Climate Change 2001 Una lettura critica

Parte seconda: previsioni di lungo termine sull'evoluzione del clima

di Giovanni Pieri

Nella prima parte abbiamo esaminato il documento di IPCC: Climate Change 2001, The Scientific Basis. Il documento, che chiamiamo brevemente CC2001, è un "progress report". Per la sua natura di lavoro scientifico sopranazionale ha un forte impatto sulla politica e sull'economia mondiali. Come già detto nella prima parte, in base ad esso i governi di tutto il mondo si apprestano a spendere risorse colossali per prevenire disastri ambientali dovuti al cambiamento di clima. Nella presente seconda parte proseguiamo la lettura critica del rapporto, analizzando in particolare l'uso di modelli matematici del clima, che, oltre ai dati climatici, sono tra i pilastri su cui poggiano le conclusioni di IPCC.

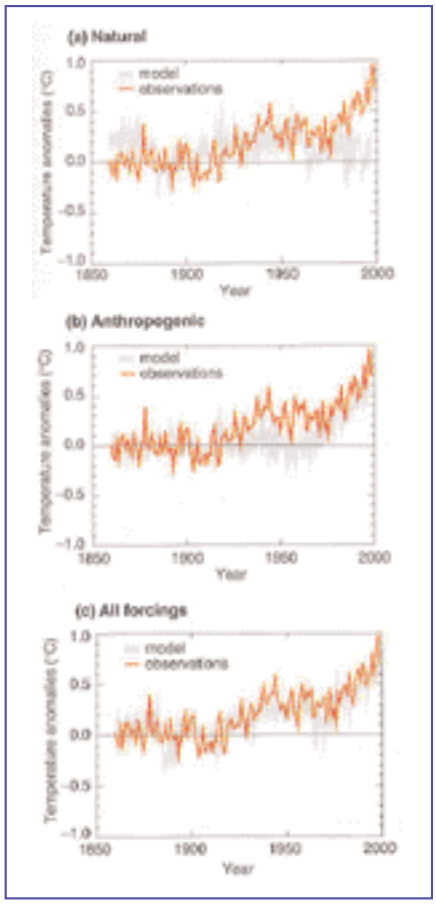

Figura 1 - Confronto tra le temperature misurate e l'insieme di 4 risultati ottenuti con un Oacgm

Le conclusioni del CC2001 in breve sono: il mondo è in riscaldamento perché le emissioni di gas serra e di aerosol dovuti alle attività umane alterano l'atmosfera; l'influenza umana continuerà a cambiare la composizione atmosferica durante il 21mo secolo e i cambiamenti climatici di origine antropica persisteranno per molti secoli. Il pericolo climatico è dato non solo come reale, ma anche in via di rapido aumento. Le conclusioni sono redatte in modo da fare pressione sui politici e sui decisori, perché passino all'azione e adottino politiche capaci di limitare i danni. I dati riportati nel CC2001 nella prima parte sono stati sottoposti ad un vaglio critico e abbiamo concluso che il CC2001 ne dà un'interpretazione spesso parziale e non conclusiva dal punto di vista scientifico, tanto che le conclusioni ne escono inficiate. In questa seconda parte verrà in particolare analizzato l'uso di modelli matematici per lo studio del clima, uno dei pilastri su cui poggiano le conclusioni sopra riportate.

I modelli climatici e l'origine antropica del cambiamento di clima

Esaminiamo l'uso di modelli climatici[1], dei quali si dice che negli ultimi anni è molto migliorata la capacità previsionale. L'argomento si trova esposto nel Capitolo 12[2]. I modelli cui fa riferimento il CC2001 sono di due tipi:

- Agcm = modelli della circolazione generale atmosferica
- Oagcm = modelli della circolazione generale atmosferica e oceanica.

