Senato della Repubblica XV LEGISLATURA

Giunte e Commissioni

RESOCONTO STENOGRAFICO n. 2

N.B. I resoconti stenografici delle sedute di ciascuna indagine conoscitiva seguono una numerazione indipendente.

13ª COMMISSIONE PERMANENTE (Territorio, ambiente, beni ambientali)

INDAGINE CONOSCITIVA SULLE PROBLEMATICHE RELATIVE AI CAMBIAMENTI CLIMATICI E ALLE MISURE DI MITIGAZIONE E DI ADATTAMENTO DA ADOTTARE ANCHE CON RIFERIMENTO AGLI ANNI SUCCESSIVI AL 2012

114ª seduta: martedì 16 ottobre 2007

Presidenza del presidente SODANO

IC 0599

TIPOGRAFIA DEL SENATO (255)

I N D I C E

Audizione del Presidente della Società meteorologica italiana

PRESIDENTE . . . . . *Pag.* 3, 5, 18 e *passim*
* BELLINI *(SDSE)* 19
SCOTTI *(FI)* 18, 20
* *MERCALLI* . . . . . *Pag.* 3, 5, 18 e *passim*

N.B. L'asterisco accanto al nome riportato nell'indice della seduta indica che gli interventi sono stati rivisti dagli oratori.

Sigle dei Gruppi parlamentari: Alleanza Nazionale: AN; Democrazia Cristiana per le autonomie-Partito Repubblicano Italiano-Movimento per l'Autonomia: DCA-PRI-MPA; Forza Italia: FI; Insieme con l'Unione Verdi-Comunisti Italiani: IU-Verdi-Com; Lega Nord Padania: LNP; L'Ulivo: Ulivo; Per le Autonomie: Aut; Rifondazione Comunista-Sinistra Europea: RC-SE; Sinistra Democratica per il Socialismo Europeo: SDSE; Unione dei Democraticicristiani e di Centro (UDC): UDC; Misto: Misto; Misto-Costituente Socialista: Misto-CS; Misto-Italia dei Valori: Misto-IdV; Misto-Italiani nel mondo: Misto-Inm; Misto-La Destra: Misto-LD; Misto-Movimento politico dei cittadini: Misto-Mpc; Misto-Partito Democratico Meridionale (PDM): Misto-PDM; Misto-Popolari-Udeur: Misto-Pop-Udeur; Misto-Sinistra Critica: Misto-SC.

Interviene il professor Luca Mercalli, presidente della Società meteorologica italiana.

I lavori hanno inizio alle ore 15,40.

PROCEDURE INFORMATIVE

Audizione del Presidente della Società meteorologica italiana

PRESIDENTE. L'ordine del giorno reca il seguito dell'indagine conoscitiva sulle problematiche relative ai cambiamenti climatici e alle misure di mitigazione e di adattamento da adottare anche con riferimento agli anni successivi al 2012, sospesa nella seduta di martedì 25 settembre.

Comunico che, ai sensi dell'articolo 33, comma 4, del Regolamento, è stata chiesta l'attivazione dell'impianto audiovisivo e che la Presidenza del Senato ha già preventivamente fatto conoscere il proprio assenso. Se non si fanno osservazioni, tale forma di pubblicità è dunque adottata per il prosieguo dei lavori.

Abbiamo iniziato questo lavoro di indagine a novembre del 2006. Siamo arrivati, anche grazie al contributo di questa Commissione del Senato, alla Conferenza sul clima che si è tenuta nello scorso mese di settembre. Abbiamo ritenuto di proseguire l'attività conoscitiva anche all'indomani della Conferenza sul clima per gli impegni che il nostro Paese dovrà assumere, a cominciare dal prossimo appuntamento di Bali nel dicembre di questo anno.

Approfitterei della presenza del senatore Scotti per cominciare a discutere di una delegazione per la Conferenza internazionale di Bali, che ci sollecita anche la Presidenza del Senato. Data la condizione numerica del Senato, è del tutto evidente che la partecipazione può essere determinata in base a un *gentlemen's agreement* anche con l'opposizione, al fine di avere una composizione della delegazione paritaria.

È oggi prevista l'audizione del Presidente dalla Società meteorologica italiana, al quale cedo la parola. Il professor Mercalli si avvarrà della presentazione di alcune *slide* e della proiezione di un brevissimo filmato che non è stato possibile vedere durante la Conferenza sul clima per motivi di orari e di sovrapposizione dei relatori partecipanti.

MERCALLI. Signor Presidente, le sono particolarmente grato per questo invito che ovviamente mi onora e mi permette anche di dare, spero, un modesto contributo al futuro del nostro Paese.

Cercherò di spiegarvi, da un punto di vista forse meno convenzionale del solito, qual è lo stato dell'arte dei problemi relativi al cambiamento

climatico. Assolverò a questo compito prima di tutto in qualità di Presidente della società meteorologica italiana, che è una struttura indipendente e un'associazione scientifica nata nel 1865. Essa fu fondata da padre Francesco Denza, che era allora direttore del Real Collegio Carlo Alberto di Moncalieri, e poi divenne direttore della Specola vaticana a Roma, dove morì nel 1894.

La nostra struttura oggi è un'organizzazione non lucrativa di utilità sociale; la sua missione è semplicemente quella di diffondere la cultura meteorologica e fare anche un po' di ricerca, al di fuori dell'ambiente istituzionale, dell'accademia o degli istituti di ricerca governativi. In sostanza, si tratta di un'organizzazione indipendente che possiamo definire di diritto privato e autofinanziata, all'interno della quale mi occupo di ricerca soprattutto relativa ai climi del passato.

Oggi riuscirò a illustrarvi con una certa precisione soprattutto lo stato dell'arte della ricostruzione dei climi del passato, mentre per il clima del futuro mi limiterò sostanzialmente a inquadrarlo negli argomenti che conoscete benissimo perché sono le classiche conclusioni dell'*Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Non sono un modellista, ma un climatologo, o meglio, un paleoclimatologo che si occupa dei climi antichi fino a quelli di qualche giorno fa, non più paleo dunque, ma, in ogni caso, non mi occupo della previsione del clima futuro.

A titolo di introduzione, forse persino superflua perché l'avrete già sentita più volte, parto dal problema di cambiamento climatico basato su un fatto scientifico; non è soltanto una teoria che deve essere verificata, ma c'è un punto fermo. Il punto fermo è che esistono dei gas che hanno la proprietà di filtrare una certa parte dello spettro infrarosso lungo (quello che viene riemesso dalla superficie terrestre) e di trattenere una parte dell'energia sul pianeta. Questo processo è assolutamente naturale; deve esistere, perché altrimenti la terra avrebbe una temperatura media di 18 gradi sotto zero, quindi sarebbe invivibile, ma finché la variazione di questi gas è stata dettata da evoluzioni naturali l'uomo semplicemente ha subito questi cambiamenti. Oggi si pone il problema dell'aumento di una parte di questi gas, aumento dovuto alle attività umane, e dell'immissione in atmosfera di un'altra quantità di gas che invece sono di produzione di sintesi.

La classica CO_2 (anidride carbonica) è il gas emesso in quantità più abbondante, ma anche quello che, paradossalmente, ha il minore effetto riscaldante; il suo effetto importante è nella quantità, non nella qualità della molecola. Questo è verificabile dalla colonna di destra della *slide* che state osservando, dove è riportata una scala del potenziale di riscaldamento dei vari gas: all'anidride carbonica viene assegnato il valore 1; il metano ha, per esempio, una capacità di riscaldamento 21 volte superiore rispetto all'anidride carbonica, ma ha una concentrazione in atmosfera inferiore.

