
CAMBIAMENTO CLIMATICO

Cause non antropiche e postverità

Massimo Crespi
Gianluca Ferrari
Tullio Degiacomi

In Padova (Italia),

2025



SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	3
2. PREMESSA	3
3. IL CLIMA DEL CENOZOICO SINO AD OGGI: INFLUENZE NATURALI E/O ANTROPICHE? 3	
3.1. Qualche confronto col passato... remoto.....	4
4. LE CAUSE NATURALI	7
4.1. L'equilibrio energetico del pianeta e le forzanti.....	8
4.1.1. La forzante solare	10
4.1.2. La forzante vulcanica	11
4.1.3. La forzante dovuta alla variazione nella concentrazione dei gas serra	12
4.1.4. L'effetto degli aerosol.....	14
4.2. La paleoclimatologia e il concetto di aberrazione climatica.....	15
5. REALISMO O POSTVERITÀ?.....	17
6. PENSIERO E PENSATORI.....	20
7. BIBLIOGRAFIA.....	28

1. INTRODUZIONE

In questo breve testo si desidera focalizzare l'attenzione sui processi climatici evolutivi di origine naturale, quindi di matrice non antropica, che interessano il pianeta Terra, fornendone una descrizione pur generale e divulgativa, ma idonea a contestualizzare la crescente severità climatica. La politica, l'economia, la finanza, i grandi regolatori hanno infatti l'esigenza di una visione prospettica estremamente concreta ed oggettiva, per adeguare la policy di gestione dei rischi e garantire un quadro di sostenibilità, avendone una responsabilità diretta.

A tal proposito viene toccato anche il tema della narrazione climatica, con alcune considerazioni di fondamento.

Infine, poiché l'argomento, e l'approccio che si vuol percorrere, non si riduce ai mercati ed alle opere, ma va ad acquisire una crescente trasversalità ed ingerenza su diversi piani, si ritiene necessario ricorrere anche a strumenti potenti di interpretazione, di critica, di analisi ermeneutica, per consentire al pensiero una lettura etica, per enucleare valori, prospettive e mete che non vengano nascoste nelle pieghe dei numeri e del digitale. Il testo raccoglie quindi le considerazioni di alcuni grandi pensatori che affrontano, in quanto contemporanei, le attuali sfide climatiche, comunicative e tecnologiche o che, se più lontani nel tempo, ci forniscono comunque interessanti chiavi di lettura.

2. PREMESSA

Questa analisi vuole essere molto pragmatica ed evitare visioni o digressioni di carattere ideologico; essa è conseguenza e frutto del lavoro e del know-how prodotto in un contesto industriale dalle strutture aziendali di R&D di Radarmeteo ed Hypermeteo, il cui scopo è lo sviluppo di conoscenze, l'erogazione di dati rappresentativi e l'implementazione di servizi utili all'adattamento climatico resiliente per rispondere ad esigenze e richieste specifiche di un mercato che deve cogliere tutti i segnali dell'innovazione e delle transizioni.

3. IL CLIMA DEL CENOZOICO SINO AD OGGI: INFLUENZE NATURALI E/O ANTROPICHE?

Certamente il clima terrestre è stato oggetto di una variabilità molto marcata durante le ere geologiche precedenti ma essa, con rare eccezioni aberranti, si è sviluppata nel corso di milioni di anni. Il recente riscaldamento si distacca quindi radicalmente dalle dinamiche climatiche naturali del pianeta, e costituisce un fenomeno anomalo poiché si sta manifestando come una perturbazione dell'equilibrio climatico estremamente rapida, ed all'interno di un periodo già di per sé relativamente ristretto, ovvero l'Olocene, che identifica l'epoca geologica più recente, iniziata circa 11.700 anni fa e caratterizzata da quel clima favorevole che ha permesso lo sviluppo e la diffusione dell'umanità su gran parte del globo. Per supportare queste considerazioni, è sufficiente confrontare la variabilità climatica delle epoche geologiche passate con quella attuale, sia nei valori che nelle cause che la hanno determinata.

La descrizione dei processi climatici naturali, e delle modalità secondo le quali essi hanno inciso nella variabilità climatica delle ultime centinaia di migliaia e milioni di anni, chiarisce il loro trascurabile impatto negli eventi degli ultimi 200 anni. Questi processi in grado di incidere sul sistema climatico terrestre, indicati in climatologia con il termine di "forzanti", sono: la variazione della radiazione solare ricevuta dalla Terra, l'attività vulcanica e la variazione della composizione chimica in atmosfera (in termini di aerosol e di concentrazione di gas serra). La verifica dell'incidenza delle forzanti naturali sul cambiamento climatico non fa che confermare, come unico fattore correlato all'aumento delle temperature medie globali, l'aumento della concentrazione di gas serra di origine antropica in atmosfera. Come dimostrano gli studi paleoclimatologici, in una scala geologica dei tempi il sistema climatico continuerà a tendere verso la ricerca di un equilibrio tra le sue varie componenti, in un processo che andrà ad incidere anche sulle diverse forme di vita e sulla loro evoluzione, ma pur sempre con ritmi millenari e con soluzioni non necessariamente in grado di garantire la sopravvivenza dell'uomo sul pianeta o su una larga parte di esso.

3.1. Qualche confronto col passato... remoto

L'era geologica attuale, nota come Cenozoico¹ e iniziata circa 66 milioni di anni fa, ha subito variazioni climatiche notevoli, ben riassunte dalle anomalie di temperatura media globale in relazione alla media climatologica nel periodo 1850-1900 riportate in Fig.1.

Essa può essere suddivisa in sette fasi principali:

- 1) dai 60 Ma (milioni di anni) fa ai 45 Ma fa: una prima fase di riscaldamento transitorio, fino all'Optimum climatico di inizio Eocene, con un rapido e intenso periodo di riscaldamento chiamato Massimo Termico del Paleocene-Eocene avvenuto circa 55 Ma fa;
- 2) dai 45 ai 30 Ma fa: il lento spostamento delle placche tettoniche, la orogenesi conseguente e l'espansione delle foreste favoriscono un contemporaneo declino delle concentrazioni di CO₂ in atmosfera e una fase di raffreddamento che porta alla formazione della calotta polare antartica;
- 3) circa 3 Ma fa: l'intensificazione del raffreddamento dovuto a feedback climatici derivanti da interazioni tra tettonica, albedo glaciale, circolazione oceanica, copertura terrestre e gas serra, determinano lo sviluppo delle calotte glaciali nell'emisfero nord;
- 4) un susseguirsi di periodi glaciali-interglaciali su scale temporali di decine o centinaia di migliaia di anni, guidati principalmente dalle forzanti orbitali come il cambiamento dell'eccentricità dell'orbita terrestre, e la precessione e inclinazione assiale (cicli di Milankovitch), particolarmente enfatizzati nell'ultimo milione di anni;
- 5) una transizione dal Massimo Glaciale, avvenuto circa 20.000 anni fa, all'attuale epoca interglaciale chiamata Olocene;

¹ È l'ultima era geologica, iniziata circa 66 milioni di anni fa e attualmente in atto.

- 6) un riscaldamento continuo seguito da un lieve raffreddamento dopo il Medio Olocene, con sovrapposte fluttuazioni su scala centennale e decennale causate, tra l'altro, dall'attività vulcanica;
- 7) il riscaldamento attuale causato dalle emissioni di gas serra di origine antropica.

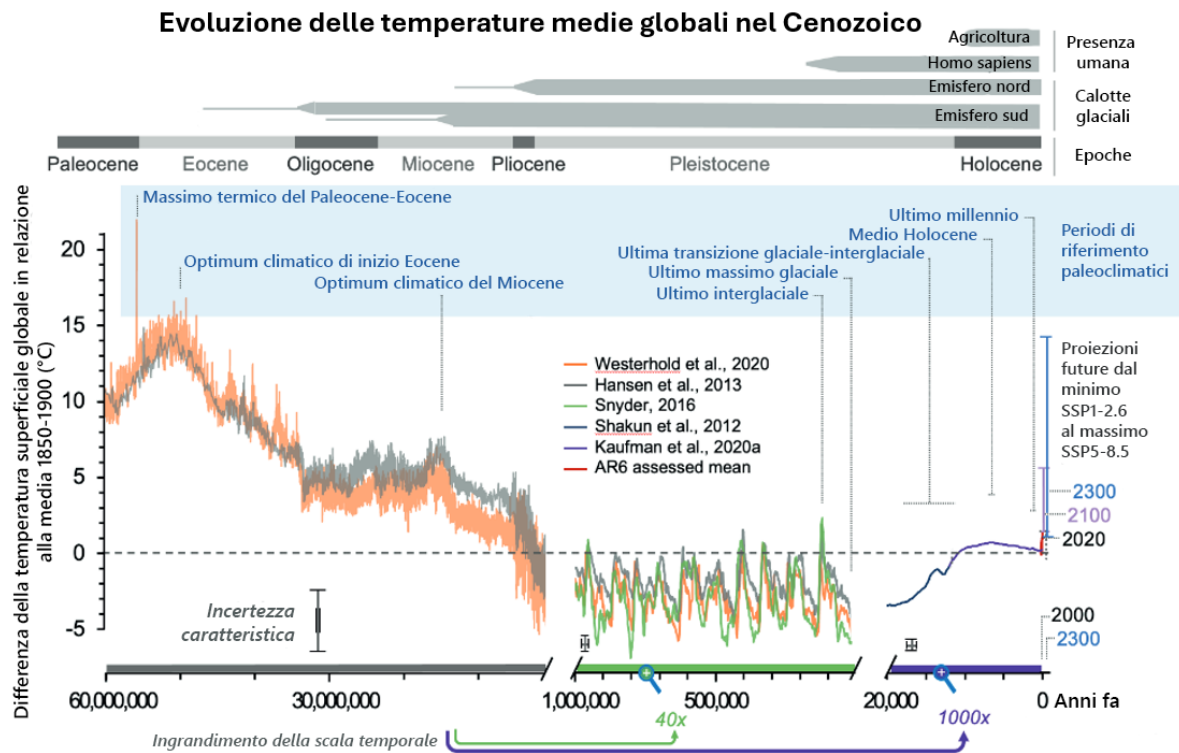


Figura 1: Evoluzione della temperatura media superficiale globale durante il Cenozoico, mostrata su tre diverse scale temporali, rispetto al periodo di riferimento 1850-1900. Le barre orizzontali grigie nella parte superiore indicano eventi importanti. Le proiezioni future coprono la gamma delle migliori stime della temperatura dell'aria superficiale globale per gli scenari SSP1-2.6 e SSP5-8.5 descritti nella Sezione 1.6. L'intervallo mostrato per il 2100 si basa sulla media multi-modello CMIP6 per il periodo 2081-2100 dalla Tabella 4.5 del report AR6 IPCC. (Fonte: Riadattamento Immagine presente nel Capitolo 2 del Report AR6 IPCC, 2021).

Osservando la Fig. 1, appaiono evidenti tre aspetti:

- 1) Il primo consiste nella totale sconnessione del riscaldamento climatico in atto dalle ciclicità che hanno caratterizzato il clima degli ultimi milioni di anni sul pianeta Terra. L'evoluzione della specie umana si è sviluppata in un intervallo temporale relativamente breve, limitato al Quaternario³, che nel contesto più ampio del Cenozoico rappresenta solo una piccola frazione della storia climatica della Terra. Durante il Quaternario, le temperature sono state generalmente più fredde o simili a

² IPCC, 2021.

