

PARTE

# L'UMANITÀ E IL PIANETA



ONLINE  
TRA LE RISORSE  
PER IL DOCENTE

# L'ipotesi Antropocene



VIDEOLEZIONE DI  
**RICCARDO MORRI**  
Il pianeta vivente



MAPPA  
DEL TEMA

## 1. La Terra come sistema

**UN SISTEMA DI SISTEMI** Il pianeta Terra sul quale abbiamo avuto la buona sorte di nascere e vivere è un complesso **sistema** di sistemi e, nello specifico, è un insieme di tanti sistemi più piccoli e aperti, che interagiscono fra loro. Gli studiosi lo definiscono “sistema Terra” e definiscono **ecosistemi** i numerosi sistemi minori in cui si articola.

Nel sistema Terra entrano in relazione esseri viventi (come piante e animali) e forme di vita inorganica (come i minerali) e interagiscono tra loro elementi di natura diversa: le rocce e l'acqua, il vento e i raggi solari, l'aria, gli esseri viventi e gli stessi prodotti delle attività e delle culture umane.

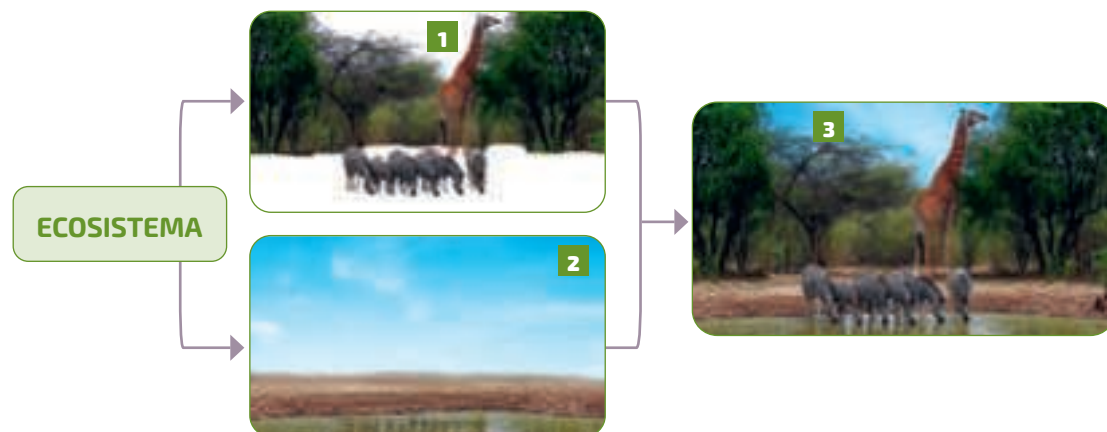
### Sistema

Un insieme di diversi elementi o parti che sono in relazione e interagiscono tra di loro (sistema chiuso) o con l'ambiente esterno (sistema aperto). Un sistema cambia in virtù delle interazioni, dei meccanismi che ne regolano il funzionamento e il comportamento.

**UN SISTEMA CON IL PROPRIO EQUILIBRIO** Una delle convinzioni che bisogna superare, per concepire la Terra come sistema, è l'idea che l'equilibrio sia una condizione permanente e data una volta per tutte. L'equilibrio non è statico, ma dinamico, infatti gli elementi che compongono un sistema come quello terrestre sono alla costante ricerca dell'equilibrio tra loro e, per trovarlo, tendono a **modificarsi** – così come si modificano le loro reciproche relazioni –, ad **adattarsi** ai cambiamenti. In una situazione così mutevole, le condizioni iniziali non si ripristinano mai, e anzi è solo in un equilibrio dinamico che si trovano nuove condizioni per la sopravvivenza.

### Ecosistema

Un **sistema** autosufficiente, quasi sempre aperto, e in equilibrio dinamico costituito da organismi viventi animali e vegetali (i fattori biotici **1**) e da materia abiotica (non viva), come il terreno, l'aria, l'acqua **2**, con la quale gli organismi scambiano materia ed energia, in un determinato ambiente **3**: un lago, un bosco (anche la città, in base a questa definizione).





**UN EQUILIBRIO SUSCETTIBILE DI CAMBIAMENTO** Il cambiamento e l'adattamento nel sistema possono essere generati da fattori interni o esterni. Un buon esempio di **fattore interno** può essere la crescita o la decrescita della popolazione delle specie in un ecosistema. Pensiamo al caso del **Lago Vittoria, in Africa**: negli anni Cinquanta del Novecento fu introdotto nelle acque del lago il pesce persico del Nilo, per aumentare la produzione di pescato. Si ottenne però il risultato contrario, al punto che le specie che popolavano precedentemente il lago si estinsero, soppiantate dalla nuova. E, come conseguenza dell'impoverimento delle risorse ittiche, sopravvissero e proliferarono gli individui della nuova specie, di dimensioni minori.

Un esempio di **fattore esterno** che incide sul sistema Terra sono invece i **raggi** e le **radiazioni solari** e la distanza del nostro pianeta dal Sole. Nel corso di un anno solare (365 giorni), e cioè mentre la Terra compie la rotazione attorno al Sole, il pianeta segue un'orbita ellittica che quindi in alcuni tratti si avvicina e in altri si allontana dal Sole. Il mutare della **distanza dal Sole** non è influente sul sistema Terra, al contrario determina un mutamento della quantità di raggi e di radiazioni solari che raggiungono e penetrano la nostra atmosfera, inducendo un cambiamento ciclico e periodico nella vita del pianeta che conosciamo come alternanza delle stagioni.

**IL RUOLO DELLE RISORSE NELL'EQUILIBRIO DEL SISTEMA** Per alimentare il proprio equilibrio, il sistema Terra produce e consuma energia attingendola dalle sue stesse **risorse**, che però sono limitate e non **ubiquitarie** (non sono, cioè, presenti ovunque, in parti uguali). In condizioni di "buon" equilibrio, le risorse non si esauriscono e continuano ad alimentare il funzionamento del sistema, per il quale sono indispensabili. Quando invece le risorse si esauriscono, si produce uno squilibrio tale da compromettere la produzione di energia. Prendiamo il caso dello **sfruttamento intensivo** del suolo coltivabi-

#### Risorse

Qualsiasi fonte – alimentare, idrica, energetica o mineraria – disponibile sulla Terra e utile per gli esseri viventi.



**Pescatori ritirano le reti al mattino presto sul Lago Vittoria, Kenya, 2017**

#### Trattori al lavoro in un vasto territorio coltivato a soia

Fra i diversi danni imputabili all'agricoltura intensiva si possono annoverare anche la perdita di varietà nei paesaggi e la scomparsa di alcune specie vegetali, a loro volta causa della perdita di risorse alimentari e di luoghi di riparo/nidificazione per alcune specie di animali e di uccelli.



Il pesce persico del Nilo



le per ottenere quantità di cibo sempre maggiori: questo tipo di sfruttamento provoca l'**impoverimento** del suolo e un suolo impoverito produce risorse alimentari sempre più scarse che non sono più fonti di energia sufficienti alla sopravvivenza.

**FONTI RINNOVABILI E NON RINNOVABILI** Un caso importante di risorse strategiche, ma limitate, è quello delle fonti naturali da cui ricaviamo l'**energia** che alimenta le nostre abitazioni, l'illuminazione urbana, i trasporti, le industrie. Le fonti principali per produrre energia sono gas, petrolio e carbone: anche dette "combustibili fossili", sono tutte **risorse non rinnovabili**, nel senso che hanno bisogno di tempi di formazione naturale lunghissimi (vere e proprie ere geologiche) e ciò rende impossibile rigenerarle con la stessa rapidità con la quale le stiamo consumando. Al contrario, fonti di energia come il **Sole**, il vento (energia **eolica**), l'acqua (energia **idrica** o **idroelettrica**) e il calore naturale della Terra (energia **geotermica**), che si rigenerano alla stessa velocità con cui vengono consumate, sono **risorse rinnovabili**. Peraltro, queste ultime fonti energetiche sono anche dette "**pulite**", perché **inquinano molto meno** di quelle non rinnovabili largamente usate, e il loro impiego non ha un impatto critico sugli equilibri ambientali.

**UN SISTEMA APERTO** Il nostro pianeta è un **sistema aperto** nel quale tutto scaturisce dall'**incontro** (e in molti casi dallo scontro), dal contatto tra gli elementi e dalla possibilità di movimento. Dal **contatto** deriva lo **scambio** che modifica la situazione di partenza e produce il cambiamento indispensabile alla sopravvivenza. Un buon esempio sono i casi di incontro "casuale" che permettono alle piante di riprodursi, aumentando enormemente le opportunità di sopravvivenza, non solo all'interno dell'ecosistema originario ma anche contaminando e colonizzando altri ecosistemi: pensiamo agli insetti che viaggiano con del polline attaccato alle zampe, portandolo da un fiore all'altro, o a un seme digerito e rimasto nelle feci di un animale, o ancora a un frutto trasportato dal vento che cade su un terreno fertile.



### L'impatto economico degli impollinatori

[Fonte: Commissione Europea]

Gli animali e gli insetti impollinatori sono fondamentali non solo per gli ecosistemi ma anche per molte attività umane. L'84% delle specie coltivate nella sola Unione Europea dipende almeno in parte dagli insetti per la produzione di semi. Molte coltivazioni (fra cui molta varietà di frutta) dipendono a un livello medio-alto dagli insetti impollinatori. Purtroppo, le popolazioni di impollinatori, in particolare api e farfalle, sono in forte declino a causa delle attività umane (come l'uso di pesticidi e agenti inquinanti, l'urbanizzazione o la destinazione ad uso agricolo di terreni prima incolti) destando la preoccupazione delle istituzioni.





**IL MOTORE DELLA VITA NEL SISTEMA TERRA** L'incontro, lo scambio, la **contaminazione** e l'**ibridazione**, ovvero il mescolamento, sono anche alla base del processo di selezione naturale individuato da Darwin, costituiscono, infatti, occasioni di cambiamento e danno alle specie più *chances* di sopravvivere.

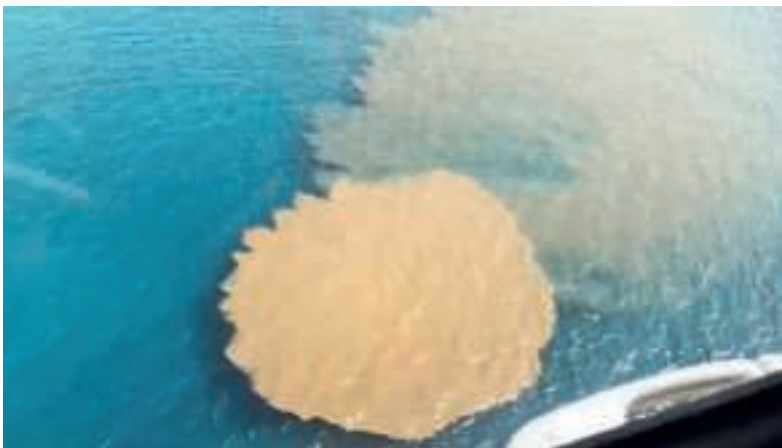
Una conseguenza della Terra come sistema aperto è che gli **ambienti "incontaminati"** in natura sono **condannati all'estinzione** e tendenzialmente non esistono. È dunque irrealistico e scientificamente sbagliato credere che, per garantirsi la sopravvivenza (una quasi magica salvezza), occorra preservare la "**purezza**" di una specie o l'**integrità** di un territorio, cioè, evitare il cambiamento. È importante invece maturare la consapevolezza che, sul pianeta, il motore della vita sono proprio il cambiamento, l'incontro e lo scambio.

**L'IMPATTO DELLA NOSTRA SPECIE** La nostra specie, **Homo sapiens**, è largamente diffusa e le attività umane hanno ormai un impatto notevolissimo sull'**ambiente**: l'incidenza del fattore umano è divenuta per questo determinante nel sistema Terra nel suo complesso. Prendiamo il caso del progresso scientifico e dello sviluppo di nuove tecnologie, che sono fondamentali quando **producono un miglioramento** nella qualità della vita delle persone. Può capitare che queste tecnologie aumentino le opportunità di sopravvivenza delle società umane, che sono solo una parte del sistema, e abbiano però un **impatto negativo** sul resto del sistema Terra. Prendiamo il caso della rete fognaria che migliora le condizioni igieniche per chi vive in una grande città, ma ha un impatto negativo sul sistema se sversa in mare o nei fiumi i rifiuti (liquami) prodotti dagli abitanti. Questo genere di impatto va considerato, come possibile evitato, per esempio costruendo un numero di depuratori adeguato a trattare e smaltire i rifiuti trasportati dalla rete fognaria prima che arrivino a contaminare le acque dei fiumi e/o dei mari.

Un impatto sul sistema deriva anche dalla messa a punto di tecnologie che aumentano la nostra capacità di sfruttare le risorse energetiche, sia quelle limitate ed esauribili, sia quelle rinnovabili. Per esempio, una forma di energia pulita ma limitata è quella prodotta dalle centrali nucleari, la cui tecnologia può generare scorie che hanno un impatto ambientale assai critico. Anche la tecnologia utile a sfruttare le energie rinnovabili prevede l'impiego di materiali difficili da smaltire e con un impatto ambientale nocivo, come le batterie in cui immagazzinare l'energia elettrica.

## Ambiente

Lo spazio in cui gli elementi viventi e non viventi sono immersi.



Una chiazza di liquami in mare dopo la rottura di un depuratore a largo di Genova



Divieto di balneazione in Emilia-Romagna per alte concentrazioni di batteri pericolosi per la salute umana

## 2. Dalla deriva dei continenti alla tettonica a zolle

**L'IMPORTANZA DI SAPER OSSERVARE** Provate a guardare con attenzione un globo o un mappamondo, concentrandovi sui profili delle terre emerse: notate niente di particolare?

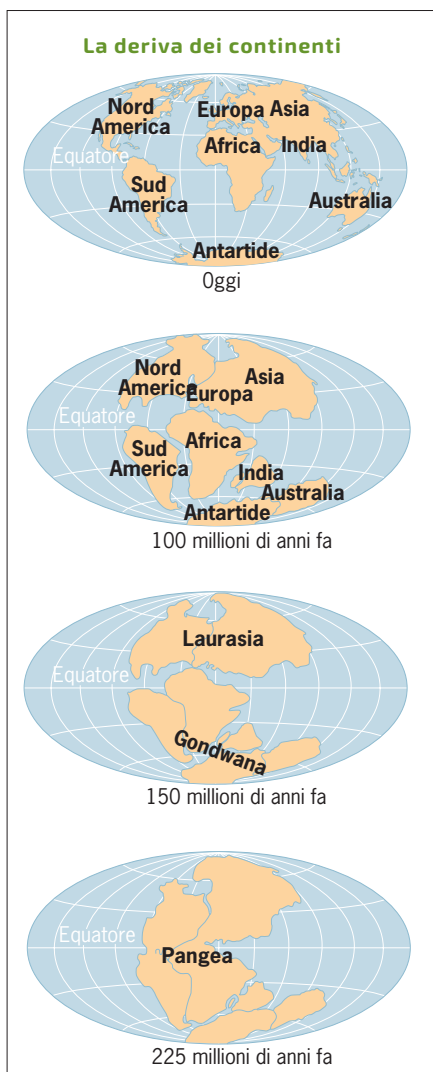
Se questa visione **sinottica**, di insieme, non vi suscita ancora alcuna curiosità, provate allora a ingrandire la **scala** di osservazione, cioè ad avvicinarvi e a guardare più da vicino solo una parte della superficie terrestre, come se steste facendo uno zoom con l'obiettivo dello smartphone o di una videocamera.

Ancora nulla? Un suggerimento allora: concentrate la vostra attenzione sull'Oceano Atlantico, che definisce il profilo del continente americano e dei continenti africano ed europeo (rispettivamente a ovest e a est dell'oceano), e poi sul bacino del Mediterraneo, che definisce invece il profilo del continente africano e del continente europeo (rispettivamente a sud e a nord del Mediterraneo). A questo punto dovrete veder comparire le tessere di un puzzle, i continenti appunto, che da molto lontano sembrano poter combaciare: la costa occidentale del Nord Africa pronta a incastonarsi nella cornice dell'America centrale; la "pancia" brasiliana dell'America del Sud che potrebbe trovare accoglienza nelle braccia del Golfo di Guinea, in Africa; la costa meridionale dell'Europa che aspetta di riunirsi alle coste settentrionali dell'Africa.

Da questa semplice ma tutt'altro che banale constatazione, frutto cioè di un'acuta capacità di osservazione, nasce una delle teorie più illuminanti relative ai processi di trasformazione e cambiamento del sistema Terra.

**LA DERIVA DEI CONTINENTI E L'ORIGINARIA MASSA CONTINENTALE** Tra il 1910 e il 1912, è il **geofisico e meteorologo** tedesco Alfred **Wegener** a definire la teoria di un movimento orizzontale dei continenti, pubblicata in diverse edizioni tra il 1915 e il 1919 e poi passata alla storia come la "**Teoria della deriva dei continenti**".

Wegener non si limitò a constatare la singolare "giustapposizione" tra i margini continentali, ma da studioso quale era raccolse numerosi dati di natura geologica e paleontologica che supportavano la sua teoria, mettendo in evidenza in particolare le molte affinità e le tante somiglianze che presentavano territori così lontani, divisi da interi mari se non addirittura situati sulle sponde opposte dell'Oceano Atlantico.



### Scala

La scala fissa una relazione matematica e geometrica tra le dimensioni degli oggetti o dei fenomeni e la loro rappresentazione. Nella cartografia è il rapporto che indica quante volte un oggetto (un elemento fisico, materiale) è stato ridotto, in maniera proporzionale, per poterlo rappresentare. In geografia, la scala si impiega anche per descrivere un fenomeno, naturale o sociale, a grandezze (o scale) differenti, oppure per descrivere come un fenomeno venga influenzato da fattori che agiscono a scale

diverse: un istituto scolastico, per esempio, è soggetto a decisioni che dipendono dalle Regioni e dagli enti locali che amministrano il territorio in cui si trova, e questi ultimi dipendono, a loro volta, dalle direttive emanate dallo Stato centrale.

Dal punto di vista grafico, un oggetto in scala può rappresentarsi nelle sue misure reali (in scala 1:1), ingrandito (in scala 2:1, ossia due volte più grande del reale), ridotto (in scala 1:2, ossia due volte più piccolo).





**IL DISTACCAMENTO DELLE MASSE CONTINENTALI** Parte integrante della teoria della deriva dei continenti è infatti l'ipotesi dell'esistenza di un unico grande e originario ammasso di terre emerse, un enorme continente denominato **Pangea**, dal quale avrebbero poi avuto origine, per separazione e per progressivo distanziamento, gli attuali continenti.

Durante il distanziamento delle terre emerse si sarebbero prodotte inizialmente due formazioni continentali: nella parte settentrionale della Pangea la **Laurasia**, che si divise poi in America del Nord, Europa e Asia, nella parte meridionale il **Gondwana**, che si è diviso in Sud America e Africa. Tra gli elementi che consentono di ricostruire l'antica geografia del continente Gondwana, vi sono, per esempio, i resti di rettili, oggi estinti, come il Mesosaurus e il Cynognathus, rinvenuti in sedimenti presenti sia nell'attuale continente africano sia in Sud America.

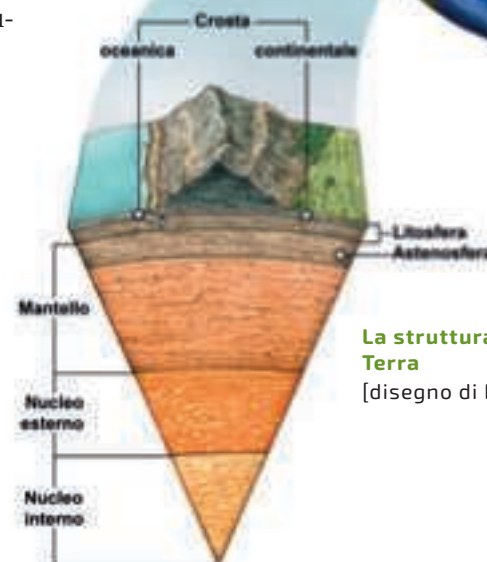
Ricostruzione di un Mesosaurus  
[disegno di N. Tamura]



**LA SCOPERTA DELLA COMPOSIZIONE INTERNA DEL NUCLEO** Al principio del Novecento, tuttavia, queste prove non risultarono sufficienti all'affermazione definitiva della Teoria della deriva dei continenti, perché le **conoscenze** relative in particolare alla **composizione interna del nostro pianeta** rendevano difficile immaginare un **movimento orizzontale**, seppure estremamente **lento e graduale** nel tempo, dei continenti costituiti da rocce così solide e compatte. Nonostante le convincenti evidenze raccolte da Wegener, mancava in quel momento la possibilità di individuare il motore del movimento di enormi masse rocciose e anche di riconoscere quelle masse come parte di un unico sistema.