Un altro gas responsabile dell'effetto serra è il protossido di azoto (N_2O) che ha una capacità riscaldante 310 volte superiore ad una molecola di CO_2. Poi ci sono dei gas che sono emessi in quantità minime, ma che hanno potenzialità riscaldanti enormi. Penso, per esempio, all'esafloruro di

zolfo che ha un potere riscaldante per molecola circa 24.000 volte maggiore rispetto alla CO_2, anche se viene emesso in proporzioni assolutamente minime. Tuttavia, questo produce una sorta di *cocktail* di riscaldamento aggiuntivo.

PRESIDENTE. Come viene emesso l'esafloruro di zolfo?

MERCALLI. Viene emesso, per esempio, come perdite di liquido di raffreddamento dei trasformatori elettrici: è un liquido isolante. Non so nemmeno se oggi si usa ancora; comunque, è impiegato in certi processi industriali.

Gli HCFC e i CFC sono i noti clorofluorocarburi che sono stati messi al bando dal Protocollo di Montreal e che hanno anche un effetto riscaldante; pure quelli che sono ancora consentiti dopo tale Protocollo hanno un effetto riscaldante. Di pochi mesi fa è la notizia dei buoni risultati ottenuti dalla messa al bando dei clorofluorocarburi. Si è detto che questa messa al bando è stata utile anche a livello di effetto serra in quanto, nel limitare la produzione di CFC contro il buco dell'ozono, si è evitato un effetto riscaldante dal punto di vista dell'effetto serra. Quindi, nel meccanismo classico di funzionamento dell'atmosfera questo è il dato certo: non ci sono dubbi sul fatto che questi gas hanno un effetto riscaldante.

Il problema del dibattito successivo sul cambiamento climatico può forse riguardare l'interazione dei vari sottosistemi che compongono il clima terrestre e che effettivamente costituiscono il più grande complesso di ricerca, di studio, di comprensione anche per l'umanità, perché qui c'è in sostanza il funzionamento dell'intero pianeta. Non possiamo isolare il clima, per esempio, dalla biosfera, dagli oceani, dalle attività umane.

Il meccanismo fisico dei gas serra, comunque, è il punto fermo. Ci sono anche altri gas serra che spesso vengono chiamati in causa; si dice: perché vi occupate tanto della CO_2, che è contenuta in quantità molto modeste, e per esempio nessuno parla del vapore acqueo che, invece, è il principale gas a effetto serra? Oltre il 60 per cento dell'effetto serra è, infatti, dovuto al vapore acqueo.

Il problema, sostanzialmente, è che il vapore acqueo si trova disponibile nell'atmosfera in relazione alla temperatura. Non c'è limite alla produzione di vapore acqueo perché abbiamo gli oceani che, teoricamente, potrebbero fornire vapore acqueo senza limiti, se non fosse per la temperatura. La temperatura media terrestre permette al vapore acqueo di raggiungere solo una certa concentrazione in atmosfera oltre la quale esso condensa, si formano le nubi e piove. Il problema sta nel fatto che l'anidride carbonica agisce da detonatore sulla bomba vapore. È vero, quindi, che il vapore è il principale gas a effetto serra, ma se ne sta fermo finché la temperatura non muta. Se la temperatura si eleva leggermente, può essere contenuta una maggiore quantità di vapore in atmosfera – questa è disponibile, ovviamente, perché gli oceani la producono subito – e allora il meccanismo dell'effetto serra viene amplificato. Ecco perché non ha nessun senso dire: produco vapore in più; se la temperatura è stabile, que-

sto condensa; ma se la temperatura aumenta, si lascia spazio a nuovo vapore, e allora l'effetto di riscaldamento si amplifica. La CO_2 è dunque il detonatore rispetto al vapore acqueo che invece viene condizionato dalla temperatura.

Per quanto riguarda l'effetto della CO_2, non si tratta di una novità degli ultimi anni, nei quali si parla molto di tale problema, ma da più di un secolo è noto il meccanismo fisico con il quale essa agisce. Fourier (stiamo parlando dell'inizio dell'Ottocento) inizia a porre le basi delle teorie sul meccanismo del gas a effetto serra. Sarà poi un premio Nobel per la fisica, Svante Arrhenius, ad enunciare per primo, nel 1896, con precisione la teoria del riscaldamento terrestre causato dalle emissioni antropiche, ossia dalla combustione del carbone.

Arrhenius fece anche i primi calcoli dai quali ricavò un valore che non è poi tanto lontano da quello oggi stimato da modelli molto più precisi. Arrehnius arrivò alla conclusione che qualora la concentrazione di CO_2 fosse raddoppiata, avrebbe fatto aumentare la temperatura di circa 5 gradi. Oggi sappiamo che il valore ritenuto più probabile è attorno ai 2-3 gradi, quindi Arrhenius non si era sbagliato di molto. Aveva sbagliato invece il tempo atteso per il raddoppio della CO_2 nell'atmosfera. In realtà, egli non si era sbagliato, ma l'aveva correttamente stimato in base ai consumi dell'epoca. Consumi e popolazione dell'epoca indicavano ad Arrhenius che il raddoppio della concentrazione di CO_2 in atmosfera si sarebbe avuto dopo tremila anni. In realtà, questo avverrà soltanto dopo centocinquanta anni, perché il raddoppio è atteso entro il 2050, a seconda degli scenari economici.

Negli anni Trenta furono conseguiti altri progressi. Hulburt, un fisico che lavorava presso i laboratori di ricerca della marina militare a Washington, pubblicò un piccolo trafiletto su una rivista di scienza divulgativa. Nel 1932 egli confermò che se fosse continuata ad aumentare la CO_2, sarebbe aumentata anche la temperatura. Nel 1953 un fisico canadese, Gilbert Plass, elaborò ulteriori stime, ancora più precise, sulle proprietà fisiche della CO_2, tarando i valori di Arrhenius e dichiarando che entro il 2080 si sarebbe verificato il raddoppio della quantità di CO_2. Hulburt si avvicinò al valore reale perché negli anni Cinquanta i *trend* erano ormai avviati verso l'uso massiccio dei combustibili fossili.

Negli anni Sessanta e Settanta la comunità scientifica era però divisa: si parlava spesso dell'avvento di una nuova era glaciale piuttosto che di effetto serra. È vero che qualcuno temeva il ritorno del freddo, e ciò per due motivi. Si erano moltiplicati gli studi sulla possibilità di un inverno nucleare, a causa di un ipotetico conflitto tra i due blocchi (Stati Uniti e Unione Sovietica), ed effettivamente questo aveva dato molto sviluppo agli studi relativi al raffreddamento terrestre, dovuto a un'immissione in atmosfera di grandi quantità di polveri.

Inoltre, ci si trovava in un periodo caratterizzato da un clima piuttosto freddo. In un grafico che mostrerò in seguito potremo vedere che in quegli anni, tra il 1960 e il 1980, vi è una sorta di cedimento del *trend*

di aumento termico: un periodo fresco. Ciò porterà a una produzione quasi giornalistica, direi, di visioni sull'era glaciale.

