

La visione del mondo in cui viviamo .

Guido Tonelli

L'origine della scienza risale, con tutta probabilità, all'epoca oscura nella quale le prime comunità umane cominciarono a confrontarsi con lo spettacolo del mondo materiale che ci circonda. È famosissimo il passo di Aristotele in cui si evoca il "thaumazein", la meraviglia che provoca vertigini: "Infatti gli uomini hanno cominciato a filosofare, ora come in origine, a causa della meraviglia: mentre da principio restavano meravigliati di fronte alle difficoltà più semplici, in seguito, progredendo a poco a poco, giunsero a porsi problemi sempre maggiori: per esempio i problemi riguardanti i fenomeni della luna e quelli del sole e degli astri, o i problemi riguardanti la generazione dell'intero universo."

Ma "thaumazein" non è solo meraviglia, è anche stupore, angoscia. Il grandioso complesso di bellezze naturali che ci circonda suscita sì meraviglia, ma anche timore, paura, perché da esso possono scaturire immani catastrofi: un'eruzione improvvisa, un'alluvione devastante o una malattia sconosciuta. Di fronte a tutto questo l'umanità, fin dai primordi, ha cercato di mettere ordine in questo scenario, insieme ostile e meraviglioso. Da qui sono nate filosofia e scienza, poesia e religione, musica e pittura e tutte le nostre più alte manifestazioni intellettuali.

Penso sia difficile separare le prime pitture sulle pareti di grotte profonde, le sequenze di simboli o animali rappresentate dai nostri lontani progenitori, dai primi tentativi di articolare un racconto. Possiamo immaginare piccoli clan che si riuniscono attorno al fuoco in quelle caverne oscure; e magari qualcuno fra loro che, accompagnato da un battito ritmato, comincia a sottrarre parole dal contesto utilitaristico nel quale venivano abitualmente inserite, conferendo loro un significato nuovo e un magico potere evocativo.

Stiamo parlando di arte e rappresentazione della realtà, ma insieme di un racconto delle origini del mondo. Un nucleo fondativo comune in cui il racconto mitologico si mescola a filosofia, religione e scienza nelle forme in cui esse hanno potuto svilupparsi, forse decine di millenni fa. Il tentativo di costruire una visione del mondo, che per lungo tempo si è sviluppato essenzialmente sul piano mitologico, e ha messo le basi delle grandi civiltà del passato, ha dato origine anche alla scienza.

Questa necessità di mettere ordine nella natura, organizzando una visione ordinata dei fenomeni naturali che ci circondano, sembra essere un'esigenza primordiale per qualunque comunità umana. È come se non fosse possibile costruire la più elementare delle società umane senza mettere ordine nel mondo esterno; come se l'ordine sociale che gli umani si danno per costruire le proprie regole di convivenza fosse in qualche modo dipendente dalla loro visione del mondo all'esterno della comunità. Ritrovo prove di questa connessione nel fatto che qualunque civiltà grande o piccola che sia, persino la più minuta e sperduta tribù che ogni tanto si ritrova in Amazzonia o nel Borneo, possiede un racconto delle origini.

Dar conto della nascita dell'universo, descriverne l'inizio costituisce una specie di impalcatura indispensabile. Come se non fosse possibile organizzare la società, cioè mettere ordine nei rapporti fra individui e gruppi sociali, senza mettere ordine nel mondo intero.

Questo stesso impulso lo ritroviamo nella scienza moderna. Per quanto la nostra visione del mondo sia diventata più sofisticata, estremamente articolata rispetto alle antiche mitologie, la scienza gioca ancora un ruolo molto simile a quello dei miti delle origini. La scienza è ancora oggi, in qualche modo, la base della nostra visione del mondo e ne abbiamo ancora bisogno, non solo per produrre tecnologie e strumenti necessari alla sopravvivenza della specie. Se usiamo questo asse di riferimento si comprende meglio la storia della scienza e i suoi grandi cambiamenti di paradigma.

Mi limito a fare un esempio relativamente recente, torniamo indietro con la mente ai primi del '900. L'Europa di inizio secolo è un continente attraversato dai molti conflitti che sfoceranno nella prima guerra mondiale. Gli equilibri dei Grandi Imperi che si stanno rompendo, e poi la grande crisi post-bellica, la nascita del fascismo in Italia, la crisi del '29, il nazismo in Germania: l'intero mondo squassato, equilibri spezzati che porteranno presto a un secondo conflitto mondiale.

In questo contesto irto di contraddizioni agisce un gruppo di menti portentose: Bohr, Heisenberg, Marie Curie, Fermi, Einstein, Planck e molti altri. Una trentina di personaggi incredibili, forse il gruppo di individui più brillanti che l'umanità abbia mai messo assieme. L'interesse di quel gruppo di scienziati non è attratto da nessuna delle questioni più urgenti che agitano la società dell'epoca. Non si occupano di trovare nuove medicine per curare le tante malattie che fanno strage di vite umane, e neppure di scoprire nuovi metodi per aumentare la produttività dell'agricoltura e strappare alla morte i milioni di persone che soffrono la fame. Quegli scienziati straordinari si occupano di cose del tutto ininfluenti, anzi, totalmente inutili. Questioni del tipo: perché un elettrone che orbita intorno a un protone non irraggia? Oppure: perché in alcuni materiali, esposti alla luce, si produce una piccola corrente elettrica? Quella trentina di persone, che discutono accanitamente nelle loro riunioni annuali a Bruxelles, in Belgio, ragionano di cose che nessuno nel resto del mondo, tranne, forse, altri due o tre individui, avrebbe potuto comprendere.

Sono menti curiose e brillanti che stanno esplorando gli angoli più reconditi della materia e cercano di capire. Ma per farlo sono costretti a sviluppare un nuovo modo di guardare al mondo, che oggi chiamiamo meccanica quantistica e relatività. Devono cambiare il pensiero dominante. Per capire quello che succede nel mondo delle distanze più minuscole, devono fare un salto di pensiero e rompere il pregiudizio che ha guidato per millenni la nostra vita quotidiana. Devono costruire una diversa concezione della materia, di spazio, tempo e velocità. Cambia tutto, e di colpo emerge una nuova visione del mondo.

In quei primi trent'anni del Novecento la scienza cambia radicalmente, ma lì per lì sembra che tutto continui come prima. Oggi però siamo a distanza di tempo sufficiente per capire cosa è realmente successo in quegli anni.

Guardiamo alla società odierna, e confrontiamola con quella dei nostri bisnonni. È cambiato tutto. Anzitutto per le tecnologie che quel nuovo modo di vedere il mondo ha permesso di sviluppare. Meccanica quantistica e relatività ci hanno consegnato una padronanza totale dell'elettromagnetismo e delle altre forze fondamentali della natura: da qui ha preso il via lo sviluppo di elettronica e optoelettronica, la diagnostica per immagini, l'informatica, le nanotecnologie, l'intelligenza artificiale e molto altro. Il mondo di oggi funziona grazie a tutto questo. Nessuna società moderna potrebbe continuare a funzionare se di colpo venisse meno la capacità di utilizzare relatività e meccanica quantistica. Computer, internet, macchine a controllo numerico, tomografi a scansione, spettroscopi di massa non sono strumenti che piovono dal cielo. Nascono tutti dal lavoro di quella trentina di persone che a inizio Novecento hanno prodotto una vera e propria rivoluzione scientifica che ha cambiato in profondità il nostro modo di produrre, comunicare e interagire fra noi.

Ma tutto questo, a mio modo di vedere, è ancora secondario. Il punto che voglio sottolineare è che, per quanto incredibili, i cambiamenti che si sono avuti sul piano materiale per le scoperte scientifiche e le grandi rivoluzioni del primo Novecento, sono nulla rispetto ai cambiamenti culturali.

Per capirlo volgiamoci indietro un attimo per dare uno sguardo a tutta la cultura del secolo scorso: Kokoschka e Fontana, Schoenberg e Berio, Freud e Jung, Joyce e Musil, Pirandello e Strindberg e così via. Ecco: in una forma o nell'altra tutta la cultura del Novecento fa i conti con quel rovesciamento di paradigma scientifico. Ancora una volta, quando cambia la visione del mondo cambia tutto: cambia la società ma anche le nostre

relazioni, il rapporto con noi stessi non è più lo stesso, cambia la concezione dell' Io. La famiglia, l'amore, le nostre relazioni personali sono radicalmente diverse rispetto a quelle che vigevano nell' Ottocento. Il cambiamento profondo che produce un salto di paradigma sul piano scientifico produce un cambiamento ancora più radicale sul piano culturale. Gli uomini si organizzano in una maniera diversa, l'umanità costruisce relazioni diverse rispetto a quelle che aveva in precedenza.

Questo è un punto fondamentale perché ancora oggi la scienza continua ancora a produrre cambiamenti. Dagli inizi del Novecento ha fatto progressi enormi e alcune delle scoperte fatte negli ultimi decenni sono paragonabili a quei cambi di paradigma di cui si parlava in precedenza. Questo è il tema che mi piacerebbe sviluppare. Il meccanismo per cui la scienza cambia la visione del mondo, è un fenomeno che è ancora in corso, ed è necessario prendere coscienza di questi cambiamenti, perché da essi prenderà forma il futuro. Passerò quindi in rassegna alcune scoperte recenti; mi soffermerò su tre, per brevità.

Ancora a metà degli anni '20 del Novecento Einstein, e con lui gli scienziati più rilevanti dell'epoca, riteneva che l'universo intero si limitasse alla nostra galassia, la Via Lattea. Siamo nel '25 fino ai primi anni trenta. Persino gli scienziati che avevano concepito relatività e meccanica quantistica avevano una visione dell'universo estremamente limitata rispetto a quella che abbiamo oggi. La nostra casa erano le stelle che si vedono in cielo. Sì c'erano anche alcune nebulose, ma allora non si sapeva che erano altre galassie. Si pensava che fossero grandi nubi di polvere appartenenti al nostro universo costituito essenzialmente dalle stelle della nostra galassia. Oggi sappiamo che la nostra galassia, popolata da circa duecento miliardi di stelle, non è che una galassia anonima, una fra le tante, di una schiera enorme di altre galassie, almeno 100 miliardi. Le dimensioni del nostro universo si sono ampliate a dismisura e il ruolo della nostra galassia in questo immenso scenario è diventate del tutto marginale. Come se questo non bastasse abbiamo scoperto che c'è un lato oscuro dell'universo, che ci è del tutto sconosciuto e nel quale è concentrata la stragrande maggioranza della massa totale dell'universo. Materia ed energia oscura dominano la composizione del nostro universo e costituiscono il 95% circa della massa totale. È francamente imbarazzante dover ammettere la profondità dell'abisso di ignoranza nel quale ci stiamo dibattendo.

Ancora più inquietante quello che abbiamo capito della nascita dell'universo. Nel 1916 Einstein aveva sviluppato la sua teoria della relatività generale. Una descrizione elegantissima dello spazio-tempo che riempie l'universo, insieme con materia ed energia, e che descrive l'andamento di quella che chiamiamo gravità. In estrema sintesi si può riassumere così. Lo spazio-tempo è curvato da massa ed energia e questa deformazione la chiamiamo gravità. È veramente un cambio radicale nel modo di vedere il mondo a Einstein stesso non si accorse di un dettaglio, che gli venne fatto notare da un giovane scienziato belga, fra l'altro prete cattolico. Lavorando sulle equazioni di Einstein Georges Lemaître trovò una soluzione dipendente dal tempo. Andò dal grande scienziato per cercare di capire se aveva commesso qualche sbaglio. Einstein guardò e riguardò il lavoro di Lemaître e concluse che era corretto. Non c'erano dubbi. Ma pronunciò anche una frase che rimase memorabile e cioè che i calcoli erano giusti, ma la conclusione era abominevole.

Perché ci fu questa reazione, anche un po' disordinata, del grande pensatore? Perché Einstein era ancora prigioniero di una visione aristotelica dell'universo, cioè lo vedeva come ente eterno, essenzialmente immutabile. Le conclusioni del giovane scienziato belga facevano crollare un pregiudizio millenario. Da tempo immemorabile si era pensato che la Terra fosse al centro l'universo; poi si era collocato il Sole al centro del sistema. In seguito si vedrà che il nostro sistema solare occupa una posizione piuttosto periferica all'interno della nostra galassia. Ma questi cambiamenti, che sono stati enormi,

sono avvenuti in realtà all'interno di uno schema che rimaneva immutato, quello di un universo eterno e immutabile.

Quando Einstein sviluppa la relatività generale, Lemaître trova che la struttura materiale dell'universo dipende dal tempo e Hubble, un giovane astronomo, scopre che tutte le galassie si allontanano l'una dall'altra. A questo punto non ci sono più dubbi: l'Universo ha avuto un inizio, cioè spazio-tempo e massa-energia non sono sempre esistiti. Oggi sappiamo che tutto questo è avvenuto 13,8 miliardi di anni fa. Ancora una volta siamo di fronte a un cambiamento epocale che ha trasformato un modo di vedere il mondo che durava da millenni.

L'Universo è una struttura materiale enorme, ha avuto una nascita e probabilmente avrà anche una fine. La teoria del Big Bang, che è stata sviluppata attorno alla metà del secolo scorso, ha raccolto una tale mole di evidenze sperimentali che, alla fine, anche le perplessità più persistenti sono state superate. Ma la cosa ancora più strabiliante è quello che si è scoperto negli ultimi trent'anni.

La teoria tradizionale sull'origine dell'universo aveva in realtà un punto debole. Le osservazioni astronomiche ci dicono che questo nostro enorme Universo si sta espandendo. Ogni galassia si allontana da tutte le altre e se si immagina di guardare il film all'incontrario, c'è un momento in cui tutto si concentra in punto, la singolarità che ha dato origine a questa grande espansione. Qual era il problema della teoria tradizionale del Big Bang? Non si sapeva quale meccanismo avesse concentrato in quel punto singolare tutta l'energia e la massa dell'intero universo. C'era cioè il pregiudizio che il nostro universo fosse un oggetto caratterizzato da un'energia enorme. Ora bisogna considerare che un semplice cucchiaino di acqua contiene una quantità enorme di energia. Per calcolarla basta moltiplicare la massa dell'acqua per la velocità della luce al quadrato e abbiamo l'equivalente in energia. Se si considera l'energia corrispondente alla massa del Sole il numero diventa mostruosamente grande; senza considerare che bisogna moltiplicare quello che si ottiene per il numero di stelle presenti nell'universo e poi aggiungere l'energia di polvere, buchi neri e stelle di neutroni, energia e materia oscura e ogni forma di radiazione. Insomma tutto lascerebbe pensare che nell'universo ci sia un'enorme quantità di energia che doveva essere presente già nell'istante iniziale, concentrata in quella minuscola singolarità. Decine di scienziati si sono impegnati, per decenni, a identificare ogni possibile meccanismo che avrebbe potuto concentrare in quel punto questa enorme densità di energia. Ma la soluzione sembrava sfuggire a tutte le ricerche.

Alla fine, grazie alle osservazioni effettuate a partire dagli anni '70, è stato possibile effettuare misure molto raffinate il cui risultato ha lasciato tutti a bocca aperta: l'energia dell'universo non è enorme, come tutti pensavano, al contrario è compatibile con zero. La più sorprendente delle soluzioni era sotto gli occhi di tutti e nessuno aveva avuto il coraggio di guardarla. Con grandissima sorpresa si è preso atto che nell'universo c'è un'enorme quantità di energia positiva, dovuta alla materia che lo compone, ma è presente anche un'enorme quantità di energia negativa. Da dove nasce questa energia negativa? Dal fatto che lo spazio-tempo, come dice Einstein, è curvato dalla massa-energia che produce la gravità, cioè l'attrazione gravitazionale fra corpi. Il Sole deforma lo spazio-tempo circostante e la Terra gira intorno a questa buca dello spazio-tempo deformato dal Sole. La Terra è attratta dal Sole, rimane legata indissolubilmente alla nostra stella, e questo stato corrisponde a una energia di legame negativa; è come se lo spazio-tempo deformato contenesse un'enorme quantità di energia negativa che impedisce alla Terra di sfuggire al Sole. Siccome nell'universo tutto si attira con tutto, l'energia negativa legata allo spazio-tempo è mostruosa.

Quando gli scienziati si sono messi a fare la somma di questi due numeri mostruosamente grandi, l'energia positiva dovuta alla massa-energia e l'energia negativa dovuta allo spazio-tempo il risultato è stato strabiliante: compatibile con zero. Cioè l'energia totale dell'universo è nulla. E qual è lo stato caratterizzato da energia nulla? Lo

stato di vuoto. Quindi la teoria che ipotizza che l'universo possa essersi sviluppato dal vuoto naturalmente, spontaneamente, senza dispendio di energia è diventata la teoria oggi dominante. L'universo è un immenso "pasto gratis".

Oggi pensiamo che l'universo abbia avuto un'origine puramente casuale. Uno stato di vuoto può semplicemente trasformarsi in un universo materiale. Tutto nasce da minuscole fluttuazioni, che sono caratteristiche di tutti gli stati a livello microscopico: le fluttuazioni quantistiche, che sono esattamente quelle che osserviamo nel mondo delle particelle elementari e in moltissime altre situazioni. Lo stato di vuoto può fluttuare e produrre microscopiche bollicine. Una di queste fluttuazioni, attraverso un meccanismo che chiamiamo inflazione cosmica, si può riempire di materia e antimateria e dare origine a un'evoluzione che può durare miliardi di anni. Il nostro universo è ancora uno stato di vuoto, cioè un vuoto che ha subito una metamorfosi e un'evoluzione che possiamo spiegare in molti dettagli.

Questo modo nuovo di guardare alla nascita del nostro mondo materiale, è qualcosa di assolutamente inedito. Non si era mai sentito prima d'ora che il nostro universo materiale nasce spontaneamente, per fenomeno casuale, da una fluttuazione quantistica del vuoto. Questo modo nuovo di guardare al mondo non ha cambiato nulla, per ora. Ma quando i cambiamenti sono di questa portata, forse si è già messo in moto qualcosa che produrrà cambiamenti anche culturali e di relazioni fra le persone simili a quelle che abbiamo discusso nel passato.

Il secondo esempio riguarda qualcosa di molto recente, collegato alla scoperta del bosone di Higgs nel 2012. Identificando questa particella abbiamo messo a fuoco il meccanismo che permette alla materia di aggregarsi in forme stabili. Ritorniamo, per un attimo, a quegli istanti iniziali, quando dal vuoto primordiale è si è sviluppata la microscopica bollicina che ha prodotto l'universo attuale.

La ricetta per produrre un universo è molto semplice e si basa su due ingredienti ben mescolati far loro. Se riesci a fare un impasto ben organizzato di spazio-tempo e massa-energia, quello è un universo. Ma quali sono i passaggi fondamentali per trasformare quell'oggetto incandescente dei primi istanti in galassie, stelle e pianeti? Come ha fatto la materia primordiale a organizzarsi fino a permetterci di realizzare il Duomo di Firenze o la cappella Sistina? Cos'è effettivamente la materia?

Tutto è fatto di atomi, composti essenzialmente da nuclei di protoni e neutroni, attorno ai quali orbitano elettroni legati dalla forza elettromagnetica. Per esser più precisi, poiché protoni e neutroni sono fatti a loro volta di quark e gluoni, si può dire che tutto è fatto di quark, gluoni, elettroni e fotoni. Questi elementi essenziali sono tutti elementi primordiali oppure no? La risposta è no.

Quark ed elettroni sono il prodotto di una dinamica. L'universo primordiale avrebbe potuto avere una un'evoluzione del tutto diversa da quella che ha portato fino a noi. Torniamo a quella bollicina che si espande e si riempie di materia. Supponiamo di essere lì a guardare il baby-universo che è appena uscito dalla fase inflazionaria. Cosa vedremmo? Se potessimo vedere l'universo primordiale in quei primissimi istanti di vita non riconosceremmo nulla di quello che ci è familiare. Immaginate una sfera che ha le dimensioni di un pallone da calcio. Dopo l'inflazione cosmica il nostro universo ha un diametro di circa venti centimetri. Dentro c'è già tutta la materia e l'energia dell'universo attuale ma sotto forma di un pulviscolo, una specie di nebbia incandescente, omogenea, uniforme. Un oggetto perfetto che sembra proprio l'Essere parmenideo delle prime speculazioni filosofiche. Da qualunque direzione lo si guardi si trova la stessa densità, le stesse condizioni. Le minuscole particelle che lo compongono non hanno nulla a che fare con le particelle che conosciamo. Sono particelle esotiche, tutte uguali fra loro, prive di massa e che si muovono freneticamente viaggiando alla velocità della luce. È una specie di mini-universo perfettamente simmetrico, ma, se fosse rimasto perennemente in questo stato non avrebbe potuto dare origine ad alcuna dinamica. Quell'oggetto perfetto poteva

benissimo espandersi all'infinito e continuare a rimanere così com'era e non ci sarebbero state galassie, stelle, pianeti rocciosi, animali, uomini e così via. E invece è successo qualcosa.

Tutto ha a che fare con il raffreddamento che consegue all'espansione. Quando sono passati solo cento miliardesimi di secondo dal Big Bang avviene una catastrofe. Abbassandosi di colpo la temperatura per via dell'espansione, una di queste particelle che è il bosone di Higgs che abbiamo scoperto al Cern qualche anno fa, si è congelato. Attenzione, l'universo era ancora caldissimo ma lui, per scorrazzare libero, aveva bisogno di temperature ancora superiori. Appena si è scesi al di sotto della temperatura critica, il bosone di Higgs si congela e si trasforma in un campo che occupa l'universo intero. A questo punto tutte le altre particelle cominciano a interagire con questa sottile ragnatela che ne ostacola i movimenti. Interagendo in maniera differenziata con il campo di Higgs acquistano caratteristiche diverse fra loro. Di colpo si rompe la simmetria e la perfezione e ognuna acquista una massa caratteristica. Alcune rimangono invischiata nel nuovo campo, diventano lente e sono le particelle più pesanti. Le più leggere di tutte sono i fotoni, che lo possono attraversare senza problemi e ancora oggi viaggiano alla velocità della luce.

La differenziazione ha rotto la perfezione e questo meccanismo è risultato fondamentale per produrre materia aggregata così come la conosciamo. Alcune di queste particelle, quelle che interagiscono poco col campo scalare, diventano i quark i più leggeri. Loro possono aggregarsi, formando strutture a tre, triplette di quark impacchettati dalla forza forte, tenuti assieme dai gluoni formano i primi protoni. Queste prime forme organizzate sono estremamente stabili. I protoni prodotti nei primi momenti dopo il Big Bang sono ancora qui fra noi: formano i nuclei delle mie dita e del computer che sto usando. Il protone ha una vita media mostruosa, talmente spropositata che non siamo ancora riusciti a misurarla. L'universo ha una vita di 13,8 miliardi di anni. Se anche fosse vissuto un miliardo di volte di più o addirittura un miliardo di miliardi di volte di più i protoni del Big Bang sarebbero ancora lì tranquilli e beati.

La prima struttura materiale persistente che si forma sono i protoni; poi col tempo, se ne aggiungono altre. Ancora più interessante il fatto che una particella elementare negativa, l'elettrone abbia la carica e la massa giusta per potersi aggregare a un protone e formare un atomo. Ci vorranno altre trasformazioni e un lungo periodo di tempo, ma con i primi atomi si potranno formare le stelle e in quelle immense fornaci nucleari potranno nascere i nuclei degli elementi più pesanti che daranno origine ai pianeti rocciosi come il nostro. Con la differenziazione primordiale delle particelle elementari che acquistano masse diverse interagendo con il campo di Higgs nasce la dinamica che ha dato origine a stelle, galassie e pianeti rocciosi fino a produrre quelle forme di vita animali e vegetali che hanno portato fino a noi. Ora sappiamo attraverso quale meccanismo la materia ha preso questa bellissima struttura. Possiamo riscrivere i libri di fisica. e raccontare diversamente come mai ci sono le mele o la Venere di Milo.

Ma poiché gli scienziati sono menti curiose, nello stesso momento in cui abbiamo fatto questa scoperta, abbiamo cominciato a chiederci se questo meccanismo, gestito dal bosone di Higgs, sia stabile. Questo equilibrio sottile che definisce la massa delle particelle e permette l'aggregazione della materia è solido o potrebbe rompersi di colpo?

La conclusione è stata, ancora una volta, sorprendente. Si tratta di un meccanismo piuttosto robusto, altrimenti non avrebbe potuto reggere per 13,8 miliardi di anni ma non è escluso che si possa rompere. La sua stabilità non è assoluta. Se, per esempio, un qualche fenomeno cosmico sconosciuto mettesse in gioco energie mostruose da qualche parte dell'universo, quello che chiamiamo il vuoto elettrodebole potrebbe di colpo crollare. Questo campo, che sorregge come un'impalcatura la struttura materiale delle cose, potrebbe di colpo crollare. Stiamo dicendo che l'intero universo potrebbe trasformarsi di colpo in una bolla gigantesca di pura energia. Le particelle elementari tornerebbero a costituire quel pulviscolo indifferenziato dei primi istanti incapace di aggregarsi e l'intero

universo subirebbe un'immane catastrofe che lo riporterebbe di nuovo a quello stadio iniziale e indifferenziato.

In precedenza si parlava dei cambiamenti di paradigma. Riflettiamo un attimo su questo punto. Per migliaia di anni l'umanità si è vista come l'elemento più fragile di uno scenario naturale immutabile. Siamo mortali fragili che vivono la loro esistenza precaria in uno scenario naturale eterno e immortale. Non a caso Sole, Terra, Luna, stelle e pianeti sono stati divinizzati. Da questo scacco sono nate le cose più belle che l'umanità abbia prodotto: l'arte e la filosofia, la scienza e la religione. Da qui è sorta la spinta a costruire opere immortali; le imprese di Achille, che preferisce essere cantato dagli aedi per millenni anziché fare una vita umile; o le grandi piramidi, tombe di faraoni che rivaleggiano con le montagne. E così via.

Ecco oggi si scopre che quella fragilità, di cui ci siamo così tanto vergognati, al punto da costituire per noi un elemento permanente di angoscia, è un tratto comune all'intero mondo materiale. La scienza moderna ci dice che tutte le forme materiali che hanno una qualche consistenza, soffrono di questa intrinseca fragilità; non c'è niente, neanche fra le strutture più imponenti, che si può sottrarre a questa legge, a questa sorta di peccato originale.

Quali saranno le conseguenze di questa nuova visione del mondo? Ci saranno risvolti angoscienti o rassicuranti? Gli umani costruiranno fra loro legami più stretti di solidarietà e di consapevolezza o prevarranno ancora di più gli elementi di aggressività e di egoismo? Sono le grandi questioni su cui anche gli uomini di Chiesa sono chiamati a riflettere.

Sono onorato di essere qui per parlare un po' di come costruiamo un corpus di conoscenze sul nostro ambiente e di come arriviamo a sapere ciò che sappiamo, e di come affrontiamo ciò che è veramente alieno, visto principalmente attraverso la lente della mia ricerca scientifica.

Quindi per cominciare... per la maggior parte della storia umana, i pianeti non erano altro che punti di luce. Ma gli antichi sapevano che c'erano cinque “vagabondi” che si muovevano separatamente dalle stelle fisse. Di questi, solo uno aveva un colore distinto, e a volte la sua luce rossa brillava come il terzo oggetto più luminoso nel cielo scuro.

Non era solo il colore di questo pianeta a renderlo sconcertante, ma anche il suo movimento. Marte si spostava verso est, notte dopo notte, rispetto alle altre stelle, ma ogni due anni, improvvisamente, si girava e retrocedeva contro lo zodiaco, vagando verso ovest per diverse settimane prima di riprendere il suo corso normale. A volte la dimensione del giro era più piccola, a volte più grande. Da ciò, Platone concluse che i pianeti avevano un'anima, perché cosa potevano essere questi atti retrogradi, ragionò, se non espressioni di libero arbitrio?

In verità, sapevamo molto poco di Marte prima dell'alba dell'era spaziale. Alcune cose erano corrette, ad esempio il fatto che Marte avesse calotte polari e una durata del giorno simile alla nostra. Molte erano speculazioni selvagge, poiché c'erano così pochi dati per limitare la nostra indagine o la nostra immaginazione. Nel 1965, quando la sonda Mariner 4 della NASA arrivò su Marte, per la prima volta, gli esseri umani videro il volto di un altro pianeta. Quel momento, in realtà, fu estremamente deludente. Anche gli scienziati faticarono a credere a ciò che

Vide che non c'erano oceani. Nessun aumento e diminuzione delle foreste con il passare delle stagioni. Nessuna delle fotografie del terreno mostrava segni di riemersione, il che significava che non c'era alcun tipo di erosione che assomigliasse a quella terrestre. Pochi giorni dopo, il *New York Times* dichiarò che Marte era probabilmente un pianeta morto.

Fortunatamente, siamo tornati con missioni successive e abbiamo scoperto cose completamente inaspettate. Ad esempio, tutti pensavano che Marte fosse piatto, era un pianeta minuscolo, non aveva tanto calore di accrescimento, così lontano dal sole... come poteva aver generato una vigorosa attività geologica? E nel 1971, la NASA aveva sorvolato Marte tre volte e non aveva visto una sola ombra significativa, nemmeno un contorno all'orizzonte. Ma le macchie mostrate qui, che emergevano dalla cima di una tempesta di sabbia, si rivelarono essere vulcani montuosi, molto più grandi di qualsiasi vulcano sulla Terra. La vicina Nix Olympica fu presto riclassificata come Olympus Mons, poiché la sua sola scarpata era alta quanto il Monte Everest.

Quando la polvere si diradò, la sonda rivelò un mondo molto più dinamico, pieno, tra le altre cose, di tonnellate di antiche valli fluviali, il che significava che Marte doveva essere stato più caldo e umido nel suo passato antico. Alla fine furono scoperti anche minerali che si formano solo in presenza di acqua, di acqua liquida. L'acqua aveva lasciato il segno su tutta la superficie di Marte.

Pochi anni dopo, nel 1976, i lander Viking della NASA toccarono per la prima volta la superficie di Marte. Poiché nessuno sapeva come sarebbe stata effettivamente la superficie, la prima immagine fu quella del piede del lander, semplicemente per assicurarsi che il terreno fosse solido. L'immagine successiva era del terreno... noterete qualcosa, come il cielo assomigli al cielo qui sulla Terra. Questa è l'immagine che è stata rilasciata al pubblico. Ma in realtà il laboratorio di elaborazione delle immagini aveva commesso un errore. Il colore delle telecamere del lander doveva essere calibrato perché i diodi colorati erano sensibili anche alla luce infrarossa. Ben presto gli ingegneri si resero conto che era pieno di luce e che il colore era caramello, dovuto al riflesso di miliardi di minuscole particelle di polvere nell'aria.

Una delle cose più interessanti di quella missione era il pacchetto di strumenti per il rilevamento della vita che portava con sé, definito da alcuni “il più grande esperimento nella storia della scienza moderna”. I risultati, tuttavia, erano enigmatici. Alcune delle letture lampeggiavano e poi si spegnevano, come se qualcosa nel suolo fosse una catena di potenti reazioni chimiche. Poi il team degli strumenti chimici annunciò di non aver trovato sostanze organiche. Era davvero strano, perché anche la Luna contiene sostanze organiche: semplici molecole che sono piovute dallo spazio su comete e meteoriti.

Ma quando la missione Phoenix della NASA è atterrata nel 2008, abbiamo capito il perché. Il lander Phoenix era dotato di un sensore in grado di rilevare il perclorato, un composto reattivo presente nel suolo marziano. Ora sappiamo che questo sale, se riscaldato, distrugge semplicemente le molecole organiche su Marte.

E quando il rover Opportunity atterrò a Meridiani Planum, la prima missione su Marte a cui ebbi la possibilità di lavorare, trovò non solo queste bizzarre piccole sferule arrotondate simili a mirtilli, come i cuscini a sfera su cui Fred Flinstone scivolerebbe, ma anche minerali che avrebbero potuto formarsi solo in acqua acida, acqua con un pH simile a quello dell'acido della batteria. Acqua così acida non sarebbe così favorevole alla vita.

Ma un decennio dopo il rover Curiosity della NASA, ha trovato proprio l'opposto, moreniche lisce che si sono formate in acque a pH neutro, il tipo di acqua che avresti potuto bere se fossi stato sulla superficie del pianeta tutti quegli anni fa... Curiosity ha trovato non solo prove di molta acqua, ma anche tutti gli elementi essenziali di cui abbiamo bisogno per la vita come la conosciamo, oltre a molti di quegli elementi organici mancanti, gli elementi costitutivi della vita come la conosciamo.

Questo bellissimo pianeta vicino, la cosa più vicina alla Terra che abbiamo mai trovato, è un mondo altrettanto complesso ed enigmatico del nostro. È un mondo che continua a sorprenderci. Quello di cui voglio parlare ora è come penso che luoghi come Marte, così come le lune esterne del Sistema Solare, per non parlare dei pianeti intorno ad altre stelle, possano anche sorprenderci quando si tratta della ricerca della vita.

Come astrobiologi coinvolti in questa ricerca, di solito partiamo da ciò che sappiamo. Esiste un ampio insieme di caratteristiche ben consolidate e ampiamente accettate associate alla vita terrestre e alle tracce di processi biologici; ad esempio, particolari classi di molecole e tracce isotopiche, modelli all'interno dei pesi molecolari degli acidi grassi o di altri lipidi, strutture e tessiture biogeniche e minerali biogenici.

Siamo diventati piuttosto bravi a cercare queste cose. Lo facciamo in ambienti estremi qui sulla Terra, luoghi dove non c'è molta vita, e lo facciamo nelle antiche testimonianze rocciose.

Poiché partiamo da ciò che sappiamo, è più facile interpretare i dati e i segnali possono essere ricchi di informazioni. Abbiamo anche una migliore comprensione di ciò che accade nel tempo. Siamo stati in grado di trovare biomarcatori, o tracce molecolari di vita, nelle rocce che si estendono per miliardi di anni nella nostra storia geologica, anche quando le molecole hanno iniziato a disgregarsi.

I paleontologi non vanno alla ricerca dei dinosauri, ma delle loro ossa. Lo stesso vale per i fossili molecolari. Anche dopo che la molecola originale si è degradata, anche se alcuni gruppi funzionali si sono staccati come le dita delle mani e dei piedi, se si ha ancora la struttura molecolare di base, si può capire molto.

Marte è anche il più simile possibile alla Terra. Abbiamo avuto un passato molto simile, soprattutto nel periodo in cui la vita stava iniziando, miliardi di anni fa. C'è anche la possibilità che la vita su Marte e la vita sulla Terra abbiano un antenato comune, che la vita potrebbe essere stata “presa”

dal pianeta vicino. La ricerca ha dimostrato che i meteoriti non sono stati necessariamente riscaldati oltre le temperature di sterilizzazione e che alcuni sono arrivati su traiettorie rapide. Un miliardo di tonnellate di rocce potrebbero essere state scambiate tra la Terra e Marte all'inizio della nostra storia e, in effetti, molte più rocce provenivano da Marte verso la Terra a causa del pozzo gravitazionale del nostro sole. Quindi forse, alla fine, scopriremo di essere tutti marziani.

Questi sono alcuni dei buoni motivi per cercare la vita come la conosciamo. È un ottimo punto di partenza. Se per esempio perdessi le chiavi di notte, un primo posto sensato dove cercare sarebbe sotto il lampione, dove il terreno sarebbe illuminato. Ma come ci ha dimostrato la storia dell'esplorazione spaziale, dobbiamo anche essere consapevoli dei limiti dell'analogia. E quando dico limiti dell'analogia, intendo in due modi. In primo luogo, siamo in un punto qualsiasi di uno spettro di comprensione della vita, anche della vita come la conosciamo, e questa comprensione è progredita enormemente negli ultimi decenni e probabilmente progredirà enormemente nei prossimi decenni. Pensiamo a dove eravamo in termini di comprensione della vita quando abbiamo provato per la prima volta negli anni '70. Uno dei più famosi esperimenti dei Viking è stato l'esperimento della "zuppa di pollo" di Vance Oyama, basato sull'idea che la vita crescesse rapidamente in un mezzo ricco di nutrienti, ma questo prima che capissimo che la stragrande maggioranza dei microbi non poteva essere coltivata in laboratorio. Con l'avvento della genomica, ci siamo resi conto che la stragrande maggioranza della diversità della vita microbica sulla Terra era, in effetti, inculturabile. Quindi direi che se progettassimo quegli esperimenti ora, probabilmente li progetteremmo in modo diverso. Dobbiamo anche essere aperti non solo alla possibilità che la nostra comprensione della vita qui sia tutt'altro che completa, e che soprattutto la nostra comprensione della vita altrove sia limitata, ma anche al fatto che potrebbe esserci vita oltre i confini del nostro pensiero attuale.

Stiamo anche iniziando a esplorare mondi molto diversi dal nostro. Tra questi ci sono mondi come Europa, una luna di Giove. Per molto tempo è sembrato impossibile che potesse esserci acqua liquida in una parte così fredda del Sistema Solare, così lontana dal calore del sole. Ma sotto il suo guscio di ghiaccio, Europa ha un oceano di acqua liquida. Questo perché è costantemente contorto da Giove,

che è 300 volte più massiccio della Terra. Il tiro e la spinta delle maree fanno sì che Europa si fletta, creando una grande quantità di attrito e calore.

Sospettiamo che l'oceano sottomarino su questa luna sia circa due o tre volte il volume di tutti gli oceani della Terra messi insieme, e anche che l'oceano possa essere esistito fin dall'origine del sistema gioviano.

Un altro mondo oceanico è Encelado, che orbita attorno a Saturno. È minuscolo, solo 1/7 della dimensione della nostra luna, circa le dimensioni dell'Inghilterra. Ci sono oltre 100 criovulcani sulla superficie, che vomitano più di 225 chili di acqua salata dal suo oceano globale sotterraneo. La maggior parte di questo materiale ricade sulla superficie sotto forma di neve brillante, ma una parte di esso forma l'anello E, ampio e diffuso, uno dei bellissimi anelli di Saturno. Una delle cose migliori è che non abbiamo necessariamente bisogno di perforare o sciogliere tutto quel ghiaccio per accedere all'oceano sotterraneo, una sonda spaziale potrebbe semplicemente sorvolare e raccogliere un po' di acqua salmastra da analizzare.

Nel materiale del pennacchio vediamo tracce spettrali di silice, indice di attività idrotermale. Potrebbero esserci bocche idrotermali attive all'interfaccia roccia-acqua sia su Europa che su Encelado, simili alle bocche idrotermali presenti nelle profondità dei nostri oceani.

Il fondo oceanico è un luogo che nessuno pensava potesse ospitare la vita. Nonostante il gas solfuro tossico e le temperature abbastanza calde da fondere il piombo, ora sappiamo che le bocche idrotermali pullulano di comunità microbiche. In alcune, ci sono persino boschetti di vermi tubiformi lunghi due metri con punte di piume rosse, che sono stati visti per la prima volta quando le luci dei sommergibili hanno attraversato il fondale marino.

In orbita attorno a Saturno c'è anche Titano, la sua luna più grande. Ha colline pallide e fiumi scuri. Titano ha anche

nuvole e condizioni meteorologiche, ed è l'unica luna di cui siamo a conoscenza con un'atmosfera densa.

Ciò che è così affascinante di Titano è che è un mondo oceanico, ma i mari e i laghi sono fatti di idrocarburi, non di acqua. È un mondo di benzina, pieno di etano e metano, come mostrato in questa immagine radar della Cassini, che solleva la domanda: come potrebbero essere i mattoni molecolari e polimerici della vita in un posto del genere?

Queste lune dei pianeti esterni sono lontane da quella che spesso consideriamo la “zona abitabile”, la regione intorno a una stella in cui i pianeti potrebbero avere acqua liquida sulla superficie. Eppure potrebbero esserci ancora possibilità di vita. Se solo avessimo un tricorder, per quelli di voi che hanno capito il riferimento a Star Trek, un modo per determinare cosa potremmo avere di fronte a noi.

Non abbiamo ancora un tricorder, ma con una recente sovvenzione di 7 milioni di dollari della NASA, un team di colleghi e io ci stiamo chiedendo come possiamo cercare indicatori di vita senza presupporre una biochimica di base o una particolare struttura molecolare. Metodi che non richiedono DNA o anche vita basata sul carbonio.

In un certo senso, è una sfida enorme, quasi come cercare di immaginare un colore che non abbiamo mai visto.

Ma è molto divertente. Il nostro team comprende biologi e chimici, informatici e matematici, scienziati planetari e sviluppatori di strumenti veterani. Alcuni degli strumenti e delle tecniche che stiamo sviluppando si basano su tecnologie spaziali di alto livello, come la tecnologia di massa. Ma è molto divertente. Il nostro team comprende biologi e chimici, informatici e matematici, scienziati planetari e sviluppatori di strumenti esperti. Alcuni degli strumenti e delle tecniche che stiamo sviluppando si basano su tecnologie di volo spaziale di alto livello, come gli spettrometri di massa, mentre altri richiedono approcci strumentali completamente nuovi.

Esaminerò brevemente alcune delle idee per darvi un'idea di ciò di cui sto parlando. Un approccio davvero interessante è l'idea di cercare la complessità chimica, indipendentemente dalla base di tale complessità. Come ama dire il mio collega Lee Cronin, se trovate un 747 sulla superficie di Marte, o molti di essi, potreste non avere idea di come sia arrivato lì, ma probabilmente non è stato casuale. Ora immaginate l'equivalente molecolare di ciò.

Cosa significa essere una molecola complessa? Non si può semplicemente usare qualcosa come il peso molecolare perché ci sono tutti i tipi di molecole pesanti che sono semplicemente polimeri con subunità ripetute. Ma usando la teoria dei grafi, abbiamo trovato un modo pulito per quantificare la complessità, e si scopre che tutte le molecole che richiedono 15 o più passaggi per essere prodotte, con ogni passaggio che aggiunge cose come un nuovo elemento o tipo di legame, tutte le molecole sono il risultato della biologia. Potrebbero esserci molte molecole biologiche semplici che ci sfuggono, ma tutto ciò che supera la soglia dei 15 sembra essere prodotto dalla vita.

Ed ecco una bella animazione che mostra questo in azione e come potrebbe apparire il modello di frammentazione di questa molecola in termini di dati che possiamo raccogliere con uno spettrometro di massa per veicoli spaziali di nuova generazione, come quello che volerà sulla prossima missione Dragonfly della NASA verso Titano.

Un altro approccio davvero interessante su cui abbiamo lavorato a Georgetown e all'Università del Texas ad Austin è quello che abbiamo chiamato complementarità molecolare, che utilizza una tecnologia di sequenziamento miniaturizzata insieme a librerie di milioni di brevi filamenti di DNA

o RNA generati casualmente, che si arricciano naturalmente e hanno strutture secondarie e terziarie. Questi oligonucleotidi si legano a molte cose come minerali, peptidi, piccoli composti organici, metalli, ecc., una vasta gamma di ligandi diversi.

Ora immaginate la grande quantità di informazioni che si trovano sulla superficie anche della cellula più primitiva qui sulla Terra. Ci sarebbero molti più potenziali bersagli di legame sulla superficie di quella cellula che, ad esempio, su un granello di minerale. Una percentuale molto piccola, molto inferiore all'1%, di questa libreria di oligonucleotidi si legherà ai ligandi di superficie in un campione. Abbiamo tecniche per amplificare quei leganti oligonucleotidi da milioni a miliardi di volte. Questo è utile perché la vita, basandosi su fonti chimiche di energia senza luce solare, potrebbe avere meno biomassa della vita sulla Terra.

Ancora una volta, stiamo usando questi brevi filamenti di acido nucleico come reporter e osservando i modelli, senza che gli oligonucleotidi debbano legarsi ad altri acidi nucleici, senza che una forma di vita debba essere basata sul DNA o sull'RNA. Recentemente abbiamo anche perfezionato questo metodo per capire anche che tipo di chimica è presente, ad esempio se i siti di legame sono, diciamo, alifatici o aromatici, utilizzando quelli che vengono chiamati oligourethanes con diversi gruppi R attaccati.

Stiamo anche esplorando nuove tecnologie, tra cui una chiamata NanoSIMS, che ci consentono di esplorare il frazionamento chimico, in altre parole se gli accumuli elementari e isotopici, indipendentemente da quali siano tali elementi o isotopi, rilevati in compartimenti separati dall'ambiente potrebbero servire come potenziale biosegno.

Quando si tratta di vita, vediamo concentrazioni di elementi su microscala, distinguendo una cellula, ad esempio, dalla precipitazione abiotica di calcite dall'acqua di mare. – È interessante anche il fatto che potremmo essere in grado di rilevarlo anche su macroscala. C'è un fatto interessante sul rapporto tra carbonio, azoto e fosforo nell'oceano, che è 106:16:1. Vediamo la stessa firma geochimicamente distinta a livello di massa, nella biomassa marina ma anche dopo la morte e il decadimento della biomassa marina. Si chiama Rapporto di Redfield, e forse un giorno saremo in grado di rilevare e comprendere i rapporti di Redfield in fluidi esotici su altri mondi, come una biosignatura di massa a livello di un intero pianeta o luna.

Concludo con un'altra idea, quella del trasferimento di energia. C'è una bella citazione di un fisiologo vincitore del premio Nobel che dice che “la vita non è altro che un elettrone in cerca di un posto dove riposare”. Un'altra delle cose che stiamo studiando è se la densità di corrente o altri

attributi elettrici prodotti dai microbi siano notevolmente distinti dall'ossidazione abiotica. A quanto pare sì. Abbiamo lavorato con i colleghi dell'Università di Harvard sull'idea di progettare nuove sonde, il tipo di cose che si potrebbero forse utilizzare all'interfaccia roccia-acqua di un mondo oceanico, alla ricerca di prove di vita semplice esistente, o ancora viva, cercando il trasferimento di energia.

Ora questi metodi “agnostici” possono scambiare la definitività con l'inclusività. Ma, fortunatamente, di solito possiamo inviare un pacchetto di molti strumenti insieme in una missione spaziale, non solo uno. Il nostro gruppo ha lavorato a stretto contatto con informatici e statistici per capire come utilizzare approcci integrativi e probabilistici all'analisi dei dati per aiutare a convertire le misurazioni in probabilità e soglie. Speriamo di passare da un quadro “sì-no” a uno spettro concettuale di certezza, qualcosa come “questo è tre sigma, o tre deviazioni standard, lontano da ciò che ci aspetteremmo dai soli processi abiotici”.

Vorrei concludere con quattro brevi riflessioni relative a questo lavoro che ritengo particolarmente rilevanti per il workshop in generale. Quando il sole sorge e tramonta su Marte, il cielo si illumina di un blu sconcertante e incandescente... Ho usato questa immagine all'inizio perché è così toccante, qualcosa che non ci saremmo mai aspettati. Più volte siamo rimasti sbalorditi dalla totale estraneità di altri mondi.

