



scienza attiva®

EDIZIONE 2015/2016

AGRICOLTURA, ALIMENTAZIONE E SOSTENIBILITA'

Hot topic #2

Riscaldamento globale

Luca Mercalli, Daniele Berro

Documento di livello: A



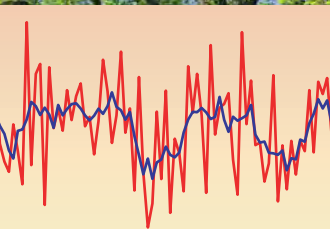
Un progetto di


agorà scienza
centro interuniversitario



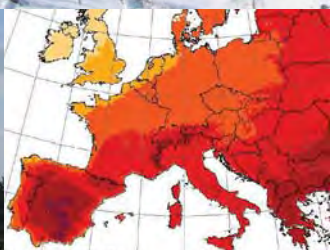
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO


scienza attiva®



CLIMA ED ENERGIA

Capire per agire



CLIMA ED ENERGIA: CAPIRE PER AGIRE



Ghiacciai in agonia: impetuoso torrente di fusione alla fronte del Ghiacciaio Ciardoney (Gran Paradiso), settembre 2008



CLIMA ED ENERGIA: CAPIRE PER AGIRE

Progetto, testi, realizzazione:

LUCA MERCALLI, DANIELE CAT BERRO

Editing e impaginazione:

Società Meteorologica Subalpina, Bussoleno (TO)

Salvo diversa indicazione, le fotografie sono

di LUCA MERCALLI e DANIELE CAT BERRO

Disegni a cura di VALENTINA ACORDON

Stampato nel mese di aprile 2010 presso Graficat, Torino

© Copyright 2010

Società Meteorologica Italiana Onlus, www.nimbus.it

Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare,

www.minambiente.it



Opuscolo stampato
su carta certificata ECOLABEL



Presentazione

Corrado Clini

Direttore Generale - Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Con l'adozione del «Pacchetto Clima-Energia», l'Unione Europea si è posta all'avanguardia nella lotta ai cambiamenti climatici. Entro il 2020 le emissioni di gas climalteranti dovranno essere ridotte mediamente del 20% tra i paesi dell'UE (per l'Italia un obiettivo di riduzione del 13%), principalmente attraverso un maggior ricorso alle fonti di energia rinnovabile (con una quota di utilizzo di tali fonti energetiche del 20% sul consumo totale di energia) e ad un aumento, sempre del 20%, dell'efficienza energetica. Questi obiettivi (20; 20; 20) al 2020 rappresentano la risposta dell'UE ai cambiamenti climatici in atto e, allo stesso tempo, un sostegno alla competitività delle industrie europee sui mercati internazionali nel contesto di una più generale politica sul clima che ha individuato come obiettivo principale quello di limitare l'aumento della temperatura globale a non più di 2 °C rispetto all'epoca preindustriale.

A sostegno del raggiungimento degli obiettivi prefissati a livello europeo, e con il preciso scopo di coinvolgere attivamente tutti i livelli della società, la Commissione Europea ha lanciato alla fine del 2005

la campagna «Energia Sostenibile per l'Europa - SEE». Tra gli scopi della campagna anche quello di accrescere la consapevolezza sulla produzione ed utilizzo sostenibili dell'energia. La campagna SEE è attiva anche in Italia con il coordinamento del Ministero dell'Ambiente (www.campagnaSEEitalia.it) e, ad oggi, sono state attivate oltre 100 partnership, coinvolgendo Enti locali, Regioni, Associazioni, Enti di ricerca, Università, Agenzie energetiche, Imprese ed Istituti finanziari.

Particolare attenzione è posta a tutte le iniziative che si prefiggono di promuovere una corretta informazione sui temi dell'energia e divulgare le buone pratiche sulla sostenibilità energetica ed ambientale.

È il caso della pubblicazione «Clima ed Energia: capire per agire» preparata dalla Società Meteorologica Italiana (SMI), nell'ambito delle azioni di sostenibilità previste dalla campagna SEE in Italia e di cui la SMI è uno dei partner più attivi. Questo lavoro presenta in maniera sintetica, ma con un elevato contenuto scientifico, le basi per orientarsi nel mondo del clima e dell'energia al fine di capire come agiscono quei processi che governano l'equilibrio climatico del nostro pianeta. Capire per poi poter agire in maniera più consapevole nel percorso della sostenibilità ambientale ed energetica.



Presentazione

Luca Mercalli
Presidente Società Meteorologica Italiana Onlus

La consapevolezza che il pianeta Terra presenta limiti fisici ben definiti all'interno dei quali le attività di sfruttamento delle risorse da parte dell'Uomo devono sottostare è nota da decenni, ed è stata tradotta in modelli di simulazione, indicatori ambientali e proposte alternative su cui basare il sistema economico mondiale. Si citano a riguardo le simulazioni del Club di Roma che portarono alla pubblicazione del rapporto «I limiti dello sviluppo» nel 1972, poi aggiornato per la terza volta nel 2004, l'elaborazione del concetto di impronta ecologica da parte di Mathis Wackernagel e William Rees, e di economia dello stato stazionario da parte di Herman Daly, fino ad arrivare al provocatorio concetto di decrescita dell'economista francese Serge Latouche.

In tale contesto il cambiamento climatico antropogenico non rappresenta che la punta dell'iceberg, esplicitando gli effetti di saturazione di uno dei sistemi ambientali soggetti a forzatura, quello atmosferico. Le soluzioni proposte per mitigare il riscaldamento globale, *in primis* la riduzione delle emissioni di gas serra attraverso l'efficienza energetica e la diffusione delle energie rinnovabili, sono in realtà di portata molto più vasta, in quanto generano ricac-

dute positive anche su altri sistemi ambientali: riduzione nell'uso delle materie prime, contenimento della deforestazione e dell'artificializzazione dei suoli, riduzione nella produzione dei rifiuti e riciclo degli stessi, aumento della resilienza della società di fronte alla futura scarsità petrolifera e idrica.

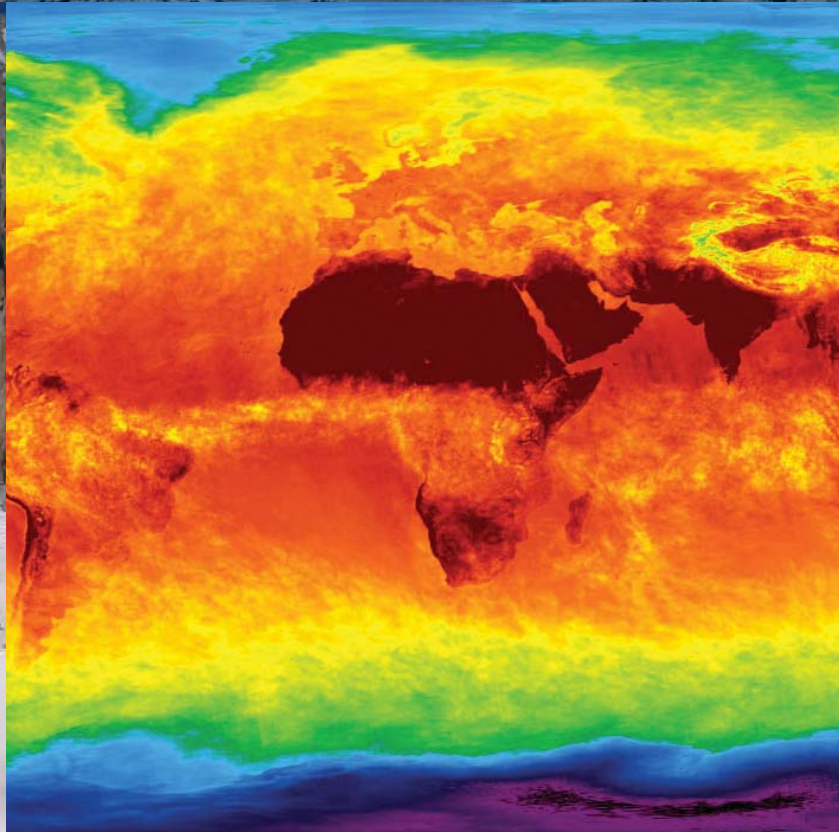
In Italia, affinché la politica possa esprimere scelte via via più virtuose, c'è bisogno di un gran lavoro di informazione e diffusione di consapevolezza. Quasi tutti i paesi del mondo hanno pubblicato materiali informativi sui cambiamenti climatici, le loro conseguenze e le azioni di mitigazione attuabili dalla collettività e dai singoli individui. Per non andare troppo lontano dai confini italiani, la Svizzera ha da tempo prodotto una serie di rapporti su clima ed energia nell'ambito del Forum su Clima e Cambiamento Globale (www.proclim.ch) coordinato dall'Accademia delle Scienze nazionale. Una visita a questo portale fa immediatamente comprendere quale sia il livello del dibattito oltralpe: una seria e approfondita analisi dei dati dai quali scaturiscono strategie di governo concrete e determinate, in una logica corale e unita.

Anche a livello di Unione Europea la visione è molto chiara: efficienza energetica, energie rinnovabili e adattamento ai futuri cambiamenti climatici sono prioritari, e si esprimono tra l'altro nella Campagna Energia Sostenibile per l'Europa. È proprio con tale spirito che proponiamo anche al pubblico italiano un sintetico ma aggiornato vademecum su questi temi strategici per il futuro di ogni persona. Non pretendiamo né di essere esaustivi né di fornire ricette preconfezionate – vista la complessità del settore e la sua rapida evoluzione – ma semplicemente di aprire una finestra di riflessione.



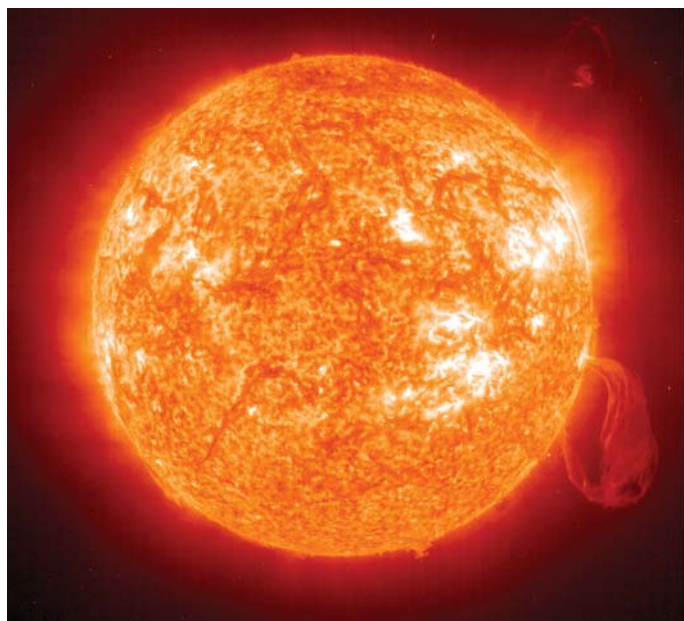
Sezione 1

Capire





Una nave rompighiaccio affronta la banchisa intorno alle isole Svalbard (Artico norvegese) nell'agosto 2009: l'estensione del ghiaccio marino artico è in veloce riduzione in questi anni, e a fine estate 2009 mancava un milione e mezzo di km² di copertura ghiacciata rispetto al normale, una superficie pari a cinque volte il territorio italiano, fatto che ha collocato la stagione in terza posizione tra le più negative dall'inizio del monitoraggio satellitare nel 1979 (f. G. Badino).



Il Sole ripreso dalla sonda spaziale SOHO (Solar and Heliospheric Observatory, <http://sohowww.nascom.nasa.gov>), in orbita a 1,5 milioni di chilometri dalla Terra. A destra è visibile un brillamento, esplosione che genera l'espulsione di materia verso lo spazio, e in grado di scatenare tempeste magnetiche sulla Terra.



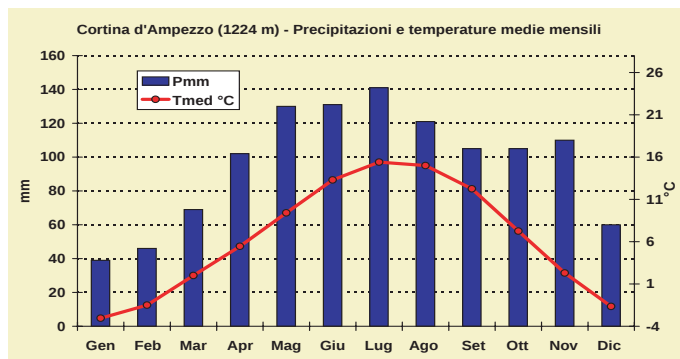
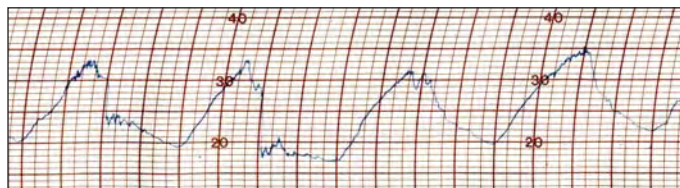
Grazie all'elevata capacità termica dell'acqua (l'attitudine di un corpo ad assorbire e trattenere calore) gli oceani sono in grado di immagazzinare enormi quantità di energia e fungono dunque da regolatori del clima terrestre su lunghi periodi. A sinistra, immagine satellitare NASA delle isole Hawaii, in pieno Oceano Pacifico. Anche le foreste influenzano il clima attraverso l'evaporazione, che rinfresca l'aria circostante e contribuisce alla formazione locale di nubi. A destra, la fitta vegetazione tropicale nello stato brasiliano dell'Acre (f. G. Badino).

Il motore del clima: sole, atmosfera, oceani

Il clima è il risultato di un complesso insieme di interazioni tra l'energia in arrivo dal Sole, la composizione dell'atmosfera, le nubi, i suoli, le foreste, i ghiacciai, gli oceani, le superfici modificate dall'uomo...

L'enorme quantità di energia che il nostro pianeta riceve del Sole (pari a una potenza di 174.000 miliardi di kilowatt, oltre 10.000 volte il consumo energetico attuale di tutta l'umanità) si distribuisce in modo diverso a seconda delle stagioni e della latitudine, e può subire delle leggere variazioni nel corso del tempo per cause astronomiche (inclinazione dell'asse terrestre, distanza Terra-Sole, vedi p. 5). La radiazione solare riscalda continenti e oceani, attiva l'evaporazione mettendo in moto il ciclo dell'acqua - all'origine delle precipitazioni - e la circolazione generale dell'atmosfera, che redistribuisce calore e vapore acqueo intorno alla Terra dall'Equatore ai Poli, determinando il continuo evolversi delle condizioni meteorologiche. Ma la luce del Sole è anche indispensabile alla fotosintesi clorofilliana, processo biologico attraverso cui le piante catturano una piccola parte di energia solare (meno dell'1%) per produrre la sostanza organica che è alla base della catena alimentare e della vita sul nostro pianeta. E pure la biosfera - il complesso degli esseri viventi - influenza il clima: per esempio, dalle foreste evapora moltissima acqua che alimenta la formazione locale di nubi e piogge, come avviene sopra molte zone equatoriali.

Gli oceani sono però tra i più importanti «motori» del clima terrestre: assorbono enormi quantità di energia termica che poi viene trasportata attraverso le correnti oceaniche (come la corrente del Golfo, nel Nord Atlantico) e lentamente ceduta all'atmosfera.



In alto, un termogramma, che descrive l'andamento continuo della temperatura dell'aria: registrando ogni giorno i parametri atmosferici per lunghi periodi (almeno 30 anni) è possibile elaborare statistiche sul clima di una regione (qui sopra, andamento medio mensile delle temperature e delle precipitazioni a Cortina d'Ampezzo).

Tempo e clima non sono la stessa cosa...

I termini «tempo» e «clima» vengono spesso confusi, in realtà hanno un preciso e distinto significato.

Mentre il **tempo** è definito dalla situazione atmosferica osservata in un dato luogo e in un dato momento, e può variare sensibilmente da un giorno all'altro (per esempio, oggi a Firenze il tempo è nuvoloso, piove a tratti, la temperatura massima è di 22 °C), con **clima** si intendono le condizioni atmosferiche che di solito si riscontrano su una regione su scale temporali di decenni, secoli o millenni (il clima di Catania è mediterraneo, piuttosto asciutto, cadono in media 700 millimetri d'acqua all'anno), pur nell'ambito della variabilità osservabile negli anni (da 300 a 1300 mm circa, sempre a Catania).

IL CLIMA D'ITALIA IN CIFRE

TEMPERATURE MEDIE ANNUE (a bassa quota): da 12 °C in Pianura Padana a 19 °C a Palermo.

TEMPERATURA PIÙ BASSA: in pianura, -28,8 °C a San Pietro Capofiume (Bologna) il 13 gennaio 1985; sulle Alpi, -41 °C sulla Punta Gnifetti (4554 m) nell'inverno 1929.

TEMPERATURA PIÙ ELEVATA: 48,5 °C il 10 agosto 1999 a Catenanuova (Enna).

LUOGHI PIÙ ASCIUTTI: Gela (Caltanissetta), 420 mm di precipitazione annua; Villasor (Cagliari), 410 mm/anno; Silandro (Bolzano), 480 mm.

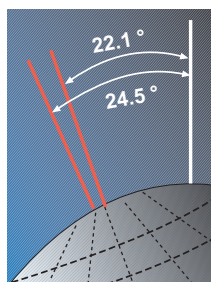
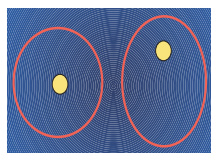
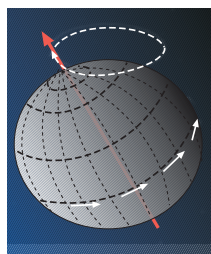
LUOGO PIÙ PIOVOSO: Musi (Udine), 3300 mm/anno.

PRECIPITAZIONE PIÙ INTENSA: 948 mm in 24 ore il 7-8 ottobre 1970 a Bolzaneto (Genova).

REGIMI DI PIOVOSITÀ: inverni piovosi ed estati secche al Centro-Sud; primavera e autunno piovosi, inverno asciutto al Nord.

REGIONE PIÙ VENTOSA: Appennino Dauno (Foggia), velocità media annua fino a 25 km/h.

REGIONE MENO VENTOSA: Pianura Padana occidentale, velocità media annua 5 km/h.



Il particolato e i gas emessi dai vulcani in eruzione sono in grado di raffreddare il clima terrestre. Qui sopra, il pennacchio di cenere durante l'eruzione dell'Etna del 22 luglio 2001, ripreso dal satellite NASA - Terra. Ma i vulcani liberano pure CO_2 , uno dei principali gas a effetto serra, tuttavia in quantità nettamente inferiori a quelle emesse dal complesso delle attività umane.

La **precessione degli equinozi** condiziona il periodo dell'anno in cui il Sole si trova in afelio (punto più distante dalla Terra, attualmente all'inizio di luglio) e in perielio (punto più vicino, all'inizio di gennaio). Questo ciclo di circa 26.000 anni influisce sulla distanza Terra-Sole, alterando in ogni giorno dell'anno la radiazione solare istantanea in arrivo sulla Terra e modificando la quantità di energia stagionale ricevuta nei due emisferi, ma non quella complessiva. L'**eccentricità dell'orbita** terrestre indica quanto l'orbita è ellittica. È l'unico ciclo (circa 100.000 anni) che modifica la quantità complessiva di energia solare annua in arrivo. Un'eccentricità pari a zero significa un'orbita circolare, dunque l'energia in arrivo non varia nell'anno, mentre nei periodi con eccentricità massima vi sono grandi variazioni stagionali dell'energia (anche 30% di differenza tra perielio e afelio). L'**inclinazione dell'asse terrestre** è legata all'angolo con cui la radiazione solare giunge sulla Terra (attualmente $23,44^\circ$, ma varia tra $22,1^\circ$ e $24,5^\circ$ con un periodo di circa 42.000 anni). Un'inclinazione pari a zero farebbe giungere la stessa radiazione solare in ogni giorno dell'anno, per cui non ci sarebbero le stagioni. Al crescere dell'angolo queste diventano più pronunciate, favorendo la fusione estiva dei ghiacci, a parità di radiazione complessiva.

Perché il clima cambia? Natura e uomo

Il clima non è immutabile, ma cambia nel tempo sotto l'azione di **forzanti climatiche** naturali oppure di origine umana.

Tra le cause naturali dei cambiamenti climatici primeggiano i **parametri orbitali Terra-Sole**, la cui relazione con il clima è stata approfondita dal matematico serbo Milutin Milankovitch nel 1920: variazioni nell'inclinazione dell'asse terrestre, nell'eccentricità dell'orbita e la precessione degli equinozi (figure a lato) influiscono sulla quantità di energia solare che raggiunge la Terra e sulla sua distribuzione nelle stagioni.

Le **eruzioni vulcaniche**, proiettando enormi quantità di polveri nell'alta atmosfera, hanno solitamente un effetto raffreddante.

Secondo i climatologi di tutto il mondo il netto e rapido aumento della temperatura globale osservato negli ultimi decenni non è più spiegabile considerando solo i fattori naturali, e molto probabilmente è frutto dell'emissione di **gas serra** da parte delle attività umane degli ultimi due secoli (p. 6 e 27).

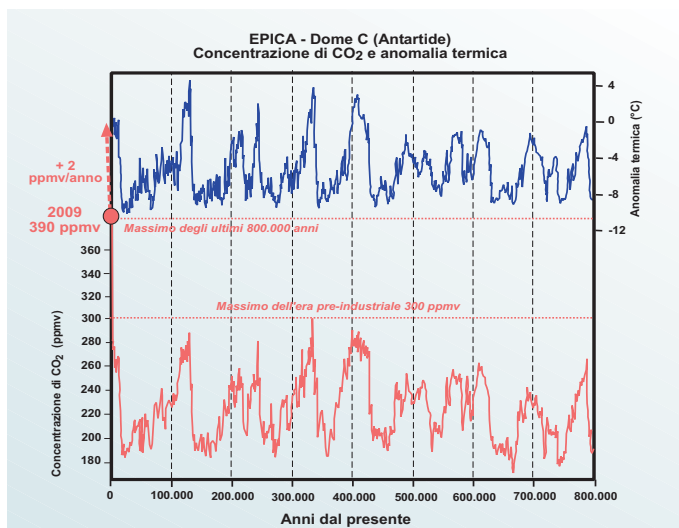
«Gran parte del riscaldamento osservato dalla metà del xx secolo va attribuito molto probabilmente all'incremento dei gas a effetto serra emessi dalle attività umane»

IPCC, 2007



Sopra, estrazione di una carota glaciale e successivo stoccaggio in camera fredda prima dell'analisi chimica in laboratorio, nell'ambito del progetto di perforazione NEEM in Groenlandia condotto dall'Università di Copenhagen (f. Sune Olander Rasmussen, www.neem.ku.dk).

Sotto, grafico delle anomalie di temperatura (blu) e della concentrazione di CO₂ (rosso) desunte dalle carote di ghiaccio estratte grazie al progetto EPICA in Antartide. Il periodo di 850.000 anni finora analizzato copre l'alternarsi di almeno 8 cicli glaciali-interglaciali: evidente la corrispondenza tra maggiori concentrazioni di biossido di carbonio e temperature elevate, e viceversa; i livelli preindustriali di CO₂ non avevano mai superato le 300 ppmv, mentre nel maggio 2009 si è toccata la soglia di 390 ppmv, con un tasso annuo di incremento di 2 ppmv.



Groenlandia e Antartide: dai ghiacci informazioni sul clima fino a un milione di anni fa

Molte risposte sul passato dell'atmosfera terrestre provengono dall'analisi di campioni di ghiaccio estratti dalle calotte polari. Il **ghiaccio dei ghiacciai** contiene bollicine d'aria che - isolata dall'ambiente esterno - mantiene intatte le sue caratteristiche chimico-fisiche anche per tempi lunghissimi.

Poiché nelle profondità delle calotte polari si può trovare ghiaccio di età fino a circa 125.000 anni in Groenlandia e un milione di anni in Antartide, a partire dagli Anni 1960 diverse **perforazioni** hanno permesso di estrarre lunghe «carote» di ghiaccio e di ricostruire il clima e la composizione atmosferica di epoche remote: l'andamento della temperatura è desunto dalle variazioni degli isotopi dell'ossigeno (¹⁶O/¹⁸O), mentre la presenza di polveri vulcaniche consente di individuare eruzioni che possono aver influenzato il clima globale.

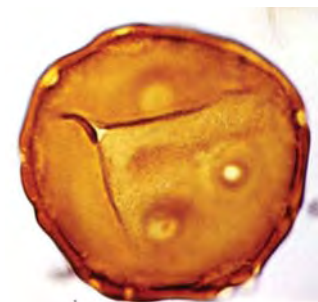
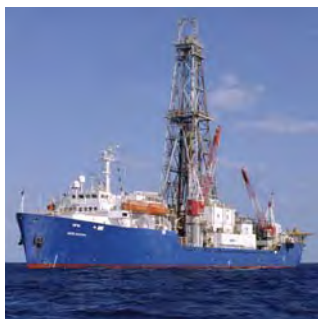
Alla perforazione del **progetto EPICA** (*European Project for Ice Coring in Antarctica*) hanno partecipato anche ricercatori italiani: condotta presso la base Concordia tra il 1996 e il 2004, ha raggiunto una profondità di 3270 m trovando ghiaccio vecchio di un milione di anni. Secondo le analisi di laboratorio in questo lungo lasso di tempo la concentrazione atmosferica di CO₂ non era mai salita oltre **300 ppmv** fino all'era industriale, mentre oggi è giunta a **390 ppmv** a causa del massiccio utilizzo di combustibili fossili.