Il fatto che però non si fosse dimenticato il problema già enunciato nei decenni precedenti è dimostrato da un'importante acquisizione del 1967, quando un grandissimo climatologo tuttora vivente, Syukuro Manabe, un giapponese trasferitosi poi al laboratorio di geofisica dei fluidi a Princeton, elaborò il primo modello al *computer* di simulazione dell'atmosfera. Mentre Arrhenius aveva fatto sostanzialmente solo un calcolo sull'effetto della CO_2, senza però tenere conto di tutto il funzionamento dinamico dell'atmosfera, Manabe aveva compiuto un lavoro molto più completo, facendo funzionare un primo modello di simulazione dell'atmosfera, uno di quei modelli che si usano ancora oggi, continuamente raffinati e migliorati. La conclusione di Manabe fu che se la CO_2 fosse aumentata ancora, la temperatura sarebbe cresciuta proprio di quei valori che continuiamo ancora oggi a chiamare in causa, ossia di circa 3 gradi, con un raddoppio della concentrazione di CO_2.

Siamo nel 1967, e il problema iniziò a entrare nel dibattito politico. I ricercatori a cui ho fatto cenno prima erano sostanzialmente isolati: possiamo contarli sulle dita delle mani. A partire invece dalla fine degli anni Sessanta, il problema iniziò ad essere studiato in modo più esteso. Già nel 1975 la questione venne affrontata a livello di dibattito politico nel Governo americano, al punto che nel 1988 viene fondato, per iniziativa delle Nazioni Unite e dell'Organizzazione meteorologica mondiale, l'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*), che tutti conoscete e che ha vent'anni di attività.

L'aumento di temperatura degli ultimi cento anni ebbe quindi un momento di cedimento che spesso viene chiamato in causa. Si dice: se la CO_2 è aumentata sostanzialmente con un *trend* lineare, perché si verifica quella sorta di cedimento attorno agli anni Sessanta-Settanta? In quegli anni, in effetti, la temperatura cessa di salire, si arresta addirittura, scende per qualche anno in Europa e in America in particolare, il ghiaccio artico si estende, creando problemi persino sulle rotte di navigazione in Islanda. La temperatura riprese poi a salire a partire dagli anni Ottanta.

Ciò è stato spiegato con la presenza dei solfati, indicati come fattore forzante dalla linea fucsia nella *slide* che vi sto mostrando. I solfati sono aerosol prodotti soprattutto dalla combustione del carbone e dai prodotti petroliferi ad alto tenore di zolfo. I solfati sono anche emessi dai vulcani ed hanno un potere raffreddante; sono particelle che in atmosfera tendono a favorire la formazione di goccioline di nube e in qualche modo aumentano la riflessione della luce solare verso l'esterno. Essi hanno quindi un effetto raffreddante.

La spiegazione oggi più accreditata è che il momento di arresto nella crescita delle temperature è dovuto all'aumento imponente nell'emissione di solfati, sopravanzato poi dal fatto che l'emissione di CO_2 ha continuato a salire.

I solfati hanno un tempo di vita piuttosto breve in atmosfera. Mentre la CO_2 e gli altri gas hanno un tempo di vita dell'ordine di un centinaio di

anni in atmosfera, i solfati vengono dilavati dalla pioggia e hanno un tempo di residenza atmosferica dell'ordine di due settimane. I solfati hanno un'azione prettamente locale, soprattutto sulle aree industrializzate, e non appena si cessa l'emissione, essi non hanno più influenza, quindi il loro effetto di mascheramento è solo temporaneo. I solfati vengono prodotti in minore misura, dopo gli anni Sessanta, allorché ci si accorge che essi procurano danni al patrimonio boschivo e ai monumenti, oltre che, beninteso, alla salute.

Si comincerà ad usare di più il petrolio a basso tenore di zolfo, fino ad arrivare poi all'esteso uso del gas naturale ai giorni nostri nei Paesi europei e in America. Il problema oggi permane in Cina, dove si stanno usando combustibili di pessima qualità. Questa è al momento la tesi più accreditata per spiegare il momento di pausa nella crescita della temperatura che poi riprende dopo il 1980 in modo decisamente più accelerato.

Vorrei anche soffermarmi su alcuni luoghi comuni che mi piace sconfessare, perché dovremmo smettere di propagarli – almeno questo – per fare spazio, invece, ai veri problemi aperti. Spesso si racconta che non è vero che oggi la temperatura stia salendo in maniera così evidente. Il fatto che la Groenlandia sia stata chiamata «Terra verde» implicherebbe che attorno all'anno 1000 questa terra fosse ampiamente vegetata. Qualcuno addirittura scrive in articoli un po' deliranti che essa fosse coperta completamente di boschi. La Groenlandia è coperta da circa 3.500 metri di ghiaccio di spessore su 2 milioni di chilometri quadrati di superficie. Questa storia nacque verso l'anno 1.000 dall'esilio di un personaggio che si chiamava Erik il Rosso, il quale, dopo aver compiuto alcuni assassini in Islanda, venne esiliato in Groenlandia, dove restò tre anni sulla costa Sud che è addirittura a latitudini più meridionali rispetto all'Islanda. Su quella costa effettivamente c'è un po' di erba, come c'è tuttora, e si può quindi praticare una modestissima agricoltura e un po' di allevamento. Lì, Erik il Rosso decise di fondare una colonia.

Ritornò quindi in Islanda e disse la prima bugia pubblicitaria documentata: ribattezzò la Groenlandia, che si chiamava in realtà «Terra nostra», il toponimo originale degli Inuit, con il nome di *Greenland*, «Terra verde», semplicemente per attirare coloni, in modo da avere più forza lavoro per fondare la colonia che poi in effetti si insediò.

Da questa storiella di un migliaio di anni fa nasce l'idea che la Groenlandia avesse un clima molto più favorevole di quello che ha oggi, cosa che non risponde a verità. È vero che intorno all'anno Mille ha avuto un momento di temperature relativamente miti, che però poi sono peggiorate, perché tra il 1500 e il 1850 abbiamo avuto la «Piccola Età Glaciale», ma non si tratta certo di pensare ad una Groenlandia coperta di foreste: è importante sottolinearlo.

Proprio dai ghiacci polari abbiamo avuto invece importantissime acquisizioni, e mi piace qui ricordare che sono anche acquisizioni della ricerca italiana, che vanno, una volta tanto, a nostro merito. L'Italia non ha mai brillato per ricerca climatologica di qualità, non ha una grande scuola in proposito rispetto ad altri Paesi, ma nel caso del programma

di ricerca in Antartide, in anni recenti, diciamo nei primi anni del Duemila, il progetto EPICA *(European Project for Ice Coring in Antarctica)*, ha dato un risultato decisamente probante per l'intera ricerca a livello mondiale.

Nell'interno dell'Antartide, ad oltre 3.500 metri di quota, in una delle zone più fredde della terra, dove le temperature raggiungono anche gli 80 gradi sotto zero, è stata fondata una base di ricerca italo-francese chiamata Dome C, da «Concordia»; in questa base nel 2004 è terminata la perforazione della calotta antartica, spessa in quel punto 3.270 metri. La precedente perforazione era stata effettuata dai russi in un'altra stazione che si chiama Vostok, dove l'età del ghiaccio analizzato aveva consentito di ricostruire le variazioni climatiche fino a quattrocentomila anni fa. A Dome C si riesce ad arrivare a seicentocinquantamila anni, con in più la verifica dei dati di Vostok: nonostante ci siano alcune migliaia di chilometri tra i due punti di perforazione, i dati di EPICA concordano con quelli di Vostok e questa è stata un'importante prova a supporto della qualità delle analisi. La carota di ghiaccio presenta all'interno delle bollicine di aria fossile che si possono analizzare in laboratorio e restituiscono la composizione chimica dell'atmosfera in tempi remoti come mai si sarebbe potuto fare con altri mezzi di indagine.