Penso che sia importante ricordare quanto sia difficile dare un senso a ciò che ci circonda, soprattutto dati i limiti della percezione umana. Ho sempre amato questo passaggio di Blake, tratto da *The Marriage of Heaven and Hell*, su come possiamo vedere solo attraverso le fessure della nostra caverna. È così che spesso penso all'universo.

Inoltre, potremmo essere ancora dei bambini quando si tratta di capire cosa sia la vita. Una mia collega, Carol Cleland, filosofa, sostiene che sia prematuro anche solo cercare di definire la vita. Abbiamo un solo dato, questa vita basata sul DNA che abbiamo sulla Terra, che è tutta uguale, che può essere tutta appuntata sullo stesso albero filogenetico. Per esempio, come potremmo definire l'acqua senza comprenderne veramente la chimica? Potremmo descriverne alcuni attributi, ma l'acqua viola sarebbe acqua, il ghiaccio lo sarebbe? Non potremmo davvero dirlo finché non avessimo iniziato a comprendere la molecola che si forma da due atomi di idrogeno che si legano a un atomo di ossigeno, e iniziato a comprendere le forze di van der Waals che esistono tra quelle molecole separate. Forse con un secondo o molti altri punti di dati aggiuntivi, vedremo vincoli sottostanti simili sulla biologia.

Terzo, siamo effimeri. Quel puntino è la Terra, accanto alla freccia, è un'immagine del nostro pianeta da 1.450 milioni di chilometri di distanza. La sonda spaziale Cassini l'ha scattata dall'orbita

attorno a Saturno nel 2013; ecco la nostra casa, il nostro pallido puntino blu. Adoro questa immagine perché mi ricorda ciò che Carl Sagan disse una volta a proposito di un'immagine simile, scattata nel 1990 dalla sonda spaziale Voyager 1. Disse: "Questo è qui. Questa è casa. Questi siamo noi. Su di essa tutti quelli che ami, tutti quelli che conosci, tutti quelli

di cui hai mai sentito parlare, ogni essere umano che sia mai esistito, ha vissuto la propria vita. L'insieme della nostra gioia e sofferenza, migliaia di religioni, ideologie e dottrine economiche fiduciose, ogni cacciatore e raccoglitore, ogni eroe e codardo, ogni creatore e distruttore di civiltà, ogni re e contadino, ogni giovane coppia innamorata, ogni madre e padre, ogni bambino pieno di speranza, inventore ed esploratore, ogni insegnante di morale, ogni politico corrotto, ogni "superstar", ogni "leader supremo", ogni santo e peccatore nella storia della nostra specie ha vissuto lì, su un granello di polvere sospeso in un raggio di sole. Mi piace questa immagine ancora più dell'autoritratto della Voyager, perché dà un'idea migliore del vicinato. Il nostro pianeta sopravviverà all'Antropocene... la domanda è solo se noi umani potremo resistere abbastanza a lungo da sperimentare ciò che verrà dopo.

Anche l'universo è vasto. Abbiamo ora confermato oltre 5000 esopianeti, o pianeti attorno ad altre stelle, dove i dintorni sono certamente ancora più strani. E se la vita si fosse evoluta da qualche parte senza evoluzione darwiniana, forse senza morte? O immaginate che da qualche parte ci sia vita ma nessuna chiara separazione tra la vita e il suo ambiente? O forse c'è vita ovunque, forse la vita è semplicemente il sottoprodotto dei sistemi energetici? Ci potrebbero essere ben quaranta miliardi di pianeti che potrebbero ospitare la vita nella sola Via Lattea, con le loro lune e le loro lune minori, potenzialmente un intero sistema solare per ogni persona sulla Terra. L'idea di conoscere intimamente questi luoghi, di toccarne un giorno le superfici, può sembrare ridicola. Questi mondi sembrano incredibilmente lontani, come se potessimo sapere qualcosa di loro oltre forse qualche dettaglio sulle loro orbite, forse qualche misurazione spettrografica delle loro atmosfere.

Le distanze sono immense e l'universo ha un limite di velocità, ed è lento. Questi potrebbero essere punti di luce e ombra ai limiti della nostra vista, ben oltre la nostra portata.

Ma d'altra parte, è esattamente così che sembrava Marte solo un secolo fa, quando i telescopi avevano raggiunto i limiti della nostra atmosfera. È solo una vita umana di distanza, e non posso fare a meno di chiedermi quanto altro potrebbe ancora cambiare e cosa potremmo imparare su chi siamo, da dove veniamo, perché c'è qualcosa e non il nulla e se quel qualcosa dal nulla è successo una volta o più volte. Grazie.

I'm honored to be here to talk a little about how we build a body of understanding about our surroundings, and how we come to know what we know, and how it is that we contend with the truly alien, as seen primarily through the lens of my scientific research.

So to begin... for most of human history, the planets were no more than points of light. But the ancients did know that there were five "wanderers" that moved separately from the fixed stars. Of those, only one had a distinct color, and at

times its red light blazed as the third brightest object in the dark sky.

It wasn't only this planet's color that made it perplexing, but also its motion. Mars drifted eastward, night after night, in relation to the other stars, but every couple of years, it suddenly turned and backpedaled against the zodiac, wandering west for several weeks before resuming its normal course. Sometimes the size of the loop was smaller, sometimes larger. From this, Plato concluded that the planets had souls, for what could these retrograde acts be, he reasoned, if not expressions of free will?

Truly, we knew very little about Mars before the dawn of the space age. Some of it was right, for instance the fact that Mars had polar caps and a length of the day similar to our own. A lot of it was wild speculation, as there have been so few data points to cabin our inquiry or limit our imagination. In 1965, when NASA's Mariner 4 spacecraft arrived at Mars, for the first time, humans saw the face of another planet. That moment, actually, was hugely disappointing. Even the scientists struggled to believe what they

That meant there were no oceans. No waxing and waning of forests as the seasons progressed. None of the photographed terrain showed evidence of resurfacing, meaning there was no weathering of any kind resembling the Earth. A few days later, the *New York Times* declared that Mars was probably a dead planet.

Fortunately, we returned on subsequent missions, and we discovered more completely unexpected things. For instance, everyone thought Mars flat, it was this tiny planet, it didn't have as much heat of accretion, so far from the sun... how could it have generated vigorous geologic activity? And by 1971, NASA had flown by Mars three times and hadn't seen a single significant shadow, not a single contour on the horizon. But the spots shown here, emerging from the top of a dust storm, turned out to be mountainous volcanoes, far larger than any volcano on Earth. Nearby Nix Olympica was soon reclassified as Olympus Mons, as its escarpment alone was as high as Mount Everest.

As the dust cleared, the spacecraft revealed a much more dynamic world filled with, among other things, tons of ancient river valleys, which meant Mars must have been warmer and wetter in its ancient past. Eventually minerals that only form in the presence of water of liquid water would be discovered as well. Water had left its mark all over the surface of Mars.

A few years later, in 1976, NASA's Viking landers touched down on the surface of Mars for the first time. Because no one knew what the surface would actually be like, the first image was of the lander's foot, simply to make sure the ground was solid. The next image was of the terrain... you'll notice something, how the sky looks like the sky here on Earth. This is the image that was released to the public. But in fact the image-processing laboratory had made a mistake. The color on the lander's cameras had to be calibrated because the color diodes were also sensitive to infrared light. Soon the engineers realized it was full of light and the color of butterscotch light reflecting off billions of tiny dust particles in the air.

One of the most exciting things about that mission was its life detection package of instruments it carried along, called by some "the greatest experiment in the history of modern science." The results were enigmatic, however. Some of the readings flashed and then died away, as if something in the soil was a chain of powerful chemical reactions. Then the chemistry instrument team announced that they had found no organics. It was just so weird, because even the moon contained some organics: simple molecules that had rained down from space on comets and meteorites.

But when NASA's Phoenix mission landed in 2008, we figured out why. The Phoenix lander was built with a sensor that detected perchlorate, a reactive compound in the Martian soil. We know now that this salt, when heated, will simply destroy organic molecules on Mars.

And when the Opportunity rover landed at Meridiani Planum, the first Mars mission I had the chance to work on, it found not only these bizarre little rounded blueberry-like spherules, like the ball bearings Fred Flintstone would slip on, it also found minerals that could have only formed in acidic water—water the pH of battery acid. Water that acidic wouldn't be so friendly to life.

But a decade later NASA's Curiosity rover, found just the opposite, smooth mudstones that formed in neutral pH waters, the kind of water that you might have been able to drink had you been standing on the planet's surface all those years ago... Curiosity found not only evidence for lots of water but also all the essential elements we need for life as we know it, as well as lots of those missing organics, the building blocks of life as we know it.

This beautiful nearby planet, the closest thing to Earth we've ever found, is a world just as complex and enigmatic as our own. It's a world that keeps surprising us. What I want to talk about next is how I think places like Mars, as well as the outer moons of the Solar System, to say nothing of the planets around other stars, may also surprise us when it comes to the search for life.

As astrobiologists involved in that search, we typically start with what we know. There's a large set of well-established and widely accepted features associated with terrestrial life and signatures of biologic processes; for example, particular classes of molecules and isotopic signatures, patterns within the molecular weights of fatty acids or other lipids, biogenic structures and textures, and biogenic minerals.

We've gotten pretty good at looking for these things. We do this in extreme environments here on Earth, places where there's not a lot of life, and we do this in the ancient rock record.

Since we're starting from what we know, it's easier to interpret the data, and signals may be rich in information. We also have a better understanding of what's happening through time. We've been able to find biomarkers, or molecular traces of life, in rocks that extend billions of years into our own geologic history, -- even when the molecules have begun to break apart.

Paleontologists don't go looking for dinosaurs, they go looking for dinosaur bones. It's the same with molecular fossils. Even after the original molecule degrades, even if some functional groups fall away like fingers and toes, if you still have the molecular backbone, you can understand a lot.

Mars is also as similar to Earth as it gets. We had very similar pasts, especially around the time life was getting started billions of years ago. There's also a chance that life on Mars and life on Earth share a common ancestor, that life might have been "caught" from the next planet over. Research has shown that meteorites weren't necessarily heated above sterilization temperatures, and that some arrived on quick trajectories. A billion tons of rocks may have been exchanged between Earth and Mars early in our histories—and in fact far more of those rocks were coming from Mars to Earth because of the gravitational well of our sun. So perhaps, in the end, we'll discover we're all Martians.

So those are some of the good reasons to look for life as we know it. It's a great place to start. Like if you were to lose your keys at night, a sensible first place to look would be under the light post, where the ground would be illuminated. But as the history of space exploration has shown us, we also really need to be cognizant of the limits of analogy. And when I say the limits of analogy, I mean that in two ways. First, we're somewhere on a spectrum of understanding life, even life as we know it, and that understanding has advanced tremendously in the last few decades and will likely advance tremendously in the coming decades. We think about where we were in terms of our understanding of life when we first tried this in the 1970s. One of the most famous of the Viking experiments was Vance Oyama's "chicken soup" experiment, premised on the idea that life would grow rapidly in nutrient-rich media, but that was before we understood that vast majority of microbes couldn't be cultured in the laboratory. With the advent of genomics, we realized that the vast majority of the diversity of microbial life on Earth was, in fact, unculturable. So I would argue that if we designed those experiments now, we probably would design them differently. We also need to be open not only to the possibility that our understanding of life here is far from complete, and that especially that our understanding of life elsewhere is limited, that there could be life beyond the confines of our current thinking.

We're also beginning to explore worlds very different from our own. These include worlds like Europa, a moon of Jupiter. For a long time, it seemed impossible that there could be liquid water in such a cold part of the Solar System, so far from the sun's heat. But underneath its ice shell, Europa has a liquid water ocean. This is because it's constantly contorted by Jupiter,

which is 300 times more massive than Earth. The tidal tug and pull causes Europa to flex, creating a great deal of friction and heat.

We suspect that the underwater ocean on this moon is approximately two to three times the volume of all of Earth's oceans combined, and also that the ocean may have persisted since the origin of the Jovian system.

Another ocean world is Enceladus, orbiting around Saturn. It's tiny, only 1/7th the size of our own moon, about the size of England. There are over 100 cryovolcanoes on the surface, spewing more than 500 pounds of salty water up from its global subsurface ocean. Most of this material falls back to the surface as bright snow, but part of it forms the diffuse and wide E ring, one of Saturn's beautiful rings. One of the best things is that we don't necessarily need to drill or melt our way through all that ice to access the subsurface ocean, a spacecraft could just swoop by and catch some briny water to analyze.

We see spectral evidence for silica in the plume material, indicative of hydrothermal activity. There may be active hydrothermal vents at the rock-water interface on both Europa and Enceladus, similar to the hydrothermal vents deep in our own oceans.

The ocean floor is a place that no one used to think could be home to life. Despite toxic sulfide gas and temperatures hot enough to melt lead, we now know that hydrothermal vents are teeming with microbial communities. In some, there are even thickets of two-meter-long tube worms tipped with feathery red plumes, which were seen for the first time as the lights of submersibles cut across the seafloor.

Also orbiting Saturn is Titan, its largest moon. It has pale hills and dark rivers. Titan also has clouds and weather, and it's the only moon we know of with a thick atmosphere.

What's so fascinating about Titan is that it's ocean world but the seas and lakes are made from hydrocarbons, not water. -- It's a gasoline world, filled with ethane and methane, as shown in this Cassini radar image—which prompts the question, what might the molecular and polymeric building blocks of life look like in such a place?

These moons of the outer planets are far from what we often consider the "habitable zone," the region around a star where planets could have liquid water on their surfaces. Yet there might still be possibilities for life. If only we had a tricorder, for those of you that catch the Star Trek reference, some way of determining what it is we might have in front of us.

We don't have a tricorder yet, but with a \$7M recent grant from NASA, a team of colleagues and I are asking the question, how can we search for indicators of life without presupposing an underlying biochemistry or particular molecular framework? Methods that don't require DNA or even carbon-based life.

In some ways, it's an enormous big challenge, almost like trying to imagine a color we're never seen. But it's a lot of fun. Our team includes biologists and chemists, computer scientists and mathematicians, planetary scientists and veteran instrument developers. Some of tools and techniques we've developing rely on high heritage spaceflight technologies, like mass spectrometers, and others require all new instrumental approaches.

I'll briefly walk through a few of the ideas to give you a sense of what I'm talking about. One really exciting approach is the idea of looking for chemical complexity, regardless of what the basis of that complexity is. As my colleague Lee Cronin likes to say, if you find a 747 on the surface of Mars, or many of them, you might have no idea how it got there, but it probably wasn't random. Now imagine the molecular equivalent of that.

So what does it mean to be a complex molecule? You can't just use something like molecular weight because there are all kinds of heavy molecules that are simply polymers with repeating subunits. But using graph theory, we've figured out a neat way to quantify complexity, and it turns out that all the molecules requiring 15 or more steps to make, with each step adding things like a new element or type of bond, all the molecules are the result of biology. There may be a lot of simple biological molecules we miss, but everything about the threshold of 15 appears to be made by life.

And here's a nice animation showing this in play, and what the fragmentation pattern for this molecule might look like in terms of the kind of data we can collect with a next generation spacecraft mass spectrometer, like the one that will fly on NASA's upcoming Dragonfly mission to Titan.

Another really interesting approach that we've been working on at Georgetown and the University of Texas at Austin is what we've been calling molecular complementarity, which uses miniaturized sequencing technology alongside libraries of millions of randomly generated short strands of DNA or RNA, which will naturally curl up and have secondary and tertiary structures. These oligos will bind to a lot of things like minerals, peptides, small organics, metals, etc., a huge array of different ligands.

Now imagine the vast amount of information patterned on the surface of even the most primitive cell here on Earth. There would be far more potential binding targets on the surface of that cell than say, a mineral grain. A very small percentage, far less than 1%, of this library of oligos will bind to the surface ligands in a sample. We have techniques for amplifying those binding oligos millions to billions of times. This is helpful because life -- relying on chemical sources of energy without sunlight may have less biomass than life on Earth.

Again, we're using these short nucleic acid strands as reporters and looking at patterns, not requiring oligos to bind to other nucleic acids, not requiring a lifeform to be based on DNA or RNA. We've also recently refined this method to also tell us about what kind of chemistry is present-for instance, if the binding sites are, say, aliphatic or aromatic-by using what are called oligourethanes with different R groups attached.

We are also exploring new technologies, including one called NanoSIMS, that allow us to explore chemical fractionation, in other words whether elemental and isotopic accumulations, regardless of what those elements or isotopes are, detected in compartments separate from the environment could serve as a potential biosignature.

We see concentrations of elements at the microscale when it comes to life, distinguishing a cell from say, the abiotic precipitation of calcite from seawater. -- What's also interesting is that we may be able to detect this at the macroscale too. There's this interesting fact about the ratio of carbon to nitrogen to phosphorus in the ocean, it's 106:16:1. We see that same geochemically distinct signature at the bulk level, in marine biomass but also after the death and decay of marine biomass. It's called the Redfield Ratio, and perhaps we'll one day be able to detect and understand "Redfield" ratios in exotic fluids on other worlds, as a bulk biosignature at the level of a whole planet or moon.

I'll end with one more idea, and that's the idea of energy transfer. There's a lovely quote from a Nobel-prize winning physiologist that "life is nothing but an electron looking for a place to rest." One of the other things we're -- investigating is whether the current density or are other electrical attributes produced by microbes are notably distinct from abiotic oxidation? It turns out yes. We've been working with colleagues from Harvard University on the idea of designing new probes, the kind of thing you could perhaps utilize at the rock-water interface of an ocean world, searching for evidence of extant, or still alive, simple life by looking for the transfer of energy.

Now these "agnostic" methods may trade definitiveness for inclusivity. But, fortunately, we typically get to send a package of many instruments together on a space mission, not just one. Our group has been working closely with computer scientists and statisticians on how we can use integrative and probabilistic approaches to data analysis to help convert measurements into likelihoods and thresholds. We're hoping to move away from a "yes-no" framework into more of a conceptual spectrum of certainty, something like "this is three sigma, or three standard deviations, away from what we would expect of abiotic processes alone."

I want to end with four quick thoughts related to this work that I think are particularly relevant to the workshop at large. When the sun rises and sets on Mars, the sky glows a baffling and incandescent blue ... I used this image at the beginning because it's so poignant, not something we would have ever expected. Time and again we've been bowled over by the utter foreignness of other worlds.

I think it's important to remember how challenging it is to make sense of what's around us, especially given the limits of human perception. I've always loved this passage by Blake, from *The Marriage of Heaven and Hell*, about how we can only see through the chinks in our cavern. That's how I often think about the universe.

Next is that we may still be toddlers when it comes to understanding what life even is. A colleague of mine, Carol Cleland, a philosopher, argues that it's premature to even try to define life. We have only one data point, this DNA-based life we have on Earth, which is all the same, which can all be pinned onto the same phylogenetic tree. For example, how we would define water without truly understanding chemistry? We could describe some attributes, but would purple water be water, would ice? We couldn't really say until we began to understand the molecule that forms from two hydrogen atoms binding to one oxygen atom, and began to understand the van der Waals forces that exist between those separate molecules. Maybe with a second or many additional data points, we will see similar underlying constraints on biology.

Third is that we are ephemeral. That small dot is Earth, next to the little arrow, it's a picture of our planet from 900 million miles away. The Cassini spacecraft took it from orbit around Saturn in 2013; here's our home, our pale blue dot. I love this image because it reminds me of what Carl Sagan once said about a similar image, shot in 1990 from the Voyager 1 spacecraft. He said, "That's here. That's home. That's us. On it everyone you love, everyone you know, everyone you ever heard of, every human being who ever was, lived out their lives. The aggregate of our joy and suffering, thousands of confident religions, ideologies, and economic doctrines, every hunter and forager, every hero and coward, every creator and destroyer of civilization, every king and peasant, every young couple in love, every mother and father, hopeful child, inventor and explorer, every teacher of morals, every corrupt politician, every "superstar," every "supreme leader," every saint and sinner in the history of our species lived there—on a mote of dust suspended in a sunbeam." I just happen to like this image even more than the Voyager self-portrait, because it gives you a better sense of the neighborhood. Our planet will survive the Anthropocene... the question is just whether us humans can last long enough to experience what comes next.

The universe is also vast. We have now confirmed over 5000 exoplanets, or planets around other stars, where the neighborhoods are certainly even stranger. What if life evolved somewhere without Darwinian evolution, perhaps without death? Or imagine somewhere there is life but no clear separation between life and its environment? Or perhaps there's life everywhere, perhaps life is simply the byproduct of energetic systems? There could be as many as forty billion planets that could support life in the Milky Way alone, belted with moons and moonlets—potentially an entire solar system for every person on Earth. The idea of knowing these places intimately, of one day touching their surfaces, may seem ludicrous. These worlds seem impossibly far away, like what could we possibly know about them besides maybe a few details about their orbits, perhaps some spectrographic measurements of their atmospheres.

The distances are immense, and the universe has a speed limit, and it's slow. These may be points of light and shadow at the very edge of our sight, far beyond our grasp.

But then again, that is exactly how Mars seemed only a century ago, when telescopes had run up against the limits of our atmosphere. That's just one human lifetime away, and I can't help but wonder how much more could still change and what we might learn about who we are, where we came from, why there is something and not nothing and whether that something from nothing happened once or time and again. Thank you.

Co-creazione ed evoluzione dell'umanità^[1]

François Euvé sj

L'accesso a Dio non può prescindere dalla conoscenza della natura, poiché Dio si rivela nella situazione concreta del mondo. Inoltre, la scienza cambia la nostra visione del mondo e le nostre categorie di lettura del mondo. La visione evolutiva del vivente mette in evidenza il concetto di tempo e permette di pensare a una "storia della natura", una storia che può avere una dimensione tragica. Da parte sua, l'ecologia mette in evidenza il concetto di relazione e invita a pensare al mondo in modo globale. Mette in discussione una visione troppo strettamente gerarchica a favore della messa in rete di una molteplicità di componenti. Tutto ciò ci invita a vedere l'azione divina come intimamente legata a quella di tutte le creature e in particolare a quella dell'umanità. Dobbiamo ripensare la creazione come co-creazione. Il panteismo è evitato perché ogni entità conserva la sua specificità. La tragicità della storia solleva la questione del male e invita a non dimenticare la dimensione salvifica dell'azione divina.

L'espressione del cristianesimo nel mondo contemporaneo deve tener conto della conoscenza scientifica del mondo fisico. Come ci insegna la Bibbia, Dio si rivela nella situazione concreta della sua creazione. Citiamo il salmo 19:

«I cieli raccontano la gloria di Dio, il firmamento proclama l'opera delle sue mani. Il giorno in dona al giorno il racconto, la notte lo dà a conoscenza alla notte». Nella Lettera ai Romani, San Paolo critica i pagani che non hanno saputo riconoscere Dio nelle sue opere: «Le sue perfezioni invisibili, la sua eterna potenza e divinità, si vedono chiaramente dalle opere sue, fin dalla creazione del mondo» (Rm 1,20). Si pensi anche al libro della Sapienza. Nel capitolo 13, l'autore polemizza contro coloro "in cui si è insediata l'ignoranza di Dio", perché, "a partire dai beni visibili, non sono stati in grado di conoscere Colui che è, né hanno riconosciuto l'Artigiano considerando le sue opere" (13,1).

La contemplazione del mondo dà così accesso al suo Creatore. Se si prende sul serio il concetto biblico di creazione, si può anche dire che l'accesso a Dio non può prescindere dalla conoscenza della natura. *Gaudium et spes*, di cui quest'anno celebriamo il cinquantesimo anniversario, scriveva, alludendo alla Sapienza biblica:

«applicandosi alle diverse discipline, filosofia, storia, matematica, scienze naturali, e coltivando le arti, l'uomo può contribuire grandemente ad aprire la famiglia umana ai più nobili valori del vero, del bene e del bello» (57 § 2). Più recentemente, l'enciclica *Laudato si'* ha iniziato il suo discorso mettendosi in ascolto di ciò che gli scienziati ci dicono della situazione attuale del pianeta. Ha ripreso in particolare il "consenso scientifico molto solido" sul riscaldamento globale (n. 23). Senza la considerazione del «libro della natura», il cristianesimo rischierebbe di essere infedele a ciò che ci dice non solo il concetto di un Dio creatore «del cielo e della terra», ma anche e soprattutto quello di un Dio che ha fatto un patto perpetuo con la terra, cioè con «ogni essere vivente, ogni carne che è sulla terra» (Gn 9,16).

Tuttavia, il fatto è che il credo non deve basarsi sulla scienza. Come disse John Henry Newman in una predica del 1839, il credo è «un principio sui generis, distinto da tutti i principi naturali», perché è «un principio di azione»². L'azione cristiana non ha

1 Roma, 3 marzo 2025.

2 Newman, *Sermons universitaires*, X, p. 213 e 221.

ad adeguarsi al funzionamento del mondo. Fin dai primi tempi del cristianesimo, i primi pensatori cristiani si resero conto che il destino dell'individuo non era iscritto nel funzionamento del cielo. L'agire umano è guidato da un principio di libertà che pone l'essere umano a parte dalle altre componenti del cosmo. Nonostante una certa vicinanza allo stoicismo, le prime antropologie cristiane hanno cercato di distinguersi dalle cosmologie antiche. Sant'Agostino è un buon rappresentante di questo atteggiamento. Polemizzava in particolare contro quei sapienti che la loro conoscenza del cielo poteva dispensarli da quella del proprio coscienza: «Loro che, nell'empietà del loro superbo, si allontanano e si eclissano dal tuo luce, prevedono molto tempo prima la futura eclissi del sole, e nel presente non vedono la loro»⁽³⁾. Se questi scienziati si interessano al cielo e a quei fenomeni particolari che sono le eclissi, non è per pura curiosità o desiderio di conoscenza, ma perché pensano di scoprire ciò che deve accadere nella loro vita o nella società. Eppure sono loro stessi, la loro coscienza, che dovrebbero esaminare per decidere quale direzione dare.

La scienza può solo descrivere l'esistente, rendere conto di ciò che è a partire da ciò che è stato, identificando la

causa dei fenomeni, senza poter pronunciarsi su ciò che deve essere. Il credo deve essere in grado di assumere un atteggiamento critico, un atteggiamento che deve essere anche quello dei ricercatori. Tra scienza e religione, si tratta piuttosto di un rapporto dialettico che trova una buona espressione nella lettera di papa Giovanni Paolo II indirizzata al direttore dell'Osservatorio Vaticano, padre George Coyne, pubblicata il 1° giugno 1988: «La scienza può purificare la religione dall'errore e dalla superstizione; la religione può purificare la scienza dall'idolatria e dai falsi assoluti». Mi sembra che ci sia un programma da seguire per evitare sia i sempre allettanti concordismi, sia i «discordismi» (Dominique Lambert) che separano troppo radicalmente i due ambiti.

Quando si affronta la questione del rapporto tra scienza e religione, bisogna anche tenere conto del contesto sociale in cui viviamo. La ricerca scientifica, soprattutto nelle discipline più teoriche, non è in immediata risonanza con le preoccupazioni sociali. Tuttavia, non può essere completamente scollegata, perché il ricercatore è membro di una data società, che è interessata da una serie di questioni. Tra gli altri fattori, vorrei sottolineare quello che riguarda il tempo. La nostra epoca è caratterizzata da una forte preoccupazione per il futuro dell'umanità. Il moltiplicarsi delle crisi mina l'ottimismo che ha caratterizzato i decenni del dopoguerra. L'evoluzione del clima lascia intravedere la probabilità sempre più forte di fenomeni catastrofici le cui conseguenze saranno sempre più drammatiche per l'umanità. Senza dubbio abbiamo a che fare con sistemi complessi la cui evoluzione è difficilmente prevedibile, se non addirittura imprevedibile. Ciò nonostante, il sentimento provato da un numero crescente di persone, in particolare nelle giovani generazioni, è quello di una paura, se non di un'angoscia, nei confronti di un futuro che appare sempre più minaccioso.

Ciò non è privo di conseguenze sul piano spirituale. Come mantenere una speranza che non appaia come un "pio desiderio", una costruzione artificiale? Come presentare una speranza che non riguardi solo un "cielo" che si raggiunge lasciandosi alle spalle una terra corrotta, ma una speranza che riguardi anche il mondo concreto, il mondo fisico in cui viviamo? Il concetto di speranza è centrale nella tradizione cristiana, in quanto virtù teologale. In quanto tale

3 Agostino, Confessioni, V, III, 3 (BA 13, p. 469).

è un dono di Dio, un dono della sua grazia. Non spetta al discorso delle scienze parlarne. Ma anche in questo caso, la considerazione del metodo scientifico può rivelarsi pertinente, se non altro per "purificarlo da errori e superstizioni", per riprendere l'espressione della lettera di Giovanni Paolo II. L'esame della scienza può fornire elementi di riflessione. Forse ciò che ci interessa non è tanto il contenuto delle teorie scientifiche quanto il metodo scientifico. Su cosa si basa? Quale visione del mondo mette in atto? Mi sembra infatti che non sia tanto la scienza "acquisita", le teorie ampiamente accettate, ad essere importante, quanto ciò che si trova sullo sfondo.

Al di là delle conoscenze positive in senso stretto, è quindi importante esaminare in modo critico le grandi opzioni che le sottendono. Quali sono gli schemi, i modelli, le immagini che guidano la ricerca? Quali sono gli schemi, i modelli, le immagini che hanno accompagnato e guidato l'emergere della scienza così come la concepiamo oggi. Ci sono molte cause che hanno portato alla formazione di una nuova scienza alla fine del XVI secolo. Non è questo il luogo per esaminarle in dettaglio. Il punto che vorrei sottolineare è che questa scienza, quella che si costituisce all'inizio dell'età moderna, segnata dalle figure di Galileo, Cartesio, Boyle, Newton, si basa su un modello meccanico. In contrasto con il modello organico del Rinascimento, si preferisce descrivere il mondo come una macchina.

La conseguenza sulla concezione dell'essere umano è duplice. Da un lato, la persona umana, creata a immagine di Dio, si trova radicalmente al di fuori della macchina del mondo. Con il suo spirito, la "*res cogitans*" cartesiana, la trascende. Ma vi si trova come un estraneo o, come scrisse Jacques Monod, "uno zingaro ai margini del mondo". Lo storico Alexandre Koyré ha riassunto molto chiaramente la situazione: Newton ha sostituito il mondo della vita, il mondo "in cui viviamo, amiamo e moriamo" con un altro mondo, "il mondo della quantità, della geometria reificata, mondo in cui, sebbene ci sia posto per ogni cosa, non ce n'è per l'uomo" (4).

Ma c'è un'altra faccia della medaglia. Se l'uomo ha perso il suo posto nel mondo, lo ritrova attraverso la tecnica. Ha la capacità di trasformare la natura. Il passaggio dalla scienza antica alla scienza moderna è caratterizzato, secondo Jean Ladière, dalla preminenza dell'azione o del lavoro sulla contemplazione. La conoscenza è al servizio di una tecnica. Si capisce facilmente perché questo modello meccanico sia incredibilmente efficace. La scienza newtoniana è «una scienza pratica»⁵. Almeno in teoria, una macchina ha un comportamento prevedibile. Un secolo dopo Newton, Laplace trarrà le conseguenze di questo modello per quanto riguarda il rapporto con il tempo: una

perfetta conoscenza dello stato del mondo in un dato momento dovrebbe permetterci di conoscere il suo stato in qualsiasi momento del passato o del futuro.

Vorrei anche sottolineare la dimensione teologica di questo cambiamento di rappresentazione. Non è sempre percepita, soprattutto perché i dissapori di Galileo con l'Inquisizione hanno contribuito a distinguere chiaramente i due ambiti. Ma mi sembra difficile ignorare questo parametro⁶.

4 *Études newtoniennes*, p. 42.

5 Ilya Prigogine, *Nouvelle*, p. 70.

6 Le considerazioni teologiche associate al pensiero scientifico sono più presenti in Inghilterra (Francis Bacon, Robert Boyle, Isaac Newton) che nel continente europeo, dove i filosofi sono più prudenti.

La dimensione teologica è esplicitamente sottolineata da Newton nello "Scholium generale" che conclude i *Principia mathematica*: "Questa magnifica combinazione di sole, pianeti e comete non può che provenire dal consiglio e dal potere di un essere intelligente e potente. [...] Questo Essere infinito governa (*regit*) tutto, non come l'anima del mondo, ma come il Signore di tutte le cose (*universorum dominus*)⁷". La trascendenza divina è concepita sul modello dell'ingegnere, un'entità radicalmente esterna alla macchina che fabbrica, regola ed eventualmente ripara.

A livello pratico, si può evocare la figura di Francis Bacon. Per lui, la trasformazione del mondo corrisponde a una missione ricevuta dal Creatore. Il mondo è stato sconvolto dal peccato originale, le cui conseguenze riguardano la conoscenza e la vita morale. Per quanto riguarda il primo aspetto, Dio ha dato all'uomo la capacità di ritrovare la conoscenza che Adamo aveva nel paradiso terrestre e quindi di trasformare il suo ambiente a maggior beneficio dell'umanità.

Torno a ciò che caratterizza la scienza moderna nella sua forma meccanica e alle sue conseguenze sulla trasformazione del mondo. Si capisce la pregnanza di questo paradigma perché è molto efficace. Non è così facile rinunciare a un modello che per molti secoli ha assicurato la prosperità della civiltà occidentale. Tuttavia, solleva una serie di domande. Dato che ho iniziato il mio discorso menzionando il rapporto con il futuro, con la speranza, cioè con il tempo, è su questo concetto che continuerò la mia riflessione.

In un certo senso, la scienza meccanica "ignora il tempo". Come scrisse Bergson,

"la scienza è stata feconda ogni volta che è riuscita a negare il tempo"⁸ (8). La formula può sembrare radicale. Non si tratta ovviamente del parametro 't' delle equazioni, ma della durata, del tempo vissuto, del tempo del 'mondo vissuto'. Sarebbe un'illusione? La teoria dei sistemi complessi ha dimostrato che, anche nel caso di sistemi meccanici con poche componenti (il sistema dei "tre corpi", ad esempio), la prevedibilità presuppone una conoscenza infinitamente perfetta, cioè una conoscenza in cui il soggetto conoscitore non avrebbe alcuna interazione con il sistema che studia. Questo è effettivamente il punto cieco della scienza classica: l'osservatore sarebbe esterno al sistema quanto il Dio newtoniano è esterno al mondo. Ciò è accettabile per una serie di situazioni comuni, dalla palla di cannone al satellite spaziale, ma non funziona più, ad esempio nel caso della fisica microscopica. Il nostro modo di conoscere ci lega al mondo. La recente epistemologia ci ha fatto prendere coscienza dei limiti intrinseci del processo di conoscenza dovuti all'operazione di misurazione.

Il tempo sta quindi tornando alla ribalta nella scienza. In un altro campo, si può citare l'adozione di una visione evolutiva della vita, che pone anche la questione della prevedibilità. Nel campo della biologia, si osserva anche la pregnanza di un modello meccanicistico esteso. Non entrerei qui in complesse discussioni, limitandomi a rimandare alla riflessione del filosofo Hans Jonas sul "fenomeno della vita": nella biologia moderna, "il non-vivente è diventato il conoscibile per eccellenza e, per questo motivo, è anche considerato il vero e unico fondamento della realtà"⁹ (9).

Questo ritorno del tempo è anche un ritorno della storia. Teilhard de Chardin lo notò nel 1926: "La storia invade gradualmente tutte le discipline", perché "stiamo

7 Isaac Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Londra, G. & J. Innys, 1726, p. 527-528.

8 Citato da Prigogine, *Entre le temps*, p. 19.

9 Hans Jonas, *Il fenomeno vita*, p. 22.

scoprendo il tempo» (10). La natura ha una storia. L'affermazione può sembrare banale. Non lo è se si considera che una macchina perfetta non ha una storia, nel senso che il suo funzionamento è perfettamente reversibile. D'altra parte, la storia in senso forte presuppone l'impegno di una libertà. Sarebbe quindi peculiare dell'essere umano.

Che dire della natura fisica, se il concetto di storia è così strettamente associato al concetto di libertà? Anche la natura fisica avrebbe una storia? Alcuni filosofi criticano questa associazione. Il cambiamento o l'evoluzione non fanno, in quanto tali, una storia. Chi dice storia, dice racconto, tempo, prassi, decisioni, impegno di una libertà. Ma, sulla base della conoscenza che acquisiamo in particolare del mondo vivente, animale e vegetale, possiamo riprendere così facilmente questa moderna separazione tra l'ordine umano (dal punto di vista della libertà) e l'ordine naturale (dal punto di vista della necessità e del caso)? Più diventiamo consapevoli della fitta rete di interazioni che legano le diverse componenti del mondo, umane, animali, vegetali, ecc., più percepiamo le capacità di azione, o addirittura di inventiva, di queste componenti.

Significherebbe che l'essere umano sta ritrovando un posto nel mondo, quel posto che la rivoluzione newtoniana gli aveva fatto perdere secondo Koyré? L'ecologia ce ne rende consapevoli. C'è una vera e propria coevoluzione tra l'uomo e la natura. Se l'umanità ha una storia e se è legata alle altre componenti del mondo, ciò significa che tutte queste componenti partecipano, in modo diverso ma attivo, alla storia del mondo.

Questi vari indizi, tratti da uno sguardo particolare sulla scienza contemporanea, possono entrare in risonanza con il credo cristiano? Ho menzionato il Dio di Newton come "*dominus mundi*". Per Prigogine, questo "Dio" sarebbe "l'unico in grado di possedere l'infinita informazione in grado di misurare la pienezza delle cause e l'integrità degli effetti" (11). La conoscenza scientifica, nel senso della scienza meccanica newtoniana, darebbe accesso al "punto di vista di Dio" sulla terra. Ma di quale "Dio" stiamo parlando?

È anche una certa concezione dell'essere umano. Come ha osservato lo storico americano Lynn White in un famoso articolo, una certa teologia è innegabilmente alla base del moderno antropocentrismo. La proposta cartesiana di appropriarsi della natura «come padrone e possessore» non è del tutto estranea a questo.

Comprendiamo che questa concezione del divino come pura exteriorità sia problematica. Certo, la Bibbia ci ricorda che creare per Dio significa «separare». La distinzione tra il Creatore e la creatura è la condizione stessa dell'esistenza di quest'ultima. Tra i pionieri della scienza moderna, coloro che avevano una predisposizione per la teologia volevano distinguersi nettamente dal panteismo che accompagnava la visione organica del mondo degli uomini del Rinascimento. Ma questa separazione, condizione necessaria per l'esistenza del mondo, non è sufficiente per dire lo scopo dell'azione creatrice di Dio.

Il concetto di un divino in pura exteriorità è problematico per una teologia che prende sul serio il concetto biblico di alleanza, cioè di relazione. Non è un caso che il teologo Newton rifiutasse l'idea di un Dio Trinità, cioè di un Dio «collegato». Il suo Dio non poteva mantenere altro rapporto che un rapporto di dominio.

10 «Les fondements et le fond de l'idée d'évolution», p. 179?

11 I. Prigogine, *La nouvelle alliance*, p. 26.

Ma se ci iscriviamo nell'eredità biblica del Dio "con noi" ("Emmanuele"), allora dobbiamo cambiare la nostra concezione del divino.

In un certo senso - anche se l'associazione può sembrare troppo rapida - il concetto di relazione, centrale nella concezione ecologica del mondo, può entrare in risonanza con il concetto biblico di alleanza. Il mondo non è una giustapposizione di entità indipendenti (come nel modello termodinamico dei "gas perfetti"), ma un insieme interconnesso in cui il tutto è più della somma delle parti. Non siamo più in un approccio puramente analitico.

L'azione creatrice di Dio non deve quindi più essere concepita sul modello della fabbricazione, ma a partire dal concetto di comunicazione e di comunicazione del bene. Ne troviamo già un'espressione in San Tommaso d'Aquino, per il quale la creazione è infatti messa in relazione tra il Creatore e la creatura. Più precisamente, Dio, la Causa prima, comunica alle creature la capacità di essere cause. Dio potrebbe agire da solo, ma è la sua bontà che gli fa comunicare alle cose la sua somiglianza, "non solo per quanto riguarda l'essere, ma anche per quanto riguarda l'essere causa di altre cose". 12. Nel suo commento alla Fisica di Aristotele, propone un'immagine ancora più eloquente, ripresa dall'enciclica *Laudato si*: "Come se l'artigiano costruttore di navi potesse concedere al legno di modificarsi da solo per assumere la forma di una nave" (13). Senza dubbio Tommaso riserva a Dio solo la qualità di creatore (in senso stretto: creare "ex nihilo"). Ma la creatura partecipa al processo creativo (in senso lato). Per dirla

con un vocabolario più evangelico, l'azione umana contribuisce alla costruzione del regno di Dio. È quanto afferma *Gaudium et spes*: "se è necessario distinguere accuratamente il progresso terreno dalla crescita del regno di Cristo, questo progresso ha tuttavia molta importanza per il Regno di Dio, nella misura in cui può contribuire a una migliore organizzazione della società umana" (n. 39 § 2).

Ci troviamo quindi coinvolti in una grande storia a cui ogni componente del mondo partecipa a modo suo. Ogni componente è "co-creatore". Quale conseguenza può avere sul tema della speranza che ho evocato all'inizio? È una "buona notizia"? In *Laudato si'*, Papa Francesco scrive:

«La speranza ci invita a riconoscere che c'è sempre una via d'uscita» (n. 61). Come? Quale strada prendere? Per concludere questo intervento, vorrei delineare alcune riflessioni.

Cominciamo riconoscendo che la concezione cristiana prende sul serio il posto del male, non solo all'interno dell'umanità, ma anche, più in generale, all'interno del mondo. Non possiamo rifugiarci, come sembra accadere in alcune visioni "biocentriche", in una fondamentale armonia. Alcune rappresentazioni ecologiche danno infatti l'impressione che ci sia una "natura" armoniosa a cui l'umanità dovrebbe conformarsi. Questo mi sembra problematico se dobbiamo adottare una prospettiva storica, con tutto ciò che questo concetto implica. Gli antichi contemplavano un cosmo permanente, un mondo bello e armonioso. I moderni avevano elaborato una macchina priva di storia. Arriviamo a considerare un mondo nella storia, soggetto di novità, inventiva, ma anche di possibile distruzione. Non si può avere l'uno senza l'altro.

La speranza cristiana non preserva dalla catastrofe. L'accesso alla vita eterna presuppone il passaggio attraverso una trasformazione radicale, che può apparire come una

morte. "Trasformazione" non significa "annientamento", come sottolinea sant'Agostino: "È attraverso la trasformazione degli esseri, non attraverso il loro totale annientamento, che questa terra passerà" (14). La "figura" del mondo passa, dice san Paolo (1 Cor 7,31), e non la sua natura.

La speranza è un dono della grazia. Ma, come ricorda la teologia più classica, la grazia si basa sulla natura¹⁵. O, come scrive Adolphe Gesché, trova «complicità nella natura¹⁶». La risurrezione è il frutto dell'azione divina, ma un'azione che rivela ciò che la natura conteneva in sé ma che non poteva conoscere da sola.

La speranza non può basarsi sulla conoscenza, perché non abbiamo alcuna rappresentazione possibile di ciò che accadrà. Abbiamo rinunciato alla prevedibilità dei fenomeni a favore di un impegno di libertà. Ma non tutto è casuale. La conoscenza che abbiamo dello stato del mondo ci aiuta a fare il passo successivo. La speranza è anche un incoraggiamento all'azione, all'avvio. I Magi non sapevano dove sarebbe finito il loro cammino, ma la loro conoscenza del cielo li guidò verso la meta.

In questo modo evitiamo un estrinsecismo che ci costringerebbe a scegliere tra la conoscenza scientifica del mondo e l'accoglienza della grazia divina. Riprendendo le espressioni di Giovanni Paolo II, nel suo lettera citata all'inizio, lasciata a se stessa, la conoscenza può diventare idolatria. Può lasciarsi affascinare dall'efficacia dei suoi modelli. Senza un confronto scientifico, la religione può diventare superstizione, cioè costruzione artificiale, immaginaria, staccata dalla realtà. È necessario un dialogo se si vuole poter confessare in verità l'azione creatrice di Dio che implica l'impegno di tutte le sue creature.

14 Agostino, La Città di Dio, XX, XIV.

15 «Cum enim gratia non tollat naturam, sed perficiat...» (Tommaso d'Aquino, Somma Teologica, I, 1, 8, ad. 2um).

16 Il cosmo, p. 186.

Co-crédation et évalution de l'humanité¹

François Euvé sj

L'accès à Dieu ne peut pas faire l'économie de la connaissance de la nature car Dieu se révèle dans la situation concrète du monde. Par ailleurs, la science change notre vision du monde, et nos catégories de lecture du monde. La vision évolutive du vivant met en avant la notion de temps et permet de penser à une « histoire de la nature », une histoire qui peut avoir une dimension tragique. De son côté, l'écologie met en avant la notion de relation et invite à penser le monde de manière globale. Elle met en cause une vision trop étroitement hiérarchique au profit de la mise en réseau d'une multiplicité de composantes. Tout cela invite à voir l'action divine comme intimement liée à celle de l'ensemble des créatures et tout particulièrement à celle de l'humanité. Il nous faut repenser la création comme co-crédation. Le panthéisme est évité car chaque entité conserve sa spécificité. Le tragique de l'histoire soulève la question du mal et invite à ne pas oublier la dimension salutaire de l'action divine.

L'expression de la foi chrétienne dans le monde contemporain doit prendre en compte la connaissance scientifique du monde physique. Comme la Bible nous l'enseigne, Dieu se révèle dans la situation concrète de sa création. Citons le psaume 19 : « Les cieux racontent la gloire de Dieu, le firmament proclame l'œuvre de ses mains. Le jour en prodigue au jour le récit, la nuit en donne connaissance à la nuit ». Dans la lettre aux Romains, saint Paul critique les païens qui n'ont pas su reconnaître Dieu dans ses œuvres : « depuis la création du monde, ses perfections invisibles, éternelle puissance et divinité, sont visibles dans ses œuvres pour l'intelligence » (Rm 1,20). On pense aussi au livre de la Sagesse. Au chapitre 13, l'auteur polémique contre ceux « chez qui l'ignorance de Dieu s'est installée », car, « à partir des biens visibles, ils n'ont pas été capables de connaître celui qui est, pas plus qu'ils n'ont reconnu l'Artisan en considérant ses œuvres » (13,1).

