamenti di profilassi potrebbe aumentare le *chances* di trasmissione della malattia. In figura 5 sono mostrati alcune ipotesi di diffusione della malaria sulla base di scenari climatici futuri.

Per quel che riguarda la dengue, quest'ultima è la più importante malattia da arbovirus nell'uomo e le malattie ad essa correlate, come la febbre emorragica e la "shock sindrome", sono una delle più importanti cause di morte tra i bambini asiatici. Il vettore più importante di questa malattia è l'*Aedes aegypti* e studi condotti in Messico hanno mostrato che un aumento di 3-4°C nelle temperature medie può determinare il raddoppio del tasso di trasmissione della dengue (Koopman et al., 1991). Tuttavia, un altro vettore, *Ae. albopictus*, si è diffuso in zone nelle quali non era mai stato presente ed esiste un rischio che nei prossimi anni possa diffondersi anche in Europa dal momento che ormai sono riportati casi in aree vicine, come la penisola arabica e Gibuti e che, fino a circa 50 anni fa, era presente in Grecia, Turchia ed altri Paesi vicini (Gratz e Knudsen, 1989). Quest'ultimo vettore è stato introdotto in Italia intorno al 1990 ed è già stato segnalato in 10 regioni e 19 province; i suoi limiti climatici sono una temperatura media invernale sotto lo zero, un media di precipitazioni annuale superiore ai 500 mm ed una temperatura media estiva superiore ai 20°C. Questi criteri climatici sono soddisfatti, attualmente, in Albania, Francia, Grecia, Portogallo, Turchia, Spagna, ed ex-Iugoslavia (Knudsen et al., 1996).

Gli studi epidemiologici hanno dimostrato che la temperatura è l'elemento più importante per la diffusione della dengue nelle aree urbane. Un aumento della temperatura media di circa 2°C entro il 2100 potrebbe indurre una considerevole diffusione della malattia sia in senso longitudinale che latitudinale. Nelle zone temperate, questi cambiamenti potrebbero prolungare la durata della "stagione di trasmissione" (Jetten e Focks, 1997), in particolare, condizioni favorevoli per la trasmissione della dengue si possono creare ad Atene, in brevi periodi della tarda estate (in base alle correnti climatiche) se fossero introdotti il vettore ed il virus (Focks et al., 1995). Lo stesso si potrebbe verificare in molte aree dell'Europa meridionale, con condizioni climatiche simili a quelle di Atene. In Europa sono, inoltre, presenti sia la forma cutanea che quella viscerale della leishmaniosi, causate entrambe dalla *Leishmania donovani infantum*. In particolare, casi di leishmaniosi cutanea sono riportati in Francia, Italia e Spagna, dove sta emergendo come importante co-infezione nei malati di AIDS. La forma viscerale, detta anche kala-azar, è invece endemica in alcune regioni dell'area mediterranea. La leishmaniosi è trasmessa dalla mosca della sabbia (flebotomo) che vive prevalentemente nelle regioni semiaride. I cambiamenti climatici potrebbero portare ad una maggior diffusione della mosca della sabbia verso le regioni settentrionali, dal momento che l'ostacolo più importante alla diffusione di questo vettore sembra essere proprio il clima. Uno studio eseguito in Italia,

ipotizza che i prospettati cambiamenti climatici potrebbero estendere la diffusione del *P. perniciosus* e ridurre quella del *P. perfilliewi* (Kuhn, 1997). Le temperature più alte, inoltre, accelererebbero la maturazione del parassita protozooario, aumentando il rischio di infezione (Rioux et al., 1985).

Per quanto riguarda altre malattie, le zecche possono trasmettere all'uomo numerose malattie da batteri, rickettsie e virus. Si tratta di ectoparassiti la cui distribuzione geografica dipende dalle caratteristiche della vegetazione, dalla diffusione delle specie ospite (di solito roditori e grandi mammiferi come il cervo), ma soprattutto dalle caratteristiche climatiche poiché le zecche sopravvivono a lungo e sono attive in primavera, estate e all'inizio dell'autunno. Infatti, per completare il ciclo vitale della zecca, la temperatura deve essere sufficientemente elevata durante i mesi caldi ed abbastanza elevata anche in inverno. Inoltre, l'umidità deve essere sufficiente, per impedire la disidratazione delle uova e delle zecche stesse. In pratica, temperature più alte delle ottimali incrementano la proliferazione dell'agente infettivo all'interno delle zecche, mentre temperature più basse riducono la percentuale di sopravvivenza di vettori e agenti infettanti. L'importanza dei cambiamenti climatici è dimostrata dall'osservazione che il limite settentrionale della diffusione delle zecche in Svezia si è spostato dal 1980 al 1994 (Talleklint e Jaenson, 1997). Questi cambiamenti sembrano correlati con le

**Tabella 1. Principali malattie tropicali trasmesse da vettore e le probabilità di modifica della loro distribuzione come risultato dei cambiamenti climatici.**

Malattia	Vettore	Numero di persone a rischio (milioni)	Numero di persone infette o nuovi casi per anno	Distribuzione attuale	Probabilità di modifica della distribuzione a causa dei cambiamenti climatici
Malaria	Zanzara	2.400	300-500 milioni	Tropici/Subtropici	+++
Schistosomiasi	Lumaca d'acqua	600	200 milioni	Tropici/Subtropici	++
Filariosi linfatica	Zanzara	1.094	117 milioni	Tropici/Subtropici	+
Tripanosomiasi africana	Mosca tze-tze	55	250.000-300.000 casi/anno	Africa tropicale Asia meridionale/	+
Dracunculiasi	Crostaceo	100	100.000 casi/anno	Africa centro-orientale e centro occidentale	?
Leishmaniosi	Mosca della sabbia	350	12 milioni infetti, 500.000 nuovi casi/anno (1)	Asia/Sud Europa Europa/Africa/ America	+
Oncococcosi	Simulium (blackfly)	123	17.5 milioni	Africa/America Latina	++
Tripanosomiasi americana	Cimice	100	18-20 milioni	America centro-meridionale	+
Dengue	Zanzara	2.500	50 milioni/anno	Tropici/Subtropici	++
Febbre gialla	Zanzara	450	<5.000 casi/anno	America meridionale tropicale e Africa	++

+ = probabile; ++ = molto probabile; +++ = altamente probabile; ? = sconosciuto.

(1) Incidenza annuale di leishmaniosi viscerale; incidenza annua di leishmaniosi cutanea è di 1-1.5 milioni di casi/anno.

Fonte: Pan American Health Organization - PAHO, 1994; WHO, 1994, 1995; Michael e Bundy, 1996.

variazioni delle temperature minime medie stagionali (Lindgren et al., 2000). Un lungo ed esteso studio condotto in Svezia ha dimostrato come l'incidenza dell'encefalite aumenti dopo inverni più miti (cioè meno giorni con temperatura inferiore a  $-7^{\circ}\text{C}$ ) associati a primavera ed estati più lunghe per due anni successivi (Lindgren, 1998).

In tabella 1 sono mostrate le principali malattie tropicali trasmesse da vettore e le probabilità di modifica della loro distribuzione come risultato dei cambiamenti climatici.

**2. Aumento delle malattie infettive non veicolate da vettori in conseguenza all'effetto delle alte temperature sulla proliferazione dei microrganismi.** Molte infezioni legate ai cibi sono influenzate dalla temperatura ambiente ed hanno il loro picco massimo nei mesi estivi (ad esempio la salmonellosi). Uno studio epidemiologico inglese, relativo al periodo 1982-1991, ha mostrato che le infezioni trasmesse con gli alimenti sono significativamente correlate con la temperatura del mese precedente al momento in cui l'infezione si verifica (Bentham e Langford, 1995). Anche la diminuzione della disponibilità e della qualità dell'acqua rappresentano un possibile rischio per la salute, così come la contaminazione delle sorgenti dell'acqua in conseguenza ad alluvioni e siccità. Queste condizioni alterano le dinamiche della popolazione degli organismi patogeni, impediscono l'igiene personale e danneggiano i sistemi fognari. La conseguenza più probabile è un incremento delle malattie infettive gastrointestinali.

Ad esempio nel 1983, in Bolivia, a causa di inondazioni dovute a El Niño ci furono diffuse infezioni da Salmonella (Telleria, 1986). In studi recenti (Pascual et al., 2000) su dati del Bangladesh, è stato accertato il ruolo di El Niño nella variabilità dei cicli del colera (la malattia si intensifica dopo gli eventi caldi e diminuisce dopo quelli freddi), e come questo ruolo si sia intensificato negli ultimi decenni, in conseguenza di sempre più forti e variabili oscillazioni di El Niño. Studi condotti in America Latina (Epstein et al., 1993) hanno rilevato l'associazione tra la fioritura delle alghe nelle aree costiere e la contaminazione da biotossine di pesci e molluschi. Con il riscaldamento degli oceani, le tossine sensibili alla temperatura, prodotte dal fitoplancton, potrebbero causare episodi sempre più frequenti di contaminazione della fauna acquatica.

6. Donna che riempie d'acqua una giara vicino a Alem Kitmama Nord Est di Addis-Abeba, Etiopia, Africa, giugno 2002 (WHO/P. Viot).





**3. Influenza indiretta dei cambiamenti climatici sulla salute umana attraverso altri impatti.** Un effetto potenzialmente importante sulla salute può derivare dal deterioramento delle condizioni sociali ed economiche in conseguenza degli effetti dei cambiamenti climatici sulle dinamiche di impiego, distribuzione della ricchezza, mobilità e insediamento della popolazione. Un altro effetto indiretto può essere rappresentato dagli effetti negativi dei cambiamenti climatici sulla produzione di cibo (Rosenzweig e Parry et al., 1994; Reilly et al., 1994), particolarmente per le popolazione che già vivono in condizioni marginali e che hanno capacità minime di cambiamenti adattativi (Leemans, 1992). Economie deboli, come quella africana, si adattano ai cambiamenti climatici con difficoltà. La vulnerabilità è alta principalmente perché la popolazione dipende in modo marcato dall'agricoltura senza il beneficio dell'irrigazione.

L'impatto attuale dei cambiamenti climatici sulla salute umana è modulato dalla suscettibilità della popolazione esposta e dall'abilità umana di adattarsi. Le misure di adattamento primarie o anticipatorie (cioè tutte le azioni volte a prevenire l'inizio di una malattia proveniente dai disturbi di tipo ambientale in una popolazione non predisposta alle malattie) nonché quelle secondarie o reattive (cioè quelle azioni preventive in considerazione di una prima evidenza di impatti del clima sulla salute umana), possono risultare molto efficaci nel ridurre gli effetti dei cambiamenti climatici. In generale le popolazioni, comunità o gruppi di persone più vulnerabili sono quelle che vivono in povertà o che hanno alta incidenza di malnutrizione, esposizione cronica ad agenti patogeni infettivi e inadeguato accesso ad infrastrutture economiche, sociali e sanitarie.

# WYKOSY TOSY



UOMO



## PROTEZIONE CIVILE

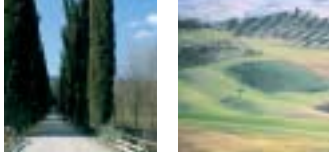
### Il ruolo della Protezione Civile nella prevenzione del rischio

L'aumento delle temperature superficiali del mare con conseguente aumento del pericolo di precipitazioni intense, la trasformazione del percorso e della intensità delle perturbazioni invernali, l'aumento del livello degli oceani, le variazioni nella frequenza e nell'intensità dei fenomeni estremi quali alluvioni, ondate di calore, siccità con significativi impatti sull'uomo, sulla biodiversità e sulle risorse idriche rappresentano degli ipotetici scenari sui quali la protezione civile assume un ruolo di estrema importanza nell'ottica di salvaguardia della popolazione e dei beni. Fino agli anni Ottanta, in Italia, le attività di protezione civile sono state percepite – e svolte – esclusivamente con riferimento alla dimensione del soccorso, cioè della gestione dell'emergenza, facendo riferimento a modelli organizzativi definiti sul momento, in una logica sostanzialmente di improvvisazione. Soltanto a seguito del terremoto dell'Irpinia comincia a delinearsi l'esigenza di definire preventivamente il quadro generale delle competenze e delle attività da mettere in gioco al verificarsi di calamità. Del resto in quegli stessi anni, con la prima Direttiva Europea c.d. "Seveso" (cui seguirà, nel '96 la seconda Direttiva c.d. "Seveso II"), trova formale riconoscimento il concetto di "prevenzione", come complesso di azioni tese a ridurre l'entità dei danni conseguenti a fenomeni calamitosi. Anche se con riferimento ad una specifica fattispecie di rischio, il rischio industriale appunto, e ancora una volta originata da una esperienza drammatica, la Direttiva Europea apre la strada ad una "cultura" della prevenzione estesa a tutto tondo alle varie ipotesi di rischio sia di origine naturale che di origine antropica. La prima legge organica che sistematizza in Italia le attività di protezione civile, anche nella loro dimensione di prevenzione, è la legge n. 225/1992 istitutiva del Servizio nazionale della protezione civile, legge che, nel suo impianto generale, costituisce ancora oggi, il punto fondamentale di riferimento per la gestione della attività di protezione civile.

## RISCHIO

### Il rischio

Il concetto base nell'affrontare le tematiche della protezione civile oggi è il "rischio" inteso come la probabilità che una situazione potenzialmente di minaccia produca un danno. Nell'ottica, accennata in premessa, della protezione civile come soccorso e gestione dell'emergenza, l'unico sostanziale punto di riferimento era il danno effettivamente occorso: l'organizzazione e le attività da porre in essere erano infatti misurate esclusivamente *ex post* ad emergenza avvenuta. Il rischio è concetto, invece, indissolubilmente lega-



to ad una logica preventiva, risponde alla domanda: “cosa potrebbe accadere?” e non a quella: “cosa è accaduto?”. Il rischio – che in una accezione comune è molto spesso usato come sinonimo di pericolo – rappresenta un elemento composto i cui elementi costitutivi sono:

- la pericolosità, cioè la possibilità del verificarsi di una situazione di minaccia;
- la esposizione, vale a dire l'esistenza di beni suscettibili di essere “coinvolti” della situazione di minaccia;
- la vulnerabilità, cioè l'effettiva possibilità che i beni subiscano danni per effetto di tale coinvolgimento.

In un ipotetico ambiente privo di elementi “di valore”, l'insorgere di fenomeni naturali, quali frane, alluvioni, terremoti, anche di entità rilevante, non sarebbe idonea, proprio per mancanza di beni esposti, a generare fattispecie di rischio. La situazione di rischio, ove si volesse misurarla, sarebbe infatti assolutamente inesistente: il grado di rischio, in termini puramente aritmetici, è infatti il prodotto dei tre elementi sopra richiamati. Ove solo uno dei tre sia pari a 0, ugualmente pari a 0 sarà il loro prodotto. Evidentemente l'ambiente sopra ipotizzato non esiste o comunque ha una rilevanza estremamente residuale in un contesto, qual è quello attuale di sempre crescente antropizzazione, ma anche di delicato equilibrio ambientale. Oggi quindi i fattori di pericolosità sono sempre apprezzabili quali produttori – o potenziali produttori – di danni.

### **Il grado del rischio e la relativa accettabilità**

## ACCETTABILITÀ

Pur assumendo la pressoché ordinaria esistenza, a fronte di un fattore di pericolosità, di una situazione di rischio, la “misura” di tale rischio costituisce un punto di riferimento essenziale nell'ambito delle attività di protezione civile. L'esistenza di una situazione di rischio infatti è considerata “accettabile” quando essa sia contenuta, in rapporto all'entità dei danni ipotizzati, in limiti quantitativi e qualitativi ritenuti sopportabili dalla collettività interessata. È infatti evidente che in un ambiente profondamente trasformato dal progresso tecnologico, dagli insediamenti civili e produttivi e da tutti gli altri elementi della società industriale, non si può prescindere dalla necessaria convivenza con le situazioni di rischio che scaturiscono dalla natura ovvero dall'attività dell'uomo. È bene puntualizzare peraltro che l'accettabilità del rischio non si riduce ad un mero calcolo costi/benefici - operazione che potrebbe portare a conseguenze molto opinabili in rapporto ai valori in gioco - ma è sempre basata su una imprescindibile identificazione di beni da salvaguardare comunque, quali la vita umana e la sua integrità, l'ambiente e il tessuto socio economico di una collettività.



## PREVISIONE DEI RISCHI

La previsione dei rischi come presupposto dell'attività di prevenzione

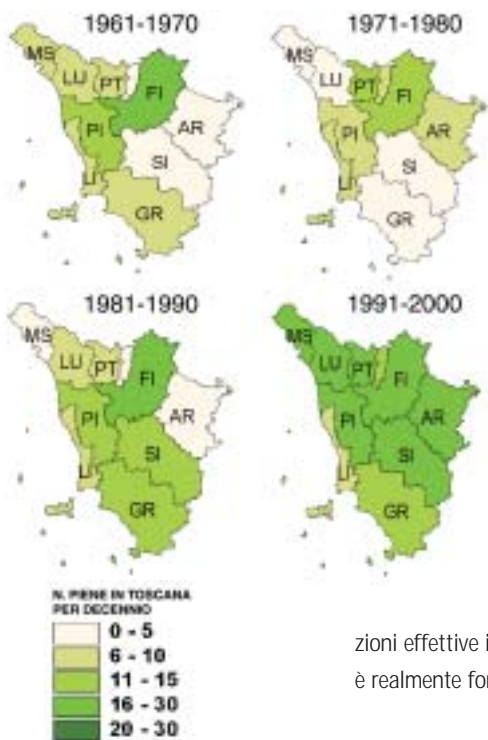
1. Le variazioni di frequenza dei giorni con piene in Toscana per decennio (Fonte: elaborazione IBIMET CNR su dati IRPI).

Negli ultimi anni, anche in relazione all'aumento dei fattori di rischio legati alle attuali condizioni meteo climatiche (figura 1), si è sviluppata una la dimensione "preventiva" della protezione civile, costituita dalla previsione dei rischi. Nessuna efficace azione di contenimento dei rischi può essere intrapresa se, prioritariamente, non vengono identificati i rischi medesimi, con una puntuale ricognizione degli elementi che li compongono: fattori di pericolosità, elementi esposti e relativa vulnerabilità. L'attività di previsione dei rischi, evidentemente

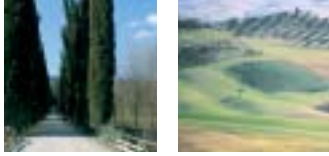
non è propria soltanto della protezione civile: molte altre discipline la utilizzano per le proprie finalità di prevenzione. Tuttavia è bene precisare che il termine "previsione dei rischi", in senso tecnico, qualifica l'attività tesa ad individuare e "misurare" situazioni in cui il rischio effettivamente sussiste e non situazioni in cui "sussisterebbe se...". Ciò spiega perché non ci si riferisce propriamente al rischio per gli interventi che attengono alla localizzazione di nuovi elementi antropici, cioè all'inserimento di elementi esposti e vulnerabili in un contesto caratterizzato da pericolosità. In tali casi infatti la inibizione dell'intervento è effettuata – proprio per prevenire *ex ante* l'insorgere di rischio – sulla base della pericolosità già esistente che rende incompatibile l'antropizzazione dell'area considerata ovvero che impone che la medesima avvenga nel rispetto di particolari vincoli. Ai fini di protezione civile e dell'attività di prevenzione che sarà successivamente illustrata, la previsione dei rischi ha ad oggetto esclusivamente le situazioni effettive in cui, per la presenza di beni esposti e vulnerabili, la pericolosità è realmente fonte di minaccia e produttrice di danni.

### Scenari di danno e piani di protezione civile

Lo sviluppo nell'ambito delle finalità della protezione civile delle esigenze di prevenzione e la conseguente rilevanza assunta dalla attività di previsione dei rischi ha profondamente modificato l'impostazione del principale strumento di azione della protezione civile, vale a dire il piano di protezione civile. Fino a pochi anni fa, il piano di protezione civile era costituito sostanzialmente dall'elenco delle varie risorse (uomini, mezzi, strutture) da mobilitare in caso di emergenza: salvo il nome, tale elenco aveva veramente poco a che spartire con un "piano" di azioni e procedure. Gli approfondimenti connessi alla individuazione dei vari rischi



## SCENARI DI DANNO



hanno consentito di prefigurare, appunto nell'ambito del piano, i possibili fenomeni attesi e il loro impatto sul territorio e la popolazione, in una "ricostruzione" virtuale denominata appunto "scenario". La definizione di uno scenario consente di sviluppare preventivamente la strategia di risposta al fenomeno, inserendo l'elenco delle risorse in un quadro organizzato di azioni, di procedure operative, insomma nella logica di un vero e proprio "piano". La definizione dello "scenario" consente inoltre di percepire, analizzare ed affrontare la possibile interconnessione di problematiche eterogenee, e, in primo luogo, la possibile "interferenza" di fattori di pericolosità e conseguentemente di rischio, diversi, ma collegati o collegabili da situazioni fortuite di concomitanza (si pensi a fenomeni alluvionali in aree colpite da sisma) ovvero di dipendenza (si pensi al possibile effetto "invaso" prodotto da fenomeni di distacco di versante su corsi d'acqua).