Grazie a questa analisi, possiamo vedere nel grafico che vi presento la sequenza della variazione della concentrazione di CO_2 in atmosfera da seicentocinquantamila anni fa ad oggi. Riassumendo, perché ci sarebbero moltissime cose da dire su questo grafico, risultano confermate le ere glaciali, di cui si erano trovate le tracce, che erano state teorizzate come ciclicità da Milankovic negli anni Venti, e che ora, finalmente, vengono provate con dati analitici. In sostanza, si evidenzia un'era glaciale ogni centomila anni circa, quando la linea rossa va verso il basso, cioè raggiunge i livelli minimi di concentrazione di CO_2, pari a circa 180 parti per milione. I periodi interglaciali sono invece quelli in cui la linea rossa raggiunge valori intorno alle 300 parti per milione.

Risulta quindi un primo dato importante: mai in questi seicentocinquantamila anni si supera la concentrazione di 300 parti per milione, in volume, di CO_2. Di contro, salta subito all'occhio la concentrazione attuale: nel 2006 era di 381 parti per milione, il dato di oggi è di 385 parti per milione. Questo è uno degli elementi forti della valutazione sui cambiamenti climatici di origine antropica, perché ci dà la prova dell'esistenza delle ere glaciali e del controllo della temperatura da parte della CO_2. Il meccanismo non è banale: è stato giustamente detto tante volte che, andando a guardare con uno *zoom* questo grafico, vi sono punti nei quali la CO_2 aumenta dopo che è aumentata la temperatura, ragion per cui qualcuno sostiene che non è la causa. In effetti, la CO_2 è uno dei tanti fattori amplificanti, non è la causa della variazione climatica del passato.

La causa è la variazione dell'energia in arrivo dal sole: cambia l'orbita terrestre, arriva più o meno energia, inizia l'era glaciale. La CO_2 è un elemento che si libera in seguito, a seconda degli aumenti di temperatura

determinati dal sole, e che amplifica il processo realizzando, di nuovo, questa sorta di effetto detonatore che abbiamo già descritto prima.

Fino all'inizio dell'era industriale la quantità di CO_2 rimane confrontabile con uno dei vari periodi interglaciali miti, quindi attorno alle 300 parti per milione; successivamente, negli ultimi duecento anni, si impenna rapidamente, passando da 280 a 385 parti per milione. Si sa anche che tale aumento di CO_2 è sicuramente di origine antropica perché vi è la firma isotopica: l'analisi della CO_2 in atmosfera ha rivelato le tracce del carbone e del petrolio bruciati, che contengono rapporti isotopici diversi rispetto alla CO_2 presente attualmente in atmosfera. Questa è una delle prove più importanti su cui si fonda oggi tutta la teoria del cambiamento climatico. Il fatto che poi la CO_2 continui a crescere con un tasso dell'ordine delle 2-3 parti per milione l'anno ci sposta sempre di più dalle condizioni, chiamiamole così, di equilibrio. Non è l'espressione corretta, ma rende il concetto.

Il clima si è sempre mosso all'interno di variazioni del genere che ho indicato: quell'aumento di CO_2 evidenziato nella fascia tra le due linee tratteggiate, come vedete, non ha eguali. Proprio lì potremmo immaginare una sorta di punto interrogativo, perché stiamo forzando il sistema al di là delle condizioni note, quanto meno rispetto al periodo corrispondente a tutta la storia dell'umanità. Se calcolate che *homo sapiens* compare circa centomila anni fa, vi renderete conto che nel grafico è raffigurata tutta la storia della civiltà e dell'uomo.

Il grafico ci offre anche un altro importante spunto di riflessione. Ammettendo che l'*homo sapiens* compaia circa centomila anni fa, all'interno di un'era glaciale, spesso ci interroga sul fatto che l'uomo, avendo già sopportato delle ere glaciali, sia in grado di sopportare anche un cambiamento climatico come quello atteso nei prossimi decenni. Il problema, però, è che l'uomo finora ha sopportato un cambiamento verso il freddo e mai verso il caldo, come risulta da questo grafico, quindi il confronto con l'aumento di temperatura è una novità.

Oltre a questo, occorre considerare la diversa condizione sociale. Mentre l'uomo di centomila anni fa era un nomade presente sul pianeta in circa 5 milioni di esemplari (quindi, è come dire che l'attuale popolazione della Lombardia equivaleva all'intera popolazione mondiale), oggi invece abbiamo sulla Terra qualcosa come 6 miliardi e 600 milioni di abitanti, il pianeta è tutto abitato e anche in modo stanziale: abbiamo le città.

Quindi, se una variazione climatica anche rapida e importante poteva essere affrontata dall'uomo nomade in modo molto più semplice, perché, non vivendo in città stanziali, si caricava sulla schiena le poche cose che aveva e andava a cercarsi un altro luogo con un clima più favorevole, oggi invece abbiamo, da un lato, la presenza di una cultura stanziale stratificata (Roma non la possiamo spostare, e ci dispiacerebbe; pensiamo a Venezia e al problema dell'aumento del livello dei mari, che pone molti interrogativi), dall'altro, il fatto che siamo 6 miliardi e 600 milioni di persone e quindi, ovunque ci spostiamo, troviamo già un legittimo occupante che potrebbe non essere disposto ad accoglierci. È un fatto che vediamo già

verificarsi, purtroppo, ogni giorno: quando arriva a Lampedusa un barcone di 200 disperati li reputiamo già troppi. Figuriamoci cosa succederebbe se in movimento si mettessero masse di profughi dell'ordine di centinaia di milioni, laddove in alcune zone del pianeta il clima possa risultare intollerabile, vuoi per l'aumento del livello dei mari, vuoi perché va ad interagire con la produzione alimentare, che è in sostanza il problema maggiore.

L'uomo può anche sopportare le temperature calde – è molto adattabile – ma se la produzione alimentare subisce un tracollo, a causa, per esempio, di siccità o di un cambiamento delle condizioni dei suoli, allora questo porta all'impossibilità di gestire migrazioni nella struttura attuale dell'umanità.

Guardiamo un periodo più breve, gli ultimi undicimila anni: questi sono il periodo della civiltà e della cultura scritta. Da quando nasce l'agricoltura, l'uomo fonda le città e, a questo punto, abbiamo delle variazioni climatiche che sono molto modeste. Nel grafico che vi mostro la linea nera a sinistra rappresenta l'uscita dall'ultima era glaciale; la temperatura aumenta in un millennio di circa sei gradi, ma poi si stabilizza su fluttuazioni molto modeste di un paio di gradi.

Attorno ai seimila o settemila anni fa, c'è un periodo di clima più mite, che si stima pari all'attuale; poi si verificano delle oscillazioni: l'epoca romana è considerata un'epoca abbastanza mite; il Medioevo è un po' più freddo; l'anno 1000 è di nuovo mite, poi c'è una netta discesa in un'epoca molto prossima a noi: tra il 1500 e il 1850 c'è un raffreddamento netto, che si chiama «Piccola Età Glaciale». Infine, giungiamo all'attuale fase di riscaldamento. La linea rossa del grafico esce fuori dalla variabilità storica. Il timore non è tanto quello di confrontare i dati del 2007 con il passato, ma il fatto che nei prossimi decenni i valori termici comincino a uscire fuori da tutta la variabilità storica già vista in passato.