³ Periodo geologico più recente, iniziato circa 2.58 Ma fa e caratterizzato da una estrema variabilità climatica con un continuo susseguirsi di glaciazioni e periodi più caldi (interglaciali).

quelle attuali rispetto al resto dell'era cenozoica. Inoltre, il rapido progresso della civiltà umana è stato favorito dal clima piuttosto stabile e caldo dell'Olocene⁴, iniziato circa 11.700 anni con il termine dell'ultima glaciazione (Glaciazione di Würm⁵). Il periodo interglaciale in cui viviamo si inserisce nel ciclo naturale di glaciazioni e intervalli più caldi che si sono alternati nel corso del Quaternario, causati da fattori naturali come l'inclinazione dell'asse terrestre, le variazioni orbitali e le dinamiche climatiche globali, mentre l'attuale riscaldamento, essendo sostanzialmente di origine antropica, determina una alterazione in questa ciclicità naturale tra fasi più stabili e calde e fasi glaciali.

- 2) Il secondo aspetto, di gran lunga più preoccupante, riguarda la grande variabilità dalle proiezioni climatiche, le quali dipendono direttamente dai possibili scenari di emissione di gas serra prodotti dall'attività antropica (Scenari SSP-RCP⁶) e sui quali si basa la stesura dei report IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change⁷). Infatti, se lo scenario socioeconomico a più basse emissioni (SSP1-2.6) potrebbe causare, da qui al 2300, un rialzo delle temperature comparabile a quelle verificatesi nell'ultimo periodo interglaciale, cioè tra 1°C e 2.2°C, il più concretamente conseguibile scenario intermedio SSP2-4.5 potrebbe causare, sempre al 2300, un rialzo delle temperature oscillante tra 2.3°C e 4.6°C, che sono invece comparabili al Massimo Termico del medio Pliocene, avvenuto circa 3 Ma fa. Se poi si considerasse di raggiungere lo scenario di emissioni più estremo, SSP5-8.5 BAU (Business As Usual, cioè totale assenza di misure di mitigazione), i livelli di temperature medie globali sarebbero superiori a quelli tipici dell'ottimo climatico del Miocene, periodo risalente a circa 15 Ma fa e caratterizzato da una temperatura superficiale media globale di circa 5° superiore rispetto ai valori tipici del periodo 1850-1900; questi valori sarebbero paragonabili a quelli dell'Eocene, periodo risalente a circa 55-35 Ma fa, durante il quale, pur con significative variazioni nel tempo e nello spazio, la temperatura media globale della superficie terrestre era superiore di circa 8-10 °C rispetto ai valori tipici del periodo 1850-1900.

⁴ Ultima epoca del Quaternario, che è iniziata al termine della Glaciazione di Würm circa 11.700 anni fa (dal 9700 a.C. circa) e continua fino ad oggi.

⁵ Ultimo periodo glaciale sulla Terra, avvenuto tra 110 mila e 11.700 anni fa.

⁶ Gli scenari SSP-RCP combinano due approcci per esplorare i possibili futuri del cambiamento climatico. Gli Shared Socioeconomic Pathways (SSP) rappresentano differenti traiettorie evolutive della società, dell'economia e della tecnologia, mentre i Representative Concentration Pathways (RCP) descrivono vari livelli di emissioni di gas serra e la relativa forzatura radiativa (l'effetto di riscaldamento sulla Terra). La combinazione di un SSP e un RCP consente di esplorare come le scelte socioeconomiche possano influenzare i cambiamenti climatici a lungo termine, con impatti variabili sulla temperatura globale e sulle politiche di mitigazione.

⁷ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) è un organismo scientifico internazionale creato dalle Nazioni Unite e dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (WMO) con l'obiettivo di valutare in modo obiettivo e trasparente le informazioni scientifiche, tecniche e socioeconomiche relative al cambiamento climatico. Fondato nel 1988, l'IPCC fornisce rapporti periodici che sintetizzano lo stato della scienza sul cambiamento climatico, i suoi impatti e le strategie di mitigazione e adattamento. I suoi rapporti sono una guida fondamentale per i governi e le politiche climatiche globali.

- 3) Il terzo aspetto che viene evidenziato dall'analisi è la rapidità con cui si è sviluppato l'attuale fase di grande riscaldamento, e come essa non trovi precedenti in nessun momento della pur ampia variabilità climatica che ha caratterizzato i milioni di anni dell'intero Cenozoico.

4. LE CAUSE NATURALI

Questo capitolo descrive le vicende climatiche del pianeta durante il Cenozoico, era geologica iniziata circa 66 milioni di anni fa e tuttora in corso, con l'obiettivo di osservare il riscaldamento climatico in atto in un contesto più ampio, ed approfondire il ruolo degli agenti naturali nelle sue cause e nella sua entità.

Il clima nel Cenozoico, come si è visto in precedenza, è stato caratterizzato da una importante variabilità: esso ha avuto inizio con un periodo molto più caldo rispetto a quello attuale, cui è seguito un generale raffreddamento che ha determinato, circa 3 milioni di anni fa, la formazione delle calotte glaciali su entrambi i poli. Va detto che in quel periodo il pianeta era molto diverso da quello attuale; continenti, oceani e mari erano lontani dall'attuale configurazione. Da allora, il clima è stato caratterizzato da una continua successione di fasi più fredde (glaciali) e più calde (interglaciali), durante le quali le temperature medie globali hanno mantenuto valori più assimilabili a quelli attuali. L'insieme di questa variabilità presenta però importanti discontinuità con ciò che si sta verificando a partire dall'era industriale, dissociandola quindi in termini di acuità e magnitudo dai fenomeni precedenti.

Va infatti osservato che una delle anomalie più evidenti consiste proprio nella rapidità del fenomeno, la quale apre la strada a riflessioni preoccupate.

L'evoluzione della specie umana è stata favorita da un periodo dal clima piuttosto stabile e caldo che ha caratterizzato l'epoca geologica più recente, l'Olocene, la cui durata è però trascurabile rispetto all'intera era geologica cui esso appartiene, il Cenozoico, nella cui prima parte (60-30 Ma fa) le caratteristiche climatiche del pianeta erano profondamente diverse. L'attuale riscaldamento climatico sta modificando la naturale alternanza ciclica tra periodi caldi e freddi che ha caratterizzato gli ultimi 3 Ma, aprendo scenari del tutto nuovi, essendo le proiezioni climatiche funzione diretta degli scenari di emissioni di gas serra causate dall'attività umana, e quindi delle scelte di sviluppo socioeconomico, piuttosto che dei fattori naturali. In questa ipotesi, lo scenario intermedio di emissioni (SSP2-4.5) potrà riportare il pianeta all'equilibrio climatico tipico di circa 3 Ma fa, mentre lo scenario peggiore (SSP5-8.5) lo porterà al clima di 15-50 Ma fa, quando l'uomo non era ancora comparso sul pianeta, e quando le condizioni ambientali avrebbero comunque determinato una linea evolutiva che ben difficilmente avrebbe potuto trovare sintesi nell'*Homo sapiens sapiens* come lo conosciamo oggi.

Per dare evidenza del fatto che l'attuale aumento delle temperature è fortemente collegato agli effetti delle attività antropiche, vengono introdotti i concetti di bilancio energetico del sistema Terra e di forzante radiativa efficace, ed analizzate le seguenti principali forzanti naturali in grado di indurre variazioni negli equilibri del sistema climatico:

- la forzante solare: influenzata da fattori orbitali e dall'intensità dell'attività solare, non ha subito particolari variazioni negli ultimi due secoli, con una forzante radiativa efficace sugli equilibri energetici del pianeta praticamente nulla;
- la forzante vulcanica: sebbene in grado di alterare la composizione chimica dell'atmosfera anche a livello di concentrazione di gas serra, ha tendenzialmente come effetto un raffreddamento del clima nel breve periodo, quindi in contrasto con ciò che sta avvenendo; inoltre, negli ultimi due secoli, l'attività vulcanica non è stata particolarmente intensa;
- la forzante legata a una variazione nella concentrazione di gas serra: è l'unica fonte in grado di motivare il cambiamento climatico in atto, come evidenzia la Fig.3; essa ha subito un importante incremento positivo negli ultimi decenni a causa delle attività antropiche;
- la forzante legata agli aerosol, anch'essa legata sia ad attività naturali che antropiche, causa complessivamente un effetto raffreddante sul clima, e non può quindi essere associata all'aumento delle temperature.

L'analisi è focalizzata sugli effetti che queste forzanti hanno avuto a partire dal 1750 circa, e sulle modalità attraverso le quali hanno potuto condizionare la variabilità climatica del Quaternario.

Per considerare fra le ipotesi possibili anche le aberrazioni climatiche, responsabili di episodi di cambiamento del clima drastici ed improvvisi avvenuti in passato, il quadro viene completato dalle analisi paleoclimatologiche; da tale confronto emerge un quadro preoccupante: pur considerando una delle aberrazioni climatiche più rapide e intense avvenute nel Cenozoico, ovvero nel periodo del Massimo Termico del Paleocene-Eocene, emerge come l'attuale alterazione della composizione chimica dell'atmosfera in termini di anidride carbonica, e il conseguente aumento delle temperature, stiano avvenendo con una rapidità superiore di 4-10 volte. Ciò significa che il pianeta sarà in grado di ripristinare uno stato di equilibrio da una tale aberrazione in tempi geologici nell'ordine delle centinaia di migliaia di anni, raggiungendo inoltre valori di temperatura molto superiori ai livelli attuali, ed incompatibili con le tolleranze umane.

4.1. L'equilibrio energetico del pianeta e le forzanti

Per spiegare le cause di una tale alterazione del clima, vanno presi in considerazione gli impatti che forzanti climatiche naturali e antropogeniche possono aver avuto sul bilancio energetico del pianeta, ed analizzate le scale temporali della loro variabilità nel passato.

I principali fattori di influenza qui considerati sono: i cambiamenti nell'insolazione dovuti a variazioni dell'attività solare o delle caratteristiche orbitali del pianeta Terra, l'emissione di aerosol in stratosfera a causa di intense eruzioni vulcaniche, la variazione delle concentrazioni in troposfera di gas serra - in particolare di anidride carbonica, metano e protossido di azoto - e di aerosol.

Il clima è un sistema fisicamente complesso, poiché basato sull'interazione continua tra le sue diverse componenti: atmosfera, idrosfera, biosfera, criosfera e superficie terrestre; per descriverne e comprenderne la variabilità, i meccanismi di interazione e l'effetto che le

forzanti citate possono avere sugli equilibri energetici del pianeta, in climatologia si utilizza il concetto di "bilancio energetico della Terra" (earth system energy balance). Questo bilancio, i cui processi principali sono schematizzati in Fig. 2, è guidato principalmente dalla radiazione solare, la quale alimenta il sistema e fornisce alla Terra energia sotto forma di radiazione elettromagnetica. Di questa energia ricevuta dal Sole (in media circa 340 W m^{-2}), una parte viene riflessa all'esterno del Sistema Terra dalle nubi, dagli aerosol presenti in atmosfera e dall'albedo della superficie terrestre, la parte rimanente governa i vari processi di scambio di massa ed energia tra le diverse componenti del sistema clima, per venire successivamente riemessa al di fuori dall'atmosfera come radiazione infrarossa.