Occorrerà attendere gli anni Cinquanta e Sessanta del XX secolo perché la Teoria della deriva dei continenti trovi definitiva affermazione. Un contributo fondamentale provenne dal geologo **Harry Hammond Hess** che aveva a disposizione ormai una più chiara descrizione della composizione interna del pianeta. Hess sapeva che la Terra è composta da una serie di involucri concentrici, il più profondo e interno dei quali è il **nucleo**, e che l'involucro attorno al nucleo è il **mantello** terrestre, composto da più livelli o strati: tra questi c'è uno strato, l'**astenosfera**, che contiene rocce fuse ed è subito sotto la **litosfera**, lo strato più esterno e solido, che culmina nella **crosta terrestre**, sia oceanica sia continentale.

**L'ESPANSIONE DEI FONDALI OCEANICI** Alla fine degli anni Cinquanta Hess elabora la teoria dell'espansione dei fondali oceanici. Lo studioso comprende che nel mantello si verificano dei **moti convettivi** che spingono la roccia fusa dalla astenosfera verso la litosfera. Sulla superficie della litosfera la roccia fusa apre delle brecce, delle fessure in corrispondenza delle **dorsali oceaniche** (ovvero dei rilievi sul fondo dell'oceano), e risale in superficie depositandosi sul



La struttura interna della Terra  
[disegno di D. Spedaliere]

#### Mantello

Uno degli involucri concentrici che costituiscono la Terra: ha uno spessore di 2890 km circa, è di natura solido-plastica ed è posto tra la crosta terrestre e il nucleo.

#### Moti convettivi

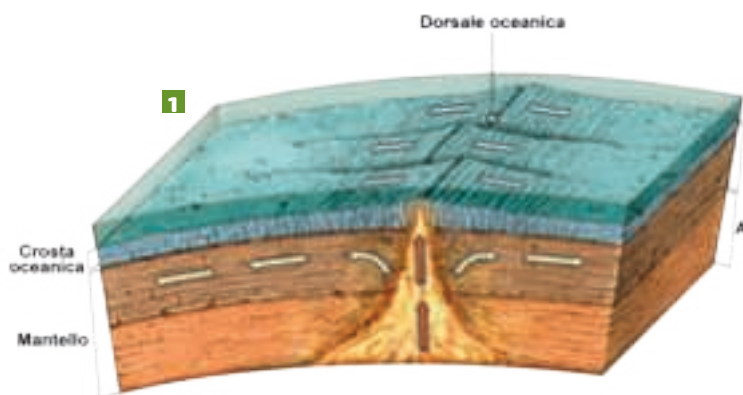
Per effetto del riscaldamento la densità delle rocce delle zone più calde diminuisce al punto che le rocce tendono a risalire verso l'alto. Durante la risalita però le rocce si raffreddano, la loro densità aumenta fino a farle nuovamente discendere all'interno del mantello.

fondo oceanico, raffreddandosi e infine solidificandosi in nuova crosta terrestre [→ **fig. 1**]. Una volta solidificatasi, la nuova crosta provoca una spinta che porta all'espansione dei fondali oceanici attraverso movimenti orizzontali e laterali. Per questo l'Oceano Atlantico, per esempio, sembra “allargarsi” di 2-3 centimetri l'anno, nella parte compresa tra l'Africa e il Sud America.

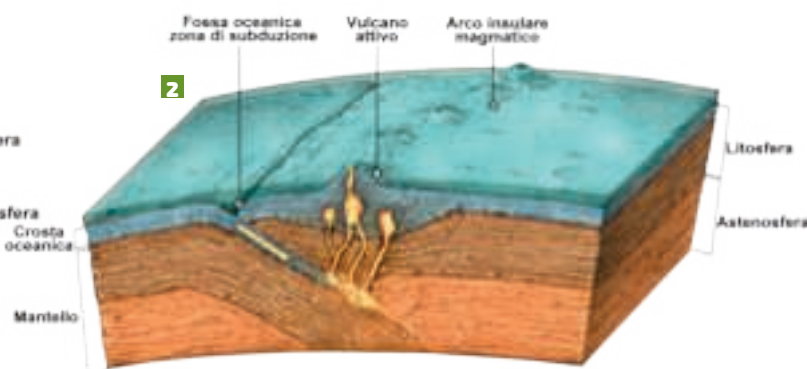
### Fosse oceaniche

Fenditure lineari del fondo oceanico, che possono assumere l'aspetto di canyon o strette valli sottomarine.

Dal momento però che l'accumularsi di queste rocce di nuova formazione non porta a un aumento complessivo del volume, della grandezza, del pianeta Terra, Hess si preoccupa anche di spiegare che nella crosta terrestre e nella litosfera sono presenti altre fessure, altre crepe in presenza delle **fosse oceaniche**, chiamate anche **zone di subduzione** (o di scivolamento), attraverso le quali la “vecchia” crosta terrestre, sempre per effetto di questi movimenti orizzontali, si distrugge e infine si inabissa [→ **fig. 2**].



**1. Una dorsale oceanica**  
[disegno di D. Spedalieri]



**2. Una zona di subduzione**  
[disegno di D. Spedalieri]

**LA TETTONICA A PLACCHE** Alla fine degli anni Sessanta la ricerca scientifica ha consentito di ricondurre la teoria della deriva dei continenti formulata da Wegener e quella dell'espansione dei fondali oceanici proposta da Hess in un **unico impianto teorico coerente**, la cosiddetta **Teoria della tettonica a placche** (o delle zolle continentali), facendo finalmente luce su uno dei basilari meccanismi di funzionamento del sistema Terra.

L'osservazione fondamentale su cui poggia la Teoria della tettonica a placche riguarda i punti della litosfera in cui la crosta terrestre si forma o si distrugge, le fessure e le crepe di cui si era accorto Hess. La deduzione illuminante è che queste fessure si trovano in corrispondenza dei luoghi nei quali si registrano i fenomeni sismici e vulcanici più intensi e frequenti. Inoltre, unendo con una linea continua questi luoghi, emerge chiaramente il disegno dei

### Esempi di margine convergente in caso di collisione tra due placche

[disegno di D. Spedalieri]

Nel primo caso **3** la collisione è tra 2 placche continentali; nel secondo **4** tra una placca oceanica e una continentale; nel terzo **5** tra due placche oceaniche.





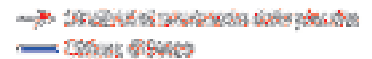
**margin** delle placche in cui è divisa la crosta, che possono essere **continentali** (lungo le terre emerse) e **oceanici** (inabissati). Queste placche (o zolle) solide della crosta (e dunque dello strato superiore della litosfera) non sono ferme, ma si muovono scivolando sulla sottostante materia fusa dell'astenosfera.

Rispetto alla più antica teoria della deriva dei continenti la teoria della tettonica precisa che sono appunto le placche a muoversi, non i continenti, e spiega come avviene il movimento.

### LE COLLISIONI DA CUI HANNO ORIGINE LE CATENE MONTUOSE

L'individuazione dei margini continentali ha rappresentato un contributo fondamentale anche alla comprensione del processo dell'**orogene**, cioè delle dinamiche di formazione dei rilievi e delle catene montuose. Dal momento che queste placche sono in movimento relativo tra di loro, entrano in contatto e arrivano a **collidere** proprio lungo i margini. Se a scontrarsi sono **due placche continentali** [→ **fig. 3**], l'impatto porta alla formazione, come nel caso dell'Himalaya o delle Alpi, di catene montuose, perché la crosta terrestre tende a corrugarsi, vale a dire a deformarsi e a crescere in altezza. Se la collisione avviene tra una **placca continentale** e una **placca oceanica** [→ **fig. 4**], quest'ultima, più densa, andrà in subduzione in presenza di una fossa oceanica, cioè si immergerà sotto la placca continentale in profondità nel mantello, spingendo e sollevando la crosta continentale sovrastante e dando ancora una volta origine a una catena montuosa.

Nel caso di un **impatto tra due placche oceaniche**, invece, andrà in subduzione la placca più "pesante" e più antica. In fondo agli oceani, lo scivolamento di questa placca antica genererà una fossa oceanica [→ **fig. 5**]. Una volta sprofondata la placca fonderà e il magma tenderà a risalire in superficie, facendo emergere dalle acque il cosiddetto "arco vulcanico" composto da coni vulcanici sottomarini che progressivamente cresceranno fino a emergere e a formare delle isole vulcaniche. Questo sistema è noto come arco-fossa.



### 3. L'ipotesi Gaia, il pianeta vivente



James E. Lovelock, 2005  
[foto di Bruno Comby]

**IL PIANETA VIVENTE** James Ephraim Lovelock, biofisico, chimico e climatologo inglese, scomparso nel 2022 all'età di 103 anni, nel **1974**, insieme alla microbiologa americana **Lynn Margulis**, pubblicò un articolo scientifico esponendo una teoria secondo la quale la Terra non è solo un pianeta che ospita la vita, ma è di per sé un **pianeta vivente**. Ancora nel 1985 Lovelock descriveva il pianeta, che chiamava Gaia (dal nome greco dell'antica dea Terra), come «un'entità complessa che comprende la **biosfera**, l'**atmosfera**, gli oceani e il suolo della Terra». E aggiungeva: «Gaia resta un'ipotesi, ma da numerose prove risulta che molti elementi di questo sistema agiscono come previsto dall'ipotesi».

**L'UNICITÀ DELLA TERRA** Lovelock era arrivato a concepire la sua ipotesi anche grazie all'esperienza di ricercatore, agli inizi degli anni Sessanta del XX secolo, presso la Nasa (National Aeronautics and Space Administration), l'agenzia governativa non militare che negli Stati Uniti d'America è responsabile del programma spaziale e della ricerca aerospaziale. In virtù delle ricerche e dei risultati tecnologici raggiunti in quel periodo, che permettevano di osservare il nostro pianeta dallo spazio e di confrontare la sua atmosfera con quella di altri pianeti del nostro **Sistema Solare**, come Venere e Marte, Lovelock provò a spiegare l'**unicità della Terra**. Due aspetti in particolare catturarono l'attenzione dello studioso inglese: una **temperatura** della superficie terrestre mediamente più bassa di quella che avrebbe dovuto essere in relazione alla distanza dal Sole e la presenza di gas **metano**, che in un'atmosfera come quella terrestre ricca di ossigeno sarebbe dovuta scomparire nel corso del tempo. Quanto alla regolazione della temperatura, si comprese che era l'atmosfera a proteggere il pianeta dai raggi solari. Mentre la collaborazione con Lynn Margulis consentì di individuare negli organismi biologici i responsabili della produzione di metano e della sua continua presenza quindi nell'atmosfera terrestre.

**L'IPOTESI DI UN SISTEMA OMEOSTATICO** Da queste osservazioni Lovelock maturò le sue deduzioni e soprattutto l'idea di fondo dell'ipotesi Gaia, ovvero che il sistema Terra sia omeostatico, sia cioè in grado di raggiungere una propria stabilità interna, avendo in sé la capacità di **"autoregolarsi"**, grazie al controllo dinamico che la biosfera esercita sull'atmosfera.

#### Biosfera

La biosfera è un sistema che comprende gli esseri viventi e l'ambiente in cui vivono. Si tratta di un sistema in equilibrio dinamico, che poggia sulle interrelazioni tra il suolo, le rocce, l'acqua, l'aria e gli organismi viventi.

#### Atmosfera

L'atmosfera terrestre è uno strato gassoso molto sottile che avvolge la Terra e che garantisce la vita sul nostro pianeta. Contiene una piccola porzione di aria respirabile, protegge il pianeta dai raggi solari ed evita che il calore si disperda nello spazio.



[disegno di D. Spedalieri]



Inoltre, il fatto che il pianeta Terra sia interpretato come una sorta di superorganismo spiega anche la scelta del nome “ipotesi Gaia”. Il nome iniziale scelto da Lovelock era diverso: era Bush – Biocybernetic Universal System Homeostasis, in italiano ‘Sistema omeostatico biocybernetico universale’ –, decisamente difficile da ricordare e assai meno evocativo di *Gaia*. Fu poi lo scrittore, premio Nobel per la letteratura, William Golding a usare “Gaia”.

Quella di Gaia a oggi resta una ipotesi e continua a far discutere la comunità scientifica. Ha però importanti implicazioni culturali ed educative, perché mette ulteriormente in evidenza la stretta interconnessione, fino all’interdipendenza, e la fitta rete di relazioni esistenti tra i vari e differenti sistemi che animano e caratterizzano il funzionamento del sistema Terra.

**LE RESPONSABILITÀ DELLA NOSTRA SPECIE** Negli anni in cui Lovelock elaborò l’ipotesi Gaia, era ancora sottostimato l’impatto della specie umana sui meccanismi che regolano il funzionamento della biosfera e dell’intero sistema Terra. A distanza di mezzo secolo, in un’epoca nella quale diventa fondamentale che la nostra specie prenda coscienza del proprio ruolo e si senta responsabile, nei confronti non solo di sé stessa ma di tutte le componenti del sistema, per i comportamenti assunti e per le scelte da fare, le implicazioni anche filosofiche dell’ipotesi Gaia suggeriscono che, almeno nelle nuove generazioni, si consolidi una coscienza civile e collettiva. Nel 1916, il filosofo e pedagogista statunitense John Dewey si chiedeva, a proposito dell’interesse pubblico e sociale: «Data una coscienza egoistica, come può aver luogo un’azione che tiene conto degli altri?». Partendo da questi interrogativi, Dewey ritenne fondamentale che si acquisisse, già a partire dai primi anni di scuola, la consapevolezza che le azioni di ciascuno avvengono in un mondo comune e pubblico. Facendo tesoro di quanto si possa apprendere dall’ipotesi Gaia, il geografo Cristiano Giorda ci ricorda proprio quanto, secondo Dewey, lo studio della geografia abbia un ruolo molto importante: «È chiaro che, quanto alla geografia, il suo ruolo educativo consiste nella connessione fra fatti naturali e avvenimenti sociali con relative conseguenze».



#### **Veduta aerea della laguna del Mar Menor, Spagna**

L’ipotesi Gaia ha portato a diversi sviluppi non solo in campo scientifico, ma anche in quello filosofico-giuridico. Nei decenni si è infatti sviluppata una corrente giuridica che descrive i “diritti della natura” e del pianeta Terra, quindi i diritti associati agli ecosistemi e alla specie, in modo simile ai diritti fondamentali dell’umanità. I sostenitori di queste teorie criticano la concezione di natura come risorsa da possedere e utilizzare o come un composto di parti separate e indipendenti. Piuttosto va interpretata come un insieme di componenti interconnesse di cui l’umanità fa parte. Il concetto di “diritti della natura” è ancora in evoluzione e, nonostante la sua diffusione a livello globale, non sono molti i paesi passati dalla teoria ai fatti. Fra questi va citata la Spagna, il primo paese europeo ad aver riconosciuto, nel 2022, diritti legali ad un ecosistema, quello del Mar Menor (una laguna costiera sul Mar Mediterraneo).

## 4. Il concetto di Antropocene

**L'EFFETTO BUTTERFLY** “Effetto butterfly” o “effetto farfalla” è un’espressione introdotta all’inizio degli anni Settanta del Novecento dal matematico e meteorologo statunitense Edward Lorenz. Per la precisione l’articolo nel quale Lorenz presentò il concetto fu pubblicato nel 1972 e aveva il titolo *Predictability: does the flap of a butterfly’s wings in Brazil set off a tornado in Texas?*, ‘Prevedibilità: può il batter d’ali di una farfalla in Brasile provocare un tornado in Texas?’. La metafora del battito d’ali della farfalla usata da Lorenz illustra in maniera molto semplice come i meccanismi di funzionamento di un sistema possano essere influenzati non solo da eventi molto lontani nel tempo e nello spazio (piccole variazioni scaturite in precedenza o altrove), ma anche da fattori che apparentemente non hanno un legame diretto con il fenomeno osservato; e spiega che gli effetti di quest’influenza sono imprevedibili o imprevisti.

**SINCRONIA E DIACRONIA DELL'EFFETTO FARFALLA** L’effetto farfalla può manifestarsi in maniera sincronica e cioè contemporaneamente all’esito dell’azione che lo scatena e che è fatta per ottenere tutt’altro obiettivo. Avete presente l’immagine dell’uomo poco esperto che taglia il ramo di un albero sul quale è seduto? L’effetto di questa azione è duplice: la caduta del ramo e la caduta dell’uomo dall’albero. Con ogni probabilità l’uomo ha l’obiettivo di procacciarsi della legna o evitare che l’albero cresca eccessivamente, ma, in maniera miope, ottiene un effetto tanto imprevisto quanto sicuramente indesiderato.

Dal punto di vista ambientale l’effetto farfalla rappresenta un’utile chiave di lettura e, soprattutto, un significativo invito alla precauzione se lo si declina in maniera diacronica (attraverso il tempo quindi), assumendo così la consapevolezza che non è possibile prevedere in maniera assolutamente certa l’effetto che nel corso del tempo può scaturire da una certa azione e/o da un tipo di comportamento, emancipandosi cioè dalla fede nel meccanismo per cui a una precisa causa corrisponde un determinato effetto.

**IL CASO DELLA PLASTICA** Prendiamo il caso della plastica, che può mostrarci un effetto farfalla di tipo diacronico nel contesto ambientale. L’invenzione di questo materiale ha rappresentato la soluzione a moltissimi problemi. In plastica viene prodotto industrialmente un numero assai elevato di oggetti destinati a una commercializzazione e distribuzione vastis-

Un uomo cammina su una montagna di bottiglie di plastica nella discarica nella baraccopoli di Dandora a Nairobi, in Kenya, mentre ne trasporta un sacco da vendere per il riciclaggio dei rifiuti, 2018

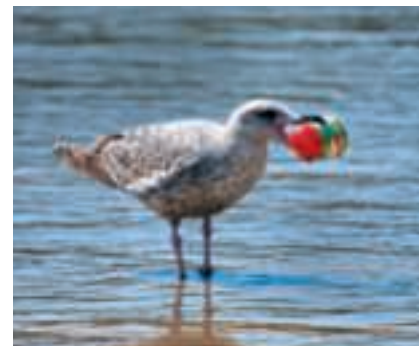




**Piccoli pezzi di plastica ritrovati in un pesce sezionato**



**Una tartaruga marina comune in una rete di plastica**



**Un giovane gabbiano reale con un oggetto di plastica nel becco**

sime. Se ci si limita all'utilizzo della plastica anche solo nell'ambito dell'imballaggio, della conservazione e della distribuzione di cibo e di acqua, il suo uso ha significato la possibilità di sostituire alcune materie prime riducendone il consumo (come ferro, rame e bauxite e vetro per le stoviglie e i contenitori), di ridurre i costi di molti altri oggetti (come le bottiglie) facilitandone così la diffusione, di migliorare le condizioni igienico-sanitarie (con contenitori più sicuri per la conservazione e il trasporto di beni alimentari). Nel medio e lungo periodo, tuttavia, la massiccia produzione in plastica ha scatenato un catastrofico effetto farfalla, che non era stato previsto nella fase d'avvio, un impatto a tal punto negativo da rendere concreta la prospettiva che i vantaggi rincorsi all'inizio finiscano "messi in ombra" e addirittura annullati dai danni causati all'ambiente, alle specie animali e vegetali, alla salute e alla qualità della vita del genere umano sul pianeta.