Gli Agcm tengono conto del trasporto di energia che avviene ad opera dei movimenti dell'atmosfera, mentre gli Oagcm includono anche i movimenti degli oceani. Nel calcolare la temperatura della Terra entrambi i modelli includono il calore radiante proveniente dal sole e quello reirradiato nello spazio, secondo lo schema riportato in Figura 3 (parte prima). Naturalmente le enormi dimensioni della Terra consentono solo una descrizione grossolana di questi fenomeni, senza riprodurre la gran parte dei dettagli locali. Un lettore con preparazione chimica o più generalmente scientifica si chiederà in che modo gli Agcm e gli Oagcm siano stati sottoposti a prova sperimentale, necessaria, benché i modelli si basino su principi fisici noti, se si tiene conto delle approssimazioni nei modelli. Nel CC2001 non si trova un accenno chiaro ai protocolli di validazione che i modelli hanno dovuto superare. Il confronto tra dati misurati (in rosso) e calcolati (in grigio) nel periodo 1860-2000 (Figura 1) è l'unica prova sperimentale chiaramente riportata.

La prima parte dell'articolo è stata pubblicata sul numero di aprile 2003, pag.17.

[1] Nella Parte prima abbiamo discusso la concomitanza storica dell'aumento dei gas serra e della temperatura, come argomento usato da CC2001 per dimostrare che il primo fenomeno è causa del secondo. Siamo giunti alla conclusione che in sé non è un argomento solido e si presta a molte obiezioni.

[2] J.F.B. Mitchell *et al.*, 2001: Detection of Climate Change and Attribution of Causes, in Climate Change 2001.

I meccanismi che possono dare luogo a mutamenti di clima sono stati divisi in due categorie: quelli naturali e quelli antropici. I primi comprendono le emissioni vulcaniche e le variazioni di attività solare, i secondi invece comprendono l'effetto dei gas serra[3], la diminuzione dell'ozono stratosferico e gli aerosol di solfato sospesi nell'atmosfera. In sintesi si vede che:

- se nel modello si fanno lavorare solo cause naturali la simulazione riproduce con scarsa accuratezza i dati e cade decisamente in difetto negli ultimi decenni (Figura 1a);
- se peraltro si ignorano le cause naturali, mettendo in campo solo i gas serra, si riproduce il riscaldamento recente ma si ha un cattivo accordo tra il 1930 ed il 1970 (Figura 1b);
- se le cause naturali e i gas serra vengono tenute in conto contemporaneamente si ottiene un buon accordo (Figura 1c).

Da questo il CC2001 conclude che la causa dell'aumento di temperatura nell'ultimo secolo è l'aumento dei gas serra di origine antropica. Naturalmente per trarre queste conclusioni il CC2001 non si limita all'ispezione visiva della Figura 1, ma svolge anche un'analisi statistica delle deviazioni tra temperatura misurata e temperatura calcolata. Senza addentrarci nei numerosi e complicati metodi statistici richiamati nel Capitolo 12, ci limitiamo ad accennare che il problema è duplice:

- di identificazione o discernimento del segnale ("detection");
- attribuzione del segnale ad una determinata causa ("attribution").

Il risultato dei metodi statistici riportato dal CC2001 è che:

- il cambiamento di clima è un segnale discernibile nel rumore costituito dalle fluttuazioni naturali del clima;
- la conferma che l'aumento dei gas serra è la causa alla variazione climatica.

Il ragionamento sembra che fili: se nel modello la risalita di temperatura si ottiene solo tenendo conto dell'aumento dei gas serra, anche nella realtà l'aumento di temperatura non si verificherebbe se l'aumento dei gas serra non ci fosse. Un esame più attento delle caratteristiche dei modelli è sufficiente per vedere che questo punto di vista è semplicistico. L'idea, forse banale ma legittima, di un confronto punto per punto tra modello e dati sperimentali è irrealizzabile perché il modello fatto girare più volte dà risultati simili ma non identici. La striscia grigia della figura rappresenta l'intervallo di variabilità dell'insieme di 4 ripetizioni. Non è un indizio di scarsa qualità del modello, ma una caratteristica condivisa con la realtà medesima. La temperatura misurata è rappresentata da una linea netta (linea rossa), ma se immaginativamente ci dotassimo della macchina del tempo, tornassimo al 1860 ricominciando a misurare la temperatura, ci troveremmo infine un tracciato simile alla linea rossa di Figura 1, ma diverso nei particolari.