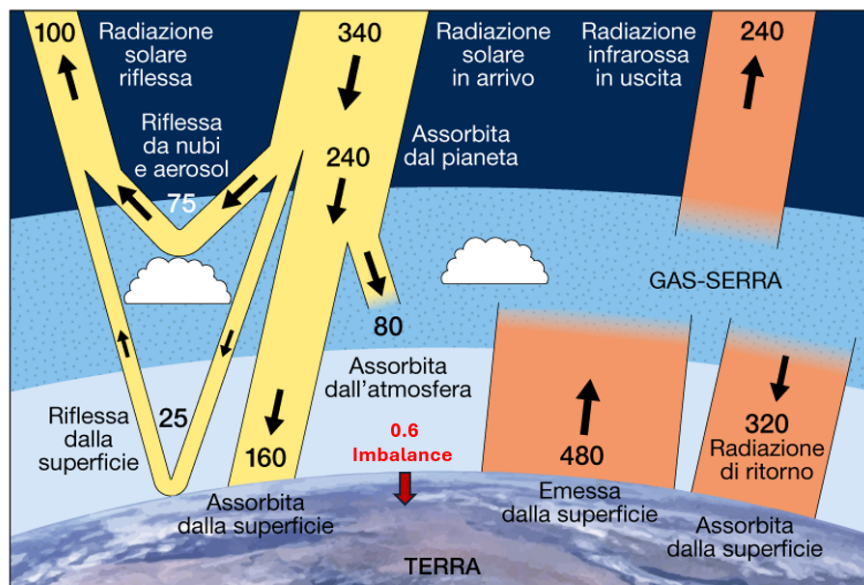


Figura 2: Rappresentazione schematica del bilancio energetico medio globale della Terra. I numeri indicano le stime migliori delle grandezze delle componenti del bilancio energetico mediamente globale in W m^{-2} , rappresentando le condizioni climatiche all'inizio del 21° secolo.

In un sistema in equilibrio, la quantità di energia in entrata tende ad eguagliare, pur nel lungo periodo, quella riemessa, anche in presenza di fluttuazioni dovute alla variabilità climatica interna; un'alterazione di quello stato determina un disequilibrio che forza il sistema verso la ricerca di un nuovo bilanciamento dei flussi energetici.

Sono diverse le forzanti che possono incidere su questo processo; un esempio evidente è rappresentato dall'emissione di gas serra di origine antropica che, alterando l'assorbimento della radiazione infrarossa in atmosfera, non ne permette la completa riemissione verso lo spazio, causando quindi un accumulo di energia nel sistema climatico terrestre ed una conseguente situazione di "disequilibrio energetico" (earth system energy imbalance).

L'impatto che le diverse forzanti possono generare sulle complesse interazioni del sistema climatico viene stimato utilizzando il concetto di forzante radiativa efficace che quantifica, in W m^{-2} , l'energia in entrata od in uscita dal sistema terrestre a seguito di una perturbazione imposta (ad esempio variazioni nei gas serra, negli aerosol o nell'irraggiamento solare).

Una forzante radiativa efficace tenderà a favorire il riscaldamento globale se sarà di segno positivo, ed a ridurlo se sarà di segno negativo e, come si vedrà nei paragrafi successivi, la risultante dell'insieme delle principali forzanti naturali non è in grado di spiegare il riscaldamento globale degli ultimi 250 anni.

4.1.1. La forzante solare

La forzante solare è collegata alla quantità di radiazione solare che raggiunge la superficie terrestre. La sua variabilità dipende da due diversi aspetti: le variazioni assunte dall'orbita terrestre e dalla posizione relativa di Terra e Sole - dette forzanti orbitali - e l'intensità dell'attività solare.

L'effetto sul clima terrestre delle variazioni cicliche della posizione della Terra rispetto al Sole è stato descritto per la prima volta da Milankovitch⁸ nel 1941; egli individuò le seguenti forzanti orbitali:

- la variazione dell'eccentricità, ovvero lo scostamento da un'orbita circolare in maniera più o meno marcata, con una periodicità di 100 mila anni;
- la variazione dell'obliquità dell'asse terrestre, dovuta all'inclinazione dell'asse rispetto al piano orbitale, con periodicità di 41 mila anni;
- la variazione nella precessione dell'asse terrestre, ovvero di quel processo legato al suo lento movimento conico (simile a una trottola), con periodicità di circa 26 mila anni.

L'individuazione di queste tre ciclicità è stata fondamentale per spiegare l'alternanza di periodi glaciali e interglaciali avvenuta nel periodo geologico più recente, il Quaternario, ed anche all'inizio dell'attuale epoca interglaciale, l'Olocene, contraddistinta da un aumento della radiazione solare ricevuta dall'atmosfera⁹; ma esse da sole non sono in grado di giustificare l'attuale riscaldamento climatico.

La radiazione solare totale, e quindi la sua attività magnetica, è soggetta anche a cicli che hanno una periodicità di 11 anni (ciclo di Schwabe), e determinano variazioni che possono raggiungere al massimo 1 W m^2 . Se si considerano l'albedo ed il fatto che il pianeta è un geoide, questa variazione si traduce in un cambiamento dell'energia disponibile per la Terra di 0.17 W m^2 , che rappresenta un valore esiguo rispetto alla forzante radiativa causata dalle emissioni di gas serra, stimata di circa 2.7 W m^2 nel 2019, prendendo come riferimento il 1750. Questo aspetto è evidenziato anche nel report AR6 dell'IPCC (2021), secondo cui l'attività solare, benché relativamente alta anche nel XIX secolo, pur se non eccezionale rispetto agli ultimi 9000 anni, ha causato un effetto radiativo globale compreso tra -0.06 e $+0.08 \text{ W m}^2$, totalmente trascurabile quindi se confrontato con l'impatto generato dai gas serra (Fig. 3).

⁸ Milankovitch M., 1941.

⁹ Stefan E. et al., 2012.

4.1.2. La forzante vulcanica

Prima del periodo industriale, le eruzioni vulcaniche esplosive hanno rappresentato le principali forzanti climatiche a livello globale su scale temporali brevi, cioè da interannuali a pluridecennali; esse, peraltro, sono solitamente escluse dall'elaborazione delle proiezioni climatiche perché la loro occorrenza è imprevedibile. Va anche considerato che il vulcanismo ha un impatto complesso sul clima, per la contemporanea emissione di aerosol e di gas serra, fenomeni che incidono sul bilancio energetico del Sistema Terra su scale temporali differenti e con effetti opposti.

Analizzando gli ultimi 2500 anni, si osserva che eruzioni vulcaniche sufficientemente intense e in grado di generare una forzante radiativa efficace maggiore di -1 W m^2 si sono mediamente verificate due volte per secolo. La più recente è stata quella del Pinatubo (1991), ma nel secolo precedente si sono verificate eruzioni notevolmente più intense come quella del vulcano Tambora (1815), che ha determinato il cosiddetto "anno senza estate" e la conseguente pressoché totale mancanza di produzioni agricole nell'emisfero nord.

Le eruzioni maggiori incidono sul sistema climatico per diversi anni, a seconda della localizzazione del vulcano, che influenza la dispersione dei gas e degli aerosol emessi, dell'altezza di iniezione efficace¹⁰ e del periodo dell'anno in cui si verifica l'evento. Esse determinano normalmente effetti sia a breve termine, dovuti alle emissioni di aerosol in stratosfera che aumentano la riflessione della radiazione solare entrante nel sistema raffreddando il pianeta, che a più lungo termine, a causa dell'incremento dell'effetto serra a seguito delle emissioni di gas. Questo secondo effetto, tuttavia, risulta trascurabile rispetto all'impatto generato nel breve termine, e di entità marginale anche se comparato con le emissioni di origine antropica.

In sintesi, quindi, le grandi eruzioni generano una riduzione della temperatura media globale di durata variabile, a causa dell'effetto radiativo diretto dovuto all'emissione di aerosol in stratosfera. Le eruzioni vulcaniche possono anche prolungare per diversi anni il loro impatto sul clima globale, incidendo su contesti regionali particolarmente sensibili, ad esempio con una variazione della circolazione monsonica, oppure con modificazioni indotte nella criosfera marina.

Nonostante la loro imprevedibilità, sono stati comunque elaborati degli scenari che tengono conto dell'impatto di potenziali eruzioni vulcaniche molto intense nel secolo contemporaneo; da queste elaborazioni emerge che tali eventi potrebbero ritardare di alcuni anni il superamento della soglia di riscaldamento globale di 1.5°C ¹¹.

Comunque, per un'azione sensibile sull'attenuazione del riscaldamento globale, sarebbero necessarie numerose grandi eruzioni nello stesso secolo, eventualità questa statisticamente improbabile e gravida di conseguenze estremamente negative, quali la distruzione di vari ecosistemi ed il deterioramento della qualità dell'aria.

In Fig. 3 viene evidenziata l'intensa forzante radiativa negativa provocata dalle eruzioni del Tambora e del Pinatubo.

¹⁰ Indica l'altitudine alla quale i materiali espulsi durante l'eruzione (come cenere, gas e rocce) vengono immessi nell'atmosfera in modo significativo, raggiungendo strati atmosferici che possono influenzare il clima o la salute pubblica.

¹¹ Bethke I. et al, 2017.