**LA PLASTICA, UN MATERIALE NON BIODEGRADABILE** Una gran parte dei beni realizzati con la plastica sono oggetti "usa e getta", destinati a un utilizzo breve o occasionale che, se non correttamente avviati al riciclaggio, si trasformano in cumuli di rifiuti non biodegradabili, cioè non deteriorabili in maniera naturale, destinati quindi a non essere smaltiti ma ad accumularsi sempre più di frequente in grandi discariche. Sono tristemente famose le grandi discariche illegali localizzate nei paesi più poveri del mondo, in Africa, Asia e America del Sud e utilizzate anche da paesi come il nostro. Nel 2020 Greenpeace ha denunciato oltre 1300 tonnellate di rifiuti di plastica spedite illegalmente dall'Italia in Malesia nei primi 6 mesi del 2019. Su un totale di 65 spedizioni, 43 sono risultate illegali, destinate cioè a impianti privi di permessi per importare e riciclare rifiuti stranieri.

**LA PLASTICA, UNA MINACCIA PER LA BIODIVERSITÀ** Il cambiamento innescato dalle attività umane sta agendo in modo permanente sul pianeta: gli indicatori sono molti. Uno di questi, ancora una volta, è la forma di inquinamento determinata dalle plastiche, così come quella di alcuni metalli, rivelatesi decisamente pervasive. La plastica ha una notevole "capacità" di penetrare nei terreni e nel sottosuolo e di mescolarsi alle acque dolci e marine, e sta innescando in natura cambiamenti radicali ed estremamente nocivi, il cui impatto persisterà per centinaia di anni. Uno degli impatti più nefasti è quello sulla **biodiversità**, specie quella marina, che rischia una drastica riduzione: secondo un report della Eia (Environmental Investigation Agency), pubblicato nel 2022, «914 specie, fra cui pesci, mammiferi e uccelli, subiscono l'impatto di questa industria e soprattutto dell'ingestione di microplastiche. Minuscole particelle sono state rinvenute persino ai poli e il rischio è che vengano assimilate anche dalle piante e dagli animali alla base della catena alimentare, compreso il plancton oceanico».

#### **Biodiversità**

La ricchezza e varietà delle specie vegetali e animali.





**Costa dell'isola di Trindade, in Brasile e plastiglomerati ritrovati sulle spiagge dell'isola**

L'isola di origine vulcanica di Trindade, nell'Oceano Atlantico al largo del Brasile, è un importante luogo di riproduzione della tartaruga verde, una specie marina protetta. Recentemente le sue spiagge sono state oggetto di una sconcertante scoperta. Pur essendo abitata solo da pochi esponenti della Marina militare brasiliana, e subendo un bassissimo impatto diretto da parte dell'uomo, presenta lungo le sue coste "rocce di plastica", o "plastiglomerati", formati soprattutto dallo scioglimento (per le alte temperature) delle reti da pesca, un rifiuto comune in mare trasportato dalle correnti.

**LA GEOLOGIA "DI PLASTICA"** Ma sarebbe la struttura stessa della Terra, la sua geologia, a subire mutazioni. Studi scientifici documentano la creazione dei cosiddetti "**plastiglomerati**", cioè di pezzi di roccia, sabbia e conchiglie tenuti insieme da frammenti di rifiuti plastici. E anche delle cosiddette "**rocce di plastica**", che si formano quando detriti della plastica vengono assorbiti nella roccia madre. Sebbene nella comunità scientifica dei geologi non ci sia ancora accordo unanime al riguardo, molti studiosi ritengono che proprio il persistere nel tempo dei cambiamenti introdotti dal genere umano, talora in maniera irreversibile, consenta di riconoscere già da parte dei contemporanei una nuova era della storia del pianeta, l'**Antropocene** o "era dell'uomo", cioè un'era geologica condizionata in modo determinante dalla nostra specie. La diffusione del concetto di Antropocene è dovuta a un libro di successo, scritto da Paul Crutzen (*Benvenuti nell'Antropocene*, 2005), premio Nobel per la chimica, secondo il quale il momento di inizio di questa era si può far risalire alla seconda metà del Settecento quando, con l'avvento della rivoluzione industriale, si verifica l'aumento esponenziale della concentrazione di anidride carbonica nell'atmosfera. Come ricorda bene il geografo Cristiano Giorda, «la prospettiva dell'Antropocene sembra in grado di mettere in maggiore evidenza le interconnessioni e le prospettive in chiave ecologica, evidenziando la relazione diretta tra futuro del pianeta fisico e futuro della specie umana e dei sistemi antropici».

**LO SGUARDO LUNGO** Sia la teoria dell'effetto farfalla applicata all'ambiente sia l'idea di una nuova era geologica nella quale noi umani siamo i protagonisti di cambiamenti finora imprevedibili e potenzialmente catastrofici devono indurci a un cambio di passo, come individui e come società umana: ci vuole uno sguardo critico sui fenomeni scatenati dalle attività della nostra specie, sia nel momento in cui avvengono (sincronia) sia quando gli effetti potranno verificarsi con il passare del tempo (diacronia).



## 5. Clima e fasce climatiche

**LA DIFFERENZA FRA IL CLIMA E IL METEO** Clima e meteo sono due concetti interconnessi ma ben distinti e i due termini non vanno usati come sinonimo l'uno dell'altro. Il meteo o **tempo atmosferico** o meteorologico è l'insieme delle condizioni dettate dalla temperatura, dalle precipitazioni, dalla pressione atmosferica, dall'umidità e dal vento in un dato luogo, in un periodo breve, e può variare in pochi minuti o nell'arco di qualche giorno.

Il clima fa riferimento a quanto accade nella **bassa atmosfera** in un arco temporale lungo (solitamente 30 anni) ed esprime le condizioni meteorologiche medie che tendenzialmente, di anno in anno, tornano a manifestarsi allo stesso modo in un periodo dato e in un luogo specifico. Il termine "clima" deriva dal greco antico *klima* e significa 'regione, tratto di paese', proprio perché l'ubicazione di un luogo ne determina le caratteristiche climatiche. Nei fenomeni climatici hanno un'influenza fondamentale i movimenti del nostro pianeta Terra nello spazio: sia i movimenti di rotazione attorno a sé stesso, che determinano l'alternarsi del giorno e della notte, sia quelli di rivoluzione attorno al Sole, responsabili dell'alternarsi delle stagioni. Un ruolo chiave per la definizione del clima è svolto anche da **fattori ed elementi geografici** che sono specifici dei diversi luoghi: la latitudine, l'orografia e l'altitudine, l'esposizione ai raggi solari, la vicinanza o la lontananza dal mare, la diversa natura del suolo e il rivestimento vegetale.

**I FATTORI GEOGRAFICI CHE INFLUENZANO IL CLIMA** La latitudine, la distanza angolare di un punto dall'Equatore, influisce sulla temperatura a causa della diversa inclinazione con cui i raggi solari arrivano sulla superficie terrestre: mutando la latitudine a mano a mano che il punto si sposta dall'Equatore verso i poli, le temperature si abbassano e fa più freddo. L'altitudine, cioè l'altezza di un luogo rispetto al livello del mare, influisce sulla temperatura e sulle precipitazioni: è quando si sale di quota, e cioè quando aumenta l'altitudine, che le temperature si abbassano. L'orografia, l'insieme dei rilievi collinari o montuosi, influenza il movimento delle masse d'aria generando processi di **condensazione** e quindi di precipitazioni e nuvolosità. L'esposizione ai raggi solari provoca un abbassamento o innalzamento delle temperature. Infine, fattore di estrema importanza, è la vicinanza o la lontananza dal mare che influisce sulle temperature e sulla presenza dei venti.

**LE FASCE CLIMATICHE** La necessità di stabilire le condizioni climatiche dei diversi luoghi ha portato alla classificazione dei climi. La più nota è la storica **classificazione dei climi di Köppen**, formulata da Wladimir Peter Köppen, da lui enunciata una prima volta nel 1918 e poi rivista nel 1936. Questa classificazione tiene conto di temperatura e precipitazioni, però non fa alcun riferimento all'umidità e al vento. Ciononostante rimane un caposaldo nella storia della climatologia.

Oggi distinguiamo **cinque fasce climatiche**: immaginando di partire dall'Equatore, lasciamo al centro la fascia torrida intertropicale, e procediamo verso i poli Nord e Sud incontrando le due fasce temperate e poi le due fasce fredde.

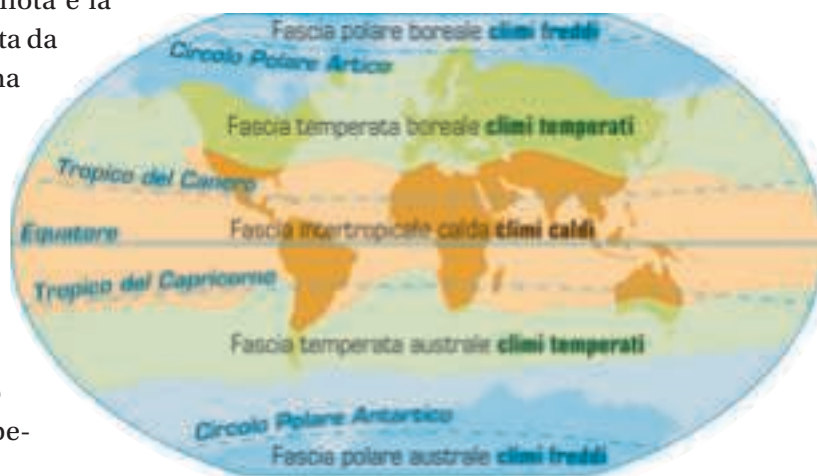
### Bassa atmosfera

L'atmosfera si divide in bassa e alta. La bassa atmosfera è costituita principalmente dalla troposfera, lo strato in cui avvengono i fenomeni meteorologici. Sopra di essa si trovano la stratosfera e la mesosfera, fino alla mesopausa, che segna il confine con l'alta atmosfera.

### Condensazione

Il cambiamento di stato in cui i gas passano allo stato liquido, cedendo calore all'ambiente esterno.

### Le regioni climatiche





Portuali a lavoro nel porto di Vladivostok (Russia), dicembre 2021

Le diverse fasce climatiche condizionano la **distribuzione degli esseri umani** sulle terre emerse: il clima freddo, caratterizzato da lunghi inverni con temperature rigide, costringe le popolazioni a spostarsi verso le basse latitudini, mentre un clima particolarmente arido e caldo, caratterizzato da scarsa piovosità e temperature elevate, sortisce l'effetto contrario.

Le condizioni climatiche incidono anche sull'**economia** dei diversi Stati. Pensiamo, per esempio, al clima invernale alle alte latitudini: molti porti posizionati lungo il Circolo Polare Artico ghiacciano e la via di comunicazione marittima può rimanere bloccata per molti mesi. Uno di questi porti è quello di **Vladivostok**, nella parte più orientale della Russia. A Vladivostok il clima è particolarmente rigido durante l'inverno, con temperature medie minime di  $-15^{\circ}\text{C}$  e massime di  $-6^{\circ}\text{C}$ .

**IL CASO DELLA CORRENTE DEL GOLFO** A seconda che siano calde o fredde, le correnti marine concorrono diversamente a definire il clima in tutti i territori che affacciano sul mare. Fondamentale per le aree d'Europa bagnate dall'Oceano Atlantico, per esempio, è la **corrente del Golfo del Messico** che dal Golfo giunge fino alle coste dell'Europa nord-occidentale, della Gran Bretagna e dell'Irlanda. Essendo una corrente calda, mitiga il clima delle coste che lambisce, evitando che ghiaccino o siano innevate nei mesi invernali più rigidi, come sarebbe in virtù della loro posizione geografica. Negli ultimi anni, a causa del riscaldamento del pianeta Terra, la corrente del Golfo sta rallentando e il suo effetto mitigatore si sta riducendo: l'innalzamento delle temperature a livello globale sta producendo lo scioglimento della calotta polare le cui acque dolci e fredde fanno sprofondare l'acqua calda in arrivo dal Golfo del Messico e ne raffreddano la corrente rallentandola. Gli effetti di questo cambiamento sono riscontrabili già adesso in Gran Bretagna e Irlanda del Nord, dove sempre più spesso si verificano condizioni meteorologicamente straordinarie come le tempeste di ghiaccio.





## 6. Il buco nello strato dell'ozono

**L'OZONOSFERA** L'atmosfera è il terzo “guscio” della Terra, composto principalmente di azoto (79%), ossigeno (20%) e altri gas, fra i quali l'anidride carbonica, l'elio, il vapore acqueo e l'ozono. L'ozono, in particolare, è un gas individuato nel 1840 da Christian Friedrich Schönbein e si trova in tutta l'atmosfera. Prevale però nella **stratosfera** dove si è formato a causa dell'aumento di ossigeno nell'atmosfera, milioni di anni fa (verso la fine del Proterozoico, che corre da 2500 a 538,8 milioni di anni fa). La fascia in cui è principalmente concentrato si sviluppa da 20 a 40 km di altitudine (intervallo variabile a seconda della latitudine), è nota come **ozonosfera** ed è stata scoperta dai fisici francesi Charles Fabry e Henri Buisson nel 1913. La funzione dell'ozonosfera è vitale poiché agisce come uno schermo che impedisce alle radiazioni ultraviolette (raggi UV) di raggiungere la superficie terrestre. Se questo schermo protettivo venisse meno, i danni all'intera biosfera sarebbero gravi, per non dire letali, e nocivi per la salute degli esseri umani.

Lo strato di ozono è un “sorvegliato speciale” da quando gli scienziati hanno compreso che è in atto un processo di riduzione del suo spessore. Il fenomeno è particolarmente evidente sull'Antartide e fu definito “buco dell'ozono” dopo uno studio pubblicato nel 1985 da Joseph Farman, anche se non si tratta di un vero e proprio buco, ma appunto di un assottigliamento; sull'Antartide però, dalla restituzione delle immagini da satellite, l'assottigliamento appare piuttosto come una grande macchia dalla forma circolare e blu.

**IL CLORO “KILLER”: L'ALTERAZIONE DOVUTA ALL'AZIONE ANTROPICA** Per la misurazione dei quantitativi di ozono nell'atmosfera si utilizza lo spettrofotometro di Dobson, dal nome del meteorologo britannico Gordon Dobson che studiò le caratteristiche dell'ozono e che tra il 1928 e il 1958 organizzò una rete di monitoraggio a livello mondiale per controllare lo spessore dell'ozonosfera. L'allarme, rispetto all'assottigliamento dell'ozonosfera, fu lanciato nel 1978. Qualche anno prima, nel 1974, due ricercatori, Richard S. Stolarski e Ralph J. Cicerone, in un articolo pubblicato su una rivista scientifica canadese, avevano evidenziato che gli atomi di cloro potevano distruggere l'ozono. Le cause del rilascio di questi atomi furono individuate nei clorofluorocarburi (CFC) e nei clorofluorobromuri (*halon*). Queste sostanze, dai nomi scientificamente diversi, erano presenti nei dispositivi spray, nei refrigeranti utilizzati come propellenti nei frigoriferi e nei condizionatori. La loro produzione è stata vietata nella maggior parte dei paesi a partire dal 1° gennaio 1994 poiché, a seguito delle rilevazioni che evidenziavano la diminuzione dell'ozonosfera, è iniziato un monitoraggio puntuale a terra, su nave e da satellite per verificare e, quindi, intervenire mediante l'attuazione di buone pratiche e politiche ambientali.

**IL RISCONTRO SCIENTIFICO DEL DANNO PRODOTTO** Tra i diversi programmi di monitoraggio, quello satellitare, realizzato con il Nimbus 7, consentì di ricostruire quanto accaduto, evidenziando che, tra il 1978 e il 1992, la sfera si era assottigliata del 3%. Nel 1984 fu individuata una particolare criticità nell'ozonosfera

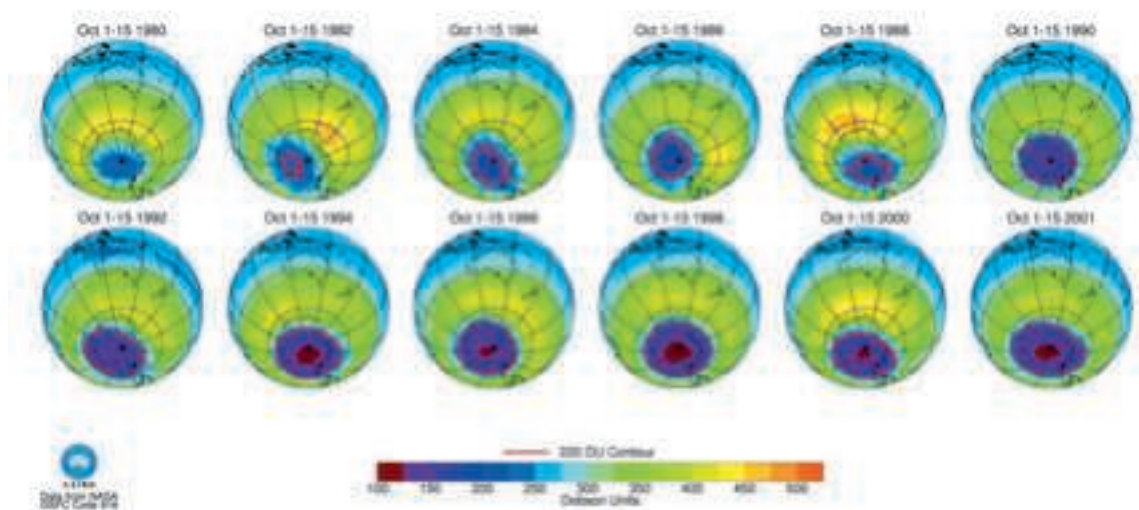
Un'immagine evocativa del danno provocato dai CFC sull'atmosfera terrestre



sulle regioni polari, dovuta alla posizione dell'Artico e dell'Antartico rispetto all'irraggiamento solare. In Antartide durante l'inverno polare, in cui vi è completa assenza dei raggi del Sole, che è tramontato in autunno e sorgerà in primavera, si formano delle nubi dette "madreperlacee" (nome scientifico: nubi stratosferiche polari), sulle quali avvengono dei processi chimici che interessano, tra gli altri, gli atomi di cloro che, all'arrivo del Sole, si attivano distruggendo l'ozono. Il fenomeno, di per sé, è naturale e periodico, fatta eccezione per la presenza degli atomi di cloro. Ogni atomo di cloro può distruggere fino a 100 mila molecole di ozono, prima di essere neutralizzato.

Nel ventennio di osservazione emerse che, tra la fine dell'inverno e l'inizio della primavera antartica, il processo di assottigliamento dello strato dell'ozonosfera si ripeteva in modo intenso e regolare. Inoltre, per via della diversa conformazione del Polo Nord e del Polo Sud, si capì che il fenomeno nell'Artico è meno intenso che nell'Antartico.

Il buco dell'ozono in un periodo di 21 anni



**GLI IMPEGNI PER FRONTEGGIARE IL PROBLEMA A LIVELLO GLOBALE** Nel 1987 a Montréal venne firmato un trattato internazionale, il **Protocollo di Montréal**, finalizzato alla riduzione delle emissioni dei gas responsabili dell'assottigliamento della ozonosfera. Il Protocollo è entrato in vigore il 1° gennaio del 1989, ratificato da 197 paesi tra i quali l'Italia (dicembre 1988). Il principale strumento attuativo del trattato è la Conferenza delle Parti, che si riunisce annualmente per monitorare la situazione e intervenire con eventuali nuovi emendamenti.

L'argomento è di assoluta importanza e, per continuare a mantenere alta l'attenzione, l'Assemblea Generale delle Nazioni Unite, nel 1994, ha proclamato il 16 settembre **Giornata internazionale per la preservazione dello strato di ozono**, commemorando la data della firma del Protocollo di Montréal del 1987.

I dati rilevati successivamente alla ratifica del Protocollo hanno evidenziato che, dopo una diminuzione nel 1996, il "buco" sull'Antartide si è riformato. Nel 2000 per esempio si è rilevata, su scala globale, una diminuzione del 5% dell'ozono. Dunque, il problema non è risolto e il Protocollo necessita di continue sistemazioni e aggiornamenti. Durante la conferenza, tenutasi a Kigali (Ruanda), il 15 ottobre 2016, i 197 paesi firmatari del Protocollo hanno approvato un nuovo emendamento (ratificato dall'Unione Europea nel 2018) che sancisce l'eliminazione progressiva della produzione e dell'utilizzo degli idrofluorocarburi (HFC), introdotti a seguito dell'eliminazione della produzione di CFC.