La contemplation du monde donne ainsi accès à son Créateur. Si l'on prend au sérieux

la notion biblique de création, on peut dire aussi que l'accès à Dieu ne peut pas faire l'économie de la connaissance de la nature. *Gaudium et spes*, dont nous fêtons cette année le cinquantième anniversaire, écrivait, en faisant allusion à la Sagesse biblique : « en s'appliquant aux diverses disciplines, philosophie, histoire, mathématiques, sciences naturelles, et en cultivant les arts, l'homme peut grandement contribuer à ouvrir la famille humaine aux plus nobles valeurs du vrai, du bien et du beau » (57 § 2). Plus récemment, l'encyclique *Laudato si'* commençait son propos en se mettant à l'écoute de ce que les scientifiques nous disent de la situation présente de la planète. Elle reprenait en particulier le « consensus scientifiques très solide » à propos du réchauffement climatique (n° 23). Sans la considération du « livre de la nature », la foi chrétienne risquerait d'être infidèle à ce que nous dit non seulement la notion d'un Dieu créateur « du ciel et de la terre », mais aussi et surtout celle d'un Dieu qui a fait alliance perpétuelle avec la terre, c'est-à-dire avec « tout être vivant, toute chair qui est sur la terre » (Gn 9,16).

Pour autant, ce n'est pas que la foi doive reposer sur la science. Comme le disait John Henry Newman dans un sermon de 1839, la foi est « un principe sui generis, distinct de tous les principes naturels », car elle est « un principe d'action² ». L'agir chrétien n'a pas

¹ Rome 3 mars 2025.

² Newman, *Sermons universitaires*, X, p. 213 et 221.

à se conformer au fonctionnement du monde. Dès les premiers temps du christianisme, les premiers penseurs chrétiens ont pris conscience que la destinée de la personne n'était pas inscrite dans le fonctionnement du ciel. L'agir humain est guidé par un principe de liberté qui met la personne humaine à part des autres composantes du cosmos. Malgré une certaine proximité avec le stoïcisme, les premières anthropologies chrétiennes ont cherché à se démarquer des cosmologies antiques. Saint Augustin est un bon représentant de cette attitude. Il polémiquait en particulier contre ces savants que leur connaissance du ciel pouvait dispenser de celle de leur propre conscience : « Eux qui, dans l'impiété de leur superbe, s'éloignent et s'éclipsent de ta lumière, ils prévoient bien longtemps à l'avance l'éclipse future du soleil, et dans le présent ne voient pas la leur³ ». Si ces savants s'intéressent au ciel et à ces phénomènes particuliers que sont les éclipses, ce n'est pas par pure curiosité ou désir de connaître, mais c'est qu'ils pensent y découvrir ce qui doit se produire au niveau de leur vie ou à celui de la société. Or c'est eux-mêmes, leur conscience qu'ils devraient examiner pour décider quelle orientation donner.

La science ne peut que décrire l'existant, rendre compte de ce qui est à partir de ce qui a été, en identifiant la cause des phénomènes, sans pouvoir se prononcer sur ce qui doit être. La foi doit être capable de porter un regard critique, une attitude, d'ailleurs qui doit être aussi celle des chercheurs. Entre la science et la religion, c'est plutôt un rapport dialectique dont une bonne expression se trouve dans la lettre du pape Jean-Paul II adressée au directeur de l'Observatoire du Vatican, le Père George Coyne, publiée le 1^{er} juin 1988 : « La science peut purifier la religion de l'erreur et de la superstition ; la religion peut purifier la science de l'idolâtrie et des faux absolus ». Il me semble qu'il y a là un programme à suivre pour éviter à la fois les concordismes toujours tentants, mais aussi les « discordismes » (Dominique Lambert) qui séparent trop radicalement les domaines.

Lorsque l'on aborde la question de la relation entre science et religion, il faut aussi prendre en compte le contexte social dans lequel nous vivons. La recherche scientifique, surtout dans les disciplines plus théoriques, n'est pas en résonance immédiate avec les préoccupations sociales. Il n'empêche qu'elle ne peut être totalement détachée, parce que le chercheur est membre d'une société donnée, qui est travaillée par un certain nombre de questions. Parmi d'autres facteurs, je voudrais relever ce qui se rapporte au temps. Notre époque est marquée par une forte inquiétude face à l'avenir de l'humanité. La multiplication des crises mine l'optimisme qui caractérisait les décennies de l'après-guerre. L'évolution du climat laisse entrevoir la probabilité de plus en plus forte de phénomènes catastrophiques dont les conséquences seront de plus en plus dramatiques pour l'humanité. Sans doute avons-nous affaire à des systèmes complexes dont l'évolution est difficilement prédictible, sinon franchement imprédictible. Il n'empêche que le sentiment éprouvé par un nombre croissant de personnes, en particulier dans les jeunes générations, est celui d'une crainte, sinon d'une angoisse, à l'égard d'un avenir qui apparaît de plus en plus menaçant.

Cela n'est pas sans conséquence sur le plan spirituel. Comment entretenir une espérance qui n'apparaisse pas comme un « vœu pieux », une construction artificielle ? Comment présenter une espérance qui ne concerne pas seulement un « ciel » que l'on atteindrait en laissant derrière soi une terre corrompue, mais une espérance qui concerne aussi le monde concret, le monde physique dans lequel nous vivons ? La notion d'espérance est centrale dans la tradition chrétienne, à titre de vertu théologale. Comme

³ Augustin, Confessions, V, III, 3 (BA 13, p. 469).

telle, elle est un don de Dieu, un don de sa grâce. Il n'appartient pas au discours des sciences d'en parler. Mais, là encore, la prise en compte de la démarche scientifique peut s'avérer pertinente, ne serait-ce que pour « purifier de l'erreur et de la superstition », pour reprendre l'expression de la lettre de Jean-Paul II. L'examen de la science peut apporter des éléments de réflexion. C'est peut-être moins le contenu des théories scientifiques qui nous importe que la démarche scientifique. Sur quoi repose-t-elle ? Quelle vision du monde met-elle en œuvre ? Il me semble en effet que c'est moins la science « acquise », les théories largement acceptées qui importent, que ce qui se trouve à l'arrière-plan.

Par-delà les connaissances positives proprement dites, il importe donc d'examiner, dans une démarche critique, les grandes options qui les sous-tendent. Quels sont les schémas, les modèles, les images qui guident la recherche ? Quels sont les schémas, les modèles, les images qui ont accompagné et guidé l'émergence de la science telle que nous la concevons aujourd'hui. Il y a bien des causes qui ont conduit à la formation d'une nouvelle science à la fin du 16^e siècle. Ce n'est pas le lieu de les examiner ici en détail. Le point que je voudrais relever est que cette science, celle qui se constitue au début des temps modernes, marquée par les figures de Galilée, Descartes, Boyle, Newton, repose sur un modèle mécanique. Par contraste avec le modèle organique de l'époque de la Renaissance, on préfère décrire le monde comme une machine.

La conséquence sur la conception de l'humain est double. D'une part, la personne humaine, créée à l'image de Dieu, se trouve radicalement extérieure à la machine du monde. Par son esprit, la « *res cogitans* » cartésienne, il la transcende. Mais il s'y trouve comme un étranger ou, comme l'écrivait Jacques Monod, « un tzigane en marge du monde ». L'historien Alexandre Koyré a résumé très clairement la situation : Newton a substitué le monde de la vie, le monde « dans lequel nous vivons, aimons et mourons » par un autre monde, « le monde de la quantité, de la géométrie réifiée, monde dans lequel, bien qu'il y ait place pour toute chose, il n'y en a pas pour l'homme⁴ ».

Mais il y a une autre face. Si l'homme a perdu sa place dans le monde, il la retrouve par la technique. Il a la capacité de transformer la nature. Le passage de la science antique à la science moderne se caractérise, selon Jean Ladrière, par la prééminence de l'action ou du travail sur la contemplation. La connaissance est au service d'une technique. On comprend aisément en quoi ce modèle mécanique est redoutablement efficace. La science newtonienne est « une science pratique⁵ ». Au moins en théorie, une machine a un comportement prédictible. Un siècle après Newton, Laplace tirera les conséquences de ce modèle quant au rapport au temps : une connaissance parfaite de l'état du monde à un instant donné devrait nous permettre de connaître son état à n'importe quel moment du passé ou du futur.

Je voudrais aussi relever la dimension théologique de cette mutation de représentation. Elle n'est pas toujours perçue, surtout que les démêlés de Galilée avec l'Inquisition ont contribué à distinguer nettement les domaines. Mais il me semble difficile d'ignorer ce paramètre⁶.

⁴ Études newtoniennes, p. 42.

⁵ Ilya Prigogine, Nouvelle, p. 70.

⁶ Les considérations théologiques associées à la pensée scientifique sont plus présentes en Angleterre (Francis Bacon, Robert Boyle, Isaac Newton), que sur le continent européen, où les philosophes sont plus prudents.

La dimension théologique est explicitement soulignée par Newton dans le « Scholium generale » qui termine les *Principia mathematica* : « Ce magnifique assemblage du soleil, des planètes et des comètes, ne peut que procéder du conseil et du pouvoir d'un être intelligent et puissant. [...] Cet Être infini gouverne (*regit*) tout, non comme l'âme du monde, mais comme le Seigneur de toutes choses (*universorum dominus*)⁷ ». La transcendance divine est conçue sur le modèle de l'ingénieur, une entité radicalement extérieure à la machine qu'elle fabrique, régule et, éventuellement, répare.

Sur le plan pratique, on peut évoquer la figure de Francis Bacon. Pour lui, la transformation du monde correspond à une mission reçue du Créateur. Le monde a été perturbé par le péché originel, dont les conséquences portent sur la connaissance et sur la vie morale. En ce qui concerne le premier domaine, Dieu a donné à l'homme la capacité de retrouver la connaissance qu'Adam avait dans le paradis terrestre et donc de transformer son environnement au plus grand profit de l'humanité.

Je reviens à ce qui caractérise la science moderne sous sa forme mécanique et ses conséquences sur la transformation du monde. On comprend la prégnance de ce paradigme car il est très efficace. Il n'est pas si facile de renoncer à un modèle qui, pendant plusieurs siècles, a assuré la prospérité de la civilisation occidentale. Pourtant, il soulève un certain nombre de questions. Comme j'ai commencé mon propos en mentionnant le rapport à l'avenir, à l'espérance, c'est-à-dire au temps, c'est autour de cette notion que je poursuivrai ma réflexion.

À certains égards, la science mécanique « ignore le temps ». Comme l'écrivait Bergson, « la science a été féconde chaque fois qu'elle a réussi à nier le temps⁸ ». La formule peut sembler radicale. Il ne s'agit pas bien sûr du paramètre « t » des équations, mais de la durée, le temps vécu, le temps du « monde vécu ». Serait-il une illusion ? La théorie des systèmes complexes a bien montré que, même dans le cas de système mécaniques avec peu de composantes (le système des « trois corps » par exemple), la prédictibilité suppose une connaissance infiniment parfaite, c'est-à-dire une connaissance dans laquelle le sujet connaissant n'aurait aucune interaction avec le système qu'il étudie. C'est effectivement le point aveugle de la science classique : l'observateur serait aussi extérieur au système que le Dieu newtonien est extérieur au monde. C'est acceptable pour un certain nombre de situations usuelles, du boulet de canon au satellite spatial, mais cela ne fonctionne plus, par exemple dans le cas de la physique microscopique. Notre manière de connaître nous lie au monde. L'épistémologie récente nous a fait prendre conscience des limites intrinsèques à la démarche de connaissance du fait de l'opération de mesure.

Le temps fait donc un grand retour en science. On peut évoquer, dans un autre domaine, l'adoption d'une vision évolutive du vivant, qui pose aussi la question de la prédictibilité. Dans le champ de la biologie, on observe aussi la prégnance d'un modèle mécanique étendu. Je n'entre pas ici dans des débats complexes, me contentant de renvoyer à la réflexion du philosophe Hans Jonas sur le « phénomène de la vie » : dans la biologie moderne, le « sans vie est devenu le connaissable par excellence et, pour cette raison, est aussi considéré comme le véritable et unique fondement de la réalité⁹ ».

Ce retour du temps est aussi un retour de l'histoire. Teilhard de Chardin le notait en 1926 : « L'Histoire envahit peu à peu toutes les disciplines », parce que « nous sommes

⁷ Isaac Newton, *Philosophiae naturalis principia mathematica*, Londres, G. & J. Innys, 1726, p. 527-528.

⁸ Cité par Prigogine, *Entre le temps*, p. 19.

⁹ Hans Jonas, *Le Phénomène de la vie*, p. 22.

en train de découvrir le temps¹⁰ ». La nature a une histoire. La proposition peut sembler banale. Elle ne l'est pas si l'on prend conscience qu'une machine parfaite n'a pas d'histoire, au sens où son fonctionnement est parfaitement réversible. En revanche, l'histoire au sens fort suppose l'engagement d'une liberté. Elle serait donc propre à l'humain.

Qu'en est-il de la nature physique, si la notion d'histoire est si étroitement associée à la notion de liberté ? La nature physique aurait-elle aussi une histoire ? Certains philosophes critiquent cette association. Le changement ou l'évolution ne font pas, comme tels, une histoire. Qui dit histoire, dit récit, temps, praxis, décisions, engagement d'une liberté. Mais, sur le fond de la connaissance que nous acquérons en particulier du monde vivant, animal et végétal, pouvons-nous reprendre si facilement cette coupure moderne entre l'ordre humain (sous l'angle de la liberté) et l'ordre naturel (sous l'angle de la nécessité et du hasard) ? Plus nous prenons conscience du réseau serré des interactions qui lient les diverses composantes du monde, humaines, animales, végétales, etc., plus nous percevons les capacités d'action, voire d'inventivité, de ces composantes.

Serait-ce à dire que l'humain retrouve une place dans le monde, cette place que la révolution newtonienne lui avait fait perdre selon Koyré ? L'écologie nous en fait prendre conscience. Il y a bien une coévolution de l'humain et de la nature. Si l'humanité a une histoire, et qu'elle est liée aux autres composantes du monde, cela veut dire que toutes ces composantes participent, diversement mais activement, à l'histoire du monde.

Ces divers indices, tirés d'un regard particulier sur la science contemporaine, peuvent-ils entrer en résonance avec la foi chrétienne ? J'ai mentionné le Dieu de Newton comme « *dominus mundi* ». Pour Prigogine, ce « Dieu » serait « seul susceptible de posséder l'information infinie susceptible de mesurer la plénitude des causes et le caractère entier des effets¹¹ ». La connaissance scientifique, au sens de la science newtonienne mécanique, donnerait accès au « point de vue de Dieu » sur le monde. Mais de quel « Dieu » parlons-nous ?

C'est aussi une certaine conception de l'humain. Comme l'avait relevé l'historien américain Lynn White dans un article célèbre, une certaine théologie est indéniablement à l'arrière-plan de l'anthropocentrisme moderne. La proposition cartésienne de se rendre « comme maître et possesseur de la nature » n'est pas complètement sans rapport avec cela.

Nous comprenons que cette conception du divin en pure extériorité est problématique. Certes, la Bible nous rappelle que créer pour Dieu, c'est « séparer ». La distinction entre le Créateur et la créature est la condition même de l'existence propre de cette dernière. Parmi les pionniers de la science moderne, ceux qui avaient la fibre théologique ont voulu se démarquer nettement du panthéisme qui accompagnait la vision organique du monde des hommes de la Renaissance. Mais cette séparation, condition nécessaire à l'existence du monde, n'est pas suffisante pour dire le but de l'action créatrice de Dieu.

La notion d'un divin en pure extériorité est problématique pour une théologie qui prend au sérieux la notion biblique d'alliance, c'est-à-dire de relation. Ce n'est pas fortuit que le théologien Newton récusait l'idée d'un Dieu Trinité, c'est-à-dire d'un Dieu « relié ». Son Dieu ne pouvait entretenir d'autre relation qu'une relation de domination.

¹⁰ « Les fondements et le fond de l'idée d'évolution », p. 179 ?

¹¹ I. Prigogine, *La nouvelle alliance*, p. 26.

Mais si nous nous inscrivons dans l'héritage biblique du Dieu « avec nous » (« Emmanuel »), alors il nous faut changer de conception du divin.

À certains égards – même si le rapprochement peut sembler trop rapide – la notion de relation, centrale dans la conception écologique du monde, peut entrer en résonance avec la notion biblique d'alliance. Le monde n'est pas une juxtaposition d'entités indépendantes (comme dans le modèle thermodynamique des « gaz parfaits »), mais un ensemble interconnecté où le tout est plus que la somme des parties. Nous ne sommes plus dans une démarche simplement analytique.

L'action créatrice de Dieu n'est alors plus à concevoir sur le modèle de la fabrication, mais à partir de la notion de communication, et de communication de bien. On en trouve déjà une expression chez saint Thomas d'Aquin, pour qui en effet la création est mise en relation du Créateur et de la créature. Plus précisément, Dieu, la Cause première, communique aux créatures la capacité d'être causes. Dieu pourrait agir seul, mais c'est sa bonté qui lui fait communiquer aux choses sa ressemblance, « non seulement quant au fait d'être, mais aussi quant au fait d'être cause d'autres choses¹². Dans son commentaire de la Physique d'Aristote, il propose une image encore plus parlante, que reprend l'encyclique *Laudato si'* : « Comme si l'artisan constructeur de navires pouvait accorder au bois de pouvoir se modifier de lui-même pour prendre la forme de navire¹³ ». Sans doute Thomas réserve à Dieu seul la qualité de créateur (au sens strict : créer « ex nihilo »). Mais la créature participe au processus créateur (au sens large). Pour le dire dans un vocabulaire plus évangélique, l'action humaine contribue à la construction du règne de Dieu. C'est ce qu'affirme *Gaudium et spes* : « s'il faut soigneusement distinguer le progrès terrestre de la croissance du règne du Christ, ce progrès a cependant beaucoup d'importance pour le Royaume de Dieu, dans la mesure où il peut contribuer à une meilleure organisation de la société humaine » (n° 39 § 2).

Nous nous trouvons donc partie prenante d'une grande histoire à laquelle chaque composante du monde participe à sa façon. Chaque composante est « co-créatrice ». Quelle conséquence cela peut-il avoir sur le thème de l'espérance que j'évoquais en commençant ? Est-ce une « bonne nouvelle » ? Dans *Laudato si'*, le pape François écrit : « L'espérance nous invite à reconnaître qu'il y a toujours une voie de sortie » (n° 61). Comment ? Quelle voie emprunter ? En conclusion de cette intervention, j'aimerais esquisser quelques réflexions.

Commençons par reconnaître que la conception chrétienne prend au sérieux la place du mal, non seulement au sein de l'humanité, mais aussi, plus largement, au sein du monde. Nous ne pouvons nous réfugier, comme cela semble être le cas dans certaines visions « biocentrées », dans une harmonie fondamentale. Certaines représentations écologiques donnent en effet le sentiment qu'il y aurait une « nature » harmonieuse à laquelle l'humanité devrait se conformer. Cela me semble problématique si nous devons adopter une perspective historique, avec tout ce qu'implique cette notion. Les anciens contemplaient un cosmos permanent, un monde beau et harmonieux. Les modernes avaient élaboré une machine dépourvue d'histoire. Nous en arrivons à envisager un monde en histoire, sujet de nouveauté, d'inventivité, mais aussi de possible destruction. On ne peut avoir l'un sans l'autre.

L'espérance chrétienne ne préserve pas de la catastrophe. L'accès à la vie éternelle suppose le passage par une transformation radicale, qui peut apparaître comme une

¹² Thomas d'Aquin, *Somme contre les Gentils*, III, 70,7.

¹³ Thomas d'Aquin, *In octo libros Physicorum Aristotelis expositio*, II, lectio 14.

mort. « Transformation » ne signifie pas « anéantissement », comme le souligne saint Augustin : « C'est par la transformation des êtres, non par leur total anéantissement que ce monde passera¹⁴ ». La « figure » du monde passe, dit saint Paul (1 Co 7,31), et non pas sa nature.

L'espérance est un don de la grâce. Mais, comme le rappelle la théologie la plus classique, la grâce prend appui sur la nature¹⁵. Ou, comme l'écrit Adolphe Gesché, elle trouve « complicité dans la nature¹⁶ ». La résurrection est le fruit de l'action divine, mais une action qui révèle ce que la nature contenait en elle mais qu'elle ne pouvait pas connaître par elle-même.

L'espérance ne peut pas s'appuyer sur un savoir, car nous n'avons aucune représentation possible de ce qui va advenir. Nous avons renoncé à la prédictibilité des phénomènes au profit d'un engagement de libertés. Tout n'est pas pour autant aléatoire. Les connaissances que nous avons de l'état du monde nous aident à faire le pas supplémentaire. L'espérance est aussi un encouragement à l'action, à la mise en route. Les mages ne savaient où allait aboutir leur chemin, mais leur connaissance du ciel les a guidés vers le but.

Nous évitons ainsi un extrinsécisme qui nous obligerait à choisir entre connaissance scientifique du monde et accueil de la grâce divine. Si je reprends les expressions de Jean-Paul II, dans sa lettre citée en commençant, laissée à elle-même, la connaissance peut devenir idolâtrie. Elle peut se laisser fasciner par l'efficacité de ses modèles. Sans vis-à-vis scientifique, la religion peut devenir superstition, c'est-à-dire construction artificielle, imaginaire, détachée du monde réel. Un dialogue est nécessaire si l'on veut pouvoir confesser en vérité l'action créatrice de Dieu qui implique l'engagement de toutes ses créatures.

¹⁴ Augustin, La Cité de Dieu, XX, XIV.

¹⁵ « *Cum enim gratia non tollat naturam, sed perficiat...* » (Thomas d'Aquin, Somme théologique, I, 1, 8, ad. 2um).

¹⁶ Le cosmos, p. 186.

Il dibattito sull'Antropocene e le sue ramificazioni per l'umanità

Jan Zalasiewicz, Università di Leicester, Regno Unito e Julia Adeney Thomas, Università di Notre Dame, USA.

Abstract: L'Antropocene è stato lanciato nel dibattito pubblico dal premio Nobel Paul Crutzen nel 2000, quando ha capito che applicare il termine "Olocene" ai giorni nostri non aveva più senso. L'Olocene è l'epoca geologica formale che rappresenta il periodo di tempo dall'ultima glaciazione terminata circa 12 millenni fa; è il periodo di relativa stabilità planetaria che ha permesso alle complesse civiltà umane di svilupparsi e prosperare. Crutzen ha sostenuto che i recenti impatti umani sull'atmosfera, sull'oceano e sulla biosfera sono stati così gravi che questa stabilità dell'Olocene è terminata e che è iniziata una nuova epoca caratterizzata da instabilità planetaria e cambiamenti al di là delle norme dell'Olocene; lui l'ha definita Antropocene. La proposta di Crutzen ha ricevuto sia sostegno che critiche: per quanto riguarda le critiche, è stato sostenuto che l'Antropocene è troppo breve per essere un'epoca geologica, o che non rappresenta tutti gli impatti umani che risalgono a molti millenni fa, o che è stato motivato politicamente, piuttosto che scientificamente - e questi dubbi hanno portato al rifiuto dell'Antropocene come unità formale della Scala Temporale Geologica nel marzo 2024.

Tuttavia, le prove raccolte dall'Antropocene Working Group (AWG) hanno dimostrato che l'ipotesi di Crutzen è vera al di là di ogni dubbio ragionevole. Non ci possono essere dubbi sul fatto che la Terra si sia allontanata dalle condizioni dell'Olocene per diventare più calda, biologicamente degradata e più inquinata; i suoi cicli biogeochimici non funzionano più come una volta. Questi cambiamenti, strettamente legati alla metà del XX secolo, alla "Grande Accelerazione" della popolazione umana, all'industrializzazione e alla globalizzazione, hanno lasciato una distintiva e sorprendente impronta geologica; e sono per lo più irreversibili, aprendo la strada a una nuova traiettoria nettamente distinta della storia della Terra. L'Antropocene esiste de facto, se non ancora de jure, come epoca formale, la cui traiettoria inter alia influenzerà sempre più - e minaccerà - la vita di miliardi di persone. Di conseguenza, l'abbondanza e la relativa prevedibilità che abbiamo dato per scontate come fondamentali per la vita moderna con le sue particolari forme di economia e politica non esistono più. La situazione richiede il coraggio di abbracciare una nuova serie di principi e valori adeguati al nuovo mondo dell'Antropocene e di evitare il business as usual.

L'Antropocene, quindi, rappresenta una realtà alterata che stiamo lottando per capire e accettare. Le nostre scelte definiranno l'abitabilità del nostro pianeta per il prossimo futuro.

Il concetto di Antropocene, a tutti gli effetti, è emerso nel febbraio 2000 a Cuernavaca, in Messico, dove si stava svolgendo una riunione del Programma Internazionale Geosfera-Biosfera (IGBP). Il tema della discussione era come il Sistema Terra stesse cambiando in risposta ai crescenti impatti umani. Una serie di relatori presentava informazioni su diversi tipi di cambiamento, all'atmosfera e agli oceani, al paesaggio e alla sua biodiversità in diminuzione, e continuava a riferirsi a questo cambiamento come avvenuto durante l'epoca dell'Olocene, l'intervallo di tempo geologico lungo 11.700 anni che segna il tempo trascorso dalla fine dell'ultima glaciazione della Terra. Paul Crutzen, chimico atmosferico e vincitore del premio Nobel per le sue ricerche sui cambiamenti dello strato di ozono causati dall'uomo, divenne visibilmente irritato man mano che le presentazioni proseguivano. Alla fine, irruppe nel dibattito per intervenire dicendo che non aveva più senso dire che stavamo vivendo nell'Olocene, perché la Terra era cambiata troppo. "Siamo nell'... Antropocene", dichiarò.

Fu un'improvvisazione, ma rimase. Gran parte della discussione successiva durante la riunione fu dedicata all'idea e, con il sostegno dell'allora presidente dell'IGBP, Will Steffen, Crutzen la portò avanti. Scopri che Eugene Stoermer, un ecologo canadese specializzato in laghi, aveva sviluppato l'idea in modo indipendente e inventato il termine alcuni anni prima, anche se solo per usarlo nelle discussioni con i suoi colleghi e studenti.

Ciononostante, invitò Stoermer a scrivere insieme un breve articolo per presentare il concetto di Antropocene a un pubblico più vasto, pubblicandolo nella Newsletter dell'IGBP quello stesso anno (Crutzen e Stoermer 2000). In seguito, pubblicò una breve e vivida introduzione - di una sola pagina - che raggiunse un pubblico ancora più vasto sulla rivista *Nature* (Crutzen 2002). L'Antropocene divenne rapidamente un concetto quadro per il lavoro scientifico dell'IGBP e più in generale per la più ampia comunità scientifica del Sistema Terra, comprendente scienziati che cercavano di studiare la Terra nel suo insieme, come sistema integrato, piuttosto che semplicemente attraverso i suoi componenti separati, come era diventata la norma con la crescente specializzazione della scienza, soprattutto dalla metà del XIX secolo in poi (Schellnhuber 1999). Questa comunità ha trattato l'Antropocene come un'epoca *di fatto* del periodo post-Olocene, con Crutzen che inizialmente suggeriva che si potesse pensare che fosse iniziato intorno all'inizio della Rivoluzione Industriale alla fine del XVIII secolo, quando in Europa iniziò seriamente la combustione di combustibili fossili. Avendo pochi geologi tra le loro fila, non erano a conoscenza, o non tenevano conto, delle complesse procedure burocratiche che si erano accumulate nel corso di circa due secoli per aggiungere formalmente nuove unità di tempo geologico alla Scala dei Tempi Geologici, quindi hanno semplicemente usato il termine con naturalezza come una nuova epoca nelle loro pubblicazioni (ad esempio Meybeck 2001, Steffen *et al.* 2004, 2007). Per i geologi, tuttavia, le parole con il suffisso "-cene" sono termini tecnici che indicano un particolare tipo di intervallo di tempo all'interno dell'era cenozoica che rappresenta gli ultimi 66 milioni di anni della storia della Terra.

Alla fine, la comunità geologica si accorse che l'"Epoca dell'Antropocene" veniva utilizzata nelle pubblicazioni provenienti dalla comunità IGBP, anche se il termine non era stato sottoposto a nessuna delle complesse procedure dei comitati ufficiali che sovrintendono alla suddivisione della storia della Terra sulla scala dei tempi geologici. Uno di questi comitati iniziò a discutere di

questo termine nel 2006: la Commissione di Stratigrafia della Geological Society of London. Sebbene fosse un comitato nazionale e non internazionale, e quindi non avesse giurisdizione sulla Scala dei Tempi Geologici, era in grado di analizzare la questione ed esprimere un'opinione. Ha scoperto (Zalasiewicz *et al.* 2008) che il concetto aveva un valore e necessitava di ulteriori studi.

Questa scoperta ha portato alla decisione di creare un gruppo di lavoro formale per esaminare ufficialmente la questione. Un gruppo di lavoro, in questo caso l'Antropocene Working Group (AWG), è il gradino più basso dell'ampia gerarchia che disciplina la Scala dei tempi geologici. L'AWG è stato istituito dalla SQS (Subcommission on Quaternary Stratigraphy), l'organismo che si occupa della scala dei tempi del periodo quaternario che rappresenta gli ultimi 2,6 milioni di anni della storia della Terra (essenzialmente, le ere glaciali del linguaggio comune). La SQS è una divisione della Commissione Internazionale di Stratigrafia (ICS) che supervisiona l'intera Scala dei Tempi Geologici. La ICS stessa è sotto la giurisdizione dell'Unione Internazionale di Scienze Geologiche (IUGS), l'organo generale per la geologia nel suo complesso.

Nel 2009, l'AWG ha iniziato a lavorare. Per necessità, ha infranto alcuni precedenti. Poiché nell'Antropocene il tempo geologico si sovrappone chiaramente al tempo storicamente registrato, i membri dovevano includere non solo geologi (specialmente della sottodisciplina della stratigrafia, che studia la storia della Terra dalle prove contenute negli strati rocciosi), ma anche storici, archeologi, scienziati del sistema Terra (Paul Crutzen e Will Steffen ne sono diventati membri), oceanografi e altri (incluso un avvocato specializzato nel diritto internazionale del mare, per aiutare a considerare l'utilità più ampia del termine e del concetto per la società). Pertanto, piuttosto che un organismo specializzato in stratigrafia, si è sviluppato fin dall'inizio come un organismo multidisciplinare (Thomas *et al.* 2020), il primo del suo genere nell'ICS.

Tuttavia, l'AWG lavorava nel quadro del tempo geologico, che ha due aspetti. Il tempo geologico si occupa sia del tempo inteso come flusso temporale della storia, sia del tempo in forma solida e *materiale*: ad esempio, gli strati fisici della crosta terrestre (Zalasiewicz *et al.* 2013). In particolare, i geologi lavorano per stabilire se gli strati che si sono formati in un dato intervallo di tempo sono abbastanza distintivi (attraverso il loro contenuto fossile, i loro schemi chimici e così via) da poter essere riconosciuti come unità distintive e tracciati ("correlati", in gergo geologico) in tutto il mondo. Per i geologi questo ha senso, perché quasi sempre il loro unico contatto con il tempo è attraverso la documentazione rocciosa, di cui oltre il 99% si è formato prima che gli esseri umani emergessero e fossero in grado di osservare e quindi registrare ciò che accadeva intorno a loro. Pertanto, l'Antropocene doveva avere senso non solo come *epoca storica* caratterizzata da un significativo aumento della produzione, dei consumi e della popolazione umana, che altera in modo significativo il clima del pianeta, riducendo la biodiversità, terraformando la crosta terrestre e aumentando l'inquinamento, ma anche come una *serie di* strati sedimentari che intrappolano prove sistematicamente riconoscibili di tali cambiamenti ambientali.

Paul Crutzen, Will Steffen e i loro colleghi pensavano solo a questi cambiamenti ambientali nel tempo, mentre per la maggior parte dei geologi è la *serie di* eventi fisici che è cruciale, poiché è il collegamento diretto con la storia della Terra dedotta dagli antichi strati.

Anche il *limite di* un'unità di tempo geologico è cruciale, poiché deve essere, per quanto possibile, tracciabile *in modo sincrono* intorno alla Terra, utilizzando le prove conservate negli strati. La sincronia è importante, poiché la maggior parte dei cambiamenti ambientali sulla Terra avvengono *in modo diacronico*, ovvero in momenti diversi in regioni diverse della Terra. Ad esempio, quando il clima globale cambia, ci vuole un po' di tempo prima che i ghiacciai rispondano, avanzando nei climi più freddi e ritirandosi in quelli più caldi, e allo stesso modo le popolazioni animali e vegetali impiegano secoli o millenni per migrare in risposta a tali cambiamenti climatici. Per tracciare questi fenomeni nello spazio e nel tempo, è necessario un quadro temporale pratico e affidabile, e i confini delle unità di tempo geologiche ne costituiscono i principali gradini. Il confine per l'Antropocene originariamente suggerito da Crutzen, l'inizio della rivoluzione industriale in Europa alla fine del XVIII secolo, sembrava ovvio per quanto riguarda il cambiamento atmosferico e la storia ambientale occidentale, ma funzionava anche *dal punto di vista geologico* e come *storia globale*?

Quando l'AWG iniziò il suo lavoro, non c'erano prove evidenti che i sorprendenti cambiamenti ambientali globali identificati da Crutzen e dai suoi colleghi avessero prodotto un'unità di strati corrispondente e riconoscibile, distinta dagli strati dell'Olocene. Dopo tutto, la maggior parte dei geologi lavora su rocce molto più antiche (anche se da tempo esiste una fiorente comunità dedicata all'Olocene) e pensa in termini di milioni di anni, non di secoli o decenni: usano martelli e scalpelli per raccogliere dati, piuttosto che vanghe e cazzuole.

Tuttavia, le prove raccolte dagli strati moderni hanno cominciato ad accumularsi (ad esempio Williams *et al.* 2011, Waters *et al.* 2014) e a rispecchiare le prove osservate e registrate del cambiamento ambientale globale documentate dalla comunità scientifica del Sistema Terra (Steffen *et al.* 2016; Zalasiewicz *et al.* 2017a). La combustione di combustibili fossili, ad esempio, sta prelevando carbonio immagazzinato per centinaia di milioni di anni nel sottosuolo e, improvvisamente, in modo quasi esplosivo, lo sta rilasciando nell'atmosfera e negli oceani. L'aumento di anidride carbonica nell'atmosfera che ne deriva può ora essere misurato strumentalmente e questo aumento è stato documentato sistematicamente come la "curva di Keeling" (dal nome dello scienziato Charles Keeling, che l'ha iniziata) dal 1958. Ha portato l'anidride carbonica atmosferica a livelli molto più alti di qualsiasi altro momento almeno negli ultimi 800.000 anni, come dimostrato dal confronto con l'aria fossile intrappolata negli strati di ghiaccio antartico. L'aumento è stato straordinariamente rapido, circa 100 volte più veloce, infatti, dell'aumento di anidride carbonica che si è verificato quando la Terra si è riscaldata dal Pleistocene all'Olocene (a sua volta considerato un rapido aumento in un contesto geologico) (Figura 1).

Figura 1. Le principali misurazioni del sistema terrestre, come le concentrazioni di anidride carbonica e altri gas serra nell'atmosfera, e il conseguente cambiamento della temperatura globale, sono aumentate significativamente dal Pleistocene all'Olocene, come mostra questo grafico di 30.000 anni, ma non in modo così brusco come nel passaggio dall'Olocene all'Antropocene. Diagramma per gentile concessione di Martin Head, pubblicato originariamente in Turner et al. 2024.

Questo continuo aumento di anidride carbonica lascia anche altri indizi più materiali. I combustibili fossili hanno un'impronta chimica distintiva, essendo relativamente ricchi dell'isotopo leggero carbonio-12, e questa impronta isotopica viene incorporata nei materiali a base di carbonio in crescita (e fossilizzabili), come il legno degli alberi e gli scheletri di corallo. La combustione ad alta temperatura di combustibili fossili in forni industriali e centrali elettriche produce anche innumerevoli particelle di cenere volante ricche di carbonio, rilasciate nel fumo, trasportate in lungo e in largo dalle correnti d'aria e poi ricadute a terra; queste particelle di cenere volante possono essere recuperate dagli strati di sedimenti nelle torbiere e nei laghi (e sono state trovate persino negli strati di ghiaccio dell'Antartide). Forniscono prove concrete e pressoché onnipresenti che possono essere utilizzate per riconoscere l'Antropocene negli strati.

Sono emerse molte altre prove. La plastica, ad esempio, è stata dispersa in tutto il mondo dal vento e dalle correnti d'acqua, ed è ora presente negli strati di sedimenti dalle cime delle montagne alle profondità oceaniche, sia sotto forma di grandi oggetti riconoscibili come bottiglie di bevande e involucri di alimenti scartati (che possono essere considerati "tecnofossili") sia sotto forma di minuscoli frammenti di microplastica (Zalasiewicz et al. 2016). Molti tipi di inquinanti organici persistenti moderni, come i pesticidi, possono essere rilevati nei sedimenti moderni. Anche il modo in cui abbiamo cambiato le comunità animali e vegetali ha lasciato il suo

segno geologico, non tanto a causa della crescente crisi di estinzione, ma a causa della traslocazione di molte migliaia di specie, sia intenzionale che accidentale, tra ogni continente e ogni oceano della Terra, causata dall'uomo. I resti fossili di queste specie introdotte di recente caratterizzano già molte successioni sedimentarie (Williams et al. 2022, 2024). Anche prima che Crutzen suggerisse l'Antropocene, questo fenomeno aveva portato al suggerimento indipendente di un'epoca "Omogenocene" (Samways 1999) per riflettere l'omogeneizzazione delle comunità biogeografiche della Terra, consolidate da tempo.

Man mano che le prove a sostegno dell'Antropocene si accumulavano, tuttavia, divenne chiaro che il punto di partenza originariamente suggerito da Crutzen, l'inizio della rivoluzione industriale, non sarebbe stato facilmente applicabile geologicamente, perché i segnali geologici associati all'inizio della rivoluzione industriale in Europa erano troppo deboli a livello globale e troppo sparsi nel tempo e nello spazio; erano diacronici, piuttosto che sincronici, a causa del modo in cui l'industrializzazione si diffuse in modo frammentario in tutto il mondo per oltre un secolo e non si scatenò completamente fino al XX secolo. Ma un altro livello, molto più convincente per un confine Olocene-Antropocene, era diventato evidente nel 2004 con il lavoro di un team IGBP guidato da Will Steffen. In un rapporto intitolato "Global Change and the Earth System: A Planet under Pressure", hanno correlato la crescita di fattori umani come la popolazione, il PIL e gli investimenti esteri diretti con aumenti chiaramente definiti dei gas serra, un oceano trasformato e perdite di ecosistemi e specie. Mettendo insieme queste prove socio-politiche e ambientali, è emerso che un cambiamento improvviso si è verificato non alla fine del XVIII secolo, ma a metà del XX secolo, quando il mondo ha vissuto la "Grande Accelerazione" (termine di McNeill: Steffen et al. 2007, 2015). Da questo momento in poi, gli effetti delle pressioni umane sul sistema terrestre hanno prodotto una cascata di segnali geologici negli strati che hanno reso questo nuovo periodo non solo un'unità storica, ma anche geologica (Zalasiewicz et al. 2015; Kuwae et al. 2024). È diventato evidente che utilizzare ~1950 come punto di partenza dell'epoca dell'Antropocene era molto meglio perché rifletteva la trasformazione planetaria, poiché la relativa stabilità del sistema terrestre dell'Olocene ha lasciato il posto alle condizioni più instabili e in rapida evoluzione dell'Antropocene.

La Grande Accelerazione è un fenomeno sorprendente. Ad esempio, più del 90% del carbone, del petrolio e del gas mai sfruttati sono stati bruciati dal 1950 e l'umanità ha utilizzato più energia dal 1950 che in tutti gli 11.700 anni dell'Olocene precedente (Syvitski et al. 2020). L'estrazione mineraria, la costruzione di dighe, l'urbanizzazione e la perdita di suolo dovuta all'espansione dell'agricoltura hanno trasformato il paesaggio terrestre in questo periodo. Molti segnali chiave, come quello della plastica e di molti inquinanti organici persistenti, sono essenzialmente confinati all'intervallo successivo alla metà del XX secolo. E il segnale più preciso di tutti è fornito dai radionuclidi artificiali, generati dai test sulle bombe nucleari e dal nucleare civile, in particolare con la diffusione mondiale del plutonio che ha fatto seguito all'inizio dei test sulla bomba all'idrogeno termonucleare (bomba H) nel 1952 (Waters et al. 2015). La detonazione, il 1° novembre 1952, di "Ivy Mike", la prima bomba H, fu identificata dall'AWG come un "marcatore primario" adatto che poteva guidare la definizione dell'Antropocene, essendo un analogo moderno, creato tecnologicamente, dell'iridio sparso dai meteoriti che forma un sorprendente, essenzialmente sincrono, marcatore di confine globale per il confine Cretaceo-Paleogene notoriamente associato all'evento di estinzione di massa che uccise i dinosauri, 66 milioni di anni fa.

Nel 2016, l'AWG aveva raccolto prove sufficienti per affermare che l'Antropocene era reale sia storicamente che geologicamente (Waters et al. 2016; Zalasiewicz et al. 2017b, 2019). In altre parole, le prove riflettono la trasformazione netta e per molti aspetti irreversibile (a tutti gli effetti pratici: Summerhayes et al. 2024) del sistema Terra dalle condizioni dell'Olocene: cioè l'epoca dell'Antropocene come parte della storia della Terra, come concettualizzato da Crutzen. Mostra anche un'unità corrispondente di strati caratterizzata da molti segnali geologici con il suo inizio (o tecnicamente, base, poiché stiamo parlando di unità fisiche di strati) definito precisamente da quell'aumento sincrono a livello mondiale del contenuto di plutonio. In breve, l'Antropocene aveva senso sia in termini di scienza del sistema Terra che in termini di geologia (Steffen et al. 2016; Zalasiewicz et al. 2017a). Il passo successivo è stato quello di preparare una proposta formale da sottoporre a successive commissioni gerarchicamente superiori

all'AWG nella scala dei tempi geologici.

Ma già allora, nonostante le chiare prove accumulate dall'AWG che l'ipotesi improvvisata di Crutzen del 2000 fosse fondamentalmente corretta, si stava raccogliendo una sostanziale opposizione alla formalizzazione dell'Antropocene. Tale opposizione comprendeva diversi filoni, due dei quali possono essere qui notati.

In primo luogo, all'interno della comunità geologica, alcune delle figure più autorevoli e influenti tra coloro che determinano la scala dei tempi geologici esprimono una netta opposizione alla formalizzazione. Non mettono in discussione le prove dell'AWG, ma semplicemente non possono accettare un'epoca geologica di così breve durata, finora solo circa sette decenni, che si avvicina alla durata media della vita umana. Per questi geologi, abituati a trattare con milioni di anni, un'epoca recente così breve è inaccettabile *a priori*. Sostengono inoltre che, a causa di questa brevità, gli strati dell'Antropocene devono essere di spessore trascurabile, ignorando che in realtà l'erosione e la sedimentazione globali dal 1950 si sono più che decuplicate, producendo strati sostanziali e distintivi. E, hanno affermato, l'Antropocene non dovrebbe far parte della geologia perché si occupa del futuro, mentre la geologia dovrebbe occuparsi solo del passato. Anche in questo caso, non è così. Come ha scoperto l'AWG, quei sette decenni hanno già prodotto un notevole cambiamento planetario e nuovi strati distintivi. Queste affermazioni riflettono un viscerale (e continuo) rifiuto del nuovo e scomodo concetto di Antropocene, all'interno di una potente parte della comunità geologica.

Ci sono anche obiezioni tra gli studiosi che si occupano del passato umano profondo, come gli archeologi e gli antropologi. Hanno espresso preoccupazione per il fatto che l'Antropocene escludesse la maggior parte della storia umana e quindi la maggior parte del tempo durante il quale l'"anthropos" del prefisso del termine era attivo. L'Antropocene, hanno detto, è iniziato molte migliaia di anni fa e in ogni caso dovrebbe essere definito in modo flessibile e non preciso, per accogliere una vasta gamma di interpretazioni e interpreti. Questa osservazione è vera in quanto l'influenza umana sulla Terra (almeno sulla terraferma) risale a molti millenni fa, al controllo del fuoco da parte dell'*Homo sapiens* preistorico, alla caccia fino all'estinzione di molti grandi mammiferi, allo sviluppo dell'agricoltura e così via. Ma non hanno capito il punto. Crutzen era perfettamente consapevole della lunga storia delle interazioni uomo/ambiente, ma ha sottolineato che questa lunga storia con la sua ricca documentazione archeologica non aveva destabilizzato l'Olocene o il Pleistocene precedente. Piuttosto, nonostante le attività umane, l'Olocene era stato essenzialmente stabile in termini planetari: per quanto riguarda il clima, il livello del mare, i cicli del carbonio, dell'azoto e del fosforo e una biosfera funzionale. Questa stabilità, insolita negli ultimi 2,6 milioni di anni delle ere glaciali del Quaternario, ha permesso alla civiltà umana di svilupparsi e prosperare. È stato il capovolgimento di questa stabilità dell'Olocene da parte degli impatti umani *sconvolgenti* derivanti dall'industrializzazione ad essere l'intuizione chiave di Crutzen, nonché la base del lavoro dell'AWG. Il termine "Antropocene" non significa qui "tutto ciò che è antropogenico". Forse, se Crutzen avesse scelto un altro termine su due piedi, questa confusione avrebbe potuto essere evitata, ma è improbabile che un singolo termine possa racchiudere l'intera portata della trasformazione del sistema terrestre da parte dei sistemi umani, e le persone, essendo persone, troverebbero sempre da ridire.

Per la maggior parte della sua esistenza, l'AWG ha risposto a lungo a critiche di questo tipo (ad esempio Autin e Holbrook, 2012; Finney e Edwards, 2016; Gibbard *et al.* 2022). La discussione che ne è seguita rappresenta una parte sostanziale della sua produzione editoriale (ad esempio

Zalasiewicz *et al.* 2017c, 2024a; Head *et al.*, 2023; Waters *et al.* 2023a). È stato un esercizio utile in quanto ha testato a fondo il concetto di Antropocene in teoria e in pratica, anche se l'opposizione a un Antropocene formalizzato non si è fermata una volta che le obiezioni espresse hanno ricevuto risposta, o man mano che si è accumulata la base di prove che dimostra la realtà dell'Antropocene. Piuttosto, l'opposizione è diventata se non altro più forte, suggerendo che qui abbiamo a che fare con una questione in cui le convinzioni filosofiche o ideologiche (su ciò che la geologia dovrebbe e non dovrebbe includere nella sua) hanno avuto un ruolo più importante rispetto alla valutazione di prove dettagliate, sia dalla scienza del sistema terrestre che dalla stratigrafia.

Questo dibattito pubblicato è continuato dopo l'annuncio dell'AWG del 2016 (Zalasiewicz *et al.* 2017b) mentre il gruppo di lavoro iniziava a preparare la sua proposta formale. In modo classico, questa ricerca altamente tecnica ha cercato di individuare un "golden spike" (tecnicamente, un Global boundary Stratotype Section and Point, o GSSP) in qualche sezione di strati che, attraverso il suo modello di segnali geologici, avrebbe cercato di rappresentare al meglio l'inizio dell'Antropocene. Questo esercizio complesso, a differenza del lavoro svolto su unità di scala temporale geologica più antiche e utilizzate da tempo, non aveva un secolo o più di lavoro, dati e

connessioni accademiche su cui fare affidamento; con l'Antropocene, si trattava di partire da zero.