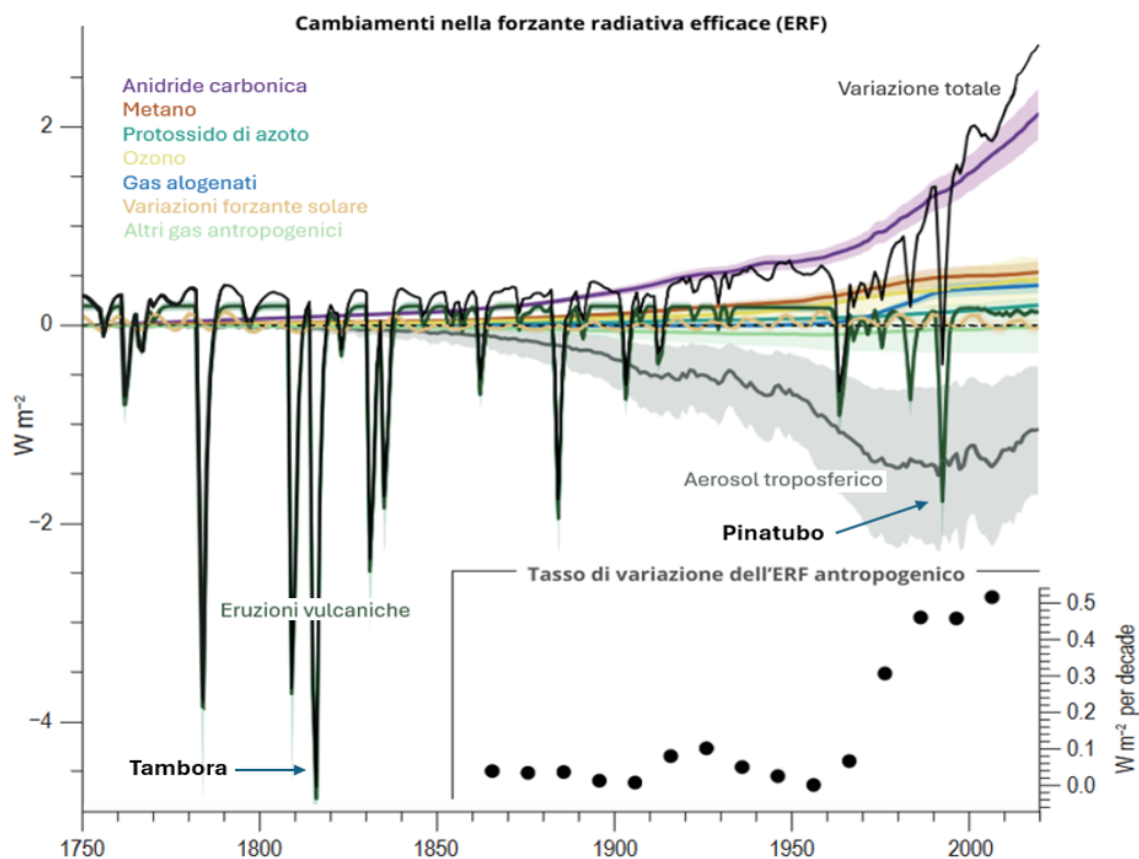


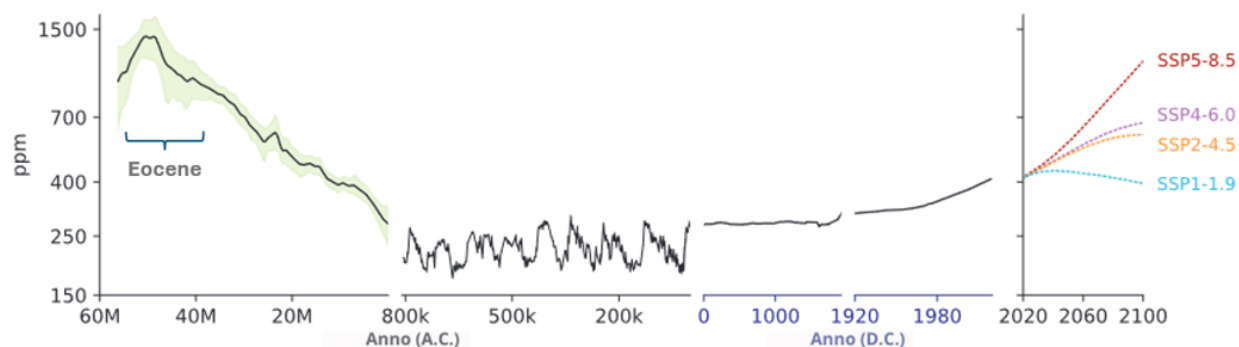
Figura 3: Evoluzione temporale della forzante radiativa efficace (ERF) relativa alle principali forzanti climatiche. Il grafico in basso a destra mostra il tasso di cambiamento nella forzante radiativa antropogenica totale (totale senza forzante solare e vulcanica) per periodi di 30 anni centrati su ciascun punto.

4.1.3. La forzante dovuta alla variazione nella concentrazione dei gas serra

Come si può notare, l'andamento temporale della concentrazione di anidride carbonica in atmosfera (Fig. 4) e l'evoluzione delle temperature del pianeta (Fig. 1) sono esattamente sovrapponibili, a dimostrazione che la variazione della concentrazione di gas serra è strettamente connessa all'andamento delle temperature globali.

Le cause naturali di queste variazioni sono molteplici: una forte attività vulcanica, incendi, cambiamenti nelle correnti oceaniche e nella temperatura degli oceani con conseguente influenza sulla loro capacità di immagazzinare carbonio (essi sono una delle maggiori fonti di assorbimento dell'anidride carbonica in atmosfera), ma anche processi più lenti come l'erosione e la sedimentazione, che impattano in modo diretto sul ciclo del carbonio. L'erosione del suolo, infatti, degrada la superficie del terreno, riducendo la capacità di sviluppo della vegetazione, con conseguente diminuzione della fotosintesi e dell'assorbimento di carbonio. Al contrario, la sedimentazione, che include anche la decomposizione anaerobica del materiale organico da cui si originano i combustibili fossili, favorisce lo stoccaggio del carbonio atmosferico sui fondali marini e sulla crosta terrestre.

a) Concentrazioni di CO₂ in atmosfera nel Cenozoico



b) Tasso di variazione di CO₂ in atmosfera nel Cenozoico

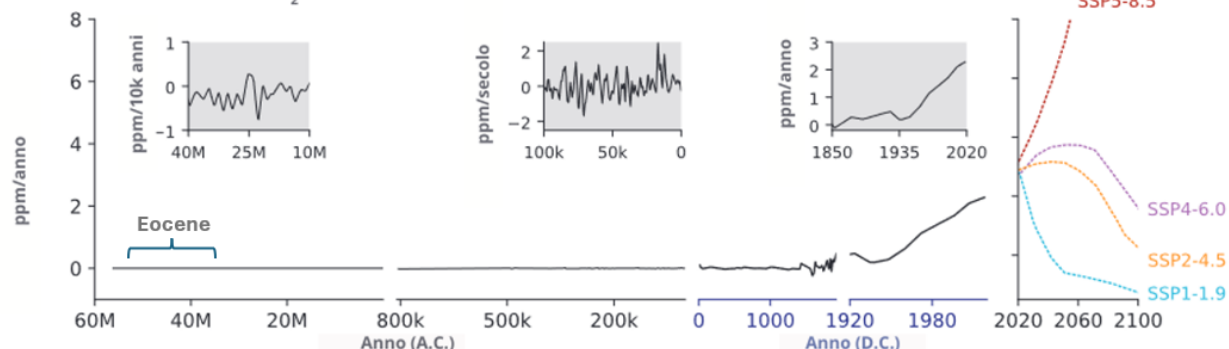


Figura 4: Cambiamenti nella concentrazione di anidride carbonica in atmosfera (a) e suoi tassi di variazione (b) negli ultimi 60 milioni di anni e proiezioni nei successivi 300 anni secondo i tre comuni scenari di emissione SSP comunemente usati nel progetto CMIP6 (Fonte: Adattamento Figura presente nel report IPCC AR6).

Non vi è più dubbio che la causa principale di variazione della concentrazione dei gas serra va ricercata nell'azione antropica, nell'uso dei combustibili fossili, nella diffusione delle attività industriali di matrice carbonica e nei cambiamenti nell'uso del suolo quali la deforestazione e l'urbanizzazione. Sono proprio le attività umane a motivare il rapido incremento nella concentrazione di gas serra in atmosfera avvenuto nel ventesimo secolo e tutt'ora in corso, ed il conseguente aumento delle temperature registrato. L'effetto riscaldante di questi gas - in particolare anidride carbonica, metano e protossido di azoto - è evidente in Fig. 3, dove si nota come tutti e tre abbiano causato una forzante radiativa efficace positiva sempre più intensa dal 1750 ad oggi.

Peraltro, i gas serra sono stati oggetto di importanti variazioni nella storia del nostro pianeta. Come si evince dalla Fig. 4, durante l'intero Cenozoico le fluttuazioni dell'anidride carbonica si sono distribuite in un range compreso tra valori di 150 ppm (parti per milione) e di 1500 ppm, raggiunti nell'Eocene. In accordo con le ricostruzioni paleoclimatiche, le alterazioni della composizione chimica dell'atmosfera avvenute in passato si sono però distribuite in milioni di anni, ed hanno avuto luogo ad una velocità che non è neppure paragonabile con quella delle attuali emissioni. La Fig. 4b dà evidenza che il tasso di variazione di anidride carbonica in ppm/anno è stato pressoché nullo durante gli ultimi 60 milioni di anni, mentre attualmente esso aumenta al ritmo di circa 2.5 ppm/anno. Anche l'andamento della concentrazione in atmosfera degli altri due principali gas serra - metano e protossido di

azoto - è paragonabile a quello dell'anidride carbonica; è stato quindi anch'esso oggetto di un incremento senza precedenti negli ultimi 100 anni.

Pur considerando che quel tasso dipenda anche dalla risoluzione temporale dei proxy paleoclimatici utilizzati nella ricostruzione storica, il report AR5 dell'IPCC¹² (2013) constata che, prendendo come riferimento gli ultimi 800 mila anni, dall'inizio dell'era industriale la variazione nella concentrazione di anidride carbonica in atmosfera è avvenuta ad una velocità senza precedenti. Questa evidenza, e l'innegabile correlazione tra l'aumento della concentrazione di gas serra in atmosfera e l'incremento delle temperature, confermano il fatto che la vera causa del cambiamento climatico attuale è l'emissione di gas serra di origine antropica, la quale ha portato la concentrazione di anidride carbonica in atmosfera ai livelli di circa 3 milioni di anni or sono (Massimo Termico del Medio Pliocene)¹³.

4.1.4. L'effetto degli aerosol

Rispetto all'era preindustriale, l'attività antropica, e in particolare la combustione di biomassa e di combustibili fossili, ha determinato un notevole incremento delle emissioni di aerosol e di loro precursori. La maggior concentrazione di aerosol in atmosfera ha ripercussioni sia sui processi di scattering e di assorbimento della radiazione solare (effetto diretto), che sulla formazione delle nubi (effetto indiretto).

Nelle proiezioni climatiche, la stima della forzante radiativa efficace causata dalla presenza di aerosol in atmosfera è caratterizzata da una grande incertezza, trattandosi di processi di difficile simulazione e presentando, ogni forma di aerosol, peculiarità proprie. La maggior parte degli aerosol, come i solfati, tende a provocare un raffreddamento del clima (forzante negativa), mentre altri, come il black carbon, ne favoriscono un riscaldamento (forzante positiva). Le stime realizzate suggeriscono che la forzante radiativa risultante sia negativa e vada quindi a contrastare gli effetti prodotti dall'aumento della concentrazione di gas serra,

¹² Report IPCC, 2013.

¹³ Nel Pliocene, epoca geologica il cui clima presentava molte analogie con gli scenari che si stanno delineando nel nostro tempo, anche le concentrazioni di CO₂ atmosferica erano comparabili a quelle odierne (circa 400 ppm). In assenza di attività antropiche, ciò era dovuto al fatto che alcuni processi naturali, che influenzano il ciclo del carbonio e quindi le concentrazioni di gas serra in atmosfera, agivano in modo diverso rispetto ad oggi. Infatti, il clima del Pliocene era caratterizzato da uno stato di equilibrio in condizioni molto differenti dalle attuali: il livello del mare era di 20–25 m superiore a quello odierno, le calotte polari erano molto ridotte, le foreste tropicali si estendevano fino alle latitudini superiori, la circolazione oceanica era profondamente diversa a causa della differente disposizione dei continenti e dell'assenza dell'istmo di Panama. Altri fattori rilevanti che vanno considerati sono le importanti differenze nella circolazione atmosferica, dovute ad un minore gradiente termico tra i poli e l'equatore, la presenza di una vegetazione diversa, priva di piante di tipo C4 (specie vegetali adatte a climi caldi e con ridotta disponibilità idrica), ed anche una minore efficienza del "weathering" (degradazione meteorica) delle rocce. La combinazione di tutti questi elementi contribuiva a mantenere uno stato di quasi-equilibrio nel clima globale, con temperature più elevate di circa +2–3 °C rispetto all'attuale, attribuibili solo in parte alla concentrazione di gas serra. Per le ragioni descritte quindi, pur rappresentando un importante analogo climatico, il Pliocene non può fornire un confronto esaustivo con il clima attuale e futuro il quale, tra l'altro, sta attraversando una fase marcatamente evolutiva, e tutte le sue componenti devono ancora raggiungere il nuovo equilibrio in risposta alla perturbazione imposta dalle emissioni antropiche.

come si può notare dal grafico di Fig. 3; questo significa che l'aumento di aerosol in atmosfera causa complessivamente un raffreddamento del clima. Si stima che la somma degli effetti diretti e indiretti degli aerosol troposferici generi una forzante radiativa pari a circa $-0.9 \pm 0.5 \text{ W m}^{-2}$ e che questa forzante stia variando nel tempo in relazione alla variazione delle emissioni antropiche (IPCC AR6 2021)¹⁴.