PER SAPERNE DI PIÙ

www.concordiabase.eu - Ricerca scientifica a Dome C

www.pnra.it - Progetto Nazionale Ricerche in Antartide

www.neem.nbi.ku.dk - North Greenland Eemian Ice Drilling



La ricostruzione del clima passato coinvolge svariati metodi di indagine. In alto a sinistra, la nave per perforazioni oceanografiche Joides Resolution (<http://joidesresolution.org>), che permette di perforare fino a 8300 m di profondità alla ricerca di sedimenti da analizzare chimicamente (f. Univ. di Brema); a destra, gli anelli di un tronco di larice, testimoni delle variazioni nella quantità di luce, calore e acqua. Al centro, un granulo di polline di noce (*Juglans regia*) visto al microscopio (f. E. Brugiapaglia) e un documento storico contenente informazioni sul clima alpino (Centro Culturale Diocesano, Susa). In basso, rappresentazione di uno scenario invernale di Pieter Bruegel il Giovane (1564-1638), evidentemente ispirata dai gelidi inverni della Piccola Età Glaciale, e la fioritura di un ciliegio, le cui variazioni nelle date di inizio e fine forniscono un'idea delle fluttuazioni delle temperature invernali-primaverili.

Cronache, alberi, pollini e fanghi: così riaffiora il clima del passato

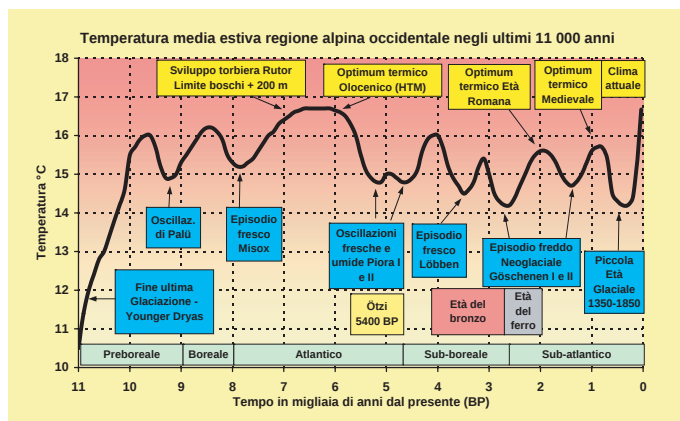
Oltre ai ghiacci polari, ci sono altri indicatori naturali che permettono di studiare il clima antico, di epoche precedenti l'invenzione del termometro (fine del XVI secolo).

Il rapporto isotopico dell'ossigeno ($^{16}\text{O}/^{18}\text{O}$) nei gusci carbonatici degli organismi accumulati nei **sedimenti fangosi dei fondali oceanici** consente di ricostruire - anche in questo caso tramite perforazioni - le temperature terrestri di milioni di anni fa.

Per epoche più recenti - secoli o millenni - molte informazioni provengono dai **pollini** fossili contenuti nelle torbiere (antichi laghi prosciugati e interrati): le microscopiche capsule polliniche, diverse da pianta a pianta, sono molto resistenti e si conservano a lungo testimoniando quali tipi di vegetazione - dunque quali climi - si sono susseguiti nel tempo. Oppure dalla **dendrocronologia**, ovvero lo studio dell'ampiezza e della densità degli anelli di accrescimento degli alberi, legate alla disponibilità di acqua, luce e calore nella stagione di crescita della pianta.

I **documenti storici** conservati negli archivi, ma anche le **opere d'arte**, i diari di viaggio, i registri portuali... possono fornire molte informazioni sul clima dei secoli passati, anche se è necessario essere cauti nella loro interpretazione.

Infine, lunghi serie di **date di fioritura** delle piante o delle **vendemmie** possono completare il quadro, affiancate ai dati strumentali degli ultimi due o tre secoli: è l'oggetto di studio della **fenologia**.



Ricostruzione della temperatura media estiva sulle Alpi negli ultimi 11.000 anni. Da sinistra, si nota il netto riscaldamento che pone fine all'ultima glaciazione, seguito da oscillazioni termiche più moderate fino ai nostri giorni. La curva è stata elaborata grazie ai dati desunti da diversi autori che hanno analizzato soprattutto serie dendrocronologiche e polliniche, in particolare Orombelli (1998), Lister & al. (1998), Hormes (2001), Burga (1995), Davis (2003), Moberg (2005). I primi millenni dell'Olocene sono stati tendenzialmente più miti (soprattutto tra 6000 e 7000 anni fa), poi a partire da circa 5500 anni fa si sono susseguite diverse fasi più fresche (episodi Neoglaciali), tra cui la Piccola Età Glaciale, conclusasi attorno al 1850. Tuttavia spicca il recente e brusco aumento di temperatura, che ha portato l'ultimo decennio ad essere il più caldo da circa 2000 anni, e che si avvia molto probabilmente a divenire il più importante dalla fine delle glaciazioni.



Il ghiacciaio del Rutor è uno tra i più estesi della Valle d'Aosta: attualmente occupa circa 9 km² di superficie, ed è un luogo di grande interesse paleoclimatico. Negli Anni 1960 il ghiacciaio in ritiro ha liberato una torbiera fossile risalente a 6000-6700 anni fa, che suggerisce come a quell'epoca la fronte del ghiacciaio doveva trovarsi circa 200 m più in alto di oggi. Si era infatti in uno tra i periodi più miti degli ultimi 10.000 anni, l'Optimum Termico Olocenico. Oggi le condizioni sembrano destinate a riportarsi su un simile assetto nel volgere di pochi anni o decenni.

Dalle grandi glaciazioni ai nostri giorni

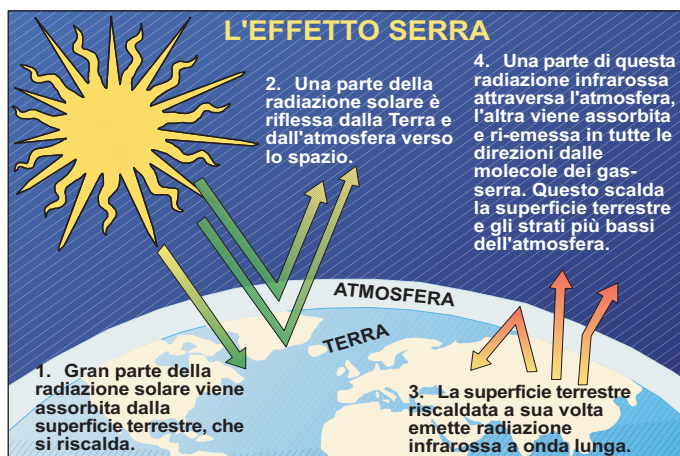
Nei suoi 4,6 miliardi di anni di età, la Terra ha attraversato diverse fasi di cambiamento climatico, talora imponenti.

A partire da circa 3 milioni di anni fa il clima si è raffreddato e si sono susseguite diverse **glaciazioni**, l'ultima delle quali è culminata circa 18.000 anni fa. In questi periodi la temperatura media era inferiore a oggi di circa **6÷10 °C** e i ghiacciai ricoprivano quasi interamente le Alpi fino ai margini della Pianura Padana: ne sono testimoni i laghi prealpini del Nord Italia, che oggi occupano depressioni scavate da queste imponenti masse glaciali, gli anfiteatri morenici come quello di Ivrea in Piemonte, le rocce montonate - levigate e lisciate dall'enorme volume di ghiaccio e detriti - o i massi erratici abbandonati dai ghiacciai in ritiro. L'uomo già esisteva, e vagava in tribù seminomadi di cacciatori-raccoglitori. Circa 11.500 anni fa l'atmosfera si è riscaldata e i ghiacciai sulle Alpi si sono definitivamente ritirati ad alta quota. Finisce così il Pleistocene e inizia l'**Olocene**, periodo dal clima temperato e relativamente stabile che ha conosciuto l'enorme sviluppo della civiltà umana. Anche negli ultimi millenni non sono comunque mancate oscillazioni tra periodi più miti (come l'*Optimum termico olocenico*, intorno a 6000-7000 anni fa) e altri più freschi (come la Piccola Età Glaciale tra il 1350 e il 1850), con differenze di circa 2 °C.

Ma oggi preoccupa il **rapido riscaldamento atmosferico**, che gli scienziati attribuiscono con elevata probabilità alla crescente emissione di gas a effetto serra da parte dell'uomo negli ultimi 200 anni.



Alcuni scienziati che hanno contribuito a scoprire e studiare l'effetto serra: in alto, da sinistra, John Tyndall, Svante Arrhenius, Guy Steward Callendar; in basso, Charles Keeling, Gilbert Norman Plass, Syukuro Manabe.



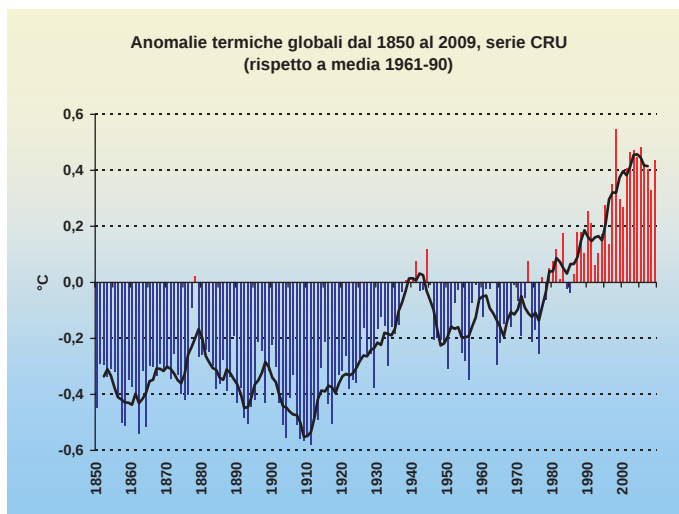
«Sono convinto che il cambiamento di questi parametri essenziali del clima segni l'inizio di una nuova epoca geologica e ho proposto di chiamarla Antropocene»

PAUL CRUTZEN, premio Nobel per la chimica, 1995

L'effetto serra: che cos'è e chi l'ha scoperto?

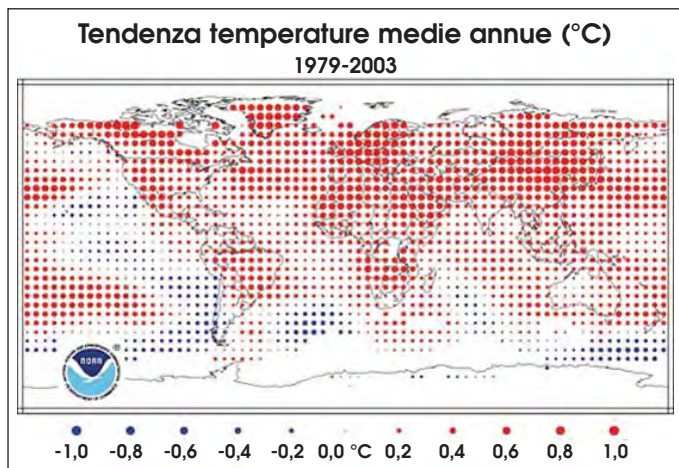
Ci sono dei gas - alcuni di origine naturale, altri sintetizzati dall'industria chimica - in grado di intrappolare nell'atmosfera una parte dell'energia solare ricevuta dalla Terra e rimessa dalla superficie terrestre verso lo spazio, provocando un riscaldamento dell'aria (schema a lato). Sono i **gas a effetto serra**: il più potente è il **vapore acqueo**, ma il più importante tra quelli incrementati dall'uomo è il **biossido di carbonio** (CO_2), seguito dal **metano** (CH_4), dal protossido di azoto (N_2O), e da altri composti chimici via via più rari in atmosfera (vedi p. 27). L'effetto serra è innanzitutto un fenomeno naturale e - se non ci fosse - la temperatura media della Terra sarebbe di circa -18°C , anziché gli attuali 15°C . Ma oggi l'uomo sta pericolosamente **aumentando la concentrazione** dei gas serra nell'aria, destabilizzando il clima e gli ecosistemi.

Le prime intuizioni sull'intrappolamento di una parte della radiazione solare in atmosfera furono del matematico francese JEAN BAPTISTE FOURIER nel 1827, poi il legame tra cambiamenti climatici e variazioni della composizione chimica dell'aria fu studiato dal fisico irlandese JOHN TYNDALL intorno al 1860. Nel 1896 il chimico svedese SVANTE ARRHENIUS propose la teoria dell'influenza del CO_2 originato dall'utilizzo dei combustibili fossili sull'aumento della temperatura terrestre, confermata tra gli Anni 1930 e 1950 dai fisici E. O. HULBURT, GUY STEWARD CALLENDAR e GILBERT NORMAN PLASS. Nel 1958 CHARLES KEELING e ROGER REVELLE iniziarono la misura strumentale del CO_2 atmosferico sul Monte Mauna Loa (Hawaii) e nel 1967 SYUKURO MANABE elaborò al calcolatore la prima previsione numerica del riscaldamento globale.



Sopra: andamento annuo delle anomalie termiche globali dal 1850 al 2009 (serie elaborata dalla Climate Research Unit, University of East Anglia, UK): in blu gli anni più freddi della media di riferimento 1961-90, in rosso quelli più caldi. Una prima fase di evidente riscaldamento è avvenuta negli Anni 1940, seguita da un raffreddamento dovuto molto probabilmente all'effetto degli aerosol solfati emessi dalle attività umane, che hanno temporaneamente mascherato l'aumento globale delle temperature. Il riscaldamento è ripreso con vigore dagli Anni 1980: tutti i 16 anni più caldi della serie si sono collocati dopo il 1990, e in particolare il 1998 è stato per ora il più caldo di tutti a scala globale (anomalia di $+0,55\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Sotto: tendenza delle temperature medie annue nel periodo 1979-2003 nelle diverse regioni del globo. Il riscaldamento è generalizzato, salvo limitate aree concentrate per lo più nell'emisfero australe (fonte: NOAA).

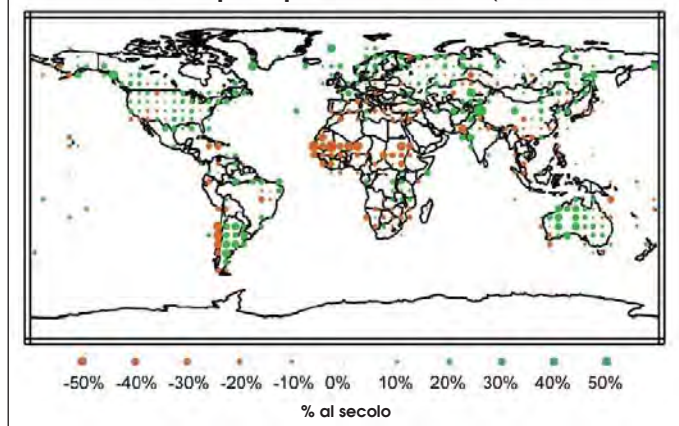


I dati osservati: sempre più caldo

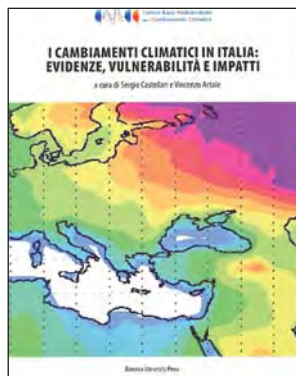
Il riscaldamento dell'aria a scala globale è uno degli effetti più significativi e certi dell'incremento dei gas serra in atmosfera. Dal 1900 a oggi l'aumento della temperatura media planetaria è quantificato in **$0,74\text{ }^{\circ}\text{C}$** , in gran parte concentrato negli anni successivi al 1980. Il riscaldamento non è stato omogeneo ovunque: più intenso sulla terraferma ($+0,27\text{ }^{\circ}\text{C}$ per decennio dal 1979), più moderato sopra gli oceani ($+0,13\text{ }^{\circ}\text{C}$ per decennio). Solo poche regioni del mondo (Cile, Argentina meridionale, alcuni settori degli oceani, soprattutto australi) hanno mostrato una diminuzione di temperatura negli ultimi cent'anni, mentre il gruppo di lavoro dell'ISAC-CNR di Bologna ha valutato in **$+1,3\text{ }^{\circ}\text{C}$** la tendenza secolare della temperatura in Italia. Le ondate di calura diventano più frequenti e intense: si stima che nell'estate 2003 il caldo eccezionale abbia causato almeno 35.000 vittime in Europa.

«Il riscaldamento del sistema climatico è inequivocabile, come risulta dalle osservazioni dell'incremento delle temperature medie dell'aria e degli oceani, dal diffuso regresso delle superfici coperte da neve e ghiacciai, e dall'aumento dei livelli medi del mare». IPCC, 2007

Tendenza precipitazioni annue (1901-2007)



Variazioni nella quantità di precipitazioni intervenute nel periodo 1901-2007 in diverse regioni della Terra. In verde le zone in cui la quantità di pioggia (o neve fusa) è cresciuta, come ad esempio il Nord Europa, l'Argentina, l'Australia (fino a +50%); in arancione le regioni che hanno sperimentato una riduzione delle precipitazioni, in particolare l'Africa subsahariana e il versante cileno delle Ande (quantità anche dimezzate). Fonte: Bulletin of American Meteorological Society.



Un'aggiornata sintesi degli effetti del riscaldamento globale nel nostro Paese compare nel volume «I cambiamenti climatici in Italia: evidenze, vulnerabilità e impatti», pubblicato nella primavera 2010 dal Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici (www.cmcc.it) e curato da Sergio Castellari e Vincenzo Artale.

Sotto, immagine dell'uragano Bill ripresa dal satellite NASA-TERRA (sensore MODIS) il 20 agosto 2009, mentre si trovava a nord-est di Porto Rico diretto verso la costa orientale degli Stati Uniti. Si è trattato della prima tempesta tropicale a trasformarsi in uragano nell'Oceano Atlantico nella stagione 2009. Dagli Anni 1970 gli uragani atlantici di elevata intensità sembrano essere in aumento, ma la responsabilità umana in tale tendenza non è stata ancora del tutto chiarita.



Precipitazioni: variazioni irregolari

A differenza delle temperature, le variazioni recenti della piovosità sono state più irregolari, sia nel tempo, sia nello spazio tra una regione e l'altra del globo.

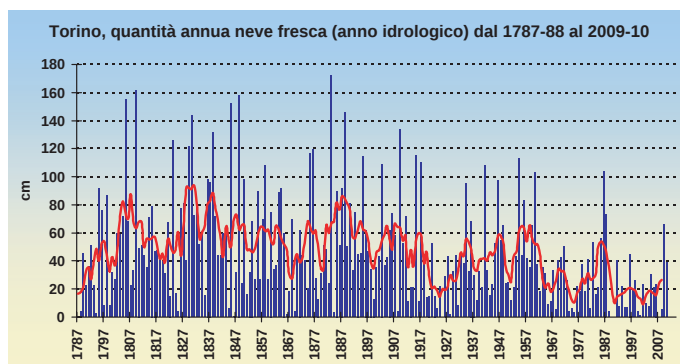
Le zone poste oltre il 30° parallelo Nord hanno conosciuto nel complesso un aumento delle precipitazioni del 30 per cento circa tra il 1900 e il 2005, ma localmente il Mediterraneo è diventato più asciutto.

Una grave riduzione delle piogge si è verificata a partire dagli anni intorno al 1970 nella fascia tropicale, specialmente nell'Africa subsahariana (Sahel).

In **Italia**, secondo le analisi dell'ISAC-CNR, nell'ultimo secolo vi è stata una **modesta riduzione della quantità di pioggia** (circa il 5 per cento in meno) e del numero di giorni piovosi a causa di una maggiore influenza delle zone di alta pressione subtropicali sul Mediterraneo occidentale.

Per quanto riguarda l'**intensità delle piogge**, sembra che sia in atto un aumento locale degli episodi violenti, ma i dati raccolti sono ancora pochi per trarre conclusioni significative.

Gli **uragani tropicali** nell'Atlantico sembrano essere diventati più distruttivi dalla metà degli Anni 1970 - come osserva KERRY EMANUEL del Massachusetts Institute of Technology di Boston, uno dei massimi esperti mondiali sull'argomento - ma non è ancora chiaro quanta parte abbia il cambiamento climatico causato dall'uomo in questa tendenza.



Sopra, quantità di neve fresca caduta a Torino dall'inverno 1787-88 al 2009-10: fino alla metà del XX secolo non era raro misurare oltre un metro di neve totale durante l'inverno, mentre una netta riduzione delle nevicate si è avuta in seguito, soprattutto dopo il 1987. Dei soli 5 inverni completamente senza neve dell'intera serie, 3 si sono concentrati negli ultimi 20 anni. Pur in un periodo di generale diminuzione della nevosità, l'inverno 2008-09 si è distinto per le nevicate straordinarie su parte del Nord Italia (sotto, apertura di una strada di montagna in Valle di Susa dopo le nevicate del dicembre 2008).



PER SAPERNE DI PIÙ

www.isac.cnr.it - Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima, CNR
www.giss.nasa.gov - Goddard Institute for Space Studies, NASA
www.noaa.gov - National Oceanic and Atmospheric Administration, USA
www.ncdc.noaa.gov - National Climatic Data Center, NOAA
www.nhc.noaa.gov - National Hurricane Center, Miami
www.ncar.ucar.edu - National Center for Atmospheric

Neve: in diminuzione soprattutto a bassa quota

A causa dell'aumento delle temperature, la quantità di neve caduta e soprattutto la durata del manto nevoso al suolo si sono **ridotte quasi ovunque**. Nell'emisfero settentrionale l'estensione media annua della superficie terrestre coperta da neve è infatti scesa del 6% tra il 1972 e il 2008.

In Italia, per il momento, la diminuzione della nevosità è evidente per lo più a bassa quota. Per esempio, in Pianura Padana è sempre più frequente che d'inverno cada pioggia anziché neve, sebbene non manchino annate ancora nevose.

A Torino le misure di innevamento sono iniziate nel 1787 (è la serie più lunga al mondo), e nel periodo storico fino al 1989 cadevano in media 50 cm di neve fresca all'anno, mentre nel successivo periodo 1990-2010 tale quantità è scesa a soli 19 cm, una riduzione del 62%.

Sulle regioni montuose la fusione primaverile della neve è più precoce (anche un paio di settimane sulle Alpi), e ciò comporta un'**alterazione dei regimi di portata** dei corsi d'acqua: maggiori deflussi tra fine inverno e inizio primavera, periodi di magra più prolungati in estate.

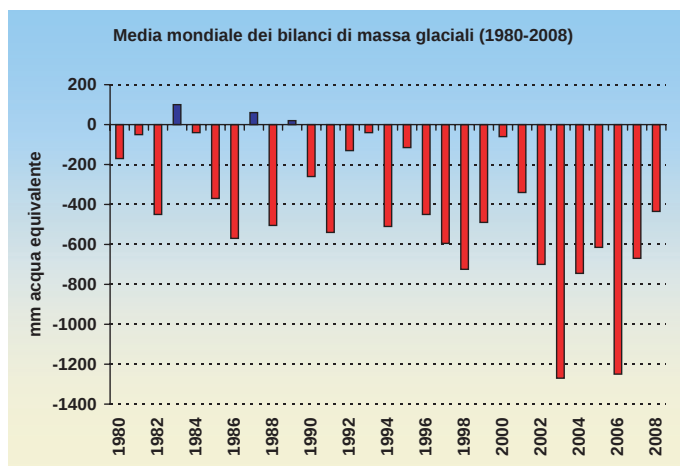
Research, USA

www.earthobservatory.nasa.gov - Earth Observatory della NASA; ricchissima banca di immagini satellitari
www.cru.uea.ac.uk - Climatic Research Unit dell'Università dell'East Anglia (Regno Unito)
www.wmo.int - World Meteorological Organization
<http://hadobs.metoffice.com> - Raccolta di serie climatiche globali dell'Hadley Center - Metoffice (Regno Unito)



A lato, l'impressionante regresso del Ghiacciaio di Pré de Bar (Courmayeur, Monte Bianco) tra il 1897 (in alto) e il 2005 (in basso). In poco più di un secolo la sua fronte si è ritirata di circa 600 m.

Il bilancio di massa di un ghiacciaio è una procedura che consente di valutare i guadagni o le perdite di massa attraverso la stima degli accumuli invernali di neve e della fusione estiva. Sotto, evoluzione del bilancio di massa medio globale calcolato su 30 ghiacciai rappresentativi di 9 catene montuose del mondo: dal 1980 hanno nettamente prevalso i valori di bilancio negativo (riduzione di spessore e volume), e solo nel 1983, 1987 e 1989 si sono avuti complessivamente dei modesti guadagni di massa glaciale. Tuttavia l'elemento che spicca maggiormente è la drastica intensificazione delle perdite registrata dopo il 2000, con punte di circa -1250 millimetri di acqua equivalente nel 2003 e 2006 (Fonte: World Glacier Monitoring Service).



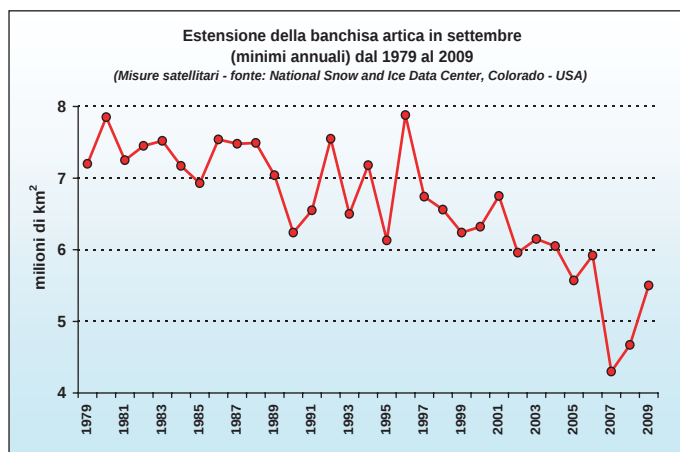
Ghiacciai: in ritiro ovunque

L'aumento della temperatura è confermato dal veloce **regresso** dei ghiacciai, diffuso in **tutte le catene montuose del mondo**. Solo in alcune zone, come in Norvegia e Nuova Zelanda, si sono registrate delle avanzate durante gli Anni 1990, ma si è trattato di un fenomeno temporaneo e da alcuni anni anche lì i ghiacciai hanno ripreso a regredire.