#### La prevenzione nell'ambito dell'attività di protezione civile

## PREVENZIONE

Abbiamo già avuto modo di accennare ad una specifica tipologia di prevenzione: quella che abbiamo denominato *ex ante* e che mira a impedire l'insorgenza di situazioni di rischio, e si è precisato che qui verrà trattata la prevenzione in senso stretto, quella cioè che opera quando le condizioni di rischio sussistono. Nell'ambito di tale attività è necessario preliminarmente distinguere due tipologie:

- a) la prevenzione strutturale;
- b) la prevenzione non strutturale.

La realizzazione di opere idrauliche (argini, casse di espansione), di opere di bonifica e di sistemazione idrogeologica del territorio, di opere di consolidamento degli edifici, elimina o quantomeno riduce il rischio, agendo sulla capacità di "resistenza" delle strutture ai fattori di pericolosità esterna e quindi diminuendo la vulnerabilità ovvero operando sulla pericolosità di elementi naturali.

Tale attività di prevenzione attiene a discipline diverse dalla protezione civile ed è realizzata con strumenti propri di tali discipline. In particolare tale previsione viene realizzata attraverso programmi finanziari di opere e interventi. Anche per tali attività la individuazione dei rischi e la loro valutazione costituisce un elemento strategico in quanto consente di stabilire criteri di priorità nell'ambito delle varie esigenze rappresentate e tenendo conto delle compatibilità finanziarie. Un esempio per tutti: la programmazione delle attività di messa in sicurezza idraulica e idrogeologica che consente, con la progressiva realizzazione degli interventi strutturali, la conseguente progressiva riduzione dei fattori di pericolosità, e quindi il rischio. Rispetto agli interventi di prevenzione strutturale – che si basano sull'analisi del rischio e che mirano a porre le condizioni



perché il rischio venga eliminato o quantomeno ridotto – la protezione civile si colloca come attività complementare, destinata ad operare per la “copertura” dei margini di rischio comunque residui dopo l’intervento strutturale ovvero quale unico strumento di “copertura” nelle more della realizzazione dei processi di messa in sicurezza. Le attività di prevenzione della protezione civile si caratterizzano quindi per non incidere, modificandola, sulla situazione di rischio – che rimane invariabile – ma per la specifica finalità di realizzare la massima limitazione dei danni al verificarsi di situazioni di pericolosità in un ambito che presenta connotati di esposizione e vulnerabilità. A tale fine gli strumenti fondamentali della protezione civile sono rappresentati da:

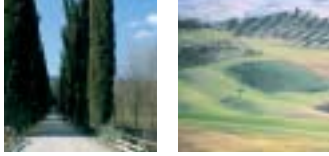
- previsione dei fenomeni che possono ingenerare situazioni di minaccia;
- assicurare la piena funzionalità delle eventuali strutture di “difesa”;
- protezione dei beni esposti.

La rilevanza della prevenzione di protezione civile – se pur complementare rispetto a quella strutturale – è comunque da considerarsi strategica alla luce dei tempi necessari per la completa realizzazione dei programmi di messa in sicurezza e comunque a copertura dell’ineliminabile rischio residuo. Si citano qui di seguito alcuni dati tratti da un articolo comparso sul “Sole 24 Ore” del 7/5/2004 a cura del dipartimento della protezione civile: “Un quadro provvisorio, approssimato per difetto, dell’entità degli interventi urgenti individuati dalle Autorità di bacino nazionali e regionali per la sistemazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato stima, in circa 10.000 milioni di euro, i fabbisogni finanziari per la realizzazione di opere da realizzarsi in quasi 4.500 aree a rischio [...] con il flusso attuale di risorse finanziarie sarebbero necessari almeno 35 anni per mettere in sicurezza le situazioni a rischio più elevato”. Se si considera anche le necessità delle aree a rischio “soltanto” elevato e i conseguenti tempi di messa in sicurezza, se si considerano il rischio sismico, quello industriale, quello di incendi boschivi, dobbiamo concludere che, in gran parte, la nostra sicurezza dipende dall’attività di protezione civile e in particolare da quella preventiva.

#### La previsione dei fenomeni

## PREVISIONE DEI FENOMENI

La finalità di contenimento dei danni che è propria della protezione civile si svolge essenzialmente, nella sua dimensione operativa, in quel breve periodo antecedente al verificarsi di un fenomeno nel quale è ancora possibile intraprendere azioni di salvaguardia dei beni esposti e vulnerabili, attraverso provvedimenti di verifica ed eventuale rafforzamento delle difese (si pensi ad interventi di consolidamento di un argine durante o in previsione di una piena, ma anche interventi controllati di rilascio da parte di una diga) ovvero di messa in sicurezza dei beni



stessi (si pensi alla evacuazione preventiva della popolazione minacciata da una alluvione o da un fenomeno franoso o ancora dalla fuoriuscita di sostanze tossiche da uno stabilimento industriale). Diventa quindi un fattore strategico, per la protezione civile, la possibilità di prevedere la insorgenza di fenomeni che possano generare l'attivazione di situazioni di pericolo, in tempo utile per porre in essere le azioni di competenza. Certo non tutti gli eventi pericolosi sono prevedibili, ma molti di essi lo sono senza dubbio. In particolare sono prevedibili, ancorché con tempi diversificati nei vari bacini, gli eventi idraulici che dipendono sempre dalle condizioni meteorologiche e, con maggiori difficoltà, gli eventi idrogeologici. Pur non incidendo sul grado di rischio, come prodotto dei fattori più volte citati, la prevedibilità del fenomeno generatore di possibili danni costituisce un elemento estremamente significativo per "pesare" i rischi in rapporto alle effettive possibilità di tutela da parte della protezione civile. È proprio in rapporto a questo aspetto che, oggi, le tematiche legate al clima e in generale ai fenomeni meteorologici acquistano, per le attività di protezione civile, una rilevanza strategica.

In un Paese, come il nostro, dove l'antropizzazione del territorio ha progressivamente ridotto la capacità naturale di attenuazione dei fenomeni di piena dei corsi d'acqua ed ha accentuato la propensione all'instabilità dei versanti, il fattore idrogeologico costituisce senza dubbio uno degli elementi più significativi e più ricorrenti del complessivo quadro dei rischi che la protezione civile si trova ad affrontare; la possibilità di attivare una efficace azione preventiva di tali eventi costituisce quindi un elemento decisivo della attività di previsione. In tale ottica, sino dalla metà degli anni Novanta è stata avviata una sperimentazione a livello nazionale per la definizione di una procedura di prevenzione finalizzata specificatamente agli eventi idrogeologici e più in generale a eventi innescati o innescabili da parte di fenomeni meteorologici e incentrata sul progressivo "allertamento" dell'organizzazione e degli interventi di protezione civile in conseguenza della emissione di "avvisi" in caso di previsioni meteorologiche avverse. Nei circa 10 anni di applicazione, la procedura ha registrato una serie di limitazioni, in parte connesse con l'organizzazione — o la non perfetta organizzazione — della protezione civile, in parte derivanti da un progressivo mutamento delle condizioni climatiche che ha evidenziato la necessità di perfezionare strumenti allora non previsti. Essenzialmente i fattori di criticità che si sono evidenziati sono riconducibili a due: in primo luogo la non completa idoneità della previsione meteorologica tradizionale (a breve termine) a produrre previsioni di fenomeni improvvisi e di forte intensità, secondariamente la mancanza di prescrizioni specifiche circa i comportamenti da attivare in caso di allertamento. Il disastro di Sarno (1998) ha dato finalmente l'occasione per una accelerazione





del processo di revisione del procedimento di allertamento e, soprattutto, ha determinato la messa a disposizione delle risorse finanziarie necessarie per potenziare gli strumenti di previsione a brevissimo termine (radar meteorologici e *nowcasting*). La nuova Direttiva nazionale sul punto, adottata dalla Presidenza del Consiglio dei Ministri in data 27 febbraio 2004, sulla base degli elementi di criticità sopra rilevati, recepisce pienamente le esigenze di prevenzione connesse al sistema di allertamento in una visione complessiva ed organica dei vari aspetti. La Direttiva è ad oggi in fase di attuazione e sarà soggetta, nella nostra Regione, ad una sperimentazione operativa a partire dai prossimi mesi. Il procedimento di allertamento delineato dalla Direttiva prevede:

- a) la fase previsionale, nell'ambito della quale alla previsione meteorologica (avviso di avverse condizioni meteorologiche) è associata una valutazione dei possibili effetti indotti sul territorio (avviso di criticità per aree di rischio);
- b) una fase di monitoraggio e sorveglianza tramite osservazione diretta (presidi territoriali) e strumentale (rete idrometrica e pluviometrica), *nowcasting* meteorologico e modelli afflussi-deflussi;
- c) una progressiva attivazione di interventi di contrasto e di prevenzione, definiti in specifici programmi regionali e locali.

### Una risorsa strategica: la popolazione

## POPOLAZIONE

Se la previsione dei fenomeni costituisce un fattore determinante per garantire la tempestività dell'intervento della protezione civile in via di prevenzione, la protezione dei beni esposti e soprattutto delle vite umane trova nella stessa popolazione colpita o in pericolo un elemento strategico ed ineliminabile. In una situazione di emergenza o di possibile emergenza la popolazione, bene esposta, può diventare una vera e propria "risorsa". Perché ciò avvenga è indispensabile che la popolazione sia messa in grado di conoscere:

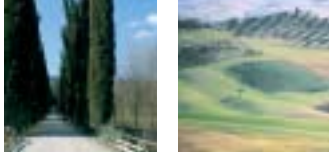
- a) i rischi che la riguardano;
- b) i comportamenti di auto-difesa;
- c) l'organizzazione e le procedure di protezione civile che la coinvolgono.

Un puntuale informazione su questi aspetti è un diritto di ognuno e un preciso compito delle Istituzioni.

### Alcuni dati sugli eventi toscani degli ultimi anni

## ALCUNI DATI

Per quanto riguarda la Regione Toscana, si ricorda che il nostro territorio, dal 2000 al 2003, è stato interessato da numerosi eventi alluvionali, idrogeologici,



sismici per i quali è stato dichiarato lo stato di emergenza nazionale, eventi che complessivamente hanno interessato ben 126 comuni su un totale di complessivi 287, hanno prodotto alcune vittime, danni materiali alla popolazione e al sistema produttivo pari a oltre 65 milioni di euro, hanno pesantemente compromesso il sistema delle infrastrutture e comportato esigenze di ripristino e messa in sicurezza per un importo pari a oltre 235 milioni di euro. Accanto a tali episodi di significativa rilevanza, si sono registrati un numero ancora maggiore di fenomeni, di portata più limitata, che hanno interessato, nel triennio 2001-2003, ben 70 comuni toscani, provocando la compromissione di beni pubblici e interventi di ripristino per una somma pari a circa 23 milioni di euro.

**Emesso: 23/09/2003 - ore 13.30**

**Situazione generale**

sul la nostra penisola la pressione è in fase di graduale calo per l'avvicinamento di un sistema frontale atlantico. La perturbazione appare meglio strutturata sul nord Italia, dove è presente un maggior flusso superficiale e una maggiore verticalità della massa in pressione. Tuttavia, in parte, saranno interessate anche le regioni centrali e molto più marginalmente il sud. Da mercoledì, fatta pressione altivamente contrastata ad ovest dalle isole britanniche, si sposterà rapidamente verso est, facendo affluire sulle nostre regioni aria più fredda proveniente dal nord Europa.

**Previsione per Martedì 23 Settembre**

generalmente nuvoloso con piogge sparse sulle coste, sulle province di Massa-Carrara, Lucca e sull'Appennino pisano. Possibilità di temporali anche di forte intensità sulle province di Grosseto, Livorno e Lucca in estensione dal pomeriggio lungo il litorale fino a raggiungere in serata la provincia di Grosseto. Venti deboli meridionali. Mari poco mossi o quasi calmi, con moto ondoso in moderato aumento a nord di Cadice. Temperature in diminuzione.

**Previsione per Mercoledì 24 Settembre**

inmettente nuvolosità irregolare con alternanza di brevi schiarite e addensamenti associati a locali brevi temporali, localmente intensi sulle province di Grosseto, Lucca e Massa-Carrara. Da metà mattina temporanee cessazioni dei temporali. Dal pomeriggio, sui rilievi appenninici molto nuvoloso con piogge di moderata intensità, più persistenti sull'Appennino anino e su quello fiorentino. Locali temporali, anche infanti, saranno possibili sulle province di Arezzo, Siena, Grosseto e Livorno sud. Altrove nuvoloso per nubi in prevalenza stratificate. Miglioramento dal tardo pomeriggio a partire dal mare.

**Province interessate: Massa-Carrara Lucca Pisa Livorno Grosseto**

**Fenomeni rilevanti**

Periodo	Area	Fenomeni
Dalle ore 13:30 di Martedì 23 Settembre alle ore 06 di Mercoledì 24 Settembre	Province di Massa-Carrara Lucca e Pisa	Possibilità di temporali intensi di breve durata ma che possono formarsi in successione anche sulle stesse aree. Cumuli massimi previsti nel periodo indicato, fino a 60 ed intensità massime fino a 40-60 mm.
Dalle ore 18 di Martedì 23 Settembre alle ore 06 di Mercoledì 24 Settembre	Province di Livorno e Grosseto, compreso l'Arcipelago	Possibilità di temporali intensi di breve durata ma che possono formarsi in successione anche sulle stesse aree. Cumuli massimi previsti nel periodo indicato, fino a 80-100 ed intensità massime fino a 40-60 mm.

**Il Sistema di avviso meteorologico per condizioni avverse**

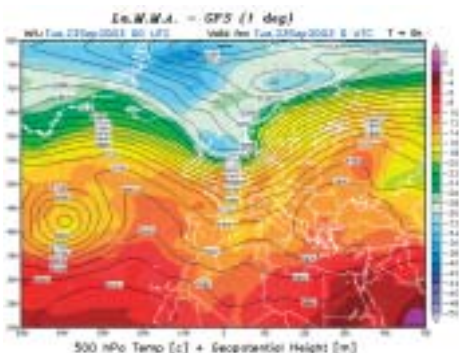
**SISTEMA DI AVVISO METEOROLOGICO**

Il servizio meteo del LaMMA-Regione Toscana, operativo 365 giorni all'anno, monitora l'evoluzione della situazione meteorologica sulla Toscana emettendo giornalmente bollettini di informazione meteorologica. In caso di condizioni meteorologiche favorevoli all'instaurarsi di fenomeni rilevanti (quali precipitazioni abbondanti, precipitazioni intense, grandine, vento forte, ondate di calore, mareggiate, ecc.), il LaMMA emette uno specifico bollettino di avviso meteo e successivamente segue con sorveglianza meteorologica rinforzata l'evoluzione dell'evento. Al momento attuale il LaMMA quindi partecipa attivamente alla catena di protezione civile attraverso l'emissione dell'avviso di condizioni meteorologiche avverse, in collaborazione con la Veglia Meteo del Dipartimento Nazionale della Protezione Civile. L'avviso meteo è organizzato nel seguente modo:

- periodo di validità;
- data e ora di emissione;
- eventuale riferimento all'avviso di condizioni meteorologiche avverse del Dipartimento di Protezione Civile della Presidenza del Consiglio dei Ministri con indicazione degli estremi dello stesso;



2. Geopotenziale e temperatura alla superficie di 500 hPa  
Modello GFS delle 00 UTC del 23/09/2003.



- bollettino costituito da situazione generale, previsione per il periodo di validità, Indicazione delle province interessate, tabella con indicazione delle aree con fenomenologia rilevante;
- data e ora del successivo aggiornamento.

Di seguito un esempio di uno degli avvisi meteo emessi dal LaMMA in occasione dell'alluvione di Carrara del 23 settembre 2003. Nell'ambito di un continuo miglioramento del servizio ed in base all'esperienza maturata in questi anni con la Protezione Civile Regionale, il LaMMA ha predisposto un nuovo tipo di avviso meteo basato su un sistema di soglie quantitative specifiche per ciascun evento. Tale informazione verrà integrata con quella relativa alla individuazione di aree omogenee per il rischio idrologico ed idrogeologico in corso di realizzazione da parte del Centro Funzionale Regionale. Questa nuova tipologia di avviso che soddisfa pienamente le recenti disposizioni normative in materia di Protezione Civile, sarà oggetto di una sperimentazione operativa su tutto il territorio regionale.

3. Immagine radar delle ore 21:13 locali del 23/09/2003.

4. Immagine radar delle ore 22:13 locali del 23/09/2003.



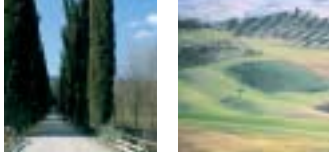
3.



4.

## Evento alluvionale nella provincia di Carrara del 23/09/2003

Nel corso della mattinata di Martedì 23 Settembre 2003 una saccatura collegata a un minimo depressionario centrato sulle Isole Britanniche, tendeva ad approfondirsi sul Mediterraneo occidentale e, preceduta da un debole flusso di correnti umide meridionali, si approssimava alle regioni nord-occidentali della nostra penisola (figura 2). In questa prima fase rovesci intensi e temporali di tipo pre-frontale si sono verificati sulle province di Massa-Carrara e Lucca. Tali fenomeni sono stati favoriti da venti sud-occidentali nei bassi strati, da elevati tassi di umidità, e dalla particolare orografia del territorio che ne ha facilitato la formazione. Da metà pomeriggio il sistema frontale tendeva a interessare più direttamente la Toscana, determinando una nuova intensificazione delle precipitazioni, in particolare sulle aree già colpite in mattinata. I temporali, della stessa tipologia di quelli verificatisi nella prima parte della giornata, sono risultati particolarmente intensi, con cumulati di oltre 200 mm in alcune località della provincia di Massa-Carrara e intensità massime fino a 80 mm/h. In alcune stazioni della suddetta provincia i cumulati giornalieri hanno pertanto raggiunto e superato i 300 mm. In serata lo spostamento verso Sud-Est del sistema frontale ha favorito lo svi-



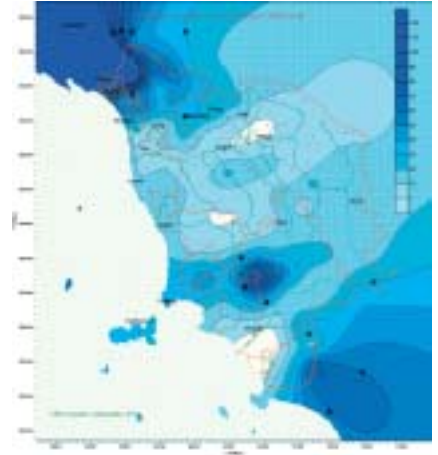
luppo di intensi sistemi convettivi sulle isole dell'arcipelago e sulle province di Livorno e Grosseto. In particolare si sono registrati cumulati fino a circa 150 mm in alcune località dell'entroterra grossetano.

### Clima e salute in Toscana

## CLIMA E SALUTE

L'analisi effettuata dall'Agenzia regionale di sanità, in collaborazione con ARPAT, ha rilevato un aumento statisticamente significativo del 10% dei morti per l'ondata di calore dell'estate del 2003 rispetto alle estati del triennio precedente. Tale aumento ha riguardato principalmente la popolazione di età superiore ai 74 anni e nei comuni non capoluogo con più di 30.000 abitanti specialmente nelle zone di pianura. Per quel che riguarda lo stato civile, la mortalità è stata intorno al 23% fra le persone senza *partner*: celibi, separati, divorziati e vedovi (<http://www.mad.it/ars/>) e quelle che vivevano in comunità. La Regione Toscana, in accordo ai Piani Integrati di Salute previsti dal PSR 2002-2004 ha avviato un "Sistema di sorveglianza e prevenzione degli effetti delle ondate di calore sulla salute della popolazione". Tale progetto ha l'obiettivo, attraverso i servizi territoriali-sanitari, socio-sanitari e socio-assistenziali di intervenire con misure efficaci per la prevenzione della mortalità e della morbilità correlata al calore. L'Assessorato alla Sanità ha avviato un progetto per la realizzazione di previsioni biometeorologiche, a livello regionale, attivo tutto l'anno e dotato di una struttura operativa di allerta dei soggetti coinvolti (ospedali, organizzazioni medici di famiglia, associazioni di volontariato, ecc.), in caso di condizioni meteorologiche a rischio per la popolazione. A livello italiano il Dipartimento nazionale della Protezione Civile italiana, in collaborazione con le strutture epidemiologiche e le aziende sanitarie locali di alcune grandi città italiane ha attivato, a partire dal 2004, un sistema di allarme per la prevenzione degli effetti delle ondate di calore estive, analogo a quello già attivo nel comune di Roma. Il progetto, a regime, ha come obiettivo la realizzazione di sistemi di allerta nelle principali città italiane che dispongano dei dati sanitari e dei dati meteorologici rilevati da un aeroporto localizzato nelle vicinanze delle città. Il progetto, prevede che, in collaborazione con le regioni, i comuni, le ASL e le strutture di protezione civile locali, vengano definiti gli interventi di prevenzione da realizzare e i soggetti coinvolti (personale sanitario e volontario). A livello regionale la gestione del sistema di allerta sarà affidata ai centri funzionali della protezione civile.