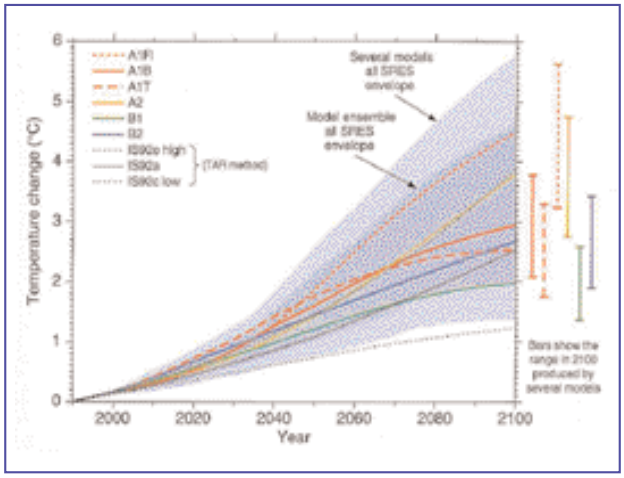

Figura 2 - Aumento di temperatura previsto con i modelli

Questo significa che l'effetto sulla temperatura media, a parità di cause, può essere diverso o addirittura opposto. Per esempio da un anno al successivo la temperatura media può aumentare o diminuire abbastanza indifferentemente, senza che niente muti nelle cause. Bastano circostanze fortuite, non incluse nelle cause di variazione del clima, per indirizzare la variazione in un senso o nell'altro. Il clima si comporta come un sistema dotato di complessità ed i suoi modelli ne condividono il comportamento. Pertanto non c'è da aspettarsi che cause ed effetti siano concomitanti. L'effetto può apparire sia ritardato, sia anticipato rispetto alla causa, secondo il gioco mutevole delle circostanze. Se l'aumento di temperatura dopo il 1900 è causato realmente dall'aumento dei gas serra, si tratta di un effetto ritardato, perché i gas serra sono in aumento rilevabile dal 1750 (vedi Parte prima) e solo dopo 150 anni i loro effetti si sono fatti visibili. Il fatto che il modello abbia fluttuazioni ben aderenti a quelle della temperatura reale, può non essere assolutamente significativo, perché se ritardi e anticipi sono dovuti a fatti fortuiti, il modello, che i fatti fortuiti reali non li contiene, dovrebbe dare di volta in volta simulazioni assai diverse tra loro, per esempio risalite di temperatura che qualche volta iniziano ben prima del 1900 e altre ritardano oltre quella data. Quindi la buona aderenza del modello ai dati potrebbe essere paradossalmente un indizio di gravi limitazioni, anziché una conferma di validità. I casi sono due: o il modello non è capace di descrivere altri scenari, oltre a quello che si è effettivamente verificato, oppure, facendo leva su variabili adattive, lo si è forzato a dare proprio quell'andamento. In entrambi i casi però il modello non è adeguato a sostenere un'attribuzione di causa. Si potrebbe obiettare che il CC2001 tiene conto di tutti questi fenomeni con i metodi statistici. I metodi statistici però funzionano solo sotto certe ipotesi, per esempio la conoscenza della distribuzione statistica del rumore. Nel nostro caso si tratta verosimilmente di un rumore la cui ampiezza è maggiore quanto più bassa è la frequenza e allora la distribuzione appare diversa a scale temporali diverse. Infatti le anomalie di temperatura vanno da -0,5 °C a +0,7 °C, se si considera il millennio, ma spaziano da -9 °C a +4 °C se si considerano gli ultimi 400.000 anni (Parte prima). Quello che appare segnale ad una scala temporale ristretta può essere tranquillamente considerato rumore ad una scala maggiore. Per cui avere eseguito il confronto dati contro modello su un periodo di tempo relativamente breve (160 anni), può indurre a considerare segnale qualcosa che sarebbe apparso normale fluttuazione (rumore) se visto in un arco di tempo di parecchi millenni. La questione della prova sperimentale rimane in sostanza aperta. Nel CC2001 non c'è traccia della volontà di trovare altre conferme sperimentali ai modelli, benché non sia impossibile pensarne. Per esempio si sarebbero potute tentare simulazioni molto lunghe per vedere le risposte dei modelli ai parametri astronomici. Nel caso degli ultimi 160 anni sono stati considerati costanti perché nel periodo variano poco. La prova più efficace sarebbe stata confrontare i modelli con situazioni deterministiche il cui risultato sia noto a priori in base a ad un calcolo in forma chiusa o meglio in base a esperimenti.