Sulle Alpi la superficie coperta da ghiacciai si è ridotta del **55%** dalla fine della Piccola Età Glaciale (circa 1850) e oggi rimangono circa 2000 km² di area glacializzata. Il regresso è divenuto particolarmente intenso a partire dal 2003, anno in cui l'eccezionale calura estiva ha fuso circa il 5÷10% del ghiaccio rimanente sulle Alpi. Sugli Appennini l'unico ghiacciaio esistente, quello del Calderone sul versante nord del Gran Sasso, è ridotto a una piccola placca di neve e ghiaccio in via di estinzione.

A scala mondiale il tasso di riduzione glaciale nel periodo 1996-2005 (0,58 m di spessore in acqua equivalente all'anno) è quadruplicato rispetto al 1976-85 (0,14 m/anno). Ci sono evidenze botaniche e archeologiche (come il ritrovamento della mummia Ötzi nel 1991 in Val Senales) che i ghiacciai non siano **mai stati ridotti come oggi da almeno 5000 anni**.

Il ritiro delle fronti glaciali libera terreni morenici sciolti e instabili, facilmente erodibili durante le piogge intense. Inoltre, l'aumento della fusione di neve e ghiaccio alimenta la formazione di nuovi laghi glaciali (anche detti «effimeri») suscettibili di improvvisi svuotamenti pericolosi per le valli sottostanti.



Sopra: estensione della superficie marina coperta da ghiaccio nell'Artico in settembre dal 1979 al 2009. Evidente la riduzione dalla metà degli Anni 1990: per il momento il minimo è stato raggiunto nel 2007 (Fonte: NSIDC, Boulder). Oltre alla diminuzione areale si osserva anche un calo dello spessore e la progressiva scomparsa del ghiaccio pluriennale, con prevalenza di ghiaccio «giovane» di età non superiore a uno o due anni, più sensibile agli effetti del riscaldamento.

Sotto a sinistra: una veduta del grande ghiacciaio Wagonway - arcipelago norvegese delle Svalbard - che si immerge nelle acque marine della Baia di Magdaleneffjord. Le regioni artiche sono quelle che nel mondo stanno vivendo il riscaldamento atmosferico più pronunciato, circa 4 °C in media nell'ultimo secolo (f. G. Mortara).

Sotto a destra: tecnici dell'ARPA Valle d'Aosta e dell'Università di Zurigo durante l'acrobatica installazione di sensori per il monitoraggio del permafrost e delle temperature della roccia sulla parete dell'Aiguille du Midi, a 3800 metri sul massiccio del Monte Bianco (f. ARPA Valle d'Aosta).



Ghiacci polari, banchisa e permafrost in contrazione

L'evoluzione delle enormi e remote calotte glaciali della Groenlandia e dell'Antartide è meno conosciuta nel dettaglio rispetto ai ghiacciai alpini, ma vi sono indizi che anche quelle masse stiano subendo **importanti riduzioni**, come indica l'accelerazione dei flussi di ghiaccio diretti dalle regioni interne verso il mare.

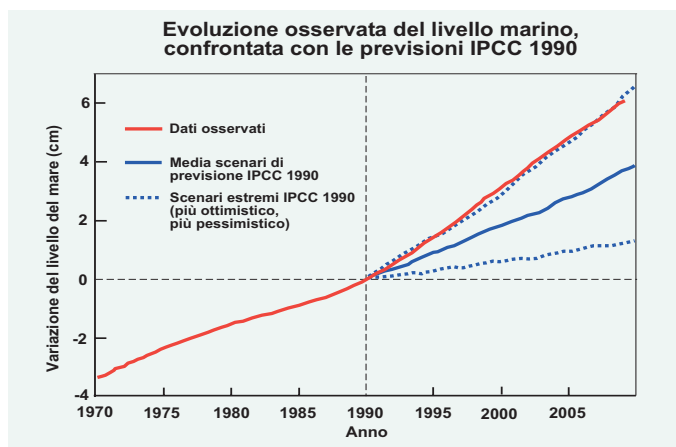
La **banchisa**, cioè lo strato di ghiaccio marino che ricopre l'Oceano Artico, è pure in netta contrazione, peraltro più veloce di quanto previsto solo alcuni anni fa: nel settembre 2007 si è raggiunto il minimo di estensione dall'inizio delle misure satellitari nel 1979 (grafico in alto a sinistra). D'altronde, secondo ricerche condotte dall'Università dell'Arizona, le temperature estive dell'Artico degli ultimi decenni sarebbero le più elevate da almeno duemila anni.

Infine il **permafrost** - terreno perennemente gelato in profondità - si sta degradando con l'aumento delle temperature, causando problemi alla stabilità di strade, edifici e oleodotti in Siberia, Canada e Alaska, e un aumento delle frane in alta quota sulle Alpi.

PER SAPERNE DI PIÙ

www.wgms.ch - World Glacier Monitoring Service, Zurigo
www.nsidc.org - National Snow and Ice Data Center di Boulder, Colorado (Stati Uniti); contiene le mappe aggiornate dell'estensione dei ghiacci artici
http://instaar.colorado.edu - Institute of Arctic and Alpine Research di Boulder, Colorado (Stati Uniti)
www.ipy.org - International Polar Year
www.disat.unimib.it/comigliaccio/comitatogiologico.htm - Comitato Glaciologico Italiano

Livelli marini: in aumento



L'evoluzione del livello medio del mare dal 1970 al 2008 mostra che l'incremento osservato si colloca al limite superiore delle proiezioni contenute nel primo rapporto IPCC del 1990 (www.climatecongress.ku.dk, Università di Copenhagen, ridis.).

PER SAPERNE DI PIÙ

<http://topex-www.jpl.nasa.gov> - Programma TOPEX-Poseidon, NASA

www.ismar.cnr.it - Istituto di Scienze Marine del CNR



A tre anni di distanza dalla pubblicazione del IV rapporto IPCC - accumulate ulteriori conoscenze sullo stato del clima terrestre e sulle possibili evoluzioni future - l'United Nations Environment Programme ha realizzato un nuovo e approfondito rapporto scientifico a supporto della COP-15 di Copenhagen. Oggi si teme che i cambiamenti climatici diventino ancora più intensi e veloci di quanto prospettato nel IV rapporto IPCC. Versione pdf scaricabile da www.unep.org.

Fa più caldo, i ghiacciai fondono e le acque degli oceani salgono. Nell'ultimo secolo si è già misurato un **incremento globale di 17 centimetri** del livello medio dei mari, vale a dire 1,7 millimetri all'anno, ma nel periodo successivo al 1993 - per il quale sono disponibili dati più precisi rilevati dai satelliti (per esempio le misure del programma internazionale TOPEX/Poseidon) - il tasso annuo di crescita è salito a **3 millimetri**, più di quanto previsto dalle prime simulazioni riportate nel 1990 nel primo rapporto IPCC.

Ma non è solo la maggiore **fusione dei ghiacciai** a causare questo fenomeno: circa la metà dell'aumento di livello osservato nel periodo 1993-2003 è riconducibile in realtà alla **dilatazione termica** dell'acqua, divenuta anch'essa più calda con il riscaldamento globale.

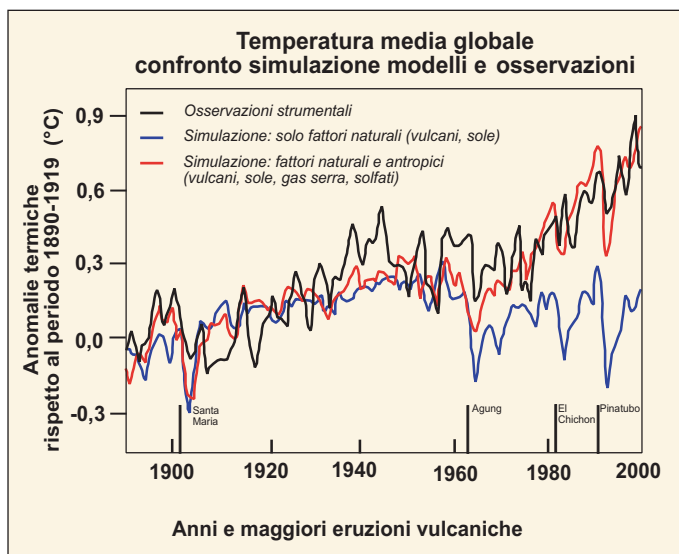
Sensibili differenze nella velocità di crescita dei livelli oceanici si possono osservare tra una regione e l'altra del mondo, sia per fattori legati al bilancio idrologico locale (precipitazioni, fusione dei ghiacciai, deflussi fluviali) e alla densità delle acque, sia per il contributo di altri elementi come i movimenti tettonici (sollevamenti o abbassamenti delle masse continentali). Per esempio il Mediterraneo - un mare chiuso soggetto a precipitazioni e apporti fluviali scarsi e a forte evaporazione - cresce più lentamente rispetto alla media mondiale, con un tasso tra 1 e 1,5 mm/anno.

In Italia le zone costiere più esposte all'invasione da parte del mare e alla salinizzazione di suoli e falde sono quelle dell'alto Adriatico (Venezia), dell'alto Tirreno (Versilia) e la piana di Fondi (Latina).



Sopra, un esempio di supercalcolatore utilizzato per i modelli climatici: l'Earth Simulator in Giappone, uno dei più potenti al mondo (www.jamstec.go.jp). La potenza di calcolo degli attuali supercomputer più evoluti è dell'ordine di centinaia di migliaia di miliardi di operazioni al secondo.

Sotto: per verificare l'affidabilità di un modello climatico gli si può far ricostruire il clima passato di cui conosciamo bene sia le variazioni sia i fattori che le hanno causate. Nel caso del riscaldamento dell'ultimo secolo i modelli riproducono correttamente la realtà solo se si considerano - oltre ai fattori naturali - anche quelli antropici, come mostra la curva rossa della simulazione, molto vicina a quella nera dei dati osservati. Se non si considera l'effetto del CO_2 , il modello mostra invece un raffreddamento (curva azzurra).

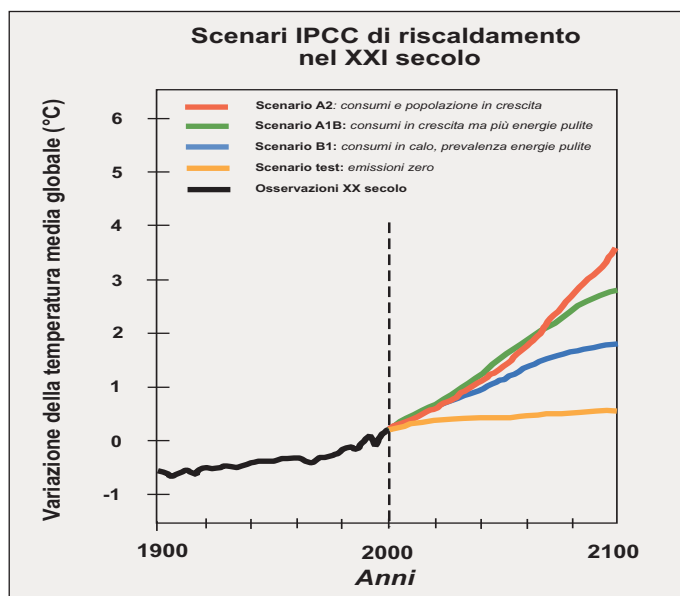


Prevedere il clima futuro: i modelli numerici

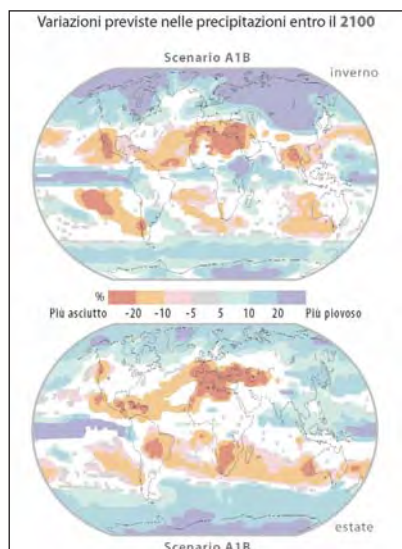
Per prevedere le variazioni future del clima occorre utilizzare **complessi modelli numerici** di simulazione: si tratta di insiemi di equazioni matematiche che descrivono l'evoluzione degli elementi climatici in risposta a fattori «forzanti» - sia naturali, sia di origine umana - come l'attività solare e le emissioni di gas serra, ma anche ad altri fattori che influenzano il clima (le correnti oceaniche, la natura della superficie terrestre - foreste, mari, ghiacciai, città, deserti - la presenza di fenomeni di «retroazione» in grado di amplificare o ridurre gli effetti dei cambiamenti climatici...). La prima previsione numerica che evidenziasse il ruolo dei gas serra nel riscaldamento atmosferico fu realizzata a Princeton nel 1967 dal fisico giapponese Syukuro Manabe, e in seguito i risultati dei modelli numerici sono via via migliorati soprattutto grazie all'enorme aumento delle capacità di calcolo, che ora raggiungono le migliaia di miliardi di operazioni al secondo.

A differenza delle previsioni meteorologiche, che possono fornire con buone probabilità di successo molti dettagli su un arco temporale di alcuni giorni (per esempio, quale temperatura ci sarà a Pescara tra due giorni), le previsioni climatiche si limitano a individuare le possibili variazioni a scala regionale/continentale e decennale/secolare in base a differenti scenari di sviluppo socio-economico della popolazione e delle conseguenti emissioni di gas serra.

I risultati dei modelli numerici, peraltro in costante miglioramento, non sono infallibili, ma sono l'**unico strumento di cui disponiamo per effettuare previsioni** ragionevolmente affidabili e mettere dunque in atto **strategie** per evitare una pericolosa degradazione del clima e dell'ambiente in cui viviamo.



Secondo il IV rapporto IPCC la temperatura media globale potrà aumentare ulteriormente, entro il 2100, di 1,8÷4,0 °C rispetto all'intervallo 1980-1999. L'obiettivo dell'Unione Europea è contenere il riscaldamento entro i 2 °C rispetto al periodo preindustriale, per evitare gravi alterazioni degli equilibri degli ecosistemi terrestri, tuttavia tale traguardo appare difficile da raggiungere anche qualora tutti gli attuali propositi di riduzione delle emissioni venissero rispettati.



Variazioni regionali delle precipitazioni attese entro il 2100 in inverno ed estate: gli apporti potrebbero aumentare alle latitudini elevate, mentre nel Mediterraneo si prospettano diminuzioni della piovosità estiva anche superiori al 20%, che associate agli aumenti termici potrebbero originare gravi siccità e favorire incendi boschivi (Fonte: IV rapporto IPCC, 2007).

Cosa aspettarsi dal futuro? Con alta probabilità, più caldo

Il quadro complessivo più aggiornato dei risultati dei modelli climatici è contenuto nel IV rapporto dell'IPCC pubblicato nel 2007. Da allora ulteriori studi si sono aggiunti, confermando i timori per un futuro più caldo e con meno neve e ghiacciai, con precipitazioni più irregolari e livelli marini in aumento. Semmai, oggi si teme che questi cambiamenti possano essere ancora più rapidi di quanto prospettato nel più recente rapporto IPCC.

L'aumento medio delle **temperature** globali è atteso tra **1,8 e 4 °C entro il 2100**, a seconda degli scenari tecnologici, sociali ed economici considerati. Tale riscaldamento però non sarà omogeneo ovunque, ma si prevede che colpisca maggiormente le regioni artiche, dove potrebbe anche superare i 6 o 7 °C entro la fine del XXI secolo (un modello del MetOffice inglese prevede - in uno scenario futuro ad elevate emissioni climalteranti - riscaldamenti medi fino a +10 °C in Africa occidentale e +15 °C sull'Artico). Per l'Italia le previsioni del Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici (www.cmcc.it) stimano aumenti termici tra 1,5 e 3 °C in inverno e oltre 3 °C in estate, con possibili punte superiori a +6 °C sulle Alpi occidentali.

Di conseguenza - stando agli studi dei glaciologi dell'Università di Zurigo - i **ghiacciai** alpini potrebbero ridurre la loro superficie dell'80% rispetto alla situazione del periodo 1971-1990 considerando un aumento di 3 °C delle temperature estive entro la fine di questo secolo, estinguendosi completamente sotto i 3500 m di quota, con conseguenze sui regimi torrentizi (minori portate estive) e sulla stabilità dei versanti



Sopra: una veduta della laguna di Venezia. I mareografi di Trieste e Genova, che dispongono delle più lunghe serie italiane di misura del livello marino, hanno registrato un incremento di 13 cm negli ultimi 120 anni. Durante il XXI secolo, lungo i 7750 km di coste italiane, l'aumento di livello del mare associato al cambiamento climatico potrebbe talora combinarsi sfavorevolmente con gli effetti di fenomeni geologici (abbassamenti del terreno per isostasia e subsidenza): entro il 2100, a seconda delle zone, si attendono incrementi di livello minimi di $0,19 \div 0,36$ m e massimi di $0,94 \div 1,08$ m (fonte: ENEA).

LA CORRENTE DEL GOLFO: E SE SI FERMASSE?

Tra i diversi scenari di cambiamento climatico esiste anche la possibilità che la Corrente del Golfo - che mitiga il clima dell'Europa occidentale trasportando acque oceaniche calde dal Golfo del Messico - possa indebolirsi o interrompersi a seguito di ingenti apporti di acqua di fusione dai ghiacciai della Groenlandia, e a conseguenti variazioni nella densità delle acque dell'Atlantico. Tale eventualità - irrealisticamente considerata nel film «*The day after tomorrow*» (2004) - più che provocare un raffreddamento potrebbe limitare temporaneamente il riscaldamento in Europa, tuttavia secondo i modelli climatici più recenti è improbabile che ciò avvenga entro i prossimi cento anni.

(crolli rocciosi anche per l'alterazione del permafrost, erosione dei suoli morenici durante le piogge intense).

In un'atmosfera più calda il ciclo dell'acqua diventa più rapido, quindi complessivamente il volume di **precipitazioni** dovrebbe aumentare, ma con variazioni delle quantità di pioggia molto diverse tra una regione e l'altra: come già in parte sta accadendo, si prevedono apporti più abbondanti alle alte latitudini (Nord Europa, Canada, Antartide), mentre in Italia la piovosità potrebbe diminuire nettamente in estate (anche del 20÷30%). Il Mediterraneo è infatti considerato uno dei «punti caldi» del cambiamento climatico, per gli effetti combinati che potrebbero avere il riscaldamento e le maggiori siccità estive: estremo inaridimento, riduzione della produttività agricola, deperimento delle foreste, aumento degli incendi boschivi.

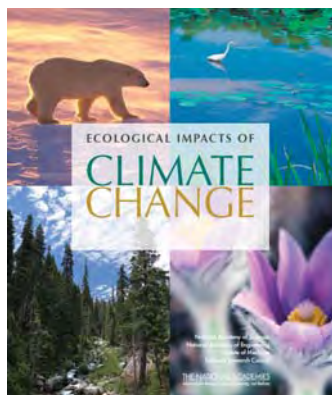
Ci sono ancora molte incertezze sull'entità del futuro aumento dei **livelli del mare**. Le previsioni dell'IPCC stimano una crescita media delle acque compresa tra 18 e 59 cm entro il 2100, ma queste non tengono conto della dinamica delle calotte polari, a tutt'oggi poco conosciuta. È tuttavia verosimile che il contributo della fusione dei ghiacci della Groenlandia e dell'Antartide (notevolmente cresciuto negli ultimi anni, da 0,23 mm/anno nel 1996 a 0,57 mm/anno nel 2005 per quanto riguarda i ghiacciai groenlandesi) possa portare la crescita del livello marino **oltre il metro** entro la fine del secolo. Se si considera che attualmente nel mondo 104 milioni di persone vivono in zone al di sotto di un metro sul mare, si comprende la potenziale portata delle migrazioni e delle tensioni geopolitiche conseguenti a questo fenomeno.

L'obiettivo dell'Unione Europea - ancorché di difficile raggiungimento - è mantenere entro 2 °C il riscaldamento globale dall'era preindustriale entro la fine del secolo, per evitare una degradazione troppo rischiosa degli ecosistemi terrestri e della qualità di vita dell'uomo.



Biodiversità minacciata

In considerazione della grande importanza della varietà biologica e della sua conservazione per gli equilibri naturali e la catena alimentare, il 2010 è stato proclamato dalle Nazioni Unite **Anno internazionale della biodiversità**.



Secondo il rapporto statunitense Ecological Impacts of Climate Change, redatto nel 2008, il 40 per cento di piante e animali selvatici nel mondo avrebbe già modificato il suo areale di diffusione negli ultimi decenni per stare al passo con le variazioni del clima. Tuttavia la velocità dell'attuale e previsto cambiamento climatico - insieme alla crescente pressione umana sul territorio - può mettere in crisi la capacità di adattamento e migrazione delle specie, aumentando il tasso delle estinzioni.

PER SAPERNE DI PIÙ

www.unep-wcmc.org - World Conservation Monitoring Centre dell'UNEP

www.cbd.int - Convention on Biological Diversity

www.millenniumassessment.org - Millennium Ecosystem Assessment, comitato istituito dalle Nazioni Unite per la valutazione dei cambiamenti ambientali e dei loro effetti sul benessere umano

www.worldwatch.org - Worldwatch Institute, organizzazione indipendente di ricerca su temi globali

www.wwf.it - World Wildlife Fund

Il cambiamento climatico può compromettere la varietà e le complesse interrelazioni degli esseri viventi da cui l'uomo dipende. Infatti - se la variazione dei parametri del clima è troppo veloce - le specie non hanno tempo di **adattarsi** alle nuove condizioni ambientali oppure di **migrare** verso territori e climi più adatti. Oggi il tasso di **estinzione** delle specie viventi è **da 1000 a 10.000 volte** superiore al naturale livello storico di fondo.

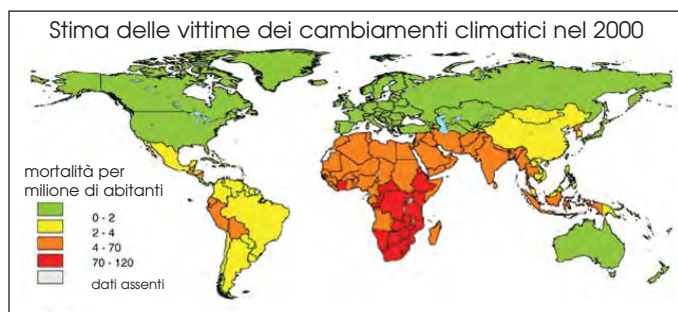
Le piante sono particolarmente sfavorite, perché il loro spostamento è legato unicamente alla dispersione dei semi da parte del vento e degli animali. Nella rovente estate del 2003, le foreste indebolite dal caldo e dalla siccità sono state diffusamente attaccate da insetti minatori del legno (scolitidi) che hanno causato la morte di migliaia di abeti sulle Alpi.

Gli effetti negativi del cambiamento climatico sugli ecosistemi si aggiungono a quelli della **crescente pressione umana e dell'inquinamento** (compresa la deforestazione, l'artificializzazione e il degrado dei suoli), causando la frammentazione e la scomparsa di habitat naturali. Inoltre, l'invasione da parte di «specie aliene», provenienti da regioni più calde, contribuisce a destabilizzare i delicati equilibri ambientali.

Come riporta il IV rapporto IPCC, un riscaldamento globale di oltre 3,5 °C potrebbe causare l'estinzione del **40-70%** delle specie viventi, un fenomeno irreversibile che porterebbe con sé gravi conseguenze sulla stabilità degli ecosistemi e sulla catena alimentare fino all'uomo.



Una femmina di *Aedes albopictus* (zanzara tigre) mentre effettua il suo pasto di sangue su un essere umano. Di origine tropicale, si è diffusa in Europa dagli Anni 1990, probabilmente favorita anche dal recente aumento delle temperature. La sua puntura può causare la trasmissione di malattie come la chikungunya, il dengue, la febbre del Nilo e la febbre gialla (fonte: United States Department of Health and Human Services).



Questa carta indica l'incidenza della mortalità imputabile ai cambiamenti climatici. Benché ormai riferita all'anno 2000, evidenzia chiaramente la forte esposizione delle popolazioni più povere (Africa, Asia Meridionale, America Latina) agli effetti di siccità, alluvioni, uragani e relative carestie (fonte: Center for Sustainability and the Global Environment, SAGE).

PER SAPERNE DI PIÙ

www.who.int - Organizzazione Mondiale della Sanità, sezione «Climate change and human health»

www.climatechangehealth.com - Sito australiano su cambiamenti climatici e salute

Clima nuovo, malattie note

I cambiamenti climatici e in particolare l'aumento delle temperature possono causare anche conseguenze di natura sanitaria: si stima infatti che gli effetti positivi del riscaldamento - per esempio minori disagi da freddo eccessivo - saranno nettamente superati da quelli negativi: diffusione di **patologie** dalle zone tropicali verso quelle temperate (anche se è verosimile che i trasporti rapidi su lunghe distanze di merci e persone, e non solo il clima, ne siano responsabili), aumento di **malattie infettive** causate da carenza di acqua potabile e malnutrizione anche a seguito di eventi meteorologici estremi, **problemi cardiaci e respiratori** dovuti a elevati tassi di ozono nei bassi strati atmosferici e ondate di caldo intenso soprattutto nelle grandi città, **allergie** dovute alla diffusione di nuove specie vegetali invasive.