5. Precipitazioni  
cumulate su 24 h  
(dalle ore 04:00 Icali del  
23/09 alle ore 04:00  
locali del 24/09).



### Clima e Salute Umana

"I cambiamenti climatici globali aumenteranno le minacce alla salute dell'uomo, in particolare per le popolazioni povere, e nei Paesi tropicali/subtropicali."

*IPCC, Third Assessment Report, 2001*

I cambiamenti climatici avranno una vasta gamma di conseguenze per la salute dell'uomo

- Le ondate di calore sono strettamente collegate a patologie cardiovascolari, respiratorie e di altro genere, specialmente per le persone anziane e per i poveri che vivono in città;
- La contrazione dei rifornimenti di acqua fresca, causata dai cambiamenti climatici, potrebbe avere effetti negativi sulle risorse d'acqua e sulle condizioni igieniche;
- I possibili aumenti nella frequenza e nell'intensità di eventi meteorologici estremi potranno costituire una seria minaccia;
- La sicurezza alimentare potrebbe essere in pericolo nelle regioni più deboli;
- Temperature sempre più elevate potrebbero alterare la distribuzione geografica delle specie vettori di malattie.

*Da: "Climate Change Information Kit", a cura di UNEP e UNFCCC  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

### Il costo in termini di vite umane

Molte malattie che colpiscono l'uomo sono estremamente sensibili ai cambiamenti della temperatura. Le zanzare portatrici della malaria e della dengue si stanno diffondendo al di fuori delle basse zone paludose tropicali fino agli altipiani tropicali di Kenia e Zimbabwe, colpendo nuove popolazioni che non ne sono immuni. Ciò si verifica in modo più pericoloso nel periodo immediatamente successivo alle inondazioni ed ai temporali. La dengue ha raggiunto proporzioni epidemiche a Tegucigalpa, la capitale dell'Honduras, dopo il passaggio dell'Uragano Mitch. E sono già scoppiate spiacevoli ed inaspettate epidemie. [...] E senza ulteriori controlli per la salvaguardia della salute pubblica, incluse migliori condizioni igieniche, malattie che si trasmettono attraverso l'acqua come il colera e la cecità fluviale potrebbero ripresentarsi in molte aree. Uno studio condotto su più di 50.000 bambini a Lima, in Perù, dal 1993 al 1998 ha portato alla scoperta che per ogni 1°C in più, l'8% in più di bambini si presentavano alla vicina clinica per la cura della diarrea. Il riscaldamento registrato nel 1998 ha raddoppiato il numero di casi. I cambiamenti climatici potrebbero anche portare alla diffusione delle malattie degli animali esotici in tutto il mondo attraverso i venti. Un esempio recente potrebbe essere lo scoppio della malattia della mucca pazza avvenuto qualche tempo fa nel Regno Unito. Secondo Dale Griffin dell'US Geological Survey, i venti meridionali hanno trasportato una nube di polvere dal deserto del Sahara, dove la malattia è endemica, fino al Regno Unito soltanto una settimana prima che la malattia scoppiasse misteriosamente lo scorso febbraio.

*Da: "The Human Cost of Global Warming", Fred Pearce, The Ecologist, 22/02/2002  
[http://www.theecologist.org/archive\\_article.html?article=287&category=56](http://www.theecologist.org/archive_article.html?article=287&category=56)  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

### Caldo killer

Nell'agosto 2003 l'alta temperatura ha provocato in Europa la morte di 35.118 persone

Italia 4.175	Germania 7.000	Gran Bretagna 2.045	Portogallo 1.316
Francia 14.802	Spagna 4.230	Olanda 1.400	Belgio 150

*Da: Il Tirreno, 12/11/2003*

## Popolazioni a rischio

I capi delle comunità native dicono che i salmoni stanno diventando sempre più sensibili ai parassiti delle acque calde e soffrono di lesioni e comportamenti strani. Sembra anche che i salmoni e le alci abbiano sviluppato un sapore strano e che il midollo nelle ossa delle alci sia insolitamente troppo molle. La banchisa artica va scomparendo, rendendo scarso il cibo per gli animali marini e causando difficoltà ai nativi che li cacciano. C'è inoltre il timore che gli orsi polari, giusto per nominare una specie, possano scomparire dall'emisfero settentrionale entro la metà del secolo. I cambiamenti climatici stanno sconvolgendo la tradizionale raccolta di cibo e le colture, ha detto Larry Merculieff, un capo della comunità aleuta delle Isole Pribilof nel Mare di Bering. Gli abitanti del lontano nord trovano sempre più difficile spiegare il mondo naturale alle generazioni più giovani. "Man mano che le specie si riducono, si riducono anche le relazioni tra i più vecchi ed i più giovani", ha detto Merculieff in una recente conferenza tenutasi ad Anchorage. [...] I cambiamenti climatici e meteorologici influiscono anche sulla sicurezza dell'uomo, ha detto Orville Huntington, vice-presidente della Alaska Native Science Commission (Commissione per lo studio scientifico delle comunità native dell'Alaska). Il lungo fiume ghiacciato, usato per raggiungere le parti interne dell'Alaska, si è assottigliato ed è meno affidabile che in passato. Il riscaldamento del Pianeta è più critico alle latitudini polari poiché l'aria fredda è secca, e ciò permette ai gas a effetto serra di intrappolare una maggiore quantità di radiazioni solari. Anche un modesto aumento di temperatura può provocare lo scioglimento dei ghiacciai e del permafrost che copre una buona parte dell'Alaska. [...] Le temperature medie in Alaska sono aumentate di circa 5 gradi Fahrenheit da tre decenni a questa parte, e due tanto durante l'inverno, ha detto Weller. [...] Ha anche citato i costi – stimati per oltre 100 milioni di dollari – dovuti allo spostamento di Shishmaref, un villaggio eschimese Inupiat sulla linea costiera nord-occidentale dell'Alaska, su una superficie più stabile. Il villaggio di 600 abitanti è sul punto di finire nel Mare di Bering a causa della forte erosione risultante dal permafrost sciolto e dall'assenza di mare ghiacciato che dovrebbe proteggere la linea costiera dalle onde alte provocate dalle tempeste.

*Da: Yereth Rosen, Reuters, 19/04/2004  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

## Clima, pollini e allergie

Possiamo dire che oggi le persone che combattono contro il polline abbiano vita facile se poste al confronto con i problemi che avranno coloro che soffriranno di allergia tra 50 anni, secondo uno studio di marzo 2002 condotto dai ricercatori della Harvard Medical School (Scuola di Medicina di Harvard). I ricercatori sostengono che l'innalzamento dei livelli di biossido di carbonio, una delle cause del riscaldamento del Pianeta, causerà un aumento della produzione di polline nelle piante, che porterà ad una maggiore produzione di allergeni e di conseguenza ad un maggior numero di persone affette da allergia.

*Da: "Pollen to Double? Pollen Counts May Increase Drastically in Next 50 Years", Allergies About, 26/04/2004  
(nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

## Caldo e violenza

**Da una ricerca del gruppo assicurativo Munich Re risulta che nei giorni più caldi gli incidenti stradali crescono del 18%, mentre gli atti di violenza registrano un aumento che arriva al 75%.**

*Da: "Il Grande Caldo", Antonio Cianciullo, Ponte alle Grazie, 2004 (pag 38)*



# CALAMITÀ NATURALI

I cambiamenti climatici rappresentano per il mondo una minaccia di gran lunga superiore al terrorismo internazionale. E senza un'azione immediata alluvioni, siccità, fame e malattie debilitanti come la malaria colpiranno milioni di persone nel mondo.

*Sir David King, responsabile scientifico del Governo del Regno Unito*

## I cambiamenti climatici costeranno circa 150 miliardi di dollari all'anno

LONDRA. Tempeste sempre più frequenti e devastanti causate dai cambiamenti climatici potrebbero comportare costi pari a 150 miliardi di dollari all'anno entro i prossimi dieci anni, con il rischio di mandare in bancarotta le compagnie che offrono servizi finanziari, è quanto viene descritto in un rapporto supportato dalle Nazioni Unite uscito Lunedì. "La maggiore frequenza di eventi climatici estremi potrà causare problemi alle compagnie d'assicurazione e alle banche fino all'indebolimento della vitalità economica o addirittura al fallimento," si dice nel rapporto. A livello mondiale pare che le perdite economiche a causa dei disastri naturali stiano raddoppiando ogni dieci anni, emerge sempre dal rapporto, e si richiede un intervento per diminuire le emissioni di gas a effetto serra, in particolare del carbonio. Benché direttamente coinvolte, la reazione delle compagnie che offrono servizi finanziari nei confronti del problema dei cambiamenti climatici è stata finora disomogenea, si dice nel rapporto, mentre i governi hanno mostrato poco impegno nell'affrontare il problema. Il rapporto è stato redatto dalla Innovest Strategic Value Advisors, una compagnia, con base negli Stati Uniti, di ricerca sugli investimenti specializzata in tematiche ambientali e sociali, per conto del Gruppo di Lavoro sui Cambiamenti Climatici nell'Ambito delle Iniziative in materia Finanziaria del Programma sull'Ambiente delle Nazioni Unite.

*Da: "Climate change costs seen at \$150 bln a year-UN report", Reuters, 07/10/2002 (nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

## Alluvioni, i più grandi disastri per l'Europa

Le alluvioni sono i più gravi disastri per l'Europa. Emerge da un rapporto della Commissione Europea presentato a Dresda dal Commissario per la Ricerca Philippe Busquin. Nel periodo dal 1980 al 2002 l'Italia detiene il triste primato in Europa per la mortalità legata a inondazioni e alluvioni (38% del totale delle vittime nei Quindici). Nell'elenco funesto della mortalità il secondo posto tocca alla Spagna (20%), seguita dalla Francia (17%). Terribile anche il bilancio delle perdite economiche, 11 miliardi di euro. L'Italia è seconda solo alla Francia per il numero di alluvioni e inondazioni: il numero più alto di alluvioni sono avvenute in Francia (22%), Italia (17%) e Gran Bretagna (12%). E la situazione è peggiorata nelle ultime due decadi.

**Luglio '87:** l'Adda sommerge 60 comuni e la frana del monte Coppetto ne cancella due dalla cartina.

**Maggio '97:** in Campania un'enorme torrente di fango travolge il paese di Sarno, costruito alle pendici di un monte deforestato.

**Ottobre 2000:** inondazioni colpiscono l'Italia settentrionale, facendo almeno 25 vittime e migliaia di sfollati, e la Spagna, ove sono morte 5 persone e si sono verificati ingenti danni materiali.

**Settembre 2002:** all'Elba i torrenti il cui corso era stato deviato per costruire case per turisti, esondano per il nubifragio, causando gravissimi danni: un disastro annunciato.

*Da: "Alluvioni: danni, costi, rischi per l'Italia", La Repubblica, 16/10/2003*

## Le dieci più imponenti catastrofi naturali del 2003

Munich Re NatCaSERVICE (Elencati per numero di vittime)

Data	Paese/regione	Evento	Vittime
26 dicembre	Iran	Terremoto	> 22.000
luglio-agosto	Europa	Ondata di caldo/siccità	> 20.000
21 maggio	Algeria	Terremoto, tsunami	2.200
maggio-giugno	India, Bangladesh, Pakistan	Ondata di caldo/siccità	2.000
gennaio	India, Bangladesh, Pakistan	Periodo di freddo	1.800
giugno-settembre	India, Bangladesh, Pakistan	Inondazioni	1.400
estate	Cina	Inondazioni	800
18-19 maggio	Sri Lanka	Inondazioni	300
24-26 febbraio	Cina	Serie di terremoti	268
21-24 aprile	Bangladesh	Rigide condizioni meteorologiche, grandine	230

## Il Pentagono ha informato Bush che i cambiamenti climatici ci distruggeranno

I cambiamenti climatici nei prossimi 20 anni potrebbero causare una catastrofe planetaria, con milioni di vite perse in termini di guerre e disastri naturali. Un rapporto segreto, occultato dagli alti ranghi della Difesa degli Stati Uniti e finito nelle mani del quotidiano "The Observer", attesta che le maggiori città europee verranno sommerse a causa dell'innalzamento dei mari, come la Gran Bretagna che verrà intrappolata in un clima "siberiano" entro il 2020. Conflitti nucleari, mega-siccità, carestia e sommosse diffuse avranno luogo in tutto il mondo.

- Entro il 2007 violente tempeste distruggeranno le barriere costiere rendendo inabitabile gran parte dell'Olanda. Città come l'Aja verranno abbandonate.
- Tra il 2010 ed il 2020 l'Europa verrà duramente colpita da cambiamenti climatici con una diminuzione annuale media della temperatura di 6F. Il clima in Gran Bretagna diventerà più freddo e più secco con condizioni meteorologiche che inizieranno ad assomigliare a quelle siberiane.
- I morti per guerra e carestia saranno dell'ordine di milioni di vittime, prima che la popolazione planetaria venga ridotta di una quantità tale che la Terra potrà difficilmente fronteggiare.
- L'accesso all'acqua diventerà uno dei maggiori terreni di scontro. Il Nilo, il Danubio ed il Rio delle Amazzoni saranno tutti ad alto rischio.
- Le aree ricche come gli Stati Uniti e l'Europa diventerebbero "fortezze virtuali" per impedire l'ingresso di milioni di emigranti forzati a lasciare le proprie terre sommerse a causa dell'innalzamento del livello del mare o per l'impossibilità a coltivarle.
- Gravi siccità colpiranno le regioni con maggior produzione agricola, incluse le regioni centro-occidentali americane, dove i forti venti accresceranno l'erosione del suolo.
- La forte pressione demografica e la conseguente richiesta di cibo, renderanno la Cina molto vulnerabile. Il Bangladesh diventerà quasi inabitabile per l'innalzamento del livello del mare, che comporterà la contaminazione dei rifornimenti d'acqua nelle zone interne.

*Da: "Now the Pentagon tells Bush climate change will destroy us", Mark Townsend and Paul Harris, The Observer, 22/02/2004 (nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*



# CONSUMI E POVERTÀ

## La crescita della popolazione influenza il cambiamento globale

A parità di condizioni, un aumento della popolazione mondiale porterà ad un aumento delle emissioni di carbonio, a maggiore deforestazione e minor biodiversità; ma argomentazioni di questo tipo sono troppo semplicistiche e non sono in ogni modo giuste. Gli effetti potrebbero andare in entrambe le direzioni: i cambiamenti ambientali potrebbero influenzare la crescita della popolazione. Come da molto è riconosciuto, ad esempio il modello IPAT (Ehrlich e Holdren, 1971), non è solo aggiungendo le persone che conta, ma come queste persone producono e consumano. Per capire questo, immaginate di aggiungere 10 cacciatori e mietitori alla popolazione mondiale, contro l'aggiunta di 10 uomini con seghe a catena che guidano Land Rovers e vivono in case da 325 m<sup>2</sup>. Inoltre, le istituzioni (locali, nazionali e/o mondiali) possono mitigare o esacerbare gli effetti dei cambiamenti nella popolazione (Dietz, Ostrom e Stern, 2003). Infine, conta anche se le persone sono organizzate in un piccolo numero di caseggiati grandi, o un grande numero di case piccole. Per riuscire a comprendere le relazioni tra la popolazione e l'ambiente, dobbiamo collegare il cambiamento nella popolazione ai consumi, la produzione e le istituzioni.

*Da: "Populations trends: Implication for Global Environmental Change", R. R. Rindfuss e S. B. Adamo; in IHDP Update, Newsletter of the International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change, n. 01/2004 (nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

**"Il maggior effetto dei cambiamenti climatici potrebbe essere sulla migrazione umana; milioni di persone verranno sfollate a causa dell'erosione dei litorali, delle inondazioni costiere e dello sconvolgimento agricolo"**

*IPCC, 1990, First Assessment Report*

## Standard per combattere i cambiamenti climatici e ridurre la povertà

Un'alleanza globale di accademici, corporazioni e gruppi per la conservazione - incluso BP, Conservation International e l'Istituto di Economia Internazionale di Amburgo - hanno sviluppato un insieme di standard per scegliere progetti di sviluppo che riducano il cambiamento climatico, laddove le comunità locali ne traggono beneficio e viene preservata la biodiversità. Gli standard possono essere usati sia nel settore pubblico sia in quello privato, quando in progetti in Paesi in Via di Sviluppo o emergenti. Il gruppo - che ha preso il nome di Alleanza per il Clima, le Comunità e la Biodiversità (CCBA) - afferma che gli standard sono stati progettati per aiutare a valutare le strategie dei territori per ridurre o catturare le emissioni di anidride carbonica.

*Da: "Setting standards to fight climate change while reducing poverty", The Manila Times, EurActiv.com, 08/06/2004 - <http://www.euractiv.com> (nostra traduzione e adattamento dall'inglese)*

## Per combattere i cambiamenti climatici dobbiamo combattere il sottosviluppo

Il rapporto "Oltre Kyoto: Far Progredire lo Sforzo Internazionale contro i Cambiamenti Climatici" del Pew Centre per il Cambiamento Climatico Globale, ha rilevato che il rapido aumento delle emissioni GHG nel Sud è causato in particolare da imperativi per lo sviluppo, dal bisogno di energia e di crescita economica. Questo viene incoraggiato attivamente dai flussi d'investimento e tecnologia che permettono percorsi convenzionali per lo sviluppo. Gli autori del rapporto hanno consultato esperti, ufficiali e azionisti da più di 30 Paesi diversi. "I flussi di investimenti per il commercio e lo sviluppo provenienti dal Nord verso il Sud del mondo devono essere rivisti per soddisfare sia le esigenze di sviluppo che la riduzione delle emissioni di gas serra", spie-

ga Elliot Diring, direttore per le strategie internazionali del Pew Centre. Diring nota che l'assistenza allo sviluppo nel settore della produzione energetica dovrebbe essere diretta verso fonti a basse emissioni di carbonio. Tuttavia questo non deve aprire le porte ai progetti di grandi dighe o agli impianti nucleari, che hanno troppo grossi impatti ambientali. Ma per concentrarsi sul cambiamento climatico, il rapporto suggerisce di affrontare primariamente questioni come la sicurezza alimentare, la povertà, l'aumento e l'accesso all'energia, il trasporto urbano, e lo sfruttamento del terreno. (Lo studio in questione è apparso sul n° 5 di dicembre 2003 della rivista "Science").

Da: "Experts discount generic fix for global warming", *InterPress Service*, 09/12/2003

### Spesa annua dei beni di lusso confrontato con la necessità di finanziamenti

per far fronte alle necessità basilari selezionate (Da: *State of the world 2004*, G. Bologna, Edizioni Ambiente)

Prodotto	Spesa Annua	Obiettivo sociale o economico	Investimento annuale supplementare necessario per raggiungere l'obiettivo
Cosmetici	\$18 miliardi	Cure sanitarie per l'apparato riproduttivo di tutte le donne	\$12 miliardi
Cibo per animali in Europa e negli Stati Uniti	\$17 miliardi	Eliminazione della fame e della malnutrizione	\$19 miliardi
Profumi	\$15 miliardi	Analfabetismo globale	\$5 miliardi
Crociere sull'oceano	\$14 miliardi	Acqua potabile per tutti	\$10 miliardi
Gelato in Europa	\$11 miliardi	Vaccinazioni per tutti i bambini	\$1.3 miliardi

### Il Gap del benessere

Tra il 1850 e il 1970, il numero degli abitanti della Terra è triplicato e il consumo energetico è aumentato di 12 volte. E dal 1970 al 2002, la popolazione del Pianeta è aumentata di un ulteriore 68% e il consumo di combustibili fossili del 73%. Il consumo energetico ha alimentato la crescita economica e viceversa, anche se i due fenomeni non sono così strettamente correlati come un tempo si credeva. Oggi, i più ricchi del mondo consumano mediamente 25 volte più energia dei più poveri. Di fatto, un terzo della popolazione mondiale non ha accesso all'elettricità o ad altre risorse energetiche moderne, mentre un altro terzo ne ha solo accesso limitato. Circa 2,5 miliardi di persone, prevalentemente in Asia, hanno a disposizione solo legno o altre biomasse per produrre energia. Un americano medio consuma 5 volte più energia del cittadino globale medio, 10 volte più di un Cinese medio, e circa 20 volte in più di un Indiano medio. In futuro, la popolazione dei Paesi in Via di Sviluppo sarà sempre più condizionata dalla scarsità delle risorse e dalle realtà ambientali. La Terra non può produrre abbastanza perché tutti possano vivere come l'americano medio o anche come l'europeo medio. Per esempio, se il consumatore cinese medio utilizzasse tanto petrolio quanto l'americano medio, la Cina avrebbe bisogno di 90 milioni di barili al giorno - 11 milioni in più della produzione giornaliera mondiale del 2001.

Da: "State of the World 2004", *Worldwatch Institute*, a cura di Gianfranco Bologna, Edizioni Ambiente



## Processi globali

### Introduzione

# INTRODUZIONE

I cambiamenti climatici sono entrati in questi ultimi anni nel linguaggio comune attraverso i giornali, la televisione e recentemente anche il cinema, tanto da essere assunti nell'immaginario collettivo come giustificazione, a volte inappropriata, di qualsiasi evento naturale negativo o temuto.