[3] I gas serra in questo contesto sono chiamati cause antropiche, ma nella Parte prima abbiamo visto che potrebbero essere cause naturali essi stessi.

Previsioni catastrofiche

L'evoluzione futura del clima è riportata nel capitolo 9[4], che possiamo considerare senz'altro la parte di più difficile lettura del CC2001. L'emissione di gas serra nel prossimo secolo dipende da molti fattori, come l'incremento di popolazione e l'aumento dei consumi individuali in vaste aree del mondo. Ne consegue un numero elevato di combinazioni e l'insieme degli scenari possibili è molto folto, anche ammettendo di tener conto solo dei più plausibili. Ogni scenario di cui il CC2001 tiene conto è identificato da una sigla a più simboli che ne specifica sinteticamente le caratteristiche. Per risalire al significato delle sigle bisogna studiare a fondo le regole con cui sono state formate e, per capirne il significato, bisogna leggere un apposito rapporto edito da IPCC. Se solo si volesse descrivere in breve il significato dei simboli degli scenari riportati in Figura 2 (in alto a sinistra), sarebbero necessarie alcune pagine. Solo Lomborg[5], a conoscenza di chi scrive, ha tentato di districarsi nella giungla di sigle per dare una lettura critica dei risultati dei vari scenari, ciononostante le sue considerazioni non sono molto più comprensibili dell'originale. Il lettore medio trascura le sigle degli scenari e dalla Figura 2 trae un'impressione drammatica. Infatti lo sguardo va subito in alto a destra dove si vede che in capo a 100 anni la temperatura media della terra salirà di 5,6 °C, dai 14 attuali ai 19,6 °C del 2100. È vero che con un po' di attenzione ci si rende conto che quello è il peggiore risultato del peggior modello nel peggior scenario, ma una volta entrato in testa questo valore deve avere difficoltà a uscirne, perché è quello citato con maggior frequenza dai mezzi di informazione. Da quanto detto qui sopra risulta che accettare le conclusioni francamente catastrofiche del CC2001 è una specie di atto di fede, mentre dato il loro probabile impatto sulle tasche dei contribuenti, sarebbe auspicabile verificare l'attendibilità di queste previsioni e modelli in modo diretto. La situazione è quella del chimico che ha letto un brevetto e vuole valutarne la consistenza. Che fa? Corre in laboratorio e tenta di riprodurlo, confidando che la combinazione di informazioni del brevetto e di abilità proprie sia sufficiente. Un tecnico medio del ramo ci riesce. Forse non tutto si svolge come nelle previsioni, ma il suo fiuto gli permette ugualmente di dare un giudizio. Insomma si può avere la convinzione sufficientemente fondata che per credere ad un brevetto non sia indispensabile un atto di fede.

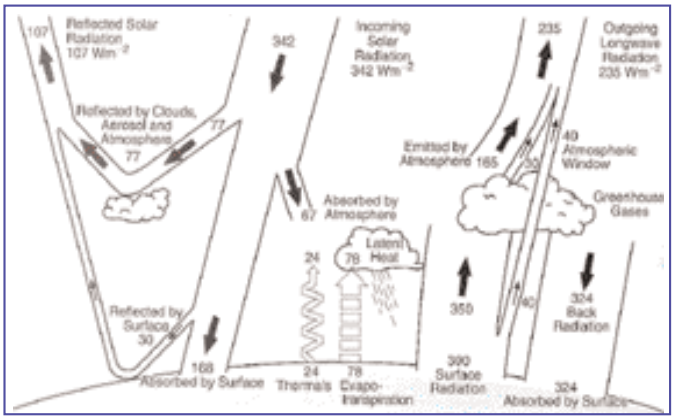

Figura 3 - Flussi scambiati tra la superficie del pianeta, l'atmosfera e lo spazio esterno