L'esercizio è stato possibile solo grazie a una straordinaria manna per l'AWG, che in precedenza non aveva alcun finanziamento. La Haus der Kulturen der Welt (HKW) di Berlino, un'istituzione umanistica guidata dal suo direttore Bernd Scherer, si era interessata presto all'Antropocene, organizzando la prima grande mostra pubblica al riguardo nel 2014 e continuando a promuovere attività multidisciplinari sul tema. Bernd Scherer ha ottenuto finanziamenti dal governo tedesco per le numerose analisi scientifiche necessarie a stabilire le basi per un confine formale dell'Antropocene (Rosol *et al.* 2023). Questi fondi, molto graditi, hanno permesso a 12 team di scienziati di analizzare e confrontare 12 siti in tutto il mondo, rappresentativi di diversi tipi di strati recenti, tra cui strati di fondali lacustri ed estuari formati annualmente, depositi di grotte, una torbiera, scheletri di corallo e gli strati di macerie sotto il centro di Vienna, per trovare prove di come, precisamente, strato dopo strato, l'Olocene abbia lasciato

il posto all'Antropocene.

Questo enorme lavoro, realizzato in tre anni (nonostante la pandemia di Covid in corso), ha mostrato, in tutti e 12 i siti, chiare prove dell'Antropocene sulla base di un'ampia gamma di segnali conservati negli strati (Waters *et al.* 2023b). In un sito giapponese studiato in modo eccezionalmente approfondito, il team ha trovato, sorprendentemente, 99 diversi tipi di segnali causati o influenzati dall'uomo registrati nei campioni di carotaggio della baia di Beppu. Come previsto, il segnale del plutonio ha fornito il segnale più nitido e sincrono, in diversi casi riconoscibile fino all'anno più vicino. L'esercizio ha dimostrato la realtà dell'Antropocene come fenomeno geologico. Dopo molte discussioni all'interno dell'AWG, uno dei 12 siti, il Crawford Lake in Canada, è stato scelto

– con margini molto ridotti – come candidato per il “golden spike” dell'Antropocene, con alcuni degli altri che hanno ricevuto lo status di ausiliari, mentre il resto è stato nominato sezioni di riferimento. Tutti i siti sono stati significativi nella costruzione di un quadro dell'Antropocene geologico.

Il lago Crawford è diventato il fulcro della proposta di 190 pagine per la formalizzazione dell'Antropocene presentata alla fine di ottobre 2023 al livello gerarchico successivo, la Sottocommissione per il Quaternario (SQS) (Waters *et al.* 2024). In circostanze controverse, la proposta è stata respinta, anche se è stato fatto un annuncio tramite comunicato stampa al *New York Times* il 5 marzo 2024. Nonostante una serie di irregolarità nel processo, la decisione è stata confermata dall'ICS e dall'IUGS. La decisione rifletteva la continua ostilità, soprattutto ai livelli più alti della comunità della scala dei tempi geologici, nei confronti del concetto di Antropocene di Crutzen e dell'AWG. Come per le critiche precedenti, poche delle prove dettagliate raccolte dall'AWG sono state messe in discussione.

A che punto siamo? L'Antropocene, così come è stato concettualizzato da Crutzen e sviluppato in termini geologici, è indubbiamente reale, anche se rimane informale. Il Sistema Terra ha subito un profondo cambiamento a metà del XX secolo rispetto al suo stato olocenico; questo cambiamento ha lasciato un modello di segnali negli strati tanto chiaramente distintivo quanto qualsiasi altro nel record geologico; e questo

cambiamento è irrevocabile (non si può tornare allo stato dell'Olocene). Ancora più importante, l'emergente sistema terrestre dell'Antropocene sta definendo (e nella maggior parte dei casi riducendo) l'abitabilità del nostro pianeta, non solo per la nostra specie, ma anche per la maggior parte delle altre.

Il rifiuto del riconoscimento formale da parte dei comitati che controllano la scala dei tempi geologici non ha cancellato questa realtà. Si potrebbe fare un'analogia con alcune delle precedenti rivoluzioni concettuali in geologia: ad esempio, la consapevolezza che le specie animali e vegetali

non erano immutabili ma si sono evolute nel tempo; la comprensione che ci sono state passate ere glaciali; e la consapevolezza che i continenti della Terra non erano fissi ma si spostavano lentamente attraverso il globo. In ciascuno di questi tre casi, c'è stata inizialmente una forte resistenza al nuovo paradigma che ribaltava le credenze concettuali e metodologiche di lunga data tra i geologi. Ci sono voluti decenni e nuove generazioni di scienziati perché le nuove idee fossero accettate (ad esempio Oreskes 1999). In geologia, sembra che ci troviamo esattamente in questa fase rispetto all'Antropocene. Ma più in generale, l'Antropocene come termine e concetto usato in modo preciso si sta diffondendo, con la comparsa di istituti di ricerca multidisciplinari dedicati all'Antropocene in Cina, Corea del Sud, Germania, Sudafrica e altrove, e con l'Antropocene utilizzato come concetto quadro da istituzioni come l'IPCC e il WWF (Zalasiewicz *et al.* 2024b).

L'Antropocene e la nostra casa comune

Nel contesto di questo workshop e di questa pubblicazione, tuttavia, la vera importanza dell'Antropocene è che riassume tutti i pericoli che minacciano la nostra casa comune. Questi pericoli sono molteplici e inseparabili l'uno dall'altro. Ciò che rende il concetto di Antropocene così vitale è che riunisce fenomeni disparati e ci aiuta a vedere l'insieme intricato e interconnesso, in modo da rifiutare il pensiero compartimentato che ci ha permesso di immaginare che la natura e le persone potessero essere studiate separatamente e che il destino di alcuni fosse separabile dal destino degli altri. In contrapposizione al pensiero isolato che ha portato alla Grande Accelerazione, l'Antropocene fornisce il quadro per il pensiero sistemico necessario per affrontare i pericoli urgenti che l'umanità intera deve affrontare. Ci invita a ricentrare i nostri valori e le nostre azioni su ciò che condividiamo, incluso il “gioioso mistero” della vita su questo bellissimo pianeta.

Di seguito affrontiamo alcuni di questi pericoli, sottolineandone l'interrelazione e la necessità di affrontarne la mitigazione utilizzando il quadro dell'Antropocene. Poiché il pianeta fisico e il globo umano non possono più essere visti come se funzionassero in modo isolato l'uno dall'altro, è essenziale un approccio multidisciplinare. Nessun problema può essere “risolto” separatamente dalle reti biogeofisiche e socioeconomiche di cui fa parte. Come disse il naturalista americano John Muir, “quando cerchiamo di isolare qualcosa, scopriamo che è legata a tutto il resto dell'universo”.

Cambiamento climatico: questo potrebbe essere stato descritto come una minaccia “incipiente” nel 2000, quando Crutzen lanciò il concetto di Antropocene. Allora la temperatura media globale era “solo” di poco superiore a mezzo grado centigrado rispetto al livello preindustriale misurato rispetto al periodo standard 1850-1900, ma era chiaramente segnalato, dato il forte aumento delle emissioni di gas serra nei decenni precedenti. Da allora, il riscaldamento globale è definitivamente arrivato, poiché le temperature hanno continuato a

nel raggiungere il cambiamento nel bilancio radiativo (cioè termico) della Terra, soprattutto dopo gli anni record del 2023-2024 (rispettivamente ~1,47 °C e ~1,6 °C sopra il livello preindustriale,¹). Nel 2024, le temperature hanno superato il limite superiore di 1,5 °C concordato come massimo desiderabile dall'accordo di Parigi dell'IPCC del 2016. La lunga lista di ripercussioni include l'innalzamento del livello del mare (ora ~5 mm/anno), una maggiore deossigenazione degli oceani, sistemi biologici (compresi quelli agricoli) dislocati, un aumento del rischio di terremoti e eventi meteorologici più estremi in un clima sempre più incline al "colpo di frusta idroclimatico" (Swain *et al.* 2025), tra cui ondate di calore letali, incendi boschivi, inondazioni e perdite di raccolto.

Affrontare il cambiamento climatico dal punto di vista dell'Antropocene ne sottolinea la potente minaccia – è stato descritto come "destinato a essere la più grande ingiustizia della storia"²

, ma mostra anche che la mitigazione dei cambiamenti climatici non può essere trattata semplicemente come una questione di ricerca di nuove fonti di energia "verde" senza considerare l'impatto di queste fonti su altri aspetti dell'ambiente e sulle società. Bastano due rapidi esempi. Uno sguardo alle guerre per le risorse nella Repubblica Democratica del Congo rende chiaro che l'estrazione di minerali preziosi come il coltan utilizzato nei computer mette a grave rischio vite umane e non umane e la stabilità sociale. Negli Stati Uniti, soddisfare le

esorbitanti richieste energetiche dell'Intelligenza Artificiale e dei centri dati intorno a Washington DC richiederebbe la costruzione di diverse centrali nucleari su larga scala.³ Poiché mettere in pericolo la capitale della nazione in questo modo è fuori discussione, le compagnie energetiche (tenute a soddisfare la domanda) stanno facendo pressione sulle prerogative dei consigli delle contee rurali e insistono affinché i terreni siano destinati a parchi eolici su larga scala per alimentare l'area metropolitana di Washington DC. La resistenza rurale alla trasformazione del proprio paesaggio è stata affrontata dai governi statali rimuovendo le questioni relative all'uso del suolo dal controllo del consiglio di contea (Yancey 2024). Il risultato politico del risentimento rurale contro l'élite è evidente. In breve, l'adozione dell'energia "verde", se deve aiutarci a seguire una traiettoria più sicura, deve soppesare i benefici rispetto ai costi nel cambiamento dell'uso del suolo, alla stabilità politica, alla bellezza estetica e alla perdita di biodiversità. Non possiamo affrontare l'Antropocene pensando solo al clima, come ora riconosce l'IPCC.

Declino della biosfera: oltre agli effetti sempre più intensi del riscaldamento globale, la biosfera continua a diminuire a causa della perdita di habitat dovuta all'espansione della predazione umana e

1 <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights>

2 <https://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2024/ICJ.PressBriefing.09December2024.pdf>

3 <https://www.washingtonpost.com/business/2024/03/03/ai-data-center-power/>

insediamenti umani e utilizzo del suolo di vario tipo, comprese le aziende agricole e le miniere. La trasformazione della biosfera è stata notevole, soprattutto sulla terraferma, dove la biomassa dei mammiferi è completamente dominata dagli esseri umani (circa un terzo) e dagli animali da allevamento (circa due terzi, che *tra l'altro* contribuiscono in modo significativo alle emissioni di gas serra): i mammiferi selvatici del mondo rappresentano ora solo il 2% in peso di tutti i mammiferi terrestri (Greenspoon *et al.* 2023). Anche la vita oceanica si sta rapidamente degradando, soprattutto nelle barriere coralline ampiamente devastate (Goreau *et al.* 2024). Il diradamento della rete della vita ha danneggiato la salute umana a causa della crescente facilità con cui le malattie si diffondono dagli animali selvatici e domestici alle persone. Queste sfide sanitarie (Gupta

et al. 2024) hanno avuto effetti politici ed economici, come abbiamo tutti visto durante il Covid. Inoltre, la perdita di biodiversità minaccia di ridurre le capacità umane di meraviglia e compassione. Non è un caso che animali e piante figurassero nei miti e nei libri per bambini come personaggi a sé stanti, con tutte le peculiarità delle specie reali pienamente integrate nelle storie. Vivevamo in boschetti di non umanità meravigliandoci di esseri diversi da noi. Questo era un campo di allenamento per l'immaginazione e la compassione necessarie per vedere il mondo dal punto di vista degli altri.

Tecnologia: la recente trasformazione planetaria è stata mediata e resa possibile da un altro fattore: la tecnologia. Le tecnologie si sono sviluppate lentamente durante l'Olocene e in epoche precedenti, ma solo di recente hanno raggiunto il dominio in tandem con le forze antropogeniche, diventando il sistema tecnologico integrato e globalmente interconnesso che ora struttura le nostre vite. La crescita dei sistemi tecnologici può essere misurata in molti modi, ma potremmo semplicemente utilizzare come guida la massa totale degli oggetti fabbricati attualmente in uso (ad esempio edifici, strade, macchine, ecc.). Nel 1950 questa massa stava iniziando a crescere, ma ammontava comunque a meno di cento miliardi di tonnellate, ovvero meno del 10% della massa di tutti gli esseri viventi sulla Terra. Sette decenni dopo, a seguito della Grande Accelerazione, questa "massa antropogenica" è cresciuta di oltre dieci volte, fino a superare il trilione di tonnellate (Elhacham *et al.* 2020). La massa di cose che gli esseri umani hanno progettato e costruito supera la massa della biosfera, ed è ancora in rapida crescita e in continua evoluzione (come nell'evoluzione iper-rapida dei sistemi informatici negli ultimi decenni). Tra i tanti elementi che ne derivano ci sono plastica, pesticidi, fungicidi, piombo e altri importanti inquinanti che non può riassorbire, e che quindi sono destinati a rimanere sulla Terra per tempi geologici (Gabbott e Zalasiewicz 2025). Ogni anno, i rifiuti solidi prodotti dai comuni di tutto il mondo pesano circa 2,01 miliardi di tonnellate, una cifra che dovrebbe raggiungere i 3,40 miliardi in circa 30 anni (Filipenco, 2024). Questo fenomeno è stato descritto come una "sfera" completamente nuova del sistema Terra: la tecnosfera (Haff 2017, 2019, 2023). A differenza delle sfere naturali, questa sfera antropogenica non è rigenerativa. La tecnosfera è emersa molto recentemente dalla biosfera e ora la sta effettivamente parassitando.

Gli esseri umani oggi dipendono quasi interamente dalla tecnosfera per la loro sopravvivenza. Senza la sua capacità di

raccogliere materie prime, produrre cibo, acqua e altri

Nonostante la tecnosfera sia essenziale, le società, individualmente e collettivamente, hanno solo un'influenza molto limitata su di essa perché i nostri sistemi politici non sono stati progettati per regolamentare le imprese globali e i nostri sistemi di conoscenza non la comprendono appieno o non ne capiscono le forme in rapida evoluzione. Questo sistema emergente e in continua trasformazione, guidato da dipendenze di percorso, innovazioni specialistiche, reti finanziarie e obiettivi e interessi ferocemente antagonisti da parte di miliardi di persone, è essenzialmente ingovernabile. Sempre più spesso questo sistema emergente sembra poter fare a meno delle sue componenti umane, automatizzando i lavori e rendendo i lavoratori superflui. Intesa in questo modo, la tecnologia non è più uno strumento che le persone usano, ma un sistema che usa le persone, plasmando le relazioni personali (app di incontri, social media) e le società (data center, magazzini Amazon, messaggistica politica). Come hanno osservato Papa Francesco e altri, sebbene alcune tecnologie abbiano migliorato il benessere umano, il sistema tecnologico globalizzato dominante oggi ha creato ampie disparità di potere e ricchezza, minato la nostra capacità di compassione e ci ha allontanati gli uni dagli altri (*Laudato Si*, in particolare il capitolo 3). Ancora una volta, la sfida della tecnosfera non può essere affrontata separatamente dai cambiamenti climatici, dalle perturbazioni della biosfera, dalla politica, dai costumi e dai valori sociali, motivo per cui l'Antropocene è un quadro di riferimento vitale.

I nostri corpi: uno dei vantaggi della tecnologia nei primi decenni dell'Antropocene è stata una rivoluzione nella salute umana. Grazie ai sistemi igienico-sanitari, alle tecniche agricole, agli antibiotici, ai vaccini⁴ e ad altri nuovi interventi medici, tutti aiutati dalla capacità di diffondere queste innovazioni attraverso programmi di sviluppo umano, la popolazione umana è cresciuta da circa 2 miliardi di persone a oltre 8 miliardi. Le donne non muoiono più così spesso di parto; la stragrande maggioranza dei bambini può aspettarsi di vedere il proprio

quinto compleanno. Infatti, anche nell'Africa subsahariana, che soffre il più alto tasso di mortalità infantile, i decessi infantili sono scesi da 180 su 1000 nel 1990 a 27 su 1000 nel 2022. (Organizzazione Mondiale della Sanità, [https://www.who.int/news-room/fact-](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/newborn-mortality)

[sheets/detail/newborn-mortality](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/newborn-mortality).) Allo stesso tempo, la longevità degli esseri umani è aumentata di molti anni. Questo è un successo sotto quasi tutti i punti di vista (Desmond e Ramsey, 2023). Ma questo aumento della popolazione umana è accompagnato dal declino della prosperità non umana, con l'esaurimento di metà della biomassa terrestre del mondo durante l'Olocene a causa della predazione umana (Bar-On *et al.* 2018) e il declino ancora più rapido

4 I vaccini [hanno salvato più di 150 milioni di vite negli ultimi 50 anni](https://www.scientificamerican.com/article/see-how-many-lives-vaccines-have-saved-around-the-world/) e ridotto la mortalità infantile del 40% in tutto il mondo. <https://www.scientificamerican.com/article/see-how-many-lives-vaccines-have-saved-around-the-world/>

declino della biodiversità dal 1990 (Ceballos *et al.* 2017). Mentre noi esseri umani possiamo vivere fino a una vecchiaia avanzata, il numero di animali selvatici più anziani sta diminuendo, eliminando individui esperti che conoscono meglio il loro ambiente e quindi incidendo sulla capacità del loro gruppo di prosperare (Kopf *et al.* 2025).

A soli sette decenni circa dall'inizio dell'Antropocene, potremmo aver superato il punto di massima salute per gli esseri umani, mentre i mali dell'Antropocene iniziano a farsi sentire. Ci sono già alcune indicazioni che l'aspettativa di vita tra alcuni gruppi sta iniziando a diminuire. I pericoli includono il caldo (Xu *et al.* 2020), la mancanza di acqua dolce, le sostanze chimiche PFAS "per sempre" e le microplastiche in ogni parte del nostro corpo, compreso il cervello. Un recente studio di Harvard ha stimato che ognuno di noi ingerisce, attraverso l'aria, l'acqua, il cibo e le cose che tocchiamo, l'equivalente di una carta di credito di plastica ogni settimana.⁵ Questi minuscoli frammenti non degradabili sono in grado di attraversare il cordone ombelicale, tanto che i bambini di oggi nascono già impregnati di plastica. Stiamo anche perdendo la guerra contro la resistenza agli antibiotici. È in aumento (dell'80% dal 1990 per le persone con più di 70 anni) e potrebbe causare la morte di decine di milioni di persone nei prossimi decenni, che soccomberanno a infezioni un tempo curabili.⁶ La ricerca sta iniziando a suggerire che i vaccini che ancora funzionano potrebbero essere ostacolati dai cambiamenti climatici.⁷ Dalla metà del XX secolo, nuovi composti chimici, immessi nell'ambiente in milioni di tonnellate, sono entrati nel nostro corpo attraverso molte vie (Thomas 2014). Alcuni di questi composti imitano gli ormoni riproduttivi naturali del corpo, rendendo molte specie, tra cui usignoli, orsi polari, pesci d'acqua dolce e alligatori, intersessuali (cioè con organi riproduttivi di entrambi i sessi) e talvolta incapaci di riprodursi. Anche la fertilità umana è influenzata da sostanze chimiche che imitano gli ormoni, come gli ftalati altamente tossici presenti negli imballaggi alimentari in plastica (Langston 2010). In breve, i nostri corpi non sono più chimicamente, microbicamente e funzionalmente come erano nell'Olocene. Durante le fasi iniziali della Grande Accelerazione, molti progressi sono stati benefici, ma sembra che nella salute umana, come in altri settori, ci stiamo avvicinando a un punto di non ritorno. *Laudato Si* ci esorta a prenderci cura dei nostri corpi, ma prendersi cura di noi stessi oggi pone nuove sfide.

Crescita economica: nessuna idea è più importante nell'avviare e guidare l'Antropocene dell'idea di crescita economica infinita. Anche adesso ci aggrappiamo a questa idea come a una zattera di salvataggio che si sgonfia. La crescita economica è vista non solo come auspicabile per i conti bancari delle famiglie e le imprese, ma, dagli anni '30, è diventata una responsabilità centrale del governo. Inizialmente in risposta alla Depressione e poi in tutto il mondo dopo la seconda guerra mondiale, tutte le principali nazioni si sono dedicate a stimolare la crescita per sostenere progetti infrastrutturali, espandere il welfare sociale, i fondi pensione e le spese militari.

5 <https://news.harvard.edu/gazette/story/2024/10/plastic-in-our-bodies-what-does-that-mean-for-our-health-harvard-thinking-podcast/>

6 <https://www.nature.com/articles/d41586-024-03033-w> 7 https://www.nature.com/articles/d41586-023-04077-0?utm_source=Live+Audience&utm_campaign=e3f73c313e-briefing-dy-20240109&utm_medium=email&utm_term=0_b27a691814-e3f73c313e-50302812

forza. Che fossero capitalisti, capitalisti di stato o comunisti, tutti gli stati vi aderirono. La crescita conobbe uno slancio bipartisan negli Stati Uniti e in altre nazioni alleate, dove il progresso veniva misurato dal PIL, il conteggio di beni e servizi forniti dalle imprese sostenute dai governi. La Germania Ovest produsse il Wirtschaftswunder (o “Miracolo sul Reno”) e la Francia supervisionò Les Trentes Glorieuses. Il Ministero giapponese del Commercio Internazionale e dell'Industria (MITI) suscitò ammirazione per aver superato i propri obiettivi di crescita. Nel blocco orientale, l'Unione Sovietica utilizzò la pianificazione centralizzata, la proprietà statale

dei mezzi di produzione e la collettivizzazione per incoraggiare la crescita, mentre nella Cina comunista Mao tentò il “Grande balzo in avanti”. La crescita è diventata fondamentale per mantenere i servizi pubblici, i programmi di ricerca e il welfare di ogni tipo. Come per le iniziative sanitarie della Grande Accelerazione, così è stato anche per i sistemi economici di crescita. Inizialmente tutto sembrava andare bene, ma poi le fondamenta hanno cominciato a sgretolarsi, mentre i venti contrari del debito, il declino delle risorse naturali, i cambiamenti demografici e la crescente disuguaglianza ne hanno eroso le fondamenta.

Diversi fattori rendono la crescita continua una proposta debole se non pericolosa. Il mantra della crescita continua a essere cantato anche se l'economia globale è stata trasformata in almeno due modi critici e correlati: in primo luogo, la concentrazione della ricchezza al vertice e il crescente divario tra ricchi e poveri e, in secondo luogo, il passaggio dall'economia del dopoguerra, basata sulla produzione e lo scambio, a un'economia in cui la maggior parte della ricchezza proviene dal settore finanziario. Il valore stimato di tutta l'attività economica nella produzione e commercializzazione di beni e servizi nel mondo oggi è di 105 trilioni di dollari. Il valore dei derivati finanziari che scommettono sui cambiamenti in questi mercati è di 667 trilioni di dollari (Copeland 2023; Stevenson 2024; Lanchester 2024). In altre parole, il più grande business del mondo non produce nulla di fisicamente tangibile, anche se le ricadute politiche e sociali di questo gioco d'azzardo globale da parte dei ricchi producono pericoli tangibili e intangibili.

Un altro modo in cui la promessa di crescita economica è pericolosa è che la natura ha dei limiti a quanto può essere sfruttata mentre si rigenera. Ad esempio, l'acqua dolce si rigenera attraverso i cicli di pioggia al ritmo di circa l'1% all'anno. Questi limiti non solo sono stati raggiunti, ma superati. Abbiamo superato la capacità del pianeta di rifornirci di “acqua blu” che beviamo nel 1905; ora utilizziamo metodi ad alta intensità energetica per estrarre “acqua fossile” dalle falde acquifere sotterranee. Il limite dell’“acqua verde” disponibile nei suoli per piante e microrganismi è stato superato nel 1929 (Richardson *et al.* 2023). Superiamo la capacità della Terra di mantenere cicli rigenerativi anche in molti altri settori. In sostanza, per crescere abbiamo attinto al futuro e continuiamo a farlo a un ritmo sempre più veloce. Questo è vero soprattutto per i ricchi, ma anche la persona media nei paesi poveri come il Nicaragua, l'Indonesia e l'Uruguay attinge ogni anno più ricchezza dalla Terra di quanta possa essere reintegrata in quell'anno, secondo l'organizzazione Earth Overshoot Day. [8](#). Ci rimpinziamo del futuro attraverso la tecnosfera e ci crogioliamo nei prodotti di scarto dei suoi processi non rigenerativi a nostro costo e a quello dell'intera biosfera. I doni del “miracolo economico della crescita infinita” assomigliano a una trappola per l'umanità: la crescita è necessaria per mantenere la tecnosfera da cui dipendiamo, eppure la crescita sta anche minando rapidamente l'abitabilità del pianeta. I primi a soffrirne sono i più poveri e meno in grado di proteggersi, sia umani che non umani.

La politica: l'ascesa della democrazia è strettamente legata alla crescita economica. Le speranze di autodeterminazione hanno cominciato a mettere radici con l'espansione della classe media basata su una crescente economia mercantile e professionale, e sono fiorite nel XX secolo con la decolonizzazione, i diritti delle donne e l'istituzione di una serie di diversi tipi di democrazia durante quel secolo. L'intima alleanza tra crescita economica e libertà politica è stata notata da molti. Secondo la significativa frase di Dipesh Chakrabarty, il palazzo delle libertà moderne poggia sulla base in continua espansione dell'uso di combustibili fossili.

Alcuni studiosi mettono in relazione la fine della servitù della gleba e della schiavitù con l'ascesa delle nuove fonti di energia minerale che potrebbero liberare le persone dal faticoso lavoro fisico e offrire loro una vita più agiata e maggiori possibilità di scelta (Nikiforuk 2012; Mouhot 2019).

Le nuove tecnologie (combustibili, fertilizzanti, aumento del commercio globale) e le nuove tecniche di governance stimulate da queste nuove fonti di energia ridussero i pericoli delle contingenze locali. Le persone non dovevano più dipendere da ciò che la loro area circostante poteva produrre in termini di acqua, cibo, carburante e riparo, soggetti ai capricci delle variabili naturali, e potevano cercare sostentamento in ecosistemi più ampi, alcuni davvero molto distanti. In breve, la crescita è stata perseguita come un modo per limitare la precarietà locale e garantire un futuro prevedibile (e assicurabile) a una gamma sempre più ampia di persone. Queste persone hanno potuto quindi prendere parte a società democratiche attraverso sistemi educativi ampliati, opportunità culturali e molto altro ancora. In breve, prima dell'Antropocene, il sistema terrestre era abbastanza prevedibile, ma il clima locale, la fertilità del suolo, la religione, l'autorità, la produzione letteraria e gli aperitivi erano tutti altamente imprevedibili. Durante la prima fase della Grande Accelerazione, questo sistema si è ribaltato, trasferendo l'imprevedibilità dal locale al

planetario. Oggi, il Sistema Terra sta precipitando verso (o forse ha già superato) vari punti di non ritorno. Mentre, almeno per un po' ancora, la tecnosfera continua a fornire regolarmente beni e servizi ai ricchi, tutti sono sempre più soggetti ai pericoli imprevedibili (e non assicurabili) di incendi devastanti, innalzamento delle acque, siccità, caldo, pandemie e instabilità sociale che accompagnano queste incertezze planetarie. Questa situazione alimenta rabbia e sfiducia.

Data la crescente precarietà dei sistemi globali (ad esempio, le navi che trasportano beni di consumo rimaste bloccate nel Canale di Panama a causa di insolite precipitazioni), una possibile via di mitigazione è quella di rafforzare le reti locali, costruendo resilienza attraverso ridondanze *non efficienti*

8 <http://overshoot.footprintnetwork.org/newsroom/country-overshoot-days/>

ridondanze controllate a livello locale. L'efficienza si basa sulla prevedibilità; ora che il sistema planetario è imprevedibile, l'inefficienza e la sovrapposizione dei modi per soddisfare le necessità sono una salvaguardia. Abbracciare le ridondanze locali significherebbe accettare ancora una volta la precarietà della vita, un passo ragionevole dato che la promessa di prevedibilità garantita attraverso sistemi globali che attingono alle risorse future mette in pericolo tutti noi. Fare ciò significherebbe sintonizzarci di nuovo con l'intraprendenza, il duro lavoro e la condivisione comunitaria che un tempo aiutava le persone a superare i momenti difficili. Questa politica alternativa, fondata sull'economia ecologica, ha una base crescente di sostenitori e studiosi (Schor 2010; Dietz e O'Neill 2013; Raworth 2018). Se riteniamo che la democrazia sia preziosa, allora una nuova forma di democrazia che non dipenda più dalla crescita ha bisogno di essere articolata e adottata, e presto. Si potrebbe dire che, sebbene il 2024 sia stato un anno eccezionale per le elezioni, con 65 competizioni nazionali in tutto il mondo, non è stato un anno eccezionale per la democrazia.

Conclusione

Per citare Charles Dickens, la prima Grande Accelerazione è stata il migliore dei tempi e il peggiore dei tempi. Ha messo in atto sistemi interconnessi che hanno portato benefici a molti per un certo periodo e che ora ci stanno rapidamente spingendo ben oltre i confini planetari in un territorio imprevedibile. L'“Antropocene” coglie il fenomeno di una pericolosa traiettoria del Sistema Terra, spinta dai sistemi umani, e racchiude anche i segnali misurabili lasciati negli strati a metà del XX secolo, scoperti dai geologi. È un quadro di riferimento per riunire il cambiamento climatico, la perdita di biodiversità, la tecnosfera, i nostri corpi, l'economia, la politica e molto altro. Come ha osservato il giornalista Andrew Revkin, è “diventato la cosa più vicina a una sorta di abbreviazione comune per questo periodo turbolento, epocale, imprevedibile, disperato e pieno di speranza, la cui durata e portata sono ancora sconosciute” (Revkin, 2016). Nonostante il rifiuto della formalizzazione dell'epoca proposta dall'AWG sulla Scala dei tempi geologici, il concetto rimane cruciale. Come sostiene la scrittrice scientifica Elizabeth Kolbert, “l'Antropocene è un termine indispensabile” (Kolbert 2024). Sebbene la nostra specie litigiosa sia incline alla contesa e talvolta persino a malintesi intenzionali e crudeltà, c'è ancora un barlume di speranza che metteremo da parte i nostri battibecchi per ridefinire la nostra nozione di progresso (*Laudato 'Si*, capitolo 5). Sta a noi decidere se quel barlume d'argento è semplicemente un raggio di luna inconsistente che gioca sulle onde o un sentiero illuminato. Dobbiamo riconoscere i limiti di ogni particolare ramo del sapere e di ogni singola prospettiva, e unirli collettivamente se vogliamo affrontare i pericoli dell'Antropocene con grazia, carità e coraggio.

Bibliografia

Autin, W.J., e Holbrook, J.M., 2012. L'Antropocene è una questione di stratigrafia o di cultura pop? *GSA Today*, n. 22(7), pp. 60-61, doi: 10.1130/G153GW.1.

Bar-On, Y. M., Phillips, R. e Milo, R. 2018. The biomass distribution on Earth.

Proceedings of the National Academy of Sciences, 115, 6506-6511.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1711842115>

Ceballos, G., Ehrlich, P.R. e Dirzo, R. 2017. Annientamento biologico attraverso la sesta estinzione di massa in corso segnalata da perdite e declino della popolazione dei vertebrati.

Proceedings of the National Academy of Sciences, n. 114, E6089-E6096.

Copeland, R. 2023. *The Fund: Ray Dalio, Bridgewater Associates and the Unraveling of a Wall Street Legend*. St. Martin's Press, 352 pp.

Crutzen, P. J. 2002. Geology of Mankind. *Nature*, 415, 23. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27460-7_10

Crutzen, P. J., & Stoermer, E. F. 2000. The “Anthropocene.” *IGBP Global Change Newsletter*, 41, 17–18.

Desmond, H. e Ramsey, G. 2023. *Human Success: Evolutionary Origins and Ethical Implications*. Oxford University Press, 344 pp.

Dietz, R. e O'Neill, D. 2013. *Enough is Enough: Building a Sustainable Economy in a World of Finite Resources*. Berrett-Koehler Publishers, 240 pp.

Elhacham, E., Ben-Uri, L., Grozovski, J. *et al.* 2020. Global human-made mass exceeds all living biomass. *Nature*, 588, 442–444. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-3010-5>

Filipenco, D. 2024. "World waste: statistics by country and brief facts," *Developmental Aid*. <https://www.developmentaid.org/news-stream/post/158158/world-waste-statistics-by-country>

Gabbott, S. e Zalasiewicz, J. 2025. *Discarded: How Technofossils will be Our Ultimate Legacy*. Oxford University Press, 256 pp.

Gibbard, P. L., Bauer, A. M., Edgeworth, M., Ruddiman, W. *et al.* 2021. Una soluzione pratica: l'Antropocene è un evento geologico, non un'epoca formale. *Episodes*, n. 45(4), 349-357. <https://doi.org/10.18814/epiiugs/2021/021029>

Goreau, T.J.F. e Hayes, R.L. 2024. 2023 Record di ondate di calore marine: sbiancamento della barriera corallina Le mappe HotSpot rivelano temperature estreme della superficie del mare, mortalità dei coralli e cambiamenti nella circolazione oceanica. *Oxford Open Climate Change*, 4, 1 kgae005.

<https://doi.org/10.1093/oxfclm/kgae005>

Greenspoon, L., Krieger, E., Sender, R. *et al.* 2023. The global biomass of wild mammals. *Proceedings of the National Academy of Science*, 120, e2204892120.

<https://doi.org/10.1073/pnas.2204892120>

Gupta, J., Bai, X., Liverman, D.M. *et al.* 2024. Un mondo giusto su un pianeta sicuro: un rapporto Lancet Planetary Health-Earth Commission sui confini, le trasformazioni e le traduzioni del sistema Terra. *Lancet Planet Health* 2024. Pubblicato online l'11 settembre 2024. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(24\)00042-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00042-1)

Haff, P.K. 2017. Being Human in the Anthropocene. *The Anthropocene Review*, n. 4(2), 103

–109. <https://doi.org/10.1177/2053019617700875>

Haff, P.K. 2019. The Technosphere and its relation to the Anthropocene. In (Zalasiewicz, Waters, Williams e Summerhayes, Eds) *The Anthropocene as a Geological Time Unit A Guide to the Scientific Evidence and Current Debate*. Cambridge University Press, 138–143.

Haff, P.K. 2023. Technosphere. In Wallenhorst, N. e Wulf, C. (Eds) *Handbook of the Anthropocene*. Springer (2023), 537-541.

Head, M.J., Zalasiewicz, J.A., Waters, C.N. *et al.* 2023. L'Antropocene è un'epoca/serie prospettica, non un evento geologico. *Episodes*, 46, 2, 229-238.

<https://doi.org/10.18814/epiiugs/2022/022025>

Kolbert, E. 2024. La "lotta epica" per una nuova epoca. *New Yorker*, 20 aprile 2024.

<https://www.newyorker.com/news/the-weekend-essay/the-epic-row-over-a-new-epoch>

Kopf, R.K., Banks, S., Brent, L.J.N. *et al.* 2025. Loss of Earth's old, wise, and large animals. *Science*, 387, eado2705. DOI: [10.1126/science.ado2705](https://doi.org/10.1126/science.ado2705)

Kuwae, M., Yokoyama, Y., Tims, S. *et al.* 2024. Toward defining the Anthropocene onset using a rapid increase in anthropogenic fingerprints in global geological archives.

Proceedings of the National Academy of Science, 121(41), e2313098121.

<https://doi.org/10.1073/pnas.2313098121>

Lanchester, J. 2024. For Every Winner a Loser. *London Review of Books* (12 settembre 2024) 3-8.

Langston, N. 2010. *Toxic Bodies: Hormone Disruptors and the Legacy of DES*. Yale University Press, 224 pp.

Meybeck, M., 2001, River basins under Anthropocene conditions. In: von Bodungen, B., and Turner, R.K. (Eds.), *Science and Integrated Coastal Management*. Dahlem University Press, Berlin, pp. 275–294.

Mouhot, Jean-Francois. 2019. We are all Slaveowners Now: Fossil Fuels, Energy Consumption and the Legacy of Violence. In (M. Leven, R. Johnson and P. Roberts, Eds) *History at the End of the World? History, Climate Change and the Possibility of Closure* Penright, UK: HEB Humanities-Ebooks, LLP.

Nikiforuk, A. 2012. *The Energy of Slaves: Oil and the New Servitude*. Toronto: Greystone Books, 296 pp.

Oreskes, N. 1999. *The rejection of continental drift: theory and method in American Earth science*. Oxford University Press, 432 pp.

Raworth, K. 2018. *Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist*. Chelsea Green Publishing; Reprint edition, 320 pp.

Revkin, Andrew, ottobre 2016,

<https://www.anthropocenemagazine.org/anthropocenejourney/>

Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W. et al. 2023. Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9, eadh2458. DOI: [10.1126/sciadv.adh2458](https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458)

Rosol, C., Schäfer, G. N., Turner, S. D. et al. 2023. Evidence and experiment: Curating contexts of Anthropocene geology. *The Anthropocene Review*, n. 10, pagg. 330-339.

<https://doi.org/10.1177/20530196231165621>

Samways, M., 1999, Translocating fauna to foreign lands: here comes the Homogenocene. *Journal of Insect Conservation*, n. 3, pp. 65-66.

Schellnhuber, H.J. 1999. 'Earth system' analysis and the second Copernican revolution.

Nature, n. 402, Supp., pp. C19-C23.

Schor, J. B. 2010. *True Wealth: How and Why Millions of Americans are Creating a Time- Rich, Ecologically Light, Small-Scale, High-Satisfaction Economy*. Penguin, 258 pp.

Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P. D., Jäger, J., Matson, P., Moore III, B., et al. (2004). *Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure*, The IGBP Book Series, Berlino, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 336 pp.

Steffen, W., Crutzen, P. J., & McNeill, J. R. 2007. The Anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of Nature? *Ambio*, n. 36, 614–621.

[https://doi.org/10.1579/0044-7747\(2007\)36\[614:TAAHNO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7747(2007)36[614:TAAHNO]2.0.CO;2)

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., et al. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2, 1, 81-98,

<https://doi.org/10.1177/2053019614564785>

Steffen, W., Leinfelder, R., Zalasiewicz, J. et al. 2016. Stratigraphic and Earth System approaches in defining the Anthropocene. *Earth's Future*, n. 8, pagg. 324-345.

<https://doi.org/10.1002/2016EF000379>

Stevenson, G. 2024. *The Trade Game: A Confession*. Allen Lane, 352 pp.

Summerhayes, C. P., Zalasiewicz, J., Head, M. J. et al. 2024. The future extent of the Anthropocene epoch: A synthesis. *Global and Planetary Change*, n. 242, 104568.

<https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2024.104568>

Swain, D.L., Prein, A.F., Abatzoglou, J.T. et al. 2025. Hydroclimate volatility on a warming Earth. *Nature Reviews Earth & Environment*, n. 6, pagg. 35-50. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00624-z>

Syvitski, J., Waters, C.N., Day, J. et al. 2020. Il consumo straordinario di energia da parte dell'uomo e i conseguenti impatti geologici a partire dal 1950 d.C. hanno dato inizio all'Antropocene. *Communications Earth & Environment* 1, 32, doi.org/10.1038/s43247-020-00029-y.

Thomas, J.A., 2014. History and Biology in the Anthropocene: Problems of Scale, Problems of Value. *American Historical Review* 119, 5. <https://www.jstor.org/stable/43698892>

Thomas, J.A., Williams, M. and Zalasiewicz J. 2020. *The Anthropocene: A Multidisciplinary Approach*. Polity Books, 288 pp.

Turner, S., Waters, C., Zalasiewicz, J. and Head, M.J. 2024. What the Anthropocene's critics overlook – and why it really should be a new geological epoch. *The Conversation*, 12 marzo 2024.

Waters, C.N., Zalasiewicz, J.A., Williams, M., Ellis, M.A., and Snelling, A.M. (a cura di) 2014. A stratigraphical basis for the Anthropocene. Geological Society, Londra, pubblicazione speciale, 395, 321 pagg.

Waters, C.N., Syvitski, J.P.M., Galuszka, A., Hancock, G.J., Zalasiewicz, J., Williams, M., Cerreta, Grinevald, J., Jeandel, C., McNeill, J., Summerhayes, C. & Barnosky, A.D. 2015 Le ricadute delle armi nucleari possono segnare l'inizio dell'epoca dell'Antropocene? *Bulletin of the Atomic Scientists* 71 (3), 46-57.

Waters, C.N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C. et al. 2016. L'Antropocene è funzionalmente e stratigraficamente distinto dall'Olocene. *Science* 351 (137). DOI: [10.1126/science.aad2622](https://doi.org/10.1126/science.aad2622)

Waters, C.N., Head, M.J., Zalasiewicz J. et al. 2023a. Risposta a Merritts et al. (2023a): L'Antropocene è complesso. Definirlo non lo è. *Earth-Science Reviews* 238: 104335. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104335>

Waters, C.N., Turner, S.D., Zalasiewicz, J., Head, M.J. (Eds.), 2023b. Candidate sites and other reference sections for the Global boundary Stratotype Section and Point of the Anthropocene series. *The Anthropocene Review* 10, 3-24. <https://doi.org/10.1177/20530196221136422>

Waters, C. N., Turner, S., An, Z. et al. (2024). Proposals by the Anthropocene Working Group: The Anthropocene Epoch and Crawfordian Age: proposals by the Anthropocene Working Group, submitted to the ICS Subcommittee on Quaternary Stratigraphy on October 31st, 2023. Executive Summary, Part 1, and Part 2. *EarthArXiv* <https://doi.org/10.31223/X5VH70>, <https://doi.org/10.31223/X5MQ3C>, <https://doi.org/10.31223/X5RD71>.

Williams, M., Zalasiewicz, J., Haywood, A., ed Ellis M., (a cura di) 2011, The Anthropocene: a new epoch of geological time? *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, n. 369, pp. 833-1112.

Williams, M., Leinfelder, R., Barnosky, A.D., et al. 2022. Il cambiamento su scala planetaria della biosfera segnalato dalle traslocazioni globali delle specie può essere utilizzato per identificare l'Antropocene. *Paleontology*, e12618. <https://doi.org/10.1111/pala.12618>

Williams, M., Zalasiewicz, J., Barnosky, A.D. et al. 2024. Palaeontological signatures of the Anthropocene are distinct from those of previous epochs. *Earth-Science Reviews* 255, 104844. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.104844>

Organizzazione Mondiale della Sanità, <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/newborn-mortality>

Xu, Chi, Kohler, T.A., Lenton, T.M. et al. 2020. Future of the human climate niche. *Proceedings of the National Academy of Science*, n. 117 (21), 11350-11355 <https://doi.org/10.1073/pnas.1910114117>

Yancey, D. 2024. La rabbia rurale nei confronti dell'energia solare è reale. *Cardinal News*. <https://cardinalnews.org/2024/03/22/the-rural-anger-over-solar-energy-is-real/>

Zalasiewicz, J., Williams, M., Smith, A. et al. 2008. Are we now living in the Anthropocene? *GSA Today*, n. 18(2), 4–8. doi: 10.1130/GSAT01802A.1

Zalasiewicz, J., Cita, M.B., Hilgen, F. et al. 2013. Chronostratigraphy and geochronology: a proposed realignment. *GSA Today*, n. 23 (3), 4-8. DOI: 10.1130/GSATG160A.1

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Williams, M. et al. 2015. When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary is stratigraphically optimal. *Quaternary International*, n. 383, 196-203. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.11.045>

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Ivar Do Sul, J.A. et al. 2016. The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic

indicator of the Anthropocene. *Anthropocene*, n. 13, pagg. 4-17.

<https://doi.org/10.1016/j.ancene.2016.01.002>

Zalasiewicz, J., Steffen, W., Leinfelder, R. et al. 2017a. Petrifying Earth process: the stratigraphic imprint of key Earth System parameters in the Anthropocene. *Theory, Culture & Society*, n. 34, pagg. 83-104. <https://doi.org/10.1177/0263276417690587>

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Summerhayes, C.P. et al. 2017b. The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations.

Anthropocene, n. 19, 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2017.09.001>

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Wolfe, A.P. et al. 2017b. Making the case for a formal Anthropocene: an analysis of ongoing critiques. *Newsletters on Stratigraphy*, n. 50, pp. 205-226. DOI: [10.1127/nos/2017/0385](https://doi.org/10.1127/nos/2017/0385)

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Williams, M. & Summerhayes, C.P. (Eds). 2019. *The Anthropocene as a geological time unit: a guide to the scientific evidence and current debate*. Cambridge University Press, 361 pp.

Zalasiewicz, J., Head, M.J., Waters, C.N. et al. 2024a. The Anthropocene within geological time : A response to fundamental questions. *Episodes*, 47, 1, 65-83.

<https://doi.org/10.1881/4/epiugs/2023/023025>

Zalasiewicz, J., Thomas, J.A., Waters, C.N. et al. 2024b. What should the Anthropocene mean? *Nature*. 632, 980–984. <https://doi.org/10.1038/d41586-024-02712-y>

Il dibattito sull'Antropocene e le sue ramificazioni per l'umanità

Jan Zalasiewicz, Università di Leicester, Regno Unito e Julia Adeney Thomas, Università di Notre Dame, USA.

Abstract: L'Antropocene è stato lanciato nel dibattito pubblico dal premio Nobel Paul Crutzen nel 2000, quando ha capito che applicare il termine "Olocene" ai giorni nostri non aveva più senso. L'Olocene è l'epoca geologica formale che rappresenta il periodo di tempo dall'ultima glaciazione terminata circa 12 millenni fa; è il periodo di relativa stabilità planetaria che ha permesso alle complesse civiltà umane di svilupparsi e prosperare. Crutzen ha sostenuto che i recenti impatti umani sull'atmosfera, sull'oceano e sulla biosfera sono stati così gravi che questa stabilità dell'Olocene è terminata e che è iniziata una nuova epoca caratterizzata da instabilità planetaria e cambiamenti al di là delle norme dell'Olocene; lui l'ha definita Antropocene. La proposta di Crutzen ha ricevuto sia sostegno che critiche: per quanto riguarda le critiche, è stato sostenuto che l'Antropocene è troppo breve per essere un'epoca geologica, o che non rappresenta tutti gli impatti umani che risalgono a molti millenni fa, o che è stato motivato politicamente, piuttosto che scientificamente - e questi dubbi hanno portato al rifiuto dell'Antropocene come unità formale della Scala Temporale Geologica nel marzo 2024.