La canicola estrema dell'estate 2003 ha causato oltre 35.000 decessi in Europa, specialmente tra la popolazione anziana (ma una stima dell'*Institut national de la santé et de la recherche médicale* indica perfino 70.000 vittime), e si prevede che durante questo secolo stagioni estive così calde potrebbero divenire via via sempre più frequenti e «normali».

Nell'estate 2007 un focolaio di *chikungunya* - malattia virale di origine tropicale che provoca febbre elevata e forti dolori articolari, trasmessa dalla zanzara tigre (genere *Aedes*) - in provincia di Ravenna ha coinvolto 130 persone (tra le quali una è deceduta). Negli ultimi anni si è osservata la crescente diffusione di *flebotomi* (pappataci) anche in Pianura Padana e sulle Prealpi, dove un tempo erano sconosciuti: la loro puntura provoca spesso vistose reazioni allergiche e può trasmettere la *leishmaniosi* del cane.



Immagini di un mondo sempre più assediato dalla pressione antropica (dall'alto al basso e da sinistra a destra): l'avanzata della deforestazione dell'Amazzonia in Brasile tra il 2000 e il 2009 (NASA - Earth Observatory); una miniera di rame in Perù (NASA - Earth Observatory); un campo di frumento circondato dalla crescita urbanistica di Rivoli (Torino); nuovi viadotti in costruzione presso Chivasso (Torino) e i rifiuti di una discarica, sottoprodotto finale di ogni nostro acquisto e consumo.

PER SAPERNE DI PIÙ

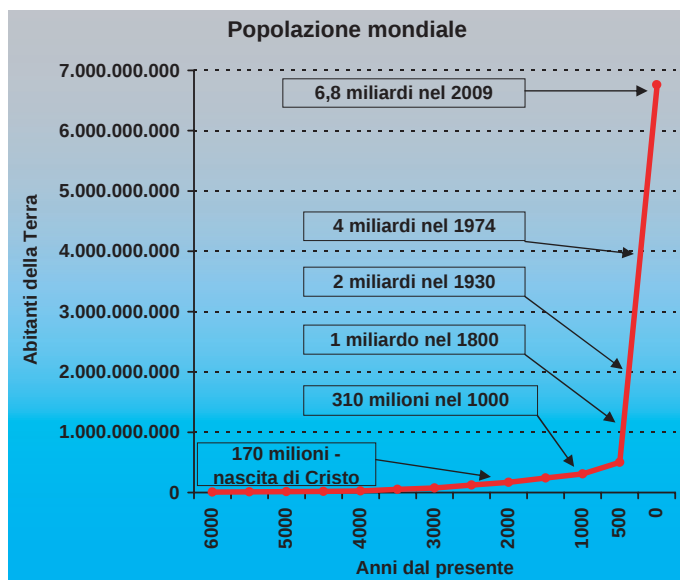
www.clubofrome.org - Il sito del Club di Roma
www.peopleandplanet.net - Portale su ambiente, popolazione, energia, consumi e povertà
www.footprintnetwork.org - Global Footprint Network per la sostenibilità dei consumi umani

Una sola Terra: i limiti ambientali

Il cambiamento climatico si intreccia con altri importanti problemi ambientali, sociali ed economici a scala globale. Poiché sulla Terra le risorse energetiche, lo spazio, i minerali, il terreno coltivabile, l'acqua e l'aria pulite... sono **limitati**, oppure non si rinnovano alla stessa velocità con cui sono prelevati e utilizzati dall'uomo, **non si può mirare a una crescita economica infinita**. Eppure, ancora oggi le economie industriali puntano all'aumento continuo dei consumi di beni materiali e del prodotto interno lordo quale misura del benessere (apparente) della popolazione. In futuro non si potrà mantenere a lungo questo paradigma, e si dovranno privilegiare sobrietà ed efficienza nell'impiego delle risorse, non certo in una logica pauperistica, bensì con una forte spinta innovativa. Questa visione venne espressa fin dal 1972 nel rapporto del **Club di Roma** «I limiti dello sviluppo», recentemente aggiornato nel 2004.

«Dobbiamo respingere il mito della crescita continua che trae alimento dai fantastici sviluppi tecnologici degli ultimi due secoli. Dobbiamo convincere la prossima generazione che il segreto per vivere una buona vita consiste nell'imparare a vivere entro i limiti».

GARRETT HARDIN, 1994



Evoluzione della popolazione mondiale negli ultimi 6000 anni. Alla fine del 1700 la Rivoluzione Industriale e l'inizio dell'utilizzo massiccio di fonti energetiche fossili migliorano le condizioni sanitarie e la produzione alimentare, e la popolazione passa in soli due secoli da circa 1 miliardo di individui ai 6,8 miliardi attuali, ben oltre la capacità portante del pianeta, che, in assenza di utilizzo dei combustibili fossili, sarebbe attorno a 2 miliardi di individui. Attualmente l'impronta ecologica globale dell'umanità supera del 20% la capacità di rinnovamento del capitale naturale disponibile sulla Terra.



PER SAPERNE DI PIÙ

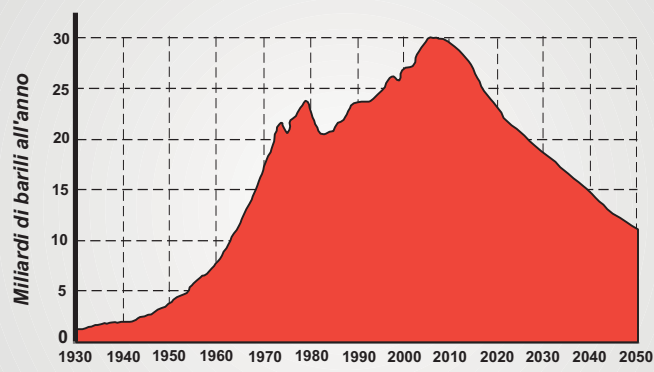
www.populationmedia.org - Population Media Center. Informazioni e aggiornamenti sulla popolazione mondiale

Sovrappopolazione e politiche demografiche

La popolazione mondiale aumenta a ritmi sostenuti: ogni anno si aggiungono circa 80 milioni di individui con le loro esigenze, i loro consumi, i loro rifiuti. Il numero di abitanti del pianeta è cresciuto lentamente fino a 2 secoli fa: si stima che 35.000 anni fa gli umani fossero circa 4 milioni, 170 milioni ai tempi di Cristo, 310 milioni attorno all'anno Mille, mentre il miliardo venne raggiunto nel 1800. In seguito, lo sfruttamento dei combustibili fossili e i progressi scientifici hanno migliorato le condizioni sanitarie, la produzione agraria e l'alimentazione, e la popolazione è esplosa toccando i 2 miliardi di individui nel 1930, e i 6 miliardi nel 1999. Attualmente la Terra ospita **6,8 miliardi** di persone, ma questo livello di popolazione e dunque di consumi non è più compatibile con le risorse naturali del pianeta, che non si rinnovano alla stessa velocità con cui vengono prelevate.

Inoltre le risorse globali sono ripartite in modo estremamente **diseguale** tra i paesi ricchi (in cui si consuma e si spreca molto) e quelli in via di sviluppo (dove l'alimentazione e le condizioni sanitarie fondamentali per la sopravvivenza non sono ancora garantite). Una più equa distribuzione delle risorse, unita a **politiche demografiche** basate su progetti educativi rivolti alle popolazioni con i più elevati tassi di fertilità (in Niger si raggiungono in media i 7 figli per donna, e metà della popolazione ha meno di 15 anni), potrebbe almeno in parte alleviare da un lato la grave penuria alimentare nel Sud del mondo, dall'altro l'insostenibile pressione umana sul pianeta, con riflessi virtuosi evidenti anche in termini geo-politici.

Estrazione mondiale di petrolio



Estrazione petrolifera mondiale dal 1930 a oggi, e previsione fino al 2050 (Fonte: ASPO). Nel mondo si consumano circa 85 milioni di barili di petrolio al giorno, oltre 30 miliardi all'anno: in pochissimo tempo bruciamo un capitale energetico fossile formatosi in milioni di anni. Il picco di estrazione, oltre il quale la disponibilità andrà riducendosi, è previsto attorno al 2010. Nel luglio 2008 il prezzo del greggio ha toccato un picco di 147 \$ al barile (1 barile = 159 l), in seguito è tornato a scendere fino a 34 \$ nel dicembre 2008, per poi risalire oltre gli 80 \$ dall'ottobre 2009. È probabile che queste forti instabilità dei prezzi - oltre che conseguenza di complessi fenomeni geo-politici e finanziari - siano anche un sintomo del raggiungimento del picco. Per questo la riduzione della dipendenza dai combustibili fossili è opportuna sia per mitigare il cambiamento climatico, sia per fronteggiare la futura scarsità energetica.



Una piattaforma petrolifera in mare aperto. Il tasso di scoperta di nuovi giacimenti, nonostante il miglioramento delle tecniche di prospezione geofisica, è in netto calo.

PER SAPERNE DI PIÙ

www.aspoitalia.net -
Sezione italiana di
ASPO, Association for
the Study of Peak Oil and
Gas (www.peakoil.net)

www.theoildrum.com -
Blog di discussione sui
problemi energetici

Il picco del petrolio: prepararsi per tempo

Di combustibili fossili (petrolio e derivati, carbone, gas naturale) ce ne sono ancora quanto basta per aggravare il cambiamento climatico, ma la loro disponibilità - su cui si basa l'economia attuale - **non è illimitata.**

Il prelievo di risorse naturali non rinnovabili (compresi i minerali in genere) segue nel tempo un andamento a campana detto «curva di Hubbert», che passa attraverso un «picco di estrazione», dopo il quale la disponibilità decresce. Per il petrolio il picco si sta verificando in questi anni: ciò non significa che l'«oro nero» finirà domani, ma l'aumento o l'instabilità dei prezzi legati alle maggiori difficoltà estrattive e il contemporaneo incremento della richiesta dovuto all'espansione delle economie asiatiche e all'aumento di popolazione potranno mettere in crisi il mercato globale.

È ora di prendere provvedimenti efficaci, **riducendo la nostra dipendenza dalle fonti fossili**, limitando al tempo stesso i cambiamenti climatici e l'inquinamento atmosferico, e pensando già al mondo del «dopo petrolio», dove il benessere non sia più necessariamente legato alla crescita economica materiale.

«Il petrolio finirà. In più, lo farà molto prima di quanto ritengano gli economisti, e non sarà facile trovare dei sostituti». **RICHARD HEINBERG, 2004**



Sopra, veduta aerea dell'area industriale alla periferia Ovest di Torino, tra Rivoli e Collegno, cresciuta a spese di suoli tra i più fertili d'Europa, inseriti nella classe I di capacità d'uso (assenza di limitazioni per la coltivazione). Sotto: prezioso suolo agrario sconvolto dai lavori di costruzione di un nuovo svincolo della Tangenziale di Torino presso Collegno, giugno 2004.



PER SAPERNE DI PIÙ

www.stopalconsumoditeritorio.it - Movimento per la difesa del diritto al territorio non cementificato
<http://stweb.sister.it/itaCorine/corine/corine.htm> - Programma europeo CORINE - Land Cover di monitoraggio delle caratteristiche del territorio

Il consumo dei suoli: fermare la cementificazione è una priorità

Il crescente consumo di suolo per la costruzione di nuove infrastrutture, strade ed edifici civili e industriali causa la perdita irreversibile di prezioso suolo fertile. Oggi **in Italia quasi il 10% del territorio è artificializzato**, una superficie superiore a Piemonte e Valle d'Aosta messe insieme.

L'artificializzazione del suolo sottrae ulteriore spazio alla **produzione agraria** in un mondo già sovraffollato e a corto di risorse alimentari; comporta un **mancato assorbimento del biossido di carbonio** dall'atmosfera, quindi minori possibilità di contrastare il cambiamento climatico; **impedisce il drenaggio** dell'acqua e causa un'accelerazione dei deflussi idrici durante le piogge intense, con maggiori probabilità di improvvisi allagamenti specialmente nelle zone urbane; genera un **surriscaldamento locale** che rende ancora più soffocanti le ondate di calura in estate.

In tempi in cui il suolo era l'unica fonte di sostentamento alimentare per le popolazioni, questo era salvaguardato in ogni modo. Nelle zone di montagna talora le case erano costruite in luoghi impervi, pur di riservare al terreno migliore la destinazione agricola. Oggi invece l'importanza del suolo è spesso dimenticata, e gli edifici vengono costruiti frequentemente senza alcun criterio di scelta del luogo, sotto la sola spinta della rendita fondiaria, distruggendo in modo irreversibile una risorsa unica che necessita di millenni per formarsi.



L'adozione di normative ambientali via via più severe nei paesi del primo mondo ha indotto un calo delle emissioni di diversi inquinanti, tuttavia l'accumulo di sostanze pericolose per la salute nell'ambiente (in aria, acqua, suolo) rimane pur sempre preoccupante. Ma oggi è nei paesi in via di sviluppo che si concentrano alcune tra le situazioni ambientali più critiche, dovute soprattutto ad attività industriali e minerarie condotte trascurando ogni rispetto per l'ambiente circostante. Nel 2007 le località più inquinate del mondo erano individuate in Azerbaijan, Cina, India, Perù, Russia, Ucraina e Zambia (foto: US Fish and Wildlife Service).

«Solo nel periodo rappresentato da questo secolo una specie - l'uomo - ha preso il sopravvento al punto tale da alterare la natura del suo mondo». RACHEL CARSON

PER SAPERNE DI PIÙ

www.eea.europa.eu - European Environment Agency

<http://toxnet.nlm.nih.gov> - Banca dati relativa a sostanze tossiche e salute ambientale

www.blacksmithinstitute.org - Risorse ed esperienze per contrastare l'inquinamento ambientale

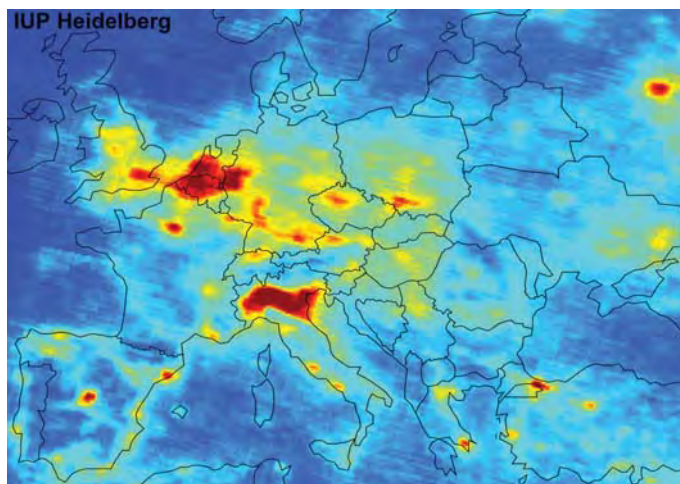
Un ambiente sempre più inquinato: meno salute, meno qualità di vita

A partire dalla Rivoluzione Industriale e via via con lo sviluppo dell'industria chimica, l'uomo ha riversato nell'ambiente una **quantità crescente di composti sia naturali, sia di sintesi, spesso dannosi** per la salute: plastiche, idrocarburi, solventi, coloranti, vernici, colle, fertilizzanti, fitofarmaci, metalli pesanti, gas a effetto serra, e così via...

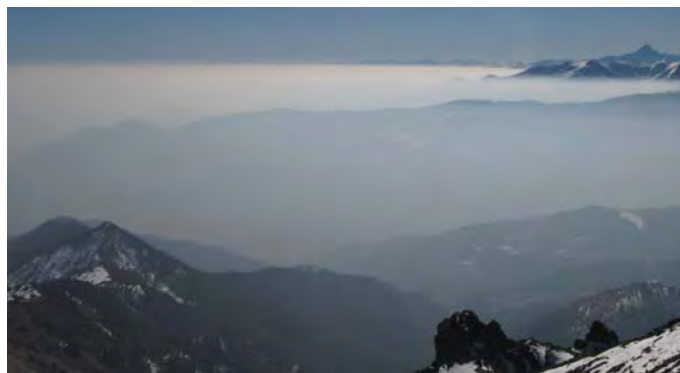
Il registro europeo delle sostanze chimiche in commercio (EINECS, <http://ecb.jrc.ec.europa.eu>) a fine 2007 contava 100.204 composti, ma il numero reale di prodotti in uso nel mondo è probabilmente superiore e di fatto sconosciuto.

A causa della circolazione atmosferica e oceanica e delle catene alimentari, **gli inquinanti si diffondono ovunque**, e pressoché nessun luogo della Terra oggi può definirsi «incontaminato»: tracce di metalli pesanti sono stati ritrovati nel grasso di animali artici, e carotaggi profondi condotti sui ghiacciai del Monte Rosa (Colle Gnifetti, 4480 m, e Colle del Lys, 4240 m) hanno rivelato la presenza di livelli contaminati dal trizio riconducibile ai test nucleari dei primi Anni 1960.

Certamente non dobbiamo scordare che l'inquinamento è il sottoprodotto negativo di uno sviluppo scientifico, tecnologico ed economico che ha portato comunque ricchezza e condizioni di vita migliori almeno a una parte dell'umanità (in cui noi europei rientriamo), ma oggi le schiaccianti evidenze sui pericoli ambientali e sanitari che ne derivano devono guidarci verso l'utilizzo più consapevole di sostanze meno dannose.



In Pianura Padana, ai piedi delle Alpi, la scarsa ventilazione favorisce l'accumulo di inquinanti, soprattutto durante i periodi invernali di alta pressione. Qui sopra, le concentrazioni di ossidi di azoto (Fonte: Institut für Umweltphysik, Università di Heidelberg, www.iup.uni-heidelberg.de). Sotto, denso strato di foschia e caligine sulla pianura piemontese, visto dalle alture della bassa Valle di Susa (9 febbraio 2008).



PER SAPERNE DI PIÙ

www.apat.gov.it/site/it-IT/Temi/Aria/ - Sezione «Aria» dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA - ex APAT)
www.lamiaaaria.it - Previsioni sulla qualità dell'aria in Italia e attualità sull'inquinamento

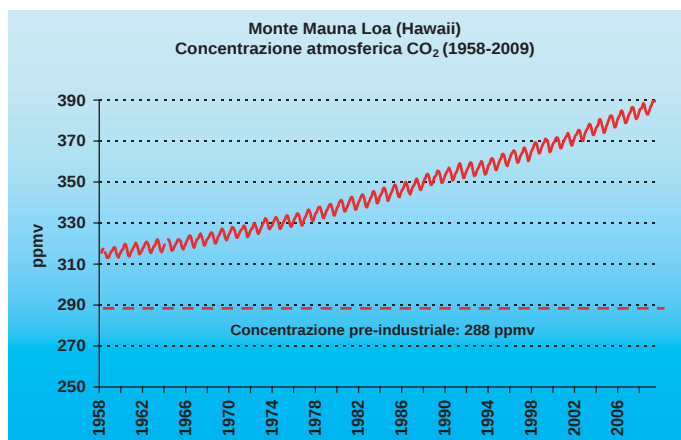
La Pianura Padana, bacino di accumulo di inquinanti atmosferici

L'atmosfera che sovrasta la Pianura Padana è una **tra le più inquinate d'Europa**. Le emissioni di gas nocivi e di particolato sono elevate, data la grande concentrazione di attività industriali, di edifici riscaldati e di traffico automobilistico, e al tempo stesso la geografia del territorio - circondato su tre lati da montagne (Alpi e Appennini) che limitano la ventilazione - favorisce i ristagni delle sostanze inquinanti: ossidi di azoto (NO_x) e di zolfo (SO_x), monossido di carbonio (CO), ozono (O_3), polveri sottili.

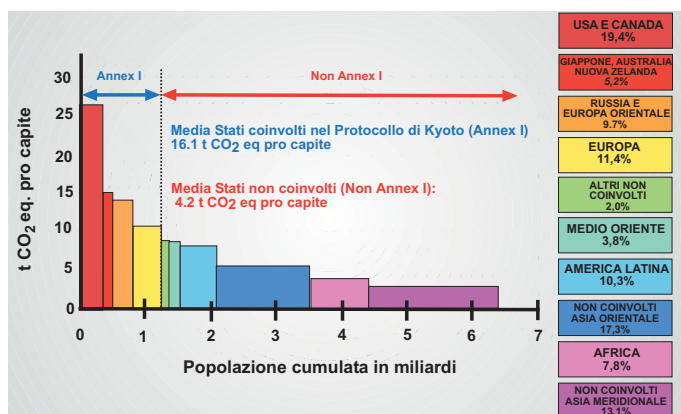
I periodi invernali di alta pressione, con assenza di vento e fenomeni di inversione termica (aria più fredda al suolo rispetto alle quote più alte) che impediscono il rimescolamento verticale dell'aria, sono quelli più esposti al notevole accumulo di inquinanti sulle pianure del Nord Italia (immagine in basso). A Torino la velocità media annua del vento è di circa 5 km/h, ma soltanto 4 km/h nei mesi tra ottobre e febbraio. Vento, pioggia e neve possono invece dissipare o abbattere per alcuni giorni gli inquinanti.

Negli ultimi 20 anni circa l'introduzione di carburanti a minor tenore di zolfo e senza additivi al piombo in generale ha ridotto le emissioni pericolose per la salute, tuttavia gli effetti positivi sono stati almeno in parte vanificati dal drastico incremento delle vetture in circolazione (in Italia 27 milioni di automobili nel 1990, 34 milioni nel 2003).

Le saltuarie limitazioni al traffico urbano aiutano a contenere il problema, ma non lo risolvono sul lungo periodo.



La concentrazione atmosferica di CO₂ misurata all'osservatorio del M. Mauna Loa (3397 metri, isole Hawaii) dal 1958 al maggio 2009, mostra un aumento da 316 a 390 ppmv (parti per milione in volume). Le misure furono avviate nel 1958 da Charles David Keeling su iniziativa di Roger Revelle, oceanografo e direttore della Scripps Institution of Oceanography di San Diego.



Emissioni di gas serra in percentuale su gruppi di Paesi con analogo sviluppo socio-economico, e valori pro capite in tonnellate di CO₂ equivalente. I Paesi del gruppo Annex I – più ricchi – sono quelli coinvolti nelle riduzioni richieste dal Protocollo di Kyoto: emettono circa il 50% dei gas serra mondiali, mentre la loro popolazione costituisce solo il 20% del totale. Stati Uniti e Canada da soli liberano un quinto dei gas serra emessi al mondo, con medie di circa 25 t/anno per persona. La media europea (e italiana) è invece di circa 10 t/pro capite. I paesi poveri e le economie emergenti sono stati esclusi dal protocollo (gruppo Non Annex I) per dare loro modo di migliorare le condizioni di vita: a questi spetta la restante metà di emissioni, distribuite però sull'80 per cento della popolazione mondiale; le emissioni medie di Africa e Asia Meridionale scendono infatti sotto le 5 t/anno pro capite (IPCC, 2007).

I gas serra: chi sono? Chi li produce? Quanti ne emettiamo?

Le molecole gassose che producono effetto serra sono svariate: alcune sono già presenti in natura (come il biossido di carbonio e il metano) ma sono artificialmente incrementate dall'uomo, altre sono state create dall'industria chimica (come l'esafluoruro di zolfo o i CFC).

Il **biossido di carbonio** (CO₂) deriva dalla combustione di composti organici, come i combustibili fossili (petrolio e derivati, carbone, gas naturale). Attualmente è presente in 390 parti per milione in volume d'aria, concentrazione più elevata da circa un milione d'anni. È il principale responsabile dell'effetto serra antropogenico, e si stima che contribuisca al 64% dell'attuale riscaldamento dovuto all'uomo.

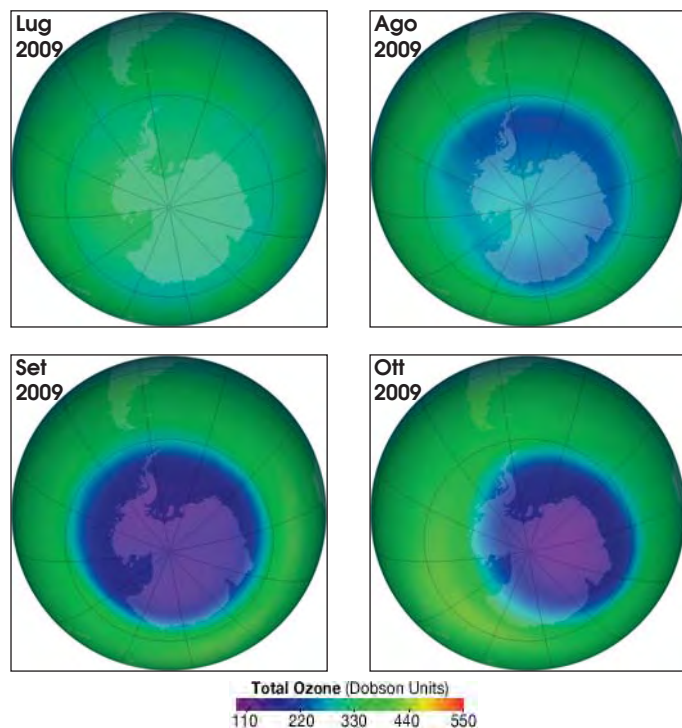
Il **metano** (CH₄), prodotto da fermentazioni di sostanza organica in assenza di ossigeno (che avvengono nelle risaie, nell'apparato digerente dei ruminanti, nelle discariche), è 21 volte più potente del CO₂, ma più raro (oggi circa 1770 parti per miliardo) e contribuisce al 18% del riscaldamento.

L'**esafluoruro di zolfo** (SF₆), è un gas serra di sintesi potentissimo, circa 24.000 volte il CO₂, ma fortunatamente presente in minuscole tracce.