Un punto particolarmente interessante del grafico è rappresentato dal quadratino giallo al centro con la scritta Ötzi, la mummia che è stata fortunosamente rintracciata. Si è trattato di un grandissimo ritrovamento sia per l'archeologia sia per la climatologia: la mummia è emersa dal ghiaccio del Similaun nel settembre del 1991; è stata datata cinquemilatrecento anni dal presente e costituisce una prova importante del fatto che i ghiacciai attuali non sono mai stati così ridotti da cinquemilatrecento anni. Per quale motivo? Ötzi è stata rinvenuta intatta con tutto il suo corredo: aveva il vestiario, delle bisacce di corteccia di betulla, le calzature con dell'erba isolante all'interno, delle foglie di acero e dei funghi. Questo materiale, che è fortemente deteriorabile, non si sarebbe conservato se la mummia fosse venuta a giorno più volte nel corso di questo lungo periodo di cinquemilatrecento anni. Possiamo pure ipotizzare che sia emersa, ma si deve essere trattato veramente di pochi giorni perché potete osservare dalla *slide* il pantano in cui si trovava al momento del ritrovamento. Il materiale organico non si sarebbe conservato per un lungo periodo se fosse emerso nel corso di questi anni per periodi lunghi come secoli o millenni. Questa

è un'altra prova importante che i ghiacciai oggi sono in uno stadio di minimo negli ultimi a cinquemilatrecento anni.

Le successive immagini illustrano – è il mio specifico campo di ricerca – l'analisi degli arretramenti dei ghiacciai alpini. Negli ultimi cento anni abbiamo perso circa il 50 per cento della superficie glaciale. Questo vale sia per le Alpi italiane sia per quelle francesi, svizzere e austriache. Le immagini che mostro sono molto semplici da interpretare: i ghiacciai si sono ridotti ovunque, ormai compaiono pietre dove, soltanto nello spazio di una vita umana, c'era ghiaccio. Vi è un ghiacciaio laboratorio che seguiamo con particolare assiduità e che è arretrato di 315 metri solo dal 1971 al 2007.

Un'altra *slide* mostra i dati della riduzione di spessore proprio dei ghiacciai in alcuni campioni delle Alpi occidentali, che stanno arretrando in modo imponente negli ultimi anni. Le simulazioni fatte dai miei colleghi dell'Università di Zurigo portano a ritenere che, se la temperatura aumenterà ancora di circa due gradi rispetto all'attuale, entro il 2060 anche i ghiacciai svizzeri, che sono sul versante Nord e sono un po' più favoriti rispetto a quelli italiani, saranno destinati a ridursi del 75 per cento; mentre sul versante Sud, quello italiano, potremmo perdere quasi l'80 o il 90 per cento del ghiaccio. Dovrebbero resistere soltanto le calotte più elevate del Monte Bianco e del Monte Rosa, alle quote superiori a 4.000 metri.

La *slide* successiva ci fa prendere coscienza della nascita di fenomeni nuovi: verso il 1985 sul ghiacciaio del Rocciamelone, al confine tra Italia e Francia, presso il passo del Moncenisio, si è formato un lago. All'inizio era molto piccolo; è andato crescendo anno dopo anno fino a diventare un bacino enorme di circa 600.000 metri cubi di volume.

Nell'ambito di un progetto europeo, io stesso ho segnalato ai colleghi della prefettura francese l'esistenza di questo bacino – era in un luogo remoto per i francesi, ma molto frequentato dagli italiani – e nell'ottobre del 2004, pochi giorni dopo la ripresa della immagine che vi ho mostrato, è scattata un'imponente operazione di protezione civile da parte della prefettura della Savoia, che è stata costretta a procedere con lo svuotamento immediato di questo lago per evitare che il collasso della fragile diga glaciale potesse alluvionare alcuni villaggi nella valle attigua. Questo è un primo esempio di come i cambiamenti climatici arrivano a interagire profondamente nella vita di tutti i giorni. In questo caso è avvenuto in maniera positiva, perché ci sono stati il monitoraggio e la sorveglianza, e si è intervenuti. Questa operazione di svuotamento è costata ai francesi 400.000 euro, nemmeno molto rispetto al rischio che poteva causare; il cantiere è durato circa un anno: a colpi di dinamite è stato scavato un canale artificiale e il lago oggi non esiste più.

Abbiamo avuto un caso simile anche in Italia: tutti voi ricorderete la crisi dell'estate 2002 a Macugnaga, con la formazione del lago Effimero al Monte Rosa. Per le spese bisognerà che chiediate al dottor Bertolaso che saprà rispondere meglio di me; non so quanto abbiamo speso, ma sicuramente ci è costato caro. L'operazione di riduzione del rischio per il villaggio di Macugnaga nell'estate del 2002 fortunatamente si è conclusa

con un epilogo benevolo da parte del lago, cioè nonostante fossero state messe in posto delle pompe, non si riuscì a svuotarlo perché il lago aveva delle dimensioni cinque volte maggiori rispetto a quello del Rocciamelone (conteneva 3 milioni di metri cubi di acqua). Il lago per fortuna si svuotò poi da solo, ma con tempi sufficientemente dilatati da non alluvionare i paesi sottostanti. Attribuiamo la formazione di questo lago di nuovo all'aumento di temperatura in alta quota. Questo lago si è formato perché il ghiaccio aderente alla parete est del Monte Rosa, che culmina ad oltre 4.500 metri, si è staccato ed è scivolato a valle lasciando una depressione, dopo essere andato verso la fronte del ghiacciaio. Questa depressione si è riempita di acqua e ha creato il livello di rischio che conoscete.

Gli altri casi, di cui si è parlato anche recentemente a proposito del crollo di una cima nelle Dolomiti, sono invece dovuti alla scomparsa del permafrost ad alta quota. Il permafrost è una sorta di cemento che tiene insieme la roccia alle quote superiori ai 3.500 metri, dove la temperatura è negativa tutto l'anno, e negli ultimi anni, a causa dell'innalzamento di parecchie centinaia di metri dello zero termico, abbiamo avuto la destabilizzazione di intere parti di montagna.

Mentre non attribuiamo il crollo delle Dolomiti direttamente al clima perché sono basse, abbiamo invece dei fenomeni di cui si è parlato molto meno, come quello del crollo di parti della via normale di accesso al Cervino nell'agosto 2003, il più caldo della storia. Per la prima volta nella storia dell'alpinismo in quella circostanza venne chiuso l'accesso alla montagna per problemi di incolumità degli alpinisti.

I ghiacciai ci hanno dato quindi una sorta di termometro qualitativo, poi ci sono i dati. Sulla superficie terrestre si misurano dati con sufficiente continuità e qualità ormai da due secoli e mezzo. La serie mondiale viene fatta iniziare generalmente dal 1860, cioè da quando sulla terra c'è un campione sufficientemente omogeneo. La *slide* mostra l'evoluzione dell'aumento termico planetario secolare: 0,7 gradi è il valore oggi assodato con l'aumento netto degli ultimi venti anni.