Tuttavia, le prove raccolte dall'Antropocene Working Group (AWG) hanno dimostrato che l'ipotesi di Crutzen è vera al di là di ogni dubbio ragionevole. Non ci possono essere dubbi sul fatto che la Terra si sia allontanata dalle condizioni dell'Olocene per diventare più calda, biologicamente degradata e più inquinata; i suoi cicli biogeochimici non funzionano più come una volta. Questi cambiamenti, strettamente legati alla metà del XX secolo, alla "Grande Accelerazione" della popolazione umana, all'industrializzazione e alla globalizzazione, hanno lasciato una distintiva e sorprendente impronta geologica; e sono per lo più irreversibili, aprendo la strada a una nuova traiettoria nettamente distinta della storia della Terra. L'Antropocene esiste de facto, se non ancora de jure, come epoca formale, la cui traiettoria inter alia influenzerà sempre più - e minaccerà - la vita di miliardi di persone. Di conseguenza, l'abbondanza e la relativa prevedibilità che abbiamo dato per scontate come fondamentali per la vita moderna con le sue particolari forme di economia e politica non esistono più. La situazione richiede il coraggio di abbracciare una nuova serie di principi e valori adeguati al nuovo mondo dell'Antropocene e di evitare il business as usual.

L'Antropocene, quindi, rappresenta una realtà alterata che stiamo lottando per capire e accettare. Le nostre scelte definiranno l'abitabilità del nostro pianeta per il prossimo futuro.

Il concetto di Antropocene, a tutti gli effetti, è emerso nel febbraio 2000 a Cuernavaca, in Messico, dove si stava svolgendo una riunione del Programma Internazionale Geosfera-Biosfera (IGBP). Il tema della discussione era come il Sistema Terra stesse cambiando in risposta ai crescenti impatti umani. Una serie di relatori presentava informazioni su diversi tipi di cambiamento, all'atmosfera e agli oceani, al paesaggio e alla sua biodiversità in diminuzione, e continuava a riferirsi a questo cambiamento come avvenuto durante l'epoca dell'Olocene, l'intervallo di tempo geologico lungo 11.700 anni che segna il tempo trascorso dalla fine dell'ultima glaciazione della Terra. Paul Crutzen, chimico atmosferico e vincitore del premio Nobel per le sue ricerche sui cambiamenti dello strato di ozono causati dall'uomo, divenne visibilmente irritato man mano che le presentazioni proseguivano. Alla fine, irruppe nel dibattito per intervenire dicendo che non aveva più senso dire che stavamo vivendo nell'Olocene, perché la

Terra era cambiata troppo. “Siamo nell'... Antropocene”, dichiarò.

Fu un'improvvisazione, ma rimase. Gran parte della discussione successiva durante la riunione fu dedicata all'idea e, con il sostegno dell'allora presidente dell'IGBP, Will Steffen, Crutzen la portò avanti. Scopri che Eugene Stoermer, un ecologo canadese specializzato in laghi, aveva sviluppato l'idea in modo indipendente e inventato il termine alcuni anni prima, anche se solo per usarlo nelle discussioni con i suoi colleghi e studenti.

Ciononostante, invitò Stoermer a scrivere insieme un breve articolo per presentare il concetto di Antropocene a un pubblico più vasto, pubblicandolo nella Newsletter dell'IGBP quello stesso anno (Crutzen e Stoermer 2000). In seguito, pubblicò una breve e vivida introduzione

- di una sola pagina - che raggiunse un pubblico ancora più vasto sulla rivista *Nature* (Crutzen 2002). L'Antropocene divenne rapidamente un concetto quadro per il lavoro scientifico dell'IGBP e più in generale per la più ampia comunità scientifica del Sistema Terra, comprendente scienziati che cercavano di studiare la Terra nel suo insieme, come sistema integrato, piuttosto che semplicemente attraverso i suoi componenti separati, come era diventata la norma con la crescente specializzazione della scienza, soprattutto dalla metà del XIX secolo in poi (Schellnhuber 1999). Questa comunità ha trattato l'Antropocene come un'epoca *di fatto* del periodo post-Olocene, con Crutzen che inizialmente suggeriva che si potesse pensare che fosse iniziato intorno all'inizio della Rivoluzione Industriale alla fine del XVIII secolo, quando in Europa iniziò seriamente la combustione di combustibili fossili. Avendo pochi geologi tra le loro fila, non erano a conoscenza, o non tenevano conto, delle complesse procedure burocratiche che si erano accumulate nel corso di circa due secoli per aggiungere formalmente nuove unità di tempo geologico alla Scala dei Tempi Geologici, quindi hanno semplicemente usato il termine con naturalezza come una nuova epoca nelle loro pubblicazioni (ad esempio Meybeck 2001, Steffen *et al.* 2004, 2007). Per i geologi, tuttavia, le parole con il suffisso “-cene” sono termini tecnici che indicano un particolare tipo di intervallo di tempo all'interno dell'era cenozoica che rappresenta gli ultimi 66 milioni di anni della storia della Terra.

Alla fine, la comunità geologica si accorse che l'“Epoca dell'Antropocene” veniva utilizzata nelle pubblicazioni provenienti dalla comunità IGBP, anche se il termine non era stato sottoposto a nessuna delle complesse procedure dei comitati ufficiali che sovrintendono alla suddivisione della storia della Terra sulla scala dei tempi geologici. Uno di questi comitati iniziò a discutere di questo termine nel 2006: la Commissione di Stratigrafia della Geological Society of London. Sebbene fosse un comitato nazionale e non internazionale, e quindi non avesse giurisdizione sulla Scala dei Tempi Geologici, era in grado di analizzare la questione ed esprimere un'opinione. Ha scoperto (Zalasiewicz *et al.* 2008) che il concetto aveva un valore e necessitava di ulteriori studi.

Questa scoperta ha portato alla decisione di creare un gruppo di lavoro formale per esaminare ufficialmente la questione. Un gruppo di lavoro, in questo caso l'Antropocene Working Group (AWG), è il gradino più basso dell'ampia gerarchia che disciplina la Scala dei tempi geologici. L'AWG è stato istituito dalla SQS (Subcommission on Quaternary Stratigraphy), l'organismo che si occupa della scala dei tempi del periodo quaternario che rappresenta gli ultimi 2,6 milioni di anni della storia della Terra (essenzialmente, le ere glaciali del linguaggio comune). La SQS è una

divisione della Commissione Internazionale di Stratigrafia (ICS) che supervisiona l'intera Scala dei Tempi Geologici. La ICS stessa è sotto la giurisdizione dell'Unione Internazionale di Scienze Geologiche (IUGS), l'organo generale per la geologia nel suo complesso.

Nel 2009, l'AWG ha iniziato a lavorare. Per necessità, ha infranto alcuni precedenti. Poiché nell'Antropocene il tempo geologico si sovrappone chiaramente al tempo storicamente registrato, i membri dovevano includere non solo geologi (specialmente della sottodisciplina della stratigrafia, che studia la storia della Terra dalle prove contenute negli strati rocciosi), ma anche storici, archeologi, scienziati del sistema Terra (Paul Crutzen e Will Steffen ne sono diventati membri), oceanografi e altri (incluso un avvocato specializzato nel diritto internazionale del mare, per aiutare a considerare l'utilità più ampia del termine e del concetto per la società). Pertanto, piuttosto che un organismo specializzato in stratigrafia, si è sviluppato fin dall'inizio come un organismo multidisciplinare (Thomas *et al.* 2020), il primo del suo genere nell'ICS.

Tuttavia, l'AWG lavorava nel quadro del tempo geologico, che ha due aspetti. Il tempo geologico si occupa sia del tempo inteso come flusso temporale della storia, sia del tempo in forma solida e *materiale*: ad esempio, gli strati fisici della crosta terrestre (Zalasiewicz *et al.* 2013). In particolare, i geologi lavorano per stabilire se gli strati che si sono formati in un dato intervallo di tempo sono abbastanza distintivi (attraverso il loro contenuto fossile, i loro schemi chimici e così via) da poter essere riconosciuti come unità distintive e tracciati (“correlati”, in gergo geologico) in tutto il mondo. Per i geologi questo ha senso, perché quasi sempre il loro unico contatto con il tempo è attraverso la documentazione rocciosa, di cui oltre il 99% si è formato prima che gli esseri umani emergessero e fossero in grado di osservare e quindi registrare ciò che accadeva intorno a loro. Pertanto, l'Antropocene doveva avere senso non solo come *epoca storica* caratterizzata da un significativo aumento della produzione, dei consumi e della popolazione umana, che altera in modo significativo il clima del pianeta, riducendo la biodiversità, terraformando la crosta terrestre e aumentando l'inquinamento, ma anche come una *serie di* strati sedimentari che intrappolano prove sistematicamente riconoscibili di tali cambiamenti ambientali.

Paul Crutzen, Will Steffen e i loro colleghi pensavano solo a questi cambiamenti ambientali nel tempo, mentre per la maggior parte dei geologi è la *serie di* eventi fisici

che è cruciale, poiché è il collegamento diretto con la storia della Terra dedotta dagli antichi strati.

Anche il *limite di un'unità di tempo geologico* è cruciale, poiché deve essere, per quanto possibile, tracciabile *in modo sincrono* intorno alla Terra, utilizzando le prove conservate negli strati. La sincronia è importante, poiché la maggior parte dei cambiamenti ambientali sulla Terra avvengono *in modo diacronico*, ovvero in momenti diversi in regioni diverse della Terra. Ad esempio, quando il clima globale cambia, ci vuole un po' di tempo prima che i ghiacciai rispondano, avanzando nei climi più freddi e ritirandosi in quelli più caldi, e allo stesso modo le popolazioni animali e vegetali impiegano secoli o millenni per migrare in risposta a tali cambiamenti climatici. Per tracciare questi fenomeni nello spazio e nel tempo, è necessario un quadro temporale pratico e affidabile, e i confini delle unità di tempo geologiche ne costituiscono i principali gradini. Il confine per l'Antropocene originariamente suggerito da Crutzen, l'

inizio della rivoluzione industriale in Europa alla fine del XVIII secolo, sembrava ovvio per quanto riguarda il cambiamento atmosferico e la storia ambientale occidentale, ma funzionava anche *dal punto di vista geologico* e come *storia globale*?

Quando l'AWG iniziò il suo lavoro, non c'erano prove evidenti che i sorprendenti cambiamenti ambientali globali identificati da Crutzen e dai suoi colleghi avessero prodotto un'unità di strati corrispondente e riconoscibile, distinta dagli strati dell'Olocene. Dopo tutto, la maggior parte dei geologi lavora su rocce molto più antiche (anche se da tempo esiste una fiorente comunità dedicata all'Olocene) e pensa in termini di milioni di anni, non di secoli o decenni: usano martelli e scalpelli per raccogliere dati, piuttosto che vanghe e cazzuole.

Tuttavia, le prove raccolte dagli strati moderni hanno cominciato ad accumularsi (ad esempio Williams *et al.* 2011, Waters *et al.* 2014) e a rispecchiare le prove osservate e registrate del cambiamento ambientale globale documentate dalla comunità scientifica del Sistema Terra (Steffen *et al.* 2016; Zalasiewicz *et al.* 2017a). La combustione di combustibili fossili, ad esempio, sta prelevando carbonio immagazzinato per centinaia di milioni di anni nel sottosuolo e, improvvisamente,

in modo quasi esplosivo, lo sta rilasciando nell'atmosfera e negli oceani. L'aumento di anidride carbonica nell'atmosfera che ne deriva può ora essere misurato strumentalmente e questo aumento è stato documentato sistematicamente come la "curva di Keeling" (dal nome dello scienziato Charles Keeling, che l'ha iniziata) dal 1958. Ha portato l'anidride carbonica atmosferica a livelli molto più alti di qualsiasi altro momento almeno negli ultimi 800.000 anni, come dimostrato dal confronto con l'aria fossile intrappolata negli strati di ghiaccio antartico. L'aumento è stato straordinariamente rapido, circa 100 volte più veloce, infatti, dell'aumento di anidride carbonica che si è verificato quando la Terra si è riscaldata dal Pleistocene all'Olocene (a sua volta considerato un rapido aumento in un contesto geologico) (Figura 1).

Figura 1. Le principali misurazioni del sistema terrestre, come le concentrazioni di anidride carbonica e altri gas serra nell'atmosfera, e il conseguente cambiamento della temperatura globale, sono aumentate significativamente dal Pleistocene all'Olocene, come mostra questo grafico di 30.000 anni, ma non in modo così brusco come nel passaggio dall'Olocene all'Antropocene. Diagramma per gentile concessione di Martin Head, pubblicato originariamente in Turner et al. 2024.

Questo continuo aumento di anidride carbonica lascia anche altri indizi più materiali. I combustibili fossili hanno un'impronta chimica distintiva, essendo relativamente ricchi dell'isotopo leggero carbonio-12, e questa impronta isotopica viene incorporata nei materiali a base di carbonio in crescita (e fossilizzabili), come il legno degli alberi e gli scheletri di corallo. La combustione ad alta temperatura di combustibili fossili in forni industriali e centrali elettriche produce anche innumerevoli particelle di cenere volante ricche di carbonio, rilasciate nel fumo, trasportate in lungo e in largo dalle correnti d'aria e poi ricadute a terra; queste particelle di cenere volante possono essere recuperate dagli strati di sedimenti nelle torbiere e nei laghi (e sono state trovate persino negli strati di ghiaccio dell'Antartide). Forniscono prove concrete e pressoché onnipresenti che possono essere utilizzate per riconoscere l'Antropocene negli strati.

Sono emerse molte altre prove. La plastica, ad esempio, è stata dispersa in tutto il mondo dal vento e dalle correnti d'acqua, ed è ora presente negli strati di sedimenti dalle cime delle montagne alle profondità oceaniche, sia sotto forma di grandi oggetti riconoscibili come bottiglie di bevande e involucri di alimenti scartati (che possono essere considerati "tecnofossili") sia sotto forma di minuscoli frammenti di microplastica (Zalasiewicz *et al.* 2016). Molti tipi di inquinanti organici persistenti moderni, come i pesticidi, possono essere rilevati nei sedimenti moderni. Anche il modo in cui abbiamo cambiato le comunità animali e vegetali ha lasciato il suo

segno geologico, non tanto a causa della crescente crisi di estinzione, ma a causa della traslocazione di molte migliaia di specie, sia intenzionale che accidentale, tra ogni continente e ogni oceano della Terra, causata dall'uomo. I resti fossili di queste specie introdotte di recente caratterizzano già molte successioni sedimentarie (Williams *et al.* 2022, 2024). Anche prima che Crutzen suggerisse l'Antropocene, questo fenomeno aveva portato al suggerimento indipendente di un'epoca "Omogenocene" (Samways 1999) per riflettere l'omogeneizzazione delle comunità biogeografiche della Terra, consolidate da tempo.

Man mano che le prove a sostegno dell'Antropocene si accumulavano, tuttavia, divenne chiaro che il punto di partenza originariamente suggerito da Crutzen, l'inizio della rivoluzione industriale, non sarebbe stato facilmente applicabile geologicamente, perché i segnali geologici associati all'inizio della rivoluzione industriale in Europa erano troppo deboli a livello globale e troppo sparsi nel tempo e nello spazio; erano diacronici, piuttosto che sincronici, a causa del modo in cui l'industrializzazione si diffuse in modo frammentario in tutto il mondo per oltre un secolo e non si scatenò completamente fino al XX secolo. Ma un altro livello, molto più convincente per un confine Olocene-Antropocene, era diventato evidente nel 2004 con il

lavoro di un team IGBP guidato da Will Steffen. In un rapporto intitolato “Global Change and the Earth System: A Planet under Pressure”, hanno correlato la crescita di fattori umani come la popolazione, il PIL e gli investimenti esteri diretti con aumenti chiaramente definiti dei gas serra, un oceano trasformato e perdite di ecosistemi e specie. Mettendo insieme queste prove socio-politiche e ambientali, è emerso che un cambiamento improvviso si è verificato non alla fine del XVIII secolo, ma a metà del XX secolo, quando il mondo ha vissuto la “Grande Accelerazione” (termine di McNeill: Steffen *et al.* 2007, 2015). Da questo momento in poi, gli effetti delle pressioni umane sul sistema terrestre hanno prodotto una cascata di segnali geologici negli strati che hanno reso questo nuovo periodo non solo un'unità storica, ma anche geologica (Zalasiewicz *et al.* 2015; Kuwae *et al.* 2024). È diventato evidente che utilizzare ~1950 come punto di partenza dell'epoca dell'Antropocene era molto meglio perché rifletteva la trasformazione planetaria, poiché la relativa stabilità del sistema terrestre dell'Olocene ha lasciato il posto alle condizioni più instabili e in rapida evoluzione dell'Antropocene.

La Grande Accelerazione è un fenomeno sorprendente. Ad esempio, più del 90% del carbone, del petrolio e del gas mai sfruttati sono stati bruciati dal 1950 e l'umanità ha utilizzato più energia dal 1950 che in tutti gli 11.700 anni dell'Olocene precedente (Syvitski *et al.* 2020). L'estrazione mineraria, la costruzione di dighe, l'urbanizzazione e la perdita di suolo dovuta all'espansione dell'agricoltura hanno trasformato il paesaggio terrestre in questo periodo. Molti

segnali chiave, come quello della plastica e di molti inquinanti organici persistenti, sono essenzialmente confinati all'intervallo successivo alla metà del XX secolo. E il segnale più preciso di tutti è fornito dai radionuclidi artificiali, generati dai test sulle bombe nucleari e dal nucleare civile, in particolare con la diffusione mondiale del plutonio che ha fatto seguito all'inizio dei test sulla bomba all'idrogeno termonucleare (bomba H) nel 1952 (Waters *et al.* 2015). La

detonazione, il 1° novembre 1952, di “Ivy Mike”, la prima bomba H, fu identificata dall'AWG come un “marcatore primario” adatto che poteva guidare la definizione dell'Antropocene, essendo un analogo moderno, creato tecnologicamente, dell'iridio sparso dai meteoriti che forma un sorprendente, essenzialmente sincrono, marcatore di confine globale per il confine Cretaceo-Paleogene notoriamente associato all'evento di estinzione di massa che uccise i dinosauri, 66 milioni di anni fa.

Nel 2016, l'AWG aveva raccolto prove sufficienti per affermare che l'Antropocene era reale sia storicamente che geologicamente (Waters *et al.* 2016; Zalasiewicz *et al.* 2017b, 2019). In altre parole, le prove riflettono la trasformazione netta e per molti aspetti irreversibile (a tutti gli effetti pratici: Summerhayes *et al.* 2024) del sistema Terra dalle condizioni dell'Olocene: cioè l'epoca dell'Antropocene come parte della storia della Terra, come concettualizzato da Crutzen. Mostra anche un'unità corrispondente di strati caratterizzata da molti segnali geologici con il suo inizio (o tecnicamente, base, poiché stiamo parlando di unità fisiche di strati) definito precisamente da quell'aumento sincrono a livello mondiale del contenuto di plutonio. In breve, l'Antropocene aveva senso sia in termini di scienza del sistema Terra che in termini di geologia (Steffen *et al.* 2016; Zalasiewicz *et al.* 2017a). Il passo successivo è stato quello di preparare una proposta formale da sottoporre a successive commissioni gerarchicamente superiori all'AWG nella scala dei tempi geologici.

Ma già allora, nonostante le chiare prove accumulate dall'AWG che l'ipotesi improvvisata di Crutzen del 2000 fosse fondamentalmente corretta, si stava raccogliendo una sostanziale opposizione alla formalizzazione dell'Antropocene. Tale opposizione comprendeva diversi filoni, due dei quali possono essere qui notati.

In primo luogo, all'interno della comunità geologica, alcune delle figure più autorevoli e influenti tra coloro che determinano la scala dei tempi geologici esprimono una netta opposizione alla formalizzazione. Non mettono in discussione le prove dell'AWG, ma semplicemente non possono accettare un'epoca geologica di così breve durata, finora solo circa sette decenni, che si avvicina alla durata media della vita umana. Per questi geologi, abituati a trattare con milioni di anni, un'epoca recente così breve è inaccettabile *a priori*. Sostengono inoltre che, a causa di questa brevità, gli strati dell'Antropocene devono essere di spessore trascurabile, ignorando che in realtà l'erosione e la sedimentazione globali dal 1950 si sono più che decuplicate, producendo strati sostanziali e distintivi. E, hanno affermato, l'Antropocene non dovrebbe far parte della geologia perché si occupa del futuro, mentre la geologia dovrebbe occuparsi solo del passato. Anche in questo caso, non è così. Come ha scoperto l'AWG, quei sette decenni hanno già prodotto un notevole cambiamento planetario e nuovi strati distintivi. Queste affermazioni riflettono un viscerale (e continuo) rifiuto del nuovo e scomodo concetto di Antropocene, all'interno di una potente parte della comunità geologica.

Ci sono anche obiezioni tra gli studiosi che si occupano del passato umano profondo, come gli archeologi e gli antropologi. Hanno espresso preoccupazione per il fatto che l'Antropocene

escludesse la maggior parte della storia umana e quindi la maggior parte del tempo durante il quale l'“anthropos” del prefisso del termine era attivo. L'Antropocene, hanno detto, è iniziato molte migliaia di anni fa e in ogni caso dovrebbe essere definito in modo flessibile e non preciso, per accogliere una vasta gamma di interpretazioni e interpreti. Questa osservazione è vera in quanto l'influenza umana sulla Terra (almeno sulla terraferma) risale a molti millenni fa, al controllo del fuoco da parte dell'*Homo sapiens* preistorico, alla caccia fino all'estinzione di molti grandi mammiferi, allo sviluppo dell'agricoltura e così via. Ma non hanno capito il punto. Crutzen era perfettamente consapevole della lunga storia delle interazioni uomo/ambiente, ma ha sottolineato che questa lunga storia con la sua ricca documentazione archeologica non aveva destabilizzato l'Olocene o il Pleistocene precedente. Piuttosto, nonostante le attività umane, l'Olocene era stato essenzialmente stabile in termini planetari: per quanto riguarda il

clima, il livello del mare, i cicli del carbonio, dell'azoto e del fosforo e una biosfera funzionale. Questa stabilità, insolita negli ultimi 2,6 milioni di anni delle ere glaciali del Quaternario, ha permesso alla civiltà umana di svilupparsi e prosperare. È stato il capovolgimento di questa stabilità dell'Olocene da parte degli impatti umani *sconvolgenti* derivanti dall'industrializzazione ad essere l'intuizione chiave di Crutzen, nonché la base del lavoro dell'AWG. Il termine "Antropocene" non significa qui "tutto ciò che è antropogenico". Forse, se Crutzen avesse scelto un altro termine su due piedi, questa confusione avrebbe potuto essere evitata, ma è improbabile che un singolo termine possa racchiudere l'intera portata della trasformazione del sistema terrestre da parte dei sistemi umani, e le persone, essendo persone, troverebbero sempre da ridire.

Per la maggior parte della sua esistenza, l'AWG ha risposto a lungo a critiche di questo tipo (ad esempio Autin e Holbrook, 2012; Finney e Edwards, 2016; Gibbard *et al.* 2022). La discussione che ne è seguita rappresenta una parte sostanziale della sua produzione editoriale (ad esempio

Zalasiewicz *et al.* 2017c, 2024a; Head *et al.*, 2023; Waters *et al.* 2023a). È stato un esercizio utile in quanto ha testato a fondo il concetto di Antropocene in teoria e in pratica, anche se l'opposizione a un Antropocene formalizzato non si è fermata una volta che le obiezioni espresse hanno ricevuto risposta, o man mano che si è accumulata la base di prove che dimostra la realtà dell'Antropocene. Piuttosto, l'opposizione è diventata se non altro più forte, suggerendo che qui abbiamo a che fare con una questione in cui le convinzioni filosofiche o ideologiche (su ciò che la geologia dovrebbe e non dovrebbe includere nella sua) hanno avuto un ruolo più importante rispetto alla valutazione di prove dettagliate, sia dalla scienza del sistema terrestre che dalla stratigrafia.

Questo dibattito pubblicato è continuato dopo l'annuncio dell'AWG del 2016 (Zalasiewicz *et al.* 2017b) mentre il gruppo di lavoro iniziava a preparare la sua proposta formale. In modo classico, questa ricerca altamente tecnica ha cercato di individuare un "golden spike" (tecnicamente, un Global boundary Stratotype Section and Point, o GSSP) in qualche sezione di strati che, attraverso il suo modello di segnali geologici, avrebbe cercato di rappresentare al meglio l'inizio dell'Antropocene. Questo esercizio complesso, a differenza del lavoro svolto su unità di scala temporale geologica più antiche e utilizzate da tempo, non aveva un secolo o più di lavoro, dati e

connessioni accademiche su cui fare affidamento; con l'Antropocene, si trattava di partire da zero.

L'esercizio è stato possibile solo grazie a una straordinaria manna per l'AWG, che in precedenza non aveva alcun finanziamento. La Haus der Kulturen der Welt (HKW) di Berlino, un'istituzione umanistica guidata dal suo direttore Bernd Scherer, si era interessata presto all'Antropocene, organizzando la prima grande mostra pubblica al riguardo nel 2014 e continuando a promuovere attività multidisciplinari sul tema. Bernd Scherer ha ottenuto finanziamenti dal governo tedesco per le numerose analisi scientifiche necessarie a stabilire le basi per un confine formale dell'Antropocene (Rosol *et al.* 2023). Questi fondi, molto graditi, hanno permesso a 12 team di scienziati di analizzare e confrontare 12 siti in tutto il mondo, rappresentativi di diversi tipi di strati recenti, tra cui strati di fondali lacustri ed estuari formati annualmente, depositi di grotte, una torbiera, scheletri di corallo e gli strati di macerie sotto il centro di Vienna, per trovare prove di come, precisamente, strato dopo strato, l'Olocene abbia lasciato il posto all'Antropocene.

Questo enorme lavoro, realizzato in tre anni (nonostante la pandemia di Covid in corso), ha mostrato, in tutti e 12 i siti, chiare prove dell'Antropocene sulla base di un'ampia gamma di segnali conservati negli strati (Waters *et al.* 2023b). In un sito giapponese studiato in modo eccezionalmente approfondito, il team ha trovato, sorprendentemente, 99 diversi tipi di segnali causati o influenzati dall'uomo registrati nei campioni di carotaggio della baia di Beppu. Come previsto, il segnale del plutonio ha fornito il segnale più nitido e sincrono, in diversi casi riconoscibile fino all'anno più vicino. L'esercizio ha dimostrato la realtà dell'Antropocene come fenomeno geologico. Dopo molte discussioni all'interno dell'AWG, uno dei 12 siti, il Crawford Lake in Canada, è stato scelto

– con margini molto ridotti – come candidato per il "golden spike" dell'Antropocene, con alcuni degli altri che hanno ricevuto lo status di ausiliari, mentre il resto è stato nominato sezioni di riferimento. Tutti i siti sono stati significativi nella costruzione di un quadro dell'Antropocene geologico.

Il lago Crawford è diventato il fulcro della proposta di 190 pagine per la formalizzazione dell'Antropocene presentata alla fine di ottobre 2023 al livello gerarchico successivo, la Sottocommissione per il Quaternario (SQS) (Waters *et al.* 2024). In circostanze controverse, la proposta è stata respinta, anche se è stato fatto un annuncio tramite comunicato stampa al *New York Times* il 5 marzo 2024. Nonostante una serie di irregolarità nel processo, la decisione è stata confermata dall'ICS e dall'IUGS. La decisione rifletteva la continua ostilità, soprattutto ai livelli più alti della comunità della scala dei tempi geologici, nei confronti del concetto di Antropocene di Crutzen e dell'AWG. Come per le critiche precedenti, poche delle prove dettagliate raccolte dall'AWG sono state messe in discussione.

A che punto siamo? L'Antropocene, così come è stato concettualizzato da Crutzen e sviluppato in termini geologici, è indubbiamente reale, anche se rimane informale. Il Sistema Terra ha subito un profondo cambiamento a metà del XX secolo rispetto al suo stato olocenico; questo cambiamento ha lasciato un modello di segnali negli strati tanto chiaramente distintivo quanto qualsiasi altro nel record geologico; e questo

cambiamento è irrevocabile (non si può tornare allo stato dell'Olocene). Ancora più importante, l'emergente sistema terrestre dell'Antropocene sta definendo (e nella maggior parte dei casi riducendo) l'abitabilità del nostro pianeta, non solo per la nostra specie, ma anche per la maggior parte delle altre.

Il rifiuto del riconoscimento formale da parte dei comitati che controllano la scala dei tempi geologici non ha cancellato questa realtà. Si potrebbe fare un'analogia con alcune delle precedenti rivoluzioni concettuali in geologia: ad esempio, la consapevolezza che le specie animali e vegetali

non erano immutabili ma si sono evolute nel tempo; la comprensione che ci sono state passate ere glaciali; e la consapevolezza che i continenti della Terra non erano fissi ma si spostavano lentamente attraverso il globo. In ciascuno di questi tre casi, c'è stata inizialmente una forte resistenza al nuovo paradigma che ribaltava le credenze concettuali e metodologiche di lunga data tra i geologi. Ci sono voluti decenni e nuove generazioni di scienziati perché le nuove idee fossero accettate (ad esempio Oreskes 1999). In geologia, sembra che ci troviamo esattamente in questa fase rispetto all'Antropocene. Ma più in generale, l'Antropocene come termine e concetto usato in modo preciso si sta diffondendo, con la comparsa di istituti di ricerca multidisciplinari dedicati all'Antropocene in Cina, Corea del Sud, Germania, Sudafrica e altrove, e con l'Antropocene utilizzato come concetto quadro da istituzioni come l'IPCC e il WWF (Zalasiewicz *et al.* 2024b).

L'Antropocene e la nostra casa comune

Nel contesto di questo workshop e di questa pubblicazione, tuttavia, la vera importanza dell'Antropocene è che riassume tutti i pericoli che minacciano la nostra casa comune. Questi pericoli sono molteplici e inseparabili l'uno dall'altro. Ciò che rende il concetto di Antropocene così vitale è che riunisce fenomeni disparati e ci aiuta a vedere l'insieme intricato e interconnesso, in modo da rifiutare il pensiero compartimentato che ci ha permesso di immaginare che la natura e le persone potessero essere studiate separatamente e che il destino di alcuni fosse separabile dal destino degli altri. In contrapposizione al pensiero isolato che ha portato alla Grande Accelerazione, l'Antropocene fornisce il quadro per il pensiero sistemico necessario per affrontare i pericoli urgenti che l'umanità intera deve affrontare. Ci invita a ricentrare i nostri valori e le nostre azioni su ciò che condividiamo, incluso il “gioioso mistero” della vita su questo bellissimo pianeta.

Di seguito affrontiamo alcuni di questi pericoli, sottolineandone l'interrelazione e la necessità di affrontarne la mitigazione utilizzando il quadro dell'Antropocene. Poiché il pianeta fisico e il globo umano non possono più essere visti come se funzionassero in modo isolato l'uno dall'altro, è essenziale un approccio multidisciplinare. Nessun problema può essere “risolto” separatamente dalle reti biogeofisiche e socioeconomiche di cui fa parte. Come disse il naturalista americano John Muir, “quando cerchiamo di isolare qualcosa, scopriamo che è legata a tutto il resto dell'universo”.

Cambiamento climatico: questo potrebbe essere stato descritto come una minaccia “incipiente” nel 2000, quando Crutzen lanciò il concetto di Antropocene. Allora la temperatura media globale era “solo” di poco superiore a mezzo grado centigrado rispetto al livello preindustriale misurato rispetto al periodo standard 1850-1900, ma era chiaramente segnalato, dato il forte aumento delle emissioni di gas serra nei decenni precedenti. Da allora, il riscaldamento globale è definitivamente arrivato, poiché le temperature hanno continuato a

nel raggiungere il cambiamento nel bilancio radiativo (cioè termico) della Terra, soprattutto dopo gli anni record del 2023-2024 (rispettivamente ~1,47 °C e ~1,6 °C sopra il livello preindustriale,¹). Nel 2024, le temperature hanno superato il limite superiore di 1,5 °C concordato come massimo desiderabile dall'accordo di Parigi dell'IPCC del 2016. La lunga lista di ripercussioni include l'innalzamento del livello del mare (ora ~5 mm/anno), una maggiore deossigenazione degli oceani, sistemi biologici (compresi quelli agricoli) dislocati, un aumento del rischio di terremoti e eventi meteorologici più estremi in un clima sempre più incline al “colpo di frusta idroclimatico” (Swain *et al.* 2025), tra cui ondate di calore letali, incendi boschivi, inondazioni e perdite di raccolto.

Affrontare il cambiamento climatico dal punto di vista dell'Antropocene ne sottolinea la potente minaccia – è stato descritto come “destinato a essere la più grande ingiustizia della storia”²

, ma mostra anche che la mitigazione dei cambiamenti climatici non può essere trattata semplicemente come una questione di ricerca di nuove fonti di energia “verde” senza considerare l'impatto di queste fonti su altri aspetti dell'ambiente e sulle società. Bastano due rapidi esempi. Uno sguardo alle guerre per le risorse nella Repubblica Democratica del Congo rende chiaro che l'estrazione di minerali preziosi come il coltan utilizzato nei computer mette a grave rischio vite umane e non umane e la stabilità sociale. Negli Stati Uniti, soddisfare le

esorbitanti richieste energetiche dell'Intelligenza Artificiale e dei centri dati intorno a Washington DC richiederebbe la costruzione di diverse centrali nucleari su larga scala.³ Poiché mettere in pericolo la capitale della nazione in questo modo è fuori discussione, le compagnie energetiche (tenute a soddisfare la domanda) stanno facendo pressione sulle prerogative dei consigli delle contee rurali e insistono affinché i terreni siano destinati a parchi eolici su larga scala per alimentare l'area metropolitana di Washington DC. La resistenza rurale alla trasformazione del proprio paesaggio è stata affrontata dai governi statali rimuovendo le questioni relative all'uso del suolo dal controllo del consiglio di contea (Yancey 2024). Il risultato politico del risentimento rurale contro l'élite è evidente. In breve, l'adozione dell'energia “verde”,

se deve aiutarci a seguire una traiettoria più sicura, deve soppesare i benefici rispetto ai costi nel cambiamento dell'uso del suolo, alla stabilità politica, alla bellezza estetica e alla perdita di biodiversità. Non possiamo affrontare l'Antropocene pensando solo al

clima, come ora riconosce l'IPCC.

Declino della biosfera: oltre agli effetti sempre più intensi del riscaldamento globale, la biosfera continua a diminuire a causa della perdita di habitat dovuta all'espansione della predazione umana e

1 <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights>

2 <https://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2024/ICJ.PressBriefing.09December2024.pdf>

3 <https://www.washingtonpost.com/business/2024/03/07/aid-ata-center-s-power/>

insediamenti umani e utilizzo del suolo di vario tipo, comprese le aziende agricole e le miniere. La trasformazione della biosfera è stata notevole, soprattutto sulla terraferma, dove la biomassa dei mammiferi è completamente dominata dagli esseri umani (circa un terzo) e dagli animali da allevamento (circa due terzi, che *tra l'altro* contribuiscono in modo significativo alle emissioni di gas serra): i mammiferi selvatici del mondo rappresentano ora solo il 2% in peso di tutti i mammiferi terrestri (Greenspoon *et al.* 2023). Anche la vita oceanica si sta rapidamente degradando, soprattutto nelle barriere coralline ampiamente devastate (Goreau *et al.* 2024). Il diradamento della rete della vita ha danneggiato la salute umana a causa della crescente facilità con cui le malattie si diffondono dagli animali selvatici e domestici alle persone. Queste sfide sanitarie (Gupta

et al. 2024) hanno avuto effetti politici ed economici, come abbiamo tutti visto durante il Covid. Inoltre, la perdita di biodiversità minaccia di ridurre le capacità umane di meraviglia e compassione. Non è un caso che animali e piante figurassero nei miti e nei libri per bambini come personaggi a sé stanti, con tutte le peculiarità delle specie reali pienamente integrate nelle storie. Vivevamo in boschetti di non umanità meravigliandoci di esseri diversi da noi. Questo era un campo di allenamento per l'immaginazione e la compassione necessarie per vedere il mondo dal punto di vista degli altri.

Tecnologia: la recente trasformazione planetaria è stata mediata e resa possibile da un altro fattore: la tecnologia. Le tecnologie si sono sviluppate lentamente durante l'Olocene e in epoche precedenti, ma solo di recente hanno raggiunto il dominio in tandem con le forze antropogeniche, diventando il sistema tecnologico integrato e globalmente interconnesso che ora struttura le nostre vite. La crescita dei sistemi tecnologici può essere misurata in molti modi, ma potremmo semplicemente utilizzare come guida la massa totale degli oggetti fabbricati attualmente in uso (ad esempio edifici, strade, macchine, ecc.). Nel 1950 questa massa stava iniziando a crescere, ma ammontava comunque a meno di cento miliardi di tonnellate, ovvero meno del 10% della massa di tutti gli esseri viventi sulla Terra. Sette decenni dopo, a seguito della Grande Accelerazione, questa "massa antropogenica" è cresciuta di oltre dieci volte, fino a superare il trilione di tonnellate (Elhacham *et al.* 2020). La massa di cose che gli esseri umani hanno progettato e costruito supera la massa della biosfera, ed è ancora in rapida crescita e in continua evoluzione (come nell'evoluzione iper-rapida dei sistemi informatici negli ultimi decenni). Tra i tanti elementi che ne derivano ci sono plastica, pesticidi, fungicidi, piombo e altri importanti inquinanti che non può riassorbire, e che quindi sono destinati a rimanere sulla Terra per tempi geologici (Gabbott e Zalasiewicz 2025). Ogni anno, i rifiuti solidi prodotti dai comuni di tutto il mondo pesano circa 2,01 miliardi di tonnellate, una cifra che dovrebbe raggiungere i 3,40 miliardi in circa 30 anni (Filipenco, 2024). Questo fenomeno è stato descritto come una "sfera" completamente nuova del sistema Terra: la tecnosfera (Haff 2017, 2019, 2023). A differenza delle sfere naturali, questa sfera antropogenica non è rigenerativa. La tecnosfera è emersa molto recentemente dalla biosfera e ora la sta effettivamente parassitando.

Gli esseri umani oggi dipendono quasi interamente dalla tecnosfera per la loro sopravvivenza. Senza la sua capacità di raccogliere materie prime, produrre cibo, acqua e altri

Nonostante la tecnosfera sia essenziale, le società, individualmente e collettivamente, hanno solo un'influenza molto limitata su di essa perché i nostri sistemi politici non sono stati progettati per regolamentare le imprese globali e i nostri sistemi di conoscenza non la comprendono appieno o non ne capiscono le forme in rapida evoluzione. Questo sistema emergente e in continua trasformazione, guidato da dipendenze di percorso, innovazioni specialistiche, reti finanziarie e obiettivi e interessi ferocemente antagonisti da parte di miliardi di persone, è essenzialmente ingovernabile. Sempre più spesso questo sistema emergente sembra poter fare a meno delle sue componenti umane, automatizzando i lavori e rendendo i lavoratori superflui. Intesa in questo modo, la tecnologia non è più uno strumento che le persone usano, ma un sistema che usa le persone, plasmando le relazioni personali (app di incontri, social media) e le società (data center, magazzini Amazon, messaggistica politica). Come hanno osservato Papa Francesco e altri, sebbene alcune tecnologie abbiano migliorato il benessere umano, il sistema tecnologico globalizzato dominante oggi ha creato ampie disparità di potere e ricchezza, minato la nostra capacità di compassione e ci ha allontanati gli uni dagli altri (*Laudato Si*, in particolare il capitolo 3). Ancora una volta, la sfida della tecnosfera non può essere affrontata separatamente dai cambiamenti climatici, dalle perturbazioni della biosfera, dalla politica, dai costumi e dai valori sociali, motivo per cui l'Antropocene è un quadro di riferimento vitale.

I nostri corpi: uno dei vantaggi della tecnologia nei primi decenni dell'Antropocene è stata una rivoluzione nella salute umana. Grazie ai sistemi igienico-sanitari, alle tecniche agricole, agli antibiotici, ai vaccini⁴ e ad altri nuovi interventi medici, tutti aiutati dalla capacità di diffondere queste innovazioni attraverso programmi di sviluppo umano, la popolazione umana è cresciuta da circa 2 miliardi di persone a oltre 8 miliardi. Le donne non muoiono più così spesso di parto; la stragrande maggioranza dei bambini può aspettarsi di vedere il proprio

quinto compleanno. Infatti, anche nell'Africa subsahariana, che soffre il più alto tasso di mortalità infantile, i decessi infantili sono

scesi da 180 su 1000 nel 1990 a 27 su 1000 nel 2022. (Organizzazione Mondiale della Sanità, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/newborn-mortality>.) Allo stesso tempo, la longevità degli esseri umani è aumentata di molti anni. Questo è un successo sotto quasi tutti i punti di vista (Desmond e Ramsey, 2023). Ma questo aumento della popolazione umana è accompagnato dal declino della prosperità non umana, con l'esaurimento di metà della biomassa terrestre del mondo durante l'Olocene a causa della predazione umana (Bar-On *et al.* 2018) e il declino ancora più rapido

4 I vaccini [hanno salvato più di 150 milioni di vite negli ultimi 50 anni](https://www.scientificamerican.com/article/see-how-many-lives-vaccines-have-saved-around-the-world/) e ridotto la mortalità infantile del 40% in tutto il mondo. <https://www.scientificamerican.com/article/see-how-many-lives-vaccines-have-saved-around-the-world/>

declino della biodiversità dal 1990 (Ceballos *et al.* 2017). Mentre noi esseri umani possiamo vivere fino a una vecchiaia avanzata, il numero di animali selvatici più anziani sta diminuendo, eliminando individui esperti che conoscono meglio il loro ambiente e quindi incidendo sulla capacità del loro gruppo di prosperare (Kopf *et al.* 2025).

A soli sette decenni circa dall'inizio dell'Antropocene, potremmo aver superato il punto di massima salute per gli esseri umani, mentre i mali dell'Antropocene iniziano a farsi sentire. Ci sono già alcune indicazioni che l'aspettativa di vita tra alcuni gruppi sta iniziando a diminuire. I pericoli includono il caldo (Xu *et al.* 2020), la mancanza di acqua dolce, le sostanze chimiche PFAS “per sempre” e le microplastiche in ogni parte del nostro corpo, compreso il cervello. Un recente studio di Harvard ha stimato che ognuno di noi ingerisce, attraverso l'aria, l'acqua, il cibo e le cose che tocchiamo, l'equivalente di una carta di credito di plastica ogni settimana. ⁵ Questi minuscoli frammenti non degradabili sono in grado di attraversare il cordone ombelicale, tanto che i bambini di oggi nascono già impregnati di plastica. Stiamo anche perdendo la guerra contro la resistenza agli antibiotici. È in aumento (dell'80% dal 1990 per le persone con più di 70 anni) e potrebbe causare la morte di decine di milioni di persone nei prossimi decenni, che soccomberanno a infezioni un tempo curabili. ⁶ La ricerca sta iniziando a suggerire che i vaccini che ancora funzionano potrebbero essere ostacolati dai cambiamenti climatici. ⁷ Dalla metà del XX secolo, nuovi composti chimici, immessi nell'ambiente in milioni di tonnellate, sono entrati nel nostro corpo attraverso molte vie (Thomas 2014). Alcuni di questi composti imitano gli ormoni riproduttivi naturali del corpo, rendendo molte specie, tra cui usignoli, orsi polari, pesci d'acqua dolce e alligatori, intersessuali (cioè con organi riproduttivi di entrambi i sessi) e talvolta incapaci di riprodursi. Anche la fertilità umana è influenzata da sostanze chimiche che imitano gli ormoni, come gli ftalati altamente tossici presenti negli imballaggi alimentari in plastica (Langston 2010). In breve, i nostri corpi non sono più chimicamente, microbicamente e funzionalmente come erano nell'Olocene. Durante le fasi iniziali della Grande Accelerazione, molti progressi sono stati benefici, ma sembra che nella salute umana, come in altri settori, ci stiamo avvicinando a un punto di non ritorno. *Laudato Si'* ci esorta a prenderci cura dei nostri corpi, ma prendersi cura di noi stessi oggi pone nuove sfide.

Crescita economica: nessuna idea è più importante nell'avviare e guidare l'Antropocene dell'idea di crescita economica infinita. Anche adesso ci aggrappiamo a questa idea come a una zattera di salvataggio che si sgonfia. La crescita economica è vista non solo come auspicabile per i conti bancari delle famiglie e le imprese, ma, dagli anni '30, è diventata una responsabilità centrale del governo. Inizialmente in risposta alla Depressione e poi in tutto il mondo dopo la seconda guerra mondiale, tutte le principali nazioni si sono dedicate a stimolare la crescita per sostenere progetti infrastrutturali, espandere il welfare sociale, i fondi pensione e le spese militari.

5 <https://news.harvard.edu/gazette/story/2024/10/plastic-in-our-bodies-what-does-that-mean-for-our-health-harvard-thinking-podcast/>

6 <https://www.nature.com/articles/d41586-024-03033-w> 7 https://www.nature.com/articles/d41586-023-04077-0?utm_source=Live+Audience&utm_campaign=e3f73c313e-briefing-dy-20240109&utm_medium=email&utm_term=0_b27a691814-e3f73c313e-50302812

forza. Che fossero capitalisti, capitalisti di stato o comunisti, tutti gli stati vi aderirono. La crescita conobbe uno slancio bipartisan negli Stati Uniti e in altre nazioni alleate, dove il progresso veniva misurato dal PIL, il conteggio di beni e servizi forniti dalle imprese sostenute dai governi. La Germania Ovest produsse il Wirtschaftswunder (o “Miracolo sul Reno”) e la Francia supervisionò Les Trentes Glorieuses. Il Ministero giapponese del Commercio Internazionale e dell'Industria (MITI) suscitò ammirazione per aver superato i propri obiettivi di crescita. Nel blocco orientale, l'Unione Sovietica utilizzò la pianificazione centralizzata, la proprietà statale

dei mezzi di produzione e la collettivizzazione per incoraggiare la crescita, mentre nella Cina comunista Mao tentò il “Grande balzo in avanti”. La crescita è diventata fondamentale per mantenere i servizi pubblici, i programmi di ricerca e il welfare di ogni tipo. Come per le iniziative sanitarie della Grande Accelerazione, così è stato anche per i sistemi economici di crescita.

Inizialmente tutto sembrava andare bene, ma poi le fondamenta hanno cominciato a sgretolarsi, mentre i venti contrari del debito, il declino delle risorse naturali, i cambiamenti demografici e la crescente disuguaglianza ne hanno eroso le fondamenta.