# STUDIARE PER NUCLEI FONDAMENTALI

## NUCLEI FONDAMENTALI

- N1** La Terra come sistema  
► paragrafi 1, 3
- N2** L'evoluzione geologica della Terra  
► paragrafo 2
- N3** Il clima  
► paragrafi 5, 6
- N4** L'ipotesi "Antropocene"  
► paragrafo 4



AUDIOSINTESI  
DEL CAPITOLO

**N1 LA TERRA COME SISTEMA COMPLESSO** La Terra è un sistema complesso formato da elementi diversi e interconnessi – l'acqua, l'aria, le rocce, gli esseri viventi, le stesse attività umane – che si influenzano reciprocamente. Il cambiamento e l'adattamento nel sistema possono essere generati da **fattori interni** o **esterni** e il sistema si fonda su un equilibrio dinamico, che si modifica e adatta nel tempo. Quello terrestre è un **"sistema aperto"** nel quale tutto scaturisce dall'incontro (e in molti casi dallo scontro), dal contatto tra gli elementi e dalla loro possibilità di movimento.

Secondo **"l'ipotesi Gaia"**, del biofisico James Lovelock, la Terra non è semplicemente un pianeta che ospita la vita, ma un vero e proprio "organismo vivente", nel quale oceani, atmosfera, suolo e esseri viventi sono in sinergia mantenendo favorevoli le condizioni per la vita.

**N2 TETTONICA A ZOLLE E DERIVA DEI CONTINENTI** Anche dal **punto di vista geologico** il sistema Terra è in movimento. Secondo la teoria della tettonica a zolle, infatti, la **crosta terrestre** è divisa in grandi blocchi rigidi, le **placche** (o **zolle**), che "galleggiano" su uno strato di roccia fusa chiamato mantello, muovendosi costantemente e lentamente. Le placche possono scontrarsi o allontanarsi, modificando così la superficie terrestre, provocando la formazione di montagne, vulcani e terremoti.

Le attuali grandi masse di terra emersa che popoliamo, i continenti, sembrano essersi creati, nel corso di milioni di anni, per il progressivo distaccamento da una originaria massa unica, la **Pangea**. E continuano a muoversi lentamente.

**N3 IL CLIMA** Altro esempio di **interrelazione tra fattori** diversi nel sistema terrestre è il **clima**, risultato dell'azione combinata di elementi astronomici, fisici e geografici. A differenza del **meteo**, che descrive le condizioni atmosferiche di un breve periodo, il clima rappresenta l'andamento medio delle condizioni meteorologiche osserva-

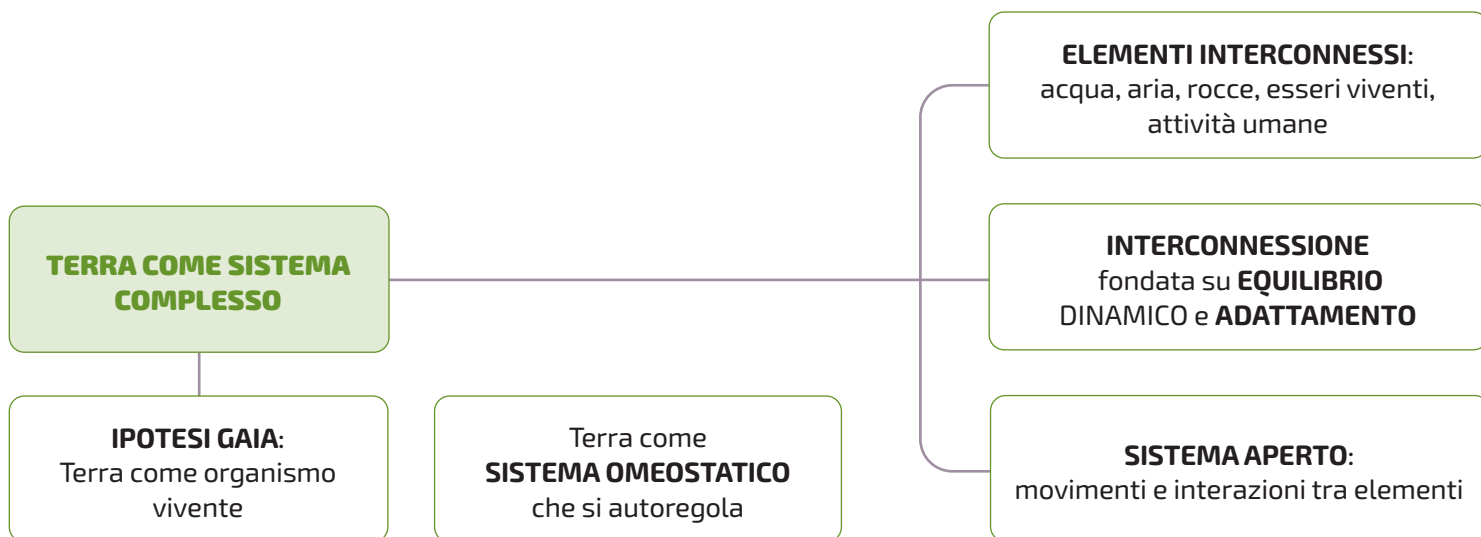
te in circa **trent'anni**. Dipende dai movimenti della **Terra**, come **rotazione** e **rivoluzione**, e da fattori geografici quali **latitudine**, **altitudine**, **orografia**, **esposizione al Sole** e **distanza dal mare**. Il geografo **Köppen** classificò i climi in cinque **fasce climatiche**: **torrida**, **temperate** e **fredde**. Queste influenzano la **distribuzione della popolazione** e le **attività economiche**: nei climi freddi o aridi la vita è più difficile, come a **Vladivostok**, dove in inverno i porti ghiacciano e le comunicazioni marittime si interrompono.

**N4 L'ANTROPOCENE** Oggi l'influenza dell'uomo sul sistema Terra è così grande da aver trasformato profondamente l'ambiente naturale. Questa realtà ha spinto gli scienziati a formulare l'**ipotesi** di una nuova era geologica, chiamata Antropocene, ovvero **"l'era dell'uomo"**. Un esempio emblematico del cambiamento del pianeta indotto dall'attività umana è il caso della plastica. Materiale industriale con numerosi impieghi, fonte significativa di inquinamento, la plastica si decompone molto lentamente, contaminando mari, fiumi, terreni. Viene persino incorporata in depositi rocciosi moderni, tanto da far parlare di una vera e propria **"geologia di plastica"**. Questo caso è esemplificativo del cosiddetto **"effetto farfalla"**: un'azione (l'invenzione della plastica), volta a un obiettivo (l'impiego su larga scala di un materiale adatto a molteplici usi), ne produce un altro del tutto imprevedibile (inquinamento pervasivo e di lunga durata), subito o nel corso del tempo. Un altro esempio di impatto critico dell'attività umana sul sistema terrestre è il **buco nell'ozono**, cioè l'assottigliamento dello strato di ozono nell'atmosfera, fondamentale perché funge da schermo protettivo contro le radiazioni ultraviolette (raggi UV), altrimenti nocivo per l'intera biosfera. Il fenomeno è causato da sostanze chimiche gassose, i clorofluorocarburi (CFC), il cui uso è stato drasticamente ridotto dal 1987 con il Protocollo di Montréal. Sebbene il fenomeno si sia attenuato, non è ancora completamente risolto e richiede un monitoraggio continuo.



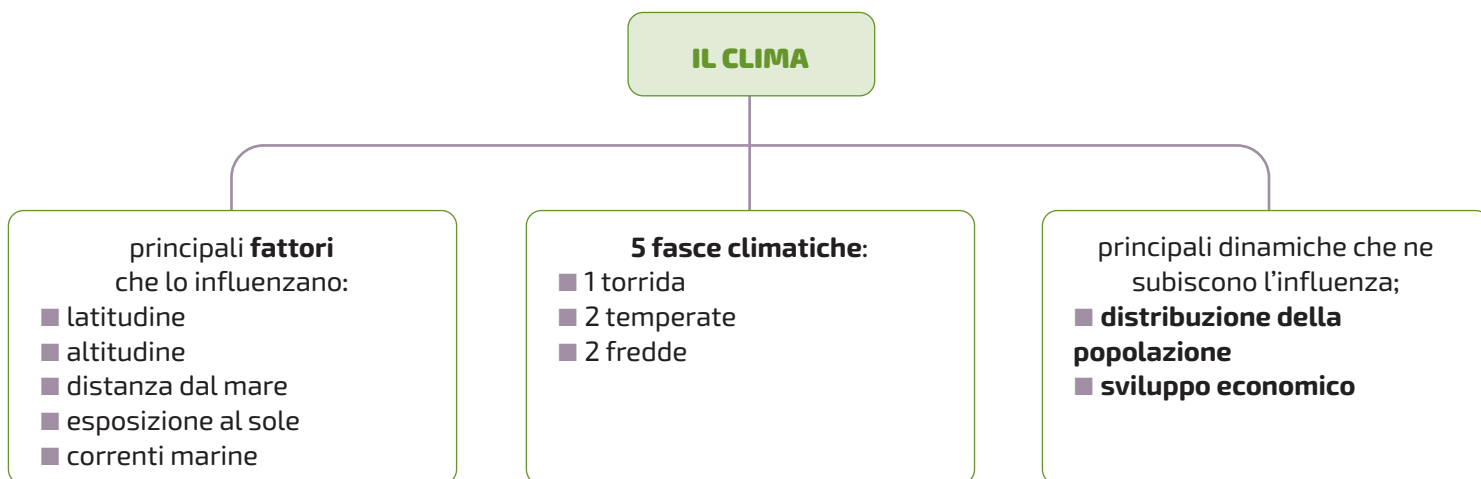
## PREPARARSI ALL'INTERROGAZIONE **N1** La Terra come sistema complesso

**Illustra** lo schema spiegando perché la Terra è un sistema complesso: **soffermati** sulla interconnessione tra gli elementi nel sistema, **spiega** l'equilibrio dinamico e racconta dell'ipotesi Gaia.



## PREPARARSI ALL'INTERROGAZIONE **N3** Il clima

**Spiega** il clima e principali fattori che lo influenzano. **Indica** le principali fasce climatiche della Terra e descrivi come il clima può incidere sulla vita delle persone e sulle attività economiche.



# STUDIARE CON METODO

## 1 Ricostruire il testo

**N1** Completa il testo con le parole seguenti:

fiumi • non rinnovabili • scambio • rinnovabili • dinamico • distanza • stagioni • aperto • ecosistemi • ambiente • negativo • adattano

Il pianeta Terra è un sistema formato da tanti piccoli sistemi chiamati ..... L'equilibrio di questo sistema è ....., perché gli elementi che lo compongono si modificano e si ..... ai cambiamenti. Un fattore esterno che influenza il sistema Terra è la variazione della ..... dal Sole, che provoca il cambiamento delle ..... Le risorse naturali possono essere ....., come il petrolio e il carbone, o ....., come il Sole e il vento. La Terra è un sistema ..... in cui gli elementi entrano in contatto e si influenzano attraverso lo ....., permettendo il cambiamento e la sopravvivenza. Le attività umane hanno spesso un impatto ..... sull'....., per esempio quando i rifiuti contaminano i .....

## 2 Fare collegamenti

**N2** Abbina ogni termine della colonna A con la definizione giusta della colonna B scrivendo la coppia (esempio: 1b, 2c).

Colonna A	Colonna B
1. Alfred Wegener	a. Supercontinente originario dei continenti attuali
2. Pangea	b. Movimento delle placche sulla crosta terrestre
3. Placche	c. Scienziato che ha ipotizzato la deriva dei continenti
4. Dorsali	d. Strutture su cui si muovono i continenti
5. Subduzione	e. Area in cui una placca scivola sotto un'altra

## 3 Leggere la carta

**N3** Osserva bene la carta delle fasce climatiche a p. 15. Presta attenzione ai colori, ai simboli e alla posizione dei continenti. Poi rispondi alle seguenti domande, che ti aiuteranno a capire meglio come è distribuito il clima sulla Terra.

1. Quante fasce climatiche sono rappresentate sulla carta?
2. Quali colori sono utilizzati per indicare le diverse fasce climatiche?

TROPPO LUNGO

3. Dove si trovano le fasce più calde? E quelle più fredde?
4. Quali continenti attraversano più fasce climatiche?
5. In quale fascia climatica vivi? Il clima della tua zona corrisponde a quello della fascia indicata?

## 4 Allenare lo spirito critico

**N3** Scrivi un testo argomentativo di circa 150 parole sull'importanza degli accordi tra Stati per proteggere l'ambiente.

### CONSIGLI DI METODO

- Prima di scrivere, rileggi bene il testo sul Protocollo di Montréal che trovi al paragrafo 1.6.
- Spiega perché è importante che gli Stati collaborino per risolvere problemi come l'inquinamento o il buco dell'ozono.
- Fai un esempio concreto: puoi parlare del trattato firmato nel 1987 e dei successivi aggiornamenti.
- Ricorda che da soli i singoli Stati non bastano: solo insieme si possono trovare soluzioni efficaci.
- Concludi esprimendo la tua opinione sull'importanza della protezione dell'ambiente per il futuro di tutti.

## 5 Studiare la Geografia con l'IA

**N4** Rileggi con attenzione il paragrafo sull'**Ipotesi Gaia** e poi integra le informazioni interrogando ChatGPT con domande tipo "Cos'è l'Ipotesi Gaia?" e "Chi è James Lovelock?". Metti a confronto le risposte ottenute dall'intelligenza artificiale con quelle reperite online e sul tuo manuale: verifica eventuali divergenze, omissioni o inesattezze, e annota dove le fonti si confermano o si contraddicono.

### CONSIGLI DI METODO

- Cerca fonti **affidabili** (per esempio siti di enti di ricerca o di università o ancora di enciclopedie online, pubblicazioni scientifiche, articoli di riviste specializzate) e prendi nota dell'autore e della data.
- Confronta in modo critico tutte le fonti, osservando somiglianze e differenze nei contenuti e nel linguaggio.
- Indica quali fonti ti sono parse più **attendibili** e motiva la scelta (autorevolezza, dati citati, aggiornamento temporale, rigore metodologico).
- Concludi con una breve riflessione personale su come l'uso dell'IA ha aiutato o limitato la comprensione del tema e su quali altre ipotesi artificiali potrebbero essere utili.

TEMA 1 L'ipotesi Gaia e l'Intelligenza Artificiale

**UN FENOMENO ANTICO QUANTO LA TERRA** Il cambiamento climatico è un **fenomeno naturale**, una delle manifestazioni del mutamento e dell'adattamento continui su cui si basa il funzionamento del sistema Terra.

Nel corso degli oltre 4 miliardi di anni di vita del nostro pianeta ci sono state fasi di drastici cambiamenti, con lunghi periodi di raffreddamento intenso (le glaciazioni) alternati a periodi più caldi o temperati nei quali i ghiacci formatisi nelle fasi fredde si sono sciolti innalzando i livelli di mari e oceani. La storia climatica del nostro pianeta ha visto alternarsi anche fasi di aridità, nelle quali le precipitazioni si sono fatte più rare, a ere decisamente umide.

**LA POPOLAZIONE UMANA, UN FATTORE ENDOGENO** Questi mutamenti sono stati determinati da **fattori esogeni** (di origine esterna al sistema Terra), come l'intensità con la quale il Sole riscalda la Terra o l'impatto sulla superficie terrestre di meteoriti di grandi dimensioni e, nello stesso periodo o in periodi diversi, da **fattori endogeni** (che hanno, cioè, origine all'interno del sistema Terra), come un'intensa attività vulcanica e quindi con l'immissione nell'atmosfera di ingenti quantità di "ceneri".

Secondo la scienza, nella storia recente è accaduto qualcosa di nuovo: l'**umanità** è divenuta un fattore endogeno del **cambiamento climatico**. La nostra specie ha modificato fortemente la scala dei mutamenti del clima, nel tempo e nello spazio, e ha introdotto nel sistema Terra mutamenti destinati a permanere per un periodo estremamente lungo. La nostra **presenza**, i nostri **comportamenti** sono diventati invasivi.

**FATTORI CRITICI ATTUALI** I recenti cambiamenti climatici hanno assunto un **carattere di emergenza**, prima di tutto perché si sono accorciati radicalmente gli **intervalli di tempo** con i quali il clima muta. Negli ultimi 150 anni sono aumentati la velocità e il ritmo con cui si riscaldano le acque degli oceani o si riducono i ghiacciai: in base ai calcoli effettuati dall'Osservatorio europeo Copernicus, nel gennaio 2024, per la prima volta, il pianeta ha superato il limite del riscalda-



Un ghiacciaio delle Isole Svalbard (Norvegia) in una foto dei primi del Novecento (a sinistra) e in uno scatto del 2002 (a destra). Campagna #MyClimate Action di Greenpeace

[Istituto Polare Norvegese; C. Åslund per Greenpeace]



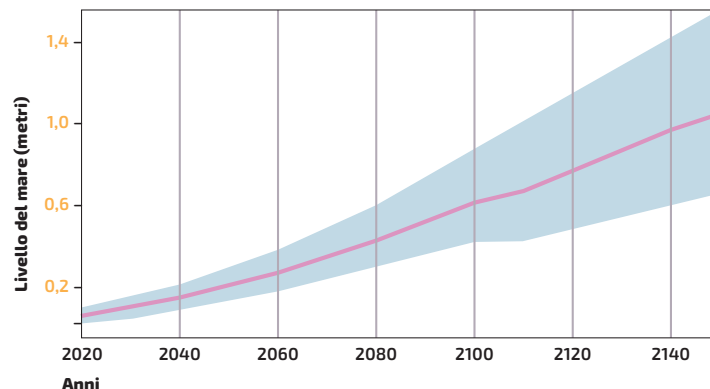


## LA QUESTIONE CHIAVE

mento di 1,5°C per 12 mesi consecutivi e la temperatura globale dell'aria, sulla superficie del pianeta, è più alta rispetto al periodo 1850-1900. Sempre secondo Copernicus nel 2025 potremmo non superare il limite di 1,5°C rispetto al livello preindustriale, ma è probabile che la temperatura globale media del triennio 1023-2025 superi il valore di 1,5°C. Sarebbe il primo triennio con questa media, da quando si effettuano registrazioni.

Sono inoltre cambiate nel corso dei secoli le caratteristiche delle **aree** sulle quali si abbattano gli effetti del cambiamento. A causa dall'innalzamento dei livelli del mare causato dallo **scioglimento dei ghiacciai**, un rischio si prevede per le **aree costiere**, dove si concentra la gran parte della popolazione mondiale. Per paesi come l'**Italia**, nel quale molti vivono lungo le coste o sulle isole, l'impatto sarà rilevante. Dalla *Sea Level Change Team*, una mappa interattiva creata dalla Nasa, si può desumere come cambierà il livello dei mari su scala globale per effetto del riscaldamento globale. Nella zona di **Napoli** lo scenario elaborato dalla Nasa prevede un innalzamento medio del livello del mare fino a un metro tra il 2020 e il 2140.

Si sta inoltre facendo sempre più stretta e immediata la **relazione tra i fattori locali e le conseguenze a livello mondiale**: per esempio, emerge che l'inquinamento atmosferico prodotto in modo massiccio in alcune aree del pianeta (fattore locale) incide pesantemente sul riscaldamento dell'atmosfera a scala globale.



