

Annalisa Cherchi  
Susanna Corti

# CLIMA 2050

La matematica e la fisica per il futuro  
del sistema Terra

a cura  
di Stefano Dalla Casa



Nel video *Il clima che verrà: modelli e scenari nell'ultimo rapporto IPCC*,  
le autrici raccontano la loro esperienza di lavoro all'interno del gruppo  
intergovernativo sul cambiamento climatico delle Nazioni Unite.  
Scarica la app GUARDA! e inquadrami



**ZANICHELLI**

#### Diritti riservati

I diritti di pubblicazione, riproduzione, comunicazione, distribuzione, trascrizione, traduzione, noleggio, prestito, esecuzione, elaborazione in qualsiasi forma o opera, di memorizzazione anche digitale e di adattamento totale o parziale su supporti di qualsiasi tipo e con qualsiasi mezzo (comprese le copie digitali e fotostatiche), sono riservati per tutti i paesi. L'acquisto della presente copia dell'opera non implica il trasferimento dei suddetti diritti né li esaurisce.

#### Fotocopie e permessi di riproduzione

Le fotocopie per uso personale (cioè privato e individuale, con esclusione quindi di strumenti di uso collettivo) possono essere effettuate, nei limiti del 15% di ciascun volume, dietro pagamento alla S.I.A.E. del compenso previsto dall'art. 68, commi 4 e 5, della legge 22 aprile 1941 n. 633. Tali fotocopie possono essere effettuate negli esercizi commerciali convenzionati S.I.A.E. o con altre modalità indicate da S.I.A.E.

Per le riproduzioni ad uso non personale (ad esempio: professionale, economico, commerciale, strumenti di studio collettivi, come dispense e simili) l'editore potrà concedere a pagamento l'autorizzazione a riprodurre un numero di pagine non superiore al 15% delle pagine del presente volume. Le richieste vanno inoltrate a

CLEARedi Centro Licenze e Autorizzazioni per le Riproduzioni Editoriali  
Corso di Porta Romana, n. 108  
20122 Milano  
e-mail [autorizzazioni@clearedi.org](mailto:autorizzazioni@clearedi.org) e sito web [www.clearedi.org](http://www.clearedi.org)

L'editore, per quanto di propria spettanza, considera rare le opere fuori del proprio catalogo editoriale. La loro fotocopia per i soli esemplari esistenti nelle biblioteche è consentita, anche oltre il limite del 15%, non essendo concorrenziale all'opera. Non possono considerarsi rare le opere di cui esiste, nel catalogo dell'editore, una successiva edizione, né le opere presenti in cataloghi di altri editori o le opere antologiche. Nei contratti di cessione è esclusa, per biblioteche, istituti di istruzione, musei e archivi, la facoltà di cui all'art. 71 - ter legge diritto d'autore. Per permessi di riproduzione, diversi dalle fotocopie rivolgersi a [ufficiocontratti@zanichelli.it](mailto:ufficiocontratti@zanichelli.it)

#### Licenze per riassunto, citazione e riproduzione parziale a uso didattico con mezzi digitali

La citazione, la riproduzione e il riassunto, se fatti con mezzi digitali, sono consentiti (art. 70 bis legge sul diritto d'autore), limitatamente a brani o parti di opera,

- a) esclusivamente per finalità illustrative a uso didattico, nei limiti di quanto giustificato dallo scopo non commerciale perseguito.  
(La finalità illustrativa si consegue con esempi, chiarimenti, commenti, spiegazioni, domande, nel corso di una lezione);
  - b) sotto la responsabilità di un istituto di istruzione, nei suoi locali o in altro luogo o in un ambiente elettronico sicuro, accessibili solo al personale docente di tale istituto e agli alunni o studenti iscritti al corso di studi in cui le parti di opere sono utilizzate;
  - c) a condizione che, per i materiali educativi, non siano disponibili sul mercato licenze volontarie che autorizzano tali usi.
- Zanichelli offre al mercato due tipi di licenze di durata limitata all'anno scolastico in cui le licenze sono concesse:  
A) licenze gratuite per la riproduzione, citazione o riassunto di una parte di opera non superiore al 5%. Non è consentito superare tale limite del 5% attraverso una pluralità di licenze gratuite.

B) licenze a pagamento per la riproduzione, citazione, riassunto parziale ma superiore al 5% e comunque inferiore al 40% dell'opera.