Per calcolarne emissioni ed effetti complessivi, tutti i gas serra vengono ridotti in termini di CO₂ equivalente.

PER SAPERNE DI PIÙ

www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends - Earth System Research Laboratory della NOAA; dati aggiornati della concentrazione di CO₂ a Mauna Loa
<http://co2now.org> - Dati sul CO₂ in tempo quasi reale



La presenza totale di ozono - dalla superficie terrestre fino ai livelli più esterni dell'atmosfera - viene espressa valutando quale sarebbe lo spessore dello strato di molecole (O_3) se queste venissero tutte concentrate e avvicinate alla pressione di una atmosfera e a 0 °C di temperatura. In condizioni normali questo spessore sarebbe di circa 3 mm, ovvero circa 300 unità Dobson (1 unità Dobson = 0,01 mm di spessore dello strato di molecole di O_3). Quando si scende sotto alle 220 unità Dobson la rarefazione è considerata «buco nell'ozono». Qui sopra, evoluzione mensile della concentrazione di ozono tra il luglio e l'ottobre 2009 sopra la regione antartica (fonte: NASA): si nota la formazione del «buco», in colore blu-viola (con valori inferiori a 220 unità Dobson) durante la primavera australe, quando il ritorno della luce solare dopo il buio invernale favorisce le reazioni fotochimiche di distruzione di ozono a carico degli atomi di cloro. La massima estensione finora raggiunta dal fenomeno è stata osservata nel settembre 2006 (29 milioni di km^2). Con la progressiva messa al bando dei CFC, attualmente si ritiene che la quantità di ozono al di sopra dell'Antartide possa tornare ai livelli precedenti il 1980 verso il 2070.

PER SAPERNE DI PIÙ

<http://ozonewatch.gsfc.nasa.gov> - Pagina NASA di aggiornamenti e immagini sul buco nell'ozono

Chiudere il buco nell'ozono: il successo del Protocollo di Montreal

L'ozono, che nei bassi strati dell'atmosfera è nocivo per la salute ed è quindi considerato un inquinante, tra 20 e 40 km di altezza forma invece uno **strato protettivo** intorno alla Terra che filtra gran parte della radiazione solare ultravioletta dannosa per le cellule viventi.

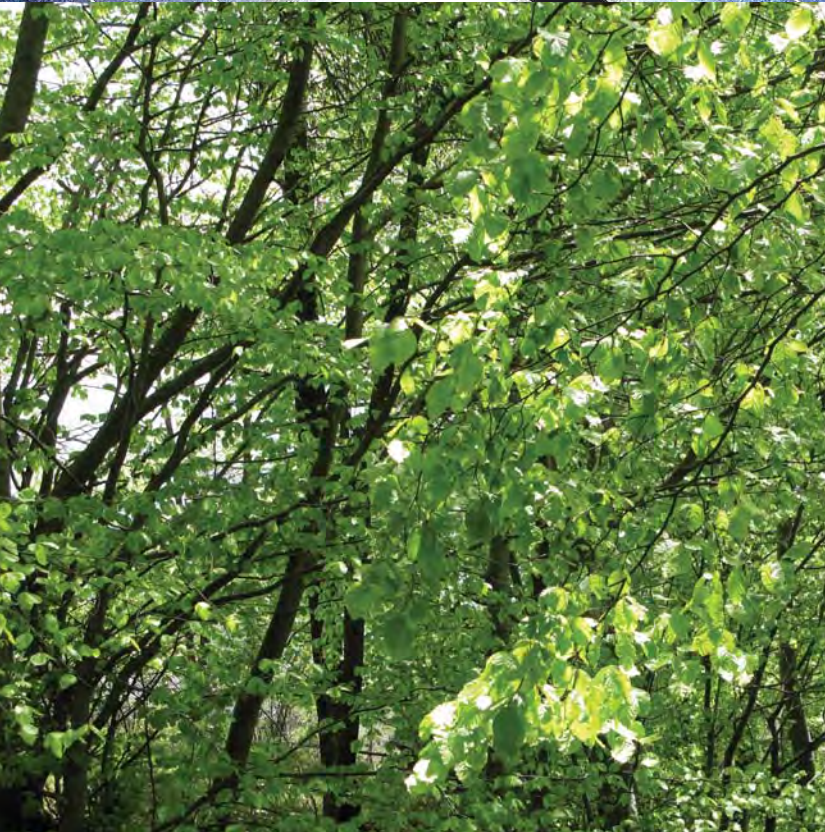
Negli Anni 1970 si è scoperto che questo strato era soggetto a una **periodica rarefazione** specialmente al di sopra della regione antartica durante la primavera australe (tra settembre e novembre): un fenomeno molto complesso - chiamato «buco nell'ozono» - ancora oggi non del tutto compreso, al cui studio hanno contribuito in particolare i ricercatori Paul Crutzen, Mario Molina e Sherwood Rowland, che per questo hanno ricevuto il premio Nobel per la Chimica nel 1995.

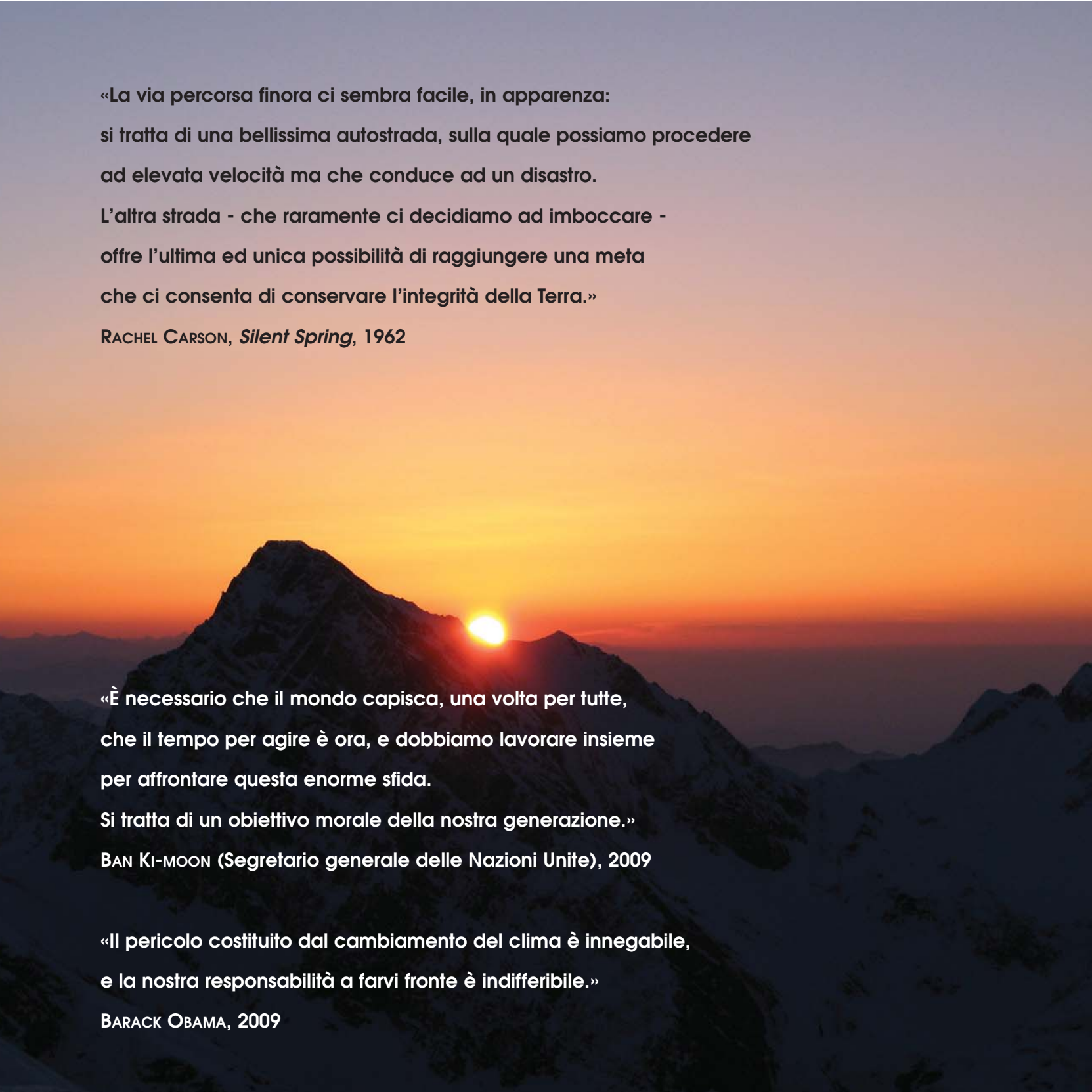
Si ritiene che i **clorofluorocarburi** (CFC), gas sintetizzati fin dagli Anni 1920 come refrigeranti e propellenti, siano i principali responsabili della distruzione di ozono stratosferico (peraltro producono anche effetto serra), a causa di reazioni chimiche indotte dalle molecole di cloro, nonostante negli Anni 2000 si siano avanzate anche ipotesi di un'origine naturale del fenomeno, legata allo sviluppo di nubi di cloro all'interno dei gelidi vortici invernali di aria polare. Nel 1987 il **Protocollo di Montreal** ha stabilito la progressiva riduzione della produzione di CFC, scesa infatti da un milione di tonnellate/anno nel 1988 a 100.000 tonnellate/anno nel 2000: un esempio di efficace accordo internazionale che dimostra come - a fronte di gravi problemi ambientali - la cooperazione tra scienza e politica possa produrre concreti risultati.



Sezione 2

Agire





«La via percorsa finora ci sembra facile, in apparenza:
si tratta di una bellissima autostrada, sulla quale possiamo procedere
ad elevata velocità ma che conduce ad un disastro.
L'altra strada - che raramente ci decidiamo ad imboccare -
offre l'ultima ed unica possibilità di raggiungere una meta
che ci consenta di conservare l'integrità della Terra.»

RACHEL CARSON, *Silent Spring*, 1962

«È necessario che il mondo capisca, una volta per tutte,
che il tempo per agire è ora, e dobbiamo lavorare insieme
per affrontare questa enorme sfida.

Si tratta di un obiettivo morale della nostra generazione.»

BAN KI-MOON (Segretario generale delle Nazioni Unite), 2009

«Il pericolo costituito dal cambiamento del clima è innegabile,
e la nostra responsabilità a farvi fronte è indifferibile.»

BARACK OBAMA, 2009



1971 - Stoccolma, convegno «Study of Man's Impact on Climate»

1972 - Conferenza ONU di Stoccolma, nasce l'UNEP, United Nations Environment Programme

1978 - Vienna, primo International Workshop on Climate Issues (indetto da WMO e ICSU)



1985 - Gli scienziati del clima riuniti a Villach (Austria), sotto l'egida delle Nazioni Unite, sanciscono il ruolo delle attività antropiche sui cambiamenti climatici, e chiedono un maggiore impegno dei governi e della ricerca scientifica per una migliore comprensione del fenomeno e delle misure per contenerlo.

1988 - Nasce l'IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), organo delle Nazioni Unite istituito dalla WMO e dall'UNEP con sede a Ginevra.



1992, 3-14 giugno - Si tiene a Rio de Janeiro il «Summit della Terra» (UNCED - United Nations Conference on Environment and Development). Stesura della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), base per il Protocollo di Kyoto.



1997, 11 dicembre - Viene siglato il Protocollo di Kyoto, che stabilisce la riduzione entro il periodo 2008-12 del 5,2% delle emissioni di 6 principali gas serra, rispetto ai livelli di emissione del 1990. Per l'Italia l'obiettivo sarebbe una riduzione del 6,5%, ma nel frattempo dal 1990 al 2007 le emissioni erano cresciute del 7%.

2005, 16 febbraio - Entrata in vigore del Protocollo di Kyoto, a seguito della ratifica da parte della Russia nel novembre 2004 (attualmente i Paesi che vi hanno aderito sono 180).



2007, 3-14 dicembre - XIII Conferenza delle Parti a Bali e stesura della Road Map per la riduzione delle emissioni dopo il 2012, termine del periodo del Protocollo di Kyoto.

2008, gennaio - La Commissione Europea ratifica la strategia 20-20-20: entro il 2020, -20% emissioni serra, 20% di energia da fonti rinnovabili, +20% efficienza energetica.



2009, dicembre - Conferenza ONU di Copenhagen: non sono stabiliti nuovi limiti vincolanti alle emissioni di gas serra, ma aiuti economici per l'adattamento dei paesi poveri ai cambiamenti climatici (30 miliardi di dollari/anno nel 2010-12).

Gli accordi internazionali sul clima: da Stoccolma al dopo-Kyoto

Da quasi quarant'anni scienziati e politici si riuniscono periodicamente per trovare soluzioni ai problemi globali dell'inquinamento e dei cambiamenti climatici. Un percorso iniziato nel 1972 con la conferenza ONU di Stoccolma, passato attraverso il «Summit della Terra» di Rio de Janeiro del 1992, fino ad arrivare alla stesura del Protocollo di Kyoto nel 1997 e alle successive annuali «Conferenze delle Parti» (a lato, un elenco delle tappe principali). Dalle prime intuizioni di Svante Arrhenius sul ruolo del CO₂ di origine umana nell'aumento delle temperature, la strada verso la piena consapevolezza del problema e della necessità di agire in modo coordinato tra i Paesi per fronteggiarlo è stata lunga e punteggiata di momenti delicati, anche a causa delle resistenze esercitate per lo più da gruppi di potere legati all'industria dei combustibili fossili. Fino ad ora il successo più grande è costituito proprio dal **Protocollo di Kyoto**: benché al momento non ratificato dagli USA - tra i più grandi produttori di gas serra - e nonostante diversi Paesi non ne abbiano per ora raggiunto gli obiettivi (tra cui l'Italia), si tratta comunque del più articolato e complesso accordo internazionale mai siglato dall'umanità. Sottoscritto e ratificato da 180 Paesi (eccetto gli Stati Uniti e altri 12 Stati tra cui l'Afghanistan, l'Iraq, la Repubblica di San Marino e Città del Vaticano), il trattato prevede che i Paesi industrializzati (gruppo Annex I) riducano complessivamente del 5,2% le emissioni di un gruppo di 6 gas serra entro il 2012, rispetto ai livelli del 1990. Ma gli obiettivi di riduzione sono differenti tra un Paese e l'altro: 8% per l'Europa nel suo complesso, 6,5% per l'Italia, 6% per il Giappone, nessuna variazione per la Russia e addirittura possibilità di incrementare legger-

2012: KYOTO FINISCE. E DOPO? LA CONFERENZA ONU DI COPENHAGEN

La 15^{ma} Conferenza delle Parti di Copenhagen (7-18 dicembre 2009) avrebbe dovuto stabilire nuovi obiettivi di riduzione dei gas serra in vista del termine del Protocollo di Kyoto nel 2012. Dopo dieci giorni di difficili negoziati, il vertice si è chiuso con un accordo tra USA, Cina, India, Sud Africa e Brasile che sottoscrive l'urgenza di combattere il riscaldamento globale proseguendo sulla strada tracciata con Kyoto, senza stabilire tuttavia nuovi limiti vincolanti alle emissioni, e prevede l'erogazione da parte dei Paesi industrializzati di 30 miliardi di dollari all'anno dal 2010 al 2012 per aiutare i Paesi poveri nell'adattamento ai cambiamenti climatici. Di tale accordo, aspramente criticato dai rappresentanti di Bolivia, Venezuela, Maldive e Tuvalu, i delegati dei 192 Paesi hanno preso atto alla conclusione della Conferenza.
www.en.cop15.dk; www.actoncopenhagen.decc.gov.uk

mente le emissioni per Paesi scarsamente popolati e con ampie possibilità di sviluppare la produzione di energia da fonti rinnovabili (ad esempio l'Islanda, a cui è concesso un aumento del 10%). Gli obiettivi possono essere raggiunti sia attraverso riduzioni dirette delle emissioni sul proprio territorio nazionale, sia attraverso i cosiddetti **meccanismi flessibili**: il mercato delle emissioni (*Emission Trading* - ET), l'attuazione congiunta (*Joint Implementation* - JI) e il meccanismo di sviluppo pulito (*Clean Development Mechanism* -

CDM). Con l'ET, per esempio, è possibile per un Paese acquistare crediti di carbonio da un altro paese più virtuoso, mentre con il JI e il CDM è possibile contabilizzare a livello nazionale i crediti di carbonio generati da progetti finanziati dai Paesi industrializzati rispettivamente in altri Paesi dell'Annex I o in Paesi in via di sviluppo (Non-Annex I). I progetti che generano tali crediti di carbonio sono, in generale, quelli che riguardano la realizzazione di programmi di sviluppo di energie pulite, anche attraverso l'esportazione di tecnologie innovative e a basso impatto ambientale. Ai Paesi in via di sviluppo (gruppo Non-Annex I) non è richiesta fino al 2012 alcuna riduzione delle emissioni, tenuto conto del loro modestissimo contributo alle emissioni globali e dell'esigenza di migliorare le precarie condizioni economiche e di vita della popolazione. A due anni dal termine del primo periodo di attuazione (2008-2012) del Protocollo di Kyoto, l'Europa si avvia a centrare l'obiettivo assegnato nei tempi previsti: dal 1990 al 2007 le emissioni erano infatti scese del 4,3% e le ultime proiezioni confermerebbero il raggiungimento dell'obiettivo della riduzione dell'8% richiesto entro il 2012 anche attraverso il ricorso all'utilizzo dei meccanismi flessibili. Paesi come la Germania, il Regno Unito e la Svezia hanno già raggiunto il risultato, tagliando le emissioni rispettivamente del 21,3%, 17,4% e 9,1%. L'Italia risulta invece ancora lontana dall'obiettivo, quanto meno per ora: anziché ridurre del 6,5% le emissioni serra, le ha aumentate complessivamente del 7,1%. Tuttavia nel 2006-2007 si è osservata una prima riduzione del 3,6%, ma imputabile più al calo di consumi indotto dalla crisi economica che a strategie ambientali virtuose.

PER SAPERNE DI PIÙ

<http://unfccc.int> - United Nations Framework Convention on Climate Change
http://ec.europa.eu/climateaction/index_it.htm - Programmi dell'UE per la protezione del clima

www.kyotoclub.org - Organizzazione di enti impegnati nel raggiungimento degli obiettivi stabiliti dal Protocollo di Kyoto
www.sinanet.apat.it - Rete del sistema Informativo Nazionale Ambientale, con aggiornamenti delle emissioni di gas serra

Da tempo l'Unione Europea guarda al dopo-Kyoto assumendo una posizione da capofila a livello mondiale nella lotta ai cambiamenti climatici. Gli ambiziosi ma necessari obiettivi a medio termine sono sintetizzati nel «**programma 20-20-20**»: entro il 2020, riduzione del 20% delle emissioni di gas serra rispetto ai livelli del 1990, raggiungimento della quota del 20% di energia da fonti rinnovabili sui consumi finali, incremento del 20% dell'efficienza nell'uso dell'energia (dalle abitazioni ai processi industriali). Tale «pacchetto» di provvedimenti, vincolanti i primi due, non ancora il terzo relativo al +20% dell'efficienza, è stato ratificato dalla Commissione Europea nel gennaio 2008, e adottato all'inizio del 2009 dopo un difficile percorso di approvazione da parte degli Stati membri.

Nel frattempo, con l'elezione alla presidenza degli Stati Uniti di Barack Obama nel novembre 2008, anche la superpotenza americana - che è tra i maggiori responsabili delle emissioni climalteranti - si è aperta al dialogo riconoscendo l'importanza di affrontare seriamente il problema dei cambiamenti climatici, pur non avendo ratificato il Protocollo di Kyoto (come invece aveva fatto l'Australia subito dopo l'elezione del nuovo premier Kevin Rudd, alla fine del 2007).



Una riunione su temi climatici e ambientali al Parlamento Europeo, Bruxelles. Il ruolo dell'Unione Europea nella lotta ai cambiamenti climatici è in primo piano a livello mondiale.

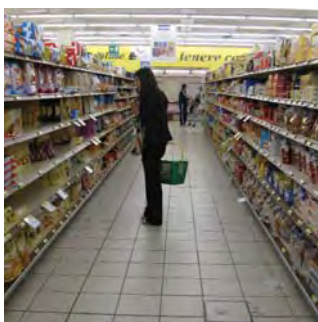
Obiettivi irraggiungibili? Mitigare il cambiamento

Il Protocollo di Kyoto è stato spesso criticato per la sua scarsa efficacia nel combattere il riscaldamento globale con una riduzione delle emissioni del 5%, mentre servirebbero tagli dell'ordine del 60÷80% per ottenere una stabilizzazione delle concentrazioni atmosferiche di CO₂ e dunque effetti apprezzabili. Tuttavia da qualche parte occorre pur iniziare... e questo accordo ha rappresentato un valido esperimento mondiale per avviare un processo virtuoso da sviluppare ulteriormente (e velocemente) in futuro. È un percorso difficile - che comporta, oltre alla riduzione di sprechi e inefficienze, la conversione del sistema economico e produttivo oggi basato sull'utilizzo dei combustibili fossili - ma i cui effetti benefici si farebbero sentire a lungo termine.

Il cambiamento climatico è già avviato e non è più possibile arrestarlo del tutto: i gas serra hanno tempi di permanenza nell'atmosfera anche superiori al secolo (120 anni per il CO₂) e gli oceani rilasciano lentamente il calore accumulato. L'obiettivo prioritario è dunque la sua **mitigazione**, contenendo il riscaldamento su livelli meno pericolosi possibile per gli ecosistemi e l'uomo, vale a dire entro i 2 °C circa rispetto all'era preindustriale. Ma questo è ancora un obiettivo raggiungibile? Secondo alcuni ricercatori, se anche tutti i più virtuosi intenti di riduzione delle emissioni venissero rispettati, la possibilità di non superare la soglia dei 2 °C di aumento termico sarebbe comunque ormai svanita. Ciò non toglie che si debba agire con tutto l'impegno e la determinazione data dalla conoscenza, dalla tecnologia, dall'innovazione e dall'educazione per affrontare la più grande sfida globale che oggi si pone di fronte all'umanità.



Dall'Europarlamento agli scaffali del supermercato, le possibilità di azione per limitare le emissioni serra e quindi contrastare i cambiamenti climatici oggi sono molteplici. Adeguate strategie politiche ed economiche sono certamente indispensabili, ma - a differenza di quanto si pensa comunemente - anche le scelte individuali contano molto: sobrietà negli acquisti, attenzione agli sprechi, produzione domestica di energia da fonti rinnovabili, scelta di automobili a basso consumo, autoproduzione di cibo (verdura, frutta), riduzione dei rifiuti, e così via...



Il ruolo degli individui, il ruolo della politica

Mitigare il cambiamento climatico è un obiettivo complesso ma raggiungibile, unendo differenti strategie provenienti sia dall'alto» (dalla politica) sia «dal basso» (dalla popolazione). Il ruolo della politica è quello di proporre linee guida e priorità per le azioni da compiere, favorire l'informazione e l'educazione ai temi ambientali, varare leggi che consentano ai cittadini e anche alle aziende di compiere più agevolmente azioni virtuose (per esempio, è possibile decidere di installare i pannelli solari sul tetto o isolare termicamente la casa grazie a incentivi economici).

Quante volte si sente dire: «E che cosa posso fare io? Sono i governi che ci devono pensare...». Spesso non ci rendiamo conto di come piccole e facili scelte quotidiane - che non compromettono la qualità della vita e non comportano costi e impegni di sorta - se compiute da milioni di persone potrebbero davvero già fare la differenza nell'alleviare i problemi ambientali: scegliere un'auto a basso consumo, fare la spesa con borse riutilizzabili, privilegiare beni durevoli e cibi prodotti localmente, mangiare meno carne, combattere gli sprechi... In fondo, l'entità dei consumi di energia e materie prime, e quindi l'inquinamento, dipendono dalla nostra domanda di beni e servizi, condizionata - oltre che da reali e legittime esigenze - anche dalla pubblicità e dalle mode del momento.

È importante agire fin da subito: il cambiamento climatico è già tra noi e rischia di essere più rapido della nostra capacità di reazione.

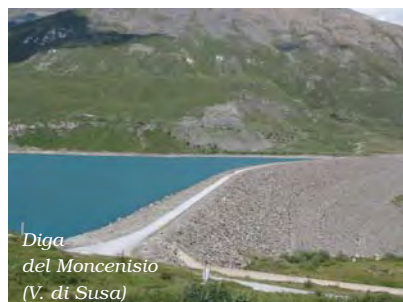
Non aspettare che sia il tuo vicino di casa a cambiare abitudini... **Inizia tu e dai il buon esempio!**

81,8% termoelettrico da fonti fossili



Centrale turbogas di Leri-Cavour (Trino Vercellese)

13,0%
idroelettrico



Diga del Moncenisio (V. di Susa)

1,9%
termoelettrico
da fonti non fossili
(rifiuti, biomasse)



1,7%
geotermico



1,5%
eolico



0,06%
solare

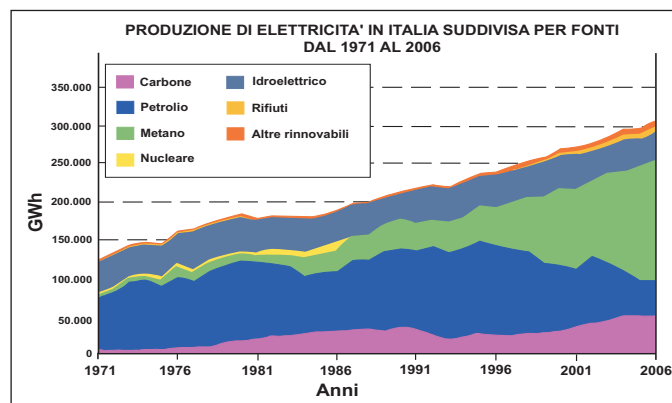


Dati di produzione elettrica in Italia, riferiti all'anno 2008 e ripartiti per fonte (da Gestore dei Servizi Elettrici, www.gse.it).