**Previsione di aumento del livello del mare p tra il 2020 e il 2140 a Napoli**

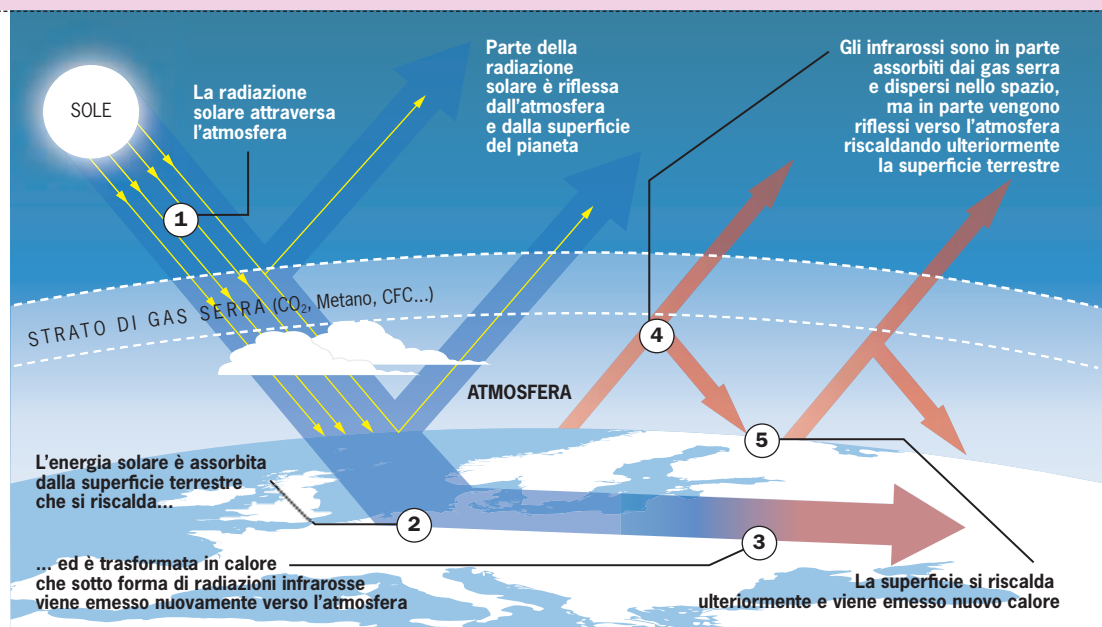
[SSP scenario 5-8.5; Nasa]

**GAS SERRA E RISCALDAMENTO CLIMATICO** L'aumento globale delle temperature è un aspetto chiave dell'emergenza climatica. Nel corso dei millenni l'atmosfera terrestre si riscaldava principalmente per quella quantità di calore che derivava dall'irraggiamento del Sole e che il sistema Terra non disperdeva nello spazio ma tratteneva.

Negli ultimi 150 anni l'atmosfera tende a riscaldarsi anche "autonomamente" a causa delle immissioni di aria calda e di **gas serra** da parte delle industrie, delle automobili, degli im-

### Gas serra ed effetto serra

L'effetto serra è un fenomeno atmosferico e climatico che garantisce l'equilibrio termico del pianeta. Dipende dalla capacità della Terra di trattenere nell'atmosfera il calore emanato dal Sole, fino a formare una calotta attorno al globo: come se si fosse in una serra, all'interno della calotta una determinata temperatura mantiene condizioni adatte alla vita. Garanti dell'equilibrio termico sono i gas serra: principalmente vapore acqueo, anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), ossido di diazoto (N<sub>2</sub>O) e ozono (O<sub>3</sub>). L'eccesso di questi gas nell'atmosfera, prodotto per esempio dalle emissioni industriali e dai mezzi di trasporto, altera l'equilibrio e provoca un surriscaldamento della superficie terrestre.



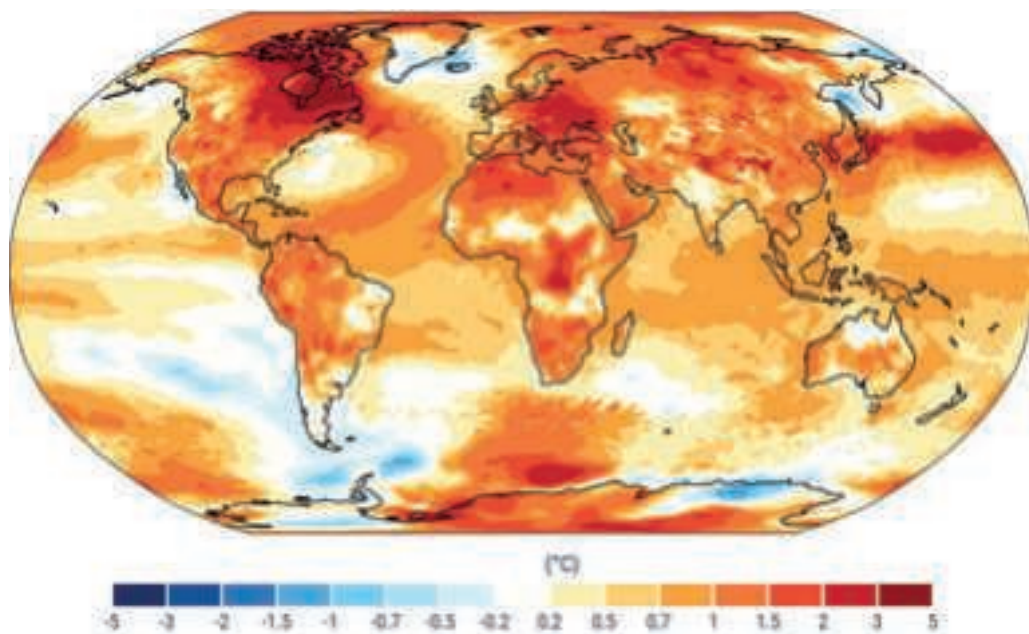
## LA QUESTIONE CHIAVE



### Temperatura dell'aria a contatto con la superficie terrestre (aria superficiale) nel 2024

[ERA5. C3S / ECMWF]

Il planisfero mostra l'anomalia media annua della temperatura dell'aria superficiale (°C) per il 2024, rispetto alla media del periodo di riferimento 1991-2020. Si tratta dell'anno più caldo mai registrato a livello globale.



### Regime

Si intende, in questo contesto, l'andamento di un fenomeno in un determinato periodo di tempo e in determinate condizioni.

pianti di riscaldamento, cioè per l'intensa attività produttiva e per le abitudini delle società umane. L'effetto è che si stanno modificando i **regimi** delle precipitazioni (piogge), impoverendo le risorse di acqua dolce, sciogliendo i ghiacciai marini e innalzando i livelli di mari e oceani.

**RISCALDAMENTO CLIMATICO ED EFFETTO ALBEDO** Si sta anche modificando la capacità delle superfici terrestri di **riflettere e "assorbire" i raggi solari**, il cosiddetto **effetto albedo**. I ghiacciai, la neve, le nuvole hanno un effetto albedo elevato, perché per via del loro colore (bianco) rimandano nell'atmosfera i raggi solari contribuendo a tenere basse le temperature terrestri. Le superfici scure, come quelle di cemento o come le strade d'asfalto e certi tetti, si riscaldano invece più rapidamente e trattengono più radiazione solare: assorbono più calore e hanno quindi un minore effetto albedo.

Attualmente stanno diminuendo le aree con un effetto albedo alto e di conseguenza va aumentando la temperatura terrestre: mentre si sciolgono i ghiacciai e si riducono le coltri nevose sui grandi massicci montuosi, crescono le superfici cementificate nelle aree urbane.

Le cosiddette **isole di calore** nei centri abitati sono un effetto dell'aumento di queste superfici scure con basso effetto albedo. Ed è anche per questo che in città fa più caldo che in campagna.

Le cosiddette **isole di calore** nei centri abitati sono un effetto dell'aumento di queste superfici scure con basso effetto albedo. Ed è anche per questo che in città fa più caldo che in campagna.

**IL CONCETTO DI RISCHIO** L'umanità non sta mostrando una pronta reazione al cambiamento in atto e all'emergenza climatica, sembra piuttosto vittima di un pericoloso "immobilismo", secondo il **principio della rana bollita** descritto dal linguista Noam Chomsky. Strategica è invece per l'umanità una reazione pronta ai cambiamenti in atto. A cominciare dal rapporto con il concetto di rischio, troppo a lungo trascurato e invece fondamentale, dal momento che gli esperti definiscono il **rischio** come «potenziale perdita di vite umane, lesioni o beni

### Principio della rana bollita

Per descrivere la capacità umana di adattarsi a situazioni deleterie, Noam Chomsky paragona il nostro comportamento a quello di una rana che nuota in un recipiente di acqua inizialmente fredda e poi sempre più calda, a mano a mano che il fornello la riscalda: la rana continuerà a nuotare trovando da subito la temperatura tiepida molto gradevole e continuerà fino a quando la temperatura risulterà sgradevole ma sarà ormai troppo stanca, per aver nuotato così a lungo, da non riuscire a saltar fuori dal recipiente, trovando la morte. Se invece la rana fosse immersa all'improvviso in un recipiente con acqua a 50°C, salterebbe fuori immediatamente.



[illustrazione di Jono Hey, sketchplanations.com]

distrutti o danneggiati che potrebbero verificarsi in un sistema, una società o una comunità in un determinato periodo di tempo». Il Dipartimento della Protezione Civile italiana precisa che «occorre stimare attentamente l'esposizione, cioè le vite e i beni presenti sul territorio che possono essere coinvolti da un evento e la loro vulnerabilità».

Prendiamo il caso di molti corsi d'acqua a regime torrentizio sul territorio italiano, in particolare in Italia meridionale, dove sono noti anche come **fiumare**, e lungo l'Appennino. Sono torrenti alimentati soprattutto dalle precipitazioni, e possono trasformarsi da piccoli rigagnoli in veri e propri fiumi a seconda della quantità e dell'intensità delle piogge che cadono (o della neve che si scioglie), in certe stagioni o in maniera sempre più spesso "improvvisa" proprio a causa del cambiamento climatico. In questo caso una strategia di prevenzione del rischio per la popolazione imporrebbe a un Comune (e in generale agli altri enti preposti alla manutenzione e al controllo del territorio) di vietare la costruzione di campeggi, **case** o industrie nell'**alveo** o **sulle rive del torrente** perché, quando il regime del corso d'acqua aumenterà, le costruzioni saranno allagate, sommerse o spazzate via.

**IL CONCETTO DI MITIGAZIONE** E dal momento che i rischi connessi all'attuale fase del cambiamento climatico dureranno per decine (se non centinaia) di anni, occorre contenerli, anche ragionando in una prospettiva di lunga durata, e adottare **misure di mitigazione**: politiche ambientali adeguate ai tempi, a partire da quelle per la riduzione delle emissioni nell'atmosfera dei gas serra e per l'accrescimento dei **pozzi di assorbimento**; la realizzazione, per esempio, di infrastrutture (ponti e strade) o edifici resistenti alle alluvioni e distanti da aree soggette a frane; la **sensibilizzazione** dell'opinione pubblica nei confronti di nuove pratiche e abitudini, di modo che queste si diffondano, proprio come è accaduto con l'abitudine alla raccolta differenziata dei rifiuti domestici negli ultimi decenni.

### Mitigazione

Rendere meno grave l'impatto del cambiamento climatico con interventi che riducono le fonti delle emissioni di gas a effetto serra e/o rafforzare i pozzi di assorbimento.

### Pozzo di assorbimento

Sistema in grado di assorbire maggiori quantità di carbonio rispetto a quelle emesse. I principali pozzi di assorbimento naturali sono rappresentati dal suolo, dalle foreste e dagli oceani.



Le alluvioni e l'esondazione di alcuni fiumi in Emilia-Romagna nel maggio 2023





■ L'Italia è una penisola, il che significa che la maggior parte del suo territorio è circondata da **mari mediterranei** (da nord-ovest a nord-est, in ordine quindi antiorario, il Mar Ligure, il Mar Tirreno, il Mare Ionio e il Mare Adriatico). Nelle acque territoriali italiane, all'interno dunque dei confini politici e amministrativi dello Stato italiano, rientrano anche le due principali isole del Mediterraneo, la Sardegna e la Sicilia, insieme a oltre 35 altre isole di minore estensione superficiale ma nella maggior parte dei casi comunque abitate. Secondo i calcoli effettuati dall'Istituto nazionale per la statistica, «la lunghezza della **linea di confine con il mare** è pari a **8970 chilometri**». In questa fascia di territorio vive più di un quarto della popolazione residente in Italia, vale a dire oltre **17 dei 58 milioni** 987 mila **abitanti** del paese.

■ È importante inoltre ricordare che, complessivamente, quasi il 50% delle persone che vivono in Italia si concentra in pianura: dal momento che le pianure costituiscono solo il 23% circa del territorio italiano, è in queste zone altimetriche che troviamo i valori più alti di **densità di popolazione** (oltre 400 abitanti per km<sup>2</sup>).

■ Secondo le proiezioni del geografo Mauro Varotto dell'Università di Padova, «in un futuro non così lontano, se l'anidride carbonica atmosferica continuerà ad aumentare ai ritmi attuali, la completa fusione delle calotte glaciali planetarie e il conseguente innalzamento del livello dei mari di circa 65 metri porterebbe alla perdita di 1/5 del territorio della penisola, costringerebbe 20 milioni di persone ad evacuare dalle zone sommerse, che coinvolgerebbero il 38% delle aree urbane del paese. Uno scenario impossibile? Piuttosto un *dejà vu*: l'Italia del Pliocene [antica era geologica], 2,5 milioni di anni fa, appariva come qualcosa di molto simile, con una sola piccola differenza: allora *Homo sapiens* non c'era, oggi è il principale responsabile di questa trasformazione».

■ Alcuni modelli climatici prevedono, tra il 2011 e il 2095, una diminuzione delle precipitazioni soprattutto nelle regioni meridionali della penisola. Secondo l'Intergovernmental Panel on Climate Change (Ipcc), un'organizzazione delle Nazioni Unite per lo studio dei cambiamenti climatici, le precipitazioni sono tra i fattori che maggiormente incidono sulla disponibilità di risorse idriche insieme alle temperature e all'**evapotraspirazione**.

■ Prendendo inoltre in considerazione i dati del World Atlas of Desertification della Commissione Europea, anche la **desertificazione** si presenta come un problema nazionale, in rela-

zione proprio al modificarsi del regime delle precipitazioni e all'inefficienza dei sistemi di raccolta e di distribuzione (per uso domestico e in agricoltura) dell'acqua dolce.

■ In base ai principali indicatori climatici, il rischio di desertificazione è più elevato in particolare in Puglia, Calabria, Sicilia e Sardegna.

Uno scenario irrealistico ma verosimile delle grandi trasformazioni cui va incontro il territorio italiano è descritto nel libro di due studiosi, Telmo Pievani e Mauro Varotto, *Viaggio nell'Italia dell'Antropocene*, utilissimo per riflettere sul futuro del pianeta e della popolazione umana in relazione alle conseguenze dello scioglimento dei ghiacciai continentali e cioè all'aumento del livello delle acque marine e all'immersione di parte delle terre. Secondo questo scenario, come mostra la carta a corredo del libro, elaborata da Francesco Ferrarese, fra 7 secoli, nel XXVIII secolo, la gran parte dei territori nei quali si addensano oggi i centri abitati italiani, lungo la linea di costa, sarebbe sommersa dalle acque marine che si solleverebbero di tre metri rispetto all'attuale livello del mare.



**Sarà così l'Italia del 2786?**

[da T. Pievani - M. Varotto, *Viaggio nell'Italia dell'Antropocene*, Aboca, Sansepolcro (Ar) 2021, p. 9]

#### Mediterraneo

Un bacino marittimo quasi interamente circondato da terre emerse – dal latino *mediterraneus*, composto di *medius*, 'medio', e *terra*, 'terra'.

#### Evapotraspirazione

La quantità d'acqua che, a certe temperature, evapora dalla superficie del terreno e traspira dalle foglie delle piante.

# Isole e cambiamento climatico: i Sids

■ Nel 1992 la Conferenza dell'Onu, tenutasi a Rio de Janeiro, ha adottato la categoria di **"isole in pericolo"** per le piccole isole minacciate dalle ricadute del cambiamento climatico e del riscaldamento globale; ha anche previsto che i 65 milioni di abitanti che le popolano sarebbero stati costretti, nel tempo, a subire le conseguenze socioeconomiche del cambiamento.

Di fronte al pericolo, un gruppo di 39 piccoli Stati insulari e 18 membri associati, situati in tre regioni geografiche – i Caraibi, gli Oceani Pacifico e Atlantico, l'Oceano Indiano e il Mar Cinese Meridionale –, si costituirono negli Small Islands Development States, o Sids.

Da allora l'istituzione Sids si occupa di prevedere strategie di adattamento ai cambiamenti, attraverso la protezione delle coste, la gestione sostenibile delle risorse e il contrasto all'impatto che le modificazioni climatiche e il riscaldamento globale hanno sulle comunità di isolani, sul loro ambiente di vita, sulle loro economie: la perdita di biodiversità, l'innalzamento del livello del mare, il ricorrere di uragani devastanti affliggono da tempo gli abitanti dei Sids.

■ Uno dei Sids è la Repubblica delle **Maldives**, costituita da un gruppo di 26 atolli per un totale di 1192 isole coralline emergenti nell'Oceano Indiano. Sulle Maldive pesano gli effetti del **Niño** ovvero il fenomeno climatico periodico che ha origine nell'Oceano Pacifico e causa il riscaldamento delle correnti marine con conseguenze negative a livello globale, quindi anche su territori lontani dal luogo in cui nasce. In particolare, l'**aumento della temperatura** di 4-5°C e ha danneggiato la **barriera corallina**, perché in acque surriscaldate i coralli espellono le cosiddette "alghe simbiotiche", responsabili della loro tipica colorazione

rossa, e si sbiancano. Inoltre, queste alghe forniscono ai coralli il 90% del fabbisogno energetico di cui hanno bisogno per crescere e riprodursi: perderle mette, dunque, in una drammatica condizione di stress l'intera barriera.

■ Le Maldive sono più vulnerabili di altri Stati all'**innalzamento del livello marino** perché sono ad appena 90 cm sul livello del mare (il livello del terreno più basso al mondo). Il governo maldiviano ha tentato di fronteggiare questa criticità costruendo **isole artificiali**, alte 2 metri sul livello del mare, come **Hulhumalé** ("Città della Speranza"), che è stata inaugurata nel 2004 e si estende per 4 km<sup>2</sup>. L'isola è stata progettata per essere sostenibile – dotata di pannelli solari per l'energia elettrica e impianti per la raccolta e la conservazione dell'acqua piovana –, ma il movimento delle acque generato dal cantiere di questa grande opera ha danneggiato la barriera corallina. Inoltre, per fronteggiare la quantità di rifiuti, prodotta durante il periodo dei lavori e poi alimentata dal trasferimento della popolazione, è stata costruita **Thilafushi**, una seconda isola **deputata al solo smaltimento dei rifiuti**.

La costruzione di isole artificiali è stata intrapresa anche da altri Stati – Emirati Arabi Uniti, Regno di Danimarca, Repubblica Popolare Cinese –, perseguendo scopi diversi.

■ Se per un verso il caso Maldive attesta la capacità di adattamento alle sfide poste dal cambiamento climatico, per l'altro rivela la complessità delle sfide ambientali, e in particolare la difficoltà di individuare soluzioni radicalmente ecosostenibili, la cui attuazione non provochi ulteriori danni ambientali.



Le isole di Hulhumalé (a sinistra) e Thilafushi (in alto) nelle Maldive

■ Secondo la definizione del Sistema Nazionale per la Protezione Ambientale (Snpa), il **suolo** è «lo strato superiore della crosta terrestre costituito da componenti minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi»; ed è una «interfaccia», cioè un elemento di connessione, «tra terra, aria e acqua». Inoltre, il suolo ospita «gran parte della biosfera», ovvero il sistema composto dagli esseri viventi e dal loro ambiente di vita [→ **TEMA 1.3**]. Secondo il Snpa il suolo è «una risorsa vitale, limitata, non rinnovabile e insostituibile».

Un suolo in buone condizioni consente di conservare la biodiversità, produrre alimenti, mitigare l'impatto dei cambiamenti climatici e degli eventi meteorologici estremi, come siccità o inondazioni. È quindi un **bene ambientale fondamentale**. L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Ispra, fissa per l'Italia gli obiettivi sul consumo di suolo, in sintonia con quelli fissati dall'Onu e dall'Ue: in particolare, entro il 2030 si prevede l'allineamento del consumo di suolo alla crescita della popolazione e, entro il 2050, se ne prevede l'azzeramento.

■ La **disponibilità di suolo** naturale è messa fortemente a rischio dai processi di **antropizzazione**, cioè da tutte le attività umane tese alla creazione di insediamenti e infrastrutture che coprono artificialmente il territorio. La **copertura permanente del suolo** con materiali artificiali, come l'asfalto per le strade o il calcestruzzo impiegato nell'edilizia, limita, quando non impedisce, l'infiltrazione d'acqua, producendo una vera e propria **impermeabilizzazione** del suolo, una «**sigillatura**» che ne compromette la naturale funzione di regolatore dell'ecosistema, oltre a ridurre la velocità di scorrimento delle acque meteoriche (pioggia). Le conseguenze sono molteplici: riduzione della capacità del suolo di drenare e far defluire l'acqua (in caso di pioggia, per esempio); formazione, in ambiente urbano, delle **isole di calore**, che concorrono al riscaldamento globale; sterilizzazione e totale **infertilità** del terreno; alterazione delle **risorse idriche** sotterranee.