In Italia abbiamo la fortuna di disporre di molti dati di qualità. Anche a Roma c'è un osservatorio di grande valore (quello del Collegio Romano, non distante da qui); esistono, comunque, osservatori storici in quasi tutte le città d'Italia e andrebbero salvaguardati in tutti i modi. Attualmente sono per la maggior parte sotto la sorveglianza – lo dico per conoscenza – del Ministero delle politiche agricole, alimentari e forestali, attraverso il Consiglio per la Ricerca e la sperimentazione in Agricoltura (CRA), l'ex Ufficio centrale di ecologia agraria, che è un po' il depositario degli archivi e – speriamo – della buona salute di questi osservatori. Mi sono occupato in particolare di quello di Torino che ha duecentocinquanta anni di dati, una delle serie più lunghe al mondo.

Come possiamo vedere, i dati che riguardano i ghiacciai sono confermati dall'evoluzione dei dati rilevati attraverso gli strumenti: gli anni più caldi si trovano nella parte più recente della serie. C'è un aspetto che mi preme sottolineare: spesso si sostiene che i dati rilevati nelle città non sono di buona qualità perché le città hanno temperature più elevate a

causa delle automobili e del cemento. In realtà, come vi mostrerò in seguito, i dati sono stati depurati dall'effetto dell'isola di calore.

Anche la nevosità diminuisce: gli ultimi vent'anni presentano un'anomalia, un *deficit* di innevamento molto netto. La nevosità è sempre stata un parametro variabile, anche in passato, ma a partire dal 1986-87 quasi tutti gli anni mostrano un *deficit* di nevosità. Il grafico che vi sto mostrando è la serie della Valle d'Aosta. Il calo di nevosità ha ovvie ripercussioni anche da un punto di vista economico sull'industria dello sci.

L'ultima notizia recente sulla criosfera è relativa alla diminuzione della banchisa artica, che proprio nei giorni di fine settembre 2007 ha raggiunto la sua estensione minima da quando si fanno delle misurazioni al riguardo. La banchisa viene misurata dai satelliti dal 1979; si tratta di un interessante caso nel quale i dati rilevati per motivi militari sono diventati, per fortuna, poi utili alla scienza. Si è cominciata a misurare l'estensione e lo spessore della banchisa per motivi legati ai sommergibili, in quanto questi ultimi non possono emergere se lo spessore del ghiaccio è superiore a un metro. Per fortuna non è stato più necessario usare quei dati per fini militari, come dicevo; oggi le serie di dati classificate sono state rese disponibili alla comunità scientifica e i risultati sono i seguenti: il ghiaccio artico si sta riducendo con molta rapidità e il valore dell'ultimo anno ha sorpreso un po' tutti perché la banchisa sembra essere andata incontro a un vero e proprio collasso. L'ultimo dato rilevato, infatti, mostra uno scalino, raggiungendo il minimo assoluto da quando abbiamo delle misurazioni riguardanti la banchisa.

Ho fatto cenno in precedenza ai dati rilevati nelle città. Un lavoro di ricerca condotto nell'ambito di un programma europeo su tutte le regioni alpine, anche in collaborazione con istituti italiani, fra cui la Società meteorologica italiana, il CNR ISAC (Istituto di scienze dell'atmosfera e del clima), del quale è direttore il professor Prodi, e l'Università di Milano, e altri ancora, ha consentito la raccolta dei dati sulla grande regione alpina. La sorpresa o, meglio, la conferma che nasce dall'analisi di tali dati è che anche considerando i dati di alta montagna, quindi quelli non affetti dall'urbanizzazione, il segnale di riscaldamento è confermato.

Le correzioni che i climatologi hanno apportato alle serie di dati ricavati nelle città per neutralizzare il segnale di inquinamento urbano confermano in modo coerente il lavoro da cui risulta l'arretramento dei ghiacciai. Il segnale di aumento termico è inconfutabile. Il grado di aumento nell'ultimo secolo è effettivo e ne vediamo in tutti i modi delle conferme.

Vi sono comunque dei valori fuori dal comune, statisticamente poco probabili. Il primo si è verificato nell'estate del 2003. Osservando la variabilità normale dei dati degli ultimi duecentocinquanta anni, qualsiasi climatologo, se non avesse vissuto sulla sua pelle l'estate 2003, avrebbe eliminato dalla serie storica il dato mostrato sulla destra del grafico; avrebbe forse pensato ad un errore. Un caso come quello dell'estate del 2003 aveva, nel nostro clima europeo, una probabilità su 43.000 di verificarsi. Di conseguenza, o il destino ha deciso di farci vivere un fenomeno eccezionale, oppure potrebbero essere i primi segnali di un cambiamento

di assetto del sistema climatico. È presto per dirlo, ma è curioso notare come si stiano infittendo i superamenti dei valori medi, con quantità molto superiori ai massimi precedenti.

Abbiamo avuto nel 2006-2007 l'inverno più mite della nostra storia, ma non supera di molto i valori precedenti, che riguardano tutti anni recenti. Se osserviamo invece i dati del mese di aprile di quest'anno, ci accorgiamo che siamo in presenza di un secondo fatto statisticamente poco probabile: il mese di aprile supera del doppio l'anomalia dei precedenti massimi storici. L'estate 2003 e il mese di aprile 2007 sono fenomeni ravvicinati. Come al solito, questi pochi numeri sono ancora insufficienti per assumere che il sistema climatico si sia ormai destabilizzato e stia andando verso un nuovo assetto, ma non possiamo ignorarli, perché sono fenomeni che statisticamente non potevano verificarsi con una frequenza così elevata.

Per quanto riguarda il sistema climatico visto nella sua evoluzione futura, occorre innanzitutto premettere che esso è estremamente complesso perché composto dall'interazione di tanti sottosistemi. Non ci sono soltanto il sole e l'aria; sarebbe stato facile prendere in considerazione solo l'atmosfera e il sole: in questo caso, i risultati dei calcoli sarebbero, più o meno, quelli ottenuti da Arrhenius, ossia un certo aumento di CO_2, produce un aumento della temperatura, senza considerare altri fattori.

Intanto, sul sistema influiscono i vulcani, che però escludiamo subito perché non possiamo controllare la loro frequenza di eruzione. È inutile oggi inserire nei modelli la presenza delle ceneri vulcaniche perché le esplosioni potrebbero avvenire ma anche non verificarsi affatto; possono passare, ad esempio, anche mille anni senza che succeda nulla. È chiaro che se esplodessero molti vulcani in futuro, ci ritroveremmo con un raffreddamento dell'atmosfera dovuto alle ceneri. Tuttavia, nessuno è in grado di dire se ciò avverrà o meno.

Altri elementi invece sono tutti attivi nella dinamica del clima. Vi sono i ghiacci, di cui abbiamo già parlato, e gli oceani con i loro scambi di gas serra che si sciolgono nell'acqua. Ma la temperatura, a sua volta, influenza la possibilità dei gas ad effetto serra, in particolare della CO_2, di rimanere disciolti nell'acqua. Se aumenta la temperatura, una maggiore quantità di CO_2 emerge nuovamente dagli oceani dove era in soluzione perché acque più calde trattengono minori quantità di gas in soluzione.

Il problema del sistema climatico sta nel fatto che esso è altamente non lineare. Vorrei spiegare tale concetto attraverso un piccolo aneddoto che risale a due settimane fa, mentre ero alla seconda Conferenza internazionale sui cambiamenti climatici e il turismo, che si è tenuta a Davos, nella nota sala dove si riunisce il Forum economico mondiale. In quella sala vi erano dei tavolini da conferenza – simili a quelli presenti in questa Commissione – sui quali erano stati messi, abbastanza vicino al bordo, dei bicchieri di vetro. Durante la conferenza con 600 delegati, all'incirca ogni quarto d'ora si udiva un bicchiere che precipitava a terra e andava in frantumi.