La dimensione delle immagini non è esattamente in scala rispetto alle percentuali indicate.

Come si produce energia elettrica in Italia

La maggior parte dell'energia elettrica prodotta in Italia proviene ancora da combustibili fossili, il cui utilizzo comporta l'emissione di biossido di carbonio in atmosfera (in media circa 0,6 kg di CO₂ per chilowattora prodotto). Nel 2008, l'**82%** dell'elettricità prodotta internamente derivava infatti da **centrali termoelettriche**, alimentate in prevalenza a metano, mentre il restante **18%** era ottenuto da **fonti rinnovabili**, in primo luogo grazie agli impianti idroelettrici costruiti con lungimiranza fin dai primi decenni del Novecento (13%). Decisamente più marginale il contributo di altre fonti non fossili come rifiuti e biomasse, nonché delle centrali geotermiche (poco meno del 2%) ed eoliche (1,5%). Infine è ancora insignificante - sebbene in crescita - la produzione di energia solare fotovoltaica, con appena lo 0,06%, valore del tutto sottomensionato in un Paese ricco di sole come l'Italia.

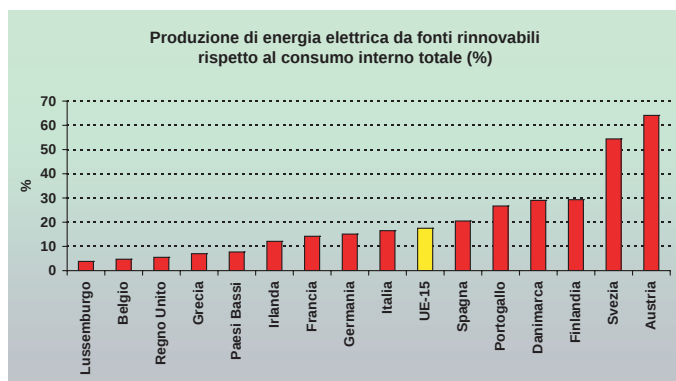


Produzione di elettricità in Italia, suddivisa per fonti, dal 1971 al 2006: la costante crescita (da circa 125.000 GWh/anno nel 1971 agli oltre 300.000 GWh/anno odierni) finora è stata supportata in gran parte dalle centrali a gas (fonte: International Energy Agency. www.iea.org).



La sfolgorante illuminazione notturna di Torino e delle cittadine limitrofe vista dalle Alpi dà un'idea degli attuali consumi (e sprechi) elettrici.

Sotto: produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili nei paesi europei in rapporto al consumo totale interno nel 2008. L'Italia (con il 16,5 %) si colloca in una posizione vicina alla media comunitaria (17,5 %) grazie all'energia idroelettrica, ma il contributo delle rinnovabili è ben più importante in altri paesi come l'Austria (64%) e la Svezia (54%), meno popolati, con elevate risorse idriche ed eoliche, e in cui gli investimenti nel settore sono stati elevati. Al di fuori dell'Unione Europea, la Norvegia tocca addirittura il 98% di energia elettrica da fonti rinnovabili in rapporto ai consumi interni (fonte: www.gse.it).



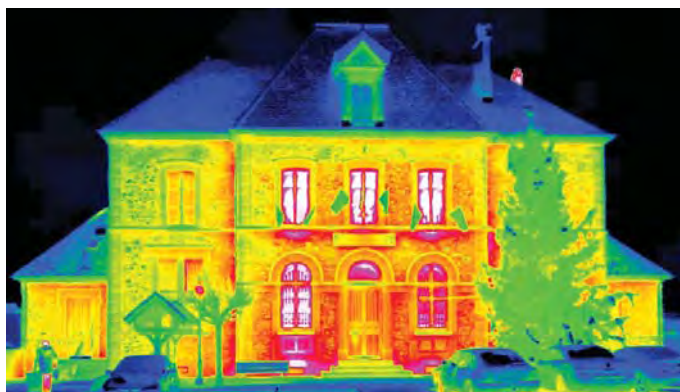
PER SAPERNE DI PIÙ

www.iea.org - International Energy Agency

www.worldenergy.org - World Energy Council

Il consumo energetico in Italia: ogni anno 3,4 tonnellate di petrolio a testa

Ogni anno nel nostro Paese viene consumata complessivamente una quantità di energia (elettricità, carburanti per trasporti, riscaldamento, ecc...) pari a **196 milioni di TEP** (= tonnellate equivalenti di petrolio), vale a dire 3,4 TEP pro capite (dati riferiti al 2006). Si tratta di un consumo energetico in linea con la media europea (3,5 TEP), ma inferiore di oltre la metà rispetto a quello degli Stati Uniti (7,8 TEP). Per quanto riguarda la sola energia elettrica, nel 2008 in Italia il consumo interno lordo è stato pari a 353.560 GWh (1 gigawattora = 1 milione di chilowattora), così ripartito: 47,4% industria, 29,3% terziario, 21,4% utenze domestiche, 1,8% agricoltura. La produzione lorda totale, inferiore, è stata di 319.130 GWh: una parte dell'elettricità viene infatti importata dall'estero. Le **fonti rinnovabili** prodotte internamente al Paese nel loro insieme coprono attualmente il **16,5% del consumo interno lordo**, mentre rappresentano il 18% della produzione elettrica nazionale (fonte: Gestore dei Servizi Elettrici e Terna).



La termografia di un edificio, acquisita da una termocamera nel campo dell'infrarosso, evidenzia - tramite una scala di colori - il livello di dispersione termica, e consente di individuare i punti che necessitano di interventi per migliorare le prestazioni energetiche della casa (come la posa di pannelli isolanti).

MINIMIZZARE I CONSUMI ENERGETICI DOMESTICI: LA CASA «PASSIVA»

Da alcuni anni, specialmente in Europa centro-settentrionale, si sta diffondendo la progettazione della «casa passiva», una tipologia di abitazione che minimizza il fabbisogno energetico da fonti fossili grazie a un insieme di accorgimenti architettonici (come materiali da costruzione ad alto potere isolante, serramenti con vetri doppi o tripli basso emissivi, disposizione razionale dei locali, ampie vetrate esposte a Sud) uniti all'impiego di energie rinnovabili (pannelli solari termici e fotovoltaici) e di apparecchi elettrici e caldaie ad alto



rendimento. Lo standard di casa passiva richiede fabbisogni energetici annui inferiori a 15 kWh/m² (pari a meno di 1,5 litri di gasolio/m² per anno).

La casa come laboratorio per il risparmio energetico

Ridurre i consumi energetici in casa è il primo e più facile passo per abbattere la nostra impronta sul clima. Le abitazioni italiane in genere disperdono ancora molto calore attraverso pareti, soffitti e serramenti male isolati, tanto che il loro fabbisogno energetico medio annuo si aggira intorno a 250 kWh per metro quadrato di superficie riscaldata (anche oltre dieci volte tanto una casa costruita con moderne tecniche per il risparmio energetico). Esistono dunque ampi margini di miglioramento energetico degli edifici attraverso la sostituzione dei vecchi **serramenti** con nuovi elementi a **vetri doppi o tripli** basso-emissivi o la posa di **pannelli di materiale isolante** (sughero, fibre vegetali, lana di vetro) in corrispondenza di muri e sottotetti. I risultati migliori nella coibentazione, con sensibile risparmio sia nel riscaldamento invernale sia nel condizionamento estivo, si ottengono con l'applicazione del «**cappotto termico**», rivestimento isolante sull'intera superficie esterna dei muri. Ulteriori vantaggi si possono ottenere con una **caldaia ad alto rendimento**, come quelle che recuperano il calore di condensazione del vapore contenuto nei fumi; con una **pompa di calore**, una macchina analoga a un frigorifero in grado di trasferire calore da un corpo a temperatura più bassa (aria, acqua, suolo) a un corpo a temperatura più elevata (edificio), utilizzando energia elettrica; con l'impiego di **lampadine ed elettrodomestici a risparmio energetico** (classi A, A+ e A++) e con l'utilizzo di **fonti di energia rinnovabile**. I costi iniziali saranno ampiamente compensati dal maggiore **comfort** abitativo e dal **risparmio** in bolletta sul lungo periodo. Peraltro, nella Legge Finanziaria 2010 il governo italiano ha confermato lo sgravio fiscale del **55%** per tutti gli interventi di miglioramento energetico degli edifici.



PER SAPERNE DI PIÙ

www.anit.it - Associazione Nazionale per l'isolamento termico

www.agenziacasaclima.it - Agenzia CasaClima, Bolzano. Edilizia sostenibile in Alto Adige

www.casaqualita.it - Consorzio Nazionale Casa Qualità. Costruire con innovazione

www.sballiance.org - Sustainable Building Alliance (Alleanza internazionale dei sistemi di certificazione della sostenibilità degli edifici)

www.minergie.ch, www.costruire-bene.ch,

www.svizzeraenergia.ch - Programmi svizzeri per la diffusione del risparmio energetico

Il risparmio energetico in casa: esperienze concrete e vincenti

In Europa soprattutto i paesi nordici e quelli di area germanica costituiscono un modello per gli elevati standard di risparmio e uso razionale dell'energia nel settore architettonico e abitativo, ma non solo.

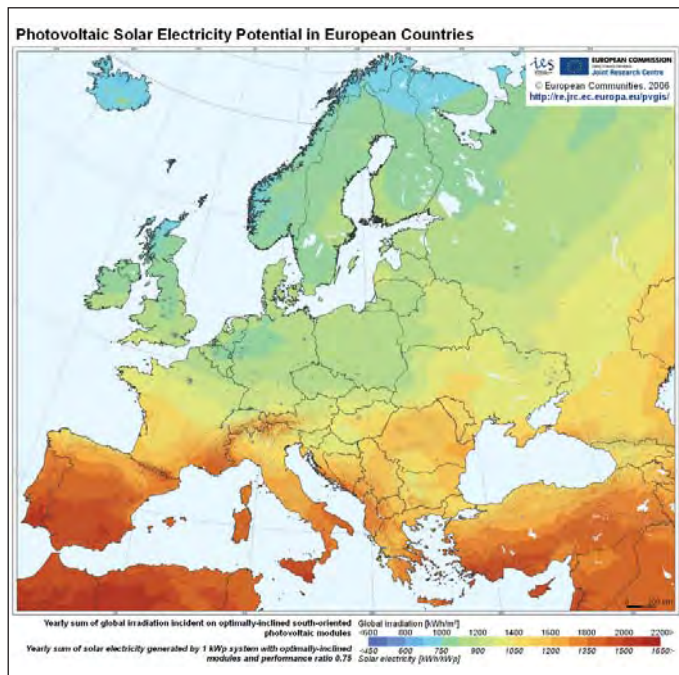
In particolare in **Svizzera** la diffusione dell'edilizia sostenibile è portata avanti tramite le campagne MINERGIE e COSTRUIRE BENE, che puntano a ottenere fabbisogni energetici inferiori a 70÷80 kWh/m² anno negli edifici già esistenti e a 40 kWh/m² anno nel caso di strutture di nuova costruzione. Inoltre, SVIZZERAENERGIA è un programma cooperativo che contribuisce ad affermare l'efficienza energetica e le energie rinnovabili.

In Italia spicca l'esperienza della **Provincia Autonoma di Bolzano** con **CASACLIMA**, metodo di certificazione energetica entrato in vigore nel 2005 che impone - nella progettazione di nuovi edifici - uno standard minimo riferibile alla classe C, vale a dire consumi inferiori a 70 kWh/m² anno. Ma esistono anche case energeticamente più virtuose, fino alla classe A (< 30 kWh/m² anno, pari a 3 litri di gasolio per m², detta anche casa «da 3 litri») e alla classe Oro (< 10 kWh/m² anno, la casa «da 1 litro»). Quello altoatesino costituisce dunque un concreto ed efficace esempio di sostenibilità che - qualora esteso anche al resto d'Italia - oltre a contribuire alla riduzione delle emissioni di gas serra, porterebbe anche tangibili vantaggi occupazionali in un settore economico innovativo e in rapida crescita.

Applicare moderne tecniche di edilizia sostenibile è certamente più facile costruendo una nuova casa, ma molto può essere fatto anche in fase di restauro di strutture già esistenti.



Sopra, un impianto fotovoltaico. Chiunque abbia un tetto a disposizione può installare pannelli solari termici oppure fotovoltaici, recuperando la spesa di impianto rispettivamente in circa 5 e 10 anni grazie ai sensibili risparmi ottenuti nelle bollette energetiche e alle agevolazioni statali. Nel bacino mediterraneo le potenzialità di produzione fotovoltaica, come mostra la carta qui sotto, sono elevate, tuttavia ancora poco sfruttate. In Sicilia per ogni kW di potenza fotovoltaica installata si può ottenere una produzione elettrica media di oltre 1500 kWh all'anno.



Energia dal sole: carta vincente per il Mediterraneo

In Italia il sole splende a lungo, ben più che nei Paesi d'oltralpe: in media, da 1900 ore all'anno in Pianura Padana a 2800 ore in Sicilia, mentre città come Bonn o Colonia devono accontentarsi di meno di 1500 ore soleggiate. Eppure in Europa centrale l'energia solare - pulita e rinnovabile - è sfruttata ben più che nel nostro Paese in rapporto alla disponibilità di sole. La Germania infatti è leader europeo in questo settore, con 5350 MW di potenza fotovoltaica totale installata al 2008; seguono la Spagna (3405 MW) e - a grande distanza - l'Italia (755 MW nel 2009). L'energia del sole può essere captata con **pannelli solari termici** per la produzione di acqua calda; grazie al risparmio in bolletta e allo sgravio fiscale del 55% attualmente in vigore in Italia, l'investimento iniziale di poche migliaia di euro per un impianto familiare viene recuperato in circa 5 anni di funzionamento, su una durata totale di 30 anni. Ma nella soleggiata Italia sono installati solo 1,6 milioni di m² di pannelli solari termici, sette volte meno degli 11 milioni di m² della Germania. I **pannelli fotovoltaici** producono invece energia elettrica. Attualmente conviene connettere l'impianto alla rete in «Conto Energia», vendendo così l'elettricità in esubero nelle ore di sole e attingendo alla rete nazionale di notte o quando è nuvoloso. Grazie al risparmio e agli incentivi statali la spesa per l'impianto viene recuperata in circa 10 anni.

PER SAPERNE DI PIÙ

www.gse.it - Gestore dei Servizi Elettrici

www.ines-solaire.com - Inst. Nationale Energie Solaire (con calcolatore della producibilità energetica)

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/> - Photovoltaic Geographical Information System



Sopra, lo sbarramento dell'invaso idroelettrico di Place Moulin, il più grande della Valle d'Aosta, con una capacità di 105 milioni di m³ d'acqua. I paesi ricchi d'acqua (piogge o fusione nivale) sono avvantaggiati nella produzione idroelettrica, che in Norvegia copre infatti il 98% del fabbisogno elettrico nazionale. Sotto, dettaglio di una mini-centrale idroelettrica, con la turbina «Pelton» in primo piano a sinistra.



PER SAPERNE DI PIÙ

www.hydropower.org - International Hydropower Association

www.esha.be - European Small Hydropower Association (partner campagna SEE)

Energia dall'acqua: grande e mini-idroelettrico

La produzione di energia idroelettrica si è molto diffusa in Italia fin dai primi decenni del 1900, tanto da soddisfare la quasi totalità del fabbisogno elettrico nazionale fino al 1960. Attualmente nel nostro paese sono installati in totale 22 GW (22 milioni di kW) di potenza idroelettrica, che forniscono circa il 13% della produzione di elettricità in modo pulito, senza emissioni di gas serra in atmosfera.

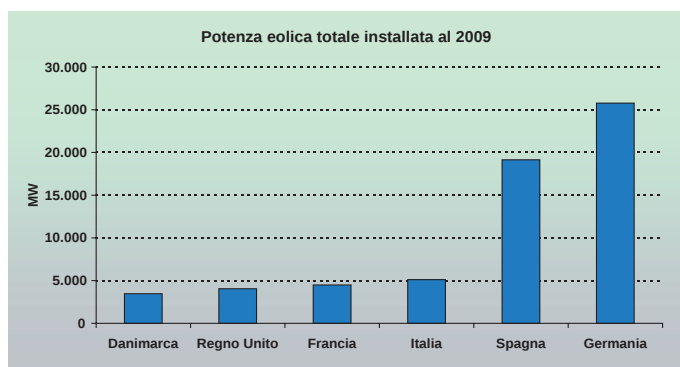
Oggi le potenzialità per lo sviluppo di nuovi grandi invasi sono limitate, ma l'attenzione - anche dei privati - potrebbe rivolgersi all'installazione di mini-centrali idroelettriche in corrispondenza di piccoli canali e acquedotti (generalmente si considera come **mini-idroelettrico** un impianto con potenza <10 MW; **micro-idroelettrico** se <100 kW).

Anche con una modesta potenza installata, la continuità del flusso d'acqua garantisce infatti produzioni interessanti in grado di rendere energeticamente autonomi piccoli paesi, rifugi o aziende agricole: un modesto impianto da 0,5 kW può produrre circa 4400 kWh/anno, un po' più del consumo elettrico medio di una famiglia italiana.

L'impatto ambientale e paesaggistico è basso, trattandosi di impianti che spesso funzionano ad acqua fluente senza la necessità di invasi e condotte forzate, la durata molto elevata (anche un secolo), mentre l'investimento economico iniziale solitamente viene recuperato nel giro di circa 5-10 anni a seconda delle opere da realizzare (es. derivazioni da torrenti). Si stima che nel mondo siano installati impianti di mini-idroelettrico per un totale di 66 GW (2005), di cui il 58% in territorio cinese, e circa il 20% in Europa.



Sopra, un parco eolico a Brugge (Belgio): le regioni a clima atlantico sono favorite nello sfruttamento dell'energia eolica grazie al predominio di venti oceanici tesi e costanti. Gli investimenti in questo settore in Europa sono in netto e costante aumento: dagli 814 MW installati durante il 1995, si è passati agli 8484 MW installati nel corso del 2008, che portano a 64.935 MW la potenza eolica complessiva oggi disponibile nell'Unione Europea (8% della potenza elettrica totale, mentre era pressoché a zero alla metà degli Anni 1990). Sotto: la maggior parte delle installazioni è collocata, in ordine decrescente, in Germania, Spagna, Italia, Francia e Gran Bretagna; inoltre, nella piccola e ventosa Danimarca i 3465 MW di eolico operativi soddisfano circa il 20% della domanda energetica nazionale (Fonti: statistiche GSE, EWEA e Danish Energy Authority).



PER SAPERNE DI PIÙ

www.ewea.org - European Wind Energy Association

www.energia-eolica.it - Portale italiano sull'energia eolica: dati, tecnologie, normative

www.kitegen.com - Kitegen, progetto italiano per la generazione eolica in alta quota

Energia dal vento: solo in alcune regioni

Il vento costituisce un'altra fonte di energia pulita e rinnovabile, ma non ovunque utilizzabile in modo economicamente conveniente: per ottenere una buona produzione di energia eolica servono infatti **venti tesi e costanti**, tipici delle zone a clima marittimo e oceanico, con circa 2000 ore di funzionamento all'anno.

In Italia diversi parchi eolici sono già stati installati nelle regioni più ventose, cioè al Sud, nelle isole e sull'Appennino Ligure, mentre la Pianura Padana è del tutto inadatta a questo tipo di installazioni a causa della modestissima ventosità: nel 2009 in Italia era installata una **potenza eolica** totale di **5112 MW**, in gran parte nelle ventose regioni del Sud, come Puglia e Campania.

L'Italia in Europa è al terzo posto per potenza eolica dopo la Germania (25.777 MW) e la Spagna (19.149 MW). E proprio in Spagna, sotto i forti venti che soffiavano l'8 novembre 2009, i generatori eolici hanno coperto, sebbene per poche ore, il 53% dell'intera produzione elettrica nazionale, un nuovo record.

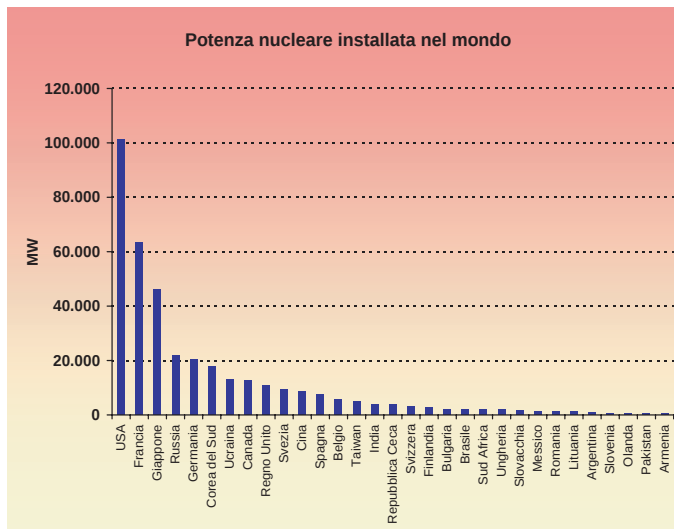
Un vantaggio dell'energia eolica rispetto a quella solare è dato dalla **continuità di produzione**: il vento infatti soffia anche di notte e - per quanto irregolare - in una vasta regione è altamente probabile che in qualche luogo le pale dei generatori siano comunque in movimento. Questi impianti sono talora contestati da alcuni movimenti ambientalisti in ragione del loro impatto visivo sul territorio e dell'interferenza con le traiettorie di volo degli uccelli.

Attualmente è allo studio il progetto Kitegen per la produzione di energia eolica tramite grandi aquiloni pilotati in grado di intercettare i venti d'alta quota, più intensi di quelli alla superficie terrestre.



La ex-centrale nucleare «Enrico Fermi» a Trino Vercellese, in riva al Po: con una potenza di 260 MW, è rimasta attiva dal 1965 al 1990, dopodiché è stata chiusa a seguito del referendum del 1987. In passato altre centrali nucleari hanno funzionato a Latina (153 MW, dal 1964 al 1987), Sessa Aurunca (Caserta, 150 MW, dal 1964 al 1982) e Caorso (Piacenza, 860 MW, dal 1981 al 1990).

Sotto, potenza dei reattori nucleari attivi nei diversi Paesi del mondo nel 2009. Gli Stati Uniti sono al primo posto con poco più di 100.000 MW, seguiti da Francia, Giappone, Russia e Germania.



Nucleare: sì o no?

In Italia, a oltre vent'anni dal referendum che nel 1987 stabilì la chiusura delle centrali nucleari, si è riaperto il dibattito sull'opportunità di ritornare all'energia dell'atomo per garantire l'autosufficienza energetica nazionale e per ridurre l'emissione di gas serra. Generalmente si sostiene che l'energia elettrica prodotta dalle centrali nucleari a fissione - attraverso la liberazione di grandi quantità di energia dalla rottura di atomi «pesanti» come l'uranio, il plutonio o il torio - non comporti la liberazione di CO₂ dannoso per il clima, ma in realtà le **emissioni** sono notevoli durante le onerose fasi di costruzione della centrale e di estrazione e arricchimento del minerale. Inoltre, altre questioni rimangono aperte e impongono una riflessione.

L'uranio impiegato nei reattori è soggetto a **esaurimento** e imporrebbe comunque al nostro Paese una **dipendenza** dall'estero. Inoltre gli attuali impianti, pur avendo raggiunto elevati livelli di sicurezza, non possono escludere totalmente il rischio di incidente. Resta inoltre il problema della gestione delle **scorie** radioattive che rimangono pericolose anche per centinaia di migliaia di anni. Infine, i **costi** di gestione e smantellamento delle centrali a fine vita sono elevatissimi, e se i medesimi fondi venissero investiti per migliorare l'efficienza energetica di edifici e processi industriali e per lo sviluppo di fonti rinnovabili si otterrebbero probabilmente soluzioni più sostenibili e risolutive a lungo termine.

PER SAPERNE DI PIÙ

www.world-nuclear.org - World Nuclear Association
www.legambiente.eu - Associazione Legambiente

ANCHE LE STUFE A LEGNA EMETTONO CO₂?

Recentemente molte persone, anche spinte dal rincaro dei combustibili fossili, hanno scelto di integrare il riscaldamento domestico con una stufa a legna o a pellet. *Ma la combustione di questi prodotti non libera ugualmente CO₂ dannoso per il clima?* Certamente, tuttavia in questi casi non viene liberato velocemente il carbonio fossile rimasto intrappolato nel sottosuolo per milioni di anni - come avviene con l'utilizzo di gas, petrolio e derivati - e che perturba in modo sostanziale l'equilibrio chimico dell'odierna atmosfera, ma soltanto del carbonio che era stato temporaneamente sequestrato all'aria dalle piante negli ultimi decenni. Questo carbonio emesso bruciando la legna potrà facilmente essere riassorbito in modo naturale, purché l'albero abbattuto venga sostituito da una nuova pianta.

Tuttavia la soluzione non può essere il completo ritorno al riscaldamento a legna (in Italia nel volgere di pochi anni non rimarrebbe un albero in piedi dalle Alpi alla Sicilia...), ma l'adozione di modelli sostenibili di produzione e utilizzo di biomasse legnose locali: per esempio, scarti di lavorazione, o coltivazione di piante forestali a rapido accrescimento (SRF = *Short Rotation Forestry*).