■ Il costante **consumo di suolo** riguarda in primo luogo le aree metropolitane, ma anche quelle sottoposte ad agricoltura intensiva.

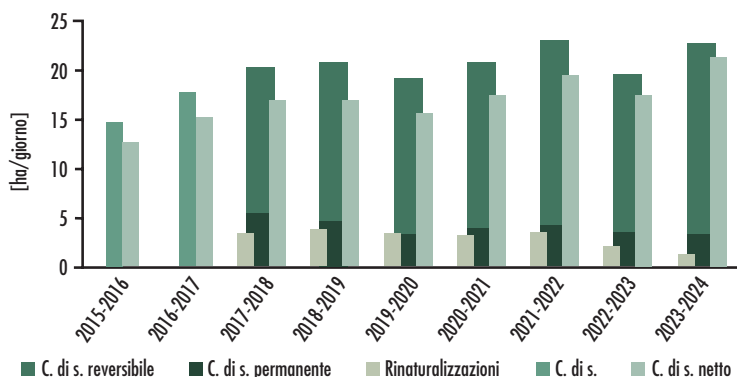
Il processo va governato per invertire la tendenza. Per esempio, nei paesi «anziani» (come la maggior parte dei paesi europei e del Nord America), nei quali l'età media della popolazione è alta e nascono pochi bambini, va contenuta la costruzione di nuovi insediamenti a scopo abitativo o commerciale, una tendenza che non origina da reali esigenze sociali, ma quasi esclusivamente da interessi economici.

Va anche governata l'agricoltura intensiva, come l'agricoltura di piantagione, che è una delle cause antropiche di **desertificazione**, ovvero di «degrado delle terre nelle aree aride, semi-aride, e sub-umide secche»: fortemente meccanizzato, questo tipo di agricoltura implica un consistente uso di sostanze chimiche e prevede interventi di **deforestazione** per la creazione di sempre nuove distese coltivabili. A sua volta, la desertificazione danneggia l'agricoltura, riducendo la produttività dei terreni e la disponibilità di risorse alimentari. Insieme al cambiamento climatico, l'agricoltura intensiva ha prodotto una crescita della desertificazione anche in **Europa**: non solo nel Sud-Europa, più vicino ad Africa e Asia, ma anche in **regioni con climi umidi e temperati**, come in Ungheria e Bulgaria.



Il consumo di suolo (c.d.s.) in Italia nel 2024 (in alto) e la velocità di c.d.s. giornaliero (a sinistra)

[Dati Ispra 2024, 2025]





## L'Ue verso la neutralità climatica

**LA NEUTRALITÀ CLIMATICA** L'aumento dei gas serra contenenti il carbonio (naturalmente presenti nell'atmosfera), provocato dalla combustione delle fonti fossili (petrolio, carbone e gas naturale), è ritenuto responsabile del riscaldamento del pianeta [→ **LA QUESTIONE CHIAVE** Il cambiamento climatico, p. 22]. Fenomeni naturali come l'attività di fotosintesi della vegetazione, invece, contrastano l'effetto di riscaldamento globale utilizzando uno dei gas serra più comuni nell'atmosfera, l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), per produrre i nutrienti alla base del funzionamento della catena alimentare.

La condizione che si verifica in un paese, quando la **quantità dei gas serra** prodotti dalle attività antropiche è bilanciata dalla quantità assorbita dai fenomeni naturali, è definita **neutralità climatica** o **neutralità carbonica**.

L'idea di poter raggiungere una neutralità climatica nel 2050 è stata promossa dall'Organizzazione delle Nazioni Unite (Onu) attraverso un'iniziativa intrapresa nel 2015 finalizzata a frenare la crescita del riscaldamento climatico globale, promuovendo la riduzione dell'utilizzo delle fonti fossili e favorendo le attività che possono mitigare l'effetto dei gas serra.

**COME RIDURRE IL RISCALDAMENTO CLIMATICO GLOBALE?** L'iniziativa dell'Onu è inclusa nell'**accordo di Parigi**, stipulato nel corso della Conferenza Cop21 del 2015, che ha impegnato quasi tutti i paesi del mondo a rispettare l'obiettivo ambizioso di contenere l'aumento della temperatura media del pianeta entro i 2°C rispetto ai livelli misurati prima dell'epoca dello sviluppo industriale e, successivamente, di proseguire gli sforzi per limitarlo a 1,5°C. Cina, Stati Uniti, India e i 27 paesi mem-

bri dell'Ue contribuiscono alla quota totale in maggior misura, avendo un sistema industriale (e di trasporti) più sviluppato.

Dal 2019 l'Ue ha adottato la politica del **Green Deal** con l'obiettivo principale di «rendere l'Europa il primo continente neutrale dal punto di vista climatico entro il 2050, attuando processi di transizione ecologica come la decarbonizzazione dell'economia, la cura dell'ambiente naturale e della qualità della vita dei cittadini europei».

Tuttavia, con preoccupazione, durante la Conferenza delle Parti delle Nazioni Unite tenutasi nel 2025 in Brasile, gli esperti sono tornati a esprimersi sul rischio di superare il valore di 1,5°C, considerandolo altissimo.

**STRATEGIE PER LA DECARBONIZZAZIONE DELL'ECONOMIA** La decarbonizzazione è la «**progressiva riduzione delle emissioni di gas serra contenenti carbonio**» ed è concretamente il progetto di conversione del nostro sistema economico in un modello produttivo e di sviluppo più sostenibile, che riduca le emissioni di CO<sub>2</sub> e l'uso di **fonti fossili** (come carbone, gas naturale e petrolio).

Un paese che produce beni e servizi riducendo al minimo le emissioni di gas serra nell'atmosfera attua una serie di iniziative strategiche:

- progressiva riduzione dell'uso dei combustibili fossili;
- progressivo aumento dell'efficienza energetica dei processi produttivi;
- crescente impiego di fonti energetiche rinnovabili;
- utilizzo di tecnologie innovative a bassa emissione di gas serra;
- adozione di modelli di cittadinanza ispirati alla transizione ecologica.

### CONSEGNA

Lavorate come giornalisti nella redazione di un blog di divulgazione sul settore della tecnologia e dell'ambiente. State raccogliendo dati e informazioni da interpretare e discutere per l'articolo sui risultati della strategia europea di neutralità climatica avviata nel 2019, che dovrete scrivere, anche segnalando i paesi europei che hanno raggiunto i migliori risultati.

## FASE 1 Lettura della documentazione e ricerca

### LAVORO INDIVIDUALE

Osserva la mappa tematica della produzione di energia elettrica generata da fonti rinnovabili per individuare i paesi europei che si avvicinano alla neutralità climatica.

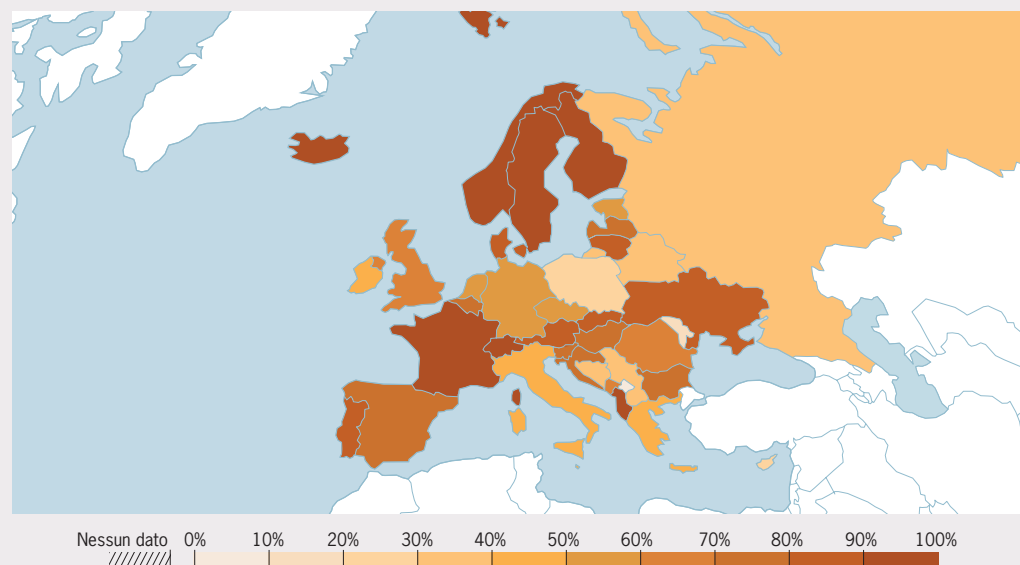
### DOCUMENTO

#### Mappa tematica dell'utilizzo delle fonti energetiche a basso impatto di carbonio, 2024

[Fonte: Ember (2024); Energy institute - Statistical Review of World Energy (2024); in OurWorldinData.org]

### COME LEGGERE LA CARTA

Nella mappa tematica è rappresentata, attraverso una gradazione di colore, la percentuale di energia elettrica generata nel 2023 da fonti a bassa emissione di carbonio (fonti rinnovabili: solare, eolica, idroelettrica, geotermica, mareomotrice e da moto ondoso, da biomassa; da impianti nucleari) rispetto al totale dell'energia elettrica prodotta in ciascun paese [→ **TEMA 1.1**]. Quanto più tenue è la gradazione tanto meno il paese utilizza fonti energetiche a bassa emissione di gas serra.



### GUIDA ALLA LETTURA

- Quali paesi mostrano una più alta percentuale di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili e dal nucleare? Motiva la tua risposta.
- Qual è la percentuale di utilizzo di fonti energetiche a bassa emissione di carbonio in Italia?

## LAVORO DI GRUPPO

Divisi in gruppi, ciascun gruppo scelga uno dei sei paesi fondatori dell'Unione europea e ne indaghi l'utilizzo di fonti energetiche a basso impatto di carbonio. Vi consigliamo per questo di orientare la ricerca in Rete su alcuni ambiti strategici:

- riduzione dei consumi di combustibili fossili
- aumento e diffusione dei lavori green
- aumento e diffusione delle stazioni di ricarica elettrica
- servizi smart ed efficienti
- produzione di cibo locale e sano
- potenziamento dell'economia circolare
- riduzione degli imballaggi in plastica
- riciclo dei rifiuti elettronici e introduzione del caricabatterie universale
- contrasto alla fast fashion e all'obsolescenza programmata.

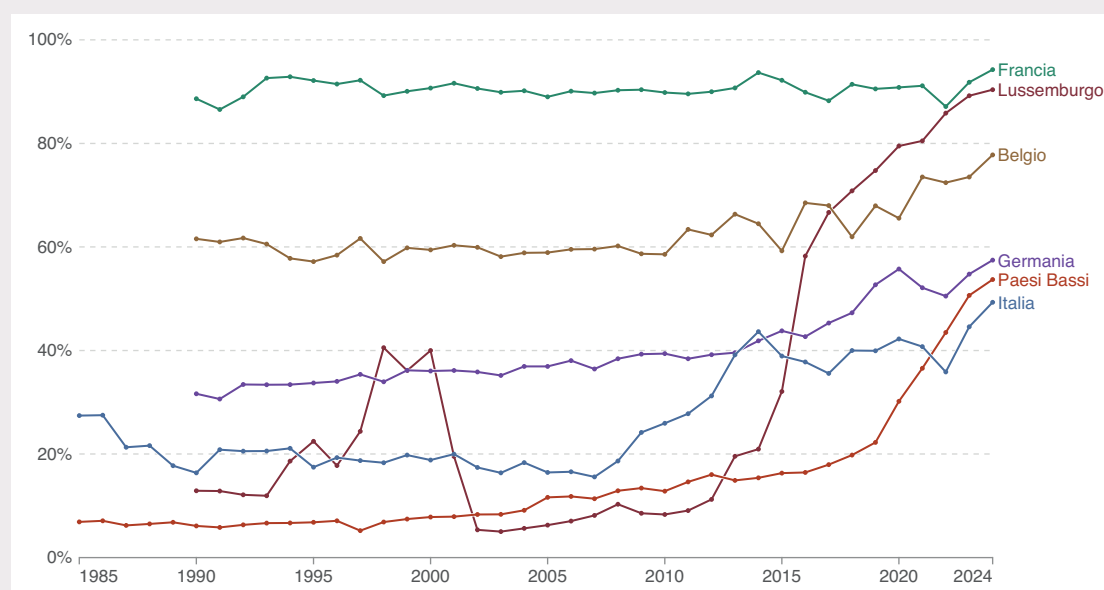
## DOCUMENTO

### Grafico lineare dell'utilizzo delle fonti rinnovabili nei sei paesi fondatori dell'Ue

[Fonte: Ember (2024); Energy institute - Statistical Review of World Energy (2024); in OurWorldinData.org]

Il grafico lineare rappresenta l'andamento nel tempo della percentuale di energia elettrica generata da fonti a basso impatto di carbonio nei sei paesi fondatori dell'Ue: Belgio, Francia, Germania, Italia, Lussemburgo, Paesi Bassi. Ogni linea colorata è riferita a uno dei paesi. Concentratevi prima su ogni linea, poi confrontate fra loro gli andamenti di tutte: quando la linea ha un andamento piuttosto "regolare" la produzione del paese è tendenzialmente **costante nel tempo**, quando "impenna" o mostra "picchi" la produzione **aumenta enormemente in breve tempo**.

## COME LEGGERE IL GRAFICO



### GUIDA ALLA LETTURA

- Com'è l'andamento della produzione di energia a basso impatto di carbonio nel paese che avete scelto di indagare: crescente o decrescente?
- È cresciuto o diminuito dal 2019, anno in cui è stato adottato il Green Deal, al 2023?



### LAVORO DI GRUPPO

I **sei gruppi di lavoro** si confronteranno ora sul tema a partire dai dati che hanno dedotto su ogni paese fondatore dell'Ue e sulle informazioni che son riusciti a raccogliere. Per il confronto vi suggeriamo questa scaletta.

- Notate differenze evidenti fra i dati relativi ai paesi dell'Ue e quelli dei paesi non membri?
- Notate significative differenze o analogie nella produzione di energia a basso impatto di carbonio tra i sei paesi fondatori dell'Ue?
- Avete trovato notizie su cambiamenti importanti nelle abitudini dei cittadini europei nel corso degli ultimi anni?
- Quali possono essere le ragioni che spiegano i migliori risultati del Lussemburgo o della Francia?

### L'Unione europea nel 2020

Confrontando questa carta con la mappa tematica dell'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili in Europa a p. 30, vi sarà chiaro quali sono i paesi membri dell'Ue.

### DOCUMENTO



Paesi aderenti all'Ue dal 1993	Paesi aderenti all'Ue dal 2013
Paesi aderenti all'Ue dal 1995	Paese aderente all'Ue dal 1973 al 2020
Paesi aderenti all'Ue dal 2004	Paesi dell'area euro
Paesi aderenti all'Ue dal 2007	

**Ciascun gruppo** scriva un articolo di circa 3000 battute spazi inclusi, ovvero di circa 150 parole, restituendo il risultato della ricerca e delle discussioni, e articoli il testo facendo riferimento sia ai paesi membri dell'Ue indagati sia al loro comportamento negli ambiti strategici per la transizione ecologica verso un'economia decarbonizzata. Inserite vostre considerazioni sui risultati raggiunti dai paesi dell'Ue secondo l'esito dell'indagine, della lettura dei documenti e del confronto.

La politica promossa dall'Ue è coerente con l'Obiettivo 13 dell'Agenda 2030 dell'Onu, "Lotta contro il cambiamento climatico", in particolare con il punto 2.

### FOCUS Educazione civica



#### Obiettivo 13

2. Integrare le misure contro il cambiamento climatico nelle politiche, strategie e pianificazioni nazionali.



■ La forma Atlante è uno strumento prezioso perché consente di organizzare e di rappresentare la conoscenza alle diverse scale geografiche, passando quindi dall'analisi di un fenomeno su una piccola porzione di superficie terrestre (grande scala) alla rappresentazione sinottica di un evento che riguarda tutto il mondo (piccola scala). E, allo stesso tempo, consente di **cogliere le relazioni** che esistono tra la dimensione locale e quella globale, svincolandosi da una lettura parziale, spesso influenzata da interessi particolari e da visioni localistiche.

■ Questa caratteristica dell'Atlante è fondamentale quando si affronta un argomento complesso e critico come quello delle **risorse** [→ 6.3].

Complesso perché sono molteplici gli interessi che entrano in gioco: un **bene, ambientale o culturale**, materiale o immateriale, si trasforma in risorsa nel momento in cui si presta a uno sfruttamento da parte di un soggetto, pubblico o privato, individuale o collettivo, che ne ricava dei vantaggi, per sé stesso e per altri soggetti.

Critico perché il concetto stesso di risorsa è frutto di una **visione fortemente antropocentrica**: vale a dire che il valore di questi beni di solito viene misurato esclusivamente in funzione dei benefici che ne ricavano i gruppi umani o le singole persone, ignorando o deliberatamente trascurando gli effetti che l'uso di ciascuno di questi beni ha sul bene stesso e sul contesto, ambientale, sociale e culturale, in cui è inserito.

■ Una delle caratteristiche infatti da tenere sempre bene a mente, e che lo strumento Atlante ci consente di cogliere in

maniera molto evidente, è che questi beni sono generalmente ubicati: vale a dire che il loro valore è strettamente legato alla localizzazione, cioè a dove sono, alla loro posizione.

Questa è anche la caratteristica che li rende più o meno preziosi: se questi beni sono **ubiquitari** (quindi ampiamente distribuiti sulla superficie terrestre, nell'atmosfera, nella profondità di mari e oceani, sotto coltri di ghiaccio o tra gli strati geologici del sottosuolo), in una logica sempre di mero sfruttamento, sono meno rari. Se invece tendono a essere fortemente **concentrati** o sono difficilmente accessibili, questo alimenta la competizione per assicurarsene il controllo e il loro valore cresce proporzionalmente. L'accessibilità inoltre non va intesa solo in termini di distanza da coprire, ma dipende anche dalla capacità di raggiungere un bene o di poterlo trasformare in risorsa. **Acqua, cibo, energia** sono **risorse strategiche** perché considerati **beni comuni**: strategiche quindi non perché funzionali alla crescita economica e all'acquisizione di maggiore potere, ma perché fattori chiave per uno sviluppo equo e sostenibile.

■ Dovremmo considerare allo stesso modo le **risorse indispensabili all'industria digitale o per la produzione energetica**? In effetti, sono decisive per le sorti degli Stati [→ 6.3]. Da questi materiali dipendono la transizione verde; la sicurezza nazionale e le relazioni internazionali. Il loro valore va ben oltre il prezzo di mercato: sono la posta in gioco nella competizione globale per il futuro. Chi le possiede detiene un vantaggio politico ed economico, chi deve importarle vive in costante dipendenza.



## Al lavoro una miniera di coltan in Congo

Fra le risorse principali del Congo troviamo il coltan, una specie di sabbiolina nera dalla quale si ottiene il tantalio, un minerale raro e utile per mantenere un'alta efficienza energetica in qualsiasi dispositivo tecnologico. L'area in cui ricade questa ricchezza è però lontana dalla capitale congolese e il governo non riesce a controllarla. Diversi sono i conflitti scoppiati per accaparrarsi il controllo del prezioso minerale. Tutto ciò a scapito della popolazione locale che non solo lavora in condizioni spesso disumane (nelle miniere dove non si applicano le più elementari misure di sicurezza e vengono spesso impiegati anche bambini), ma non beneficia in nessun modo dei guadagni.

Repubblica Democratica del Congo





## La risorsa idrica

In Europa circa 10 milioni di europei non hanno accesso all'acqua potabile e due paesi – Belgio e Grecia – sono tra i 25 in situazione critica da **stress idrico** nel mondo: periodicamente la richiesta di acqua supera la quantità disponibile o la bassa qualità ne limita l'uso. Il fenomeno interessa certe regioni più di altre, in alcune ha carattere stagionale e deriva da diversi fattori: il surriscaldamento del pianeta e il cambiamento climatico, gli sprechi nell'uso della risorsa, la contaminazione delle acque per effetto di attività umane inquinanti. In Italia, nel 2024, in particolare in Sicilia lo scenario è di **"severità idrica alta"** (rischio di siccità prolungata).