Questo aneddoto è una metafora del fatto che nei sistemi non lineari abbiamo un certo spazio nel quale i cambiamenti introdotti nel sistema non generano grandi rivoluzioni. Finché il bicchiere sta sulla superficie del tavolino, si muove un po' ma non capita quasi nulla. Abbiamo invece dei punti precisi in cui anche una piccola variazione fa cadere giù dal tavolo il bicchiere che si rompe.

Questo ci porta a un primo corollario: la mancanza di attenzione. Nonostante tutti avessero visto i bicchieri sul bordo, nonostante fosse caduto il primo, continuava a caderne uno ogni quindici minuti. Ciò significa che la gente non dava attenzione al problema, nonostante si verificasse davanti ai suoi occhi.

Il secondo corollario è che bastava prendere un provvedimento. Ho infatti pensato che non era certo la prima conferenza tenuta in quella sala: sarebbe stato sufficiente mettere un bordo di un centimetro al tavolo e i bicchieri non sarebbero più caduti.

Ho raccontato questo piccolo aneddoto per mostrarvi come il sistema climatico abbia questo tipo di comportamento, e anche le ere glaciali cui ho accennato prima. Ci sono dei momenti nei quali il clima regge all'interno di un equilibrio e i cambiamenti sono modesti. Negli ultimi diecimila anni ci sono stati infatti circa due gradi di oscillazione in più o in meno della temperatura. Poi però accade qualcosa: c'è un fenomeno esterno o interno al sistema, e questo improvvisamente precipita verso un'altra fase di stabilità, ad esempio le ere glaciali.

L'immagine che vi sto mostrando è esemplificativa: il clima si comporta come una biglia. Il sistema ha delle collinette: se si imprime una spinta alla biglia, e questa si trova nella conca, tende a tornare indietro e il sistema non collassa; il bicchiere non cade. Se invece si imprime alla biglia una spinta sufficientemente forte a farle superare la china, scende dall'altra parte e non torna più indietro: non può più farlo. La biglia supera uno spartiacque e si troverà in un'altra valle, in un'altra fase del sistema, che potrebbe significare una Terra molto più calda o più fredda, ad esempio.

Ecco perché in sostanza la prudenza cui oggi si fa appello è anche questa. L'ignoranza di certi funzionamenti del sistema ci fa dire che non sappiamo dove è collocato il bicchiere: mancheranno al bordo un centimetro o dieci centimetri? Se mancassero dieci centimetri e lo sapessimo, potremmo dire: non c'è problema, con la CO_2 potremmo arrivare fino a 1000 parti per milione, ci preoccuperemo quando saremo lì. In realtà non sappiamo se il bordo, il limite di instabilità, è 1.000 o 500: può anche darsi che il bicchiere sia già molto vicino al bordo e che la CO_2 che noi andiamo immettendo destabilizzi il sistema.

Speriamo che studiare ulteriormente il funzionamento del sistema climatico ci aiuti, con i dati del passato, a trovare una collocazione migliore della soglia di instabilità che per il momento non è possibile rilevare. In questo modo si elaborano i modelli climatici (procedo più rapidamente perché in sostanza non ho più nulla di nuovo da dirvi: sono le acquisizioni dell'IPCC); grazie al passato si è potuto ricostruire il clima mediante mo-

delli di simulazione e avere una verifica che essi funzionano. Sono pieni di difetti, sono da migliorare, non sono certo degli oracoli, non possiamo credere ai loro dati con tre cifre decimali, ma la ricostruzione del clima del passato è coerente con i modelli climatici: in sostanza ci dice che se i gas serra continuano ad aumentare, la temperatura è destinata a salire di certe quantità che dipendono dagli scenari economici. Ma questo è un dato che già conoscete.

Arrivo alle conclusioni, che sono più personali. L'Unione europea sta facendo molto sia per la diffusione di conoscenza nel settore dei cambiamenti climatici sia anche per promuovere azioni di mitigazione. Il messaggio che già due anni fa con una campagna di informazione ha lanciato è quello, che condivido, che si condensa in quattro esortazioni: abbassa, spegni, ricicla, cammina. In sostanza, dobbiamo ridurre l'uso di risorse sul pianeta; questa è la linea che ci viene indicata da più parti, ovviamente ci sono modi diversi per farlo.

C'è chi sostiene, da un punto di vista molto radicale, che dovremmo ridurre in tutti i settori il nostro tenore di vita; probabilmente in futuro sarà necessario, per il momento mi limito a dire che dobbiamo prendere coscienza che la «torta» terrestre è una sola e quindi non è possibile una crescita esponenziale, per limiti fisici del sistema. Bisognerebbe trovare una sorta di situazione stazionaria dove, una volta che si sono raggiunti livelli dignitosi di benessere, non è possibile continuare ad accrescerli perché poi le risorse si esauriscono. È un problema legato anche all'aumento della popolazione; abbiamo già detto della sensibilità diversa della società.

Il consumo del suolo lo vedo come un problema correlato al futuro dell'Italia in uno scenario di cambiamento climatico, perché è la risorsa che in questo momento stiamo consumando in maniera meno responsabile e soprattutto in modo irreversibile. Su alcune cose possiamo permetterci degli errori perché in una certa misura sono correggibili: ad esempio, se taglio una foresta, e poi mi accorgo che ho sbagliato, posso anche ripiantarla. Non sarà più come quella di prima, ma nel giro di un certo numero di anni gli alberi ricresceranno. Nel caso dell'uso del territorio con estensiva urbanizzazione, si determina invece una situazione irreversibile, non posso più tornare indietro.

Il suolo per noi sarà fondamentale per vari motivi: in primo luogo, per l'infiltrazione dell'acqua e la mitigazione delle eventuali alluvioni che, con i fenomeni di pioggia intensa attesi, andranno ovviamente a interagire negativamente con le zone urbanizzate. In secondo luogo, il suolo è un accumulatore di CO_2, e quindi è nel suolo che abbiamo le nostre carte per Kyoto: meno suolo disponibile avremo, minore sarà la possibilità di sottrazione di CO_2. E poi, non ultimo, se i cambiamenti climatici imporranno, non necessariamente in Italia ma nel panorama mondiale, una diversa disponibilità alimentare sul nostro suolo dovremo poter contare come un elemento di sicurezza nazionale: sul suolo si vive.

Oggi per motivi finanziari può essere comodo andare a comperare il cibo altrove, domani potrebbe essere importante essere in grado di pro-

durre il cibo il più possibile in casa nostra, tra l'altro anche in relazione ai problemi petroliferi. Sono dati che probabilmente conoscete, ma il picco di estrazione petrolifera è ormai conclamato e il prezzo del petrolio di questi giorni ce ne dà una ulteriore conferma; la produzione alimentare dipende anche dal petrolio, perché i fertilizzanti chimici sono fatti con il petrolio. Quindi, non possiamo parlare solo di clima, ma bisogna mettere insieme tutti i grandi aspetti della gestione del territorio.