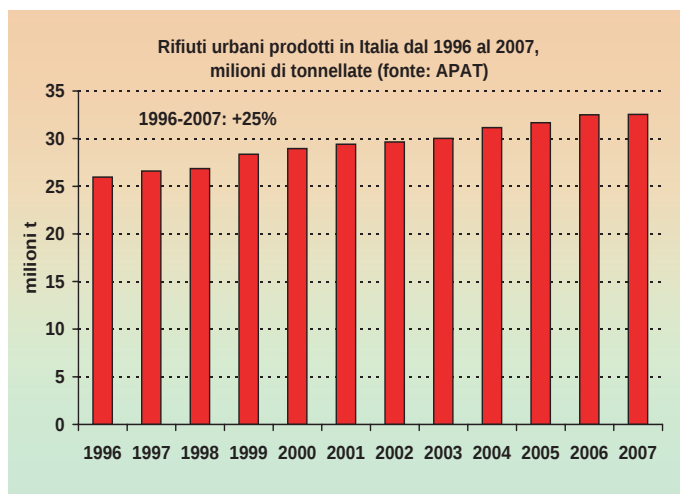
Autosufficienza energetica: un obiettivo possibile

Raggiungere l'autonomia energetica e tagliare drasticamente le emissioni dannose per il clima è un obiettivo ambizioso ma raggiungibile, a livello sia individuale sia collettivo, specialmente in piccole comunità rurali in cui si possano integrare la produzione di energia da fonti rinnovabili, il miglioramento energetico degli edifici (più agevole in strutture singole e isolate rispetto ai palazzi di città), la produzione locale di ortaggi, frutta e legna da ardere, lo smaltimento dei rifiuti organici in orti e giardini.

A Güssing, paese di 4000 abitanti nell'Austria orientale, l'utilizzo di energia rinnovabile prodotta in loco (pari a 22 MWh all'anno) ha permesso di ridurre del 93% le emissioni di CO₂ rispetto al 1995, e di risolvere le sorti economiche di una regione depressa e marginale creando 1200 nuovi posti di lavoro in 10 anni. In Italia brilla l'esempio del comune appenninico di Varese Ligure, 2000 abitanti in provincia della Spezia, che ha raggiunto standard di efficienza energetica e dei servizi urbani tali da meritare - primo in Europa - due certificazioni ambientali (ISO 14001 ed EMAS). Energeticamente il paese può considerarsi autonomo, grazie a un parco eolico da 3,2 MW di potenza in grado di soddisfare il fabbisogno elettrico di 5000 utenze (con un risparmio annuo di emissione di 4700 tonnellate di CO₂), a un impianto mini-idroelettrico installato in corrispondenza dell'acquedotto e a pannelli solari termici e fotovoltaici collocati sui tetti degli edifici pubblici.

PER SAPERNE DI PIÙ

www.cipra.org - CIPRA, Commissione Internazionale per la Protezione delle Alpi, promotrice del «Patto per il Clima»



Tra il 1996 e il 2007 la produzione di rifiuti urbani in Italia è progressivamente aumentata da 26 a 32,5 milioni di tonnellate (+25%). Il primo e più importante passo per la riduzione dell'impatto dei rifiuti sul clima e l'ambiente deve invece andare in direzione opposta, verso una diminuzione delle quantità all'origine. La Germania ad esempio ha ridotto la sua produzione di rifiuti del 6% tra il 2000 e il 2002. Come fare? Alcune idee: acquistare prodotti con meno imballaggio, fare la spesa con borse di tela riutilizzabili anziché di plastica, preferire l'acqua del rubinetto a quella in bottiglia, effettuare (per chi ha un giardino) il compostaggio domestico della frazione organica, riparare, scambiare e condividere beni durevoli, rifiutare la pubblicità in buca.



Rifiuti: ridurre, riutilizzare, differenziare e riciclare

Anche la gestione dei rifiuti contribuisce al cambiamento climatico, poiché la produzione e lo smaltimento di ogni oggetto di consumo richiede preziose materie prime ed energia, inoltre la fermentazione di materiale organico conferito in discarica e l'incenerimento dei rifiuti producono rispettivamente metano e CO₂, importanti gas serra. Ogni italiano produce in media circa **550 kg** di rifiuti urbani all'anno (in linea con la media europea), così ripartiti: 32% di organico e verde, 30% di carta, 6% di plastica, 15% di vetro, 4% di metalli, 1% di rifiuti elettronici, 12% di legno, materiali tessili e altro (fonte: APAT). In ordine di priorità, ecco le azioni utili per ridurre l'impatto dei rifiuti su ambiente e clima: limitare la quantità di rifiuti all'origine (meno consumi, meno imballaggi), privilegiare i materiali durevoli e il riuso degli oggetti, massimizzare la **raccolta differenziata** (è possibile arrivare al 90% del totale, in Italia oggi si arriva in media al **28%** ma con alcuni piccoli comuni che superano l'80%), effettuare il compostaggio domestico se si ha un giardino, in modo tale da ridurre a quantità residuali i rifiuti da destinare a discariche e inceneritori.

PER SAPERNE DI PIÙ

www.apat.gov.it - APAT, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e i Servizi tecnici. *Rapporto rifiuti 2008*.

http://ec.europa.eu/environment/waste/index.htm

- Commissione Europea, settore rifiuti

www.ewwr.eu - Settimana europea per la riduzione dei rifiuti

www.zerowaste.org - Zero Waste Alliance



Risparmiare l'acqua, un bene prezioso in un futuro più secco

Nel mondo il consumo complessivo d'acqua pro capite (*water footprint*, comprendente anche l'acqua che serve per produrre cibi, abiti e oggetti che utilizziamo) è di 1240 m³/anno, e **l'Italia è uno tra i Paesi che ne consumano di più** (> 2100 m³/anno pro capite) insieme a USA, Spagna, Grecia (cartina in basso).

Nei Paesi intorno al Mediterraneo - tra cui l'Italia - l'attesa diminuzione delle piogge estive, insieme all'anticipo della fusione della neve e alla scomparsa di molti ghiacciai dalle catene montuose, modificherà nei prossimi decenni il regime stagionale dei deflussi fluviali e la disponibilità di acqua per l'irrigazione, l'industria e gli usi domestici.

Alcune idee per risparmiare questa preziosa risorsa: recuperare l'**acqua piovana** dai tetti tramite **cisterne** per l'irrigazione del giardino, applicare riduttori di flusso a docce e rubinetti, eliminare perdite da tubazioni e acquedotti, evitare usi non indispensabili di grandi quantità d'acqua (è proprio essenziale lavare l'auto tutte le settimane o fare due docce al giorno?), azionare lavatrice e lavastoviglie solo a pieno carico, in bagno installare uno sciacquone a doppio pulsante per la regolazione del flusso (il 45% dell'acqua che consumiamo in casa se ne va nello scarico del wc!).



Un quadro aggiornato sulla situazione della risorsa acqua nel mondo e sulle prospettive future di disponibilità è contenuto nel rapporto «Water in a Changing World», pubblicato nel 2009 dall'UNESCO. A livello globale il 70% dell'acqua viene utilizzato per l'agricoltura, il 20% per l'industria e il 10% per usi domestici. Benchè l'acqua che utilizziamo direttamente nella vita quotidiana sia dunque solo una piccola porzione rispetto al totale dei prelievi, l'adozione di buone pratiche di risparmio idrico aiuterà a limitare l'impatto di future scarsità d'acqua in Paesi soggetti a siccità (tra cui l'Italia).



PER SAPERNE DI PIÙ

www.wateruseitwisely.com - Idee per risparmiare acqua
www.unesco.org/water/wwap/ - World Water Assessment Programme dell'UNESCO (scaricabile il rapporto «Water in a Changing World»)
www.waterfootprint.org - Quanta acqua consumiamo?



Una miniera di rame negli Stati Uniti: è questa una delle materie prime più suscettibili di esaurimento in un futuro prossimo.

Le quattro «R»
per consumare
meno materie
prime ed energia

Riduci...

Riusa...

Ripara...

Ricicla...

A PROPOSITO DI SPRECHI ENERGETICI... L'ASSURDITÀ DEI NEGOZI CON LE PORTE APERTE

Girando per le città nei mesi invernali ormai capita spesso di imbattersi in negozianti che, nonostante il freddo, tengono aperte le porte del proprio locale per invitare i clienti ad entrarvi, mentre l'aria calda - prodotta con costosi e inquinanti combustibili fossili - si disperde verso l'esterno. Una vera assurdità, in termini sia ambientali sia economici: davvero entrano più clienti da bilanciare l'inevitabile aumento della bolletta del riscaldamento? E in ogni caso si tratta di una pessima abitudine, di un cattivo esempio che non giova alla formazione di una coscienza collettiva per un uso razionale delle sempre più magre risorse del pianeta. Anche in casa, fate attenzione al tradizionale ricambio d'aria del mattino. Un paio di minuti con la finestra aperta sono più che sufficienti a bonificare l'atmosfera casalinga, senza far scendere troppo la temperatura.

Sobrietà, buon senso e riciclo: meno sprechi di energia e materie prime

Per comprendere l'impronta dei nostri consumi sulla disponibilità globale di risorse e materie prime è utile riflettere sulla provenienza dei materiali che compongono gli oggetti di uso quotidiano.

Per esempio, sapevate che i condensatori dei telefoni cellulari e dei PC portatili contengono *tantalio*, un elemento raro che si ottiene dal *coltan*, minerale estratto in giacimenti di Paesi poveri e già penalizzati da difficili situazioni socio-politiche come Mozambico, Nigeria, Repubblica Democratica del Congo? Che i sacchetti, le bottiglie o gli imballaggi di plastica oggi così diffusi, e che in brevissimo tempo finiscono nella pattumiera, sono prodotti con petrolio, mentre le lattine di alluminio richiedono un lungo ed energivoro processo dall'estrazione del minerale alla lavorazione?

Ogni oggetto che usiamo comporta l'impiego di preziose materie prime ed energia per l'estrazione dei materiali, la fabbricazione, il trasporto, il futuro smaltimento come rifiuto. Da ciò capiamo l'importanza di limitare il più possibile la richiesta di risorse vergini (spesso non rinnovabili), a favore del **riciclo**, della **manutenzione**, della **condivisione** e del **riuso** degli oggetti, rifiutando la tendenza all'«usa e getta» oggi dominante e figlia di un'economia che mette in primo piano l'aumento dei consumi anche inducendo futili bisogni attraverso pubblicità e mode in continua evoluzione. Questo non significa imboccare una strada di povertà e privazioni... ma semplicemente rivedere i propri criteri di acquisto, privilegiando i beni davvero utili, riparabili e durevoli, oppure oggetti usati, senza così attingere a nuove risorse. Dosare con saggezza i nostri consumi aiuta a risparmiare molta energia e dunque a limitare le emissioni di gas a effetto serra.



Il motore a combustione interna delle vetture che usiamo per spostarci utilizza combustibili fossili, con rendimenti peraltro modesti (inferiori al 30%, vale a dire che meno di un terzo dell'energia contenuta nel carburante viene tradotto in movimento, il resto viene disperso come calore).

Alcuni dati sulla mobilità in Italia, le vetture in circolazione, le emissioni:

- Totale automobili circolanti in Italia (2008): **36,1 milioni** (erano 22,5 milioni nel 1985, **+60%**).

- Nuove automobili immatricolate in Italia (2008): **2,2 milioni**.

- Possesso di automobili: 60 ogni 100 abitanti nel 2008 (terzo posto in Europa dopo Islanda e Lussemburgo. Media europea: circa 50 vetture ogni 100 abitanti).

- Distanza percorsa media annua per automobile (2008): **15.700 km** (600 km in meno rispetto al 2007), pari a **43 km/giorno** (rapporto ACI-CENSIS 2009).

- Sulla rete di Autostrade per l'Italia il traffico veicolare è aumentato del **15,8 %** tra il 1999 e il 2004.

- Consumo energetico totale annuo dei **mezzi privati e commerciali leggeri** circolanti in Italia: circa **30 milioni di TEP** (tonnellate equivalenti di petrolio).

- Consumo energetico totale annuo dei **mezzi pesanti** circolanti in Italia: **8,25 milioni di TEP**.

- La combustione di **1 litro di benzina** libera **2,4 kg di CO₂**, mentre la combustione di **1 litro di gasolio** ne libera **2,7 kg**.

Fonti: www.aspoitalia.net, www.aci.it

Trasporti: ottimizzazione e nuove tecnologie

In Europa i trasporti sono responsabili del 31% dei consumi energetici, e dunque delle emissioni di gas climalteranti. Ci sono diversi modi per conciliare la nostra necessità di spostarsi con una riduzione dell'impatto sull'ambiente. Se si può, preferire i **mezzi pubblici** a quelli privati: l'uso della ferrovia (non ad alta velocità) comporta l'emissione di 35÷45 g di CO₂ per passeggero al chilometro, rispetto ai circa 90 g di una city-car. E se non possiamo fare a meno dell'automobile, scegliamone una a **basso consumo**, piuttosto che un potente SUV che produce anche 500 g di CO₂ per passeggero al chilometro. Anche acquistare alimenti e oggetti prodotti a breve distanza (economia di **filiera corta**, vedi p. 49), aiuta a ridurre il trasporto di merci. Il **telelavoro**, reso possibile dalle moderne tecnologie telematiche, oltre a ridurre traffico e inquinamento, può regalare anche un miglioramento della qualità di vita (meno tempo perso negli spostamenti, meno costi, meno stress e rischi da guida). Infine esiste il **car-sharing** (o il **car-pooling**), la possibilità di condividere o noleggiare un'auto all'occorrenza in modo da ottimizzarne l'utilizzo.

PER SAPERNE DI PIÙ

www.internationaltransportforum.org - News e documenti su trasporti, energia ed emissioni serra

www.civitas-initiative.org - Programma EU su trasporti sostenibili

Progetti di sperimentazione del **telelavoro** per migliorare la qualità della vita tramite la riduzione del traffico urbano sono stati inseriti nel programma europeo LIFE:

<http://ec.europa.eu/environment/life/funding/life3/index.htm>

AUTO ELETTRICA: MIRAGGIO O REALTÀ VICINA?

Quella dell'auto elettrica è una promessa tecnologica che - grazie alle nuove batterie al litio - entro pochi anni potrebbe risolvere molti dei problemi di inquinamento, purché l'energia elettrica che alimenta le vetture sia prodotta con fonti rinnovabili, altrimenti si sposterebbe solo il problema delle emissioni dallo scappamento delle singole automobili alle ciminiere di una grande centrale a gas, o peggio a carbone. Si tratterebbe di un'ottima soluzione - pulita e silenziosa - per tragitti medio-brevi, intorno al centinaio di chilometri, che peraltro sono la maggioranza dal momento che la percorrenza media delle automobili italiane è di 43 km al giorno. La ricarica delle batterie potrebbe avvenire direttamente dai pannelli fotovoltaici installati sul tetto di casa, oppure in apposite stazioni presso punti di sosta come parcheggi, uffici e centri commerciali. Oggi la tecnologia per avere l'auto elettrica è ormai a portata di mano, si tratta di renderla accessibile al pubblico a costi ragionevoli.



Biocarburanti: sono una soluzione?

Negli ultimi anni si è molto parlato di biocarburanti prodotti da vegetali per alimentare automobili «verdi». Ma davvero sono così ecologici? E davvero potranno salvarci dal declino del petrolio, dall'inquinamento e dai cambiamenti climatici?

Ne esistono di due tipi. Quelli di prima generazione, che derivano da piantagioni appositamente coltivate: mais, soia, girasole, canna da zucchero, barbabietola... **consumano molto suolo agricolo** che viene così sottratto alla produzione di alimenti, già critica in un mondo affamato. Se un paese come l'Italia volesse alimentare con biocombustibili l'intero parco-auto, non avrebbe terreno coltivabile a sufficienza, anche nell'assurda ipotesi di eliminare l'agricoltura a fini alimentari. A ciò si aggiungano i devastanti effetti del **taglio di foreste tropicali** per fare spazio a vaste monoculture. E non sempre il bilancio tra l'energia fossile impiegata per la coltivazione e la lavorazione e quella più pulita ottenuta successivamente con l'utilizzo del biocombustibile è favorevole: in molti casi, si rischia di consumare più gasolio tra trattori, concimi e fitofarmaci, di quanto si ricava alla fine del processo.

Invece sviluppi più promettenti potrebbero arrivare da alghe a forte concentrazione oleosa, che - coltivate in acqua - non sottraggono terreno alla produzione di cibo: la sperimentazione è in corso.

Poi ci sono i biocombustibili di seconda generazione, ottenuti da **scarti di recupero** di agricoltura, industria del legno, coltivazioni adatte ad aree marginali, liquami di allevamento: **consumano meno territorio** e non vanno in competizione con la produzione di cibo. Ma in genere consentono di soddisfare solo esigenze energetiche **locali**, di fattorie o piccoli comuni.



ACQUA DA BERE: BOTTIGLIA DI PLASTICA O RUBINETTO?

Bere acqua del rubinetto anziché quella in bottiglia, che spesso viene trasportata su lunghe distanze, aiuta a ridurre i trasporti, i rifiuti e le emissioni di gas a effetto serra.

Immaginando un autoarticolato che effettui un viaggio di 800 km (andata e ritorno Torino - Bolzano, per esempio), trasportando 15.000 bottiglie da 1,5 litri, l'emissione di CO₂ è pari a circa 1050 kg, cioè 70 g/bottiglia. Inoltre i flaconi in plastica se non riciclati inquinano l'ambiente, e in ogni caso il loro riciclo richiede comunque molta energia. Gli italiani sono i maggiori consumatori europei di acque in bottiglia, 196 litri/anno pro capite, e nel nostro Paese si devono smaltire ben 6 miliardi di bottiglie di plastica all'anno.

Se proprio volete concedervi l'acqua frizzante, scegliete almeno una fonte locale, oppure i distributori che si stanno diffondendo.

L'acqua del rubinetto è comunque controllata e sicura, e il sapore di cloro che talora si avverte può essere eliminato almeno in parte lasciando riposare l'acqua in caraffa nel frigorifero per circa un'ora.

La spesa: promuovere il «locale» con la filiera corta

Tutti abbiamo la possibilità di rendere più sostenibili i nostri consumi al momento di fare la spesa scegliendo cibi, bevande e prodotti realizzati a breve distanza: la cosiddetta «economia di filiera corta».

Oggi, in un mondo globalizzato, frutta e verdura viaggiano in aereo in ogni stagione per migliaia di chilometri causando l'emissione di grandi quantità di gas serra. Sta a noi interrompere questa dannosa logica di mercato prediligendo i **prodotti locali e di stagione**: insomma, stop a pomodori e ciliegie a Natale... Riscopriremo il gusto di mangiare seguendo l'evolversi delle stagioni, valorizzando inoltre le peculiarità e le economie locali di piccola scala.

L'importante è avere la possibilità di rifornirsi in modo efficiente e centralizzato, ad esempio presso cooperative di produttori locali: se con la mia auto devo fare diversi piccoli viaggi per comprare l'una e l'altra verdura, rischio infatti di vanificare il vantaggio di aver acquistato un prodotto cresciuto vicino a casa... Proprio per ottimizzare e coordinare la spesa nascono i *Gruppi di Acquisto Solidale* (GAS).

Infine, chi ha un appezzamento di terreno potrà coltivare un proprio orto ottenendo davvero cibi «a chilometri-zero», oltre che freschi e di buona qualità.

PER SAPERNE DI PIÙ

www.terramadre.info - Rete mondiale delle comunità del cibo

www.economia-solidale.org - Contatta il Gruppo di Acquisto Solidale più vicino a te

AL SUPERMERCATO: BASTA SACCHETTI DI PLASTICA. PORTA LA SPORTA!

Ogni anno si producono nel mondo almeno 500 miliardi di sacchetti di plastica. Usati per lo più per fare acquisti, sono tra gli oggetti che più velocemente si trasformano in un rifiuto, con un tempo medio di utilizzo di poche decine di minuti. Raramente vengono riciclati, e se dispersi nell'ambiente impiegano talora alcuni secoli per degradarsi, accumulandosi nei mari con conseguenze spesso fatali per la fauna acquatica. Inoltre i sacchetti richiedono grandi quantità di energia fossile per essere realizzati (l'8% del petrolio viene consumato per produrre plastica). Dunque **porta con te una borsa in tela riutilizzabile per fare la spesa**, e rifiuta i sacchetti di plastica. Senza alcuno sforzo contribuirai a risolvere un difficile problema ambientale.

Aderisci alla campagna: **www.portalasporta.it**.



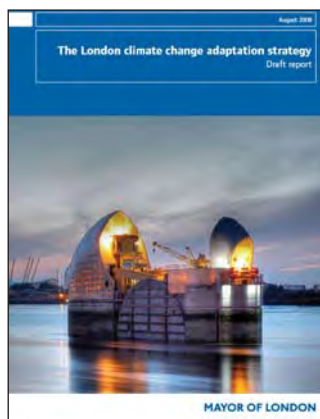
«Una società che sappia riconoscere ed esprimere i suoi bisogni non materiali, e trovi strade non materiali per soddisfarli, richiederebbe flussi di materia ed energia molto più bassi, e darebbe luogo a livelli molto più alti di realizzazione umana».

DONELLA e DENNIS MEADOWS, JORGEN RANDERS,

I nuovi limiti dello sviluppo, 2004

Vivere a bassa intensità energetica: consumare meno, consumare meglio

La lotta ai cambiamenti climatici passa attraverso la riduzione dei consumi, e il livello di conoscenza e tecnologia raggiunto oggi ci dà ampie possibilità di impostare una vita a bassa intensità energetica senza per questo ridurre il nostro benessere: **consumare meno, consumare meglio**. In Svizzera è infatti in studio una società che si sostenga con una potenza di 2000 Watt per persona, un terzo dell'attuale richiesta (www.novatlantis.ch). D'altra parte, poiché le risorse del pianeta - minerali, petrolio, cibo, acqua, spazio e suolo coltivabile - sono limitate, non è più possibile credere a un modello economico che punti ancora alla crescita illimitata della produzione e del consumo di beni materiali, proponendo l'incremento del PIL come unica via percorribile. Prima o poi ci si dovrà pur fermare... privilegiando la qualità e l'efficienza dei servizi fondamentali (come l'educazione, la sanità, i trasporti e le comunicazioni internet) invece che la quantità di prodotti consumati. Invertire la rotta e «decrescere» è meno difficile di quanto si immagini, a partire dai suggerimenti che trovate in queste pagine: attenzione agli sprechi, più efficienza nell'uso dell'energia in casa (con un grado in meno e un maglione in più si risparmia il 7% su bolletta ed emissioni serra), razionalizzazione degli spostamenti e degli acquisti (ciò che sto per comprare mi serve davvero, oppure è uno strumento di emulazione indotto dal modello consumistico?), condivisione di beni, più cooperazione e meno competizione... Decrescere significa svincolarsi dal modello del «più grande = più bello» ad ogni costo: automobile più potente, vacanze forzatamente in paesi esotici, schermo TV più ampio... In questo modo si risparmieranno denaro, tempo, ed emissioni di gas serra.



In mancanza - per ora - di un accordo internazionale che prosegua sulla linea impostata con il Protocollo di Kyoto, 40 città dai diversi continenti si sono coalizzate per raggiungere ambiziosi obiettivi di riduzione dei gas serra nei prossimi decenni. Ecco le copertine di alcuni programmi strategici.

PER SAPERNE DI PIÙ

www.c40cities.org - Climate Leadership Group.

Piani di lotta ai cambiamenti climatici delle città.

www.barcelonaenergia.cat - Agenzia energetica della città di Barcellona

www.iclei.org - International Council for Local Environmental Initiatives

www.eumayors.eu - Patto dei Sindaci

Città e regioni virtuose contro il cambiamento climatico

In Europa il 69% del consumo di energia - e le relative emissioni di gas climalteranti - deriva dalle zone urbane. Ma oggi proprio dalle città giungono esempi concreti di politiche virtuose volte a ottimizzare l'uso dell'energia e ad abbattere le emissioni serra, e l'elevato numero di persone direttamente coinvolte può rendere molto efficaci queste iniziative. Il **Patto dei Sindaci**, lanciato dalla Commissione Europea (campagna SEE), coinvolge le città nella lotta ai cambiamenti climatici: i comuni che aderiscono (340 in Italia, 1400 in Europa) si impegnano a ridurre le emissioni di CO₂ di almeno il 20% entro il 2020. A **Barcellona**, nell'ambito del piano di miglioramento energetico 2002-2010, sono stati installati oltre 40.000 m² di pannelli solari termici entro il gennaio 2007, generando un risparmio di circa 32.000 MWh all'anno; la *Ordenanza Solar Térmica* del capoluogo catalano è divenuta un modello per più di 50 altre località spagnole. Västra Hamnen è un sobborgo di **Malmö** (Svezia) che conta un migliaio di abitazioni energeticamente autonome grazie ad energie rinnovabili e miglioramento dell'efficienza energetica, e per questa particolarità l'area richiama ogni anno migliaia di visitatori internazionali (www.malmo.se). Le strategie contro il cambiamento climatico sono tanto più efficaci quanto più sono coordinate e congiunte: **Londra**, che produce l'8% dei gas serra del Regno Unito, con il *London Climate Action Plan* si pone come leader internazionale di un gruppo di grandi città decise a ridurre in modo sostanziale le emissioni, il C 40 Cities - Climate Leadership Group. L'obiettivo della capitale britannica è stabilizzare entro il 2025 le proprie emissioni a -60% rispetto al 1990. Infine, i piccoli comuni si stanno impegnando attraverso l'ICLEI - Local Governments for Sustainability.



Il mais è una coltura che ha elevate rese in termini di apporto calorico per unità di volume d'acqua assorbito (1000÷7000 kcal per m³ d'acqua), ma le piante soffrono molto le siccità estive qualora non sia possibile irrigarle.

A lato, un campo di mais penalizzato dalla grave siccità e dai calori eccezionali dell'estate 2003 in provincia di Torino. E situazioni di questo tipo si sono manifestate più volte negli anni recenti (nel 2007 gravi stress idrici lungo tutta la Pianura Padana, in parte anche nel 2009).