Nell'America settentrionale il Canada, vero e proprio **"gigante idrico"**, detiene il 7% delle riserve di acqua dolce nordamericane. La disponibilità di acqua per ogni canadese varia dai 10 ai 50 mila litri, mentre gli abitanti degli Usa hanno una disponibilità media di 10 mila litri pro capite (a persona). L'accesso all'acqua potabile negli Usa è garantito quasi alla totalità della popolazione. Una criticità è rappresentata tuttavia dall'**agricoltura** e dell'**allevamento intensivi** da cui derivano casi frequenti di **contaminazione** delle falde acquifere.

Nell'America meridionale l'acqua dolce scorre abbondantissima nelle falde acquifere sotterranee e nei corsi dei grandi fiumi: **Rio de la Plata**, **Rio delle Amazzoni**. Tuttavia, le **compagnie private** intervenute nella gestione delle risorse idriche ne limitano l'accesso alla popolazione, violando in alcuni casi l'articolo 3 della Dichiarazione universale dei diritti umani che sancisce il **diritto all'acqua** come **universale**. Nel 2020 in **Bolivia** la situazione fu così grave da far parlare di **"guerra dell'acqua"** e scatenare la grande protesta popolare di Cochabamba.

### Rapporto tra prelievi e riserve idriche

- Livello di criticità basso (<10%)
- Livello di criticità medio-basso (10-20%)
- Livello di criticità medio-alto (21-40%)
- Livello di criticità alto (41-80%)
- Livello di criticità estremamente alto (>80%)

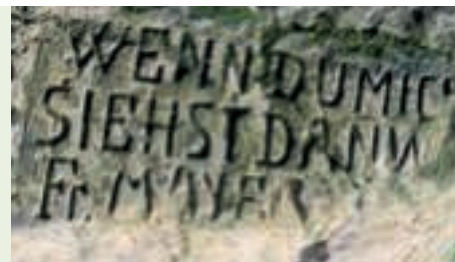
In Nord Africa e Medio Oriente si trovano 16 dei 25 paesi al mondo in una situazione di **"stress idrico"**. Fattori di criticità sono il cambiamento climatico, l'avanzamento dei deserti e la manipolazione umana "scriteriata" dell'ambiente, pensiamo alle piste da sci di Abu Dhabi nel deserto. Per sopperire al prosciugamento delle risorse d'acqua dolce, i paesi del Golfo Persico ricorrono da tempo a procedimenti di **dissalazione** dell'acqua marina.

## LA SICCIÀ IN EUROPA

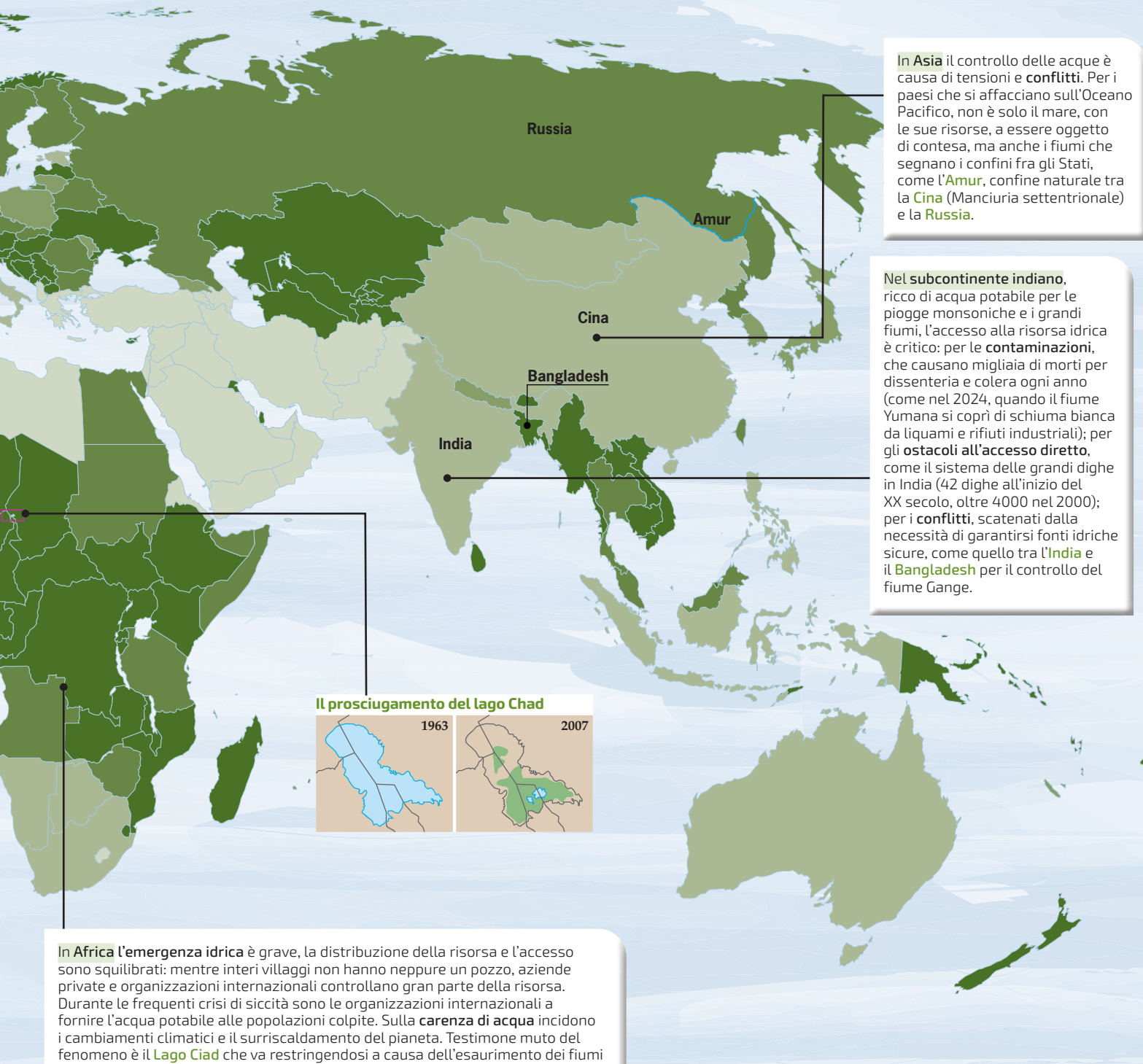
Nell'estate del 2022, tra il confine ceco e quello tedesco, mentre il livello del fiume Elba si abbassava, emersero delle iscrizioni su pietra: **"Se mi vedi, allora piangi"**, *Wenn du mich siehst, dann weine*. Erano le **"pietre della fame"**, i marcatori idrologici incastonati nel letto del fiume e incisi decenni (a volte secoli) fa, **durante i periodi di crisi idrica**. L'Europa si trovò

ad affrontare quell'anno una **grave crisi di siccità**. L'Elba e altri fiumi, tra i quali il principale fiume italiano, il Po, cominciarono a prosciugarsi.

L'allarme per l'emergenza idrica è stato lanciato per diverse aree del pianeta in previsione del peggioramento nei prossimi decenni. La carta mostra infatti una previsione dello stress idrico su scala globale per il 2040.



Una pietra della fame, Dčín, Repubblica Ceca



## La risorsa alimentare

Nell'America settentrionale, gli Usa sono uno degli Stati più ricchi al mondo, eppure il 12% della popolazione vive in uno stato di bisogno. Secondo il Census bureau, nel 2022 la povertà infantile è raddoppiata: dal 5,2% del 2021 al 12,4%. Nel 2024 i senzatetto sono aumentati del 18% rispetto al 2023. Secondo il Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti, nel 2020 circa il 10,5% (circa 13,8 milioni di famiglie statunitensi) si è trovato in una situazione di **insicurezza alimentare**.

Gli Stati del Nord Europa (Islanda, Norvegia, Svezia, Danimarca, Finlandia), oltre ad avere una **solida economia** e poca disoccupazione, offrono alla popolazione una adeguata rete di **assistenza sociale** (sussidi agli studenti e ai disoccupati, asili nido, ospedali): una percentuale esigua della popolazione vive al di sotto della soglia di povertà.

L'America centro-meridionale ha una popolazione di circa 530 milioni di persone. Di queste, il 5,6% vive sotto la soglia di povertà. Gli Stati più colpiti sono **Honduras, Guatemala, Nicaragua, Colombia, Bolivia, Venezuela, Suriname**. Secondo i report dell'Onu, nel 2023 la popolazione di questo continente che vive **sotto la soglia della sicurezza alimentare** è del 6,2%, oltre 31 milioni di persone.

In **Italia** secondo i dati Istat del 2022 le famiglie sotto la soglia di povertà sono oltre 2 milioni, l'8,3% del totale. Nel 2023, è stato registrato oltre 1 milione e 295 mila minori in condizioni di povertà assoluta, pari al 13,8% dei minori totali. Tra le **famiglie povere** il 41,4% risiede nel Mezzogiorno e il 42,9% al Nord. Secondo l'Istat, nel 2022 l'1,3% delle famiglie italiane ha sofferto in qualche misura di **insicurezza alimentare**. La quota è significativamente più alta nel Mezzogiorno (2,7%).

### Indice globale della fame per gravità (GHI)

Basso ≤9,9	Allarmante 35,0-49,9
Moderato 10,0-19,9	Estremamente allarmante ≥50,0
Grave 20,0-34,9	Dati non disponibili o insufficienti

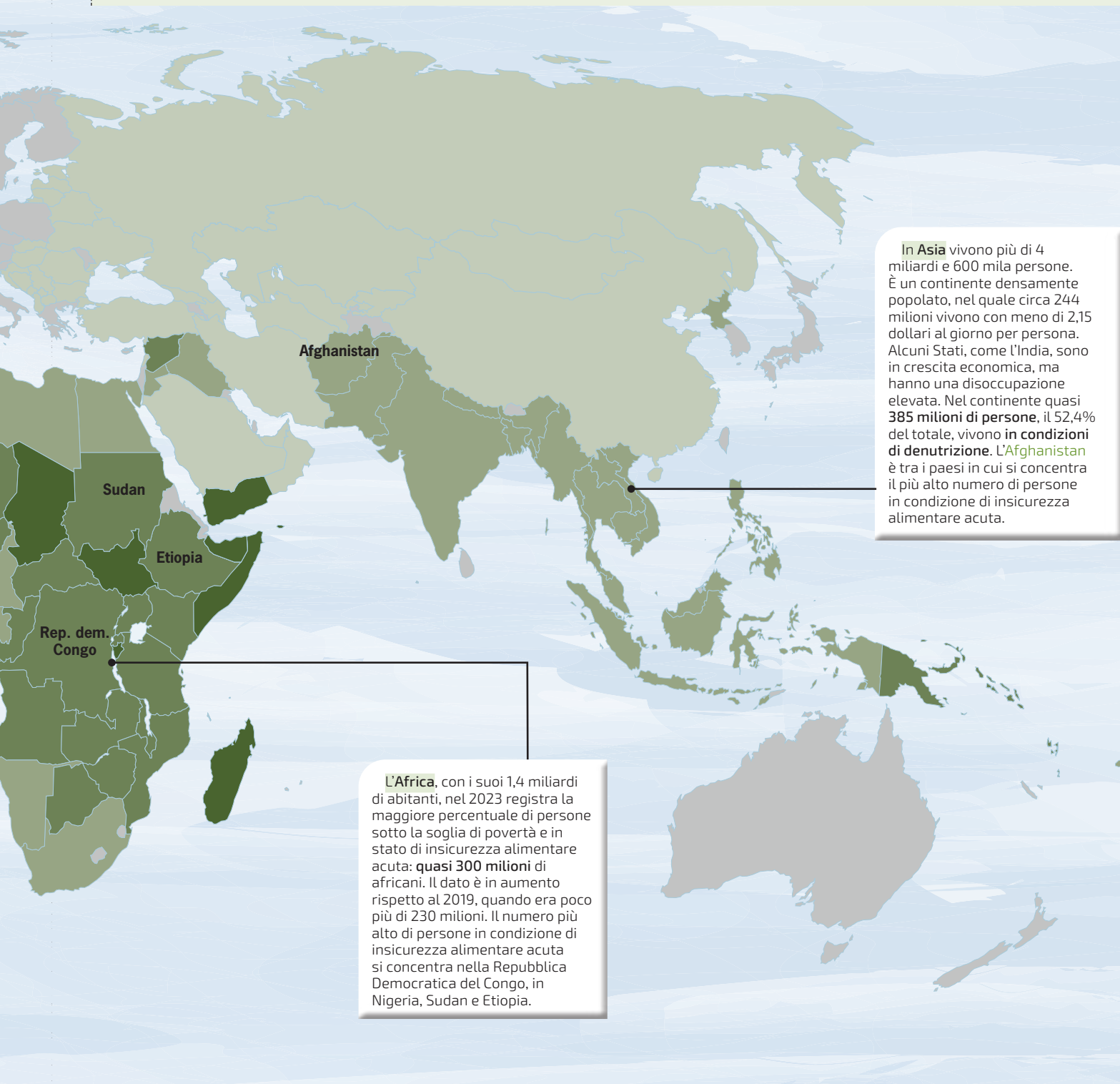


## INSICUREZZA ALIMENTARE E POVERTÀ

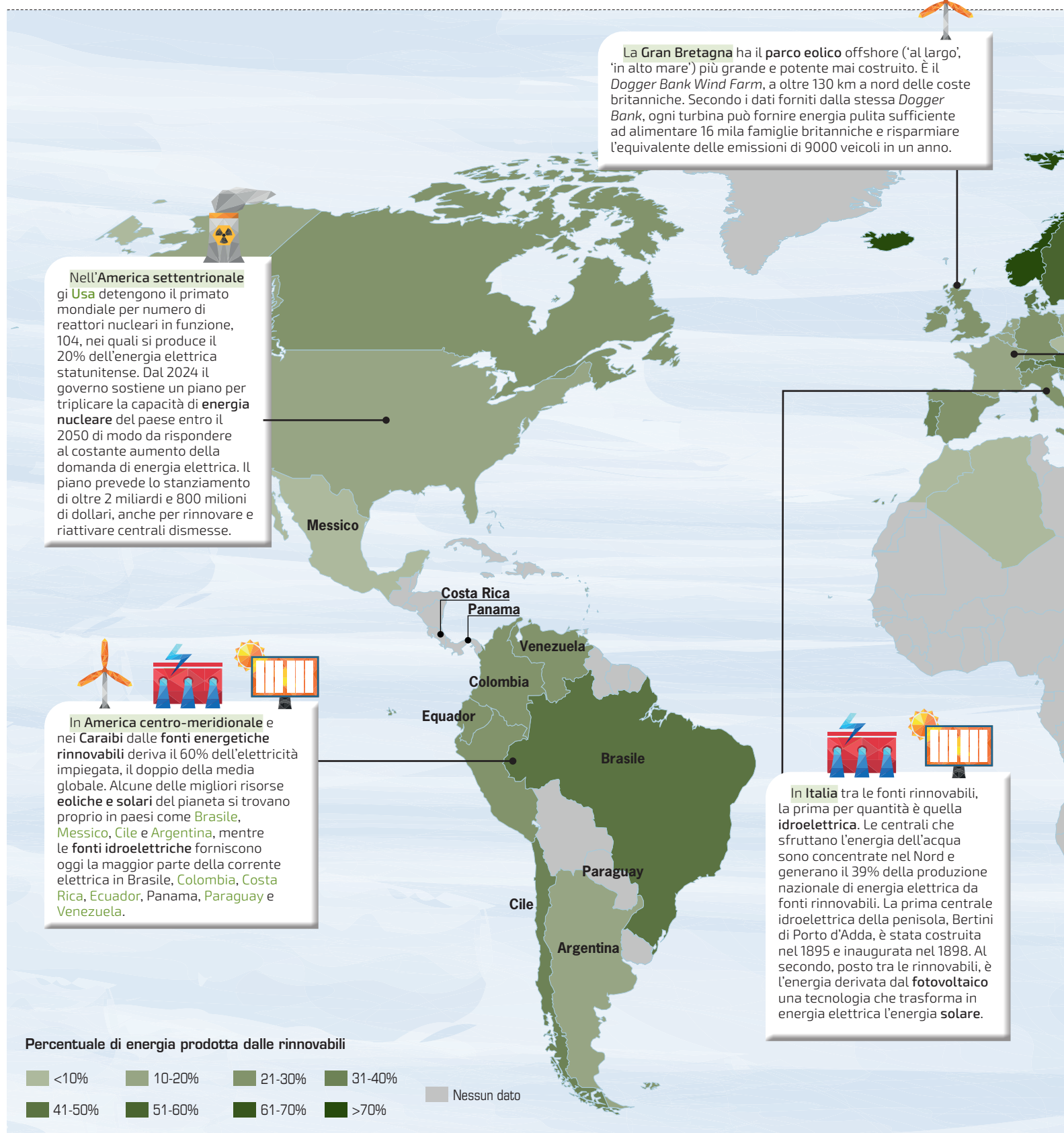
Le risorse del pianeta non sono distribuite in maniera equilibrata. Il problema non sta nella produzione ma nella distribuzione e nella **possibilità di accesso**, di uso delle risorse. Secondo le stime della Banca mondiale circa 692 milioni di persone vivono con meno di 2,15 dollari

al giorno per persona. Al di sotto di questa cifra si vive nella povertà estrema e in **condizione di insicurezza alimentare**, cioè senza avere accesso al cibo o anche solo al cibo salutare (sicuro dal un punto di vista igienico e ricco di nutrienti) e in misura sufficiente al proprio fabbisogno

alimentare. Il livello di fame di oltre 100 paesi al mondo è calcolato dall'Istituto internazionale sulle politiche alimentari e reso con il **Ghi** (Global hunger index), l'Indice globale della fame, con valori da 0 (ottimale) a 100 (gravissimo). La carta illustra il Ghi del 2024.



