

STRUMENTI

IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Il cambiamento climatico è causato dall'aumento della concentrazione atmosferica dei gas serra (come anidride carbonica, metano e protossido di azoto, per citare solo i più importanti). Questi gas lasciano passare le radiazioni solari in entrata ma ostacolano le radiazioni infrarosse in uscita dalla Terra. Con l'aumentare della loro concentrazione, quindi, aumenta la temperatura media globale del Pianeta, con effetti devastanti sull'intero sistema climatico. Le conseguenze del cambiamento climatico sono ormai talmente significative da condizionare il futuro dell'umanità in generale e dei giovani in particolare.

Il volume si rivolge a chi, pur non essendo climatologo di professione, vuole ugualmente informarsi in modo serio sul cambiamento climatico. A tal fine, nel testo sono presentati i punti chiave dei Rapporti del Comitato Intergovernativo sul Cambiamento Climatico (IPCC) senza tralasciare una presentazione delle conoscenze di base, la disamina delle metodologie utilizzate e la presentazione dei risultati ottenuti dalle ricerche.

Di particolare importanza è il quarto capitolo, nel quale viene illustrato il 'Sesto Rapporto IPCC sul cambiamento climatico – Le basi fisiche', pubblicato il 9 agosto 2021, e sono riassunte le conclusioni della COP26, svoltasi a Glasgow dal 31 ottobre al 15 novembre 2021.

Gianni Comini

Già professore ordinario di Fisica tecnica nelle università di Trieste e Udine dal 1975 al 2010, dal 2010 è direttore del Dipartimento di energia e ambiente del Centro Internazionale per le Scienze Meccaniche (CISM) di Udine.

Michele Libralato

È dottore di ricerca in Scienze dell'Ingegneria Energetica e Ambientale. Dal 2016 svolge attività di ricerca nel settore della fisica tecnica ambientale presso l'università di Udine.

libreriauniversitaria.it
edizioni



€ 28,90

Comini, Libralato

IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

libreriauniversitaria.it

STRUMENTI



Gianni Comini, Michele Libralato

IL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Il punto di vista fisico-tecnico

Nuova edizione

libreriauniversitaria.it
edizioni

Prefazione

In questa seconda edizione sono state modificate alcune figure e sono stati corretti errori ed improprietà ma, soprattutto, si è aggiunto un quarto Capitolo/Appendice nel quale viene illustrato in sintesi il Sesto Rapporto IPCC sul Cambiamento Climatico - Le Basi Fisiche, pubblicato il 9 agosto 2021, e sono riassunte le conclusioni della COP26, svoltasi a Glasgow dal 31 ottobre al 15 novembre 2021 sotto la Presidenza del Regno Unito. Quindi, dal punto di vista dell'attualità si può affermare che la seconda edizione di questo volume è, probabilmente, il primo testo italiano già coerente con le frontiere della ricerca e gli ultimi orientamenti dei decisori politici.

La necessità di avere informazioni tempestive ed affidabili sul cambiamento climatico è imposta dagli impatti sempre più severi di tale cambiamento: le ondate di calore, i periodi di siccità prolungata e gli incendi di foreste stanno causando devastazioni anche in località finì a questo momento risparmiate. Le precipitazioni nevose si stanno riducendo mentre le piogge sono, sempre più spesso, torrenziali (al punto da essere chiamate "bombe d'acqua"). Le aree costiere sono devastate da mareggiate sempre più frequenti, e quelli che una volta venivano definiti "uragani tropicali" cominciano a formarsi nel Mediterraneo. Il futuro minaccia ghiacci e nevi perenni che scompaiono in montagna, la banchisa artica che si scioglie ed il permafrost (alla lettera: terreno gelato in permanenza) che si scongela sia in montagna sia nelle regioni polari. La calotta della Groenlandia perde massa ad una velocità senza precedenti, mentre la calotta antartica è minacciata da processi di destabilizzazione.

Tutto ciò succede perché le emissioni antropiche di "gas serra" e, di conseguenza, le concentrazioni di gas serra nell'atmosfera hanno raggiunto livelli senza precedenti. Tutto ciò continuerà a succedere fino a quando le concentrazioni non si saranno stabilizzate, e migliorerà se e quando le concentrazioni si ridurranno. Il problema è aggravato dal fatto che solo alcuni gas serra (tra essi il metano e il biossido di azoto), hanno tempi di permanenza nell'atmosfera limitati in quanto sono tolti di mezzo dagli onnipresenti radicali ossidrili (-OH). Infatti, il gas serra di gran lunga più importante, ovvero l'anidride carbonica, è un gas atmosferico e, quindi, ha tempi di permanenza illimitati in assenza di interventi esterni. In pratica, la concentrazione

di anidride carbonica può essere ridotta naturalmente soltanto da processi di assorbimento negli specchi d'acqua e di fotosintesi clorofilliana. Purtroppo, si tratta di processi molto lenti che non riescono più ad equilibrare i livelli di emissione attuali.