Grazie, se così si può dire, alle anomalie delle ultime due estati, con le alluvioni del 2002 e l'ondata di caldo del 2003, e alle innumerevoli calamità naturali che continuano a colpire l'Europa, ci troviamo costretti a convivere con una nuova dimensione dei fenomeni naturali non riconducibile ad un contesto tradizionale. Il clima è entrato con forza nella nostra società rappresentando oggi insieme al terrorismo uno dei fattori esogeni capaci di influenzare pesantemente i nostri comportamenti e i nostri modelli sociali.

Il sapere del tempo e delle sue variazioni, che fino agli anni '60 era un sapere proprio di una società contadina, quale era ancora l'Italia, si fa oggi "cultura" di massa. Questo sapere trasmesso primariamente dai media e dagli esperti, diventa un elemento capace di facilitare la comprensione e il confronto con quegli importanti elementi di cambiamento globale che stanno radicalmente trasformando la nostra società.

I cambiamenti climatici li subiamo tutti. Ne subiamo le conseguenze in termini di disagio, o di danni dovuti ai più frequenti eventi estremi, o quando nei periodi estivi ad "aria condizionata" aumenta la domanda di energia e la rete nazionale va in *black out*. Il clima ci sta costringendo quindi ad un "adattamento forzato" delle nostre abitudini e dei nostri sistemi produttivi per il suo essere legato a fattori non immediatamente riconducibili all'azione dell'uomo e di cui non riusciamo ad accusare le istituzioni. I fattori climalteranti sono ritenuti

---

1. Tromba d'aria,  
arcipelago  
toscano, 1992.





2. Siccità, Grosseto,  
2003 (A. Cristini).

ormai da tutti una conseguenza più o meno mediata del nostro stesso modello di sviluppo ma non sono ancora percepiti dalla maggioranza della popolazione come conseguenza diretta del suo stesso agire. La questione dello sviluppo sostenibile quindi, e una generale maggiore attenzione verso l'ambiente diventa d'attualità a livello di comunicazione di massa grazie anche agli sforzi delle Amministrazioni più sensibili, che, come la Regione Toscana, hanno ritenuto di avvicinarsi ad un modello di sviluppo sostenibile con la diffusione delle Agende 21 locali.

Nel quadro del dibattito della ricerca di un modello di sviluppo che possa essere veramente condiviso tra le diverse componenti della società, i cambiamenti climatici

sembrano oggi rappresentare quel *trait d'union* capace di costruire un linguaggio condiviso per guardare al futuro in maniera costruttiva.

### Le origini del processo

## LE ORIGINI DEL PROCESSO

Già nel 1972 il Club di Roma, con i Limiti dello Sviluppo, aveva rimarcato la necessità di un ripensamento dei modelli di sviluppo davanti ad un mondo dalle risorse limitate ed in cui gli squilibri tra Nord e Sud rappresentavano un ulteriore fattore di instabilità. Questo messaggio veniva lanciato mentre si concludeva un ventennio caratterizzato da un forte ottimismo tecnologico avviatosi nel 1951 con l'utilizzo del primo *computer* commerciale prodotto dall'Univac in occasione del censimento negli Stati Uniti, proseguito nel 1958 con l'entrata in servizio del primo aereo civile a reazione, il Boeing 707, sulle rotte transatlantiche, e conclusosi con lo sbarco di Neil Armstrong sulla Luna nel 1969. Da allora lo spirito del progresso tecnologico ha pervaso tutti gli strati della popolazione della società occidentale, e tutti gli sforzi fatti per contenere, su basi volontaristiche, i consumi dei Paesi industrializzati entro limiti compatibili sono

negli anni falliti non riuscendo a costruire un "adattamento dovuto". Nonostante le diverse crisi energetiche, le catastrofi e gli avvertimenti del mondo scientifico ed ambientalista, l'Italia, come altri Paesi industrializzati, non è riuscita a rivisitare il proprio modello, e questo non solo per interessi economici di settori industriali, ma soprattutto per la paura inconscia di perdere quei privilegi garantiti dall'essere stati cooptati nel ristretto gruppo dei "grandi".

Gli anni Settanta e Ottanta sono animati dai grandi slanci ideali della società civile: prima nel 1984 davanti alle immagini della siccità africana che fu all'origine di una crisi alimentare senza precedenti; poi nel 1987 con la pubblicazione del rapporto Brundtland, che definiva lo sviluppo sostenibile come quel modello che "soddisfa i bisogni del presente senza compromettere le capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni"; e infine nel 1992 con la firma da parte di 146 Stati della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), nel contesto più ampio della Conferenza di Rio, dove per la prima volta viene riconosciuta la dimensione globale dei cambiamenti climatici e la loro origine dovuta all'uomo. In questo contesto contraddittorio, che ha frenato un radicale cambiamento del modello dei consumi della società occidentale, allargando così il divario tra il Nord ed il Sud del mondo, si è andato sviluppando un insieme di tecnologie che, a partire dall'inizio degli anni Novanta, hanno rivoluzionato la nostra percezione dello spazio e del tempo specie in termini di informazione. Il passaggio chiave è rappresentato dalla nascita del *personal computer* con l'Apple nel 1977 e successivamente con l'IBM nel 1981. L'evoluzione dell'informatica ha permeato di sé la fine del XX secolo ed ha accompagnato le diverse generazioni rendendole in qualche modo tecnologicamente superate secondo ritmi sempre più accelerati, come mai era successo nella storia dell'umanità.

### Informazione globale

## INFORMAZIONE GLOBALE

Con l'inizio degli anni Novanta si materializza quella rivoluzione tecnologica nel campo della informazione che rendendo possibile una diversa globalizzazione dei meccanismi dell'informazione ha interessato prima l'ambiente socio-economico ed ora quello ambientale e bio-fisico. Fino ad allora il sistema economico, sociale e tecnologico sembrava una naturale evoluzione di quello che era stato sconvolto dalla seconda guerra mondiale e che viveva nella paura che un tale orrore si ripetesse. Certo il sistema spazio/tempo si andava modificando ma secondo le stesse regole che avevano caratterizzato il precedente secolo e grazie al sistema delle comunicazioni il mondo sembrava rimpiccolirsi gradatamente e l'informazione circolare più velocemente. Oggi il mondo prima

---

Nonostante le diverse crisi energetiche, le catastrofi e gli avvertimenti del mondo scientifico ed ambientalista, l'Italia, non è riuscita a rivisitare il proprio modello di sviluppo. Soprattutto per la paura inconscia di perdere i privilegi garantiti dal far parte del gruppo dei "grandi".

## CAMBIAMENTI CLIMATICI, GLOBALIZZAZIONE E STRATEGIE LOCALI PROCESSI GLOBALI

Accessibilità e rapidità sono i termini attraverso cui si misura il successo di questa rivoluzione che sovverte gli equilibri esistenti.

degli anni Novanta sembra far parte della storia passata e non del presente, risulta difficile trovare le nostre radici in quello che è successo prima e la distanza tra le generazioni è improvvisamente cresciuta a livelli mai sperimentati prima. Per verificare l'evidenza di quanto detto, basta guardare alla generazione nata dopo il 1993, che sta oggi completando la scuola elementare: questa è la prima generazione che non ha conosciuto un mondo tecnologico diverso e che fin dal primo anno di scuola si è trovata ad interagire solo con i nuovi strumenti, Internet e il *computer* in primis.

La trasformazione delle basi stesse della nostra società, che a partire dalla fine degli anni Ottanta ha subito una accelerazione, poggia su due fattori: il primo politico con la fine della divisione del mondo in due blocchi ed il passaggio ad un quadro fluido senza riferimenti, e il secondo tecnologico, con una "rivoluzione" nel campo delle comunicazioni resa possibile dalla parallela evoluzione di diversi strumenti.

Con l'inizio degli anni Novanta Internet lascia l'ambito della comunità militare e di quella scientifica, in cui era nata e cresciuta, e si apre al resto del mondo, dove a partire dagli Stati Uniti, comincia un esponenziale sviluppo di siti e di utenti. Tra il 1993 ed il 2003 gli utenti Internet passano da 10 milioni a 675 milioni (ITU, 2004). La circolazione dell'informazione è radicalmente trasformata in termini di accessibilità e rapidità: ovunque ci si trovi è possibile accedere alle informazioni come se si fosse nel proprio ufficio, rendendosi sempre reperibili.

Nel 1994 grazie all'introduzione del sistema Windows della Microsoft, il

3. Linee dell'alta tensione, 1996 (E. Blasi).



*computer* si trasforma da "giocattolo" per informatici a strumento di lavoro per tutti. L'evoluzione tecnologica che ne deriverà porterà la Microsoft in meno di vent'anni dalla fondazione a diventare il secondo gruppo industriale nel mondo per capitalizzazione con un bilancio annuo di oltre 35 miliardi di dollari ed un utile lordo di oltre 10 miliardi di dollari (Microsoft, 2003). Tra il 1993 ed il 2003 (ITU, 2004) i *personal computer* nel mondo passano da 175 milioni a 588 milioni ed in Italia nel 2003 superano i 13 milioni. A testimonianza della diffusione di massa del *computer* basta considerare che nel nostro Paese le vendite dei PC hanno superato quelle del televisore.

Il terzo elemento di cambiamento radicale è rappresentato dalla nascita della "telefonia mobile" che ha trasformato profondamente il sistema delle telecomunicazioni nel mondo: in Italia nel 1998, dopo solo tre anni dall'avvio, è stata superata la barriera dei 20 milioni di utenti, raggiungendo i 56 milioni di utenti nel 2003 (ITU, 2004). Nello stesso periodo nel mondo si è passati da 317 milioni di utenti a 1.340 milioni di utenti, con la Cina diventato il Paese con più telefoni cellulari (269 milioni) e l'Africa il continente con il tasso di crescita più elevato (oltre il 1.100%). Accessibilità e rapidità sono i termini attraverso cui si misura il successo di questa rivoluzione che sovverte gli equilibri esistenti. La conseguenza più evidente è il radicale cambiamento dei concetti stessi di tempo e di spazio, a scapito delle coordinate geografiche e del fuso orario. L'orario di lavoro si trasforma dalle otto ore tradizionali alle ventiquattro potenziali, perché il lavoro può seguire il lavoratore ovunque nel mondo e in qualunque momento.

#### Globalizzazione e cambiamenti climatici

## GLOBALIZZAZIONE

Sotto il termine "globalizzazione" si vengono oggi a riunire in prima approssimazione due diverse categorie di fenomeni: la prima fa riferimento idealmente alla produzione e commercializzazione di beni secondo modelli che si richiamano ancora a quelli esistenti all'inizio del secolo. Si tratta in realtà di processi di internazionalizzazione dei sistemi economici e produttivi, sono di esempio i processi di delocalizzazione degli impianti di produzione. La seconda categoria invece è rappresentata da quei processi, del tutto nuovi nella storia della nostra civiltà, che per esistere richiedono una dimensione planetaria che non è riconducibile in nessun modo a quella degli "Stati nazionali" e una velocità di propagazione del fenomeno di gran lunga superiore a quella abituale anche per i Paesi industrializzati. Con tali caratteristiche l'inadeguatezza dei sistemi decisionali nazionali ed internazionali risultata oggi sempre più evidente, generando quel senso d'ansia e d'insicu-

rezza che contraddistingue i nostri tempi segnati dalla coscienza che il nostro mondo, le nostre stesse vite, possono essere sconvolti da fenomeni che nessuna potenza o superpotenza sembra capace di controllare.

Esemplare di questa categoria di processi è quanto è avvenuto nel 1998 nel settore finanziario, dove una crisi nata in Estremo Oriente si è rapidamente diffusa prima in Russia, poi in America Latina, e infine nei maggiori Paesi industrializzati senza che le istituzioni nazionali ed internazionali riuscissero a limitarne l'impatto.

In questa dimensione globale, oltre al mondo della finanza che può beneficiare delle potenzialità della rivoluzione dell'informazione, è l'ambiente l'altro settore che trova una nuova ragione in questo contesto allargato, sia per la dimensione globale delle cause scatenanti il cambiamento climatico, sia per l'estensione degli impatti. In questi anni gli eventi catastrofici sembrano moltiplicarsi a dismisura, interessando non solo i Paesi in Via di Sviluppo ma anche quelli industrializzati, e mostrando quindi i limiti evidenti di politiche ambientaliste poco oculate anche nelle Amministrazioni più efficienti. Nel 1997 i devastanti incendi delle foreste del Sud-Est Asiatico, dovuti alle temperature record causate da El Niño, nel 1998 l'uragano Mitch in America Latina e nel 1999 l'alluvione di Orissa in India e la successiva serie culminata con quella di Praga nel 2002, sono stati seguiti in tempo reale in ogni parte del mondo non solo attraverso la televisione ma anche grazie a nuovi circuiti informativi. Come ha sottolineato Vandana Shiva "l'acqua è vita ma se è troppa o troppo poca può diventare minaccia per la vita", così i cambiamenti climatici, e i pericoli ad essi connessi, diventano per tutti, specie per la pubblica opinione, il legame sottile ma evidente tra i due estremi e il clima comincia a configurarsi come una possibile minaccia per tutti.

È proprio questa dimensione di pericolo, vissuta nel villaggio globale dei media, che nutre l'attenzione per il *climate change*, e tra dubbi e paure si comincia a percepire di essere non solo vittime ma anche autori di questo sconvolgimento. Tuttavia, se l'analisi dei fenomeni e delle loro cause costituisce un quadro di riferimento più o meno noto, l'impatto nel tempo e le strategie per contenerne gli effetti evidenziano limiti di politiche e visioni non ancora condivise.

### Globalizzazione e informazione

## INFORMAZIONE

Jeremy Rifkin ha definito quella attuale come *l'era dell'accesso*, dove alla compravendita di beni materiali si sostituisce l'accesso ai servizi, e in primis quindi all'informazione. Oggi l'informazione è sempre più "orizzontale e democratica": uscendo dai canali tradizionali dei media l'informazione



diventa accessibile a tutti, e tutti possono al contempo essere lettori e autori di notizie senza filtri imposti da altri. In questa abbondanza comunicativa, spesso eccessiva, siamo portati come individui a formarci un giudizio e a prendere decisioni secondo ritmi e processi decisionali nuovi. La grande sorella televisione che, a partire dagli anni Sessanta ha plasmato la società italiana unificando modelli sociali ed imponendo una "lingua comune", sta perdendo tendenzialmente la sua capacità di controllo nell'assicurare omologazione ed è sempre meno quella "piazza virtuale" che ci rende partecipi di una vita sociale effimera isolandoci davanti ad uno schermo che invia messaggi senza attendere risposte. Emergono forme alternative di accesso all'informazione mostrando le prime crepe nei monopoli consolidati. Le strutture editoriali rigide e piramidali del *broadcasting*, sono in concorrenza con nuovi strumenti e linguaggi comunicativi dotati di grande flessibilità e forte specializzazione che trasformano il cittadino da "utente passivo" a "soggetto attivo" in questo processo di costruzione orizzontale del senso, come orizzontale è la struttura della rete. In tale quadro i sistemi di governo nazionali appaiono eccessivamente rigidi ed incapaci a mobilitare la macchina amministrativa in tempi appropriati con lo svilupparsi dei fenomeni. Si rende così evidente che il sistema tradizionale di presa di decisione è obsoleto di fronte a queste categorie di fenomeni.

Eppure, molto più di quanto si percepisca, stiamo vivendo non una moda effimera ma un cambiamento epocale, al pari di una rivoluzione che sta radicalmente modificando la nostra società ed in particolare il rapporto "individuo-Stato" e "individuo-mondo" come mai era successo in questi ultimi secoli. Cambiamenti importanti e destabilizzanti specie se si considera il loro concentrarsi in un periodo di poco più di cinque anni ed il loro estendersi contemporaneamente, per la prima volta nella storia dell'umanità, all'intero Pianeta. Su queste basi Wolfgang Sachs vede la globalizzazione come la causa principe della fine degli Stati-nazione europei nati intorno all'idea di sovranità all'interno dei confini territoriali.

Oggi viviamo una realtà scissa in due: da una parte il mondo reale si restringe alla dimensione locale legata sempre più alla vita quotidiana di ciascun individuo, e dall'altra il mondo virtuale che si va estendendo creando una dimensione locale a scala mondiale. È così possibile comprare abiti a Londra, investire a New York o leggere un giornale australiano senza bisogno di un negozio, o di un'edicola dove dover andare fisicamente. In questo panorama, gli Stati nazionali con i loro apparati amministrativi sembrano inutili filtri regolatori di cui si può fare a meno. Il perimetro della dimensione locale

---

**I cambiamenti climatici possono rappresentare quel filo conduttore che permette di definire un modello di sviluppo sostenibile condiviso capace di guidare una trasformazione che guardi al futuro.**

## CAMBIAMENTI CLIMATICI, GLOBALIZZAZIONE E STRATEGIE LOCALI PROCESSI GLOBALI

entro cui ci sentiamo attori reali, e non virtuali, diventa variabile in funzione della specifica azione che ci vede interagire e di cui possiamo influenzare la decisione. Il consolidarsi di un tale processo ha tuttavia trovato una spinta fondamentale nella domanda di democrazia reale che, per esempio in Italia ha visto il decentramento, amministrativo e decisionale, avviarsi ancor prima che l'informazione diventasse centrale nella nostra vita.

Coerentemente si tratta di partecipare e condividere le scelte che non sono più solo delegate ad un livello politico astratto e separato, ponendo le basi di nuove forme di democrazia. In questi termini la sfida è principalmente per la politica che, qualora non riesca a rispondere alle aspettative di condivisione e partecipazione, si troverà respinta ed ignorata.

Si tratta di una particolare coincidenza in cui il contesto istituzionale può riuscire a creare quell'ambiente facilitatore che potrebbe permettere di coniugare gli strumenti dell'informazione con il territorio ed il senso di appartenenza. È evidente che quanto più il territorio è ricco di cultura, dove cultura è intesa come capacità di riconoscersi in comuni radici passate che assicurano la futura innovazione, tanto più riesce a svilupparsi quel senso di appartenenza che porta a difendere il perimetro della dimensione locale.

### Cambiamenti climatici e strategie locali

## STRATEGIE LOCALI

È in questo quadro generale che i cambiamenti climatici possono rappresentare quel filo conduttore che permette di definire un modello di sviluppo sostenibile condiviso capace di guidare una trasformazione che guardi più al futuro che del passato. La Toscana potrebbe trovarsi in una condizione privi-

---

3. S. Quirico d'Orcia,  
1998 (E. Blasi).



legiata nel rispondere alla sfida posta dal cambiamento climatico, nel definire e mettere in opera una politica efficiente sia in termini di "mitigazione" degli effetti che di "adattamento" del sistema produttivo e sociale. Le ragioni sono nel contestuale ritrovarsi di condizioni ottimali ai diversi livelli. Infatti la dimensione regione potrebbe risultare quella più appropriata per poter praticare una strategia di riduzioni delle emissioni e di aumento dei sequestri di carbonio che poggia non su misure repressive, ma sulla condivisione a livello di territorio, dai comuni alle unità più elementari, di scelte che poggino su perimetri differenti di partecipazione nell'identificazione delle azioni. Il particolare valore del territorio, sia in termini economici che culturali, ha creato in Toscana quelle sinergie atte a rendere più evidenti che altrove l'appartenenza ed il riconoscersi in termini territoriali. Un tale contesto in termini di globalizzazione presenta quindi grandi vantaggi nella capacità di adattarsi alle regole della informazione e dei rapporti futuri con i cittadini, ma anche forti limiti laddove la cultura non è riuscita ad assicurare quella continua innovazione del sistema industriale. La transizione verso quella futura società di cui i contorni non sono ancora definiti richiede il superamento di una visione settoriale e specialistica che portando a politiche ed azioni sovrapposte perderebbe di credibilità nei riguardi della domanda di partecipazione della società civile le cui regole sono ancora in evoluzione.

In tale contesto i cambiamenti climatici vengono a imporci quindi una visione olistica che obbliga a coniugare l'agricoltura con l'industria e con tutti gli altri settori fino a toccare l'individuo per assicurarsi la sua partecipazione. Questa visione, riporterebbe ogni strategia in un contesto globale dove l'innovazione va vista come approccio al mondo e governo della competitività, ed il partenariato internazionale come la scala adeguata in cui operare per assicurare sviluppo al proprio territorio. La domanda di visione strategica resta la vera sfida; riuscire a perseguire un modello di sviluppo che salvaguardi la possibilità fra dieci anni di completare il disegno senza che la spinta per risultati immediati bruci una tale opportunità. Non fermarsi sulle sicurezze del passato ma garantire le potenzialità di un futuro.

## La strategia toscana per i cambiamenti climatici

### STRATEGIA TOSCANA

#### Il quadro di riferimento regionale: il Piano Regionale di Azione Ambientale

La dimensione degli obiettivi di riduzione della CO<sub>2</sub> e le misure adottate dalla Regione Toscana per far fronte alla sfida dei cambiamenti climatici si collocano, come abbiamo visto, in un più ampio contesto internazionale e contemporaneamente promuovono l'integrazione delle singole strategie settoriali per il raggiungimento di una massima coerenza con l'obiettivo individuato dal Protocollo di Kyoto. La riduzione delle emissioni di gas serra, per la realizzazione degli impegni internazionali in materia di clima, comporta, infatti, il perseguimento di una maggior ecoefficienza, sia nel settore energetico che nella produzione industriale, nel settore civile, terziario e dei trasporti.