## Le fonti di energia rinnovabili

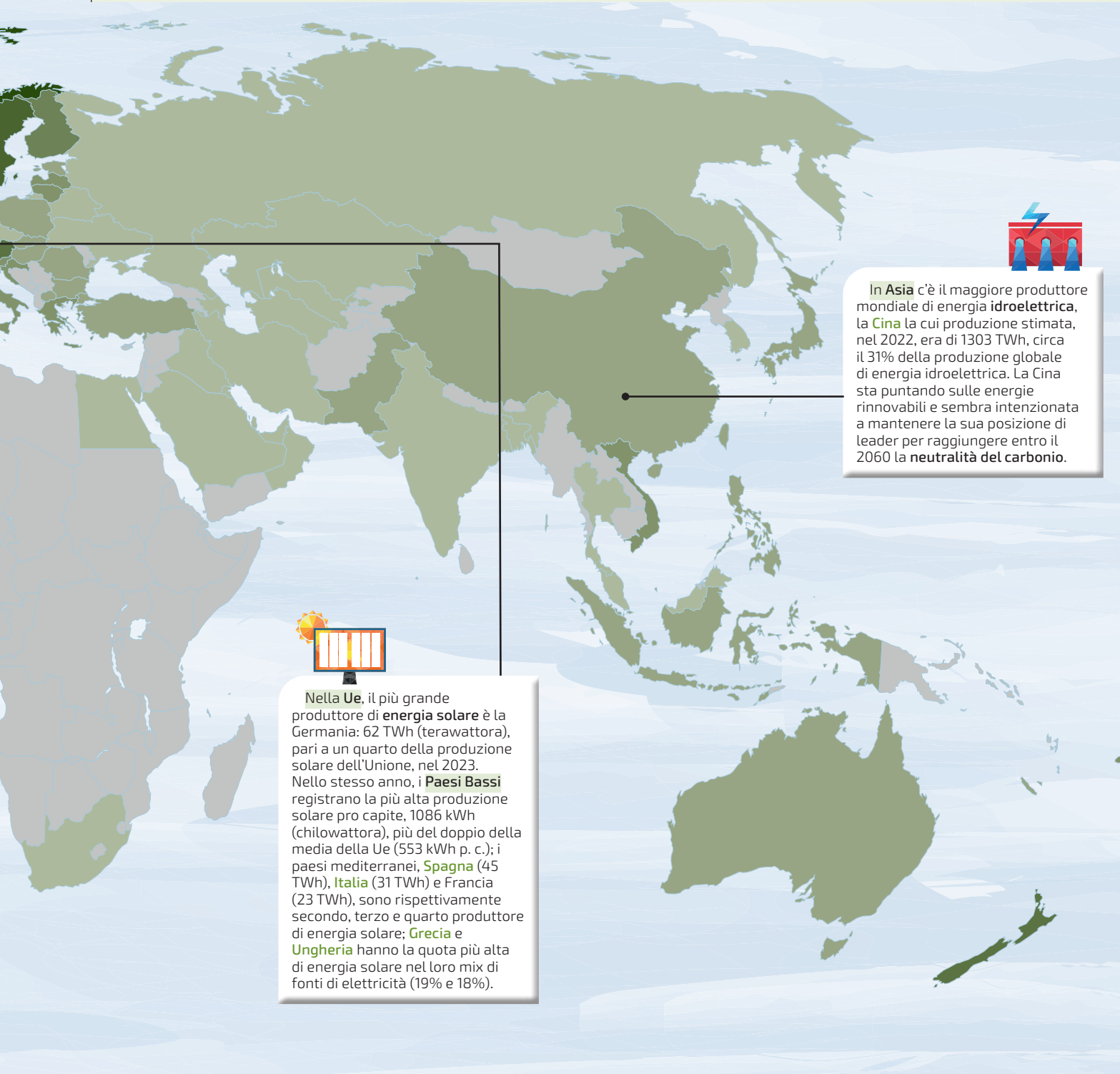


## LE FONTI RINNOVABILI PER PRODURRE ENERGIA ELETTRICA

Le fonti di energia rinnovabili sono strategie per ridurre la dipendenza delle società dai combustibili fossili (idrocarburi, carbone, gas naturale) e abbattere le emissioni di carbonio (anidride carbonica) nell'atmosfera che sprigionano quando li si usa per produrre energia [→ **1.1; LA QUESTIONE CHIAVE** Il cam-

biamento climatico, pp. 22]. Queste fonti sono un'alternativa, in particolare per la produzione di energia elettrica, e possono concorrere a raggiungere la **neutralità del carbonio**, cioè una condizione di equilibrio tra l'immissione di carbonio nell'atmosfera e il suo assorbimento. Ma non sono risorse ubiquitarie: non tutti i

paesi le posseggono nella stessa quantità. Alternativa ai combustibili fossili è anche l'energia nucleare, la cui produzione comporta basse emissioni di carbonio ma l'impiego dell'uranio arricchito, che è una fonte non rinnovabile. La carta illustra dati pubblicati nel 2025.





## Risorse strategiche per l'industria digitale e energetica

La **Groenlandia** ha, sotto i suoi ghiacci e nel sottosuolo, un **patrimonio strategico** che potrebbe ridisegnare gli equilibri energetici e tecnologici del pianeta: concentrazioni eccezionali di **terre rare**, essenziali per produrre i magneti dei veicoli elettrici e le turbine eoliche, oltre a significativi giacimenti di **grafite** per le batterie, **uranio** per l'energia nucleare e riserve fossili ora più accessibili con il ritiro dei ghiacciai. Le risorse minerarie, che includono anche nichel, **litio** e metalli preziosi, attirano l'interesse di potenze globali.

Il **Canada**, oltre a essere uno dei primi paesi per riserve di **uranio** con 589 mila tonnellate e una quota del 10% delle riserve mondiali, il secondo per quelle di nichel e il terzo per il rame, vanta riserve strategiche di **litio**, un componente fondamentale delle batterie utilizzate per dispositivi e veicoli elettrici e per applicazioni industriali, oltre che di potassio (per l'agricoltura), giacimenti di **terre rare** e una filiera integrata dall'estrazione alla trasformazione.

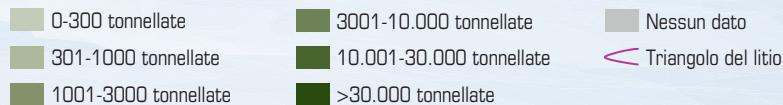
**Vasche per l'essiccazione e la successiva estrazione del litio nella provincia di Catamarca nella Puna argentina**



Bolivia  
Cile  
Argentina

Nell'America meridionale, il cosiddetto **Triangolo del litio** (**Bolivia, Cile e Argentina**) è strategico per la transizione energetica a livello globale. Le distese bianche del Salar de Uyuni in Bolivia, del deserto di Atacama in Cile e della Puna argentina custodiscono circa il 60% delle riserve mondiali di litio. La gestione di questo tesoro naturale determinerà il futuro energetico della regione, condizionando l'intera catena di approvvigionamento globale per la mobilità sostenibile.

### La produzione del litio nel 2024



L'Ue si è impegnata a estrarre nei propri territori almeno il 10% delle materie critiche e strategiche utilizzate dai suoi paesi membri. Tra quelle individuate c'è il **litio**, estratto in Finlandia in un piccolo sito minerario a nord di Helsinki, e in Portogallo, in una riserva da 270 mila tonnellate, la Mina do Barroso. Progetti chiave per l'estrazione del litio sono anche nella Repubblica Ceca (Cinovec di European Metals), in Austria (Wolfsberg della European Lithium), in Germania (Zinnwald Lithium) e in Spagna (San Jose Lithium).

In Asia la Cina si è imposta, dopo il 1985 nella estrazione di **terre rare** e oggi produce oltre il 95% della fornitura mondiale. È strategica anche l'intera filiera cinese dall'estrazione alla produzione di **litio**.

L'Africa possiede le materie prime indispensabili alla transizione energetica globale, ma molti paesi africani faticano a trasformare questa ricchezza mineraria in benessere per le proprie popolazioni, mentre le loro risorse alimentano la rivoluzione in Occidente e in Asia. Il sottosuolo africano è ricco di **grafite** (Mozambico), **nichel** (Madagascar), **litio** (Zimbabwe), **coltan** e **cobalto** (Repubblica Democratica del Congo), prima produttrice mondiale di cobalto), di **manganese** (Sudafrica).

L'Australia è primo produttore mondiale di **litio** ed è ricca di **neodimio**, essenziale per i magneti delle turbine eoliche. Nuove scoperte di **cobalto** e **terre rare** nel paese stanno ridisegnando la mappa delle risorse strategiche mondiali. Le capacità estrattive fanno dell'Australia un **attore geopolitico** importante la cui capacità estrattiva alimenta catene di approvvigionamento globali, dalla Cina all'Europa.

## STATO CHIAVE

### Canada

<b>Superficie</b>	9.093.510 km <sup>2</sup>
<b>Popolazione</b>	40.126.723 (2024)
<b>Densità</b>	4 abitanti/km <sup>2</sup>
<b>Capitale</b>	Ottawa
<b>Forma di governo</b>	Stato federale
<b>Pil pro capite</b> (Prodotto interno lordo per abitante)	54.517 dollari (2023)
<b>Isu</b> (Indice di sviluppo umano)	0,939 (posizione: 16° su 193 Stati; 2023)

Il Canada, costituito da 10 province e 3 territori, è il **secondo paese al mondo per estensione territoriale**. A nord è bagnato dal Mar Glaciale Artico, a est dall'Oceano Atlantico e a ovest dall'Oceano Pacifico; a sud e a ovest confina con gli Stati Uniti d'America. Fino al 2025 ha condiviso con gli Stati Uniti d'America la **più lunga frontiera indifesa al mondo**, ma con l'insediamento di Donald Trump alla presidenza degli Usa (2025-29) e la provocatoria affermazione di voler annessere il Canada come 51° Stato americano, la situazione non rimane più così stabile. Da parte sua, il primo ministro canadese ha dato una ferma risposta: il Canada non è in vendita.

Raccontata dal punto di vista degli europei quella del Canada si rivela come una storia di esplorazioni e conquiste territoriali ed è contrassegnata due grandi marcatori cronologici. Il primo marker sulla linea temporale canadese si colloca tra il X e l'XI secolo quando, dall'Europa, in particolare dalla penisola scandinava,



va, gli **esploratori vichinghi** salparono attraversando le acque gelide dell'Atlantico settentrionale e raggiunsero le coste della Groenlandia e da lì quelle canadesi. Furono loro, e non gli equipaggi di Cristoforo Colombo o Amerigo Vespucci, i primi europei a toccare terra al di là dell'oceano navigando verso ovest.

Ma in generale quella canadese è una storia di esplorazioni e può leggersi, ancora oggi, nei nomi assegnati alle baie, ai mari, alle terre che ricordano i personaggi partiti alla ricerca di nuovi territori e del **Passaggio a Nord Ovest**. Sono questi esploratori ad aver contribuito a delineare con maggiore precisione la stesura della carta geografica del paese.



#### Un'alba sulla Baia di Hudson, Churchill, Manitoba, Canada

La Baia di Hudson prende il suo nome dall'esploratore inglese Henry Hudson che la esplorò nel 1610 e che in questi luoghi perse la vita con il figlio e pochi altri a seguito dell'ammutinamento dell'equipaggio.



■ Il secondo marker cronologico si colloca tra il XVI e il XVII secolo, quando la Francia colonizzò vasti territori dell'America del Nord, creando la **Nuova Francia** e includendovi parte del Canada attuale. Dopo numerose guerre combattute con la Gran Bretagna, nel XVIII secolo, le colonie canadesi passarono dall'impero francese a quello britannico, fino a quando, nel 1867, tre province del **Nord America Britannico** si unirono e dichiararono indipendenti in seno all'impero britannico. Era l'atto di nascita dello **Stato federale del Canada**. La **doppia lingua ufficiale** – inglese e francese – è tra i lasciti più evidente del passato coloniale del paese. L'altro lascito è il mix di **gruppi etnici**: oggi i canadesi appartengono a 25 principali gruppi etnici, tra cui i nativi, gli abitanti originari, First nations, inuit, métis, e i francofoni.

■ Naturalisticamente il Canada è sorprendente. Comprende quattro grandi regioni naturali. Lo **Scudo Canadese** si estende dalle Montagne Rocciose fino alla Baia di Hudson per allungarsi alla penisola del Labrador e sgretolarsi in mare negli isolotti e scogli più o meno grandi dell'Arcipelago Artico Canadese. Le Cordigliere (catene montuose) Canadesi includono le Canadian Rockies estese dall'Alberta alla British Columbia e la Cordigliera Artica che corre, più a nord, dall'Isola di Ellesmere al territorio del Nunavut: il Mar

Glaciale artico ne segna la delimitazione a nord, la Baia di Baffin, o Stretto di Davis e il Mare del Labrador a est. Sulla **Catena Costiera Pacifica** si erge la vetta più alta: il Monte Logan (5959 metri) che prende il nome da sir William Logan Edmond, geologo canadese fondatore del Geological Survey of Canada, l'organizzazione nazionale per la ricerca geoscientifica. Infine, la vasta area **pianeggiante lungo il fiume San Lorenzo** è la parte maggiormente abitata e vi sorgono i **più grandi centri urbani**: Ottawa, Quebec City, Montreal e Toronto, la più grande città del Canada e la quinta del Nord America. Sulla costa occidentale sorge invece **Vancouver**, famosa per la qualità della vita dei suoi abitanti dal 2022 sempre nei primi 10 posti dell'Eiu Global Liveability Index.

■ Tra il Lago Ontario e il Lago Eire si estende la **Niagara Peninsula**, un toponimo associato alle famose **Cascade del Niagara** che con un salto di 49 metri rendono spettacolare lo scenario delle Canadian Falls o Horseshoe Falls, la cascata a ferro di cavallo. In questa penisola si coltiva frutta e in particolare uva per la produzione di **Ice Wine**, un vino liquoroso ottenuto dalla fermentazione di grappoli congelati che vengono vendemmiati quando la temperatura arriva a -8°. Il toponimo Niagara con ogni probabilità lo si associa molto più intuitivamente.



Il massiccio del Monte Logan sulla Catena Costiera Pacifica, Canada



Veduta aerea di Vancouver, British Columbia, Canada

Una veduta delle Canadian Falls e della vicina Niagara Falls City, Ontario, Canada

## Panama

<b>Superficie</b>	74.340 km <sup>2</sup>
<b>Popolazione</b>	4.571.189 (2025)
<b>Densità</b>	61 abitanti/km <sup>2</sup>
<b>Capitale</b>	Città di Panama
<b>Forma di governo</b>	Repubblica presidenziale
<b>Pil pro capite</b> (Prodotto interno lordo per abitante)	18.686 dollari (2023)
<b>Isu</b> (Indice di sviluppo umano)	0,839 (posizione: 59° su 193 Stati; 2023)

■ Panama è un piccolo paese del Centro America di **collegamento tra il Nord e il Sud** del continente. Confina a nord con la Costa Rica, a sud con la Colombia, ed è bagnato, per circa 2490 chilometri di costa, dall'Oceano Pacifico, a ovest, e dal Mar dei Caraibi, a est. Il territorio prevalentemente montuoso supera i 3000 metri di altezza con la vetta del vulcano Barù (3474 m) sulla cordigliera (catena montuosa) di Talamanca. La foresta pluviale cresce rigogliosa, favorita da un clima caldo umido con precipitazioni più frequenti e abbondanti sul versante caraibico, mentre la costa pacifica gode di un clima più secco. Di grande bellezza sono alcune aree paludose e lagune, tra le quali quella di Chiriqui.

■ La maggior parte della popolazione è **meticcia**, è frutto cioè della mescolanza di popolazioni native americane e europee, a partire dalla **colonizzazione spagnola** cominciata nel XVI secolo. L'autonomia dai colonizzatori giunse nel 1821, quando però il territorio fu annesso dalla **Colombia**. L'**indipendenza** da quest'ultima fu conquistata nel **1903**, al momento della realizzazione del Canale (Istmo) di Panama, fortemente voluto dal presidente degli Stati Uniti Theodor Roosevelt (1901-9). Panama è dunque il paese più giovane dell'America centro-meri-

dionale. È da tempo un paese di immigrazione con una bassa percentuale di etnia nativa (7%) rispetto al totale della popolazione. Le **lingue** sono un **riflesso della sua storia**: la lingua ufficiale è lo spagnolo; nelle province di Bocas del Toro e Colon si parla il wari wari, un mix di inglese e spagnolo, tipico dei Caraibi; e sono ancora parlate le lingue native.

■ Secondo i progetti, l'apertura dell'**Istmo di Panama** avrebbe consentito di ottimizzare il tempo di percorrenza del traffico navale consentendo un più veloce passaggio **tra l'Oceano Pacifico e il Mar dei Caraibi** e quindi verso l'Atlantico. Il canale fu aperto al traffico nel 1914 e inaugurato ufficialmente nel 1920. Ha una lunghezza di circa 80 chilometri e utilizza un sistema di chiuse che fungono da ascensori, una volta riempiti di acqua sollevano le imbarcazioni fino al livello del Lago di Gatun, che si trova a circa 26 metri sopra il livello del mare, consentendo così alle navi la navigazione nel canale. Il tempo di percorrenza varia dalle 8 alle 10 ore; nel 2024 sono transitate 9944 navi. Il passaggio del canale è stato **gestito dagli Usa fino al 2000** e da allora direttamente da Panama che lo ha ampliato nel 2016.

■ L'economia del paese si basa prevalentemente sui guadagni che derivano dalle **tariffe di transito** del canale e dalle attività della **flotta mercantile** panamense. Navi di diversi paesi utilizzano quella panamense come **bandiera ombra** per avere facilitazioni fiscali. La particolare caratteristica del governo panamense rende il paese tra i primi al mondo per l'apertura di **società offshore** ('fuori giurisdizione'), e cioè società costituite in Stati che garantiscono condizioni fiscali privilegiate e l'anonimato. Nel 2016 Panama fu al centro del "**Panama papers**", lo scandalo scoppiato quando uno studio legale rese note le identità di 214 mila società offshore dimostrando come venivano nascoste ingenti somme di denaro, per sottrarle al controllo fiscale nei paesi di residenza dei facoltosi uomini di affari (e non solo) coinvolti.



L'istmo di Panama



## STATO CHIAVE

### Cile

<b>Superficie</b>	743.532 km <sup>2</sup>
<b>Popolazione</b>	19.859.921 (2024)
<b>Densità</b>	27 abitanti/km <sup>2</sup>
<b>Capitale</b>	Santiago del Cile
<b>Forma di governo</b>	Repubblica presidenziale
<b>Pil pro capite</b> (Prodotto interno lordo per abitante)	17,068 dollari (2023)
<b>Isu</b> (Indice di sviluppo umano)	0,878 (posizione: 45° su 193 Stati; 2023)

■ Il Cile occupa una **striscia di terra** dell'America meridionale **stretta e lunga** (4300 km) che confina a nord con il Perù, a nord-est con la Bolivia, a est con l'Argentina ed è posta tra l'Oceano Pacifico a ovest (e sud-ovest) e la Cordigliera delle Ande a est. Quest'ultima catena montuosa si è generata per lo scontro tra la Placca Nazca e la Placca sudamericana sospinte dai continui movimenti geologici del Mesozoico (250-65 milioni di anni fa). Il paese è a elevato **rischio sismico**: a **Valdivia** nel 1960 è stato registrato il terremoto più forte mai avvenuto al mondo, con una **magnitudo di 9,5** (scala Richter). Il Cile si trova infatti sulla **Cintura di fuoco del Pacifico**, una vasta area geologica (lunga circa 40 mila km) in cui si concentra la gran parte dei vulcani attivi del mondo e che registra un'intensa attività sismica.

■ Il territorio è suddiviso geograficamente in cinque grandi regioni: nel Norte Grande, più arido, si trova il deserto di Atacama. C'è poi la regione semiarida del Norte Chico. Nella **Zona Central** vive la maggior parte della popolazione, distribuita nelle **aree urbane** di Santiago, la capitale, Valparaíso e Concepción. Nella Zona Sur ci sono importanti bacini lacustri. La parte più meridionale coincide infine con la Zona Austral che si estende fino a Capo Horn, convenzionalmente indicato come il punto più a sud del continente, anche se in realtà quello più a sud è Capo Froward. Da qui l'Antartide non è così lontano, sebbene le correnti rendano difficile la navigazione nel braccio di mare che separa le due terre. Proprio in virtù di questa relativa prossimità, il Cile rivendica la sovranità di una cospicua area dell'Antartide. Il riconoscimento tuttavia non è approvato a livello internazionale in ragione del Trattato Antartico che impone sia la rinuncia, da parte di tutti gli Stati, a sfruttare economicamente il territorio, sia l'assoluto divieto di utilizzarlo per scopi bellici.

■ Tra i territori sotto la giurisdizione cilena ci sono l'Arcipelago Juan Fernandez, il cui nome deriva dal navigatore spagnolo che le scoprì tra il 1563 e il 1574; l'isola disabitata di Sala y Gómez, le isole Desventuradas di origine vulcanica e disabitate; l'**Isola di Pasqua** o Rapa Nui, che sorge sulla dorsale pacifica ed è famosa non tanto per la sua origine vulcanica e per la sua conformazione paesaggista ma per i grandi busti dalle dimensioni variabili tra i 5 e i 10 metri di altezza: i **moai**.



■ La storia del Cile è segnata dal passaggio di esploratori, *conquistadores* e colonizzatori. Nel 1520 fu l'esploratore **Ferdinando Magellano** il primo europeo a toccare terra nell'area del Cile odierno. I nativi si dimostrarono però estremamente resistenti alla colonizzazione e si dovette aspettare il 1615 per un accordo che fissava la cosiddetta "**Frontera**", il confine fra il Regno del Cile spagnolo e le terre delle tribù indigene. L'indipendenza dalla Spagna fu dichiarata dopo circa due secoli, nel 1818. A segnare la storia cilena, in un passato più recente e tristemente famoso, fu il **golpe** (colpo di Stato) **militare** dell'11 settembre del **1973**, quando il generale **Augusto Pinochet** (1915-2006) prese il potere. Durante il golpe morì il presidente Salvador Allende (1908-1973): secondo le versioni ufficiali dei golpisti si suicidò prima di finire prigioniero nelle loro mani. Furono anni di terrore, con migliaia di uomini e donne arrestati, torturati e fatti sparire. Un regime dittatoriale che durò fino all'ottobre del **1988** e le successive elezioni l'anno dopo.