Nell'attesa che decisori e maggioranza dell'opinione pubblica si orientino verso una riduzione generalizzata delle emissioni di gas serra (magari cominciando dagli altri Paesi) cosa è possibile fare? Il primo passo non può che essere la conoscenza della situazione in cui ci troviamo, e di quello che il futuro ci riserva in funzione dei percorsi più o meno virtuosi che seguiremo. Naturalmente la conoscenza deve basarsi su informazioni corrette, ed a questo scopo l'ONU e l'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO - World Meteorological Organization) hanno dato vita nel 1988 al Comitato Intergovernativo sul Cambiamento Climatico (IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change). L'obiettivo del Comitato è quello di fornire ai decisori la miglior scienza climatica disponibile al momento, e di renderla accessibile anche a tutti gli interessati attraverso una serie di Rapporti Periodici scaricabili gratuitamente dal sito dell'IPCC.

Il problema, quindi, non è la mancanza di informazioni affidabili ma, casomai, la difficoltà nel comprenderle e la stessa enorme quantità di informazioni disponibili esemplificata dal fatto che il solo ultimo documento prodotto dall'IPCC: "Le Basi Fisiche" del Sesto Rapporto di Valutazione sul Cambiamento Climatico consta di oltre 3.900 pagine. Atteso il carattere divulgativo del nostro studio, abbiamo quindi deciso di procedere per "punti chiave" ponendo l'accento sui risultati che più interessano i "non addetti ai lavori". Inoltre, per facilitare la comprensione dei vari argomenti, i quattro Capitoli del nostro volume seguono percorsi lineari "tipo libro di testo" volti a fornire prima le conoscenze di base, per poi proseguire con l'esame delle metodologie utilizzate e concludersi con la presentazione dei risultati raggiunti. Infine, particolare cura è stata dedicata all'esigenza di non dare mai per scontate nozioni in realtà note solo agli "addetti ai lavori", in modo da rendere accessibile il testo anche a chi non è climatologo di professione.

In particolare, per rendere autosufficiente il Capitolo/Appendice si sono riportati, punto per punto, i necessari richiami ai capitoli precedenti, al fine di facilitare il compito di chi volesse informarsi sui più recenti sviluppi della ricerca climatica ma, per mancanza di tempo, preferisse rimandare gli approfondimenti non indispensabili. Secondo gli Autori, un approccio di questo tipo completa le cronache poiché è volto, soprattutto, a fornire il più semplicemente possibile le basi fisiche indispensabili per comprendere l'accelerazione dei cambiamenti climatici descritti dai mezzi di informazione di massa negli ultimi anni.

Per quanto riguarda i contenuti:

-
- *Il primo capitolo illustra i bilanci energetici della Terra: al limite dell'atmosfera, in superficie e nell'atmosfera stessa mostrando come l'aumento anomalo della temperatura globale sia una conseguenza diretta delle emissioni antropiche di "gas serra". Infatti, i primi paragrafi mettono in rilievo come la Terra sia un sistema isolato riscaldato dalle radiazioni solari di piccola lunghezza d'onda, che può smaltire calore verso lo spazio solo emettendo radiazioni di grande lunghezza d'onda nell'infrarosso. L'emissione di radiazioni infrarosse però è ostacolata dai gas serra. Di qui l'importanza di conoscere la distribuzione delle emissioni antropiche di gas serra e di illustrare il bilancio dell'anidride carbonica che è il gas serra più importante. Segue la dimostrazione della correlazione esistente tra aumenti di temperatura e concentrazione atmosferica dei gas serra in generale e dell'anidride carbonica in particolare che, come si è detto, è il gas serra più importante. Il capitolo si chiude con la illustrazione dei "percorsi rappresentativi di concentrazione RCP", la metodologia proposta dall'IPCC per fare delle previsioni sugli aumenti di temperatura da ora alla fine del secolo.*
 - *Il secondo capitolo entra nei dettagli dei modelli climatici, sempre più raffinati, che sono impiegati nelle previsioni, sempre più accurate, sull'evoluzione del clima. In questo quadro sono discussi gli "scenari socio-economici SSP" che, all'interno di ogni percorso RCP, descrivono con buona precisione le conseguenze climatiche dei comportamenti più o meno virtuosi che saranno adottati dalla popolazione mondiale. Le applicazioni delle analisi effettuate utilizzando percorsi e scenari sono molteplici e vanno dalla stima delle probabilità, purtroppo basse, di contenere entro 1,5°C l'aumento medio di temperatura alla fine del secolo, all'esame delle conseguenze che aumenti di temperatura superiori a 1,5°C avranno sul suolo in tutto il Pianeta. Vi è, infatti, una correlazione molto stretta tra cambiamenti climatici, degrado del suolo e conseguenze ambientali. Tali conseguenze, comunque, saranno tanto più gravi quanto meno sostenibili saranno i comportamenti socio-economici adottati.*
 - *Il terzo capitolo inizia occupandosi della perdita di efficacia dell'azione moderatrice dei cambiamenti climatici esercitata sinora da oceano e criosfera. Infatti, lo scioglimento dei ghiacci e l'aumento di temperatura dell'oceano ostacolano ulteriori assorbimenti di calore, mentre l'assorbimento di anidride carbonica nell'oceano sta diventando problematico a causa della progressiva acidificazione dell'oceano stesso che ostacola la fotosintesi clorofilliana. Il capitolo prosegue tenendo conto del fatto che molti di noi, autori inclusi, erano abituati a pensare in termini locali e, di conseguenza, erano portati a trascurare quello che succedeva nelle lontane regioni polari. In realtà lo scio-*