CARNE E CLIMA: MENO BISTECHE, MENO CO₂

Per sostenere l'attuale consumo mondiale di carne (cresciuto da 44 milioni di tonnellate nel 1950 a 284 milioni di tonnellate nel 2007) occorre disboscare vaste porzioni di foresta per fare spazio alle coltivazioni di cereali, soia e foraggio destinati agli allevamenti. Inoltre nell'apparato digerente dei ruminanti (come i bovini) si forma molto metano, gas serra 21 volte più potente del CO₂. Ecco perché, secondo la FAO, l'attuale massiccia produzione di carne sarebbe responsabile del 18% delle emissioni complessive di gas a effetto serra. Ovviamente la soluzione non è eliminare le mucche dalla Terra... ma rinunciare qualche volta alla bistecca, a favore di verdura e frutta, gioverebbe a limitare il nostro impatto su ambiente e clima.

E non trascuriamo il ruolo negativo degli sprechi: si stima che nei paesi più ricchi almeno un terzo del cibo acquistato finisca nella pattumiera!

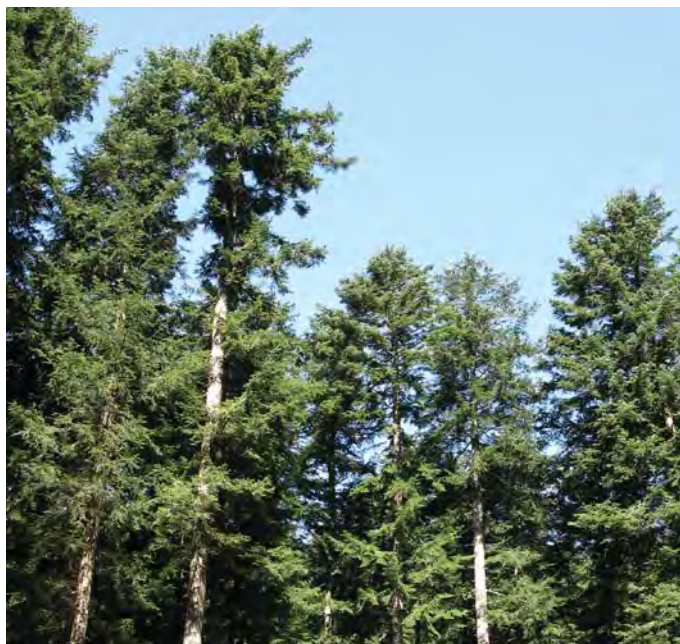
www.ifpri.org - International Food Policy Research Institute

L'agricoltura: nuove colture per un clima nuovo?

Nei paesi intorno al Mediterraneo l'ulteriore aumento previsto delle temperature e la riduzione della piovosità si rifletteranno soprattutto sulla **disponibilità idrica estiva**. Alcune colture agrarie attualmente diffuse in Italia - per esempio il mais in Pianura Padana - sono assai voraci d'acqua, e potrebbero soffrire la futura accentuazione delle siccità nel periodo di accrescimento.

Per migliorare l'adattamento dell'agricoltura ai cambiamenti climatici sarebbe opportuno concentrarsi su colture **più adatte al clima asciutto**: tra le piante alimentari che mostrano le più elevate rese caloriche in rapporto alle esigenze idriche si trovano la patata, con 3000÷7000 kcal/m³ d'acqua, i legumi, con 1000÷3500 kcal/m³, e le olive, con 1150÷3450 kcal/m³. Anche il mais ha rese elevate (1000÷7000 kcal/m³) ma soffre molto in assenza di irrigazione, mentre il frumento ha il vantaggio di crescere tra inverno e primavera, in un momento dell'anno meno soggetto a carenze idriche nei suoli (fonte: UNESCO). Quanto al riso, pianta di importanza capitale per l'alimentazione nel mondo e specialmente in regioni già penalizzate da sovrappopolazione e povertà, sono in corso sperimentazioni di varietà adatte alla coltivazione «in asciutta».

In generale, le azioni per il mantenimento della sicurezza alimentare in un mondo segnato dai cambiamenti climatici dovranno avere come obiettivo la **conservazione della fertilità dei suoli** (sostenibilità a lungo termine delle pratiche agricole, lotta alla desertificazione nelle zone aride) e l'**ottimizzazione** dell'uso delle risorse idriche.



Abaies bianchi nelle Foreste Casentinesi, presso l'Eremo di Camaldoli (Arezzo).

«Da tre anni piantava alberi in quella solitudine.

Ne aveva piantati centomila. Di centomila, ne erano spuntati ventimila. Di quei ventimila, contava di perderne ancora la metà (...) Restavano diecimila querce che sarebbero cresciute in quel posto dove prima non c'era nulla».

JEAN GIONO, *L'uomo che piantava gli alberi*, 1953

PER SAPERNE DI PIÙ

www.fao.org/forestry/ - FAO Forestry Programme

La foresta, «pozzo» per il CO₂, barriera contro l'erosione

Le piante, attraverso la fotosintesi, sono in grado di immagazzinare nei loro tessuti (foglie, ma soprattutto legno) grandi quantità del carbonio emesso bruciando combustibili fossili, e contribuiscono a tamponare in parte gli effetti delle attività umane sul clima. Nel 2005 circa 39 milioni di chilometri quadrati - il 30% delle terre emerse - erano coperti da foreste. Tuttavia ogni anno enormi superfici forestali, specialmente intorno all'Equatore, vengono tagliate per fare spazio soprattutto a coltivazioni intensive per sostenere la crescente richiesta di carne da allevamento: nel periodo 2000-2005, in Africa e Sud America insieme sono stati abbattuti **83.000 km²** di foresta all'anno, una superficie equivalente all'Austria. Invece in alcune zone d'Europa tra cui l'Italia l'abbandono delle montagne ha portato a un'espansione dei boschi (6600 km² in più all'anno), ma qui le superfici forestali in gioco sono ben poca cosa in confronto ai polmoni verdi giganti dell'America Latina, dell'Africa equatoriale o della Nuova Guinea, dove peraltro la cattura di CO₂ per fotosintesi avviene durante tutto l'anno. A livello mondiale, la perdita netta di foreste è stata pari a 73.000 km²/anno nel 2000-2005 (Fonte: FAO).

Oltre a **sequestrare una parte del CO₂** antropico, gli alberi impediscono anche l'**erosione del suolo** da parte della pioggia e del vento, e **rinfriscano** l'aria grazie all'evapotraspirazione che avviene attraverso l'ampia superficie fogliare.

I boschi da soli non possono arginare del tutto l'entità delle attuali emissioni serra (occorre limitare i nostri appetiti energetici) ma - se avete un pezzetto di terra - piantate pure un albero! Se non direttamente a voi, a qualcuno in futuro donerà anche serenità e refrigerio.



Sopra, impianto per l'innevamento programmato in azione sulle piste sciistiche di Champorcher, Valle d'Aosta. Sotto, una spiaggia della Sicilia presso Trapani (f. V. Acordon).



«Le stazioni turistiche a quota più bassa, la cui sopravvivenza economica è stata messa in difficoltà dagli inverni miti, potranno impegnarsi nel ridurre o abbandonare il turismo invernale legato allo sci». OCSE, 2007

Turismo: se cambia il clima, variare l'offerta

Il settore del turismo contribuisce - con i trasporti e l'energia impiegata in alberghi e infrastrutture - a circa il 5% delle emissioni mondiali di gas serra, ma al tempo stesso soffre le conseguenze dei cambiamenti climatici. Sulle Alpi la minaccia prevalente deriva dal calo della quantità e della durata dell'innevamento, che potrebbe compromettere l'esperienza delle stazioni ski-total iniziata negli Anni 1960, mentre lungo le coste mediterranee la maggiore frequenza di ondate di intensa canicola potrebbe scoraggiare l'afflusso di turisti dai paesi nordici nei mesi centrali dell'estate.

Come suggerito dall'Organizzazione Mondiale del Turismo con la Dichiarazione di Davos (2007), in futuro sarà necessario rendere il settore più adatto ai nuovi scenari ambientali, convertendo l'offerta turistica stagionale verso **soluzioni più poliedriche** e non necessariamente legate al solo sci d'inverno sulle Alpi (parapendio, rafting, kite-surf, mountain-bike, aspetti culturali), nonché potenziare l'offerta nelle stagioni intermedie, meno calde, nelle località di mare.

Proprio gli operatori turistici potrebbero farsi portatori di un **messaggio virtuoso** verso il cambiamento climatico e l'ambiente, proponendo agli ospiti modelli di sobrietà, puntando più sugli aspetti emotivi e culturali che sul consumo di beni materiali: promozione dei prodotti locali, minore produzione di rifiuti, pannelli illustrativi sui miglioramenti effettuati per il risparmio energetico negli alberghi, visualizzazione dei consumi in camera e pagamento in ragione di questi per scoraggiare gli sprechi, sarebbero proposte utili a migliorare la sensibilità dei turisti verso la fragilità dell'ambiente circostante.



Parco eolico offshore nel Mare del Nord (Siemens press picture). Ridurre il consumo di combustibili fossili e in generale di beni materiali significa non solo contenere gli effetti di pericolosi cambiamenti climatici, ma anche limitare l'inquinamento in genere e la dipendenza da fonti energetiche non rinnovabili, con risvolti positivi a lungo termine sulla sostenibilità dell'economia, sulla salute e sul benessere umano.

«Un'azione decisa e immediata è necessaria.

I cambiamenti climatici sono un problema globale che ha bisogno di una risposta internazionale basata su una visione condivisa degli obiettivi a lungo termine».

NICHOLAS STERN, 2006

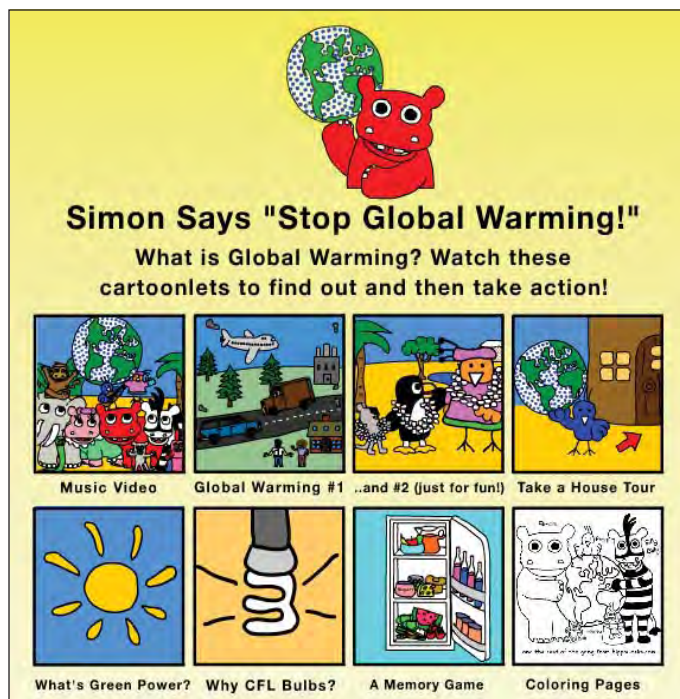
Strategie «no regret»: comunque vada, non ce ne pentiremo

Abbiamo visto come i cambiamenti climatici siano ormai una realtà e come la comunità scientifica internazionale ne attribuisca almeno una buona parte della responsabilità alle attività umane.

Ma anche al di là della necessità di mitigare il riscaldamento globale, mettere in pratica le azioni descritte in queste pagine avrebbe **comunque effetti positivi** sulla conservazione delle risorse naturali, sulla qualità dell'aria, dell'acqua, del suolo, dei cibi, e quindi sulla salute; ridurrebbe inoltre la nostra dipendenza dal petrolio alleviando molte delle tensioni geo-politiche e sociali che oggi affliggono l'umanità, e preparandoci all'inevitabile futura riduzione di disponibilità dei combustibili fossili. Si tratta infatti di strategie *no-regret*, vale a dire: *comunque vada, non ce ne pentiremo...*

Inoltre, è vero che agire oggi contro il cambiamento climatico ha costi elevati, tuttavia - come indicato nel rapporto compilato nel 2006 dall'economista inglese Nicholas Stern - **i benefici a lungo termine di un'azione energica e immediata supererebbero di gran lunga i costi**. Si stima infatti che dirottare appena l'1% del prodotto mondiale lordo sarebbe già sufficiente per evitare gli scenari di cambiamento più pericolosi, mentre gli effetti di una degradazione incontrollata dell'ambiente e del clima potrebbero ripercuotersi sull'economia con perdite fino al 20% del prodotto lordo.

Ci sono ormai troppe evidenze per stare a guardare... La posta in gioco - cioè la vivibilità del nostro pianeta - è troppo alta.



Negli Stati Uniti - a dispetto di un'ambigua politica governativa sull'ambiente prima dell'elezione di Barack Obama - negli ultimi anni si sono moltiplicate le campagne informative sui cambiamenti climatici rivolte ai giovanissimi, cioè coloro che più di tutti dovranno confrontarsi con un futuro segnato da profonde trasformazioni ambientali.

PER SAPERNE DI PIÙ

www.educacionesostenibile.it - Istituto per l'Ambiente e l'Educazione Scholé Futuro
www.climatechangeeducation.org ;
www.globalwarmingkids.net - Capire il cambiamento climatico giocando

Il ruolo della didattica: educazione e consapevolezza per un cambiamento culturale

Molto di ciò che serve sia per ridurre drasticamente le emissioni di gas serra e contrastare un pericoloso cambiamento del clima, sia per non farci cogliere impreparati di fronte a una futura scarsità di energia e materie prime, è già a portata di mano dal punto di vista conoscitivo e tecnologico. Ciò che invece ancora manca è una diffusa e radicata **consapevolezza** dei problemi ambientali, necessaria per avviare davvero un indispensabile **cambiamento culturale**...

Cambiare il nostro stile di vita e l'approccio ai consumi per progettare un mondo futuro a bassa intensità energetica è dunque possibile, ma serve prima di tutto un grande sforzo in termini di **educazione e sensibilizzazione del pubblico**, sia di età scolare, sia adulto, e questo opuscolo divulgativo vuole dare il suo contributo proprio in questa direzione.

Alcuni segnali di una inversione di rotta anche nei comportamenti individuali ci sono, ma sono ancora troppo marginali rispetto all'urgenza di azioni drastiche per ottenere effetti significativi di mitigazione del riscaldamento globale. A livello collettivo prevale ancora una sorta di pigrizia e di resistenza verso le nuove **opportunità** che una revisione dell'attuale modello di sviluppo economico offrirebbe, e anche la politica non sempre ha recepito appieno l'importanza e la gravità del problema.

Certamente non conosciamo tutto delle complesse dinamiche dell'ambiente e dell'atmosfera, ma ne sappiamo già abbastanza per avvertire l'urgenza di limitare l'impronta umana sul pianeta.

I cambiamenti climatici rischiano di essere più veloci della nostra capacità di cambiare: non aspettiamo oltre, e passiamo subito all'azione!



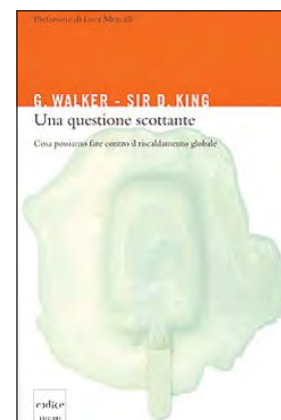
CASERINI S. (2008), A qualcuno piace caldo. Errori e leggende sul clima che cambia. Ed. Ambiente. *I «negazionisti» del cambiamento climatico: cosa pensano e dove sbagliano. Un testo molto documentato per vederci chiaro sul riscaldamento globale.*



STERN N. (2009), Un piano per salvare il pianeta. Ed. Feltrinelli. *Dall'autore del Rapporto Stern, una visione economica e sociologica per contrastare il riscaldamento globale.*



MERCALLI L. (2009), Che Tempo Che Farà. Ed. Rizzoli. *Un volume illustrato per orientarsi nella marea di informazioni oggi disponibili su passato, presente e futuro del clima, le storie di chi lo ha studiato, le strategie da intraprendere.*



KING S., WALKER G. (2008), Una questione scottante. Ed. Codice. *Cosa possiamo fare contro il riscaldamento globale.*



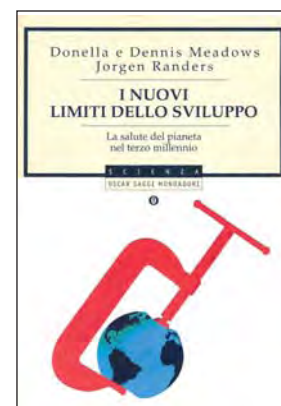
SERTORIO L., RENDA E. (2008), Cento Watt per il prossimo miliardo di anni. Ed. Bollati Boringhieri. *Per progettare un'economia che sia sostenibile a lungo occorre cambiare l'approccio globale alla produzione di energia e ai consumi.*



LEGGETT J. (2006), Fine corsa. Ed. Einaudi. *L'economia mondiale dell'ultimo secolo deve il suo successo alla disponibilità di energia fossile. Ma l'era del petrolio volge al termine. Come uscire da questa dipendenza?*



DIAMOND J. (2005), Collasso. Ed. Einaudi. *Dalla storia di antiche civiltà scomparse, quasi sempre per cause ambientali e sociali, possiamo trarre preziosi insegnamenti per il futuro.*



MEADOWS D. e D., RANDERS J., 2006 - I nuovi limiti dello sviluppo. Mondadori. *Il famoso rapporto su risorse e sviluppo del 1972, commissionato dal Club di Roma al Massachusetts Institute of Technology, aggiornato oltre 30 anni dopo.*

Altra sitografia

Enti internazionali

www.ipcc.ch - Intergovernmental Panel on Climate Change; contiene le oltre 3000 pagine del IV Rapporto del 2007.

www.unep.org - United Nations Environment Programme; tra l'altro, si può scaricare la guida *Climate in Peril* (2009).

www.climatecongress.ku.dk - Pre-conferenza di Copenhagen, marzo 2009.

www.ec.europa.eu/environment/climat/adaptation/index_en.htm - Il sito della Commissione Europea dedicato ai cambiamenti climatici.

Enti di ricerca

<http://climate.jpl.nasa.gov> - Jet Propulsion Laboratory della NASA, ricco di immagini satellitari, dati e animazioni.

www.globalchange.gov - United States Global Change Research Program.

www.metoffice.gov.uk/climatechange - Metoffice Hadley Centre, Regno Unito.

www.ecologie.gouv.fr/-ONERC-.html - Observatoire National sur les effets du réchauffement climatique, Francia.

www.ipsl.fr - Institut Pierre Simon Laplace, Francia.

www.occ.ch - Organe consultatif sur les changements climatiques, Svizzera.

www.proclim.ch - Forum sul clima dell'Accademia svizzera di scienze naturali.

<http://prudence.dmi.dk> - Progetto Prudence; contiene i risultati delle simulazioni sul clima futuro in Europa.

www.climchalp.org - Progetto europeo ClimChAlp.

www.zamg.ac.at/ALP-IMP - Progetto Alp-Imp, serie climatiche.

www.sidc.oma.be - Solar Influences Data Analysis Center.

www.climatechange.gov.au - Il dipartimento del governo australiano per i cambiamenti climatici.

www.aip.org/history/climate - American Institute of Physics; contiene la storia degli studi scientifici sul riscaldamento globale.

www.iccgov.org - International Center for Climate Governance, Venezia.

www.realclimate.org - Il blog più aggiornato dei ricercatori sul clima; in parte tradotto in italiano su www.climalteranti.it.

www.pik-potsdam.de - Potsdam Institute for Climate

Impact Research, Germania.

www.wupperinst.org - «Wuppertal Institute» per il clima, l'ambiente e l'energia, Germania.

www.globalwarmingart.com - Dati e immagini sul riscaldamento globale.

Enti italiani

www.cmcc.it - Centro Euro-Mediterraneo per i Cambiamenti Climatici.

www.santateresa.enea.it - Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia.

<http://vector-conisma.geo.unimib.it> - Progetto VECTOR sulla vulnerabilità delle coste e degli ecosistemi marini italiani ai cambiamenti climatici.

www.nimbus.it - Società Meteorologica Italiana.

Neve e ghiacciai

www.lgge.ujf-grenoble.fr - Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement del CNRS, Grenoble.

www.andrill.org - Progetto ANDRILL (Antartic Geological Drilling).

www.sat.tn.it/sns/17/ghiacciai.htm - Comitato Glaciologico Trentino.

Energia, risorse, gas serra

www.eea.europa.eu - Agenzia Europea dell'Ambiente.

www.campagnaseeitalia.it - Energia Sostenibile per l'Italia.

www.enea.it - Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente.

www.peakoil.net - L'Associazione Internazionale per lo Studio del Picco del Petrolio (sez. italiana: www.aspoitalia.it)

www.energy.eu - Portale sull'energia in Europa.

www.qualenergia.it - Strategie energetiche per l'Italia.

www2.ademe.fr - Agenzia francese dell'ambiente e della gestione dell'energia.

www.erec.org - European Renewable Energy Council.

www.solaritaly.enea.it - Atlante italiano della radiazione solare.

www.energie-cites.eu - Associazione di amministrazioni locali promotrici di politiche di risparmio energetico.

www.wri.org - World Resources Institute.

www.globalcarbonproject.org - Ciclo del carbonio e sostenibilità globale.

www.breathingearth.net - Popolazione ed emissioni di gas serra di ogni Paese del mondo.

www.azzeroco2.it - Percorsi di riduzione dei consumi e delle emissioni di CO₂ per cittadini ed enti pubblici.

www.climate-science-and-policy.eu - Attualità e approfondimenti su clima e politiche di sostenibilità.

Indice

Presentazioni

<i>Corrado Clini (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare)</i>	III
<i>Luca Mercalli (Società Meteorologica Italiana)</i>	IV

Sezione 1 - Capire

Il motore del clima: sole, atmosfera, oceani	3
Tempo e clima non sono la stessa cosa...	4
Perché il clima cambia? Natura e uomo	5
Groenlandia e Antartide: dai ghiacci informazioni sul clima fino a un milione di anni fa	6
Cronache, alberi, pollini e fanghi: così riaffiora il clima del passato	7
Dalle grandi glaciazioni ai nostri giorni	8
L'effetto serra: che cos'è e chi l'ha scoperto?	9
I dati osservati: sempre più caldo	10
Precipitazioni: variazioni irregolari	11
Neve: in diminuzione soprattutto a bassa quota	12
Ghiacciai: in ritiro ovunque	13
Ghiacciai polari, banchisa e permafrost in contrazione	14
Livelli marini: in aumento	15
Prevedere il clima futuro: i modelli numerici	16
Cosa aspettarsi dal futuro? Con alta probabilità, più caldo	17
Biodiversità minacciata	19
Clima nuovo, malattie note	20
Una sola Terra: i limiti ambientali	21
Sovrappopolazione e politiche demografiche	22
Il picco del petrolio: prepararsi per tempo	23
L'uso dei suoli: fermare la cementificazione è una priorità	24
Un ambiente sempre più inquinato: meno salute, meno qualità di vita	25
La Pianura Padana, bacino di accumulo di inquinanti atmosferici	26
I gas serra: chi sono? Chi li produce? Quanti ne emettiamo?	27
Chiudere il buco nell'ozono: il successo del Protocollo di Montreal	28

Sezione 2 - Agire

Gli accordi internazionali sul clima: da Stoccolma al dopo-Kyoto	31
Obiettivi irraggiungibili? Mitigare il cambiamento	33
Il ruolo degli individui, il ruolo della politica	34
Come si produce energia elettrica in Italia	35
Il consumo energetico in Italia: ogni anno, 3,4 tonnellate di petrolio a testa	36
La casa come laboratorio per il risparmio energetico	37
Il risparmio energetico in casa: esperienze concrete e vincenti	38
Energia dal Sole: carta vincente per il Mediterraneo	39
Energia dall'acqua: grande e mini-idroelettrico	40
Energia dal vento: solo in alcune regioni	41
Nucleare: sì o no?	42
Autosufficienza energetica: un obiettivo possibile	43
Rifiuti: ridurre, riutilizzare, differenziare e riciclare	44
Risparmiare l'acqua, un bene prezioso in un futuro più secco	45
Sobrietà, buon senso e riciclo: meno sprechi di energia e materie prime	46
Trasporti: ottimizzazione e nuove tecnologie	47
Biocarburanti: sono una soluzione?	48
La spesa: promuovere il «locale» con la filiera corta	49
Vivere a bassa intensità energetica: consumare meno, consumare meglio	50
Città e regioni virtuose contro il cambiamento climatico	51
L'agricoltura: nuove colture per un clima nuovo?	52
La foresta, «pozzo» per il CO ₂ , barriera contro l'erosione	53
Turismo: se cambia il clima, variare l'offerta	54
Strategie «no regret»: comunque vada, non ce ne pentiremo	55
Il ruolo della didattica: educazione e consapevolezza per un cambiamento culturale	56
Altra sitografia	58

Di fronte ai problemi ambientali di cui il riscaldamento globale è solo l'aspetto più vasto e complesso, economia, industria e singoli individui sono chiamati a cambiare abitudini e obiettivi, costruendo un mondo più sostenibile attraverso l'efficienza nell'uso delle risorse e dell'energia, la riduzione degli sprechi, la diffusione delle energie rinnovabili.

Il primo passo per vincere questa sfida epocale, la cui posta in gioco è il benessere dell'intera Umanità, sta nella formazione di una consapevolezza dalla quale derivino scelte razionali tanto nella politica d'alto livello quanto nella vita quotidiana di ogni persona.

Queste pagine si pongono proprio questo fine, e nascono nell'ambito della Campagna SEE – Energia Sostenibile per l'Europa.



Ministero dell'Ambiente e della
Tutela del Territorio e del Mare