Proprio al fine di orientare i comportamenti della popolazione e delle imprese verso l'ecoefficienza la Regione Toscana si è dotata, da marzo 2004, di un nuovo strumento di programmazione e indirizzo per le politiche ambientali: il Piano Regionale di Azione Ambientale (PRAA) un unico documento che recepisce gli indirizzi dei piani approvati a livello nazionale, europeo ed internazionale e che prevede una vasta gamma di strumenti, azioni e sostegni finanziari volti a garantire la sostenibilità dello sviluppo.

Le strategie, gli strumenti e le azioni si riferiscono ad una serie di obiettivi, definiti nel Piano come "macroobiettivi", per il cui perseguimento risulta fondamentale il ruolo della *governance*. La condivisione degli obiettivi e della lettura dello stato dell'ambiente in Toscana da parte di attori pubblici e privati, sono infatti condizioni imprescindibili per interventi in settori complessi come quelli dei cambiamenti climatici, dell'ambiente e della salute, dell'uso sostenibile delle risorse e della conservazione della natura e biodiversità.

Il PRAA si fonda su quattro diverse strategie d'intervento:

1. L'integrazione fra le politiche ambientali regionali: la predisposizione di un Piano regionale di azione ambientale consente di indirizzare tutti gli interventi in materia ambientale sviluppati dai diversi settori di attività (aria, acqua, energia, ecc.) su alcuni filoni strategici, con l'obiettivo di migliorare efficienza ed efficacia degli interventi.
2. L'integrazione delle politiche ambientali con le altre politiche regionali: il modello organizzativo scelto è di tipo orizzontale, orientato all'intersectorialità. In questo modo si attiva un insieme di interventi che pur interessando diversi ambiti (sanità, attività economiche, trasporti) si rifanno a strumenti, approcci e risorse comuni. Sviluppando così sinergie che evitano la semplice sommatoria di interventi settoriali.

3. La sussidiarietà istituzionale: nel quadro della riforma costituzionale, la Regione diventa un livello di governo decisivo per i cittadini e per le comunità locali, per l'ampio spettro dei poteri regolativi, programmatori e di indirizzo che le sono attribuiti, e per le modalità innovative con le quali è chiamata ad organizzare e a esercitare questi poteri, in attuazione della sussidiarietà istituzionale.
4. Strategie di *governance*: l'eco-efficienza è strettamente correlata alla *governance*, un sistema che ricerca una forte integrazione tra strumenti di programmazione e pianificazione, aree d'intervento e soggetti pubblici e privati.

I principali strumenti regionali applicati per raggiungere gli obiettivi del PRAA, sono:

- interventi legislativi;
- pianificazione, programmazione e indirizzo;
- controllo e vigilanza;
- ottimizzazione dei finanziamenti regionali;
- costituzione e rafforzamento delle agenzie regionali a carattere ambientale;
- promozione e diffusione delle certificazioni ambientali;
- strumenti conoscitivi (sistema informativo territoriale, carta geologica, base conoscitiva ambientale, ecc.);
- comunicazione e informazione;
- educazione ambientale e orientamento ai consumi consapevoli;
- fiscalità ambientale;
- coordinamento del sistema delle valutazioni ambientali;
- ricerca e innovazione tecnologica;
- cooperazione internazionale.

#### I macroobiettivi, gli obiettivi settoriali e territoriali

## I MACROBIETTIVI

In coerenza con il Sesto Programma comunitario d'azione ambientale e la Strategia d'azione ambientale per lo sviluppo sostenibile in Italia, l'articolazione strategica del Piano di Azione Ambientale definisce le priorità ambientali in riferimento a quattro diverse aree di azione:

1. cambiamenti climatici;
2. natura e biodiversità;
3. ambiente e salute e qualità della vita;
4. uso sostenibile delle risorse naturali e gestione dei rifiuti.

# CAMBIAMENTI CLIMATICI, GLOBALIZZAZIONE E STRATEGIE LOCALI LA TOSCANA

Per ciascuno dei quattro settori vengono individuati gli obiettivi prioritari del Piano per il triennio 2004-2006: i macroobiettivi, in corrispondenza dei quali sono stati definiti alcuni indicatori ambientali denominati macroindicatori. Ci sono poi degli obiettivi settoriali (aria, acqua, energia, rifiuti, bonifiche dei siti inquinati, conservazione della natura, ecc.) e degli obiettivi per aree territoriali specifiche denominate zone di criticità ambientale.

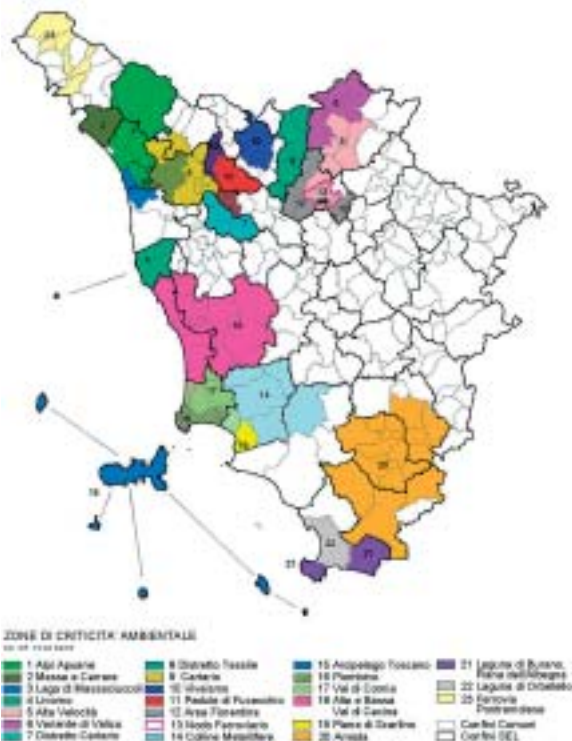
AREA D'AZIONE PRIORITARIA	MACROOBIETTIVO
<b>1. CAMBIAMENTI CLIMATICI</b>	Ridurre le emissioni di gas serra in accordo con il Protocollo di Kyoto Stabilizzare e ridurre i consumi energetici Aumentare la percentuale di energia proveniente da fonti rinnovabili
<b>2. NATURA E BIODIVERSITÀ</b>	Aumentare la percentuale di aree protette Conservazione della biodiversità Ridurre la dinamica delle aree artificiali Prevenire il rischio idrogeologico Prevenire l'erosione costiera
<b>3. AMBIENTE E SALUTE</b>	Ridurre la percentuale di popolazione esposta all'inquinamento atmosferico Ridurre la percentuale di popolazione esposta all'inquinamento acustico Ridurre gli impatti dei pesticidi e delle sostanze chimiche pericolose sulla salute umana e sull'ambiente
<b>4. USO SOSTENIBILE DELLE RISORSE NATURALI E GESTIONE DEI RIFIUTI</b>	Ridurre la produzione totale dei rifiuti Ridurre o eliminare la percentuale di rifiuti conferiti in discarica Ridurre o azzerare il deficit depurativo Promuovere un uso sostenibile della risorsa idrica

Le zone di criticità ambientale sono ambiti territoriali in cui uno o più fattori di crisi ambientale richiedono interventi fortemente contestualizzati e capaci di integrare efficacemente le diverse politiche ambientali e di settore (economiche, territoriali e per la salute).

Le zone individuate si suddividono in quattro tipologie: impatti di processi produttivi, lavori di grande infrastrutturazione, siti da bonificare, tutela dei valori naturalistici. L'area fiorentina, per la sua specificità di area urbana ad alto tasso d'inquinamento atmosferico, rimane esclusa da questa suddivisione e costituisce una tipologia a sé stante. Per ciascuna zona di criticità il

PRAA individua il quadro conoscitivo e gli obiettivi prioritari di ripristino ambientale da conseguire a livello locale. Tale quadro conoscitivo, che fa emergere come fondamentale il problema della risorsa idrica, richiede di destinare buona parte delle risorse finanziarie (90.000.000 di euro), così come previsto dalla legge regionale 43/2003, alla risoluzione di tale problema, attraverso investimenti e interventi di carattere strutturale.

Il finanziamento regionale delle azioni del PRAA, 46.070.000 di euro, oltre ai 90.000.000 di euro sopra citati, costituisce strumento incentivante di azioni e buone pratiche di ecoefficienza anche già operanti nel territorio in forma sperimentale o limitata, e per i quali l'estensione e la diffusione rappresenta requisito fondamentale per il raggiungimento di obiettivi di miglioramento ambientale.



1. Zone di criticità ambientale

#### Le principali azioni si distinguono in:

- azioni per lo sviluppo dei quadri conoscitivi
- azioni per la promozione dell'ecoefficienza
- azioni di sistema per la ricerca, la comunicazione, l'informazione e l'educazione ambientale
- azioni di sostegno agli interventi di programma localizzati nelle zone di criticità ambientale

#### Gli obiettivi e le azioni della Regione Toscana per contrastare i cambiamenti climatici

Abbiamo individuato con il PRAA i principali obiettivi e le conseguenti azioni che si possono mettere in atto a livello locale per contrastare i cambiamenti climatici.

Possiamo effettuare una prima distinzione tra obiettivi di prevenzione e di mitigazione del fenomeno in esame:

#### Obiettivi di prevenzione

- Ridurre le emissioni di gas serra in accordo con il Protocollo di Kyoto
- Stabilizzare e ridurre i consumi energetici
- Aumentare la percentuale di energia proveniente da fonti rinnovabili
- Ridurre o eliminare la percentuale di rifiuti conferiti in discarica

## Azioni relative agli obiettivi di prevenzione

- Riconvertire il parco termoelettrico da olio combustibile a ciclo combinato
- Sviluppare le energie rinnovabili
- Promuovere l'efficienza negli usi energetici (PER)
- Interventi sul traffico e la mobilità (Piano della mobilità e della Logistica)
- Migliorare l'efficienza negli usi energetici domestici
- Promuovere azioni per la certificazione energetica degli edifici
- Promuovere la bioarchitettura e la bioclimatica
- Diffondere la cogenerazione
- Promuovere azioni per incentivare elettrodomestici e tecnologie illuminanti a basso consumo energetico
- Intervenire nei processi di combustione nell'industria che provocano emissioni di gas serra
- Eliminare le emissioni di gas serra da discariche (Piano dei rifiuti)
- Interventi di ricerca per l'economia basata sull'idrogeno
- Interventi di salvaguardia e miglioramento delle foreste (Programma forestale regionale)
- Elaborazione di politiche di incentivazione alla produzione, autoproduzione ed uso di energia proveniente da fonti rinnovabili
- Sviluppare la raccolta differenziata
- Completare la dotazione di impianti per la selezione e il trattamento
- Interventi di fiscalità per ridurre i rifiuti conferiti in discarica
- Sostenere il mercato dei materiali riciclati
- Aumentare la percentuale di rifiuti inceneriti con recupero energetico

Azioni previste per ridurre le emissioni di gas serra e riduzioni attese delle emissioni di CO<sub>2</sub> eq.

PRAA 2004-2006.

Le previsioni di riduzione totale connesse alle azioni/misure dei 4 macrosettori precedenti e con le azioni nei settori della mobilità e del sistema di smaltimento dei rifiuti sono nel *range* 4.9-6.3 Mt secondo la seguente tabella riassuntiva:

### PRAA 2004-2006 – Azioni

Riduzione di CO<sub>2</sub> eq. (Mt)

Riconversione del parco termoelettrico da olio combustibile a ciclo combinato a gas	2 Mt
Sviluppo di energie rinnovabili	0,4 ÷ 0,6 Mt
Promozione dell'efficienza negli usi energetici a fine riscaldamento e miglioramento negli usi energetici domestici	1 ÷ 1,2 Mt
Riduzione/eliminazione del conferimento dei rifiuti in discarica	1 ÷ 1,5 Mt
Interventi sul traffico e la mobilità	n.d.
Interventi nei processi di combustione nell'industria	0,5 ÷ 1 Mt



### Obiettivi di mitigazione

- Gestire il rischio idrogeologico
- Prevenire l'erosione costiera
- Promuovere un uso sostenibile della risorsa idrica

### Azioni relative agli obiettivi di mitigazione

- Approvazione dei piani di assetto idrogeologico
- Sviluppo del parco progetti e realizzazione per interventi strutturali previsti dai PAI
- Definizione dei piani di manutenzione a livello di bacino per reticolo opere idrauliche e sistemazioni idraulico forestali
- Promuovere una gestione ed un uso del suolo che contribuiscano a prevenire il rischio
- Realizzazione del piano straordinario degli investimenti per l'erosione costiera
- Elaborazione di protocolli di gestione dei bacini ed opere lungo la linea di costa, finalizzati a prevenire l'erosione
- Sviluppare il quadro conoscitivo sul consumo della risorsa idrica
- Elaborare i bilanci idrici di tutti i bacini e acquiferi e individuare le zone di sovrasfruttamento della risorsa idrica
- Nelle zone di sovrasfruttamento della falda acquifera effettuare una ripartizione tra gli usi, secondo criteri di priorità, della risorsa effettivamente disponibile

### Un approfondimento: lo stato di attuazione del Piano Energetico Regionale

## APPROFONDIMENTO

La Regione Toscana nell'elaborazione del PER, approvato nel 2000, aveva adottato, come autonoma linea guida per la sua politica energetica futura, la riduzione delle emissioni di gas ad effetto serra promuovendo l'efficienza energetica ed il ricorso alle fonti rinnovabili. Ad oggi, in riferimento agli obiettivi posti dal Piano Energetico Regionale, importanti risultati sono già stati raggiunti e altri sono in corso di realizzazione sia sul fronte della produzione di energia che su quello della riduzione dei consumi.

#### La produzione di energia

Sul fronte della produzione di energia sono stati raggiunti ed in certi casi superati alcuni obiettivi fissati al 2010, suddivisi virtualmente in azioni annuali utilizzando lo strumento degli accordi volontari anche assistiti con le incentivazioni economiche. L'Amministrazione regionale in un contesto normativo comunitario e statale in continua evoluzione ha cercato di predisporre programmi di incentivi pubblici diretti principalmente all'incremento dello sfruttamento delle fonti energetiche rinnovabili.

Va infatti ricordato che dopo Kyoto, le regioni sono state chiamate ad avere un ruolo sempre più rilevante nelle scelte energetiche da normative nazionali come il D. Lgs. n.112/98, dal D. Lgs. n.79/99 , dal D. Lgs. n.164/00 ed i rispettivi decreti applicativi, fino alla modifica, tramite legge costituzionale, dell'articolo quinto della Costituzione.

Tale attività ha visto un coinvolgimento diretto e concertato di importanti istituti bancari che hanno contribuito per la parte non coperta da finanziamento pubblico e, in alcuni casi completamente, alla cantierabilità delle iniziative proposte.

È da segnalare il riscontro fortemente positivo registrato sui tavoli di concertazione propedeutici alla sottoscrizione degli accordi volontari per la presenza congiunta di tutti i soggetti istituzionali e non istituzionali interessati alle varie iniziative che, in molti casi, ha consentito di dirimere controversie ed opposizioni incrociate individuando in maniera congiunta e concordata soluzioni che non sarebbero emerse procedendo con singole istruttorie nella specificità delle varie competenze.

Si evidenziano importanti successi per l'idroelettrico, per le biomasse, per il solare, sia termico che fotovoltaico, mentre rileva che debbono essere intensificate le azioni per la promozione dell'uso delle biomasse e per lo sviluppo della risorsa geotermica, soprattutto per l'uso diretto del calore a bassa entalpia per utilizzazioni non elettriche.

Per la fonte eolica si registra una situazione di stallo anche se è venuto maturando un forte interesse delle imprese del settore e di molti enti locali alla realizzazione di parchi eolici in quanto tecnologia matura ed ormai competitiva nel mercato elettrico.

Per le produzioni elettriche distribuite quali quelle da fonti solari con potenza inferiore ai 5 Kw si è proceduto con accordi settoriali anche rinnovati più volte con i quali si è anche costituito un rapporto di collaborazione continuato con le province e le agenzie energetiche provinciali per l'assegnazione e l'erogazione delle risorse.

Sul fronte della produzione di calore, oltre agli impianti di cogenerazione attivati, sono da segnalare, per importanza:

- teleriscaldamenti con fluido geotermico di numerosi centri urbani nei comuni geotermici, sia "tradizionali" che amiatini utilizzando le risorse provenienti dall'attività geotermica integrate con fondi regionali;
- il recupero energetico dagli scarti di lavorazione del legno vergine utilizzato direttamente dalle aziende di produzione stesse e dalle biomasse agroforestali attivati tramite un accordi settoriali.

Per il ruolo che la Regione ha nel promuovere anche sistemi innovativi sono da segnalare i bandi che ha emanato per progetti dimostrativi che hanno creato le condizioni per la realizzazione di un sistema di illuminazione solare con fibre ottiche al museo Stibbert, di un modulo abitativo energeticamente autonomo, di una unità idroelettrica in acquedotto pubblico, di un centro dimostrativo di utilizzazione dell'energia meccanica sviluppata dall'acqua, di un sistema solare a concentrazione a servizio di un complesso ospedaliero nonché di iniziative per utilizzare l'idrogeno come combustibile.

### **Sul fronte della riduzione dei consumi**

Per aggredire le inefficienze energetiche presenti nel sistema abitativo, terziario e produttivo toscano sono state affrontate variegate complessità strategiche per certi aspetti più difficili che per la produzione.

Tale attività è stata impostata traguardando una cultura ed una prassi operativa che si instauri in maniera permanente nelle nuove realizzazioni sia di complessi abitativi che produttivi.

In questo caso sono stati individuati due fondamentali campi d'azione:

- quello individuato dalle certificazioni ambientali verso le quali anche la Pubblica Amministrazione sta concentrando l'attenzione sia per le proprie attività sia per le azioni che essa stessa rivolge alla collettività privilegiando, in ogni occasione, iniziative certificate o con finalità di certificazione;
- quello sul risparmio energetico nell'edilizia avviato con la proposta di legge sulla certificazione energetica degli edifici attualmente ai lavori della giunta nel contesto della nuova legge quadro sull'energia.

Il settore dei trasporti che contribuisce in maniera determinante ai consumi energetici ed è significativamente responsabile dell'inquinamento urbano merita di essere trattato a parte per le logiche interconnessioni che ha con altri settori. È stato operato sui biocombustibili (bioetanolo e biodiesel) per i quali è in fase di sottoscrizione un accordo nazionale che prevede una progressiva loro introduzione nei carburanti tradizionali. È stata promossa una iniziativa che coinvolge il settore dell'agricoltura e dei trasporti oltre che dell'energia per realizzare una filiera toscana di produzione ed utilizzo a partire dalla coltivazione della materia prima oggi prevalentemente di importazione come semilavorato. Sono state incentivate iniziative per lo sviluppo delle tecnologie all'idrogeno nel trasporto urbano.

**Acquicoltura.** L'allevamento di organismi acquatici incluso pesci, molluschi, crostacei e piante acquatiche con qualche tipo di intervento per migliorare il processo che ne aumenta la produzione, come la regolare riproduzione, l'alimentazione, la protezione da predatori, ecc. L'allevamento implica anche la proprietà individuale o collettiva delle specie allevate. Fonte: Glossario FAO per l'industria della pesca.

**Aerosol.** Sistema di particelle solide o liquide sospese in un mezzo gassoso, avente una velocità di caduta irrilevante. Nazioni Unite. Fonte: Glossario di Statistica Ambientale.

**Afforestamento (imboschimento).** La realizzazione di una foresta, bosco o coltivazione di alberi in un'area che non è mai stata coltivata a foresta, o su un terreno che da molto tempo manca di un rivestimento forestale. Fonte: Database terminologico IUFRO Silva.

**Anidride carbonica.** Gas che viene prodotto naturalmente dagli animali durante la respirazione e il decadimento della biomassa e che viene utilizzato dalle piante durante la fotosintesi. Anche se costituisce solamente lo 0.04% dell'atmosfera, è uno dei gas principali nei gas serra. La combustione di combustibili fossili sta aumentando la concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera, che si pensa contribuisca al riscaldamento globale del Pianeta. Fonte: EEA.

**Biocenosi.** Comunità vivente composta da vegetali e animali che, a causa dei loro rapporti di dipendenza o di interdipendenza o in funzione di esigenze ecologiche simili, si insediano stabilmente e si moltiplicano in un determinato ambiente vitale (biotopo). Fonte: glossario IFN.

**Biodiversità.** Raggruppamento di organismi viventi di ogni provenienza, incluso terrestri, marine ed altri ecosistemi acquatici ed i complessi ecologici di cui fanno parte. Fonte: Adattato dal Convegno sulla Diversità Biologica (Articolo 2 – Utilizzo dei Termini) definizione di "diversità biologica".