glimento dei ghiacci nelle regioni polari turba i regimi delle correnti marine e dei venti ed accentua i cambiamenti climatici in tutto il Pianeta. In molti casi, addirittura, lo scioglimento dei ghiacci potrebbe innescare dei processi a retroazione positiva capaci di auto-amplificarsi. Ne seguirebbe una vera e propria cascata di “punti di non ritorno” il cui traguardo finale potrebbe essere un punto di non ritorno globale per l’intero pianeta. In questo caso estremo il nuovo equilibrio climatico della Terra diventerebbe quello di una serra calda almeno se, nel frattempo, non saranno adottati comportamenti virtuosi di riduzione delle emissioni.

- *Il quarto capitolo inizia occupandosi di due eventi immediatamente successivi alla pubblicazione del “Sesto Rapporto - Le Basi Fisiche” avvenuta il 9 agosto 2021. Il primo evento, imprevisto, è stato l’assegnazione dei Nobel per la Fisica, il 5 ottobre 2021, ai due climatologi Syukuro Manabe e Klaus Hasselmann ed al fisico teorico Giorgio Parisi (che però si è anche delle applicazioni all’atmosfera ed alla climatologia delle sue ricerche sui sistemi fisici complessi). Con l’assegnazione di questi premi, la climatologia è entrata a pieno diritto tra le Scienze riconosciute dalla comunità scientifica, mentre i modelli climatici sono stati completamente accettati come strumenti affidabili per le previsioni climatiche a lungo termine. L’evento programmato da tempo è stato la COP26, che si è svolta a Glasgow dal 31 ottobre al 13 novembre 2021. Tra le tutte le COP svolte finora, è stata di gran lunga la più seguita con quasi 40.000 delegati e una eccezionale copertura di radio, televisione e stampa che ha dimostrato, una volta di più, l’interesse e la preoccupazione per gli impatti che il cambiamento climatico sta avendo in tutto il Mondo. In questo quadro, il quarto capitolo non smentisce quanto detto nei primi tre capitoli che erano già aggiornati allo “stato dell’arte”, ma precisa meglio e ribadisce con maggiore autorità quanto era stato già detto. Infatti sono di grande interesse, pratico e culturale, le informazioni fornite sullo stato attuale del clima, sulle possibilità di limitare i cambiamenti climatici futuri, e sulle valutazioni del rischio a livello regionale, con particolare riferimento all’area mediterranea ed all’Italia.*

I contenuti stessi dei diversi capitoli dovrebbero giustificare il fatto che il cambiamento climatico si sia trasformato nel (forse) più importante dei problemi che il genere umano dovrà affrontare nell’immediato futuro. D’altra parte, di fronte ad un problema di tale portata, sarebbe sbagliato farsi scoraggiare dalle difficoltà che ci attendono, se non altro per non dar retta ai numerosi profeti di sventura rinunciari che esortano a “non far niente perché, ormai, è troppo tardi”. Sarebbe il modo migliore per far avverare le previsioni più cupe mentre si può fare ancora molto per

evitare le catastrofi peggiori e moderare il più possibile gli effetti del cambiamento climatico. Occorre, però, seguire le indicazioni che provengono da organismi autorevoli ed affidabili come l'IPCC e non le false informazioni diffuse a fini politici o lobbistici da fonti certamente non disinteressate.