Negli ultimi anni si è notato un declino nella concentrazione degli aerosol emessi da fonti antropiche in Europa e Nord America, mentre si sono osservati trend positivi importanti nell'Asia meridionale e nell'Africa orientale per quanto riguarda le emissioni di black carbon. La combinazione di questi due aspetti ha determinato una riduzione del raffreddamento netto indotto dagli aerosol troposferici. La tendenza globale si attesta su una diminuzione pari allo 0.03% all'anno, con una conseguente riduzione del loro effetto di mitigazione sul riscaldamento globale (Fig. 3). Si può quindi rilevare come le attività antropiche, in relazione all'emissione di aerosol in atmosfera, possano contribuire anche ad un raffreddamento del clima, ma come l'effetto di riscaldamento dovuto ai gas serra discusso nel paragrafo precedente sia nettamente dominante.

Va peraltro osservato che le politiche ambientali di contrasto all'inquinamento atmosferico stiano determinando la diminuzione della concentrazione di aerosol, sbilanciando quindi ulteriormente il bilancio energetico a favore del riscaldamento dovuto ai gas serra.

4.2. La paleoclimatologia e il concetto di aberrazione climatica

Una delle principali acquisizioni scientifiche della paleoclimatologia è rappresentata dall'occorrenza di "aberrazioni climatiche", ovvero di cambiamenti climatici straordinari rispetto all'andamento del periodo.

Si tratta di un concetto relativo, in quanto le aberrazioni, pur determinando rilevanti discontinuità nel sistema climatico che le utilizza come mere forme di riequilibrio energetico, possono rilevarsi esiziali per le forme di vita e gli ecosistemi che ne sono coinvolti.

Tali aberrazioni si sono tipicamente verificate a seguito di perturbazioni intense e temporanee del sistema climatico, come ad esempio un'improvvisa liberazione di gas serra in atmosfera. Classici esempi di aberrazioni climatiche sono fenomeni come la Snowball Earth, fasi millenarie della storia geologica della Terra durate le quali il pianeta è stato completamente o quasi ricoperto dai ghiacci, sia nelle terre emerse che negli oceani, come nella Glaciazione Sturtiana (circa 717-660 Ma fa) e nella successiva Glaciazione Marinoana (circa 650-635 Ma fa).

Analizzare e comprendere l'evoluzione di questi eventi radicali fornisce informazioni fondamentali sul sistema terrestre e sul suo potere di resilienza, adattabilità e ripristino di condizioni di vita adatte anche all'uomo.

I cambiamenti in corso presentano analogie con quelli del Massimo Termico del Paleocene-Eocene, che si verificò circa 55 Ma fa a causa del raddoppio repentino delle concentrazioni

¹⁴ Report IPCC, 2021.

di CO₂ in atmosfera¹⁵, e che portò ad un aumento delle temperature medie globali di 5-8 °C. Il sistema Terra impiegò circa 100 mila anni per recuperarsi da questa perturbazione.

Ora, facendo un paragone con l'attuale crisi climatica, ove questa raggiungesse i valori dello scenario peggiore (SSP5-8.5), sarebbero necessari almeno 500.000 anni per ritornare ai livelli preindustriali di CO₂ in atmosfera, una durata equivalente a 20.000 generazioni umane.

Nonostante l'aberrazione descritta, durante tutto il Cenozoico il tasso di rilascio della CO₂ è stato comunque da 4 a 10 volte più lento rispetto a quello attuale. Questa e altre ricostruzioni del clima passato non lasciano dubbi sul fatto che l'attuale riscaldamento globale costituisca un'aberrazione climatica, poiché sia la rapidità che la magnitudine del fenomeno superano di gran lunga la variabilità che ha contraddistinto intere ere geologiche precedenti¹⁶. Volendo adottare un confronto con lo scenario intermedio di emissione (SSP2-4.5), la CO₂ raggiungerà le 600 ppm nel 2100; con lo scenario peggiore (SSP5-8.5) invece, alla stessa data, verranno raggiunte le 1000 ppm, valori fuori scala se confrontati con gli ultimi 800 mila anni di storia del pianeta.

Peraltro, anche altre caratteristiche dell'attuale riscaldamento sono completamente differenti dalle variazioni climatiche del tardo Olocene. Raphael Neukom¹⁷, analizzando la Piccola Era Glaciale (PEG o Little Ice Age: periodo di raffreddamento climatico avvenuto tra il XIV e il XIX secolo), in particolare nelle regioni dell'emisfero settentrionale, ha constatato come l'epoca più fredda dell'ultimo millennio non abbia presentato una coerenza spazio-temporale sulle diverse aree del pianeta, ma piuttosto una variabilità di tipo stocastico. Questo conferma che le variazioni climatiche avvenute nel periodo preindustriale non sono state sufficientemente intense per produrre variazioni di temperatura coerenti ed uniformi a livello globale e su scale temporali pluridecennali e centennali. Al contrario, nel suo lavoro di ricerca è stato enfatizzato come il riscaldamento in atto stia influenzando il 98% della superficie del pianeta, ad ulteriore conferma di come esso si discosti sia per intensità che per coerenza spazio-temporale dalle variazioni climatiche avvenute nell'Olocene.

In conclusione, la paleoclimatologia conferma che la Terra tende costantemente al raggiungimento di uno stadio di equilibrio dinamico tra i flussi energetici, in una continua interazione con le componenti biotiche, abiotiche e merobiotiche, ma non è detto che questo assetto evolutivo corrisponda sempre alle condizioni di vita dell'uomo, anche alla

¹⁵ Come descritto in *The Paleocene-Eocene Thermal Maximum: A Perturbation of Carbon Cycle, Climate, and Biosphere with Implications for the Future (2011)*, sebbene ci sia consenso scientifico sul fatto che il PETM sia stato causato da un forte rilascio di carbonio in atmosfera, non c'è ancora una chiara spiegazione riguardo alle cause di un tale rilascio. Le 5 fonti del rilascio di carbonio tutt'ora discusse sono:

- Il rilascio di clatrati di metano dovuto all'aumento delle temperature;
- Incendi boschivi e dei depositi di torba e carbone depositati durante il Paleocene;
- Il rilascio di metano termogenico tramite interazione tra magma e sedimenti ricchi di materia organica;
- Essiccamento dei mari epicontinentali con conseguente rapida ossidazione della materia organica presente nei continenti;
- Rilascio di grandi quantità di carbonio immagazzinate nel Permafrost antartico.

¹⁶ Tierney J. et al., 2020.

¹⁷ Neukom R. et al. 2019.

luce del fatto che il mero riequilibrio di inerzie climatiche richiede tempi molto lunghi, che spesso trascendono orizzonti e scenari di mitigazione ed adattamento.

5. REALISMO O POSTVERITÀ?

Si assiste frequentemente ad una narrazione tecnica, politica e mediatica del problema climatico, di stampo anche negazionista, che si avvale di ricostruzioni strumentali e talvolta di manipolazioni ex post di un passato funzionale ai propri fini comunicativi. È facile constatare che si tratta di impianti avulsi da considerazioni ponderate, e funzionali ad un approccio che utilizza gli strumenti social per una mera aggregazione di consensi. Questa proposizione è purtroppo avvalorata da varie condizioni al contorno, ad iniziare dalla confusione tra meteorologia e clima – l'una orientata al breve periodo ed al tempo atmosferico dei giorni successivi, l'altro agli scenari di lungo periodo – ma spesso anche da non convincenti approcci tecnologici ed industriali, oltre che da una frammentazione del quadro internazionale delle responsabilità.

Essa trova un punto di forza anche nel più generale contesto antropologico, in quanto è culturalmente immersa in una postmodernità che appanna i contorni dei valori e li allontana verso orizzonti in continua transizione, privi di certezze, verso scenari liquidi ed instabili, oggi riassunti nell'acronimo V.U.C.A. (Volatility, Uncertainty, Complexity and Ambiguity).

Coloro che cercano maggior chiarezza ed oggettività possono ricorrere a due strumenti.

Al senso critico anzitutto, frutto di una consuetudine con la lettura, con lo studio, con il dubbio; evitando il ricorso immediato e semplificante alle conclusioni precostituite ed alle affermazioni apodittiche; considerando il digitale ed i tecnicismi come fattori strumentali; in una prospettiva di valori a maggior contenuto analogico, etico e teleologico, poiché a quelli va riferita la sostenibilità.

Il secondo strumento consiste in un approccio più industriale e numerico. Mitigazione, adattamento, resilienza richiedono un nuovo progresso, che abbia origine dalla rimodulazione dei processi industriali, delle reti infrastrutturali, del credito, della gestione del rischio, poiché sono questi i fattori che vanno ad incidere profondamente nell'assetto sociale, nelle aspettative delle persone, nel modo in cui vivono, nei luoghi che abitano, nel valore del tempo.

Questi inneschi, che determinano a cascata effetti sulla microeconomia, sulla società, sulle famiglie e sui cittadini, possono venir messi in atto dai governi e dai grandi regolatori (banche centrali, nazionali ed internazionali, organismi internazionali) attraverso l'adozione di un piano industriale che tracci con chiarezza il nuovo disegno di un mondo resiliente, con tutte le sue complessità ed interazioni. Per conseguire questo obiettivo, anche alla luce del suo forte impatto sociale, sono necessari numeri e scenari affidabili, rappresentativi e condivisibili. Il dato climatico, in quel contesto, diviene un fattore discriminante nella progettazione, nell'assunzione di decisioni e nel loro monitoraggio. I dati utilizzati devono quindi avere in dotazione alcune caratteristiche salienti, quali la qualità, la rappresentatività, la terzietà, venir espressi in una tassonomia formale ed essere accessibili su di un piano di astrazione aperto.

Per sua stessa natura, che trascende le vicende meteorologiche e locali, la forza del parametro climatico si esprime e nella visione prospettica di medio e lungo periodo, e nella

visione storica cui vanno riferiti i confronti sia in termini di riduzione delle emissioni che di attuazione delle policy di accompagnamento; è infatti grazie a questa lettura dei dataset che si è in grado di ottenere una cognizione numerica di quanto sta accadendo, potrà accadere o accadrà. Ne è una triste conferma la notizia che, mentre si stanno scrivendo queste pagine, si è raggiunto il superamento (overshoot) dei parametri climatici che avrebbero consentito il rispetto dei limiti previsti dall'Accordo di Parigi¹⁸, a causa della deriva incrementale sostenuta dalle emissioni già presenti in atmosfera.

Comunque, il susseguirsi ravvicinato di annate caratterizzate da temperature medie globali molto elevate, sta aprendo gli occhi almeno all'ampia fascia di enti, persone, responsabili di organismi diversi che, negli ultimi 20 anni, hanno solo saputo ripetere che, per credere al riscaldamento globale, volevano prima "vedere i dati", dati che, si fosse realmente voluto, erano disponibili già da molto tempo in formati anche accessibili, chiari e divulgativi.

Oggi, un ampio insieme di componenti proattive del modo industriale, tecnico, scientifico, politico, comunicativo e sociale, che hanno una cognizione diretta del cambiamento, in quanto parti direttamente in causa, convergono su alcune tesi e proposizioni fondamentali, utili per porre chiarezza su alcuni aspetti chiave di questa narrazione, evitando che essa si disperda in un coacervo di considerazioni meno rilevanti, a volte banali o, peggio, non vere. Eccone le principali.