Concludo con una immagine, che in qualche modo rappresenta la notizia positiva. All'inizio mi è stato chiesto di dare notizie positive; vorrei allora vedere in positivo tutti gli argomenti di cui abbiamo parlato. Il primo dato positivo è che con la conoscenza per la prima volta nella storia dell'umanità possiamo evitare di finire nei trabocchetti. Fino a duecento anni fa la mancanza di conoscenza scientifica faceva fare all'uomo semplicemente scelte del tipo: prima batto la testa e poi, se non me la sono rotta, imparo. L'umanità è andata avanti così, a tentoni; oggi per la prima volta possiamo elaborare degli scenari, e ciò rappresenta in sé qualcosa di positivo: se so dove si trova il bicchiere (per tornare all'aneddoto di prima), posso spostarlo prima che cada.

L'altro elemento è che vi sono alcune possibilità tecnologiche utilizzabili già da ora. È vero, non sono sufficienti e ne dobbiamo sviluppare altre, non mi illudo sul fatto che oggi si possa fare tutto con l'energia solare; però, se si imbocca la strada giusta, forse possiamo imparare a farne uso prima di averne una effettiva necessità. Quello che vedete nella foto è il mio tetto; voglio predicare bene e anche razzolare bene: la mia casa e il mio ufficio funzionano interamente ad energia solare, la presentazione che avete visto è stata realizzata completamente ad energia solare. Oggi sono in colpa per avere preso l'aereo per venire qui a Roma, emettendo un po' più di CO_2 rispetto al treno, però riparo nel giro di due o tre giorni grazie ai pannelli solari che ricatturano la CO_2 che ho emesso. Vi ringrazio molto per l'attenzione.

PRESIDENTE. Siamo noi che la ringraziamo. Speriamo che non si pensi di sostituire i bicchieri di vetro con altri in plastica, pensando che così non si possono rompere.

SCOTTI *(FI)*. Solo un chiarimento: lei ha detto che il 60 per cento dell'effetto serra dipende dal vapore acqueo il quale aumenta con l'aumentare della temperatura degli oceani. Poi ha detto che l'aumento di temperatura è dovuto soprattutto all'aumento dell'energia irradiata dal sole, quindi ha affermato che la parte di aumento di CO_2 di origine antropica è la causa dell'aumento di temperatura perché – è questo il punto che non mi è chiaro e di qui la mia domanda – degli isotopi dimostrano che è questa parte di CO_2 a provocare l'aumento della temperatura. Vorrei un chiarimento al riguardo.

MERCALLI. Non è dimostrato che è la CO_2 che scalda: è dimostrato che l'aumento di CO_2 recente deriva dal carbonio fossile. Il passaggio da

300 a 385 parti per milione è stato verificato per non cadere nel trabocchetto di una liberazione di CO_2 per cause naturali. La CO_2 poteva essere salita, indipendentemente dal fatto che bruciassimo petrolio, per altri motivi. Si è dimostrato che invece il suo aumento deriva dalla combustione del petrolio, perché il carbonio antico di sessanta – settanta milioni di anni fa, contenuto nel petrolio e nel carbone, è stato ritrovato in atmosfera negli anni recenti come diverso rapporto 12C/13C. Questo non dimostra il legame della CO_2 con il riscaldamento; dimostra solo che la CO_2 in più l'abbiamo emessa noi.

BELLINI *(SDSE)*. Ringrazio il professor Mercalli per l'esauriente esposizione che arricchisce le nostre conoscenze e completa un ciclo di audizioni che effettivamente ci hanno consentito di acquisire un bagaglio di informazioni notevoli.

Dopo la sua relazione, mi è venuto da pensare ad Al Gore, che ha girato il film *Una scomoda verità,* vincitore di due premi Oscar, anche se poi in Inghilterra hanno rilevato che contiene qualche imprecisione. Ad Al Gore è stato di recente assegnato il premio Nobel per la pace, facendo forza sull'idea che parlare dei cambiamenti climatici investe le relazioni sociali per decidere il futuro dell'umanità.

Se così va il mondo accademico e scientifico – le rivolgo una domanda retorica – come mai ancora non si riesce a suscitare una pari consapevolezza nell'opinione pubblica? Ci sono, infatti, forti sacche di resistenza nell'assumere una piena consapevolezza di quelli che sono ormai dati scientifici acquisiti. È una domanda retorica che mi permetto di porle perché tutti possiamo rifletterci.

MERCALLI. Ritengo che tutto ciò si debba attribuire al fatto che, quando si parla del futuro, e se ne propone uno che non è quello che verrebbe spontaneo attendersi – un futuro radioso dove si può fare tutto ciò che si vuole – c'è sempre una resistenza psicologica nell'accettazione. Faccio un'analogia con il fumo: ci sono voluti cinquant'anni per accettare le teorie che asserivano che il fumo è nocivo alla salute. Oggi, in qualche modo, questo assunto è stato accettato, e sui pacchetti di sigarette si scrive «il fumo uccide». La gente, però, continua a fumare nonostante questo vizio investa se stessi, mentre il clima è un processo esterno a noi, cui diamo una priorità inferiore.

Sempre a proposito del fumo, vi è inoltre da considerare che esistono ancora delle difficoltà ad accettare un rapporto di causa-effetto univoco perché capita che chi fuma si ammali d'altro, mentre chi non fuma muore prima perché contrae ugualmente la malattia che si pensava correlata al fumo. Poi, da un punto di vista statistico, i medici ci dicono che non ci sono dubbi sul fatto che vi sia un legame, perché la statistica ci fa rilevare che il fumo provoca 70.000 morti all'anno. Nonostante ciò, il legame causa-effetto non è così immediato e reale e, in qualche modo, ci lasciamo trascinare dalla consuetudine, illudendoci che si tratti di un problema di domani, e diamo un altro piccolo colpo a quel bicchiere.

SCOTTI *(FI)*. Le è sfuggita all'inizio una frase che forse non ho capito. Lei ha affermato: sono stato invitato a dire solo cose positive. Che cosa intendeva dire?

MERCALLI. È stata una battuta iniziale con la quale ci siamo detti: quando si parla di ambiente, sarebbe bello ascoltare delle notizie positive, anziché averne sempre di negative. Allora ho pensato che, affrontandole da un altro punto di vista, sono pur sempre delle notizie che possono essere viste in maniera positiva.

PRESIDENTE. Ringrazio molto il professor Mercalli perché credo che oggi abbiamo arricchito la nostra conoscenza.

Rispetto alle affermazioni del senatore Bellini, tornerei alla metafora del bicchiere per prendere atto dell'aspetto positivo, non giudicando, quindi, l'*exploit* di Al Gore, ma il riconoscimento che viene dall'IPCC. Questo può fornire un contributo alla divulgazione perché un premio Nobel ha un grande effetto anche mediatico: probabilmente può far cadere le ultime barriere e aiutare la ricerca.

Il nodo centrale è l'impegno dei Governi del mondo nel farsi carico di una situazione su cui purtroppo, come mostrano le immagini dell'arretramento dei ghiacciai e anche i dati statistici di centocinquanta anni, c'è poco da discutere. C'è da capire cosa può fare l'uomo per arginare questa situazione.

Con il professor Mercalli spero che avremo modo di incontrarci successivamente. Il professore ci lascia alcune sue riviste; ce n'è una molto interessante, intitolata «Le mucche non mangiano cemento», sulla sicurezza alimentare del nostro Paese, problema di cui stiamo discutendo in Commissione in merito alla difesa del suolo e su cui l'Italia dovrebbe porre maggiore attenzione.

Dichiaro conclusa l'audizione odierna.

Rinvio il seguito dell'indagine conoscitiva ad altra seduta.

I lavori terminano alle ore 16,45.

Licenziato per la stampa dall'Ufficio dei Resoconti

€ 2,00