Diversi fattori rendono la crescita continua una proposta debole se non pericolosa. Il mantra della crescita continua a essere cantato anche se l'economia globale è stata trasformata in almeno due modi critici e correlati: in primo luogo, la concentrazione della ricchezza al vertice e il crescente divario tra ricchi e poveri e, in secondo luogo, il passaggio dall'

l'economia del dopoguerra, basata sulla produzione e lo scambio, a un'economia in cui la maggior parte della ricchezza proviene dal settore finanziario. Il valore stimato di tutta l'attività economica nella produzione e commercializzazione di beni e servizi nel mondo oggi è di 105 trilioni di dollari. Il valore dei derivati finanziari che scommettono sui cambiamenti in questi mercati è di 667 trilioni di dollari (Copeland 2023; Stevenson 2024; Lanchester 2024). In altre parole, il più grande business del mondo non produce nulla di fisicamente tangibile, anche se le ricadute politiche e sociali di questo gioco d'azzardo globale da parte dei ricchi producono pericoli tangibili e intangibili.

Un altro modo in cui la promessa di crescita economica è pericolosa è che la natura ha dei limiti a quanto può essere sfruttata mentre si rigenera. Ad esempio, l'acqua dolce si rigenera attraverso i cicli di pioggia al ritmo di circa l'1% all'anno. Questi limiti non solo sono stati raggiunti, ma superati. Abbiamo superato la capacità del pianeta di rifornirci di "acqua blu" che beviamo nel 1905; ora utilizziamo metodi ad alta intensità energetica per estrarre "acqua fossile" dalle falde acquifere sotterranee. Il limite dell'"acqua verde" disponibile nei suoli per piante e microrganismi è stato superato nel 1929 (Richardson *et al.* 2023). Superiamo la capacità della Terra di mantenere cicli rigenerativi anche in molti altri settori. In sostanza, per crescere abbiamo attinto al futuro e continuiamo a farlo a un ritmo sempre più veloce. Questo è vero soprattutto per i ricchi, ma anche la persona media nei paesi poveri come il Nicaragua, l'Indonesia e l'Uruguay attinge ogni anno più ricchezza dalla Terra di quanta possa essere reintegrata in quell'anno, secondo

secondo l'organizzazione Earth Overshoot Day, [8](http://overshoot.footprintnetwork.org/newsroom/country-overshoot-days/). Ci rimpinziamo del futuro attraverso la tecnosfera e ci crogioliamo nei prodotti di scarto dei suoi processi non rigenerativi a nostro costo e a quello dell'intera biosfera. I doni del "miracolo economico della crescita infinita" assomigliano a una trappola per l'umanità: la crescita è necessaria per mantenere la tecnosfera da cui dipendiamo, eppure la crescita sta anche minando rapidamente l'abitabilità del

del pianeta. I primi a soffrirne sono i più poveri e meno in grado di proteggersi, sia umani che non umani.

La politica: l'ascesa della democrazia è strettamente legata alla crescita economica. Le speranze di autodeterminazione hanno cominciato a mettere radici con l'espansione della classe media basata su una crescente economia mercantile e professionale, e sono fiorite nel XX secolo con la decolonizzazione, i diritti delle donne e l'istituzione di una serie di diversi tipi di democrazia durante quel secolo. L'intima alleanza tra crescita economica e libertà politica è stata notata da molti. Secondo la significativa frase di Dipesh Chakrabarty, il palazzo delle libertà moderne poggia sulla base in continua espansione dell'uso di combustibili fossili.

Alcuni studiosi mettono in relazione la fine della servitù della gleba e della schiavitù con l'ascesa delle nuove fonti di energia minerale che potrebbero liberare le persone dal faticoso lavoro fisico e offrire loro una vita più agiata e maggiori possibilità di scelta (Nikiforuk 2012; Mouhot 2019).

Le nuove tecnologie (combustibili, fertilizzanti, aumento del commercio globale) e le nuove tecniche di governance stimulate da queste nuove fonti di energia ridussero i pericoli delle contingenze locali. Le persone non dovevano più dipendere da ciò che la loro area circostante poteva produrre in termini di acqua, cibo, carburante e riparo, soggetti ai capricci delle variabili naturali, e potevano cercare sostentamento in ecosistemi più ampi, alcuni davvero molto distanti. In breve, la crescita è stata perseguita come un modo per limitare la precarietà locale e garantire un futuro prevedibile (e assicurabile) a una gamma sempre più ampia di persone. Queste persone hanno potuto quindi prendere parte a società democratiche attraverso sistemi educativi ampliati, opportunità culturali e molto altro ancora. In breve, prima dell'Antropocene, il sistema terrestre era abbastanza prevedibile, ma il clima locale, la fertilità del suolo, la religione, l'autorità, la produzione letteraria e gli aperitivi erano tutti altamente imprevedibili. Durante la prima fase della Grande Accelerazione, questo sistema si è ribaltato, trasferendo l'imprevedibilità dal locale al planetario. Oggi, il Sistema Terra sta precipitando verso (o forse ha già superato) vari punti di non ritorno. Mentre, almeno per un po' ancora, la tecnosfera continua a fornire regolarmente beni e servizi ai ricchi, tutti sono sempre più soggetti ai pericoli imprevedibili (e non assicurabili) di incendi devastanti, innalzamento delle acque, siccità, caldo, pandemie e instabilità sociale che accompagnano queste incertezze planetarie. Questa situazione alimenta rabbia e sfiducia.

Data la crescente precarietà dei sistemi globali (ad esempio, le navi che trasportano beni di consumo rimaste bloccate nel Canale di Panama a causa di insolite precipitazioni), una possibile via di mitigazione è quella di rafforzare le reti locali, costruendo resilienza attraverso ridondanze *non efficienti*

8 <http://overshoot.footprintnetwork.org/newsroom/country-overshoot-days/>

ridondanze controllate a livello locale. L'efficienza si basa sulla prevedibilità; ora che il sistema planetario è imprevedibile, l'inefficienza e la sovrapposizione dei modi per soddisfare le necessità sono una salvaguardia. Abbracciare le ridondanze locali

significherebbe accettare ancora una volta la precarietà della vita, un passo ragionevole dato che la promessa di prevedibilità garantita attraverso sistemi globali che attingono alle risorse future mette in pericolo tutti noi. Fare ciò significherebbe sintonizzarci di nuovo con l'intraprendenza, il duro lavoro e la

condivisione comunitaria che un tempo aiutava le persone a superare i momenti difficili. Questa politica alternativa, fondata sull'economia ecologica, ha una base crescente di sostenitori e studiosi (Schor 2010; Dietz e O'Neill 2013; Raworth 2018). Se riteniamo che la democrazia sia preziosa, allora una nuova forma di democrazia che non dipenda più dalla crescita ha bisogno di essere articolata e adottata, e presto. Si potrebbe dire che, sebbene il 2024 sia stato un anno eccezionale per le elezioni, con 65 competizioni nazionali in tutto il mondo, non è stato un anno eccezionale per la democrazia.

Conclusione

Per citare Charles Dickens, la prima Grande Accelerazione è stata il migliore dei tempi e il peggiore dei tempi. Ha messo in atto sistemi interconnessi che hanno portato benefici a molti per un certo periodo e che ora ci stanno rapidamente spingendo ben oltre i confini planetari in un territorio imprevedibile. L'"Antropocene" coglie il fenomeno di una pericolosa traiettoria del Sistema Terra, spinta dai sistemi umani, e racchiude anche i segnali misurabili lasciati negli strati a metà del XX secolo, scoperti dai geologi. È un quadro di riferimento per riunire il cambiamento climatico, la perdita di biodiversità, la tecnosfera, i nostri corpi, l'economia, la politica e molto altro. Come ha osservato il giornalista Andrew Revkin, è "diventato la cosa più vicina a una sorta di abbreviazione comune per questo periodo turbolento, epocale, imprevedibile, disperato e pieno di speranza, la cui durata e portata sono ancora sconosciute" (Revkin, 2016). Nonostante il rifiuto della formalizzazione dell'epoca proposta dall'AWG sulla Scala dei tempi geologici, il concetto rimane cruciale. Come sostiene la scrittrice scientifica Elizabeth Kolbert, "l'Antropocene è un termine indispensabile" (Kolbert 2024). Sebbene la nostra specie litigiosa sia incline alla contesa e talvolta persino a malintesi intenzionali e crudeltà, c'è ancora un barlume di speranza che metteremo da parte i nostri battibecchi per ridefinire la nostra nozione di progresso (*Laudato 'Si*, capitolo 5). Sta a noi decidere se quel barlume d'argento è semplicemente un raggio di luna inconsistente che gioca sulle onde o un sentiero illuminato. Dobbiamo riconoscere i limiti di ogni particolare ramo del sapere e di ogni singola prospettiva, e unirli collettivamente se vogliamo affrontare i pericoli dell'Antropocene con grazia, carità e coraggio.

Bibliografia

Autin, W.J., e Holbrook, J.M., 2012. L'Antropocene è una questione di stratigrafia o di cultura pop? *GSA Today*, n. 22(7), pp. 60-61, doi: 10.1130/G153GW.1.

Bar-On, Y. M., Phillips, R. e Milo, R. 2018. The biomass distribution on Earth.

Proceedings of the National Academy of Sciences, 115, 6506-6511.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1711842115>

Ceballos, G., Ehrlich, P.R. e Dirzo, R. 2017. Annientamento biologico attraverso la sesta estinzione di massa in corso segnalata da perdite e declino della popolazione dei vertebrati.

Proceedings of the National Academy of Sciences, n. 114, E6089-E6096.

Copeland, R. 2023. *The Fund: Ray Dalio, Bridgewater Associates and the Unraveling of a Wall Street Legend*. St. Martin's Press, 352 pp.

Crutzen, P. J. 2002. Geology of Mankind. *Nature*, 415, 23. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27460-7_10

Crutzen, P. J., & Stoermer, E. F. 2000. The "Anthropocene." *IGBP Global Change Newsletter*, 41, 17–18.

Desmond, H. e Ramsey, G. 2023. *Human Success: Evolutionary Origins and Ethical Implications*. Oxford University Press, 344 pp.

Dietz, R. e O'Neill, D. 2013. *Enough is Enough: Building a Sustainable Economy in a World of Finite Resources*. Berrett-Koehler Publishers, 240 pp.

Elhacham, E., Ben-Uri, L., Grozovski, J. et al. 2020. Global human-made mass exceeds all living biomass. *Nature*, 588, 442–444. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-3010-5>

Filipenco, D. 2024. "World waste: statistics by country and brief facts," *Developmental Aid*. <https://www.developmentaid.org/news-stream/post/158158/world-waste-statistics-by-country>

- Gabbott, S. e Zalasiewicz, J. 2025. *Discarded: How Technofossils will be Our Ultimate Legacy*. Oxford University Press, 256 pp.
- Gibbard, P. L., Bauer, A. M., Edgeworth, M., Ruddiman, W. et al. 2021. Una soluzione pratica: l'Antropocene è un evento geologico, non un'epoca formale. *Episodes*, n. 45(4), 349-357. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2021/021029>
- Goreau, T.J.F. e Hayes, R.L. 2024. 2023 Record di ondate di calore marine: sbiancamento della barriera corallina Le mappe HotSpot rivelano temperature estreme della superficie del mare, mortalità dei coralli e cambiamenti nella circolazione oceanica. *Oxford Open Climate Change*, 4, 1 kgae005.
<https://doi.org/10.1093/oxfclm/kgae005>
- Greenspoon, L., Krieger, E., Sender, R. et al. 2023. The global biomass of wild mammals. *Proceedings of the National Academy of Science*, 120, e2204892120.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2204892120>
- Gupta, J., Bai, X., Liverman, D.M. et al. 2024. Un mondo giusto su un pianeta sicuro: un rapporto Lancet Planetary Health-Earth Commission sui confini, le trasformazioni e le traduzioni del sistema Terra. *Lancet Planet Health* 2024. Pubblicato online l'11 settembre 2024. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(24\)00042-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00042-1)
- Haff, P.K. 2017. Being Human in the Anthropocene. *The Anthropocene Review*, n. 4(2), 103–109. <https://doi.org/10.1177/2053019617700875>
- Haff, P.K. 2019. The Technosphere and its relation to the Anthropocene. In (Zalasiewicz, Waters, Williams e Summerhayes, Eds) *The Anthropocene as a Geological Time Unit A Guide to the Scientific Evidence and Current Debate*. Cambridge University Press, 138–143.
- Haff, P.K. 2023. Technosphere. In Wallenhorst, N. e Wulf, C. (Eds) *Handbook of the Anthropocene*. Springer (2023), 537-541.
- Head, M.J., Zalasiewicz, J.A., Waters, C.N. et al. 2023. L'Antropocene è un'epoca/serie prospettica, non un evento geologico. *Episodes*, 46, 2, 229-238.
<https://doi.org/10.18814/epiugs/2022/022025>
- Kolbert, E. 2024. La "lotta epica" per una nuova epoca. *New Yorker*, 20 aprile 2024.
<https://www.newyorker.com/news/the-weather-essay/the-epic-row-over-a-new-epoch>
- Kopf, R.K., Banks, S., Brent, L.J.N. et al. 2025. Loss of Earth's old, wise, and large animals. *Science*, 387, eado2705. DOI: 10.1126/science.ado2705
- Kuwae, M., Yokoyama, Y., Tims, S. et al. 2024. Toward defining the Anthropocene onset using a rapid increase in anthropogenic fingerprints in global geological archives. *Proceedings of the National Academy of Science*, 121(41), e2313098121.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2313098121>
- Lanchester, J. 2024. For Every Winner a Loser. *London Review of Books* (12 settembre 2024) 3-8.
- Langston, N. 2010. *Toxic Bodies: Hormone Disruptors and the Legacy of DES*. Yale University Press, 224 pp.
- Meybeck, M., 2001, River basins under Anthropocene conditions. In: von Bodungen, B., and Turner, R.K. (Eds.), *Science and Integrated Coastal Management*. Dahlem University Press, Berlin, pp. 275–294.
- Mouhot, Jean-Francois. 2019. We are all Slaveowners Now: Fossil Fuels, Energy Consumption and the Legacy of Violence. In (M. Leven, R. Johnson and P. Roberts, Eds) *History at the End of the World? History, Climate Change and the Possibility of Closure* Penright, UK: HEB Humanities-Ebooks, LLP.
- Nikiforuk, A. 2012. *The Energy of Slaves: Oil and the New Servitude*. Toronto: Greystone Books, 296 pp.
- Oreskes, N. 1999. *The rejection of continental drift: theory and method in American Earth science*. Oxford University Press, 432 pp.
- Raworth, K. 2018. *Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist*. Chelsea Green Publishing; 2;

Reprint edition, 320 pp.

Revkin, Andrew, ottobre 2016,

<https://www.anthropocenemagazine.org/anthropocenejourney/>

Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W. et al. 2023. Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, 9, eadh2458. DOI: [10.1126/sciadv.adh2458](https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458)

Rosol, C., Schäfer, G. N., Turner, S. D. et al. 2023. Evidence and experiment: Curating contexts of Anthropocene geology. *The Anthropocene Review*, n. 10, pagg. 330-339.

<https://doi.org/10.1177/20530196231165621>

Samways, M., 1999, Translocating fauna to foreign lands: here comes the Homogenocene. *Journal of Insect Conservation*, n. 3, pp. 65-66.

Schellnhuber, H.J. 1999. 'Earth system' analysis and the second Copernican revolution.

Nature, n. 402, Supp., pp. C19-C23.

Schor, J. B. 2010. *True Wealth: How and Why Millions of Americans are Creating a Time- Rich, Ecologically Light, Small-Scale, High-Satisfaction Economy*. Penguin, 258 pp.

Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P. D., Jäger, J., Matson, P., Moore III, B., et al. (2004). *Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure*, The IGBP Book Series, Berlino, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 336 pp.

Steffen, W., Crutzen, P. J., & McNeill, J. R. 2007. The Anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of Nature? *Ambio*, n. 36, 614–621.

[https://doi.org/10.1579/0044-7720\(2007\)36\[614:TAAHNO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7720(2007)36[614:TAAHNO]2.0.CO;2)

Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., et al. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, 2, 1, 81-98,

<https://doi.org/10.1177/2053019614564785>

Steffen, W., Leinfelder, R., Zalasiewicz, J. et al. 2016. Stratigraphic and Earth System approaches in defining the Anthropocene. *Earth's Future*, n. 8, pagg. 324-345.

<https://doi.org/10.1002/2016EF000379>

Stevenson, G. 2024. *The Trade Game: A Confession*. Allen Lane, 352 pp.

Summerhayes, C. P., Zalasiewicz, J., Head, M. J. et al. 2024. The future extent of the Anthropocene epoch: A synthesis. *Global and Planetary Change*, n. 242, 104568.

<https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2024.104568>

Swain, D.L., Prein, A.F., Abatzoglou, J.T. et al. 2025. Hydroclimate volatility on a warming Earth. *Nature Reviews Earth & Environment*, n. 6, pagg. 35-50. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00624-z>

Syvitski, J., Waters, C.N., Day, J. et al. 2020. Il consumo straordinario di energia da parte dell'uomo e i conseguenti impatti geologici a partire dal 1950 d.C. hanno dato inizio all'Antropocene. *Communications Earth & Environment* 1, 32, doi.org/10.1038/s43247-020-00029-y.

Thomas, J.A., 2014. History and Biology in the Anthropocene: Problems of Scale, Problems of Value. *American Historical Review* 119, 5. <https://www.jstor.org/stable/43698892>

Thomas, J.A., Williams, M. and Zalasiewicz J. 2020. *The Anthropocene: A Multidisciplinary Approach*. Polity Books, 288 pp.

Turner, S., Waters, C., Zalasiewicz, J. e Head, M.J. 2024. What the Anthropocene's critics overlook – and why it really should be a new geological epoch. *The Conversation*, 12 marzo 2024.

Waters, C.N., Zalasiewicz, J.A., Williams, M., Ellis, M.A., e Snelling, A.M. (a cura di) 2014. A stratigraphical basis for the Anthropocene. Geological Society, Londra, pubblicazione speciale, 395, 321 pagg.

Waters, C.N., Syvitski, J.P.M., Galuszka, A. Hancock, G.J., Zalasiewicz, J., Williams, M., Cerreta, Grinevald, J., Jeandel, C., McNeill, J., Summerhayes, C. & Barnosky, A.D. 2015 Le ricadute delle armi nucleari possono segnare l'inizio dell'epoca dell'Antropocene? *Bulletin of the Atomic Scientists* 71 (3), 46-57.

Waters, C.N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C. *et al.* 2016. L'Antropocene è funzionalmente e stratigraficamente distinto dall'Olocene. *Science* 351 (137). DOI: [10.1126/science.aad2622](https://doi.org/10.1126/science.aad2622)

Waters, C.N., Head, M.J., Zalasiewicz J. *et al.* 2023a. Risposta a Merritts *et al.* (2023a): L'Antropocene è complesso. Definirlo non lo è. *Earth-Science Reviews* 238: 104335. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104335>

Waters, C.N., Turner, S.D., Zalasiewicz, J., Head, M.J. (Eds.), 2023b. Candidate sites and other reference sections for the Global boundary Stratotype Section and Point of the Anthropocene series. *The Anthropocene Review* 10, 3-24. <https://doi.org/10.1177/20530196221136422>

Waters, C. N., Turner, S., An, Z. *et al.* (2024). Proposals by the Anthropocene Working Group: The Anthropocene Epoch and Crawfordian Age: proposals by the Anthropocene Working Group, submitted to the ICS Subcommittee on Quaternary Stratigraphy on October 31st, 2023. Executive Summary, Part 1, and Part 2. *EarthArXiv* <https://doi.org/10.31223/X5VH70>, <https://doi.org/10.31223/X5MQ3C>, <https://doi.org/10.31223/X5RD71>.

Williams, M., Zalasiewicz, J., Haywood, A., ed Ellis M., (a cura di) 2011, The Anthropocene: a new epoch of geological time? *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, n. 369, pp. 833-1112.

Williams, M., Leinfelder, R., Barnosky, A.D., *et al.* 2022. Il cambiamento su scala planetaria della biosfera segnalato dalle traslocazioni globali delle specie può essere utilizzato per identificare l'Antropocene. *Paleontology*, e12618. <https://doi.org/10.1111/pala.12618>

Williams, M., Zalasiewicz, J., Barnosky, A.D. *et al.* 2024. Palaeontological signatures of the Anthropocene are distinct from those of previous epochs. *Earth-Science Reviews* 255, 104844. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.104844>

Organizzazione Mondiale della Sanità, <https://www.who.int/news-room/facts-sheets/detail/newborn-mortality>)

Xu, Chi, Kohler, T.A., Lenton, T.M. *et al.* 2020. Future of the human climate niche. *Proceedings of the National Academy of Science*, n. 117 (21), 11350-11355 <https://doi.org/10.1073/pnas.1910114117>

Yancey, D. 2024. La rabbia rurale nei confronti dell'energia solare è reale. *Cardinal News*. <https://cardinalnews.org/2024/03/22/the-rural-anger-over-solar-energy-is-real/>

Zalasiewicz, J. Williams, M., Smith, A. *et al.* 2008. Are we now living in the Anthropocene? *GSA Today*, n. 18(2), 4–8. doi: 10.1130/GSAT01802A.1

Zalasiewicz, J., Cita, M.B., Hilgen, F. *et al.* 2013. Chronostratigraphy and geochronology: a proposed realignment. *GSA Today*, n. 23 (3), 4-8. DOI: 10.1130/GSATG160A.1

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Williams, M. *et al.* 2015. When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary is stratigraphically optimal. *Quaternary International*, n. 383, 196-203. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.11.045>

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Ivar Do Sul, J.A. *et al.* 2016. The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. *Anthropocene*, n. 13, pagg. 4-17. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2016.01.002>

Zalasiewicz, J., Steffen, W., Leinfelder, R. *et al.* 2017a. Petrifying Earth process: the stratigraphic imprint of key Earth System parameters in the Anthropocene. *Theory, Culture & Society*, n. 34, pagg. 83-104. <https://doi.org/10.1177/0263276417690587>

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Summerhayes, C.P. et al. 2017b. The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations.

Anthropocene, n. 19, 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2017.09.001>

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Wolfe, A.P. et al. 2017b. Making the case for a formal Anthropocene: an analysis of ongoing critiques. *Newsletters on Stratigraphy*, n. 50, pp. 205-226. DOI: [10.1127/nos/2017/0385](https://doi.org/10.1127/nos/2017/0385)

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Williams, M. & Summerhayes, C.P. (Eds). 2019. *The Anthropocene as a geological time unit: a guide to the scientific evidence and current debate*. Cambridge University Press, 361 pp.

Zalasiewicz, J., Head, M.J., Waters, C.N. et al. 2024a. The Anthropocene within geological time : A response to fundamental questions. *Episodes*, 47, 1, 65-83.

<https://doi.org/10.1881/4/epiiugs/2023/023025>

Zalasiewicz, J., Thomas, J.A., Waters, C.N. et al. 2024b. What should the Anthropocene mean? *Nature*. 632, 980–984.

<https://doi.org/10.1038/d41586-024-02712-y>

The Anthropocene debate and its ramifications for humanity

Jan Zalasiewicz, University of Leicester, UK and Julia Adeney Thomas, University of Notre Dame, USA.

Abstract: *The Anthropocene, was launched into public debate by Nobel laureate Paul Crutzen in 2000, when he saw that applying the term ‘Holocene’ to the present day no longer made sense. The Holocene is the formal geological epoch that represents the time since the last ice age ended nearly 12 millennia ago; it is the time of relative planetary stability that allowed complex human civilizations to develop and prosper. Crutzen argued that recent human impacts to atmosphere, ocean and biosphere had been so severe that this Holocene stability had ended, and that a new epoch marked by planetary instability and changes beyond Holocene norms had begun; he termed this the Anthropocene. Crutzen’s proposal received both support and criticism: regarding the latter, it was argued that the Anthropocene was too short to be a geological epoch, or that it did not represent all human impacts that stretch back many millennia, or that it was politically, rather than scientifically, motivated – and these misgivings led to rejection of the Anthropocene as a formal Geological Time Scale unit in March 2024.*

Nevertheless, the evidence gathered by the Anthropocene Working Group (AWG) has shown that Crutzen’s hypothesis is true beyond any reasonable doubt. There can be no doubt that the Earth has departed from Holocene conditions to become hotter, biologically degraded and more polluted; its biogeochemical cycles no longer function as they once did. These changes, closely linked to the mid-20th century ‘Great Acceleration’ of human population, industrialization and globalization, have left a distinctive and striking geological record; and, they are mostly irreversible, setting the course for a sharply distinct new trajectory of Earth history. The Anthropocene exists de facto if not yet de jure as a formal epoch, the trajectory of which will inter alia increasingly affect – and threaten – the lives of billions of people. As a consequence, the abundance and relative predictability that we have

taken for granted as foundational to modern life with its particular forms of economics and politics no longer exists. The situation requires the courage to embrace a new set of principles and values appropriate to the new world of the Anthropocene, and to eschew business-as-usual. The Anthropocene, thus, represents an altered reality that we are struggling to understand and come to terms with. Our choices will define our planet's habitability for the foreseeable future.

The Anthropocene concept, for all practical purposes, emerged on February 2000, In Cuernavaca, Mexico, where a meeting of the International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) was taking place. The focus of discussion was how the Earth System was changing in response to growing human impacts. A succession of speakers were presenting information on different kinds of change, to the atmosphere and oceans, to

the landscape and its diminishing biodiversity, and kept referring to this change as taking place within the Holocene Epoch, the 11.7 thousand-year-long geological time interval that marks the time since the end of Earth's latest glaciation. Paul Crutzen, an atmospheric chemist and Nobel laureate for his research into human-caused change to the ozone layer, visibly grew irritated as the presentations went on. Eventually, he burst into the debate, to interject that it no longer made sense to say that we were living in the Holocene, because the Earth had changed too much. 'We're in the ... Anthropocene', he declared.

It was an improvisation, but it stuck. Much of the subsequent discussion at the meeting was taken up with the idea and, with the support of the then Chair of the IGBP, Will Steffen, Crutzen pursued the idea. He discovered that Eugene Stoermer, a Canadian lake ecologist, had independently developed the idea and invented the term some years earlier, though only to use it in discussions with his colleagues and students.

Nevertheless, he invited Stoermer to co-author a short paper introducing the Anthropocene concept to a wider audience, publishing it in the IGBP Newsletter that same year (Crutzen and Stoermer 2000). Later, he published a brief, vivid introduction

– just one page – that reached a yet wider audience in the leading journal *Nature* (Crutzen 2002). The Anthropocene quickly became a framework concept for the scientific work of the IGBP and more generally the wider Earth System science community, comprising scientists who tried to study the Earth as a whole, integrated system rather than simply through its separate components as had become the norm with the increasing specialization of science, especially from the mid-nineteenth century onwards (Schellnhuber 1999). This community treated the Anthropocene as a *de facto* epoch of post-Holocene time, with Crutzen initially suggesting that it might be thought to have begun around the beginning of the Industrial Revolution in the late 18th century, when fossil fuel burning began in earnest in Europe. Including few geologists in their ranks, they were unaware of, or disregarded, the complex bureaucratic procedures that had built up over some two centuries to add new geological time units formally to the Geological Time Scale – so they simply used the term *matter-of-factly* as a new epoch in their publications (e.g. Meybeck 2001, Steffen *et al.* 2004, 2007). For geologists, however, words with the suffix '-cene' are technical terms indicating a particular type of time interval within the Cenozoic Era that represents the last 66 million years of Earth history.

Eventually, the geological community noticed that 'Anthropocene Epoch' was being used in publications emerging from the IGBP community, even though the term had not gone through any of the complex procedures of the official committees overseeing the way Earth's history is divided up on the geological time scale. One such committee began discussing this term in 2006: the Stratigraphy Commission of the Geological Society of London. Although it was a national committee and not an international one, and hence had no jurisdiction over the Geological Time Scale, it was able to analyse the

issue and voice an opinion. It found (Zalasiewicz *et al.* 2008) that the concept had merit, and needed further study.

This finding led to the decision to create a formal working group to officially examine the issue. A working group, in this case the Anthropocene Working Group (AWG), is the lowest rung of the extensive hierarchy that polices the Geological Time Scale. The AWG was set up by the Subcommission on Quaternary Stratigraphy (SQS), the body that deals with the timescale of the Quaternary Period that represents the last 2.6 million years of Earth history (essentially, the Ice Ages of common parlance). The SQS is a division of the International Commission on Stratigraphy (ICS) which oversees the entire Geological Time Scale. The ICS itself is under the jurisdiction of the International Union of Geological Sciences (IUGS), the overarching body for geology as a whole.

In 2009, the AWG started work. Of necessity, it broke some precedents. Because in the Anthropocene geological time clearly overlaps with historically-recorded time, the membership needed to include not only geologists (especially of the subdiscipline stratigraphy, which studies Earth history from the evidence contained within rock strata), but also historians, archaeologists, Earth System scientists (Paul Crutzen and Will Steffen became members), oceanographers and others (including a lawyer specializing in the International Law of the Sea, to help consider the wider utility of the term and concept to society). Thus, rather than a specialist stratigraphic body, it developed from the start as a multidisciplinary one (Thomas *et al.* 2020) – the first such in the ICS.

Nevertheless, the AWG was working within the framework of geological time, which has two aspects. Geological time concerns itself both with time understood as the temporal flow of history, and with time in solid, *material* form: e.g. the physical strata of the Earth's crust (Zalasiewicz *et al.* 2013). Specifically, geologists work to establish whether the strata that formed during any given interval of time are distinctive enough (through their fossil content, their chemical patterns and so on) that they can be recognized as distinctive units, and traced ('correlated', in geological parlance) around the world. For geologists, this makes sense, because almost always their only contact with time is through the rock record, more than 99% of which was formed before humans emerged and were able to observe and then record what was going on around them. Thus, the Anthropocene not only had to make sense as an *epoch* of historical time with significant rises in production, consumption and human population significantly altering the planet's climate, diminishing biodiversity, terraforming the Earth's crust, and increasing pollution, but also as a *series* comprising sediment layers that trapped systematically recognisable evidence of those environmental changes.

Paul Crutzen, Will Steffen and their colleagues were thinking only of these environmental changes over time – while for most geologists, it is the physical *series*

that is crucial, as that is the direct link with the Earth's history as deduced from ancient strata.

The *boundary* of a geological time unit is crucial, too, for that must, as far as possible, be traceable *synchronously* around the Earth, using evidence preserved in the strata. The synchronicity is important, for most environmental changes on Earth take place *diachronously*: that is, they happen at different times in different regions of the Earth. For instance, when global climate changes, it takes some significant time for glaciers to respond, by advancing in colder climates and retreating in warmer ones, and similarly animal and plant populations take centuries or millennia to migrate in response to such climate changes. To chart these phenomena through space and time, a practical, reliable time framework is needed, and the boundaries of geological time units serve as its main rungs. The boundary for the Anthropocene originally suggested by Crutzen, the beginning of the Industrial Revolution in Europe in the late eighteenth century, seemed the obvious one as regards atmospheric change and Western environmental history – but did it work *geologically* and as *global history* too?

When the AWG began its work, there was no clear evidence that the striking global environmental changes identified by Crutzen and his colleagues had produced a corresponding, recognisable unit of strata, distinct from the strata of the Holocene. After all, most geologists work on much older rocks (though there has long been a thriving community devoted to the Holocene), and think in terms of millions of years, not centuries or decades: they use hammers and chisels to gather data, rather than spades and trowels.

Nevertheless, the evidence gleaned from modern strata began to build up (e.g. Williams *et al.* 2011, Waters *et al.* 2014) – and to mirror the observed and recorded evidence of global environmental change documented by the Earth System science community (Steffen *et al.* 2016; Zalasiewicz *et al.* 2017a). The burning of fossil fuels, for instance, is taking carbon stored for hundreds of millions of years underground – and suddenly, well-nigh explosively, releasing it into the atmosphere and oceans. The resulting rise in carbon dioxide in the atmosphere can now be measured instrumentally, and this rise has been documented systematically as the 'Keeling curve' (named after the scientist Charles Keeling, who started it) since 1958. It has taken atmospheric carbon dioxide to levels far higher than at any time in at least the last 800,000 years, as shown by comparison with fossil air trapped within layers of Antarctic ice. The rise has been extraordinarily quick – about 100 times more quickly, indeed, than the rise in carbon dioxide that took place as the Earth warmed from the Pleistocene into the Holocene epochs (itself considered a rapid rise in a geological context) (Figure 1).

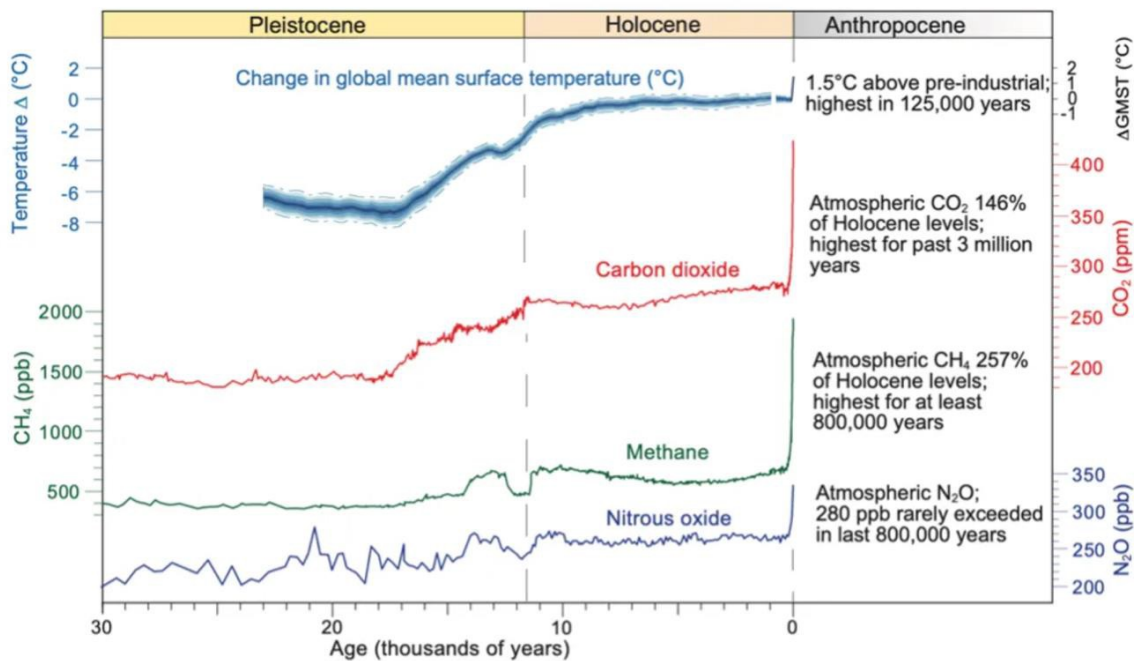


Figure 1. Key Earth System metrics such as the concentrations of carbon dioxide and other greenhouse gases in the atmosphere, and the global temperature change that results, rose significantly from the Pleistocene into the Holocene epochs, as this 30,000 year graph shows – but nowhere near as abruptly as in the change from the Holocene to the Anthropocene. Diagram courtesy of Martin Head, originally published in Turner *et al.* 2024.

This ongoing carbon dioxide rise leaves other, more material, clues too. Fossil fuels have a distinctive chemical fingerprint, in being relatively rich in the light carbon-12 isotope, and this isotopic fingerprint is being incorporated in growing (and fossilizable) carbon-based materials, such as tree wood and coral skeletons. The high-temperature burning of fossil fuels in industrial furnaces and power stations produces countless carbon-rich fly ash particles too, released in smoke, carried far and wide in air currents and then falling to earth; these fly ash particles can be recovered from sediment layers in peat bogs and lakes (and have even been found in Antarctic ice layers). They provide solid and near-ubiquitous evidence that can be used to recognise the Anthropocene in strata.

Many other lines of evidence turned up. Plastics, for instance, have been dispersed worldwide by wind and water currents, and are now present in sediment layers from the tops of mountains to the ocean depths, both as large recognisable objects such as discarded drinks bottles and food wrappers (that may be regarded as ‘technofossils’) and as tiny microplastic fragments (Zalasiewicz *et al.* 2016). Many kinds of modern persistent organic pollutants, such as pesticides, can be detected in modern sediments. The way we have changed animal and plant communities too has left its

mark geologically – not so much, yet, because of the growing extinction crisis, but because of the human-driven translocation of many thousands of species, both intentional and accidental, between every continent and every ocean on Earth. The fossil remains of these recently introduced species already characterize many sedimentary successions (Williams *et al.* 2022, 2024). Even before Crutzen’s suggestion of the Anthropocene, this phenomenon had led to the independent suggestion of a ‘Homogenocene’ epoch (Samways 1999) to reflect the homogenization of the Earth’s long-established biogeographic communities.

As the evidence in support of the Anthropocene accumulated, though, it became clear that Crutzen’s originally suggested starting point, the beginning of the Industrial Revolution, would not be easily workable geologically, because the geological signals associated with the beginning of the Industrial Revolution in Europe were too slight globally and too scattered in time and space; they were diachronous, rather than synchronous, because of the way that industrialization spread piecemeal around the globe over more than a century and was not fully unleashed until the twentieth century. But another, far more convincing level for a Holocene-Anthropocene boundary had become apparent by 2004 with the work of an IGBP team lead by Will Steffen. In a report titled “Global Change and the Earth System: A Planet under Pressure,” they correlated the growth of human factors such as population, GDP, and Direct Foreign Investment with clearly defined rises in greenhouse gases, a transformed ocean, and ecosystem and species losses. Putting together this sociopolitical and environmental evidence showed that an abrupt change occurred, not in the late eighteenth century, but in the mid-twentieth century when the world experienced the ‘Great Acceleration’ (McNeill’s term: Steffen *et al.* 2007, 2015). From this point on, the effects of human pressures on the Earth System produced a cascade of geological signals in the strata that made this new period of time not just a historical unit but also a geological one (Zalasiewicz *et al.* 2015; Kuwae *et al.* 2024). It became apparent that using ~1950 as the starting point of the Anthropocene Epoch was far better because it reflected the planetary transformation as the relative stability of the Holocene Earth System gave way to the more unstable and rapidly evolving conditions of the Anthropocene.

The Great Acceleration is a striking phenomenon. For instance, more than 90% of the coal, oil and gas ever exploited have been burnt since 1950, and humanity has used more energy since 1950 than in the whole of the 11,700 years of the preceding Holocene (Syvitski *et al.* 2020). Mining, damming, urbanization and soil loss due to expanded agriculture have transformed the terrestrial landscape in this period. Many key signals – such as of plastics and many persistent organic pollutants – are essentially confined to the post-mid-20th century interval. And, the most precise signal of all is provided by artificial radionuclides, generated by nuclear bomb testing and civil nuclear power, specifically with the worldwide spread of plutonium that followed the beginning of thermonuclear hydrogen bomb (H-bomb) testing in 1952 (Waters *et al.* 2015). The

detonation on November 1, 1952 of the “Ivy Mike,” the first H-bomb, was identified by the AWG as a suitable ‘primary marker’ that could guide definition of the Anthropocene, being a modern, technologically-created analogue to the meteorite-scattered iridium that forms a striking, essentially synchronous global boundary marker for the Cretaceous-Paleogene boundary notoriously associated with the mass extinction event that killed off the dinosaurs, 66 million years ago.

By 2016, the AWG had gathered enough evidence to state that the Anthropocene was real both historically and geologically (Waters *et al.* 2016; Zalasiewicz *et al.* 2017b, 2019). In other words, the evidence reflects the sharp and in many respects irreversible (for all practical purposes: Summerhayes *et al.* 2024) transformation of the Earth System from Holocene conditions: that is, the Anthropocene epoch as part of Earth’s history as conceptualized by Crutzen. It also shows a corresponding unit of strata characterized by many geological signals with its beginning (or technically, base, as we are talking about physical units of strata) precisely defined by that synchronous worldwide rise in plutonium content. In short, the Anthropocene made sense both in terms of Earth System science and in terms of geology (Steffen *et al.* 2016; Zalasiewicz *et al.* 2017a). The next step was to prepare a formal proposal to be considered by successive committee stages above the AWG in the geological time scale hierarchy.

But already, despite the clear evidence accumulated by the AWG that Crutzen’s improvised hypothesis of 2000 was fundamentally correct, substantial opposition to formalizing the Anthropocene was gathering. That opposition comprised several strands, of which two may be noted here.

Firstly, within the geological community, some of the most senior and influential figures among those determining the geological time scale voice outright opposition to formalization. They do not question the AWG’s evidence, but simply cannot accept a geological epoch of such brevity, so far just some seven decades, approximating the average human lifespan. For these geologists, used to dealing with millions of years, such a short recent epoch is *a priori* unacceptable. They also claim that due to this brevity, the Anthropocene strata must be negligible in thickness, ignoring that in reality, global erosion and sedimentation since 1950 have accelerated more than tenfold, to produce substantial as well as distinctive strata. And, they averred, the Anthropocene should not be part of geology because it dealt with the future, while geology should concern itself only with the past. Again, not so. As the AWG found, those seven decades have already produced considerable planetary change, and distinctive new strata. These assertions reflect a visceral (and continuing) rejection of the uncomfortable new concept of the Anthropocene, within a powerful part of the geologically community.

There are also objections among scholars who deal with the deep human past such as archaeologists and anthropologists. They voiced concern that the Anthropocene

excluded most of human history – and therefore most of the time during which the ‘anthropos’ of the term’s prefix was active. The Anthropocene, they said, began many thousands of years ago – and in any case should be flexibly, and not precisely, defined, to accommodate a wide range of interpretations and interpreters. This observation is true in that human influence on the Earth (on land, at least) goes back many millennia, to the pre-*Homo sapiens* control of fire, the hunting to extinction of many large mammals, the development of agriculture, and so on. But they miss the point. Crutzen was perfectly aware of the long history of human/environment interactions, but emphasized that this long history with its rich archaeological record had not destabilized the Holocene or the earlier Pleistocene. Rather, despite human activities, the Holocene had been essentially stable in planetary terms: as regards climate, sea level, the carbon, nitrogen and phosphorus cycles and a functional biosphere. This stability, unusual in the last 2.6 million years of the Quaternary ice ages, allowed human civilization to develop and flourish. It was the upending of this Holocene stability by *overwhelming* human impacts stemming from industrialization that was Crutzen’s key insight – and the basis of the AWG’s work. ‘Anthropocene’, here, does not mean ‘all things anthropogenic’. Perhaps, had Crutzen chosen some other term on the spur of the moment, this confusion might have been avoided, but it is unlikely that any single term can encapsulate the full magnitude of the transformation of the Earth System by human systems, and people, being people, would always find fault.

For most of its existence, the AWG has been responding at length to critiques of this kind (e.g. Autin and Holbrook, 2012; Finney and Edwards, 2016; Gibbard *et al.* 2022). The ensuing discussion represents a substantial part of its published output (e.g. Zalasiewicz *et al.* 2017c, 2024a; Head *et al.*, 2023; Waters *et al.* 2023a). It has been a useful exercise in that it has thoroughly tested the Anthropocene concept in theory and practice, though opposition to a formalized Anthropocene did not stop once the objections voiced were answered, or as the evidence base demonstrating the Anthropocene’s reality built up. Rather, the opposition became if anything more forceful, suggesting that we are dealing here with a question in which philosophical or ideological convictions (on what geology should and should not include within its purview) played a larger part than the weighing of detailed evidence, whether from Earth System science or from stratigraphy.

This published debate carried on after the AWG’s 2016 announcement (Zalasiewicz *et al.* 2017b) while the working group began preparing its formal proposal. In classical geological fashion, this highly technical research sought to locate a ‘golden spike’ (technically, a Global boundary Stratotype Section and Point, or GSSP) in some section of strata that, through its pattern of geological signals, would seek to best represent the beginning of the Anthropocene. This complex exercise, unlike the work done on older, long-used geological time scale units, did not have a century or more’s work, data and

academic connections to fall back on; with the Anthropocene, it was a question of starting from scratch.

The exercise was only possible because of a remarkable windfall to the previously wholly unfunded AWG. Berlin's Haus der Kulturen der Welt (HKW), a humanities-based institution led by its Director Bernd Scherer, had taken an early interest in the Anthropocene, organizing the first major public exhibition on it in 2014, and continuing to initiate multidisciplinary activities on its theme. Bernd Scherer obtained funding from the German government for the many scientific analyses needed to establish the basis for a formal Anthropocene boundary (Rosol *et al.* 2023). These welcome funds allowed 12 teams of scientists to analyse and compare 12 sites around the world, representing different types of recent strata including annually-formed lake-and estuary-bed layers, cave deposits, a peat bog, coral skeletons – and the rubble layers beneath the centre of Vienna – for evidence of precisely how, layer by layer, the Holocene gave way to the Anthropocene.

This very large exercise, achieved within three years (despite the ongoing Covid pandemic) showed, at all 12 sites, clear evidence of the Anthropocene on the basis of a wide range of signals preserved within the strata (Waters *et al.* 2023b). At an exceptionally closely studied site in Japan, the team found, remarkably, 99 different kinds of human-caused or -influenced signals recorded in the core samples of Beppu Bay. As predicted, the plutonium signal provided the sharpest and most synchronous signal, in several cases being recognisable to the nearest year. The exercise demonstrated the reality of the Anthropocene as a geological phenomenon. After much discussion within the AWG, one of the 12 sites, Crawford Lake in Canada, was chosen – by very fine margins – as the candidate for the Anthropocene 'golden spike', with some of the others given auxiliary status, the rest being named reference sections. All sites were significant in building up a picture of the geological Anthropocene.

Crawford Lake became the centrepiece for the 190-page proposal for formalization of the Anthropocene submitted at the end of October 2023 to the next rung of the hierarchy, the Quaternary Subcommission (SQS) (Waters *et al.* 2024). In controversial circumstances, the proposal was rejected though an announcement made by press release to the *New York Times* on March 5th 2024. Despite a number of irregularities in the process, the decision was upheld by the ICS and IUGS. The decision reflected the continued hostility, especially at senior levels of the geological time scale community, to the Anthropocene concept of Crutzen and the AWG. As with earlier critiques, little of the detailed evidence assembled by the AWG was queried.

Where are we now? The Anthropocene as conceptualized by Crutzen and developed in geological terms is undoubtedly real, even as it remains informal. The Earth System has shifted profoundly in the mid-20th century from its Holocene state; this shift has left a pattern of signals in strata as clearly distinctive as any in the geological record; and, this

change is irrevocable (there is no going back to a Holocene state). Most importantly, the emerging Anthropocene Earth System is defining (and in most cases, reducing) the habitability of our planet, not only for our own species, but for most others too.