Salviamo l'uomo, non il pianeta. La posizione astrale dell'uomo non va scissa dalle vicende fisiche del sistema solare, ma va contestualizzata e relativizzata. Nella Genesi, l'uomo, creato da Dio a sua propria immagine, occupa saldamente il centro dell'universo, ma la storia del pensiero successiva alla Bibbia, ed a molte altre cosmogonie, lo rimuove gradualmente da questa posizione. Con Copernico la Terra viene dislocata dal centro del sistema solare alle sue orbite esterne; Darwin, successivamente, distribuisce il momento della creazione in un più mediato processo evoluzionistico che apparenta l'uomo con l'insieme delle altre forme di vita. Poi, con Lévi-Strauss e Freud, ma in generale con l'antropologia e la psicanalisi - per la verità già con il "Conosci te stesso" di Delfi - l'uomo viene addirittura privato di una parte del controllo su se stesso e sulla propria volontà.

Inoltre, al di fuori di ogni dimensione mitica o mistica, è sufficiente uno sguardo agli spazi siderali oppure alle profondità dell'atomo per comprendere che non esiste un universo antropocentrico, i cui tempi o i cui baricentri siano assimilabili con quelli dell'umanità.

È proprio questo insieme di constatazioni che dà evidenza della nicchia antropo-eccentrica che ospita l'uomo e le sue qualità pur uniche ed eccezionali, quali la libertà del pensiero e la capacità di trascendere; ed in essa assume un senso esercitare l'azione responsabile che può svilupparsi nel punto e nelle traiettorie di incontro e di equilibrio reciproco tra l'uomo e la natura.

Salvare l'uomo quindi, e gli ecosistemi naturali in quanto strumenti di vita, di biodiversità, di adattamento, necessari per mantenere quell'equilibrio omeostatico che richiede una costante ed attenta sintonizzazione evolutiva tra le condizioni della vita e quelle del pianeta. Una lettura diversa, di stampo siderale, naturalista oppure panteista, non può che sfociare in ipotesi utopiche e nichiliste.

¹⁸ COP21 (2015).

Dalle origini, la terra non ha mai vissuto un ciclo climatico come l'attuale. Durante la sua lunga storia, il pianeta non avrebbe sempre potuto ospitare l'uomo; è solo durante gli ultimissimi milioni di anni che si sono create le condizioni evolutive idonee. Fra queste, l'ambiente climatico: i confronti fra le diverse fasi climatiche della terra vanno quindi contenuti entro questa parentesi. Non ha infatti significato, ad esempio, paragonare il nostro tempo con l'ottimo climatico del primo Eocene, occorso 50 milioni di anni or sono e caratterizzato da temperature medie globali superiori di circa 15 gradi rispetto a quelle del periodo preindustriale; non solo, ma ciò aveva luogo in un pianeta diverso dall'attuale, con una diversa dislocazione dei continenti, con diverse caratteristiche degli oceani, dell'atmosfera, della vita.

Facendo quindi riferimento al Quaternario, gli unici fenomeni di rilievo e ricorrenti sono state le glaciazioni che si sono succedute nell'ultimo milione di anni, sino alla recente PEG (Piccola Era Glaciale, tra il 1300 ed il 1800).

Tutti gli altri eventi ciclici tipici del pianeta, ed in particolare le forzanti solari significative, legate all'orbita ed all'asse terrestre, hanno una periodicità che varia dai 20 mila ai 400 mila anni, non sono quindi imputabili dell'attuale riscaldamento; né lo è l'attività magnetica solare la quale, pur particolarmente attiva in questo secolo, con il suo ciclo di 11 anni genera un influsso assolutamente trascurabile.

Ma ciò che contraddistingue specificatamente questi ultimi due secoli, anche a prescindere dai valori assoluti, è la rapidità che ha registrato l'aumento dell'anidride carbonica in atmosfera dovuta alle emissioni, fenomeno che non trova riscontro o testimonianza fossile, né preistorica né primordiale.

L'evidenza di questa transizione climatica è d'altronde oramai nell'esperienza di tutti, di un'umanità che sta assistendo alla concretizzazione dei rischi fisici preannunciati in accadimenti catastrofici reali, ricorrenti e con impatti sempre più devastanti.

Il riscaldamento globale cresce proporzionalmente alle emissioni di origine antropica poiché ne è funzione diretta. Le osservazioni e le misurazioni effettuate oramai da molti anni dagli organismi tecnici, scientifici, finanziari, assicurativi, governativi e non governativi, internazionali, indipendenti e che vengono utilizzate per monitorare le situazioni attuali e per produrre scenari a diversa scala territoriale ed orizzonte temporale, danno evidenza di una correlazione diretta tra la produzione di emissioni di origine antropica e l'aumento delle temperature. I fattori di carattere naturale, altrettanto noti e quantificati, non stanno influenzando in modo significativo il fenomeno.

Il battito d'ali di una farfalla in Amazzonia NON causa un tornado in Europa. È un concetto che ha avuto una sua fortuna, e forse poteva contribuire a rappresentare l'interazione e l'interdipendenza globale fra i grandi eventi climatici, come lo scioglimento dei ghiacciai, la modifica delle correnti marine, l'innalzamento termico dei mari, ma non trova nessuna corrispondenza con ipotesi concrete. Esso risulta anzi dannoso nel momento in cui crea un alibi alla presunta inefficacia delle azioni di mitigazione e adattamento, quando le rende soggette ad un fato assolutamente incontrollabile, imponderabile ed inconsistente,

mentre esse richiedono politiche costanti e persistenti, investimenti, nuovi approcci industriali, nuova cultura, quindi un grande impegno universale.

Portiamo comunque il nostro contributo, anche locale, all'adattamento.

“Frammentazione e conflitto” sono le parole impiegate dall’IPCC dell’ONU per caratterizzare lo scenario climatico SSP3-7.0, sigla che descrive la situazione globale risultante dalle policy di adattamento adottate. Ciò conferma che non sarà possibile contare su di un forte coordinamento mondiale di governo delle azioni di mitigazione e di adattamento climatico. D'altronde è questa l'umanità, attendersi qualcosa di diverso appartiene alle grandi e piccole utopie, alle aspirazioni, alle ambizioni, a volte ai sogni. Ma è proprio in queste differenze - un nord ed un sud, un oriente ed un occidente, culture, religioni, storie - che si crea il potenziale necessario per sostenere quella sfida che un mondo omologato alla G. Orwell¹⁹ non sarebbero in grado di sostenere, per la debolezza intrinseca dei sistemi semplici rispetto a quelli complessi.

Infatti, ogni tipologia di resilienza deve avere caratteristiche proprie ed originali, in funzione del contesto di partenza, delle specificità territoriali e climatiche, delle caratteristiche sociali e culturali, delle risorse disponibili; in questo modo essa apporta un proprio valore adattativo specifico, in grado di enfatizzare il risultato di politiche più generali, che comunque vanno strenuamente perseguite.

Vi è infine una motivazione più forte per lavorare comunque nella direzione dell'impegno, ed è quella del trasferimento alle nuove generazioni di un retaggio che contenga solide basi di sostenibilità, intesa come valore etico e culturale, e quindi come prassi di vita, su cui rimodulare o rifondare i modelli economici, politici e sociali.

6. PENSIERO E PENSATORI

Fornire una narrazione climatica onesta, credibile e condivisibile, sembra oggi un risultato di difficile acquisizione; è difficile anche condividere per lo meno alcuni punti di riferimento su cui confrontarsi anche criticamente. Sono questi gli anni dell'appianamento aprioristico delle coscienze su matrici semplificate, delle omologazioni, di un manicheismo totalizzante che chiude all'ascolto ed al confronto.

Di fronte a questa situazione, presentare ragioni non fa che inasprire la polemica, per questo, a conclusione del breve excursus fisico, si desidera dar voce all'analisi critica e speculativa che alcuni pensatori significativi - filosofi, antropologi, sociologi - hanno adottato nella ricerca di una logica complessiva e finalistica dell'agire umano.

Cambiamento climatico, riscaldamento globale, liquidità sociale, postmodernità, transizioni, decarbonizzazione, intelligenza artificiale, migrazioni, conflitti, povertà, complessità ed interdipendenze politiche, sociali, tecnologiche, esistenziali, etiche: non sono certo queste le prime sfide per l'umanità, ed ancora una volta non è dato altro mezzo per comprenderle ed affrontarle che la forza e la profondità e la varietà e l'originalità del pensiero, uno strumento che si traveste del colore di ogni secolo, ma che rimane costantemente attuale. La metafisica

¹⁹ Orwell G., 1984, Milano, 2021.

di ieri viene oggi chiamata ermeneutica, ma solo per orientarla verso una maggior aderenza con una realtà nella quale il pensiero si trova a fronteggiare e ad essere interrogato su temi per i quali spesso la tecnologia, il pragmatismo, il razionalismo individuano percorsi che si vanno a discostare da una solida base etica, perdendo quindi, in prospettiva, sostenibilità politica e sociale.

Si è infine raccolta anche l'opinione di quei filosofi, tra i quali l'Italia è molto ben rappresentata, che hanno dedicato un'attenzione specifica agli argomenti di maggiore attualità tecnologica.

La forza del pensiero

Luciano FLORIDI (1954) da "La filosofia dell'informazione"

Abbiamo bisogno della filosofia per afferrare la natura stessa dei problemi, per anticipare e indirizzare i risvolti etici della ITC, per tracciare il corretto quadro concettuale entro cui semantizzare, dotare di significato e quindi capire la nostra complessità, per migliorare la dinamica economica, sociale e politica dell'informazione. In sintesi, abbiamo bisogno di una filosofia dell'informazione in quanto filosofia del nostro tempo e per il nostro tempo.

PLATONE (428-348 a.C.) da "Repubblica V°"

L'esercizio del governo spetta ai filosofi.

Ludwig WITTGENSTEIN (1889-1951) da "Trattato logico-filosofico"

La filosofia non è una scienza naturale, né una dottrina, ma un'attività, il cui scopo è la delucidazione logica dei pensieri. Essa consiste essenzialmente di delucidazioni, deve render chiari e delimitare nettamente i pensieri, che altrimenti sarebbero torbidi e sfuocati.

Immanuel KANT (1724-1803) da "Critica della ragion pura"

La filosofia è la scienza della relazione di ogni conoscenza ai fini essenziali della ragione umana.

QOELET o ECCLESIASTE (III o V sec. a.C.) dalla "Bibbia ebraica e cristiana"

Tutto ha il suo momento, e ogni evento ha il suo tempo sotto il cielo.

C'è un tempo per nascere e un tempo per morire,

un tempo per piantare e un tempo per sradicare quel che si è piantato.

Un tempo per uccidere e un tempo per curare,

un tempo per demolire e un tempo per costruire.

Un tempo per piangere e un tempo per ridere,

un tempo per fare lutto e un tempo per danzare.

Un tempo per gettare sassi e un tempo per raccogliarli,

un tempo per abbracciare e un tempo per astenersi dagli abbracci.

Un tempo per cercare e un tempo per perdere,

un tempo per conservare e un tempo per buttar via.

Un tempo per strappare e un tempo per cucire,

un tempo per tacere e un tempo per parlare.

Un tempo per amare e un tempo per odiare,
un tempo per la guerra e un tempo per la pace.

Telmo PIEVANI (1970) da "La terra dopo di noi"
L'ambientalismo del futuro sarà la più alta forma di umanesimo.

Andrew J. HOFFMAN (1961)
...il dibattito sul cambiamento climatico non riguarda l'anidride carbonica e i gas serra, ma il
confliggere dei valori culturali e delle visioni del mondo attraverso cui si guarda alla scienza.

Non è un paese per (soli) climatologi

Ludwig WITTGENSTEIN (1889-1951) da "Trattato logico-filosofico"
I limiti del mio linguaggio significano i limiti del mio mondo.