Bilancio radiativo del sistema suolo/atmosfera

Flussi entranti, Wm^{-2}		*Flussi uscenti, Wm^{-2}*	
Energia solare	342	Riflesso da nubi, atmosfera, polveri	77
		Riflesso dal suolo	30
		Emesso dal suolo	40
		Emesso dalle nubi	30
		Emesso dall'atmosfera	165
Totale	*342*		*342*

Qualche calcolo di controllo

Chi scrive, per competenze specifiche può considerarsi un tecnico medio del ramo della trasmissione di calore per irraggiamento. Questa branca della fisica è rilevante nel nostro caso, perché i flussi più importanti sono radiativi, come si vede dalla Figura 3. Nella parte sinistra della Figura 3 si vedono rappresentati i flussi verso terra. Circa la metà della radiazione solare incidente viene assorbito dal suolo e lo riscalda. Tutto questo avviene alle lunghezze d'onda relativamente brevi della radiazione emessa dal sole, alle quali l'atmosfera è piuttosto trasparente. Nella parte destra del diagramma sono rappresentati i flussi in uscita, che equilibrano l'energia in arrivo e mantengono costante la temperatura del sistema strettamente accoppiato atmosfera/suolo. Il fenomeno avviene alle lunghezze d'onda dell'infrarosso alle quali l'atmosfera è poco trasparente: solo il 10,3% di quanto è emesso dal suolo riesce a sfuggire verso lo spazio attraverso la cosiddetta finestra atmosferica, che è la regione dello spettro infrarosso nella quale l'atmosfera è trasparente. Il resto viene assorbito dall'atmosfera che a sua volta lo riemette, in parte verso il suolo in parte verso lo spazio esterno. L'atmosfera ha il bilancio in pareggio come si vede in Tabella.

Il primo controllo che viene in mente di fare è di quanto cambiano le proprietà ottiche dell'atmosfera all'aumentare della CO_2, perché pare impossibile che poche ppm di CO_2 in più possano alterare le proprietà ottiche a tal punto da rendere il bilancio dell'atmosfera molto diverso dall'attuale. Per comprendere la ragione di questo scetticismo bisogna ricordare che nell'atmosfera il gas serra principale è il vapor d'acqua, che non solo è il più abbondante, ma è anche più potente, cioè a parità di pressione parziale assorbe la radiazione infrarossa con maggiore efficacia della CO_2. Quanto all'abbondanza nella bassa atmosfera la pressione parziale del vapor d'acqua è almeno 15 volte quella della CO_2 e quanto alla capacità assorbente alla stessa pressione parziale può essere anche 20 volte maggiore. Questo fa pensare che un raddoppio cella CO_2 non possa percentualmente avere una forte influenza sulle proprietà ottiche totali. Un calcolo esatto richiederebbe mezzi molto sofisticati. Per non infliggere ai lettori una serie di calcoli molto tecnici, aggiriamo l'ostacolo utilizzando i dati di Figura 3 per mezzo del concetto di forzante ("forcing"), definito nel Capitolo 9, come sbilancio, misurato in Wm^{-2}, che una causa di alterazione del clima introduce nell'equilibrio radiativo della terra. Nel CC2001 si dice in più parti che la forzante dovuta ad un raddoppio di CO_2 nell'atmosfera è circa 1,5 Wm^{-2}. Il raddoppio di CO_2 restringe la finestra dell'atmosfera: invece di far uscire 40 Wm^{-2} ne lascia passare 38,5 Wm^{-2} (ovviamente la diminuzione

[4] U. Cubash *et al.,* Projections of Future Climate Change, 2001, in Climate Change 2001.