Per usufruire di tali licenze occorre seguire le istruzioni su [www.zanichelli.it/licenzeeducative](http://www.zanichelli.it/licenzeeducative)

L'autorizzazione è strettamente riservata all'istituto educativo licenziatario e non è trasferibile in alcun modo e a qualsiasi titolo.

#### Diritto di TDM

L'estrazione di dati da questa opera o da parti di essa e le attività connesse non sono consentite, salvi i casi di utilizzazioni libere ammessi dalla legge. L'editore può concedere una licenza. La richiesta va indirizzata a [tdm@zanichelli.it](mailto:tdm@zanichelli.it)

#### File per sintesi vocale

L'editore mette a disposizione degli studenti non vedenti, ipovedenti, disabili motori o con disturbi specifici di apprendimento i file pdf in cui sono memorizzate le pagine di questo libro. Il formato del file permette l'ingrandimento dei caratteri del testo e la lettura mediante software screen reader. Le informazioni su come ottenere i file sono su [www.zanichelli.it/scuola/bisogni-educativi-speciali](http://www.zanichelli.it/scuola/bisogni-educativi-speciali)

#### Grazie a chi ci segnala gli errori

Segnalate gli errori e le proposte di correzione su [www.zanichelli.it/correzioni](http://www.zanichelli.it/correzioni). Controlleremo e inseriremo le eventuali correzioni nelle ristampe del libro. Nello stesso sito troverete anche l'errata corrige, con l'elenco degli errori e delle correzioni.

#### Realizzazione editoriale:

- Collana ideata da: Federico Tibone e Lisa Vozza
- Coordinamento editoriale: Elena Bacchilega, Stefano Dalla Casa, Lucia Sanna Bissani
- Redazione: Veronica Vannini
- Progetto grafico: Falcinelli & Co.
- Impaginazione: Francesca Ponti
- Disegni e grafici: Chiara Maccaferri
- Ricerca iconografica: Stefano Dalla Casa
- Composizione delle formule: Nuova Monograf snc, Bologna

#### Copertina:

- Progetto grafico: Falcinelli & Co.
- Artwork: Falcinelli & Co.
- Impaginazione: Francesca Ponti
- Immagine di copertina: OJO Images/iStock Photo

Prima edizione: ottobre 2022

#### Ristampa:

5 4 3 2 1 2022 2023 2024 2025 2026

#### Stampa: Grafica Ragno

Via Lombardia 25, 40064 Tolarà di Sotto - Ozzano Emilia (Bologna)  
per conto di Zanichelli editore S.p.A.  
Via Innerio 34, 40126 Bologna

## INDICE

1. **Si fa presto a dire clima...** 5  
Per capire che cos'è il clima e come cambia, consideriamo lo studio del Sistema Terra attraverso le osservazioni, le ricostruzioni e i modelli basati sulle leggi fisiche.
2. **Il clima del prossimo futuro** 33  
Non possiamo sapere che tempo farà a Bologna il 1° marzo 2050, eppure sappiamo che quasi certamente la temperatura media globale sarà più alta di 1,5 °C rispetto al periodo 1850-1900. Ecco il perché di questo (apparente) paradosso.
3. **La fisica e la matematica del clima** 59  
Conosciamo le equazioni dell'atmosfera, eppure prevedere il clima non è come prevedere il moto di una cometa. Il motivo è che abbiamo a che fare con un sistema caotico.
4. **Cambiamenti climatici vicini e lontani** 85  
Il riscaldamento è globale, ma i cambiamenti climatici cambiano da regione a regione, e per alcune le proiezioni indicano mutamenti drastici. È il caso anche del nostro Mediterraneo.
5. **Le conseguenze dei cambiamenti climatici** 109  
Perché alcuni cambiamenti sono già irreversibili e come sappiamo che il riscaldamento globale aumenta frequenza e intensità degli eventi estremi.

6. Clima di collaborazione	137
«Sono necessarie riduzioni forti, rapide e durature di CO <sub>2</sub> , metano e altri gas serra»: è uno dei messaggi chiave dell'ultimo rapporto IPCC, nato dalla collaborazione trasparente tra gli scienziati e le scienziate di tutto il mondo, incluse le autrici di questo libro.	
Le fonti di questo libro	149
4 miti da sfatare	153
Forse non sapevi che...	157
Indice analitico	163