Papa FRANCESCO (Jorge Mario BERGOGLIO, 1936-2025) da "Laudato si" tesi n° 63
Se teniamo conto della complessità della crisi ecologica e delle sue molteplici cause,
dovremmo riconoscere che le soluzioni non possono venire da un unico modo di
interpretare e trasformare la realtà. È necessario ricorrere anche alle diverse ricchezze
culturali dei popoli, all'arte e alla poesia, alla vita interiore e alla spiritualità...nessuna forma
di saggezza può essere trascurata...la Chiesa cattolica è aperta al dialogo con il pensiero
filosofico.

Karl R. POPPER (1902-1994) da "Logica della scoperta scientifica"
Provo interesse per la scienza e la filosofia soltanto perché voglio imparare qualcosa
sull'enigma del mondo in cui viviamo e sull'enigma della conoscenza che l'uomo ha di
questo mondo. E credo che soltanto una rinascita dell'interesse per questi enigmi possa
salvare le scienze e la filosofia dall'angusta specializzazione e dalla fede oscurantistica nella
speciale abilità dell'esperto e nella sua conoscenza e autorità personale; fede, questa, che
tanto bene si adatta alla nostra età "postrazionalista" e "postcritica", orgogliosamente
impegnata nella distruzione della filosofia naturalistica e dello stesso pensiero razionale.

Un pianeta per tutte le stagioni

PLATONE (428-348 a.C.) da "Timeo"
Il cosmo è un dio sensibile.

Maurizio FERRARIS (1956) da "Documanità. Filosofia del mondo nuovo"
Quanto al salvare il pianeta, no grazie. Il pianeta non ha bisogno del nostro intervento,
giacché la sorte della terra è già segnata e coinciderebbe con la morte termica dell'universo.
Si tratta, semmai, di cercare di preservare l'ambiente che rende possibile la forma di vita
umana. Non esiste una natura in quanto tale, ma solo una interazione tra natura e cultura,
si tratta di una interazione principalmente costruttiva. Il mondo allo stato di natura non è

più sensato né benevolo del nostro. Sta a noi puntare su qualcosa di meglio, salvando noi stessi, e non il pianeta, che di noi e del nostro aiuto non ha alcun bisogno.

Maurizio FERRARIS (1956) da "Manifesto del nuovo realismo"

Quanto al pianeta, rassicuriamoci: continuerà a esistere per milioni di anni in un rigoglio lussureggiante di forme di vita, solo senza di noi, almeno se andiamo avanti di questo passo.

Telmo PIEVANI (1970) da "Introduzione a Darwin"

La geologia permise anche a Darwin di percepire per la prima volta il carattere non finalistico delle manifestazioni naturali, la loro indifferenza verso le sorti degli umani, la loro brutale e solenne indipendenza dalle nostre personalizzazioni provvidenzialistiche.

Telmo PIEVANI (1970) da "Introduzione a Darwin"

La specie pensante forse non è il fine ultimo della storia naturale.

Telmo PIEVANI (1970) da "La terra dopo di noi"

Perdendo tutto sommato una sola specie di mammifero, una sola, quindi con una minima riduzione di biodiversità, la vita ricomincerebbe più vigorosa che mai, coprendo le nostre rovine...e nessuno sentirebbe la nostra mancanza...la biosfera se l'è sempre cavata, e se la caverà anche questa volta.

...il pianeta è un sistema che cambia incessantemente, non sta ad aspettarci. È dunque possibile che le nostre insistenti attività di perturbamento dei suoi cicli di autoregolazione - dalla composizione dell'atmosfera alle correnti oceaniche- conducano prima o poi a nuovi cambiamenti, i quali saranno "normali" dal punto di vista del pianeta e "catastrofici" per noi.

Guido MORSELLI (1912-1973) da "Dissipatio H.G."

La fine del mondo? Uno degli scherzi dell'antropocentrismo: descrivere la fine della specie come implicante la morte della natura vegetale e animale. La fine stessa della terra. La caduta dei cieli. Non esiste escatologia che non consideri la permanenza dell'uomo come essenziale alla permanenza delle cose. Si ammette che le cose possono cominciare *prima*, ma *non* che possano finire *dopo* di noi.

Claude LÉVI-STRAUSS (1908-2009) da "Tristi tropici"

Il mondo è cominciato senza l'uomo e finirà senza di lui. In questo, l'umanità non è in grado di svolgere un ruolo indipendente, essa anzi lavora alla disgregazione di un ordine originario e spinge una materia potentemente organizzata verso una crescente inerzia. Da quando è comparso sulla scena fino alla recente società industriale, l'uomo non ha fatto altro che dissociare miliardi di strutture per ridurle ad uno stato in cui non sono più suscettibili di integrazione. La civiltà, presa nel suo insieme, può essere definita come un meccanismo prodigiosamente complesso in cui saremmo tentati di vedere la possibilità offerta al nostro universo di sopravvivere, se la sua funzione non fosse di fabbricare ciò che i fisici chiamano entropia, cioè inerzia.

Jessica E. TIERNEY (1982) et al. (2020) da "Past Climates inform our future"

Il nostro pianeta si riprenderà, ma per gli esseri umani, e per gli organismi con cui condividiamo questo pianeta, i cambiamenti climatici appariranno come un cambiamento di stato permanente.

Uomo e clima

Marc AUGÉ (1935-2023) da "Perché viviamo?"

Gli eventi di ordine meteorologico sono in un certo senso paradigmatici: interpretarli, cercarne le cause e la significazione è un dovere imperativo per poterne così controllare gli effetti. Interpretare l'evento significa inserirlo in quella catena di cause ed effetti che si considera l'ordine naturale delle cose, in tal modo l'evento si trasforma in una manifestazione strutturale, attesa - il contrario di qualcosa di imprevedibile e pericoloso. Eventi naturali come le stagioni, hanno contraddistinto la vita dell'uomo e dell'umanità, e rappresentato momenti topici fondamentali sia in chiave agricola e quindi alimentare, che in connessione con aspetti e tempi della religione e dei suoi riti o con riti di passaggio a sfondo più naturalistico e superstizioso se non magico. Si affermava di conoscere quanto stava succedendo, di conoscerne cause, effetti e conseguenze. L'anticipazione rituale lotta contro l'evento, lo interpreta e lo inserisce in un contesto comprensibile.

John STEINBECK (1902-1968) da "La valle dell'Eden"

E sempre, invariabilmente, negli anni di siccità la gente dimenticava quelli piovosi, e in quelli piovosi si scordava completamente di quelli di siccità. Era sempre così.

Amitav GHOSH (1956) da "La grande cecità"

Certo, non c'è mai stata un'epoca in cui gli eventi atmosferici e la geologia non pesassero sulle nostre esistenze, ma non hanno mai premuto su di noi in modo così inesorabile e diretto.

Sapiens sapiens

UNCED (United Nations Conference on Environment and Development) (1992) da "Dichiarazione di Rio sull'ambiente e lo sviluppo" Principio1

Gli esseri umani sono al centro delle preoccupazioni relative allo sviluppo sostenibile.

Immanuel KANT (1724-1803) da "Idea per una storia universale in prospettiva cosmopolitica"
Dal legno storto dell'umanità non si può cavare mai nulla di perfettamente diritto.

Luciano FLORIDI (1954) da "La quarta rivoluzione"

Grazie a Copernico non siamo più al centro dell'universo, grazie a Darwin non siamo più al centro dell'evoluzione, grazie a Freud non siamo neppure in grado di conoscere e guidare coscientemente noi stessi, solo Dio oramai ci considera il centro dell'universo ed i dominatori della natura. Ma i grandi filosofi, da Pascal a Turing, sostengono la forza e la dignità del

pensiero che oggi ci ricolloca al centro di quella che viene definita infosfera, quel sofisticato presente ontologico in cui si dissolvono i confini tra vita online e vita offline. La nostra eccezionalità relativa esiste perché siamo molto diversi dalla natura che conosciamo, ma è quindi semmai "eccentrica", cioè speciale ma marginale, in posizione "antropoeccentrica" e non "antropocentrica".

Papa FRANCESCO (Jorge Mario BERGOGLIO, 1936-2025) da "Laudato sì" tesi n° 118
Ma non si può prescindere dall'umanità. Non ci sarà una nuova relazione con la natura senza un essere umano nuovo. Non c'è ecologia senza un'adeguata antropologia.

Dipesh CHACRABARTY (1948) da "The Human Condition in the Anthropocene"
Il cambiamento climatico antropogenico è l'involontaria conseguenza dell'esistenza stessa degli esseri umani come specie.

Amitav GHOSH (1956) da "La grande cecità"
Gli eventi climatici della nostra era sono dunque il distillato di tutta la storia umana: esprimono l'interezza del nostro essere nel tempo.

Mahatma Mohandas GHANDI (1869-1948) da "Young India"
Dio non voglia che l'India debba mai abbracciare l'industrializzazione alla maniera dell'Occidente. Se un'intera nazione di trecento milioni di persone (*sic*) dovesse intraprendere un simile sfruttamento delle risorse, il mondo ne resterebbe spogliato, come da un'invasione di cavallette.

L'uomo sociale

Ludwig WITTGENSTEIN (1889-1951) da "Trattato logico-filosofico"
Il mondo e la vita sono una cosa sola.

Doris LESSING (1919-2013) da "Discesa all'inferno"
La caratteristica principale degli esseri umani, al momento, è la loro incapacità di sentire, o di capirsi a vicenda, in modi che non siano semplicemente i risultati dei loro istinti o funzioni. Non sono ancora giunti a un grado di evoluzione tale da garantire la comprensione della loro esistenza di individui come semplici parti di un'entità unica, in primo luogo l'umanità, la loro stessa specie, per non parlare di raggiungere una conoscenza consapevole del genere umano come parte della Natura: piante, animali, uccelli, insetti, rettili, tutti uniti a costituire un piccolo accordo nell'Armonia Cosmica.

Marc AUGÉ (1935-2023) da "Perché viviamo?"
Il fenomeno della globalizzazione ha funzionato per i mercati, per le comunicazioni, per le reti, ma non ha portato anche alla creazione di una coscienza planetaria, che viaggia su canali molto più profondi e complessi, con profonde e lontane radici storiche. Neppure gli stati nazionali sono uniti da una omogeneità culturale di fondo, basta vedere come l'ISLAM

costituisca un legame molto più forte di quello che portano le singole culture nazionale nelle nazioni islamiche.

Émile DURKHEIM (1858-1917) da "Lezioni di sociologia"

La democrazia è il regime della riflessione, permette al cittadino di accettare le leggi del suo paese con maggiore intelligenza, perciò con minore passività. Poiché esistono comunicazioni costanti tra gli individui e lo Stato, lo Stato non è più, per loro, una forza esterna che imprime loro una spinta del tutto meccanica. Grazie agli scambi costanti esistenti tra essi e lo Stato, la sua vita si collega alla loro come la loro si collega alla sua.

Jurgen HABERMAS (1929) da "Teoria dell'agire comunicativo"

Quando il potere statale perde la sua copertura sacra, l'unità del collettivo si potrà ancora produrre e mantenere soltanto come unità di una comunità di comunicazione, vale a dire attraverso un consenso raggiunto in modo comunicativo nella sfera pubblica politica.

Thomas HOBBS (1588-1679) da "Leviatano"

A proposito dell'esigenza di regolazione: nuove esigenze normative hanno inizio in un contesto di jus (diritto: libertà di fare o di astenersi dal fare) per conseguire uno stato di lex (legge: obbligo di fare o di non fare), e sono incompatibili per la stessa materia.