**Biogas.** Gas, ricco di metano, che viene prodotto dalla fermentazione di letame, liquame umano o residui agricoli in un contenitore ermetico. Viene utilizzato come combustibile per accendere fornelli e lampade, per far funzionare piccole macchine e per generare elettricità. I residui della produzione del biogas vengono usati come fertilizzante organico a basso rendimento. I combustibili di biogas solitamente non causano inquinamento atmosferico, e poiché provengono da risorse di energia rinnovabile, hanno un grosso potenziale d'utilizzo per il futuro. Fonte: ETC/CDS. Thesaurus Multilinguistico Generale per l'Ambiente (GEMET 2000).

**Biomassa.** La frazione biodegradabile dei prodotti, scarti e residui dell'agricoltura (incluse sostanze vegetali ed animali), silvicoltura e industrie collegate così come la frazione biodegradabile dei rifiuti industriali e comunali. Direttiva 2001/77/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 27 Settembre 2001, sulla promozione di elettricità prodotta da risorse energetiche rinnovabili nel mercato dell'elettricità interna.

**Biota.** Tutti gli organismi viventi in un'area; la flora e la fauna considerata come un'unità. Fonte: IPCC. Il cambiamento climatico 2001 — Impatti, adattamento e vulnerabilità.

**Cambiamento climatico.** Il cambiamento climatico si riferisce a qualunque cambiamento di clima nel tempo, sia esso dovuto alla naturale variabilità sia come risultato delle attività dell'uomo. Questo uso differisce da ciò che viene definito nella Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti climatici (UNFCCC), che definisce "cambiamento climatico" come: un cambiamento climatico che viene attribuito direttamente o indirettamente alle attività dell'uomo, che altera la composizione dell'atmosfera globale, in aggiunta alla naturale variabilità climatica, osservabile in periodi di tempo comparabili". Fonte: IPCC. Cambiamento climatico 2001 Impatti, adattamento e vulnerabilità.

**Carburante fossile.** Carbone, gas naturale e prodotti petroliferi (quali il petrolio) formati dai corpi decomposti di animali e piante che sono morti milioni di anni fa. Fonte: Banca Mondiale. 2000. Oltre la Crescita Economica. Washington.

**Ciclo dell'acqua.** Il corso che l'acqua segue attraverso i suoi vari stati — vapore, liquido, solido — mentre si muove tra l'oceano, l'atmosfera, le falde acquifere sotterranee, i torrenti, ecc. Fonte: La Fondazione Groundwater.

**Clorofluorocarburi.** Gas che si formano dal cloro, fluoro e carbonio, le cui molecole solitamente non reagiscono con altre sostanze; sono quindi utilizzati come propellenti per le bombolette spray perché non alterano il materiale che viene spruzzato. Fonte: ETC/CDS. Thesaurus Multilinguistico Generale per l'Ambiente (GEMET 2000).

**CO<sub>2</sub> equivalente.** Misura metrica utilizzata per comparare le emissioni dei vari gas serra sulla base del loro potenziale di riscaldamento globale (GWP). Gli equivalenti di anidride carbonica sono comunemente espressi in "milioni di tonnellate metriche di anidride carbonica (MMTCDE)" L'equivalente di anidride carbonica di un determinato gas è derivato moltiplicando le tonnellate del gas emesso per il corrispettivo GWP.  $MMTCDE = (\text{milioni di tonnellate metriche di gas}) \times (\text{GWP del gas})$ . Ad esempio, il GWP del metano è 21 e per il protossido d'azoto è 310. Questo significa che l'emissione di 1 milione di tonnellate metriche di metano e protossido d'azoto è rispettivamente equivalente alle emissioni di 21 e 310 milioni di tonnellate (metriche) di anidride carbonica. Fonte: EEA, fonte: IPCC Terzo rapporto di stima, 2001.

**Commercio d'emissione.** Il Protocollo di Kyoto permette alle Parti elencate nell'Allegato B, di partecipare al commercio delle quote loro assegnate, per adempiere ai propri obblighi d'emissione. Le Parti che acquistano le quote assegnate possono aggiungerle alle quote loro assegnate dal Protocollo, mentre le Parti che vendono dovranno dedurle. Tale commercio verrà ritenuto supplementare ad altre azioni nazionali. La Conferenza delle Parti dovrà definire le norme e modalità di tale commercio. Fonte: Commissione Europea. Il Cambiamento climatico: Glossario dei termini comuni e acronimi.

**Contabilità ambientale.** (1) Contabilità nazionale: conti fisici e monetari dei beni e costi per la loro svalutazione e decadimento. (2) Contabilità aziendale: il termine si riferisce generalmente alle ispezioni ambientali, ma potrebbe anche includere i costi degli impatti ambientali causati dall'azienda. Fonte: Nazioni Unite. 1997. Citato da: FAO.

**Contabilità a pieni costi.** Uno strumento che serve a identificare, quantificare e allocare i costi ambientali diretti ed indiretti delle operazioni aziendali in corso. La contabilità a pieni costi aiuta ad identificare e a qualificare i seguenti quattro tipi di costi per un

prodotto, processo o progetto: costi diretti, costi nascosti, costi delle passività contingenti, e meno costi tangibili. Fonte: GEMI. 1994. Citato da: l'Istituto Internazionale per lo Sviluppo dell'Economia Industriale all'Università di Lund. 2000. La continuità, attendibilità e comparabilità. Svezia.

**CORINE-Land Cover.** Si tratta di un progetto all'interno del programma europeo CORINE (COoRdination de l'INformation sur l'Environnement) specificamente destinato al rilevamento e al monitoraggio, ad una scala compatibile con le necessità comunitarie, delle caratteristiche del territorio, con particolare attenzione alle esigenze di tutela.

**Deforestazione.** Rimozione di alberi a lungo termine da un sito afforestato per permettere un differente sfruttamento del sito. Fonte: Database terminologico IUFRO Silva.

**Desertificazione.** Degrado del terreno in aree aride, semi-aride e sub-umide secche, risultanti da diversi fattori inclusi i cambiamenti climatici e le attività dell'uomo. Inoltre, il Convegno delle Nazioni Unite per Combattere la Desertificazione (UNCCD) definisce il degrado del terreno come una riduzione o perdita in zone aride, semi-aride e sub-umide secche, della produttività biologica o economica e il complesso di terreni agricoli bagnati da piogge o irrigati, o tratti di terreno, pascoli, foreste, e boschi che risultano da usi del terreno o da un processo o una combinazione di processi, incluso quelli che dovessero insorgere da attività dell'uomo e schemi abitativi quali: (i) erosione del terreno causata dal vento e/o acqua; (ii) deterioramento delle proprietà fisiche, chimiche e biologiche o economiche del terreno; e (iii) una perdita a lungo termine della naturale vegetazione. Fonte: IPCC. Il cambiamento climatico 2001 — Impatti, adattamento e vulnerabilità.

**Discarica pubblica.** Un sito per la discarica dei rifiuti su o nel terreno (ad esempio: sottoterra). Fonte: Direttiva 1999/31/EC del 26 Aprile 1999 sullo scarico di rifiuti solidi.

**Doppio dividendo.** Si riferisce al principio che le tasse ambientali possono sia ridurre l'inquinamento (il primo dividendo), sia ridurre le spese economiche complessive associate al sistema di tassazione, utilizzando l'entrata generata per sostituire altre imposte distorsive che rallentano al tempo stesso la crescita economica (il secondo dividendo). Fonte: Risorse per il futuro. Stati Uniti.

**Ecosistema.** Un complesso dinamico di comunità di piante, animali e microrganismi ed il loro ambiente non-vivente che interagisce come unità funzionale. Fonte: Il Convegno sulla Diversità Biologica.

**Effetto Serra.** Il riscaldamento dell'atmosfera a causa della riduzione nelle radiazioni solari in uscita che risultano dalle concentrazioni di gas quali l'anidride carbonica. Fonte: Agenzia per la Protezione dell'Ambiente. 2000. L'ambiente dell'Irlanda. Il rapporto del Millennio. Irlanda.

**Energia eolica.** Energia ottenuta dal vento, tradizionalmente con i mulini a vento, attraverso progetti sempre più complessi che includono turbine, generalmente usati per produrre elettricità ma anche per pompare acqua. La producibilità eolica di una macchina è proporzionale al cubo della velocità del vento, ma può essere utilizzata solo meno della metà della potenza disponibile. Fonte: ETC/CDS. Thesaurus Multilinguistico Generale per l'Ambiente (GEMET 2000).

**Erosione delle coste.** Dislocamento verso l'interno della costiera, causato dalla forza delle onde e delle correnti. Fonte: Amministrazione Nazionale Oceanica e Atmosferica US.

**Deterioramento dello strato d'ozono.** Il fragile scudo d'ozono è stato danneggiato dall'emissione di elementi chimici sulla Terra. Gli elementi chimici principali che stanno distruggendo l'ozono dalla stratosfera sono clorofluorocarburi che vengono utilizzati nei frigoriferi, gli aerosol e i detersivi di molte industrie e gli halon, che vengono utilizzati negli estintori. Il danno viene causato quando questi elementi chimici rilasciano forme altamente reattive di cloro e bromo. Negli ultimi 30 anni, i livelli di ozono sopra parti dell'Antartide sono scesi quasi del 40% in pochi mesi e il "buco" dell'ozono è chiaramente visibile dal satellite. Fonte: ETC/CDS. Thesaurus Multilinguistico Generale per l'Ambiente (GEMET 2000).

**Fattore d'emissione.** Andamento medio di emissioni stimato di un determinato inquinante per una data fonte, relativa alle unità di attività. Fonte: EA. 1999. Linee guida per la definizione e la documentazione dei dati sui costi di possibili misure di protezione per l'ambiente. Rapporto Tecnico N. 27.

**Fonte puntuale.** Un posto stazionario o una infrastruttura fissa dalla quale possono essere scaricati degli inquinanti; qualunque fonte identificabile di inquinamento; ad esempio: tubatura, fossato, nave, pozzo di miniera e impresa con ciminiera. Fonte: US EPA.

**Fonti non localizzate.** Fonti inquinanti diffuse (ad esempio senza un punto d'origine singolo o non introdotte in un flusso di ricezione da un'uscita specifica). Le comuni fonti non localizzate sono: agricoltura, silvicoltura, area urbana, miniere, costruzioni, dighe, canali, distribuzione terreno, intrusione di acqua salata e strade di città. Adattato da: US EPA.

**Generazione di potenza.** Atto o processo di trasformazione d'altre forme d'energia in energia elettrica. Fonte: ETC/CDS. Thesaurus Multilinguistico Generale per l'Ambiente (GEMET 2000).

**Gas serra.** Un gas che contribuisce al naturale effetto serra. Il Protocollo di Kyoto copre un paniere di sei gas serra (GHG) prodotti dalle attività dell'uomo: anidride carbonica, metano, protossido d'azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoruro di zolfo. Le emissioni delle Parti Allegato I di questi gas presi tutti assieme vanno misurate in termini di equivalenti di anidride carbonica sulla base del potenziale di riscaldamento globale dei gas. Un importante naturale GHG che non è considerato nel protocollo è il vapore acqueo. Fonte: Commissione Europea, Cambiamento climatico, Glossario dei termini comuni e acronimi.

**Generazione di potenza e di calore combinata.** Generazione consecutiva di energia termica ed elettrica utile dalla stessa sorgente combustibile. Fonte: US EPA.

**Idrofluorocarburi.** Famiglia di gas industriale incluso nel paniere dei sei gas serra (GHG) controllati dal Protocollo di Kyoto. Gli HFC hanno sostituito i cloro-fluorocarburi che distruggono l'ozono (CFC) in molte applicazioni, ma sono potenti GHG, con un potenziale di riscaldamento globale in 100 anni tra 140 e 11.700. Fonte: Commissione Europea. Cambiamento climatico: Glossario dei termini comuni e acronimi.

**Idroclorofluorocarburi.** Elementi che vengono usati come sostituti per i cloro-fluorocarburi (CFC) in diverse applicazioni perché si tratta di distruttori d'ozono meno attivi. Fonte: EEA.

**Implementazione congiunta.** Il Protocollo di Kyoto stabilisce questo meccanismo laddove le Parti dell'Allegato I (elencate nell'Allegato B del Protocollo di Kyoto) possono ricevere delle unità di riduzione delle emissioni quando ciò aiuta a finanziare progetti che riducano le emissioni nette nel Paese di una delle Parti dell'Allegato 1. Fonte: Commissione Europea, 1999, Programma di lavori per le azioni RTD a supporto della "crescita competitiva e sostenibile" 1998-2000.

**Innalzamento del livello del mare.** Aumento del livello medio dell'oceano. Un innalzamento eustatico del mare è un cambiamento del livello medio complessivo del mare, causato da un'alterazione del volume degli oceani della Terra. Un innalzamento relativo del mare si manifesta laddove esiste un netto aumento del livello dell'oceano relativamente ai movimenti locali del terreno. I modellatori del clima si concentrano molto nelle valutazioni eustatiche dei cambiamenti del livello dei mari. I ricercatori che studiano gli impatti si focalizzano sui relativi cambiamenti di livello dei mari. Fonte: IPCC. Cambiamento climatico 2001 impatti, adattamento e vulnerabilità.

**Inquinamento dell'aria.** La presenza di contaminanti o sostanze inquinanti nell'aria ad una concentrazione che interferisce con la salute o il benessere dell'uomo, o che produce altri effetti dannosi per l'ambiente. Fonte: EEA.

**Inquinamento termico.** L'eccessivo innalzamento o abbassamento delle temperature dell'acqua sopra o sotto le normali oscillazioni stagionali in torrenti, laghi, estuari o oceani, è il risultato dello scarico di emissari caldi o freddi nelle acque in questione. Fonte: ETC/CDS. Thesaurus Multilinguistico Generale per l'Ambiente (GEMET 2000).

**Inventario d'emissione.** Una lista, per fonte, dell'ammontare degli inquinanti dell'aria, scaricati nell'atmosfera da una comunità. Fonte: US EPA.

**Modelling.** Tecnica investigativa, che utilizza una rappresentazione matematica o fisica di un sistema o una teoria che considera tutte o alcune delle sue proprietà conosciute. I modelli vengono spesso utilizzati per testare gli effetti del cambiamento dei componenti del sistema sul rendimento complessivo del sistema. Fonte: ETC/CDS. Thesaurus Multilinguistico Generale per l'Ambiente (GEMET 2000)

**Monitoraggio.** (1) Una combinazione di osservazioni e misurazioni per lo svolgimento di un progetto, programma o misurazione, e la sua conformità con le politiche ambientali e la legislazione. (2) Il provvedere alle necessarie informazioni sul progresso nell'implementazione di un progetto, programma, ecc. in modo tale da assicurare che la gestione del progetto e i partner che cooperano, siano in grado di seguire l'implementazione dei progetti e, se necessario, adattare attività, input e budget, per ottenere l'impostazione del progetto. Fonte: 1) Commissione Europea. 1999. Integrazione dei fatti ambientali nello sviluppo e cooperazione economica. Bozza 1.0. Bruxelles. 2) Danida. Ministro per gli Affari Esteri. Danimarca.

**Obiettivo vincolante.** Standard ambientali che devono essere conseguiti in futuro. Fonte: Risorse per il futuro. Stati Uniti.



**Parametro di riferimento.** Una variabile misurabile usata come punto di riferimento o riferimento nella valutazione delle prestazioni di una organizzazione. Questi parametri di riferimento possono derivare da esperienze interne o di altre organizzazioni o da esigenze legali e vengono spesso usati per misurare i cambiamenti nelle prestazioni col passare del tempo. Fonte: Sito web per la Sostenibilità del Nord-ovest. Inghilterra. Dati ambientali per le aziende. Glossario dei termini.

**Partecipante.** Un'istituzione, organizzazione, o gruppo che ha qualche interesse in un particolare settore o sistema. Fonte: WHO.

**Pianura alluvionale.** Qualunque terreno normalmente secco che è suscettibile alle inondazioni d'acqua di qualunque sorgente naturale. Questa zona è generalmente un terreno basso adiacente ad un lago o corso d'acqua. Ambiente Canada. Fonte: Glossario.

**Piogge acide.** Pioggia contenente composti acidificanti dissolti, risultanti dall'inquinamento chimico dell'atmosfera da elementi contenenti zolfo e azoto. Quando la pioggia cade sul suolo, aumenta l'acidità dello stesso e dell'acqua, causando danni ecologici e all'agricoltura. Adattato da: Nazioni Unite. Glossario internazionale concordato sulla terminologia di base in relazione alla Gestione Disastri.

**Pozzi di assorbimento di carbonio.** Foreste ed altri ecosistemi assorbono carbonio rimuovendolo in tal modo dall'atmosfera e compensando così le emissioni di CO<sub>2</sub>. Il Protocollo di Kyoto permette che alcune attività di assorbimento indotte dall'uomo intraprese fin dal 1990 siano incluse nell'Allegato I delle Parti: obiettivi dell' emissione. Fonte: Commissione Europea, Cambiamento Climatico, Glossario dei termini comuni e degli acronimi.

**Radiazioni ultraviolette.** Radiazioni di lunghezze d'onda che oscillano tra la luce visibile e i raggi-x, divisi in bande di lunghezze d'onda A, B, C. La maggior parte delle radiazioni ultraviolette di banda B e C non riescono a raggiungere la superficie terrestre per la presenza dello strato d'ozono nell'atmosfera. Fonte: Nazioni Unite. Glossario di statistiche ambientali.

**Rilevazione remota.** La raccolta di informazioni da un oggetto o superficie senza contatto diretto. Fonte: Università di Okanagan.

**Rimboschimento.** (1) Rimboschimento di foreste su terreni che hanno precedentemente contenuto foreste ma che sono stati convertiti ad altro utilizzo. (2) Il ristabilimento della foresta sia naturalmente (attraverso semina naturale, bosco a ceppaia, oppure polioni) sia artificialmente (attraverso semina o messa a dimora diretta). Fonte: (1) IPCC. Cambiamento climatico 2001 — Impatti, adattamento e vulnerabilità. (2) Database terminologico IUFRO Silva.

**Riscaldamento globale.** Cambiamenti nella temperatura dell'aria di superficie, riferita come temperatura globale, causati dall'effetto serra che viene indotto dalle emissioni dei gas serra nell'aria. Fonte: ETC/CDS. Thesaurus Multilinguistico Generale per l'Ambiente (GEMET 2000).

**Rischio.** Un evento minaccioso o la probabilità che avvenga un fenomeno potenzialmente dannoso entro un dato periodo di tempo e zona. Fonte: Nazioni Unite. Glossario internazionale concordato sulla terminologia di base in relazione alla Gestione Disastri.

**Scenario.** Una descrizione possibile di come il futuro possa sviluppare, basandosi su un set di assunzioni coerenti e internamente consistenti, relazioni chiave e forze motrici (ad esempio l'andamento dei cambiamenti tecnologici, dei prezzi). Notare che gli scenari non sono né pronostici né previsioni. Fonte: Commissione intergovernativa sul cambiamento climatico.

**Scenario ambientale.** Descrizione plausibile di come il futuro potrebbe svolgersi sulla base di proposizioni "se-allora"; solitamente uno scenario è uno di una serie di percorsi alternativi. Un tipico scenario ambientale include una rappresentazione della situazione iniziale, un'immagine del futuro e una trama che descriva le forze di spinta e cambiamenti graduali che hanno portato a quest'immagine del futuro. Notare che gli scenari non sono né predizioni né previsioni. Fonte: EEA.

**Scenario Business-as-usual.** Lo scenario di riferimento che esamina le conseguenze delle continue tendenze nei comportamenti della popolazione, dell'economia, della tecnologia e dell'uomo. Fonte: Adattato da: Alcampo, J. Scenari come strumenti degli assestamenti ambientali internazionali.

**Scenario di base.** Lo scenario di base (anche conosciuto come scenario di "riferimento" o "parametro di riferimento" o di "non-intervento") descrive una situazione futura della società e/o dell'ambiente nel quale non vengono implementate nuove politiche ambientali a parte quelle che sono già in corso ad oggi; o nel quale queste politiche non hanno un'influenza percepibile riguardo le questioni che vengono analizzate. Fonte: EEA.

**Scenario qualitativo.** Gli scenari qualitativi descrivono un possibile futuro nella forma delle parole e dei simboli visivi piuttosto che in stime numeriche. Posso assumere la forma di diagrammi, frasi o schemi, ma più comunemente sono testi, ad esempio le cosiddette "trame". Fonte: EEA.

**Scenari quantitativi.** Gli scenari quantitativi possono fornire le informazioni numeriche necessarie sotto forma di tabelle e grafici. Quindi, gli scenari quantitativi si basano solitamente su modelli o simulazioni, che hanno il vantaggio di fornire assunzioni trasparenti e comprensibili sotto forma di equazioni modello, input modello e coefficienti. Fonte: EEA.

**Sequestro di carbonio.** Assorbimento e stoccaggio di carbonio. Gli alberi e le piante, ad esempio, assorbono anidride carbonica, rilasciano ossigeno e immagazzinano carbonio. Fonte: Dizionario Ambientale.

**Sfagno.** Nome italiano della classe dei Muschi del genere Sphagnum, famiglia Sfagnacee, ordine Sfagnali. I singoli individui hanno dimensioni di pochi decimetri e vivono nei terreni umidi e acquitrinosi delle zone circumpolari, nei climi freddi delle alte latitudini. Dagli sfagni e dalle piante ad essi associate deriva il materiale organico che ha dato origine alle torbe. Fonte: GLOSSARIO PEDOLOGICO, E.R.S.A.L. Università degli Studi di Milano, Ente Regionale Dipartimento di Scienze di Sviluppo Agricolo dell'Ambiente e del Territorio della Lombardia.

