

Guido Saracco

CHIMICA VERDE 5.0

Umanità, natura e tecnologia
alleate nella lotta al riscaldamento globale

Seconda edizione

a cura
di Stefano Dalla Casa

ZANICHELLI

Diritto riservato

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 fotografiche), 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 e sito web 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 fotocopy rivolgersi a 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,

- 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);
 - 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;
 - 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:
- 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,
 - licenza 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

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, salvo i casi di utilizzazioni libere ammessi dalla legge. L'editore può concedere una licenza. La richiesta va indirizzata a 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

Grazie a chi ci segnala gli errori

Segnalate gli errori e le proposte di correzione su 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: Elisabetta Contis, Veronica Vannini
- Progetto grafico: Falcinelli & Co.
- Impaginazione: Francesca Ponti
- Disegni e grafici: Chiara Maccaferri, Roberto Marchetti, Luca Tibile
- Ricerca iconografica: Stefano Dalla Casa

Copertina:

- Progetto grafico: Falcinelli & Co.
- Artwork: Falcinelli & Co.
- Impaginazione: Francesca Ponti
- Immagine di copertina: [xxmxx/iStock Photo](https://www.gettyimages.com/detail/stock-photo/xxmxx/iStock Photo)

Prima edizione: 2017

Seconda edizione: ottobre 2024

Ristampa:

5 4 3 2 1 2025 2026 2027 2028 2029

Stampa: Grafica Ragno

Via Lombardia 25, 40064 Tolara di Sotto - Ozzano Emilia (Bologna)

per conto di Zanichelli editore S.p.A.

Via Imerio 34, 40126 Bologna

INDICE

	Prefazione	7
I.	Una questione di atmosfera e... vita! Più di tre miliardi di anni fa, la comparsa della fotosintesi ha cambiato l'atmosfera della Terra spianando la strada all'evoluzione di forme di vita complesse, noi inclusi.	II
2.	L'avvento delle tecnologie e la rottura dell'equilibrio con la natura Anche la nostra specie ha avuto il potere di cambiare l'atmosfera, e ha cominciato a farlo dalla rivoluzione industriale. I combustibili fossili ci hanno donato molto benessere, ma ora la nostra dipendenza da queste risorse rischia di portarci all'estinzione.	27
3.	Sciagure climatiche e come affrontarle La Terra si sta scaldando a causa dei gas serra di origine antropica. Dalle precipitazioni estreme alle carestie, dall'arretramento delle coste ai rifugiati climatici gli effetti coinvolgono tutti noi. Gli accordi internazionali ci indicano la via da seguire: politica, sviluppo tecnologico ed economia devono cooperare a tutti i livelli della società.	35

4. **La rivoluzione rinnovabile «carbon-free»** 51
Sostituire le fonti fossili da cui dipende il nostro benessere è una sfida, eppure abbiamo già tecnologie alternative mature o in stadio avanzato di sviluppo che ci spingono all'ottimismo. Prima di tutto le rinnovabili e l'idrogeno verde, ma l'Accordo di Dubai ci spinge anche a riconsiderare il ruolo del nucleare.
5. **Rimedi naturali all'effetto serra: riforestazione e biocombustibili** 77
Evitare di emettere gas serra di origine fossile non basta: dobbiamo anche togliere l'eccesso di CO₂ dall'atmosfera. Un'oculata gestione forestale e i biocombustibili ricavati da biomasse non alimentari possono darci una mano.
6. **Imitare e migliorare la natura** 97
Da sempre la natura ispira le tecnologie «verdi», ma non possiamo limitarci a imitarla. I processi naturali sono troppo lenti e inefficienti per ripulire la nostra atmosfera, ma possiamo sviluppare tecnologie biomimetiche dotate dell'efficienza e della velocità di cui abbiamo bisogno per rendere sostenibile la nostra società.
7. **La cassetta degli attrezzi della *chimica verde* 5.0** 105
Fotosintesi artificiale, biologia di sintesi e ingegneria metabolica oggi sono una realtà. Possiamo usare l'energia del Sole non solo per produrre elettricità, ma anche i composti chimici che ci servono. E possiamo progettare organismi e processi che trasformano i nostri scarti, incluso il CO₂, in una risorsa.
8. **Energia e prodotti rinnovabili da rifiuti** 127
Già oggi possiamo valorizzare i rifiuti organici urbani e agricoli ottenendo biogas e compost, ma con la *chimica verde* 5.0 possiamo fare ancora meglio. Nelle bioraffinerie si possono produrre oli, plastiche, combustibili, senza toccare una goccia di petrolio.
9. **CO₂: una ricchezza** 149
Il CO₂ è molto difficile da catturare e convertire, ma non impossibile. Nelle industrie più difficili da decarbonizzare, come i cementifici, possiamo intercettarlo prima che fugga in atmosfera e riciclarlo sotto forma di composti ad alto valore aggiunto.

10. Una rivoluzione tecnologica e umana: il vento sta cambiando	171
La tecnologia da sola non ci basterà. La lotta per un pianeta più sostenibile passa dalle scelte dei singoli cittadini, della società, della politica e dell'economia. Solo così vinceremo la battaglia in tempo utile.	
Le tecnologie della <i>chimica verde 5.0</i>	197
Le fonti di questo libro	203
6 miti da sfatare	207
Forse non sapevi che...	213
Indice analitico	219