The denial of formal recognition by the committees controlling the geological time scale has not effaced this reality. An analogy might be made with some of the prior conceptual revolutions in geology: for instance, the realization that animal and plant species were not immutable but evolved through time; the understanding that there had been past Ice Ages; and, the knowledge that the Earth's continents were not fixed but slowly drifted across the globe. In each of these three cases, there was at first fierce resistance to the new paradigm overturning long-held conceptual and methodological beliefs among geologists. It took decades, and new generations of scientists, for the new ideas to be accepted (e.g. Oreskes 1999). Within geology, we seem to be exactly at such a stage with respect to the Anthropocene. But more widely, the Anthropocene as a term and precisely used concept is spreading, with multidisciplinary research institutes devoted to the Anthropocene appearing, in China, South Korea, Germany, South Africa and elsewhere, and with the Anthropocene being used as a framework concept by institutions such as the IPCC and WWF (Zalasiewicz *et al.* 2024b).

The Anthropocene and Our Common Home

In the context of this workshop, and this publication, though, the real importance of the Anthropocene is that sums up all the dangers threatening our common home. These dangers are manifold and inseparable from one another. What makes the concept of the Anthropocene so vital is that it brings together disparate phenomena, and helps us see the entangled networked whole so that we reject the siloed-thinking that has allowed us to imagine that nature and people could be studied separately and that the fate of some is separable from the fate of others. As opposed to the siloed-thinking that served to spur the Great Acceleration, the Anthropocene provides the framework for the systems-thinking needed to address the urgent dangers facing all of humanity. It calls on us to recenter our values and actions on what we share, including the 'joyful mystery' of life on this beautiful planet.

Below we address some of these dangers, stressing their interrelatedness and the need to approach mitigation using the Anthropocene framework. Because the physical planet and the human globe can no longer be seen as functioning in isolation from one another, a multidisciplinary approach is essential. No problem can be 'solved' in isolation from the biogeophysical and cultural-socioeconomic networks of which it is a part. As American conservationist John Muir put it, 'when we try to pick out anything by itself, we find it hitched to everything else in the universe.'

Climate change: this might possibly have been described as an ‘incipient’ threat back in 2000, when Crutzen launched the Anthropocene concept. Back then, the average global temperature was ‘only’ a little more than half a degree centigrade above its pre-industrial level measured from its standard 1850-1900 baseline – but it was clearly signalled, given the steep rise in greenhouse gas emissions in preceding decades. Since then, global warming has definitively arrived, as temperatures have progressed further in catching up with the change in the Earth’s radiative (i.e. heat) balance, especially after the record-breaking years of 2023-4 (~1.47°C and ~1.6°C above pre-industrial, respectively¹). In 2024, temperatures broke through the upper limit of 1.5°C agreed as the desired maximum by the 2016 IPCC Paris Agreement. The long list of repercussions includes rising sea levels (now ~5 mm/year), increased de-oxygenation of the oceans, dislocated biological (including agricultural) systems, increasing risk of earthquakes, and more extreme weather events in a climate increasingly prone to ‘hydroclimate whiplash’ (Swain *et al.* 2025) including lethal heatwaves, forest fires, floods and crop failures.

Approaching climate change from the Anthropocene perspective underscores its potent menace – it has been described as being ‘poised to be the greatest injustice in history’² – but also shows that climate change mitigation cannot be treated simply as a matter of finding new ‘green’ energy sources without considering these sources’ impacts on other aspects of the environment and on societies. Two quick examples will suffice. A glance at the resource wars in the Democratic Republic of Congo make clear that mining for valuable minerals such as coltan used in computers puts human and non-human lives and social stability at grave risk. In the United States, meeting the exorbitant energy demands of Artificial Intelligence and data centres around Washington DC would require the construction of several large-scale nuclear plants.³ Since endangering the nation’s capital in that way is off the table, energy companies (required to meet demand) are muscling into the prerogatives of rural county boards and insisting that land be zoned for large-scale windfarms to power the DC metropolitan area. Rural resistance to the transformation of their landscape has been met by state governments removing land-use issues from county board control (Yancey 2024). The political result of rural resentment against the elite is plain to see. In short, adoption of ‘green’ energy, if it is to help guide us along a safer trajectory, must weigh the benefits against the costs in land-use change, political stability, aesthetic beauty, and biodiversity loss. We cannot address the Anthropocene by siloed-thinking about climate alone as the IPCC now recognizes.

Biosphere decline: Beyond the intensifying effects of global warming, the biosphere continues to be diminished by habitat loss due to expanding human predation and

¹ <https://climate.copernicus.eu/global-climate-highlights>

² <https://www.columbia.edu/~jeh1/mailings/2024/ICJ.PressBriefing.09December2024.pdf>

³ <https://www.washingtonpost.com/business/2024/03/07/ai-data-centers-power/>

human settlements and land use of many kinds including farms and mining. The biosphere's transformation has been remarkable, especially on land, where the biomass of mammals is utterly dominated by humans (about one-third) and farm animals (about two-thirds; and *inter alia* contributing significantly to greenhouse gas emissions): the world's wild mammals now make up just 2% by weight of all terrestrial mammals (Greenspoon *et al.* 2023). Ocean life is being rapidly degraded too, most visibly in the widely devastated coral reefs (Goreau *et al.* 2024). The thinning out of the web of life has damaged human health due to the increasing ease with which diseases spread from wild and domesticated animals to people. These health challenges (Gupta *et al.* 2024) have had political and economic effects as we all witnessed during Covid. Moreover, biodiversity loss threatens to diminish the human capacities for wonder and compassion. It is not by accident that animals and plants figured in myths and children's books as characters in their own right, with all the quirks of the actual species brought fully into the stories. We used to live in thickets of non-humanness marvelling at beings unlike ourselves. This was a training ground for the imagination and the compassion needed to see the world from the perspectives of others.

Technology: The recent planetary transformation has been mediated and enabled by another factor: technology. Technologies developed slowly throughout the Holocene and earlier times, but only recently have they exploded into dominance in tandem with Anthropocene forcings, becoming the integrated, globally networked technological system that now structures our lives. The growth of technological systems can be measured in many ways, but we might simply use the total mass of manufactured objects in current use (i.e. buildings, roads, machines etc) as a guide. In 1950, this mass was beginning to rise, but nevertheless totalled less than a hundred billion tons, or under 10% of the mass of all living things on Earth. Seven decades later, having been caught up in the Great Acceleration, this 'anthropogenic mass' had grown more than tenfold to over a trillion tons (Elhacham *et al.* 2020). The mass of things that human beings have engineered and built exceeds the mass of the biosphere, and it is still growing rapidly and evolving even more rapidly (as in the hyper-rapid evolution of computer systems in recent decades). Among the many items spewed out of it are plastics, pesticides, fungicides, lead, and other major pollutants that it cannot reabsorb, and so are destined to linger on the Earth for geological timescales (Gabbott and Zalasiewicz 2025). Annually, the solid wastes produced by municipalities around the world weighs about 2.01 billion tons, a figure that is anticipated to reach 3.40 billion in about 30 years (Filipenco, 2024). This phenomenon has been described as a wholly new 'sphere' of the Earth System: the technosphere (Haff 2017, 2019, 2023). Unlike natural spheres, this anthropogenic sphere is not regenerative. The technosphere emerged from the biosphere very recently and is now effectively parasitizing it.

Humans today are almost wholly dependent on the technosphere for our survival. Without its capacity to garner raw materials, to produce food, water, and needed

articles, and to transport things to where they are consumed, countless deaths would ensue. Everyone relies on the technosphere for sustenance, energy, communications, and health all over the world at essential levels, and at luxury levels for the middle and upper classes.

Despite the technosphere being essential, societies, individually and collectively, have only very limited influence on it because our political systems were not designed to regulate global enterprises, and our knowledge systems do not comprehend it fully or understand its swiftly evolving forms. This emergent and constantly morphing system driven by path dependencies, specialist innovations, financial networks, and fiercely antagonistic aims and interests on the part of billions of people is essentially ungovernable. Increasingly, this emergent system seems able to do without its human components, automating jobs and rendering workers redundant.

Understood in this way, technology is no longer a tool people use, but a system that uses people, shaping personal relationships (dating apps, social media) and societies (data centres, Amazon warehouses, political messaging). As Pope Francis and others have observed, although some technologies have advanced human welfare, the globalized technological system dominant today has created wide disparities of power and wealth, undermined our capacity for compassion, and alienated us from one another (*Laudato Si*, especially Chapter 3). Again, the challenge of the technosphere cannot be addressed in isolation from climate change, biosphere disruptions, politics, social mores and values which is why the Anthropocene is a vital framework.

Our Bodies: One of the boons of technology in the first decades of the Anthropocene was a revolution in human health. Due to sanitation systems, agricultural techniques, antibiotics, vaccines⁴, and other new medical interventions—all aided by the capacity to spread these innovations through human development programs—the human population has grown from about 2 billion people to over 8 billion. Women do not die nearly as frequently in childbirth; the vast majority of children can expect to see their fifth birthday. Indeed, even in sub-Saharan Africa which suffers the highest rate of infant mortality, infant deaths fell from 180 out of 1000 in 1990 to 27 out of 1000 in 2022. (World Health Organization, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/newborn-mortality>) At the same time, longevity for humans has been extended by many years. This is success by almost any measure (Desmond and Ramsey, 2023). But accompanying this human surge is the decline in non-human flourishing with the depletion of half the world's land-based biomass during the Holocene due to human predation (Bar-On *et al.* 2018) and the even more precipitous

⁴ Vaccines [have saved more than 150 million lives over the past 50 years](https://www.scientificamerican.com/article/see-how-many-lives-vaccines-have-saved-around-the-world/) and cut infant mortality by 40 percent worldwide. <https://www.scientificamerican.com/article/see-how-many-lives-vaccines-have-saved-around-the-world/>

biodiversity decline since 1990 (Ceballos *et al.* 2017). While we humans may live to enjoy old age, older wild animals are decreasing in number, eliminating experienced individuals who best know their environments and so impinging on their group's ability to thrive (Kopf *et al.* 2025).

A mere seven or so decades into the Anthropocene, we may have passed the point of peak health for human beings as the ills of the Anthropocene kick in. There is already some indication that life expectancy among some groups is beginning to drop. The dangers include heat (Xu *et al.* 2020), lack of fresh water, PFAS 'forever' chemicals and microplastics in every part of our bodies, including our brains. A recent Harvard study estimated that each of us ingests—through air, water, food, and the things that we touch—the equivalent of a plastic credit card each week⁵. These tiny undegradable fragments are able to traverse the umbilical cord so that babies today are born already imbued with plastic. We are also losing the war against antibiotic resistance. It is growing (by 80% since 1990 for people over 70) and could claim the lives of tens of millions in the next few decades with people succumbing to once were treatable infections.⁶ Research is beginning to suggest that the vaccines that still work may be hampered by climate change⁷. Since the mid-twentieth century, new chemical compounds being pumped out in the millions of tons have entered our bodies through many pathways (Thomas 2014) Some of these compounds mimic the body's natural reproductive hormones rendering many species including warblers, polar bears, fresh-water fish, and alligators intersex (i.e. having the reproductive organs of both sexes) and sometimes unable to breed. Human fertility is also impacted by hormone-mimicking chemicals such as the highly toxic phthalates in plastic food packaging (Langston 2010). In short, our bodies are no longer chemically, microbially, and functionally as they were in the Holocene. During the initial stages of the Great Acceleration, many advances were beneficial, but it seems that in human health, as in other sectors, we are approaching a tipping point. *Laudato Si* urges all of us to care for our bodies, but caring for ourselves today raises new challenges.

Economic Growth: No idea is more important in initiating and driving the Anthropocene than the idea of infinite economic growth. Even now we cling to this notion like a deflating life raft. Economic growth is seen not only as desirable for family bank accounts and business enterprises but, since the 1930s, has become a central government responsibility. Initially in response to the Depression and then worldwide after World War II, all major nations dedicated themselves to spurring growth to support infrastructure projects, expanded social welfare, retirement funds, and military

⁵ <https://news.harvard.edu/gazette/story/2024/10/plastics-in-our-bodies-what-does-that-mean-for-our-health-harvard-thinking-podcast/>

⁶ <https://www.nature.com/articles/d41586-024-03033-w> ⁷ https://www.nature.com/articles/d41586-023-04077-0?utm_source=Live+Audience&utm_campaign=e3f73c313e-briefing-dy-20240109&utm_medium=email&utm_term=0_b27a691814-e3f73c313e-50302812

strength. Whether capitalist, state capitalist, or communist, all states joined in. Growth enjoyed bipartisan momentum in the United States and in other allied nations where progress was measured by GDP, the tally of goods and services provided by the enterprises governments nurtured. West Germany produced the *Wirtschaftswunder* (or 'Miracle on the Rhine') and France oversaw *Les Trentes Glorieuses*. Japan's Ministry of International Trade and Industry (MITI) sparked admiration for exceeding its growth targets. In the Eastern bloc, the Soviet Union used centralized planning, state ownership of the means of production, and collectivization to encourage growth, and in communist China, Mao attempted the "Great Leap Forward." Growth became critical to maintaining government services, research programs, and welfare of all kinds. As with the health initiatives of the Great Acceleration, so too with the economic systems of growth. Initially all seemed well, but then the foundations began to crumble as the headwinds of debt, declining natural resources, demographic shifts, and rising inequality ate away at its foundations.

Several factors make continued growth a tenuous if not a dangerous proposition. The mantra of growth continues to be chanted although the global economy has been transformed in at least two critical and related ways: first, the concentration of wealth at the top and the widening gap between rich and poor and, second, the change from the postwar economy that rested on the production and exchange to an economy where most wealth arises in the financial sector. The estimated value of all economic activity in the production and marketing of goods and services in the world today is \$105 trillion. The value of financial derivatives betting on changes in these markets is \$667 trillion (Copeland 2023; Stevenson 2024; Lanchester 2024). In other words, the biggest business in the world produces nothing physically tangible, although the political and social fallout of this global gambling by the wealthy produces tangible and intangible dangers.

Another way in which the promise of economic growth is dangerous is that nature has limits to how much can be drawn down while it still replenishes itself. For instance, fresh water replenishes itself through rain cycles at the rate of about 1% a year. These limits have not only been reached but exceeded. We overshot the planet's ability to refresh 'blue water' which we drink in 1905; we now use energy-intensive methods to mine 'fossil water' from aquifers deep underground. The boundary for 'green water' available in soils for plants and microorganisms was passed in 1929 (Richardson *et al.* 2023). We exceed Earth's capacity to maintain regenerative cycles in many other sectors as well. In essence, to grow we have been drawing down on the future and continue to do so at a faster and faster rate. This is true especially of the rich, but even the average person in poor countries such as Nicaragua, Indonesia, and Uruguay draws down more of Earth's bounty each year than can be replenished in that year according

to the organization Earth Overshoot Day⁸. We gorge on the future through the technosphere, and wallow in the waste products of its unregenerative processes to our cost and that of the entire biosphere. The gifts of the 'economic miracle of infinite growth' resemble a trap for humanity: growth is necessary to maintain the technosphere upon which we depend, and yet growth is also rapidly undermining the habitability of the planet. Those who suffer first are the poorest and least able to protect themselves, human and nonhuman both.

Politics: The rise of democracy is closely related to economic growth. The hopes for self-determination began to take root with an expanding middle class based on a growing mercantile and professional economy, and flowered in the twentieth century with decolonization, women's rights, and the establishment of a host of different types of democracy during that century. The close alliance between economic growth and political liberty has been noted by many. In Dipesh Chakrabarty's telling phrase, the mansion of modern freedoms stand on the ever-expanding base of fossil fuel use.

Some scholars correlate the end of serfdom and slavery with the rise of the new, mineral-based sources of energy that could free people from arduous physical labor and provide more ample lives and greater choice (Nikiforuk 2012; Mouhot 2019).

The new technologies (fuels, fertilizers, increased global trade) and the new techniques of governance spurred by these new sources of energy reduced the dangers of local contingencies. People no longer had to depend on what their immediate area could produce by way of water, food, fuel, and shelter which were prone to whims of natural variables, and could seek sustenance from wider ecosystems, some very distant indeed. In short, growth was pursued as a way to limit local precarity and secure predictable (and insurable) futures for a wider and wider range of people. These people could then take part in democratic societies through expanded educational systems, cultural opportunities, and much more. In short, before the Anthropocene, the Earth System was fairly predictable, but local weather, soil fertility, religion, authority, literary production and cocktail hours were all highly unpredictable. During the early phase of the Great Acceleration, this system flipped, transferring unpredictability from the local to the planetary. Today, the Earth System is careening towards (or perhaps has already passed) various tipping points. While in the main, at least for a bit longer, the technosphere pumps out regularly available goods and services to the wealthy, everyone is increasingly subject to the unpredictable (and uninsurable) dangers of rampaging fires, rising waters, drought, heat, pandemic, and social instability that accompanies these planetary uncertainties. This situation stokes anger and distrust.

Given the increasing precarity of global systems (e.g. boats supplying consumer goods stranded in the Panama Canal due to unusual rain patterns), one potential avenue of mitigation is to strengthen local networks, building resilience through *inefficient*

⁸ <https://overshoot.footprintnetwork.org/newsroom/country-overshoot-days/>

redundancies that are locally controlled. Efficiency relies on predictability; now that the planetary system is unpredictable, inefficient, overlapping ways of attaining necessities is a safeguard. To embrace local redundancies would be to accept once again the precarity of life, a reasonable step given that the promise of predictability secured through global systems drawing down on future resources endangers us all. To do so would mean attuning ourselves again to the resourcefulness, hard work, and

community sharing that once tided people over rough patches. This alternative politics—founded in ecological economics—has a growing base of advocates and scholars (Schor 2010; Dietz and O'Neill 2013; Raworth 2018). If we deem democracy valuable, then a new form of democracy that is no longer reliant on growth needs articulation and adoption—soon. It could be said that although 2024 was a banner year for elections with 65 national contests around the world, it was not a banner year for democracy.

Conclusion

To draw on Charles Dickens, the early Great Acceleration was the best of times and the worst of times. It set in place interlinked systems that benefitted many for a while and which are now rapidly propelling us far beyond planetary boundaries into unpredictable territory. The 'Anthropocene' captures the phenomenon of a dangerous Earth System trajectory propelled by human systems and also encapsulates the mid-20th century measurable signals left in the strata that geologists have discovered. It is a framework for bringing together climate change, biodiversity loss, the technosphere, our bodies, economics, politics and much else. As journalist Andrew Revkin observed, it 'has become the closest thing there is to common shorthand for this turbulent, momentous, unpredictable, hopeless, hopeful time—duration and scope still unknown' (Revkin, 2016). Despite the rejection of the AWG's proposed formalization of the epoch on the Geological Time Scale, the concept remains crucial. As science writer Elizabeth Kolbert maintains, 'the Anthropocene is an indispensable term' (Kolbert 2024). While our fractious species is prone to contentiousness and sometimes even to wilful misunderstandings and cruelty, there is still a silver sliver of hope that we will put aside our squabbles to redefine our notion of progress (*Laudato Si*, Chapter 5). Whether that silver sliver is merely an insubstantial moonbeam playing on waves or a lighted pathway is up to us. We must recognize the limits of any particular branch of knowledge and any individual perspective, and join together collectively if we are to meet the perils of the Anthropocene with grace, charity, and courage.

Bibliography

- Autin, W.J., and Holbrook, J.M., 2012. Is the Anthropocene an issue of stratigraphy or pop culture? *GSA Today*, **22**(7), pp. 60–61, doi: 10.1130/G153GW.1.
- Bar-On, Y. M., Phillips, R. and Milo, R. 2018. The biomass distribution on Earth. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **115**, 6506–6511.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1711842115>
- Ceballos, G., Ehrlich, P.R. and Dirzo, R. 2017. Biological annihilation via the ongoing sixth mass extinction signaled by vertebrate population losses and declines. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **114**, E6089–E6096.
- Copeland, R. 2023. *The Fund: Ray Dalio, Bridgewater Associations and the Unraveling of a Wall Street Legend*. St. Martin's Press, 352 pp.
- Crutzen, P. J. 2002. Geology of Mankind. *Nature*, **415**, 23. https://doi.org/10.1007/978-3-319-27460-7_10
- Crutzen, P. J., & Stoermer, E. F. 2000. The “Anthropocene.” *IGBP Global Change Newsletter*, **41**, 17–18.
- Desmond, H. and Ramsey, G. 2023. *Human Success: Evolutionary Origins and Ethical Implications*. Oxford University Press, 344 pp.
- Dietz, R. and O’Neill, D. 2013. *Enough is Enough: Building a Sustainable Economy in a World of Finite Resources*. Berrett-Koehler Publishers, 240 pp.
- Elhacham, E., Ben-Uri, L., Grozovski, J. et al. 2020. Global human-made mass exceeds all living biomass. *Nature*, **588**, 442–444. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-3010-5>
- Filipenco, D. 2024. “World waste: statistics by country and brief facts,” *Developmental Aid*.
<https://www.developmentaid.org/news-stream/post/158158/world-waste-statistics-by-country>
- Gabbott, S. and Zalasiewicz, J. 2025. *Discarded: How Technofossils will be Our Ultimate Legacy*. Oxford University Press, 256 pp.
- Gibbard, P. L., Bauer, A. M., Edgeworth, M., Ruddiman, W. et al. 2021. A practical solution: the Anthropocene is a geological event, not a formal epoch. *Episodes*, **45**(4), 349–357.
<https://doi.org/10.18814/epiiugs/2021/021029>
- Goreau, T.J.F. and Hayes, R.L. 2024. 2023 Record marine heat waves: coral reef bleaching HotSpot maps reveal global sea surface temperature extremes, coral mortality, and ocean circulation changes. *Oxford Open Climate Change*, **4**(1) kgae005.
https://doi.org/10.1093/ox_fclm/kgae005
- Greenspoon, L., Krieger, E., Sender, R. et al. 2023. The global biomass of wild mammals. *Proceedings of the National Academy of Science*, **120**, e2204892120.
<https://doi.org/10.1073/pnas.2204892120>

- Gupta, J., Bai, X., Liverman, D.M. et al. 2024. A just world on a safe planet: a Lancet Planetary Health–EarthCommission report on Earth-system boundaries, translations, and transformations. *Lancet Planet Health* 2024. Published Online September 11, 2024. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(24\)00042-1](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(24)00042-1)
- Haff, P.K. 2017. Being Human in the Anthropocene. *The Anthropocene Review*, **4**(2), 103–109. <https://doi.org/10.1177/2053019617700875>
- Haff, P.K. 2019. The Technosphere and its relation to the Anthropocene. In (Zalasiewicz, Waters, Williams and Summerhayes, Eds) *The Anthropocene as a Geological Time Unit A Guide to the Scientific Evidence and Current Debate*. Cambridge University Press, 138–143.
- Haff, P.K. 2023. Technosphere. In Wallenhorst, N. and Wulf, C. (Eds) *Handbook of the Anthropocene*. Springer (2023), 537-541.
- Head, M.J., Zalasiewicz, J.A., Waters, C.N. et al. 2023. The Anthropocene is a prospective epoch/series, not a geological event. *Episodes*, **46**(2), 229–238. <https://doi.org/10.1881/4/epiiugs/2022/022025>
- Kolbert, E. 2024. The ‘epic row’ over a new epoch. *New Yorker*, April 20, 2024. <https://www.newyorker.com/news/the-weekend-essay/the-epic-row-over-a-new-epoch>
- Kopf, R.K., Banks, S., Brent, L.J.N. et al. 2025. Loss of Earth’s old, wise, and large animals. *Science*, **387**, eado2705. DOI: [10.1126/science.ado2705](https://doi.org/10.1126/science.ado2705)
- Kuwae, M., Yokoyama, Y., Tims, S. et al. 2024. Toward defining the Anthropocene onset using a rapid increase in anthropogenic fingerprints in global geological archives. *Proceedings of the National Academy of Science*, **121**(41), e2313098121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2313098121>
- Lanchester, J. 2024. For Every Winner a Loser. *London Review of Books* (12 September 2024) 3-8.
- Langston, N. 2010. *Toxic Bodies: Hormone Disruptors and the Legacy of DES*. Yale University Press, 224 pp.
- Meybeck, M., 2001, River basins under Anthropocene conditions. In: von Bodungen, B., and Turner, R.K. (Eds.), *Science and Integrated Coastal Management*. Dahlem University Press, Berlin, pp. 275–294.
- Mouhot, Jean-Francois. 2019. We are all Slaveowners Now: Fossil Fuels, Energy Consumption and the Legacy of Violence. In (M. Leven, R. Johnson and P. Roberts, Eds) *History at the End of the World? History, Climate Change and the Possibility of Closure* Penright, UK: HEB Humanities-Ebooks, LLP.

- Nikiforuk, A. 2012. *The Energy of Slaves: Oil and the New Servitude*. Toronto: Greystone Books, 296 pp.
- Oreskes, N. 1999. *The rejection of continental drift: theory and method in American Earth science*. Oxford University Press, 432 pp.
- Raworth, K. 2018. *Doughnut Economics: Seven Ways to Think Like a 21st-Century Economist*. Chelsea Green Publishing; Reprint edition, 320 pp.
- Revkin, Andrew, October 2016,
<https://www.anthropocenemagazine.org/anthropocenejourney/>
- Richardson, K., Steffen, W., Lucht, W. et al. 2023. Earth beyond six of nine planetary boundaries. *Science Advances*, **9**, eadh2458. DOI: [10.1126/sciadv.adh2458](https://doi.org/10.1126/sciadv.adh2458)
- Rosol, C., Schäfer, G. N., Turner, S. D. et al. 2023. Evidence and experiment: Curating contexts of Anthropocene geology. *The Anthropocene Review*, **10**, 330-339.
<https://doi.org/10.1177/20530196231165621>
- Samways, M., 1999, Translocating fauna to foreign lands: here comes the Homogenocene. *Journal of Insect Conservation*, **3**, 65–66.
- Schellnhuber, H.J. 1999. 'Earth system' analysis and the second Copernican revolution. *Nature*, 402, Supp., C19-C23.
- Schor, J. B. 2010. *True Wealth: How and Why Millions of Americans are Creating a Time- Rich, Ecologically Light, Small-Scale, High-Satisfaction Economy*. Penguin, 258 pp.
- Steffen, W., Sanderson, A., Tyson, P. D., Jäger, J., Matson, P., Moore III, B., et al. (2004). *Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure*, The IGBP Book Series, Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 336 pp.
- Steffen, W., Crutzen, P. J., & McNeill, J. R. 2007. The Anthropocene: Are humans now overwhelming the great forces of Nature? *Ambio*, **36**, 614–621.
[https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[614:TAAHNO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[614:TAAHNO]2.0.CO;2)
- Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., et al. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*, **2**(1), 81–98,
<https://doi.org/10.1177/2053019614564785>
- Steffen, W., Leinfelder, R., Zalasiewicz, J. et al. 2016. Stratigraphic and Earth System approaches in defining the Anthropocene. *Earth's Future*, **8**, 324-345.
<https://doi.org/10.1002/2016EF000379>

Stevenson, G. 2024. *The Trade Game: A Confession*. Allen Lane, 352 pp.

Summerhayes, C. P., Zalasiewicz, J., Head, M. J. *et al.* 2024. The future extent of the Anthropocene epoch: A synthesis. *Global and Planetary Change*, **242**, 104568.

<https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2024.104568>

Swain, D.L., Prein, A.F., Abatzoglou, J.T. *et al.* 2025. Hydroclimate volatility on a warming Earth. *Nature Reviews Earth & Environment*, **6**, 35–50. <https://doi.org/10.1038/s43017-024-00624-z>

Syvitski, J., Waters, C.N., Day, J. *et al.* 2020. Extraordinary human energy consumption and resultant geological impacts beginning around 1950 CE initiated the proposed Anthropocene Epoch. *Communications Earth & Environment* **1**, 32, doi.org/10.1038/s43247-020-00029-y.

Thomas, J.A., 2014. History and Biology in the Anthropocene: Problems of Scale, Problems of Value. *American Historical Review* **119**:5. <https://www.jstor.org/stable/43698892>

Thomas, J.A., Williams, M. and Zalasiewicz J. 2020. *The Anthropocene: A Multidisciplinary Approach*. Polity Books, 288 pp.

Turner, S., Waters, C., Zalasiewicz, J. and Head, M.J. 2024. What the Anthropocene's critics overlook – and why it really should be a new geological epoch. *The Conversation*, March 12, 2024.

Waters, C.N., Zalasiewicz, J.A., Williams, M., Ellis, M.A., and Snelling, A.M. (Eds.) 2014. A stratigraphical basis for the Anthropocene. Geological Society, London, Special Publication, 395, 321 pp.

Waters, C.N., Syvitski, J.P.M., Galuszka, A. Hancock, G.J., Zalasiewicz, J., Williams, M., Cerreata, Grinevald, J., Jeandel, C., McNeill, J., Summerhayes, C. & Barnosky, A.D. 2015 Can nuclear weapons fallout mark the beginning of the Anthropocene Epoch? *Bulletin of Atomic Scientists* **71**(3), 46-57.

Waters, C.N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C. *et al.* 2016. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science* **351**, 137. [DOI: 10.1126/science.1225422](https://doi.org/10.1126/science.1225422)

Waters, C.N., Head, M.J., Zalasiewicz J. *et al.* 2023a. Response to Merritts *et al.* (2023a): The Anthropocene is complex. Defining it is not. *Earth-Science Reviews* **238**: 104335. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2023.104335>

Waters, C.N., Turner, S.D., Zalasiewicz, J., Head, M.J. (Eds.), 2023b. Candidate sites and other reference sections for the Global boundary Stratotype Section and Point of the Anthropocene series. *The Anthropocene Review* **10**: 3–24. <https://doi.org/10.1177/20530196221136422>

Waters, C. N., Turner, S., An, Z. *et al.* (2024). Proposals by the Anthropocene Working Group: The Anthropocene Epoch and Crawfordian Age: proposals by the Anthropocene Working Group, submitted to the ICS Subcommittee on Quaternary Stratigraphy on October 31st, 2023. Executive Summary, Part 1, and Part 2. *EarthArXiv*
<https://doi.org/10.31223/X5VH70>, <https://doi.org/10.31223/X5MQ3C>,
<https://doi.org/10.31223/X5RD71> .

Williams, M., Zalasiewicz, J., Haywood, A., and Ellis M., (Eds.) 2011, The Anthropocene: a new epoch of geological time? *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, **369**, pp. 833–1112.

Williams, M., Leinfelder, R., Barnosky, A.D., *et al.* 2022. Planetary-scale change to the biosphere signalled by global species translocations can be used to identify the Anthropocene. *Palaeontology*, e12618. <https://doi.org/10.1111/pala.12618>

Williams, M., Zalasiewicz, J., Barnosky, A.D. *et al.* 2024. Palaeontological signatures of the Anthropocene are distinct from those of previous epochs. *Earth-Science Reviews* **255**, 104844. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.104844>

World Health Organization, <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/newborn-mortality>)

Xu, Chi, Kohler, T.A., Lenton, T.M. *et al.* 2020. Future of the human climate niche. *Proceedings of the National Academy of Science*, **117** (21), 11350-11355
<https://doi.org/10.1073/pnas.1910114117>

Yancey, D. 2024. The Rural Anger over Solar Energy is Real. *Cardinal News*.
<https://cardinalnews.org/2024/03/22/the-rural-anger-over-solar-energy-is-real/>

Zalasiewicz, J. Williams, M., Smith, A. *et al.* 2008. Are we now living in the Anthropocene? *GSA Today*, **18**(2), 4–8. doi: 10.1130/GSAT01802A.1

Zalasiewicz, J., Cita, M.B., Hilgen, F. *et al.* 2013. Chronostratigraphy and geochronology: a proposed realignment. *GSA Today*, **23** (3), 4-8. DOI: 10.1130/GSATG160A.1

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Williams, M. *et al.* 2015. When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary is stratigraphically optimal. *Quaternary International*, **383**, 196-203. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2014.11.045>

Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Ivar Do Sul, J.A. *et al.* 2016. The geological cycle of plastics and their use as a stratigraphic indicator of the Anthropocene. *Anthropocene*, **13**, 4-17.
<https://doi.org/10.1016/j.ancene.2016.01.002>

- Zalasiewicz, J., Steffen, W., Leinfelder, R. *et al.* 2017a. Petrifying Earth process: the stratigraphic imprint of key Earth System parameters in the Anthropocene. *Theory, Culture & Society*, **34**, 83-104. <https://doi.org/10.1177/0263276417690587>
- Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Summerhayes, C.P. *et al.* 2017b. The Working Group on the Anthropocene: Summary of evidence and interim recommendations. *Anthropocene*, **19**, 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.ancene.2017.09.001>
- Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Wolfe, A.P. *et al.* 2017b. Making the case for a formal Anthropocene: an analysis of ongoing critiques. *Newsletters on Stratigraphy*, **50**, 205- 226. DOI: [10.1127/nos/2017/0385](https://doi.org/10.1127/nos/2017/0385)
- Zalasiewicz, J., Waters, C.N., Williams, M. & Summerhayes, C.P. (Eds). 2019. *The Anthropocene as a geological time unit: a guide to the scientific evidence and current debate*. Cambridge University Press, 361 pp.
- Zalasiewicz, J., Head, M.J., Waters, C.N. *et al.* 2024a. The Anthropocene within geological time : A response to fundamental questions. *Episodes*, **47**(1), 65-83. <https://doi.org/10.18814/epiugs/2023/023025>
- Zalasiewicz, J., Thomas, J.A., Waters, C.N. *et al.* 2024b. What should the Anthropocene mean? *Nature*, **632**, 980–984. <https://doi.org/10.1038/d41586-024-02712-y>

Apocalisse 2.17.25

La fine del mondo? Crisi, responsabilità, speranze.

Sessione: Antropocene e antropocentrismi.

Città del Vaticano, 4 marzo 2025

L'unicità della specie umana: immaginazione, lungimiranza, capacità di sperare.

Ian Tattersall

Museo Americano di Storia Naturale

È un vero privilegio essere stato invitato a parlare a questo pubblico illustre, in questo luogo così speciale, di come noi esseri umani siamo stati dotati dei nostri straordinari doni di immaginazione e speranza, e di tutto ciò che questi doni hanno portato con sé.

Ora, per favore, lasciatemi iniziare sottolineando la forza delle prove che la nostra specie umana, *Homo sapiens*, è intimamente annidata all'interno del Grande Albero della Vita che unisce tutti gli esseri viventi sul nostro pianeta Terra.

Questo albero è rappresentato qui in forma circolare, ma si può facilmente vedere come rifletta la comune discendenza di tutti gli esseri viventi sulla Terra da un antenato comune vissuto in un passato incredibilmente lontano.

E all'interno del mondo vivente siamo intimamente integrati tra i mammiferi, come vediamo qui.

Tuttavia, nonostante il nostro posto nel profondo dell'Albero della Vita, è comunque chiaro che c'è qualcosa di qualitativamente unico nella nostra specie *Homo sapiens*.

Qualcosa che la distingue da tutte le altre forme di vita sul nostro pianeta.

Ovviamente, lo stesso si può dire in qualche modo di *tutte le specie viventi*, poiché ogni specie possiede una caratteristica distintiva che la rende riconoscibile.

Ma non c'è dubbio che noi *Homo sapiens* siamo straordinari in una varietà di modi molto insoliti.

Per prima cosa, c'è la nostra strana abitudine di camminare su due gambe con il tronco eretto, che non ha eguali in nessun'altra parte del mondo naturale.

E le peculiarità fisiche che derivano da questo strano modo di muoversi non sono solo incredibilmente numerose, ma si riflettono anche in tutta la struttura del nostro corpo.

Ciononostante, credo che la maggior parte di noi concorderebbe sul fatto che ancora più sorprendente delle nostre peculiarità fisiche è il modo molto insolito e simbolico in cui elaboriamo le informazioni nella nostra mente.

Naturalmente, anche molte altre creature mostrano comportamenti straordinariamente senzienti, a volte davvero molto complessi.

Ma, per quanto ne sappiamo, nell'intero mondo vivente siamo solo noi esseri umani a ragionare in modo simbolico.

Il che è fondamentalmente un modo abbreviato per dire che noi, e per quanto ne sappiamo solo noi, destrutturiamo i nostri mondi interiori ed exteriori in un ampio vocabolario di simboli mentali discreti.

Ed è proprio questa atomizzazione della nostra esperienza, attraverso la sua rappresentazione da parte di quei simboli arbitrari e discontinui, che ci dà la capacità di descrivere il mondo in termini di componenti individualizzati.

Componenti che possiamo poi mescolare, secondo regole, per fare affermazioni non solo sul mondo così com'è, ma su come *potrebbe essere*.

Ed è questa nostra capacità unica di sezionare mentalmente il continuum del mondo naturale che ci permette di fare le complesse associazioni mentali che governano la nostra esperienza cognitiva quotidiana.

Questa capacità fa un'enorme differenza nel modo in cui siamo in grado sia di percepire il nostro posto nella Natura, sia di vivere le nostre vite al suo interno.

Perché anche gli organismi non simbolici più intelligenti sono obbligati a vivere e a reagire al mondo più o meno come la Natura lo presenta loro.

Mentre noi esseri umani siamo in grado, almeno per la maggior parte del tempo, di vivere nei mondi che ognuno di noi ricrea individualmente nella propria mente.

Questa capacità unica altera fondamentalmente il nostro modo di comprendere e relazionarci con tutto ciò che sperimentiamo.

Ed è ciò che sostiene le qualità unicamente umane di immaginazione, lungimiranza e speranza, a cui è dedicata questa sessione.

Ma nonostante tutto ciò, il nostro posto all'interno dell'Albero della Vita ci dice inequivocabilmente che, in qualche modo, noi esseri umani simbolici *dobbiamo essere* discendenti di un antenato che *non era* simbolico.

Un antenato che *non possedeva* quelle straordinarie qualità cognitive di cui oggi andiamo fieri.

E questo, ovviamente, solleva la domanda pressante di come e quando i membri del nostro lignaggio abbiano acquisito le capacità cognitive uniche e straordinarie che i loro discendenti mostrano oggi.

O, per dirla in altro modo, ci spinge a chiederci come e quando, nella preistoria umana, sia stato colmato il divario tra il ragionamento non simbolico e quello simbolico.

Ora, sfortunatamente in questo contesto, gli stati cognitivi non si conservano direttamente nei fossili e nei reperti archeologici da cui dipendiamo per avere informazioni sul nostro passato remoto.

Quindi, nel tentativo di rispondere a questa domanda delle domande, siamo obbligati a cercare prove indirette, proxy, di comportamenti simbolici che potrebbero essere conservate nei reperti materiali.

E questo può essere complicato, perché non tutti sono d'accordo su quali tipi di prove potrebbero essere accettabili come proxy di questo tipo.

Alcuni studiosi ritengono che, a causa della sua indubbia complessità, la cognizione umana moderna debba avere radici molto profonde nel tempo. Il che, se corretto, implicherebbe fortemente non solo che il nostro stile cognitivo si sia evoluto gradualmente, ma che possa quindi essere incipiente.

Alcuni studiosi ritengono che, a causa della sua indubbia complessità, la cognizione umana moderna debba avere radici molto profonde nel tempo.

Se ciò fosse corretto, implicherebbe fortemente non solo che il nostro stile cognitivo si è evoluto gradualmente, ma che può quindi essere riconosciuto in modo incipiente in alcuni comportamenti piuttosto antichi degli ominidi, come la fabbricazione di utensili in pietra.

Tuttavia, poiché comportamenti come la fabbricazione di utensili in pietra sono strettamente funzionali, altri, me compreso, preferiscono cercare prove più specificamente simboliche dell'emergere di comportamenti moderni.

E se lo facciamo, il quadro cambia in modo significativo, suggerendo che potrebbe valere la pena di rivedere brevemente la documentazione archeologica con l'obiettivo di vedere cosa possiamo ragionevolmente concludere su quando e come abbiamo acquisito il nostro pensiero simbolico.

Ora, la documentazione archeologica, il registro materiale delle antiche attività umane, è stata inaugurata circa tre milioni di anni fa dall'invenzione dei primi semplici utensili di pietra, come questa scheggia a spigoli vivi.

Ma per brevità, un punto utile da cui iniziare la ricerca delle origini del simbolismo è con questa specie, l'*Homo heidelbergensis*, che è apparsa per la prima volta molto più di recente, poco più di 600 mila anni fa.

A quel punto, il nostro genere *Homo* aveva già una storia rispettabile alle spalle, essendo apparso per la prima volta circa due milioni di anni fa in Africa. Era già alto e snello come vediamo qui, ma i suoi membri avevano ancora cervelli di dimensioni modeste.

Al contrario, il successivo *Homo heidelbergensis* fu il primo membro del nostro genere ad essere onnipresente in tutto il Vecchio Mondo.

E, sebbene fosse rimasto primitivo sotto vari aspetti, possedeva un cervello che era già ben più grande di quello dell'uomo moderno, come si può vedere dal confronto tra i due crani, con un uomo moderno a sinistra.

Ora, l'*Homo heidelbergensis* era capace di un'abilità artigianale molto sofisticata.

I suoi membri realizzavano bellissimi manufatti in pietra preparando con cura nuclei di pietra di alta qualità, come quello che vediamo sullo sfondo, fino a quando un colpo finale staccava uno strumento più o meno finito con un bordo tagliente tutto intorno.

Questo è già un tour de force, ma durante il periodo dell'*Homo heidelbergensis* furono introdotte anche molte altre importanti innovazioni tecnologiche.

Tra queste c'era l'inserimento di manici negli strumenti di pietra, che ne aumentava notevolmente l'utilità.

L'*Homo heidelbergensis* costruì anche i primi rifugi artificiali, come quello qui ricostruito.

E realizzò persino legname adatto, come questo pezzo di carpenteria proveniente dalle cascate di Kalambo in Zambia. Ci ha dato le prime lance da lancio in legno finemente appuntite, come questa proveniente da un sito tedesco.

E fu anche durante il periodo dell'*heidelbergensis* che i fuochi controllati divennero una caratteristica regolare dei campeggi.

Quindi, in breve, l'*Homo heidelbergensis* era un ominide estremamente intelligente.

Ma ciò che *non si* trova nella documentazione lasciata da questo dotato precursore sono artefatti inequivocabilmente

simbolici.

E per questo motivo, ciò che l'*Homo heidelbergensis* sembra dirci è che è possibile che un ominide sia intraprendente, intelligente, flessibile nel comportamento e tecnologicamente sofisticato, il tutto *in assenza di* prove convincenti di ragionamento simbolico.

E per di più, possiamo dire la stessa cosa per il successivo e più famoso *Homo neanderthalensis*.

Questa specie di ominide europea emerse, da predecessori indigeni, circa 200.000 anni fa.

I suoi membri avevano un cervello grande come il nostro ed erano meravigliosi artigiani della pietra, come si può vedere da questi esempi.

I Neanderthal prosperarono in un'epoca di climi difficili; cacciavano animali spaventosamente grandi come questi mammut lanosi; e, almeno occasionalmente, seppellivano i loro morti.

Ma lasciarono ben poco che suggerisse che il comportamento simbolico fosse una caratteristica di routine delle loro vite complesse. Nella migliore delle ipotesi, troviamo solo occasionali lampi isolati di creatività come questi artigli d'aquila apparentemente intagliati per essere infilati.

Quindi, ancora una volta, i Neanderthal sembrano dirci che esiste più di un modo per essere un ominide altamente intelligente.

Il nostro modo non è l'unico.

E questo è forse facile da capire nel caso di una specie che era anatomicamente molto diversa da noi.

Ma, cosa ancora più sorprendente, possiamo dire la stessa cosa anche dei primi rappresentanti fossili della nostra stessa specie, l'*Homo sapiens*.

Questo perché, mentre i reperti fossili mostrano che circa 230.000 anni fa, *Homo sapiens* come questo si era evoluto come entità anatomicamente distintiva in Africa, è solo circa 100.000 anni fa, sempre in Africa, che iniziamo a trovare indizi di comportamenti simbolici regolari.

Ad esempio, oggetti come questi piccoli gusci di zecca, forati per essere infilati, suggeriscono che circa 100 kyr fa, sia nell'Africa meridionale che lungo il Mediterraneo, si stava iniziando a praticare la decorazione corporea, plausibilmente simbolica.

E prove più esplicite di comportamenti simbolici precoci seguono presto in Sudafrica, dove questa placca di ocre di 77.000 anni fa proveniente dalla Grotta di Blombos è solo una delle tante che sono state deliberatamente incise con segni geometrici.

Questi segni hanno chiaramente un significato codificato e indicano piuttosto chiaramente che i membri della nostra specie avevano iniziato a elaborare le informazioni in modo simbolico, in un momento in cui anche il tasso di innovazione tecnologica stava iniziando ad accelerare.

E subito dopo, come mostra questa mappa, le popolazioni discendenti da quei primi esseri umani moderni simbolici lasciarono l'Africa e conquistarono rapidamente l'intero Vecchio Mondo, eliminando tutti i loro concorrenti ominidi nel processo.

Questi concorrenti includevano non solo l'*Homo neanderthalensis* nell'Eurasia occidentale e l'*Homo erectus* in Estremo Oriente, ma anche l'*Homo floresiensis* in Indonesia e forse anche l'*Homo naledi* in Africa.

Circa 40.000 anni fa, in Europa si stava producendo la stupefacente arte rupestre; e ora abbiamo prove di una tradizione comparabile di arte figurativa in Indonesia ben 10.000 anni prima, il che suggerisce che entrambe le tradizioni avevano le loro radici ancora prima in Africa.

Chiaramente, quindi, in quel breve periodo tra circa 100 e 40 mila anni fa, una fondamentale trasformazione comportamentale nell'*Homo sapiens* stava innescando una rivoluzione nel modo in cui gli ominini si comportavano nel mondo.

Quindi, cosa era successo?

Beh, l'evoluzione lenta e graduale per selezione naturale non è ovviamente una risposta nel caso di un'innovazione drammaticamente a breve termine che chiaramente ha avuto luogo *all'interno* del periodo di vita di una specie biologica esistente.

Quindi, per capire cosa è successo, è necessario ricordare che i membri dell'*Homo sapiens* non avrebbero mai potuto iniziare a comportarsi in modo così diverso se non avessero già posseduto le basi neurali necessarie per farlo.

E l'unico evento in cui è meno probabile che tali basi biologiche siano state acquisite è la radicale riorganizzazione dello sviluppo che aveva portato molto tempo prima all'anatomia scheletrica altamente distintiva della nuova specie *Homo sapiens*.

E possiamo vedere quanto siamo diversi, confrontando lo scheletro moderno a destra con quello di un uomo di Neanderthal a sinistra.

Questo confronto rende chiaro che le alterazioni genetiche coinvolte nell'emergere dell'*Homo sapiens*, anatomicamente distintivo, hanno avuto conseguenze a cascata sullo sviluppo che si sono espresse in tutto lo scheletro.

E, molto plausibilmente, tali cambiamenti si sono estesi oltre le ossa che si conservano nella documentazione archeologica, per includere cambiamenti cruciali nella struttura del cervello, che purtroppo non si conserva.

Consentendo di creare associazioni più complesse all'interno del cervello, tali alterazioni biologiche avrebbero alla fine sostenuto l'emergere della cognizione moderna.