Dai Rapporti dell'IPCC emerge chiaramente il fatto che ci troviamo di fronte alla necessità di superare l'attuale sistema energetico/industriale basato sui combustibili fossili per mirare alla completa "decarbonizzazione", ovvero all'azzeramento delle emissioni antropiche di anidride carbonica. Si tratta di un cambiamento epocale che potrà essere accettato solo da un'opinione pubblica correttamente informata. Se saremo stati in grado di aiutare qualche "non addetto ai lavori" ad acquisire le informazioni necessarie sul cambiamento climatico, il nostro lavoro sarà da considerare un successo.

Udine, gennaio 2022

Gianni Comini e Michele Libralato

Indice

1	Alle radici del cambiamento climatico	1
1.1	Introduzione	1
1.2	Bilancio energetico della Terra	3
1.2.1	Limite dell'atmosfera	4
1.2.2	Superficie terrestre	6
1.2.3	Atmosfera	7
1.2.4	“Effetto serra” in azione	8
1.3	Scambi termici e bilanci energetici*	9
1.3.1	Fisica della radiazione*	10
1.3.2	Stima semplificata dell'effetto serra*	13
1.3.3	Radiazione nell'atmosfera*	15
1.4	I gas serra nell'atmosfera	19
1.4.1	Distribuzione delle emissioni	20
1.4.2	Il bilancio dell'anidride carbonica	23
1.5	Limitazione delle concentrazioni atmosferiche di anidride carbonica	27
1.5.1	Riduzione delle emissioni nel sistema energetico	28
1.5.2	Rimozione dell'anidride carbonica dall'atmosfera	31
1.6	Anomalia termica	33
1.6.1	Distribuzione degli aumenti di temperatura	36
1.6.2	L'inquinamento chimico	38
1.7	Percorsi Rappresentativi di Concentrazione - RCP	39
1.7.1	“Budget” di anidride carbonica	44
1.7.2	Popolazione mondiale e urbanizzazione	50
1.8	Conclusioni	51
2	Modelli climatici e suolo	55
2.1	Introduzione	55
2.2	Modelli climatici	57
2.2.1	Costruzione dei modelli climatici	58
2.2.2	Evoluzione dei modelli climatici	60

INDICE

2.2.3	Feedback, o retroazione, positivo*	63
2.3	Scenari Socio-economici Condivisi - SSP	65
2.3.1	Rivisitazione degli accordi di Parigi	71
2.4	Il suolo	72
2.4.1	Cambiamenti climatici e degrado del suolo	73
2.4.2	Conseguenze dirette dell'aumento di temperatura	75
2.4.3	Conseguenze indirette dell'aumento di temperatura	76
2.5	Gestione sostenibile del suolo	77
2.6	Distribuzione normale o di Gauss*	80
2.6.1	Riduzione dei tempi di ritorno di eventi estremi	83
2.7	Conclusioni	85
3	Oceano e criosfera	89
3.1	Introduzione	89
3.2	Definizioni e metodologia	90
3.3	Il ghiaccio in montagna	93
3.3.1	Impatti della fusione dei ghiacci in montagna	96
3.4	Il ghiaccio nelle regioni polari	98
3.4.1	Il ghiaccio marino	100
3.4.2	Le calotte di ghiaccio	103
3.4.3	Destabilizzazione della calotta Antartica	104
3.4.4	Il permafrost nelle regioni polari	107
3.4.5	Destabilizzazione del permafrost nelle regioni polari	108
3.5	L'aumento del livello del mare	110
3.5.1	Impatti dell'aumento del livello del mare	112
3.6	Eventi estremi nell'oceano	113
3.6.1	Gli uragani	115
3.6.2	Immagini satellitari degli uragani	117
3.6.3	Cicloni, anticicloni e accelerazione di Coriolis*	121
3.6.4	Venti di uragano	122
3.6.5	Onde e maree di tempesta	125
3.6.6	Venezia e l'Acqua Alta	127
3.7	Circolazione termoalina	135
3.7.1	Dinamica del MOC	136
3.7.2	Indebolimento dell'AMOC	138
3.7.3	Densità dell'acqua di mare*	140
3.8	Punti di non ritorno	140
3.8.1	Collasso dei ghiacci	141
3.8.2	Cambiamenti nelle circolazioni oceaniche e atmosferiche	143
3.8.3	Ecosistemi minacciati	144

3.8.4	La cascata dei punti di non ritorno	146
3.9	Conclusioni	148
4	Appendice - Sesto Rapporto IPCC sul Cambiamento Climatico	155
4.1	Introduzione	155
4.2	Lo stato attuale del clima	159
4.3	Possibili futuri climatici	163
4.4	Valutazione del rischio a livello regionale	168
4.5	Limitare i cambiamenti climatici futuri	169
	Acronimi	175
	Indice analitico	179