**Siccità.** Si tratta di un fenomeno naturale che ha luogo quando le precipitazioni sono state significativamente al di sotto dei normali livelli registrati, causando seri squilibri idrici che hanno effetti avversi sui sistemi produttivi delle risorse del terreno. Fonte: Convegno UN per combattere la Desertificazione.

**Stratosfera.** Superficie altamente stratificata dell'atmosfera sopra la troposfera che si estende da circa 10 km (oscillando da 9 km nelle latitudini elevate a 16 km, mediamente, ai tropici) a circa 50 km. Fonte: IPCC. Cambiamento climatico 2001 impatti, adattamento e vulnerabilità.

**Stress dell'acqua.** Lo stress dell'acqua avviene quando la domanda d'acqua supera la quantità disponibile in un determinato periodo, o quando la qualità scadente ne limita l'utilizzo. Lo stress dell'acqua causa il deterioramento delle risorse d'acqua dolce in termini di quantità (eccessivo sfruttamento dell'acqua, fiumi in secca, ecc.) e qualità (eutrofizzazione, inquinamento di materia organica, intrusione salina, ecc.) Fonte: EEA. 1999. Ambiente nella Comunità Europea alla svolta del secolo. Pag. 155. Rapporto di Assestamento Ambientale No 2.

**Troposfera.** La parte più bassa dell'atmosfera dove sopravvengono le nuvole e i fenomeni "atmosferici". Dalla superficie a circa 10 km in altitudine a medie latitudini (oscillando da 9 km nelle latitudini elevate a 16 km, mediamente, ai tropici). Nella troposfera, le temperature generalmente diminuiscono con l'altezza. Fonte: IPCC. Cambiamento climatico 2001 impatti, adattamento e vulnerabilità.

**Turbina a gas a ciclo combinato.** Cicli combinati che usano sia cicli di turbine a gas e vapore in impianti singoli per produrre elettricità con un'elevata efficienza di conversione e basse emissioni. Fonte: Commissione Europea.

**Uso del suolo.** L'uso del terreno corrisponde alla Descrizione socio-economica (dimensione funzionale) delle aree: aree ad uso residenziale, industriale o commerciale, per l'agricoltura, silvicoltura, per usi ricreazionali o conservativi, ecc. Sono possibili collegamenti con le coperture del suolo; potrebbe essere possibile inferire l'uso del terreno dalla copertura e viceversa. Tuttavia, le situazioni sono spesso complicate e il collegamento spesso non è così evidente. Al contrario della copertura del terreno, l'uso del terreno è difficile da "osservare". Ad esempio, è spesso difficile decidere se i prati vengono usati o meno per l'agricoltura. Le distinzioni tra uso del terreno e copertura del terreno e la loro definizione hanno impatti sullo sviluppo dei sistemi di classificazione, reperimento dati e sistemi d'informazione in genere. Fonte: Commissione Europea.

**Vulnerabilità.** Grado al quale un sistema è suscettibile a lesioni, danni o traumi, ed incapace di sopportarli. Fonte: IPCC. Metodologia e Tecnologia nel trasferimento di tecnologia.

**Valutazione del rischio.** Procedura nella quale i rischi costituiti da pericoli insiti coinvolti in processi o situazioni, sono valutati sia quantitativamente sia qualitativamente. Fonte: EEA. ANPIL Aree Naturali Protette d'Interesse Locale.

## Acronimi

# ACRONIMI

ANPIL	Aree Naturali Protette d'Interesse Locale
ASL	Azienda Sanitaria Locale
ATO	Ambito Territoriale Ottimale
BAT	Best Available Technology
BIA	Business Impact Assessment
bn	billion
CBD	Convention on Biological Diversity
CCBA	Climate, Community and Biodiversity Alliance
CDC	Centers for Disease Control
CDM	Clean Development Mechanism (UNFCCC)
CE	Comunità Europea
CEE	Comunità Economica Europea
CFCs	Chlorofluorocarbons
CGCM <sub>2</sub>	Canadian Global Coupled Model (second version)
CH <sub>4</sub>	Methane
CHP	Combined Heat and Power
CIA	Confederazione Italiana Agricoltori
CIPE	Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica
CO <sub>2</sub>	Carbon Dioxide
COADS	Comprehensive Ocean Atmosphere Data Set
CORINE	COoRdination de l'INformation sur l'Environnement
CST	Comitato Scienza e Tecnologia
DISMED	Desertification Information System for the Mediterranean
DOTS	Directly Observed Treatment, Short-course
DPR	Decreto del Presidente della Repubblica
D. Lgs.	Decreto Legislativo
ECCP	European Climate Change Programme
EEA	European Environment Agency
EIA	Environmental Impact Assessment
ENEA	Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente
ENSO	El Niño/Southern Oscillation
ESA	European Space Agency
ESPERE-ENC	Environmental Science Published for Everybody Round the Earth - Educational Network on Climate
ET	Emissions Trading (UNFCCC)
EU	European Union
EUROSEM	European Soil Erosion Model
FAO	Food and Agriculture Organization
FMA	Fondazione per la Meteorologia Applicata
GDP	Gross Domestic Product

## GLOSSARIO E ACRONIMI

GFS	Global Forecasting System
GHG	Greenhouse Gas
GLASOD	Global Assessment Soil Degradation
Gt C	gigatonne carbon
GWh	giga watt hours
GWP	Global Warming Potential (of Gases)
HC	Hydrochlorides
HCFCs	Hydrochlorofluorocarbons
HFC	Hydrofluorocarbons
IBE	Indice Biotico Esteso
IBIMET-CNR	Istituto di Biometeorologia – Consiglio Nazionale delle Ricerche
ICWC	Interstate Commission for Water Coordination
IDNDR	International Decade for Natural Disaster Reduction
IEA	International Energy Agency
IFRC	International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies
IHDP	International Human Dimensions Programme
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (UN)
IPPC	integrated Pollution Prevention and Control (EU Directive)
IR	Infrared Radiation
IRPI	Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica
IRSE	Inventario Regionale delle Sorgenti di Emissione
ISRIC	International Soil Reference and Information Centre
ITU	International Telecommunication Union
IUCN	International Union for Nature Conservation
IWAC	International Water Assessment Centre
JI	Joint Implementation (Marrakech accords)
kg	kilogramme
l	litre
LaMMA	Laboratorio per la Meteorologia e la Modellistica Ambientale
LaMMA CRES	Laboratorio per la Meteorologia e la Modellistica Ambientale- Centro Ricerche Erosione Suolo
LA21	Local Agenda 21
LIM	Livello di Inquinamento da Macrodescrittori
m <sup>3</sup> /ha/year	cubic meter per hectare per year
MADRPM	Ministry of Agriculture, Rural Development and Fisheries
MIPAF	Ministero delle Politiche Agricole e Forestali
Mha	mega ettari
MODIS	Moderate-resolution Imaging Spectroradiometer
Mt	million tonnes
NAO	North Atlantic Oscillation
NCAR	National Center for Atmospheric Research
NCEP	National Centers for Environmental Prediction
NCDC	National Climatic Data Center

N <sub>2</sub> O	Nitrous Oxide
NAI	Net Annual Increment (forestry)
NASA	National Aeronautics and Space Administration (USA)
NATO	North Atlantic Treaty Organization
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NO <sub>2</sub>	Nitrogen Dioxide
NO <sub>x</sub>	Nitrogen Oxides
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
O <sub>2</sub>	Oxygen
O <sub>3</sub>	Ozone
ODP	Ozone-Depleting Potential
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
OMS	Organizzazione Mondiale della Sanità
PAN	Programmi di Azione Nazionale
PAHO	Pan American Health Organization
PER	Piano Energetico Regionale
PM	Particulate Matter
ppm	particle per million
ppb	particle per billion
ppt	particle per tonne
PRAA	Piano Regionale di Azione Ambientale
ProMED	Program for Monitoring Emerging Diseases
RMS	Risk Management Solutions
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Equation
SAAS	Stato Ambientale delle Acque Sotterranee
SARDC	Southern African Research and Documentation Centre
SAU	Superficie Agricola Utilizzata
SEL	Stato Ecologico dei Laghi
SCAS	Stato Chimico delle Acque Sotterranee
SquAS	Stato Quantitativo delle Acque Sotterranee
SST	Sea Surface Temperature
SIA	Sustainability Impact Assessment
SO <sub>2</sub>	Sulphur Dioxide
te	tonnes equivalent
UN	United Nations
UNCSD	UN Commission on Sustainable Development
UNCCD	UN Convention to Combat Desertification
UNDP	United Nations Development Programme
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
UNEP	United Nations Environment Programme
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNFCCC	UN Framework Convention on Climate Change
UNFPA	United Nations Population Fund

## GLOSSARIO E ACRONIMI

US	United States
USLE	Universal Soil Loss Equation
USPED	Unit Stream Power-based Erosion Deposition
UTC	Coordinated Universal Time
WB	World Bank
WBCSD	World Business Council for Sustainable Development
WEPP	Water Erosion Prediction Project
WHO	World Health Organization
WMO	World Meteorological Organization
WSSD	World Summit on Sustainable Development (Johannesburg)
WWF	World Wildlife Fund

# BIBLIOTECA

## Bibliografia

### Clima e cambiamenti climatici

- Bright C., Assadourian E., Flavin C., French I., Gardner G., Halweil B., Mastny L., Nierenberg D., Postel S., Renner M., Sarin R., Sawin J., Vickers A., State of the World 2004 - Consumi; edizione italiana a cura di Bologna G., Edizioni Ambiente, Milano. (2004)
- Genesio, L., Magno, R., Capecchi, V., Crisci, A., Bottai, L., Ferrari, R., and L. Angeli: WP A10 – Azione Pilota in Toscana “Integrazione dei dati climatici, telerilevati e socio-economici per la definizione di indicatori di vulnerabilità alla desertificazione. Progetto “DESERTNET”, Programma INTERREG IIIB – MEDOCC – ASSE 4 MISURA 4, Maggio 2004.
- Meneguzzo, F., Menduni, G., Maracchi, G., Baldi, M., Brandani, G., Crisci, A., Marrese, F., Pasqui, M., and F. Piani: Climate analysis and prediction over the Arno river basin, Italy. Proceedings of the 14th Conference on Applied Climatology, 84th Annual Meeting of the American Meteorological Society, Seattle (WA-USA), January 2004. Available at: <http://ams.confex.com/ams/pdfpapers/71770.pdf>. (2004)
- Meneguzzo, F., Brandani, G., Marrese, F., Crisci, A., Massetti, L., Maracchi, G., Pasqui, M., Piani, and F. Todini (2004): Report – Eventi Estremi. Progetto “Rianalisi e previsione del clima sul Bacino del Fiume Arno”, 22 Aprile 2004.

### Aria

- “Direttiva 2003/87/CE del 13 ottobre 2003 che istituisce un sistema per lo scambio di quote di emissioni dei gas a effetto serra nella Comunità e che modifica la direttiva 96/61/CE del Consiglio” Schema di Piano Nazionale d’Assegnazione, Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio. (2004)
- Inventario Regionale Sorgenti di Emissione in Aria Ambiente – IRSE, 1995, 2000; Regione Toscana
- IPCC – Summary for Policy Makers; Climate Change 2001: Synthesis Report;
- IPCC – Summary for Policy Makers; Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability; a Report of Working Group II of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- NOAA – National Climatic Data Center, NCDC, 2004 - Experimental Land and Ocean Temperature Data Set.
- Osservatorio Kyoto, 2004; IBIMET CNR – Regione Toscana.
- UNFCCC – Kyoto Protocol, Kyoto. (1997)

### Acqua

- Baumgartner, A. and Reichel, E. Preliminary Results from a New Investigation of World’s Water Balance, Symposium on the World Water Balance. Vol. 3, No. 93. (1970)
- Brunetti, M., Colacino, M., Maugeri, M. & Nanni, T. Trends in the daily intensity of precipitation in Italy from 1951 to 1996. Int. J. Climatol., 21, 299-316. (2001)
- Brunetti, M., Maugeri, M., Nanni, T. & Navarra, A. Droughts and extreme events in regional daily Italian precipitation series. Int. J. Climatol., 22, 5432-316. (2002)
- Christensen, J.H., & Christensen, O.B. Severe summertime flooding in Europe. Nature, 421, 805-806. (2003)
- Flato, G.M., Boer, G.J., Lee, W.G., McFarlane, N.A., Ramsden, D., Reader, M.C., & Weaver, A.J. The Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis Global Coupled Model and its Climate. Clim. Dyn., 16, 451-467. (2000)
- Flato, G.M. & G.J. Boer Warming Asymmetry in Climate Change Simulations. Geophys. Res. Lett., 28, 195-198. (2001)
- Gardner-Outlaw, T. and Engelman, R. Sustaining Water, Easing Scarcity: A Second Update. Washington DC, Population Action International. (1997)
- Goodess, C.M., P.D. Jones.: Changes in rainfall intensity: a comparison of East/West Mediterranean trends and causes. Geophysical Research Abstracts, Vol.5, 02925. (2003)



- Groisman, P. Ya, Karl, T.R., Easterling, D.R., Knight, R.W., Jamason, P.F., Hennessy, K.J., Suppiah, R., Page, C.M., Wibig, J., Fortuniak, K., Razuvaev, V.N., Douglas, A., Førland & E.J., Zhai, P. Changes in the probability of heavy precipitation: important indicators of climatic change. *Climate Change*, 42, 243–283. (1999)
- Hegerl, G.C., Zwiers, F.W., Stott, P.A. & Kharin, V.V. Detectability of anthropogenic changes in temperature and precipitation extremes. *J. Climate* (submitted). (2003)
- Hoekstra, A.Y. and Hung, P.O.: "Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade". Value of Water Research Report Series No.11, IHE, the Netherlands. (2002)
- Hoekstra A.Y. ed.: "Virtual Water Trade; proceedings of the International Expert meeting on Virtual Water Trade; Value of Water" - Research Report Series no 12; IHE Delft the Netherlands. (2003)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Emissions Scenarios – A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Cambridge University Press. (2000)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Third Assessment Report. Cambridge, Cambridge University Press. (2001)
- IFRC (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies). World Disasters Report 2001. Geneva. (2001)
- Lvovitch, M.-I. World Water Balance (General Report). Symposium on the World Water Balance. Wallingford, International Association of Hydrological Sciences, Pub. No. 93, Vol. II, pp. 401–15. (1970)
- Palmer, T.N. & Ralsanen, J. Quantifying the risk of extreme seasonal precipitation events in a changing climate. *Nature*, 415, 512-514. (2002)
- Pastor, F., M.J. Estrela, D. Peñarrocha, and M.M. Millán.: Torrential rains on the Spanish coast: modeling the effects of the sea surface temperature. *J. Appl. Meteor.*, 40, 1180-1195. (2001)
- Regione Toscana, Segnali ambientali in Toscana 2002 – Indicatori ambientali e politiche pubbliche, Edifir, Firenze. (2002)
- Regione Toscana, Segnali ambientali in Toscana 2003 – Macroindicatori e analisi territoriale: quadri conoscitivi del Piano Regionale di Azione Ambientale, Edifir, Firenze. (2004)
- Shiklomanov, I.-A. Comprehensive Assessment of the Freshwater Resources of the World. Stockholm, Stockholm Environment Institute. (1997)
- UNFPA (United Nations Population Fund). The State of the World Population 2001. New York. (2002)
- Woodruff, S.D., H.F. Diaz, J.D. Elms, and S.J. Worley: COADS Release 2 data and metadata enhancements for improvements of marine surface flux fields. *Phys. Chem. Earth*, 23, 517-527. (1998)
- Xoplaki, E., J.F. González-Rouco, J. Luterbacher, and H. Wanner: Mediterranean summer air temperature variability and its connection to the large-scale atmospheric circulation and SSTs. *Clim. Dyn.*, 20, 723-739. (2003)

## Terra

- Arnoldus H.M.J. An approximation of the rainfall factor in the universal soil loss equation. In: Assessment of erosion (a cura di M. De Boodt and D. Gabriels). Wiley & Sons, England, 127-132. (1980)
- Genesio, L., Magno, R., Capecchi, V., Crisci, A., Bottai, L., Ferrari, R., and L. Angeli: WP A10 – Azione Pilota in Toscana "Integrazione dei dati climatici, telerilevati e socio-economici per la definizione di indicatori di vulnerabilità alla desertificazione. Progetto "DESERTNET", Programma INTERREG IIIB – MEDOCC ASSE 4 MISURA 4, Maggio 2004
- Giordani C, Zanchi C. Elementi di conservazione del suolo. Patron editore. (1995)
- Gisotti Giuseppe "Principi di geopedologia" Ed. Calderini. (1991)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., et al. 2000. Special report on emission scenarios. Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press: Cambridge. 599 pp. (2000)

- Märker, M., Moretti, S. & G. Rodolfi: Assessment of water erosion processes and dynamics in semiarid regions of southern Africa (KwaZulu/Natal RSA; Swaziland) using the Erosions Response Units Concept. *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, Vol. 24, 71-83. (2001)
- Maselli, F.: Definition of Spatially Variable Spectral Endmembers by Locally Calibrated Multivariate Regression Analyses. *Remote Sensing of environment* 75, pp.29-38. (2001)
- Mazzotti S., Falconi R., Zaccanti F., Autumnal reproduction of *Bufo bufo* in the Po Delta river (Northern Italy), in *Annuario Museo Civ. St. Nat. Ferrara*, Vol. 5, (2002)
- Medalus: <http://www.medalus.demon.co.uk>. (2001)
- Mitsova, H., Mitsova, L., Brown, W.M., Multiscale simulation of land use impact on soil erosion and deposition patterns. In: D.E. Stott, R.H. Mohtar and G.C. Steinhart (eds) *Sustaining the Global Farm. Selected papers from the 10th ISCO Meeting held May 24-29, 1999 at Purdue University and the USDA-ARS NSERL*, 1163-1169. (2002)
- Oldeman, L.R., Hakkeling, R.T.A., Sombroek, W.G., *World map of the status of Human Induce Soil degradation with eplanatory Note (second revised edition)* ISRIC, Wageningen; UNEP, Nairobi. (1991)
- Orlandini et al., *La modellistica agrometeorologica a supporto dell'attività degli agricoltori* Convegno "Cambiamenti climatici e risorse idriche". Roma, 28 marzo 2003.
- Pack, R. T., D. G. Tarboton and C. N. Goodwin, "Terrain Stability Mapping with SINMAP, technical description and users guide for version 1.00," Report Number 4114-Terratech Consulting Ltd., Salmon Arm, B.C., Canada. (1998)
- A.Pistocchi, G.Cassani and O.Zani "Use of the USPED model for mapping soil erosion and managing best land conservation practices", Regione Emilia Romagna, Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli, Piazza G.B.Morgagni 2, 47100 Forlì, Italy. (2000)
- Regione Toscana, *Segnali ambientali in Toscana 2001 – Indicatori ambientali e politiche pubbliche*, Edifir, Firenze. (2001)
- Renard K.G., Foster G.R. weessies G.A. McCool, D.K., Yoder, D.C. (eds) *predicting Soil Erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. US Department of Agriculture, *Agriculture Handbook* 703. (1997)
- Van Lynden, G.W.J. *European soil resource. Nature and environment* No 71. Concl of Europe, Strasbourg. (1995)
- Wischmeier W.H. & Smith D.D. *Predicting rainfall erosion losses - a guide for conservation planning*. US Department of Agriculture, *Agriculture Handbook* 537. (1978)
- Younis, M.T., Gilabert, M.A., Melià, J.: *La dinamica de la vegetacion como indicador de la desertificacion en la cuenca del Guadalentin SE Espana*. *Revista de Teledeteccion* n° 12, pp.1-4. (1999)

## Uomo

- Alexander D. *Natural Disasters*. University College, London Press, London, United Kingdom, 632 pp. (1993)
- Baldari M., Tamburro A., Sabatinelli G., Romi R., Severini C., Cuccagna G., Fiorilli G., Allegri M.P., Buriani C., Toti M. *Malaria in Maremma, Italy*. *Lancet*, 351(9111): 1246-1247. (1998)
- Beniston M. *The 2003 heat wave in Europe: A shape of things to come? An analysis based on Swiss climatological data and model simulation*. *Geophys.Res.Let.*, 31. (2004)
- Bentham, G. and Langford I.H. *Climate change and the incidence of food poisoning in England and Wales*. *International Journal of Biometeorology*, 39, 8186. (1995)
- Brauer M., Avila-Casado C., Fortoul T.I. *Air pollution and retained particles in the lung*. *Environ Health Perspect*, 109: 1039-1043. (2001)
- Bright C., Assadourian E., Flavin C., French I., Gardner G., halweil B, Mastny L., Nierenberg D., Postel S., Renner M., Sarin R., Sawin J, Vickers A., *State of the World 2004 - Consumi*; edizione italiana a cura di Bologna G., Edizioni Ambiente, Milano. (2004)