Nichilisti ed urlatori

Maurizio FERRARIS (1956) da "Manifesto del nuovo realismo"

Non tutti coloro (ossia la maggioranza dell'umanità) che sono convinti che l'umanità sia destinata alla catastrofe ammetterebbero di essere nichilisti, ma solo perché non ci pensano. Non consideriamo, per esempio, che proporre come rimedio alla crisi ecologica una decrescita che non può che essere infelice, come rimedio alla crisi economica niente di niente, e come rimedio alla crisi politica ancora niente di niente (il disarmo universale, o unilaterale, l'universale amore o che altro), è nichilismo. Insomma, si può avere il cuore colmo di buone intenzioni ed essere più nichilisti di Dostoevskij.

Karl R. POPPER (1902-1994) da "La società aperta e i suoi nemici"

Non c'è possibilità di ritorno a un armonioso stato di natura. Se torniamo indietro, dobbiamo percorrere tutt'intera la strada – dobbiamo tornare allo stato ferino.

Severino BOEZIO (475-526) da "De consolatione philosophiae"

Tra queste cose poi, non ritengo neppure degno di menzione il favore popolare, che non proviene da un giusto discernimento e non dura mai stabilmente.

Leonardo DA VINCI (1452-1519) da "Trattato della pittura"

E veramente accade che sempre dove manca la ragione suppliscono le grida, la qual cosa non accade nelle cose certe. Per questo diremo che dove si grida non è vera scienza.

Amitav GHOSH (1956) da "La grande cecità"

La questione del surriscaldamento globale...ha dato un tono particolare ai dibattiti politici. Invece di essere considerato un fenomeno che richiede contromisure concrete, come accade in Olanda e in Danimarca, o una minaccia per l'esistenza, come nelle Maldive o in Bangladesh, la crisi climatica è diventata una delle tante questioni intorno a cui ci si schiera in base a ideologie opposte.

Tecnologia e intelligenze

Luciano FLORIDI (1954) da "La quarta rivoluzione"

Il potere non sta più nella proprietà dei mezzi di produzione ma dell'informazione.

Maurizio FERRARIS (1956) da "Documanità. Filosofia del mondo nuovo"

La buona notizia è che stiamo uscendo dal mondo industriale, e che la tecnologia non ha mai comandato nessuno, tranne chi volontariamente si è sottomesso a essa.

Maurizio FERRARIS (1956) da "Documanità. Filosofia del mondo nuovo"

Intelligenza artificiale e intelligenza umana (ragione) hanno scopi e strade inversi. Mentre quest'ultima cerca di permettere, attraverso l'automazione, l'emergenza di un significato, la IA si serve dell'automazione per produrre correlazioni e profilazioni a prescindere dal loro significato. Mentre l'intelligenza umana è dunque un movimento che dalla competenza tecnologica mira idealmente alla comprensione epistemologica, la IA segue il movimento inverso in quanto parte dalla presupposta individuazione, da parte di una intelligenza umana, di scopi e impostazioni e mira alla competenza ed all'efficacia tecnologica. Siamo sicuri che un super robot non può generare una intelligenza finalistica? Sì, perché la IA non si avvicina neanche lontanamente alle sintesi olistiche dell'intelligenza umana, alle visioni analogiche, alla variabilità contingente, perché la finalità dovrà sempre venir individuata da un'esigenza umana, dal sistema dei bisogni che caratterizzano l'uomo come consumatore.

Papa FRANCESCO (Jorge Mario BERGOGLIO, 1936-2025) da "Laudato sì" tesi n° 136

Quando la tecnica non riconosce i grandi principi etici, finisce per considerare legittima qualsiasi pratica...la tecnica separata dall'etica difficilmente sarà capace di autolimitare il proprio potere.

Liquidità e postverità

John STEINBECK (1902-1968) da "Le gesta di Re Artù e dei suoi nobili cavalieri"

Cerco il futuro rivoltando le cianfrusaglie del passato.

Maurizio FERRARIS (1956) da "Postverità e altri enigmi"

La postverità è l'esplosione del postmoderno, l'assolutismo della ragione del più forte, essa caratterizza nazismo, comunismo e populismo. Oggi è sostenuta dal web che concorre alla

frammentazione ed atomizzazione del tessuto sociale. La realtà si presenta come documedialità, cioè unione tra la forza costruttiva dei documenti in quanto fondamenti della realtà sociale e forza decostruttiva del web.

Zygmunt BAUMAN (1925-2017) da "Modernità liquida"

A proposito di società liquida e postmodernità: non c'è più un orizzonte stabile dei problemi e delle soluzioni. Viviamo e vivremo una transizione continua; è questa la nuova regola del gioco, non c'è un punto di arrivo stabile. Siamo moderni nella misura in cui siamo postmoderni, siamo cioè già da un'altra parte.

Maurizio FERRARIS (1956) da "Agostino. Fare la verità"

In natura non esiste la verità, lì c'è solo la realtà, ma grazie alle proprie dotazioni tecnologiche, l'uomo può passare dall'ontologia (realtà) all'epistemologia (verità). Peraltro, gli umani sono gli unici esseri viventi interessati alla verità, in quanto essa non vale solo come tale ma svolge anche una funzione teleologica, ci fornisce obiettivi e valori e modi per conseguirli.

Etica

Papa FRANCESCO (Jorge Mario BERGOGLIO, 1936-2025) da "Laudato sì" tesi n° 10

In lui (San Francesco d'Assisi *N.d.R.*) si riscontra fino a che punto sono inseparabili la preoccupazione per la natura, la giustizia verso i poveri, l'impegno nella società e la pace interiore.

Luciano FLORIDI (1954) da "La quarta rivoluzione"

Bisogna comprendere le trasformazioni tecnologiche se si vuole guidare la rivoluzione digitale in una direzione di equità sociale e di sostenibilità ambientale.

Jurgen HABERMAS (1929) da "Etica del discorso"

La razionalizzazione sociale, se attuata in vista del massimo sviluppo economico, finisce per negare l'ottimo sviluppo per l'uomo.

Alvise CORNARO (1484-1566) da "Discorsi intorno alla vita sobria"

Questa vita sobria è così felice!

7. BIBLIOGRAFIA

Fonti bibliografiche

Bethke I. et al., 2017: *Potential volcanic impacts on future climate variability*. Nature Clim Change 7, 799–805. <https://doi.org/10.1038/nclimate3394>

Engels S., Bas van Geel, 2012: *The effects of changing solar activity on climate: contributions from palaeoclimatological studies*, J. Space Weather Space Clim. 2, DOI: 10.1051/swsc/2012009

IPCC, 2013: *Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp.

IPCC, 2021: *Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, In press, doi:10.1017/9781009157896.

Milankovitch M., 1941: *Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem* [*Canon of insolation of the Earth and its application to the problem of the Ice Ages*], Royal Serb. Sci. Spec. Publ., 132, 626.

McInerney F., Scott L. Wing, 2011: *The Paleocene-Eocene Thermal Maximum: A Perturbation of Carbon Cycle, Climate, and Biosphere with Implications for the Future*. Annu. Rev. Earth Planet. Sci. 39. 489-516. 10.1146/annurev-earth-040610-133431.

Neukom R. et al., 2019: *No evidence for globally coherent warm and cold periods over the preindustrial Common Era*. Nature 571, 550–554. <https://doi.org/10.1038/s41586-019-1401-2>.

Tierney J. et al., 2020: *Past climates inform our future*. Science. 6;370 (6517): eaay 3701. doi: 10.1126/science.aay 3701. PMID: 33154110.

Bibliografia di riferimento

Augé M., *Perché viviamo?*, Milano, 2017.

Bauman Z., *Modernità liquida*, Roma-Bari, 2011.

Boezio S., *De consolatione philosophiae*, Torino, 2023.

Chacrabarty D., *The Human Condition in the Anthropocene*, Yale, 2015.

Cornaro A., *Discorsi intorno alla vita sobria*, Firenze, 1942.

Durkheim É., *Lezioni di sociologia*, Napoli, 2016.

Ferraris M., *Agostino. Fare la verità*, Bologna, 2022.

Ferraris M., *Manifesto del nuovo realismo*, Roma-Bari, 2012.

Ferraris M., *Documanità. Filosofia del mondo nuovo*, Roma-Bari, 2021.

Ferraris M., *Postverità e altri enigmi*, Bologna, 2017.

Floridi L., *La filosofia dell'informazione*, Milano, 2024.

Floridi L., *La quarta rivoluzione*, Milano, 2017.

Gandhi M., *Young India*, Mumbai, 1928.

Ghosh A., *La grande cecità*, Vicenza, 2017.

Habermas J., *Teoria dell'agire comunicativo*, Bologna, 2022.

Habermas J., *Etica del discorso*, Roma-Bari, 1989.

Hobbes T., *Leviatano*, Milano, 2011.

Hoffman A. J., *How Culture Shapes the Climate Change Debate*, Stanford, 2015.

Kant I., *Critica della ragion pura*, Laterza, 2005.

Kant I., *Idea per una storia universale in prospettiva cosmopolita*, Milano, 2015.

Da Vinci L., *Trattato della pittura*, Milano, 2021.

Lessing D., *Discesa all'inferno*, Roma, 2008.

Lévi-Strauss C., *Tristi tropici*, Milano, 2015.

Francesco (Papa Bergoglio), *Laudato si*, Roma, 2015.

Pievani T., *La terra dopo di noi*, Roma, 2019.

Pievani T., *Introduzione a Darwin*, Roma, 2025.

Platone, *Timeo*, Milano, 2000.

Platone, *Repubblica V°*, Bologna, 2022.

Popper K. R., *Logica della scoperta scientifica*, Torino, 2010.

Popper K. R., *La società aperta e i suoi nemici*, Roma, 2018.

Qoelet o Ecclesiaste, *Bibbia ebraica e cristiana* (III o V sec. A.C.) (trad. it. Ceronetti G.), Milano, 1997.

Steinbeck J., *Le gesta di re Artù e dei suoi nobili cavalieri*, Milano, 2022.

Steinbeck J., *La valle dell'Eden*, Milano, 1971.

UNCED (United Nations Conference on Environment and Development) da *Dichiarazione di Rio sull'ambiente e lo sviluppo*, Principio1, 1992.

Wittgenstein L., *Trattato logico-filosofico*, Milano, 2022.

GLI AUTORI



Massimo Crespi

Fondatore e Presidente di Radarmeteo e Hypermeteo, realtà aziendali dedicate ai servizi meteorologici professionali e al monitoraggio del cambiamento climatico. In carriera ha progettato, realizzato e gestito i centri di monitoraggio meteorologico ed ambientale di Arabba e di Teolo, e quello di monitoraggio meteo-idrologico del bacino del Rio de la Plata di Asunción (Paraguay, per conto della UE). Autore di oltre 30 pubblicazioni a carattere tecnico-scientifico. Docente ai corsi UE, FAO, IILA per i funzionari governativi dell'America latina; docente a corsi in ambito universitario, post-universitario, master, aziendale, sindacale.



Gianluca Ferrari

Esperto di meteorologia applicata al risk assessment e responsabile della gestione del rischio in ambito agricolo e property di Radarmeteo. Co-fondatore e responsabile del settore analisi dati di Hypermeteo.



Tullio Degiacomi

Laureato in Environmental Meteorology, presso l'Università di Trento e Innsbruck. Lavora in Hypermeteo come Weather and Climate Data Scientist, occupandosi dello sviluppo della catena modellistica previsionale, degli scenari climatici, e della stima del rischio applicato alle evoluzioni climatiche future.



PMI innovativa
radarmeteo.com
info@radarmeteo.com



Startup innovativa
hypermeteo.com
info@hypermeteo.com