[5] B. Lomborg, The Skeptical Environmentalist, Measuring the Real State of the World, 2001, Cambridge University Press.

equivale alla forzante). La diminuzione di questa uscita dovrà essere compensata dall'aumento di un'altra. Il flusso emesso verso l'esterno passerà da 165 Wm^{-2} a 166,5 Wm^{-2}. Quest'aumento è ottenuto in parte con l'aumento di potere emissivo, in parte con l'aumento di temperatura. Il raddoppio di CO_2 provoca un aumento di potere assorbente dell'atmosfera:

$$\frac{350}{390} = 0{,}8974 \Rightarrow \frac{351{,}5}{390} = 0{,}9012$$

con un incremento dello 0,423%. Per la legge di Kirchhoff alla stessa temperatura anche l'emissività subisce un aumento uguale. Il flusso in uscita diventa 165×1,00423=165,7, che sfugge senza bisogno di aumenti di temperatura. La parte di flusso che abbisogna di un aumento di temperatura per sfuggire rimane quindi 0,8 Wm^{-2}. Tale flusso rappresenta lo 0,48% del totale (0,8/165,7=0,0048) e la temperatura assoluta dovrà percentualmente aumentare di $^1/_4$ di tale valore ossia dello 0,12%, in quanto i flussi radiativi sono proporzionali alla quarta potenza della temperatura assoluta. Poiché la temperatura attuale dell'atmosfera è di 287 K l'equilibrio si otterrà per un aumento di 287×0,0012=*0,34 °C.*

Se a questo si aggiunge che la CO_2 potrebbe aumentare molto meno di un raddoppio (probabile +14%, vedi Parte prima), viene da chiedersi da dove i modelli Aogcm prendano i loro risultati catastrofici: aumenti fino a oltre 5 °C e mai minori di 1,2 °C. Nel CC2001 il problema del perché i modelli predicano futuri rialzi di temperatura molto superiori a quelli prevedibili con un calcolo elementare non viene affrontato. È probabile che la spiegazione sia nel feed back positivo del vapor d'acqua, sia nei calcoli elementari non è conteggiato. L'effetto serra, provocato dall'incremento di CO_2, fa aumentare il contenuto di vapor d'acqua nell'atmosfera e questo rinforza ulteriormente l'effetto serra. La presenza di un feed back positivo in un sistema rende i suoi modelli poco stabili perché a piccole variazioni dei parametri interni dei modelli portano a grandi variazioni nei risultati. Se, come abbiamo messo in evidenza nel paragrafo precedente, il modello è stato forzato a descrivere l'improvviso rialzo di temperatura degli ultimi 100 anni, probabilmente avrà la tendenza a sopravvalutare i rialzi di temperatura futuri. Tutto questo considerato, dobbiamo concludere che le previsioni di riscaldamento più elevate sono con ogni probabilità allarmismi fuori luogo.

Considerazioni finali

Nella presente nota e nella Parte prima abbiamo dato una lettura accurata di alcuni punti del CC2001 e abbiamo trovato abbondante materia di critica. Da questo si potrebbe desumere un giudizio negativo su tutta l'opera. Non è così e cerchiamo di precisarlo. Il CC2001 è di una completezza senza pari quando esamina i fenomeni fisici e chimici che influenzano il clima e dedica un capitolo intero a ciascuno dei fenomeni principali; all'interno dei capitoli ogni singola componente dei fenomeni è esaminata in dettaglio con abbondanza di riferimenti bibliografici. Niente sfugge ai compilatori e tutto è trattato con il medesimo impegno e approfondimento. Da un punto di vista scientifico il CC2001 è una vera enciclopedia degli studi sul clima e sui fenomeni connessi. Ma dal punto di vista della saldezza delle conclusioni l'impostazione non è la migliore: un'enciclopedia di solito non ha conclusioni.