## BIBLIOGRAFIA

- Canziani, O.F. La Problemática Ambiental Urbana. Seminario sobre Gestión Municipal de Residuos Urbanos. UNDP/IEIMA, La Plata, Argentina, pp. 1149. (1994)
- Centers for Disease Control CDC. Heat-related illnesses and deaths-United States, 1994-1995. *Morbidity and Mortality weekly report*, 44(25): 465-468. (1995)
- Deal EC Jr, McFadden ER Jr, Ingram RH Jr, Breslin FJ, Jaeger JJ. Airway responsiveness to cold air and hyperpnea in normal subjects and in those with hay fever and asthma. *Am Rev Respir Dis*, 121: 621-628. (1980)
- Dhainaut J.-F., Claessens Y-E, Ginsburg C., Riou B. Unprecedented heat-related deaths during the 2003 heat wave in Paris : consequences on emergency departments. *Crit.Care*, 8(1): 1-2. (2004)
- Donaldson G.C., Ermakov S.P., Komarov Y.M. Cold related mortalities and protection against cold in Yakutsk, eastern Siberia: observation and interview study. *BMJ*, 317: 978-982. (1998)
- Downing, T.E., Olsthoorn A.A. and Tol R.S.J. Climate Change and Extreme Events -- Altered Risk, Socio-economic Impacts and Policy Responses. Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit and Environmental Change Unit, University of Oxford, Amsterdam, The Netherlands and Oxford, United Kingdom, 309 pp. (1996)
- Emberlin, J. The effects of patterns in climate and pollen abundance on allergy. *Allergy*, 94, 1520. (1994)
- Epstein P.R., Diaz H.F., Elias S., Grabherr G., Graham N.E., Martens W.J.M., Mosley-Thompson E., Susskind J. Biological and physical signs of climatic change: focus on mosquito-borne diseases. *Bull.Amer.Meteorol.Soc.*, 79(3): 409-417. (1998)
- Epstein, P.R., Ford T.E. and Colwell R.R. Marine ecosystems. *Lancet*, 342, 12161219. (1993)
- Escudero, J. Control Ambiental en Grandes Ciudades: Caso de Santiago de Chile. Seminario Latinoamericano sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Instituto de Estudios e Investigaciones sobre el Medio Ambiente, October 1990, Bariloche, Argentina, IEMA, Buenos Aires, Argentina, pp. 229236. (1990)
- Eurowinter Group. Cold exposure and winter mortality from ischaemic heart disease, cerebrovascular disease, respiratory disease, and all causes in warm and cold regions of Europe. *Lancet*, 349: 1341-1346. (1997)
- Focks D.A., Daniels E, Haile DG, Keesling JE. A simulation model of the epidemiology of urban dengue fever: literature analysis, model development, preliminary validation and samples of simulation results. *Am J of Tropical medicine and hygiene*, 53(5): 489-506. (1995)
- Frisancho R. Human adaptation: a functional interpretation. Ann Arbor, University of Michigan Press. (1991)
- Goldstein I.F. Weather patterns and asthma epidemics in New York City and New Orleans, USA. *International Journal of Biometeorology*, 24: 329-339. (1980)
- Gratz N.G., Knudsen A.B. The rise and spread of dengue, dengue haemorrhagic fever and its vector: a historical review (up to 1995). Geneva, WHO, 48 (document WHO/VBC/89.967). (1989)
- Grynszpan D. Lessons from the French heatwave. *Lancet* 362: 1169-1170. (2003)
- Hayes M. Public health impacts of drought. Publication 9B5. National Drought Mitigation Center. University of Nebraska, Lincoln, Nebraska. (2002)
- IDNDR. Natural Disasters in the World - Statistical Trends on Natural Disasters, National Land Agency, Tokyo, Japan. (1994)
- IFRC (International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies). World Disasters Report 2001. Geneva. (2001)
- IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change). Third Assessment Report. Cambridge, Cambridge University Press. (2001)
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.J., L.G. Meiro Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 572 pp. (1996)

- Jentritzky G. Complex environmental effects: climate. In: Beyer A. & Eis D. eds. *Practical environmental health*. 4th supplement. Heidelberg, Springer, 1-30. (1996)
- Jetten T.H., Focks D.A. Potential changes in the distribution of dengue transmission under climate warming. *Am J of Tropical medicine and hygiene*, 57(3): 285-297. (1997)
- Kalkstein LS. Health and climate change: direct impacts in cities. *Lancet*, 342: 1397-1399. (1993)
- Katsouyanni K. Trichopoulos D., Zavitsanos X., Touloumi G. The 1987 Athens heat wave. *Lancet*, 3: 573. (1998)
- Katsouyanni K., Touloumi G. Health effects of heat waves and recent trends in temperature changes: an example of Athens. Copenhagen, WHO Regional Office for Europe. (1998)
- Katsouyanni K. Air pollution and cause specific mortality in Athens. *Journal of epidemiology and community health*, 44: 321-324. (1990)
- Katsouyanni, K., A. Pantazopoulou, G. Touloumi, I. Tselepidaki, K. Moustiris, D. Asimakopoulos, G. Pouloupoulou, and D. Trichopoulos Evidence of interaction between air pollution and high temperatures in the causation of excess mortality. *Arch. Env. Health*, 48, 235-242. (1993)
- Knudsen A.B., Romi R., Majori G. Occurrence and spread in Italy of *Aedes albopictus*, with implications for its introduction into other parts of Europe. *J of the American Mosquito Control Association*, 12(2, part 1): 177-183. (1996)
- Koopman, J.S., D.R. Prevots, M.A.V. Marin, H.G. Dantes, M.L.Z. Aqino, I.M. Longini, and J.S. Amor. Determinants and predictors of dengue infection in Mexico. *American Journal of Epidemiology*, 133, 1168-1178. (1991)
- Kuhn K. Climatic predictors of the abundance of sandfly vectors and the incidence of leishmaniasis in Italy. Thesis. London, London School of Hygiene and Tropical Medicine. (1997)
- Kunst AE, Looman CWN, Mackenbach JP. Outdoor air temperature and mortality in the Netherlands: a time series analysis. *American Journal of Epidemiology* 137: 331-341. (1993)
- Langford, I.H. and G. Bentham. The potential effects of climate change on winter mortality in England and Wales. *Int.J. Biometeor.*, 38, 136-145. (1995)
- Leemans, R. Modelling ecological and agricultural impacts of global change on a global scale. *J.Sc.ientific and Industrial Res.*, 51, 709-724. (1992)
- Lindgren E. Tälleklint L., Polfeldt T. Impact of climatic change on the northern latitude limit and population density of the disease-transmitting European tick, *Ixodes ricinus*. *Environmental Health Perspectives*, 108(2): 119-123. (2000)
- Lindgren E. Climate and tick-borne encephalitis in Sweden. *Conservation ecology*, 2: 5-7. (1998)
- Loevinsohn M. Climatic warning and increased malaria incidence in Rwwanda. *Lancet*, 343: 714-718. (1994)
- MADRPM. Programme de sécurisation de la production végétale: Rapport de synthèse campagne 1999-2000. Direction de la production végétale, Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et de Pêches Maritime, Rabat, Maroc. (1999)
- Marmor M. Heat wave mortality in New York City, 1949-1970. *Archives of Environmental Health*, 30: 131-136. (1975)
- Martens WJM, Kovats R.S., Nijhof S., de Vries P., Livermore M.T.J., Bradley D., Cox J., McMichael A.J. Climate change and future populations at risk of malaria. *Global Environmental Change*, 9 Supp: S89-107. (1999)
- Martens WJM. Climate change, thermal stress and mortality changes. *Social Science and Medicine* 46: 331-344. (1998)
- McMichael A.J., Haines A., Slooff R., Kovats S., eds. *Climate change and human health*. Geneva: World Health Organisation, (1996)
- McMichael A.J., Kovats R.S. Assessment of the impact on mortality in England and Wales of the heat wave and associated air pollution episode of 1976. Report of the Department of Health, London, London School of Hygiene and Tropical Medicine. (1998)

## BIBLIOGRAFIA

- Michael E. and Bundy D.A.P. The global burden of lymphatic filariasis. In: World Burden of Diseases [Murray, C.J.L. and A.D. Lopez (eds.)]. World Health Organization, Geneva, Switzerland. (1996)
- O'Byrne PM, Ryan G, Morris M, McCormack D, Jones N, Morse JLC, Hargreave FE. Asthma induced by cold air and its relation to nonspecific bronchial responsiveness to methacholine. *Am Rev Respir Dis*, 125: 281-285. (1982)
- Packe GE, Ayres JG. Asthma outbreak during a thunderstorm. *Lancet*, 27: 199-203. (1985).
- PAHO. Leishmaniasis in the Americas. *Epidemiological Bulletin*, 15(3), 8-13. (1994)
- Pascual M., Rodo X., Ellner S.P., Colwell P., Bouma M.J. Cholera dynamics and El Niño-Southern oscillation. *Science*, 289: 54-85. (2000)
- ProMED. Malaria-Indonesia (Irian Jaya). ProMED Archives, reported by Budi Subianto, 23 Dec.1997. (1997)
- Ramlow JM, Kuller LH. Effects of the summer heatwave of 1988 on daily mortality in Allegheny County PA. *Public Health Reports* 105: 283-288. (1990)
- Reilly, J., N. Hohmann, and S. Kane. Climate change and agricultural trade: who benefits, who loses? *Global Environmental Change*, 4(1), 24-36. (1994)
- Rioux, J-A., J. Boulker, G. Lanotte, R. Killick-Hendrick, and A. Martini-Dumas. Ecologie des leishmanioses dans le sud de France. 21 - Influence de la température sur le développement de *Leishmania infantum* Nicolle, 1908 chez *Phlebotomus ariasi*. (1985)
- RMS (Risk Management Solutions, Inc.). Central Europe Flooding, August 2002. Event Report. (2002)
- Rooney C., McMichael A.J., Kovats J., Coleman M. Excess mortality in England and Wales and in Greater London, during the 1995 heatwave. *Journal of epidemiology and community health*, 52(8): 482-486. (1998)
- Rosenzweig, C. and M.L. Parry. Potential impact of climate change on world food supply. *Nature*, 367, 133-138. (1994)
- Salvaggio JE, Hasselblad V, Seaburg J, Heiderscheid LT. New Orleans asthma II, relationship of climatologic and seasonal factors to outbreaks. *J Allergy*, 45, 5: 257-265. (1970)
- Samet J.M., Dominici F., Curriero F.C. Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994. *N Engl J Med*, 343: 1742-1749. (2000)
- SARDC. State of the Environment in Southern Africa. A Report by the Southern African Research and Documentation Center (SARDC) in Collaboration with IUCN—The World Conservation Union—and the Southern African Development Community, Harare, Zimbabwe, 332 pp. (1994)
- Smoyer K.E., Rainham D.G., Hewko J.N. Heat-related mortality in five cities in Southern Ontario: 1980-1996. *Int J Biometeorol*, 44(4): 190-197. (2000)
- Some E.S. Effects and control of highland malaria epidemic in Uasin Gishu District, Kenya. *East Afr.Med.J.*, 71(1): 2-8. (1994)
- Spiëksma, F.T.M., J. Emberlin, M. Hjelmroos, S. Jager, and R.M. Leuschner. Atmospheric birch (*Betula*) pollen in Europe: trends and fluctuations in annual quantities and the starting dates of the seasons. *Grana*, 34, 51-57. (1995)
- Talleklint L., Jaenson T.G.T. Increasing geographical distribution and density of the *Ixodes ricinus* in central and northern Sweden. *J.medical entomology*, 35: 521-526. (1997)
- Telleria, A.V. Health consequences of floods in Bolivia in 1982. *Disasters*, 10, 88-106. (1986)
- WHO. Progress Report Control of Tropical Diseases. CTD/MIP/94.4, unpublished document. (1994)
- WHO. Air pollution. *Bulletin of WHO*, n.187. (2000)

## **Cambiamenti Climatici, globalizzazione e strategie locali**

- European Environment Agency, Environmental signals 2004, Copenhagen. (2004)
- ITU, International Telecommunication Union, Ginevra, Information Technology Statistics. (2004)
- Lewanski Rodolfo, Governare l'ambiente, Il Mulino, Bologna. (1997)
- Meadows D.H. et I Limiti dello Sviluppo, Milano, Mondadori. (1972)
- Microsoft, 2003, Annual Report
- Meyer A., Contraction and Convergence: The Global Solution of Climate Change, Devon. (2000)
- Regione Toscana, La Toscana e l'ambiente. Un bilancio a dieci anni da Rio, Firenze. (2002)
- Regione Toscana, Piano regionale di azione ambientale 2004-2006. La via dell'efficienza, Bozza per la concertazione (3 vol), Edifir, Firenze. (2003)
- Regione Toscana, La via dell'efficienza. Una strategia vincente per l'economia e per l'ambiente. Edifir, Firenze. (2004)
- Regione Toscana, Deliberazione C.R. 2/3/2004, n.29, Piano regionale di azione ambientale 2004-2006. Integrazioni al quadro conoscitivo del Piano di Indirizzo Territoriale (PIT), BURT del 14-4-2004, supplemento n.67.
- Regione Toscana, Inventario delle sorgenti di emissione in aria ambiente (IRSE), Firenze. (2000)
- Regione Toscana, I nuovi riferimenti internazionali dello sviluppo sostenibile, Firenze. (2002)
- Rifkin J., L'era dell'accesso, Milano, Mondadori. (2000)
- Sachs W. Ambiente e Giustizia Sociale, Roma, Editori Riuniti. (2002)
- Shiva V. Le Guerre dell'Acqua, Milano, Feltrinelli. (2003)
- UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change, Bonn, Secretariat. (1992)

## Autori e collaboratori

# AUTORI E COLLABORATORI

Il volume Segnali Climatici è stato curato e realizzato dall'Istituto di Biometeorologia (IBIMET) del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Firenze e dalla Regione Toscana, Direzione Generale Politiche Territoriali e Ambientali (DG PTA).

### Il coordinamento redazionale è stato curato da:

Lorenzo Genesio	IBIMET CNR
Valentina Grasso	IBIMET CNR
Francesco Primo Vaccari	IBIMET CNR

### I testi del volume sono stati curati da:

Laura Bacci	IBIMET CNR - Sezione Uomo
Andrea Di Vecchia	IBIMET CNR - Sezione Cambiamenti climatici, globalizzazione e strategie locali
Tommaso Franci	Regione Toscana, Assessore Politiche Territoriali e Ambientali - Sezione Politiche globali e strategie locali
Lorenzo Genesio	IBIMET CNR - Sezioni Clima, Aria, Terra
Valentina Grasso	IBIMET CNR - Sezioni Cambiamenti climatici, globalizzazione e strategie locali, News and Views
Giampiero Maracchi	IBIMET CNR - Sezione Clima
Claudio Martini	Presidente Regione Toscana
Giovanni Menduni	Segretario Gen. Autorità di Bacino del Fiume Arno - Sezione Clima - Arno
Franco Miglietta	IBIMET CNR - Sezione Terra
Francesco Primo Vaccari	IBIMET CNR - Sezione Clima, Acqua, Uomo

### Hanno collaborato alla stesura dei testi:

Giovanni Barca	Regione Toscana, Direzione Generale Politiche Territoriali e Ambientali - Sezione Terra
Manrico Benelli	Regione Toscana - Consulente esterno - Sezione Acqua
Lorenzo Bottai	IBIMET CNR - Sezione Terra
Giada Brandani	IBIMET CNR - Sezione Terra
Elena Calistri	Regione Toscana - Direzione Generale Politiche Territoriali e Ambientali - Sezione Cambiamenti climatici, globalizzazione e strategie locali
Roberto Calzolari	Regione Toscana - DG PTA - Tutela delle acque interne e costiere - Sezione Acqua
Maria Grazia Cherubini	Regione Toscana - DG PTA - Tutela delle acque interne e costiere - Sezione Acqua
Luigi Cipriani	Regione Toscana - DG PTA - Tutela del territorio - Sezione Terra
Alfonso Crisci	IBIMET CNR - Sezione Clima
Renato Criscuolo	Regione Toscana - DG PTA - Tutela delle acque interne e costiere - Sezione Acqua

Eleonora Cossi	IBIMET CNR – Sezioni News and Views
Francesca D'Angelo	Regione Toscana - DG PTA - Tutela delle acque interne e costiere – Sezione Acqua
Antonietta Falchi	IBIMET CNR - Sezioni News and Views
Cristina Francini	Regione Toscana – DG PTA - Sistema regionale di protezione civile – Sezione Uomo
Silvia Galli	Regione Toscana - DG PTA - Tutela delle acque interne e costiere – Sezione Acqua
Franco Gallori	Regione Toscana - DG PTA - Tutela delle acque interne e costiere – Sezione Acqua
Marco Gomboli	Regione Toscana - DG PTA - Energia e risorse minerarie - Sezione Cambiamenti climatici, globalizzazione e strategie locali
Bernardo Gozzini	IBIMET CNR – Sezione Uomo
Riccardo Grifoni	Regione Toscana - DG PTA - Tutela delle acque interne e costiere – Sezione Acqua
Marco Gualducci	Regione Toscana - DG PTA - Tutela delle acque interne e costiere - Sezione Acqua
Francesca Guarnieri	IBIMET CNR – Sezione Clima
Marisa Iozzelli	Regione Toscana - DG PTA - Tutela delle acque interne e costiere – Sezione Acqua
Ramona Magno	IBIMET CNR – Sezione Terra
Luciano Massetti	IBIMET CNR – Sezione Terra
Antonio Melley	Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale della Toscana – Sezione Acqua
Francesco Meneguzzo	IBIMET CNR – Sezioni Clima, Acqua
Stefano Mirri	Regione Toscana - DG PTA - Difesa del suolo e protezione della natura – Sezione Terra
Marco Morabito	IBIMET CNR – Sezione Uomo
Vincenzo Naso	Regione Toscana – DG PTA - Qualità dell'aria, rischi industriali, prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento – Sezioni Aria, Cambiamenti climatici, globalizzazione e strategie locali
Alessandra Pei	Regione Toscana - DG PTA - Tutela delle acque interne e costiere – Sezione Acqua
Martina Petralli	IBIMET CNR – Sezione Acqua
Enzo Pranzini	Dipartimento di Scienze della Terra – Università di Firenze – Sezione Terra
Mario Romanelli	Regione Toscana - DG PTA - Qualità dell'aria, rischi industriali, prevenzione e riduzione integrata dell' inquinamento – Sezioni Aria, Cambiamenti climatici, globalizzazione e strategie locali
Gilda Ruberti	Regione Toscana - DG PTA - Tutela delle acque interne e costiere e servizi idrici – Sezione Acqua
Maria Sargentini	Regione Toscana - DG PTA - Tutela del territorio – Sezione Terra



## AUTORI E COLLABORATORI

Si ringraziano l'Assessorato alla Comunicazione della Regione Toscana e l'Ufficio Stampa della Giunta regionale per la collaborazione nella realizzazione del volume.

Per il Glossario è stato utilizzato come riferimento il Thesaurus dell'Agenzia Europea per l'Ambiente.

Le traduzioni del volume è stata curata dalla società Emynet srl, Firenze

Si ringrazia l'Archivio Fotografico della Regione Toscana per aver concesso l'utilizzo delle seguenti immagini: <http://web.rete.toscana.it/archiviofotografico/>

LA VALLE DEL FIORA, ROBERTO NICCOLAI (p. 80, 82, 84, 86, 88, 90.)  
MALBACCO, ANGELO BANI (p. 80, 82, 84, 86, 88, 90.)  
LAGUNA DI MAREMMA, GIORGIO BARRERA (p. 53, 79, 81, 83, 85, 87, 89, 91, 117, 151.)  
LAGO BORACIFERO, EMANUELE GUAZZI (p. 81, 83, 85, 87, 89, 91.)  
APUANE DAL MONTE ALTISSIMO, MARIO NEBBIA (p. 54, 56.)  
IL VALDARNO, STRITOF DARIO (p. 54, 56.)  
CAMPAGNA SENESE, MAURO GUERRINI (p. 55, 57.)  
VIVA LA NATURA, STEFANO CASUBALDO (p. 53, 55, 57, 79, 117, 151.)  
COLLINA SENESE, GLAUCO PIERRI (p. 118, 120, 122, 124, 126.)  
FIUME D'ARGILLA, COPPI MAURIZIO (p. 118, 120, 122, 124, 126.)  
LE CRETE SENESI, FRANCO MARICONDA (p. 53, 79, 117, 119, 121, 123, 125, 127, 151.)  
COLLINE, ENRICO PATACCA (p. 119, 121, 123, 125, 127.)  
LA VAL D'ORCIA, VITTORIO GARUTI (p. 152, 154, 156, 158, 160.)  
PAESAGGIO RURALE, MARINO CALITERNA (p. 53, 79, 117, 151, 152, 154, 156, 158, 160.)  
VIALE DEI CIPRESSI A CALCINAIA, MARCO CAPPELLINI (p. 153, 155, 157, 159, 161.)  
IL VERDE CHIANTI, STEFANO PALAI (p. 153, 155, 157, 159, 161.)

Le foto delle bande nelle sezioni News and Views e le foto a pag.39, 65, 99, 135 sono di Enrico Blasi.