Quindi, da un lato il CC2001 è una vera miniera di informazioni scientifiche, sul cui alto livello non v'è niente da dire, come non v'è niente da dire sulla professionalità, preparazione e rappresentatività di tutti i membri del numeroso gruppo di lavoro che lo ha redatto. Dall'altro lato lo scopo politico di informare e consigliare i governi determina impostazioni e analisi non del tutto condivisibili, in contrasto con il rigore della parte strettamente scientifica. Meglio sarebbe stato allora diffondersi sugli effetti principali ed esporli con maggior trasparenza, tralasciando o riducendo al minimo le parti dedicate ad effetti piccoli o trascurabili. Tanto per fare un esempio l'effetto della CO_2 è di tipo radiativo, ma ai problemi radiativi si dedica un solo capitolo, come se l'importanza della radiazione fosse pari e non superiore a quella di altri fenomeni. Il documento avrebbe dovuto avere il taglio di un libro scientifico, nel quale si segue il filo di un ragionamento di fondo, nel quale si mettono in luce i fondamenti di quello che si dice e alla fine si dà una spiegazione chiara del funzionamento dei modelli dei quali ci si serve. Se in questo svolgimento di idee sorgono dei paradossi, si deve avere molta cura nel risolverli, facendo vedere per quali motivi l'approccio corretto al problema può sembrare in disaccordo con l'intuizione o con l'esecuzione di calcoli elementari. E se, come può capitare, la materia è tale che non è ancora del tutto chiara, si deve sospendere il giudizio, rinviare le conclusioni. Probabilmente bisogna riconoscere nel CC2001 un modo nuovo di fare scienza, per l'approccio corale e l'ampiezza dell'argomentazione. Caratteristico ne è l'uso di modelli, che sono così vasti e complessi da non potere essere implementati, migliorati, gestiti, dominati da una singola persona. Questo vale almeno per quei modelli di cui si occupa IPCC. Un modello del clima è per natura una costruzione che accumula conoscenza molto al di là della capacità individuale e risulta gestibile solo da un'istituzione.

Il legame stretto con le istituzioni è un'altra caratteristica del modo nuovo di fare scienza. Le istituzioni finanziano, sono i destinatari/committenti degli studi e sono i fruitori dei risultati. Che la scienza sia in sé un'istituzione non è scoperta recente. Probabilmente solo ora però siamo arrivati ad avere produzioni scientifiche come il CC2001 che sono espressione della comunità scientifica nel suo complesso. In passato le produzioni scientifiche erano prodotte da individui o piccoli gruppi. Nel caso del CC2001 la concentrazione di forze è più che giustificata dalla mole del lavoro da affrontare, ma porta con sé delle conseguenze. Un'opera come il CC2001 è di fatto inconfutabile. Chi potrà solo tentare di confutarla se quasi tutti quelli con preparazione e ingegno all'altezza del compito sono tra coloro che l'anno prodotta? C'è il rischio che ci si trovi di fronte ad una nuova e più insidiosa forma del principio di autorità. In passato certe affermazioni dovevano essere vere perché sostenute da qualche personaggio di eccezionale levatura, oggi perché sostenute della comunità scientifica in blocco. Se il principio di autorità si sostituisce a quello della falsificabilità è lo stesso metodo scientifico che ne soffre. L'importanza che assume un documento come il CC2001 nel mondo di oggi è massima. Non è un'iperbole se diciamo che va a colpire il cuore della democrazia. Il modo con cui l'informazione raggiunge il pubblico è critico riguardo alla possibilità reale di esercitare il diritto di scelta da parte dei cittadini. Da questo punto di vista il CC2001 non è certo soddisfacente.

Un cittadino comune difficilmente lo legge, se lo legge difficilmente lo capisce e ancor più difficilmente ha i mezzi per controllarne il contenuto. Però sulla base delle conclusioni del CC2001 ci saranno dei politici che chiameranno i cittadini a sopportare gli oneri di interventi sull'atmosfera. Il cittadino voterà a favore o contro? Una cosa è certa: comunque scelga non lo farà in base a criteri scientifici derivati dal CC2001. È più probabile che scelga in base al sentimento di imminente pericolo che il CC2001 ha contribuito a diffondere.