Ma evidentemente, il nuovo potenziale creato da tali innovazioni neurali rimase inutilizzato per un periodo di tempo apprezzabile.

Fino a quando, circa 100.000 anni fa, non accadde *qualcosa* che stimolò il reclutamento del nuovo potenziale comportamentale.

Quel reclutamento, tra l'altro, avrebbe reso questo evento epocale un evento evolutivo piuttosto banale.

Perché sarebbe stata semplicemente una questione di reclutare una caratteristica esistente per un nuovo scopo nel processo comune che chiamiamo "exaptation".

Questo lo avrebbe reso paragonabile, ad esempio, alla scoperta fortuita da parte degli uccelli ancestrali che le piume che già possedevano potevano essere utilizzate per volare.

E ci ricorda che l'evoluzione è molto meno un processo di ottimizzazione incessante nel corso degli eoni, che una questione di cavarsela semplicemente il meglio possibile, in un mondo imprevedibile, con qualsiasi vantaggio si abbia a portata di mano.

E inoltre, poiché le innovazioni biologiche che hanno sostenuto il nuovo modo di pensare erano necessariamente già presenti, è chiaro che lo stimolo al cambiamento nella funzione cognitiva è stato puramente culturale.

E il candidato culturale di gran lunga più plausibile che abbiamo è l'invenzione spontanea del linguaggio parlato.

Perché il linguaggio è ovviamente l'attività simbolica per eccellenza, poiché dipende da un vocabolario di simboli parlati o segnati distinti.

E, cosa significativa, sembra che l'invenzione del linguaggio, da parte di una creatura che era già biologicamente predisposta a produrlo, possa essere stata abbastanza facilmente improvvisa come suggerisce la documentazione materiale.

Ad esempio, i linguisti teorici hanno sostenuto che la base algoritmica del linguaggio è estremamente semplice e comporta un unico passaggio cognitivo.

E i linguisti sul campo hanno effettivamente osservato la comparsa, rapida e spontanea, di lingue dei segni strutturate all'interno di comunità di bambini sordi che in precedenza non avevano avuto la possibilità di esprimere il loro bisogno di comunicare.

Il linguaggio e il pensiero simbolico, in altre parole, erano indissolubilmente intrecciati nell'emergere dell'uomo moderno, essendo stati acquisiti insieme, in un unico evento a breve termine.

Un evento che ha comportato un feedback attivo tra i due, poiché le particolarizzazioni del linguaggio hanno reso possibile la formazione delle associazioni mentali simboliche che sono centrali per il pensiero moderno.

Ed è stato un evento non solo *recente* ed *emergente*, ma anche improvviso ed *exaptivo*, piuttosto che graduale ed *adattivo*.

Ora, nel contesto di questo workshop è opportuno notare anche che questo evento avrebbe dato origine, in modo abbastanza diretto, all'ormai universale capacità umana di provare sentimenti spirituali.

Vale a dire, alla capacità di percepire che esiste qualcosa di più grande di ciò che possiamo osservare direttamente.

E che noi esseri umani non siamo quindi l'apice della Natura, ma piuttosto una piccola parte di un insieme molto più grande.

Di cui, tuttavia, siamo una parte notevole.

E se c'è mai stato un singolo evento in cui lo spirito umano unico è stato infuso nella nostra specie, è stato sicuramente in quel momento recente e geologicamente istantaneo in cui i cervelli umani hanno iniziato a fare associazioni simboliche.

Associazioni che hanno finalmente permesso le capacità di immaginazione, previsione e speranza, a cui è dedicato questo workshop.

Oggi diamo per scontate queste capacità acquisite di recente, come elementi centrali della nostra esperienza umana.

Ma è umiliante immaginare come deve essere stata l'esperienza di quelle nuove intuizioni per i primi *Homo sapiens* simbolici, che non avevano alcun contesto intellettuale in cui collocarle.

Perché il cambiamento nel nostro algoritmo cognitivo è stato sicuramente l'alterazione più radicale della mentalità di qualsiasi organismo mai avvenuta.

E questo brusco cambio di marcia ci costringe a vedere tutta la storia umana successiva come, soprattutto, la storia di come noi esseri umani simbolici abbiamo, a fatica, imparato a fare i conti con il nostro modo fondamentalmente nuovo di vivere e interagire con il mondo e con gli altri.

Dove porterà questo processo di apprendimento non possiamo saperlo; tutto ciò che è certo è che è in corso e che, sia come entità morali che come entità interagenti, noi esseri umani siamo ancora in gran parte lavori in corso.

Perché, nonostante tutti i nostri sorprendenti risultati nelle arti e nelle scienze, dalla fine dell'ultima era glaciale sia la nostra gestione del pianeta che il modo in cui tendiamo a trattarci a vicenda sono stati nella migliore delle ipotesi altamente discutibili.

Attualmente, le previsioni di miglioramento sembrano tutt'altro che rosee. Ma ci sono comunque motivi per essere ottimisti.

Perché i nostri nuovi doni di immaginazione e lungimiranza ci offrono almeno il potenziale per raggiungere un equilibrio nuovo e duraturo con il mondo che ci circonda e tra di noi.

E, nonostante la nostra storia dubbia, abbiamo *ancora* la possibilità di esercitare questi doni in modo responsabile.

Rev. 2.17.25

The End of the World? Crises, Responsibilities, Hopes.

Session: Anthropocene and Anthropocentrism.

Vatican City, March 4, 2025

The Uniqueness of the Human Species: Imagination, Foresight, Capacity for Hope.

Ian Tattersall

American Museum of Natural History

It is a true privilege to have been invited to speak to this distinguished audience, in this very special place, about how we human beings became endowed with our extraordinary gifts of imagination and hope, and with everything those gifts brought along with them.

Now, please let me start by emphasizing the strength of the evidence that our human species, *Homo sapiens*, is intimately nested within the Great Tree of Life that unites all living beings on our planet Earth.

That Tree is represented here in a circular form, but you can easily see how it reflects the common descent of all living things on Earth from a common ancestor that lived unimaginably long ago.

And within the living world we are intimately embedded among the mammals, as we see here.

But nonetheless, despite our place deep within the Tree of Life, it is nonetheless clear that there is something qualitatively unique about our species *Homo sapiens*.

Something that sets it apart from all other life forms on our planet.

Now of course, the same thing can in some way be said about every living species, since each species possesses some distinguishing feature by which we recognize it.

But there is nonetheless no question that we *Homo sapiens* are remarkable in a very unusual variety of ways.

For one thing, there is our very odd habit of walking on two legs with our trunk held upright, which has no parallels anywhere else in the natural world.

And the physical peculiarities that result from this strange way of getting around are not only bewilderingly numerous, but are also reflected throughout the structure of our bodies.

But nonetheless, I think that most of us would agree that even more striking than our physical peculiarities, is the very unusual, symbolic, way in which we process information in our minds.

Of course, many other creatures also exhibit remarkably sentient behaviors, sometimes very complex indeed.

But, as far as we can tell, in the entire living world it is only we human beings who reason symbolically.

Which is basically a shorthand for saying that we, and as far as we can tell we alone, deconstruct our interior and exterior worlds into a large vocabulary of discrete mental symbols.

And it is that atomization of our experience, via its representation by those arbitrary and discontinuous symbols, which gives us the capacity to describe the world in terms of its individualized components.

Components that we can then shuffle around, according to rules, to make statements not only about the world as it is, but as it *might* be.

And it is this unique ability of ours to mentally dissect the continuum of the natural world that allows us to make the complex mental associations that govern our daily cognitive experience.

This capacity makes a huge difference in how we are able both to perceive our place in Nature, and to live our lives within it.

Because even the smartest non-symbolic organisms are obliged to live in and to react to the world pretty much as Nature presents it to them.

Whereas we human beings are able, at least for most of the time, to live in the worlds that we each individually re-create in our minds.

This unique capacity fundamentally alters our ways of both understanding and relating to everything we experience.

And it is what underwrites the uniquely human qualities of imagination, and foresight, and hopefulness, to which this session is dedicated.

But all this notwithstanding, our place within the Tree of Life tells us unmistakably that, at some remove, we symbolic human beings *must* be descended from an ancestor that was *not* symbolic.

An ancestor that did *not* possess these remarkable cognitive qualities we pride ourselves on today.

And that, of course, invites the compelling question of just how, and when, members of our lineage acquired the unique and extraordinary cognitive abilities that their descendants display today.

Or, to put it another way, it begs us to ask just how and when, in human prehistory, the gulf between non-symbolic and symbolic reasoning was bridged.

Now, awkwardly in this context, cognitive states do not preserve directly in the fossil and archaeological records that we depend on for information about our remote past.

So, in attempting to answer this question of questions, we are obliged to look for indirect, proxy, evidence of symbolic behaviors that might preserve in the material record.

And that can be tricky, because not everyone agrees on what kinds of evidence might be acceptable as proxies of this kind.

Some scholars believe that, because of its undoubted complexity, modern human cognition must have very deep roots in time.

Which, if correct, would strongly imply not only that our cognitive style evolved gradually, but that it can therefore be incipiently recognized in some rather ancient hominin behaviors such as the manufacture of stone tools.

However, because behaviors like stone tool making are strictly functional, others, including me, prefer to look for more specifically symbolic evidence for the emergence of modern behaviors.

And if we do that, the picture changes significantly, suggesting it might be worthwhile to briefly revisit the archaeological record with the aim of seeing what we can most reasonably conclude about when, and how, we acquired our symbolic thought.

Now, the archaeological record, the material register of ancient human activities, was inaugurated some three million years ago by the invention of the first simple stone tools, such as this sharp-edged flake.

But for the sake of brevity, a useful point at which to begin the search for the origins of symbolism is with this species, *Homo heidelbergensis*, which first appeared much more recently, at a little over 600 thousand years ago.

At that point, our genus *Homo* already had a respectable history behind it, having first appeared around two million years ago in Africa. It was already tall and slender as we see here, but its members still had brains of modest size.

In contrast, the later *Homo heidelbergensis* was the first member of our genus to have been ubiquitous across the entire Old World.

And, although it remained primitive in various respects, it possessed a brain that was already well up toward modern human size, as I think you can see from this skull comparison here, with a modern human at left.

Now, *Homo heidelbergensis* was capable of very sophisticated craftsmanship.

Its members made beautiful stone artifacts by carefully preparing high-quality stone nuclei, like the one we see in the background here, until a final blow would detach a more or less finished tool with a cutting edge all around it.

Now, that is already a tour de force, but within the tenure of *heidelbergensis* many other important technological innovations were also introduced.

Among them was the hafting of stone implements into handles, greatly increasing their utility.

Homo heidelbergensis also constructed the first artificial shelters, like the one reconstituted here.

And it even made fitted lumber, like this piece of carpentry from Kalambo Falls in Zambia. It gave us the first finely pointed wood throwing spears, like this one from a German site.

And it was also during the tenure of *heidelbergensis* that controlled fires became a regular feature at campsites.

So in short, *Homo heidelbergensis* was an extremely clever hominin.

But what we *do not* find in the record left by this gifted precursor, is any unambiguously symbolic artifacts.

And because of this, what *Homo heidelbergensis* seems to be telling us that it is possible for a hominin to be resourceful, and smart, and behaviorally flexible, and technologically sophisticated, all *in the absence of* any convincing evidence for symbolic reasoning.

And what is more, we can say the very same thing for the later and more famous *Homo neanderthalensis*.

This European hominin species emerged, from indigenous predecessors, at about 200 kyr ago.

Its members had brains as big as ours, and they were wonderful craftsmen in stone, as you can see from these examples.

The Neanderthals flourished in an age of difficult climates; they hunted some fearsomely large animals like these woolly mammoths; and, at least occasionally, they buried their dead.

But they left little to suggest that symbolic behavior was a routine feature of their complex lives. At best, we just find the occasional isolated flash of creativity such as these eagle talons apparently notched for stringing.

So, once again, the Neanderthals seem to be telling us that there is more than one way in which to be a highly intelligent hominin.

Our way is not the only way.

And this is perhaps easy to understand in the case of a species that was anatomically very different from us.

But, more surprisingly, we can also say the very same thing about the earliest fossil representatives of our own species, *Homo sapiens*.

That's because, while the fossil record shows that by about 230 kyr ago, *Homo sapiens* like this one had evolved as an anatomically distinctive entity in Africa, it is not until around 100 kyr ago, also in Africa, that we start finding intimations of regular symbolic behaviors.

For example, objects like these small tick shells, pierced for stringing, hint that by around 100 kyr ago, in both southern Africa and along the Mediterranean, the plausibly symbolic practice of bodily decoration was beginning to be practiced.

And more explicit evidence of early symbolic behaviors soon follows in south Africa, where this 77 kyr-old ochre plaque from Blombos Cave is only one of several that were deliberately engraved with geometrical markings.

Those markings clearly encoded meaning, and pretty firmly indicate that members of our species had begun to process information in a symbolic manner, at a moment when the rate of technological innovation was also beginning to accelerate.

And very soon after that, as this map shows, populations descended from those first symbolic modern human beings exited Africa, and very rapidly took over the entire Old World, eliminating all of their hominin competitors in the process.

Those competitors included not only *Homo neanderthalensis* in western Eurasia, and *Homo erectus* in the far East, but *Homo floresiensis* in Indonesia and possibly also *Homo naledi* in Africa.

By around 40 kyr ago, the dazzling cave art of Europe was being produced; and we now have evidence of a comparable tradition of representational art in Indonesia as much as 10 kyr earlier, suggesting that both traditions had their roots yet earlier in Africa.

Clearly, then, in that short period between about 100 and 40 kyr ago, a fundamental behavioral transformation in *Homo sapiens* was sparking a revolution in the way in which hominins did business in the world.

So, what had happened?

Well, slow and gradual evolution by natural selection is obviously no answer in the case of a dramatically short-term innovation that clearly took place *within* the tenure of an existing biological species.

So in understanding what occurred here, it is necessary to recall that members of *Homo sapiens* could never have started to behave so differently, had they not already possessed the necessary neural underpinnings for doing so.

And the only event in which those biological underpinnings are in the least likely to have been acquired, is the radical developmental reorganization that had resulted long before in the highly distinctive skeletal anatomy of the new species *Homo sapiens*.

And we can see just how different we are, by comparing the modern skeleton on the right, with a Neanderthal on the left.

This comparison makes it clear that the genetic alterations involved in the emergence of the anatomically distinctive *Homo sapiens* had cascading developmental consequences that were expressed throughout the entire skeleton.

And, very plausibly, those changes extended beyond the bones that preserve in the archaeological record, to include crucial changes to the structure of the brain, which alas does not preserve.

By permitting more complex associations to be made within the brain, those biological alterations would ultimately underwrite the emergence of modern cognition.

But evidently, the new potential that was created by those neural innovations lay unexploited for an appreciable length of time.

Until *something* happened, at around 100 kyr ago, to stimulate the recruitment of the new behavioral potential

That recruitment would, by the way, have made this momentous happening a pretty routine evolutionary event.

For it would simply have been a matter of recruiting an existing feature to a new purpose in the common process we call "exaptation."

This would have made it comparable, for example, to the serendipitous discovery by ancestral birds that the feathers they already possessed could be used for flying.

And it reminds us that evolution is much less to a process of relentless optimization over the eons, than a matter of simply getting by as well as possible, in an unpredictable world, with whatever advantages you happen to have at hand.

And further, because the biological innovations that underwrote the new way of thinking were necessarily in place already, it is clear that the stimulus to the change in cognitive function was a purely cultural one.

And by far the most plausible cultural candidate we have, is the spontaneous invention of spoken language.

Because language is of course the ultimate symbolic activity, depending as it does on a vocabulary of discrete spoken or signed symbols.

And significantly, it appears that the invention of language, by a creature that was already biologically predisposed to produce it, could quite easily have been just as sudden as the material records suggest it was.

For example, theoretical linguists have argued that the algorithmic basis of language is extremely simple, involving a single cognitive switch.

And field linguists have actually observed the appearance, both rapidly and spontaneously, of structured sign languages within communities of deaf children who had previously lacked the opportunity to express their urge to communicate.

Language and symbolic thought, in other words, were inextricably entwined in modern human emergence, having been acquired together, in a single short-term, event.

An event that involved an active feedback between the two, as the particularizations of language made it possible to form the symbolic mental associations that are central to modern thinking.

And it was an event that was not only both *recent*, and *emergent*, but also one that was sudden and exaptive, rather than gradual and adaptive.

Now, in the context of this workshop it is appropriate also to note that this event would have given rise, quite directly, to the now-universal human capacity for spiritual feeling.

Which is to say, to the ability to perceive that there is something greater out there than what we can directly observe.

And that we human beings are therefore not a pinnacle of Nature, but rather a small part of a much greater whole.

Of which, we are nevertheless a remarkable part.

And if there ever was a single event in which the unique human spirit was breathed into our species, it was surely in that recent and geologically instantaneous moment when human brains first began to make symbolic associations.

Associations that finally permitted the capacities for imagination, and foresight, and hope, to which this workshop is dedicated.

Now, we take these recently acquired capacities for granted today, as central elements of our human experience.

But it is humbling to imagine what the experience of those new insights must have been like for the early symbolic *Homo sapiens*, who had no intellectual context whatever to place them in.

For the change in our cognitive algorithm was surely the most radical alteration of any organism's mind set that ever occurred.

And that abrupt shift in gears compels us to see all subsequent human history as, most importantly, the story of how we symbolic human beings have, haltingly, learned to come to terms with our fundamentally new way of experiencing and interacting with the world, and each other.

Where that learning process will lead, we cannot know; all that is certain is that it is ongoing, and that, both as moral and as interacting entities, we human beings are still at most works in progress.

For, despite all our astonishing achievements in the arts and sciences, since the end of the last Ice Age both our stewardship of our planet, and the ways in which we have tended to treat each other, have been highly questionable at best.

Currently, the auguries for improvement appear far from bright. But there are nonetheless grounds for optimism.

Because our new gifts of imagination and foresight offer us at least the potential to reach a new and durable equilibrium with the world around us, and with each other.

And, despite our dubious history, we *still* have the option to exercise those gifts in a responsible manner.

La fine del mondo? La prospettiva educativa

Henk ten Have

Abstract

Di fronte ai cambiamenti climatici, alla polarizzazione politica, ai fallimenti democratici, alle politiche impotenti, alla regressione economica, alla guerra e alla violenza, le visioni apocalittiche tendono a cancellare le prospettive sul futuro dell'umanità. Ciò interesserà in primo luogo le giovani generazioni, e quindi sottolinea il ruolo dell'istruzione. Ma le visioni fatalistiche e pessimistiche sulla possibile fine

del mondo non possono essere risolte dall'istruzione in quanto tale. Sarà importante *ciò che* verrà insegnato e *il modo in cui* avverrà l'insegnamento. In primo luogo, l'istruzione non dovrebbe concentrarsi solo sul futuro, ma riflettere sul passato (mostrando che nella storia di tutte le civiltà sono circolate idee di declino e collasso) e analizzare il presente (mostrando che le idee apocalittiche non sono uniformi, ma dipendono dalle condizioni socio-economiche, dalla cultura e dalla religione). In secondo luogo, concentrandosi sul futuro, dovrebbe delineare almeno tre risposte alle visioni apocalittiche: rassegnazione (rinunciare all'idea che il collasso e il declino possano essere evitati), resistenza (sforzi per eliminare la degenerazione e produrre rinnovamento attraverso la scienza o l'ingegneria sociale e genetica) e rivalutazione (rivalutare i valori fondamentali e correggerli verso l'alto piuttosto che svalutarli). Quest'ultima risposta mira a una trasformazione persistente e frammentaria, ispirata dalla speranza che un cambiamento in meglio sia possibile. È stata infatti la motivazione di base per lanciare la nuova disciplina della bioetica negli anni '70. Per evitare la possibile estinzione dell'umanità, tutti i tipi di saggezza dovrebbero essere sfruttati per contrastare le minacce globali e garantire la sopravvivenza. Ma per essere fonte di ispirazione, il discorso bioetico dovrebbe essere più critico e profetico. Dovrebbe ispirare la speranza che le cose possano migliorare e che possiamo fare di meglio.

Visioni apocalittiche

Un sondaggio globale condotto su 10.000 bambini e giovani adulti (16-25 anni) in dieci paesi del mondo riporta che il 75% ritiene che il futuro sia spaventoso e il 56% che l'umanità sia condannata. In alcuni paesi le percentuali sono ancora più alte. In Brasile, Portogallo e India l'80% e oltre dei partecipanti concorda con l'affermazione che il futuro è spaventoso. In India e nelle Filippine rispettivamente il 74% e il 73% dei bambini e dei giovani intervistati pensa che l'umanità sia condannata. [1] La sensazione che non ci sia futuro è associata in tutti i paesi a sentimenti di tradimento e abbandono, poiché i governi non riescono ad agire adeguatamente e non sembrano preoccuparsi delle generazioni future. Molte persone in tutto il mondo sono preoccupate per il cambiamento climatico: sono pessimiste riguardo al futuro. Questo è particolarmente amaro per i giovani che hanno ancora un futuro davanti a loro.

Visioni apocalittiche e sentimenti di malessere e disperazione sembrano amplificarsi oggi perché gli esseri umani si trovano di fronte a problemi enormi. C'è la sensazione generale che le sfide siano semplicemente troppo grandi e globali per essere affrontate da un solo paese, per non parlare delle singole persone.

Poiché l'azione individuale sembra inutile, gli esseri umani si sentono impotenti di fronte alle minacce apocalittiche

I sentimenti apocalittici di sventura e tristezza non sono legati solo alla grandezza delle sfide, ma anche, come indica l'indagine di cui sopra, all'incapacità di attuare risposte adeguate. I governi e gli organismi internazionali non stanno intraprendendo azioni serie; anche quando concordano su politiche di risanamento, l'attuazione è debole o attuata solo in alcuni luoghi e paesi, e non a livello globale, per cui il deterioramento del clima continua, i rischi di pandemie non diminuiscono, le guerre distruttive continuano e lo sviluppo dell'intelligenza artificiale non è regolamentato. Gli scenari apocalittici sono minacciosi in diversi modi. La guerra nucleare distrugge gli esseri umani e il loro mondo e può rendere la vita sulla terra insopportabile, ma è un evento catastrofico localizzato nel tempo e nello spazio come risultato di decisioni umane. Un'apocalisse pandemica è principalmente devastante per gli esseri umani (e forse per altri esseri viventi), senza distruggere il mondo, ma è anche un evento localizzabile, sebbene meno chiaramente correlato all'attività umana. Un'apocalisse causata dall'IA sarà disastrosa per gli esseri umani, riducendoli a soggetti controllati da macchine più intelligenti, ma non distruggerà il pianeta; sarà il risultato di un

processo graduale piuttosto che di un evento distinto, anche se alla fine sarà prodotto da decisioni umane. Un'apocalisse climatica sembra essere di un ordine diverso; non è un evento localizzato nel tempo e nello spazio, ma una trasformazione irreversibile del mondo vivente che rende il pianeta inabitabile. I suoi effetti deleteri non sono, almeno inizialmente, facili da percepire, ma diventano sempre più innegabili; ma a quel punto, il processo di deterioramento catastrofico non può più essere invertito. Ci vuole tempo per riconoscere come le decisioni umane del passato abbiano influenzato questo processo, e non è certo come le decisioni attuali porteranno alcun

solievo, se non dopo molto tempo. Gli scenari apocalittici dovrebbero quindi essere presi sul serio, come sostenuto nella *Laudato Si'*, affermando che "il sistema mondiale attuale è certamente insostenibile

da diversi punti di vista..." in modo che "le previsioni apocalittiche non possano più essere accolte con ironia o disprezzo". [2] Il rischio è che lasciamo alle generazioni future un mondo distrutto e inabitabile.

Il ruolo dell'istruzione rispetto alle visioni apocalittiche

Nella maggior parte delle società l'istruzione è considerata un'importante forza di cambiamento. Per porre rimedio e mitigare le visioni fatalistiche e pessimistiche sulla possibile fine del mondo, sarà indispensabile pensare a cosa insegnare e a come insegnare. In questo contributo, sostengo che l'istruzione non dovrebbe concentrarsi solo sul futuro, ma riflettere sul passato (mostrando che nella storia di tutte le civiltà sono circolate idee di declino e collasso) e analizzare il presente (mostrando che le idee apocalittiche non sono uniformi e dipendono dalle condizioni socio-economiche, dalla cultura e dalla religione). In secondo luogo, concentrandosi sul futuro, dovrebbe esaminare criticamente le risposte prevalenti alle visioni apocalittiche: rifiuto (negare che esistano problemi gravi che mettono in pericolo il futuro), rassegnazione (rinunciare all'idea che il collasso e il declino possano essere evitati), resistenza (sforzi per eliminare la degenerazione e produrre rinnovamento attraverso la scienza o l'ingegneria sociale e genetica) e rivalutazione (rivalutare i valori fondamentali e correggerli verso l'alto piuttosto che svalutarli).

1. Prendere le distanze; analizzare il passato

Le visioni apocalittiche sono spesso associate alla convinzione che le sfide contemporanee siano intrattabili e irrisolvibili. Questa convinzione è paradossalmente rafforzata dal discorso sulla crisi: le sfide sono etichettate come minacce esistenziali che richiedono un'azione urgente; rimane poco tempo per agire prima che raggiungano un punto di non ritorno e si trasformino in disastri davvero incontrollabili. Quando tali campanelli d'allarme vengono ignorati e non vengono intrapresi interventi efficaci, il senso di apocalisse imminente e di impotenza diventa sempre più grande. La riflessione sulle esperienze passate può tuttavia mitigare le ansie e fornire una valutazione più sfumata e positiva della resilienza degli esseri umani e della capacità di adattamento delle civiltà. C'è una lunga storia di previsioni dell'imminente collasso della civiltà e della fine del mondo. [3] Il destino e

è stato predetto in opere famose di Gibbon (nel 1776), De Gobineau (nel 1853-1855), Nordau (nel 1892), Spengler (nel 1918-1922) e Toynbee (nel 1934), ma in ogni caso le previsioni non si sono concretizzate. Le culture e le civiltà si sono trasformate, ma non sono state annientate. Il passato non è quindi una lunga storia di fallimenti e l'umanità ha dimostrato di essere in grado di superare disastri globali, come dimostrano le precedenti pandemie (peste e colera), e in alcuni casi persino di sradicare minacce globali (ad esempio il vaiolo). Questo non è un argomento per concludere che le visioni apocalittiche sono prive di sostanza o semplicemente terrificanti. Un'apocalisse rivela insoddisfazione per lo stato attuale del mondo e richiede una riflessione critica sulla società e sulla cultura contemporanea. Questa analisi critica è fornita nella *Laudato Si'* quando Papa Francesco usa formulazioni come "cultura dello scarto", "eccessivo antropocentrismo", mancanza di "senso di fraternità" e "paradigma tecnocratico dominante". Ma la sua conclusione non è pessimistica: "sappiamo che le cose possono cambiare". [4]

2. Esaminare le risposte alle visioni apocalittiche; analizzare il presente

La continua articolazione dell'idea che il mondo come lo conosciamo finirà e che i processi e le sfide che cancellano le prospettive future sono intrattabili porta a diverse risposte, che vanno dal rifiuto, alla rassegnazione e alla resistenza.

Rifiuto

Una minoranza consistente di persone non crede che il cambiamento climatico sia una minaccia seria. Respingono le prove scientifiche del fenomeno e negano che sia causato dal comportamento umano. [5] Altri pensano che il

problema sia esagerato e che la minaccia non sia così grave come postulato dagli scienziati e dai media tradizionali. Un argomento è politico: il discorso apocalittico è pericoloso poiché implica una visione autoritaria e lineare deterministica della storia: il futuro è fisso e le opzioni umane sono limitate. Poiché il futuro non è aperto e modificabile, questo discorso porta al fatalismo e alla passività e mina il dibattito, il pluralismo e il dissenso nel tempo presente. [6] Un altro argomento contro l'apocalitticismo è storico. Sottolinea che l'umanità è stata continuamente confrontata con catastrofi minori e maggiori, ma è sempre sopravvissuta. Le visioni apocalittiche sono inutilmente allarmistiche e quindi tendono a paralizzare la capacità di affrontare minacce e sfide. Questa argomentazione ha due lati: da un lato contesta che i problemi contemporanei amplificheranno e metteranno in pericolo la sopravvivenza dell'umanità e del pianeta; non sarà poi così male. Dall'altro, è fiduciosa che gli esseri umani siano determinati e abbastanza intraprendenti da trovare soluzioni e risposte tempestive. Il terzo argomento per rifiutare gli scenari apocalittici si riferisce alla scienza e alla tecnologia. È duplice, in primo luogo sostiene che le sfide contemporanee non sono nuove e, in secondo luogo, che la conoscenza scientifica e tecnologica ha risolto e ridotto numerose sfide del passato e può farlo di nuovo. [7]

Rinuncia

Il poeta portoghese Fernando Pessoa illustra un'altra risposta alle visioni apocalittiche. Riconoscendo la sua vulnerabilità e gli orrori della vita, decise di perfezionare l'arte dell'astinenza: "Ho deciso di astenermi da tutto, di non andare avanti in nulla, di ridurre l'azione al minimo..."[8]. Non ha fiducia o speranza nel futuro e coltiva un atteggiamento di indifferenza verso il mondo e il suo corso. Questa risposta esprime che dobbiamo accettare l'inevitabile. È inutile negare che l'apocalisse si stia avvicinando e inutile opporre resistenza. Il meglio che possiamo fare è assumere una posizione di nichilismo e indifferenza.

La risposta della rassegnazione ha diverse versioni. Una si basa sul concetto tradizionale di apocalisse: all'annientamento seguirà un nuovo inizio. In questa prospettiva, la distruzione è necessaria, anche se il tempo che ci separa dall'estinzione sarà orribile, ma se la sopporteremo ci sarà la speranza di un rinnovamento. Questa risposta si è manifestata nei movimenti millenaristi religiosi e laici, sottolineando che la distruzione totale del mondo corrotto attuale è inevitabile per costruire un nuovo ordine mondiale. [9] Un'altra versione della risposta di rassegnazione sottolinea che l'azione umana è inutile. La convinzione che gli apocalissi possano essere prevenuti e che in particolare il clima possa essere gestito e governato è un'illusione. Prima di tutto, le catastrofi non sono generalmente il risultato di interventi o decisioni umane discrete, ma piuttosto di processi sottostanti gradualmente che richiedono un po' di tempo per svilupparsi. In secondo luogo, non esiste alcun meccanismo o istituzione in grado di prevenire o mitigare le catastrofi. Ciò richiederebbe una cooperazione transfrontaliera e un'azione collettiva globale, che al momento sono sempre più improbabili, dato il ripiegamento su approcci nazionalistici in numerosi paesi. Una terza versione sostiene che gli esseri umani possono fare almeno una cosa, almeno in una certa misura: ridurre drasticamente la popolazione umana del pianeta. Accettando che il mondo stia andando verso la fine, e quindi non abbia futuro, sarebbe immorale far nascere dei bambini. In questa prospettiva, la scomparsa dell'umanità non è una perdita di valore. Senza nuove nascite, lo sfruttamento e il deterioramento dell'ambiente naturale si arresterebbero. [10] Quest'ultima visione è legata a una versione finale della risposta di rassegnazione. Sostiene che gli esseri umani non possono astrarsi dallo scenario apocalittico; poiché ne fanno parte, non hanno il potere di apportare alcun cambiamento. La nuova era dell'Antropocene è iniziata e gli esseri umani sono soggetti ai suoi processi e alle sue conseguenze; sono già nel processo della Sesta Estinzione. Questa versione è l'espressione di una filosofia dell'antiumanesimo, formulata nella frase finale di un famoso libro di Michel Foucault: "...l'uomo sarebbe cancellato, come un volto nella sabbia in riva al mare." [11] In questa visione l'umanesimo come progetto dell'Illuminismo dovrebbe essere respinto. I concetti antropologici tradizionali come natura umana, umanità, razionalità, azione e responsabilità riflettono una specifica configurazione antropologica della conoscenza e una modalità di comprensione di sé che considera l'essere umano come un soggetto sovrano che organizza il mondo che lo circonda al fine di oggettivarlo, controllarlo e sottometterlo. Come progetto epistemologico, l'umanesimo, che presuppone che la conoscenza sia fondata sulle caratteristiche essenziali dell'umanità, sta volgendo al termine.

Resistenza

Piuttosto che rifiutare o accettare l'imminente apocalisse, la terza risposta prevede che lo scenario apocalittico possa essere evitato, o almeno ritardato o reso meno grave, attraverso un'azione immediata e sostenuta. In Europa è ben nota l'Extinction Rebellion (XR), il cui obiettivo è

costringere i governi ad agire attraverso la disobbedienza civile non violenta. Gli attivisti sentono l'obbligo morale di agire nel presente per il bene delle generazioni future e sono disposti a infrangere la legge per salvare il mondo. [12] Un'altra forma di resistenza procede da una

prospettiva più positiva. La nozione stessa di apocalisse è in un certo senso l'espressione di resistenza. Emerge all'interno di una visione del mondo di profonda insoddisfazione e critica fondamentale dell'attuale civiltà con le sue pratiche di oppressione e ingiustizia. Il discorso apocalittico invita a identificare, analizzare e contrastare le cause del declino, come il capitalismo, il neoliberismo, la globalizzazione, la degenerazione razziale, il mito del progresso o lo stato liberale. L'idea di catastrofe dovrebbe essere accolta con favore poiché è un possibile inizio di un mondo nuovo, giusto e libero. La fine del mondo è solo la fine di questo mondo, non la fine del tempo o della storia, ma l'annientamento di un particolare modo di vivere piuttosto che dell'umanità. Herbert Marcuse, ad esempio, predisse la fine della civiltà occidentale a causa della sua ricchezza materiale. Alla base delle minacce apocalittiche globali, come i rischi di una guerra nucleare e di catastrofi tecnologiche ai tempi di Marcuse, ma anche degli apocalissi dovute al collasso ambientale e all'intelligenza artificiale ai nostri tempi, non c'è l'attività umana, ma piuttosto il sistema in cui gli esseri umani vivono, con lo spietato sfruttamento della natura e l'applicazione sconsiderata della tecnologia. Tuttavia, il futuro potrebbe essere migliore. La diagnosi critica di Marcuse sul presente presupponeva l'esistenza di un soggetto umano con libertà, valori, speranze e aspirazioni in opposizione al mondo e alla società attuali. [13] Una forma diversa di resistenza è l'ottimismo razionale, diretto contro le stesse visioni apocalittiche. Queste visioni non vengono rifiutate; sono considerate come preoccupazioni reali riguardo a possibili pericoli che mettono a repentaglio il futuro dell'umanità, ma possiamo essere più ottimisti riguardo alla situazione attuale e alle possibilità di influenzare potenziali tendenze apocalittiche. Gli scenari catastrofici non vengono negati, ma presi sul serio e al tempo stesso relativizzati e sfumati, perché analizzati nella prospettiva di dati fattuali e tendenze storiche. [14]

Rivalutazione

L'idea di un'apocalisse è inquietante perché prevede la rottura del mondo che conosciamo, ma ancor di più a causa della perdita di valori a cui teniamo o degli ideali morali che non si realizzano o sono gravemente corrotti. Se si parte dal presupposto che un'apocalisse non sarà la fine definitiva, ma la transizione verso un nuovo inizio, i valori e gli ideali attuali sono sicuramente perduti e devono essere perduti per consentire un nuovo inizio, ma è necessario immaginarne di nuovi e articularli come strumenti per costruire un mondo migliore. Le visioni apocalittiche sono associate a una valutazione morale. Presentano una diagnosi critica e minacciosa di ciò che non va nell'attuale situazione umana, un'espressione di vulnerabilità letale e fatale, e sono quindi una sorta di inventario morale dei mali e delle carenze dei nostri tempi. Inoltre, è chiaro che le risposte alle visioni apocalittiche implicano anche una specifica posizione etica. Il rifiuto presuppone che l'attuale benessere umano sia fondamentale e che la preoccupazione per le generazioni future sia insignificante.

La rassegnazione non attribuisce alcun valore all'azione umana poiché la vulnerabilità fondamentale dell'attuale ordine mondiale non può essere annullata; l'antropocentrismo, l'umanesimo e la fede nel progresso scientifico sono ingannevoli e futili. I fondamenti etici delle risposte di resistenza sono più articolati. Esprimono il valore dell'azione collettiva, *in casu* la disobbedienza civile, formulano visioni di una società futura con libertà, giustizia e uguaglianza, o enfatizzano i valori della scienza e della tecnologia, nonché la cooperazione e la regolamentazione internazionale.

Curiosamente, il perché e il come si dovrebbe resistere alle visioni apocalittiche spesso non viene elaborato in termini etici. Il discorso etico ovviamente non è considerato un potente motivatore per effettuare trasformazioni. Non è chiaro come i cittadini dovrebbero essere motivati ad agire, né come i governi dovrebbero arrivare a concordare determinate normative e perché dovrebbero sentirsi obbligati ad attuarle, e non viene nemmeno sollevata la questione di chi sia responsabile, e quindi da incolpare, della distruzione ecologica. Alla fine, queste sono preoccupazioni etiche di base che devono essere affrontate. Poiché gli scenari apocalittici stanno mobilitando i valori morali e attivando questioni di colpa e responsabilità, non sono solo diagnostici ma anche prognostici. Prevedono la fine ma allo stesso tempo invitano alla riflessione. Ciò è dovuto al doppio significato di "fine": è il periodo finale di tempo per il mondo, ma anche lo scopo, l'obiettivo o il significato del mondo. Finirà, ma avrà realizzato il suo scopo, le sue aspirazioni e le sue intenzioni? Concludere che è meglio per il mondo, o per questo mondo, che finisca, o che sia inutile impegnarsi per impedirne la fine, implica la convinzione che non ci sia motivo per cui il mondo debba esistere o continuare a esistere: ha perso il suo fine. Le visioni apocalittiche non si proiettano solo sul futuro, ma stimolano uno sguardo critico sul passato e sul presente che hanno prodotto l'attuale situazione disastrosa. La cosa più importante è che rivelano una serie di possibilità per il futuro, aprendo nuovi orizzonti di aspettative. Il riconoscimento delle vulnerabilità sperimentate nel presente è quindi considerato un incitamento all'immaginazione morale per andare oltre le immagini apocalittiche e concepire modi nuovi e alternativi di pensare la presenza umana nel mondo, e per promuovere un discorso morale di speranza, incentrato sulla questione di quali siano i valori fondamentali da preservare per il futuro. La resistenza alle visioni apocalittiche non mira innanzitutto a salvare il

mondo, ma a cercare di rifarlo. Poiché il futuro non è chiuso e determinato, nasconde possibilità alternative. Il futuro apocalittico previsto crea un quadro motivazionale normativo. [15] Le immagini sulla fine del mondo (nel senso della sua conclusione) portano quindi a una rivalutazione, a un nuovo pensiero sulla fine del mondo (nel senso del suo scopo o significato). Perché siamo sulla Terra? Che tipo di mondo vogliamo lasciare ai nostri figli e nipoti? Ciò che è necessario, secondo *Laudato Si'*, è “un modo distintivo di guardare alle cose, un modo di pensare”, altrimenti “una coraggiosa rivoluzione culturale”. [16]

3. Ampliare l'immaginazione morale

Mentre le preoccupazioni morali si riflettono, esplicitamente o implicitamente, nella maggior parte delle risposte alle visioni apocalittiche, come sostenuto sopra, il discorso etico stesso sembra piuttosto impotente nei dibattiti sulla fine del mondo. Da un punto di vista etico, sappiamo cosa dovremmo fare, ma non lo facciamo, né individualmente né collettivamente. In precedenza, gli approcci bioetici sono stati criticati perché si preoccupano troppo delle prospettive individuali e a breve termine e ignorano il contesto sociale e ambientale delle sfide. Tuttavia, si sta sviluppando una nozione più ampia di bioetica che allarga la prospettiva a una prospettiva veramente globale e planetaria che sta ampliando l'immaginazione morale, rendendo il discorso etico più profetico e focalizzato sul futuro.

Recenti filosofi hanno riabilitato il ruolo dell'immaginazione nel campo della scienza, della filosofia e dell'etica. Ernst Cassirer, ad esempio, sostiene che è caratteristico di tutti i grandi filosofi etici il fatto di non pensare in termini di mera attualità. Le loro idee non possono avanzare di un solo passo senza allargare e persino trascendere i limiti del mondo attuale. Possedendo un grande potere intellettuale e morale, i maestri etici dell'umanità erano dotati anche di una profonda immaginazione. La loro intuizione immaginativa permea e anima tutte le loro affermazioni. [17] Mary Midgley sottolinea che le visioni immaginarie di come il mondo è e dovrebbe essere “sono lo sfondo necessario di tutta la nostra vita. Probabilmente sono molto più importanti da usare, molto più influenti della nostra conoscenza fattuale”. [18]

L'immaginazione come attività della mente non è semplicemente rappresentativa, non si limita a riprodurre esperienze sensoriali o reali, ma è creativa, costruttiva e produttiva; ci porta oltre i limiti delle esperienze empiriche; è la capacità di distaccarci dalla nostra situazione attuale. Ci porta nella dimensione del futuro. [19] In questo senso è trascendente, come spiegato nella filosofia di Gaston Bachelard: “L'immaginazione non è ... la facoltà di formare immagini della realtà; è piuttosto la facoltà di formare immagini che vanno oltre la realtà, che *cantano la realtà*.” [20] Poiché apre i nostri occhi a nuovi tipi di visione, Bachelard chiama l'immaginazione ‘mobilità spirituale’: rinnova il cuore e l'anima. [21]

L'immaginazione è una risorsa potente per l'etica. L'immaginazione morale genera diverse inquadrature delle situazioni. In primo luogo, allarga l'orizzonte e amplia le simpatie. Permette la capacità di entrare in empatia con gli altri, riconoscendo situazioni che richiedono un'azione morale. Mi immagino nella situazione di un'altra persona, andando oltre i limiti della mia esperienza. Edith Stein ha sostenuto che possiamo immaginarci come l'altro poiché riconosciamo ciò che condividiamo.

L'immaginazione ci rende consapevoli di valori che vanno oltre i limiti della nostra esperienza. [22] È la capacità di cambiare prospettiva; ci mette nella posizione degli altri, immaginando una varietà di punti di vista morali e ampliando il nostro orizzonte morale. Un esempio è l'emergere del discorso sui diritti umani nel XVIII secolo. [23] In secondo luogo, l'immaginazione è un potere creativo. Concepisce alternative a situazioni problematiche e identifica varie possibilità di azione, immaginando come si possa prevenire il danno e offrire un potenziale aiuto. Apre un orizzonte di possibilità, producendo visioni del mondo, ideali e valori per guidare la percezione morale e dirigere l'azione umana. La deliberazione morale, secondo John Dewey, è una “prova drammatica”: nell'immaginazione proviamo varie linee di azione alternative e possibili. [24]

Immaginazione morale ed educazione

Per affrontare il tema della fine del mondo nell'educazione, l'immaginazione morale può svolgere un ruolo ispiratore. Come può essere resa operativa l'immaginazione morale, soprattutto di fronte a scenari apocalittici? Questi scenari dimostrano che l'immaginazione può essere fuorviata e mal indirizzata. Può essere confusa e imprigionata nel passato, considerando il futuro come qualcosa di chiuso, in modo tale da distorcere la nostra visione ed essere dominata da immagini di sventura e tristezza piuttosto che di speranza e aspettativa. In questo modo, l'immaginazione viene “troncata”, limitata e mobilita solo una delle sue dimensioni, poiché è strettamente riproduttiva e non più creativa e costruttiva. Il suo fascino per la fine del mondo come catastrofe finale interferisce con i valori e gli ideali che danno senso alla vita e che definiscono la fine del mondo come scopo e significato. Per sfruttare

appieno le potenzialità dell'immaginazione morale, il discorso etico ha a disposizione due strade, che possono essere dimostrate negli sforzi educativi.

Da un lato, si dovrebbe riconoscere che è disponibile un ampio quadro etico per l'analisi e il chiarimento delle minacce globali contemporanee. Tale quadro, come presentato nella bioetica globale, non è incentrato solo sulle preoccupazioni individuali, ma anche sulla prospettiva della società, della comunità e del pianeta [25]. Se c'è bisogno, come sostiene Papa Francesco, di un "nuovo modo di pensare all'essere umano, alla vita, alla società e al nostro rapporto con la natura", allora il ruolo dell'educazione è quello di creare nuove abitudini incentrate sull'armonia "con noi stessi, con gli altri, con la natura e le altre creature viventi e con Dio". [26] L'istruzione dovrebbe coltivare le virtù di uno stile di vita equilibrato, in armonia con il creato, ma anche le virtù di una cultura della cura. Queste virtù possono essere promosse considerando e applicando i principi della bioetica globale, che non solo richiedono il rispetto della dignità umana e dell'autonomia individuale, ma anche della vulnerabilità, della giustizia, della solidarietà, dell'ambiente e delle generazioni future.

D'altra parte, l'istruzione potrebbe utilizzare una serie di strumenti per stimolare e ampliare l'immaginazione morale degli studenti, utilizzando ad esempio storie, casi, esempi, simulazioni, giochi, linguaggi poetici e metafore. [27] Poiché le paure del futuro per la maggior parte delle persone non sono più astratte ma reali e concrete preoccupazioni personali, l'attenzione dovrebbe essere rivolta alle esperienze pratiche. Le virtù raccomandate da Papa Francesco possono essere viste all'opera, ad esempio, negli esempi, individui ammirevoli che potremmo voler imitare o assomigliare, anche se sono eccezionali. *Laudato Si'* fa molti riferimenti agli esempi, tra gli altri San Francesco e Santa Teresa di Lisieux. Nella prospettiva educativa della bioetica globale, sono disponibili numerosi esempi. Vorrei menzionarne solo due che mi hanno ispirato.

Jacques-Désiré Laval (1803-1864), detto anche l'"apostolo dell'isola Maurizio", un medico originario della Normandia, divenne sacerdote dopo un incidente quasi mortale e decise di andare sull'isola Maurizio per lavorare tra gli schiavi appena liberati, ma anche tra una popolazione eterogenea di immigrati poveri ed emarginati. Visse tra loro e imparò la loro lingua, usando le sue competenze mediche per migliorare le condizioni di vita e l'agricoltura. Istituì anche programmi di mutuo soccorso in varie comunità. Inizialmente, i coloni bianchi e l'amministrazione britannica non si fidavano di lui; fu minacciato e dovette lavorare per qualche tempo sotto protezione della polizia. Quando morì nel 1864, più della metà della popolazione dell'isola partecipò al suo funerale. La sua vita dimostra come, anche nelle peggiori circostanze, sia possibile superare le divisioni tra le persone e i pregiudizi razziali, e come sia possibile aiutare tutte le persone dell'isola: indù, musulmani, cattolici e protestanti. [28]

Un altro esempio è Paul Farmer (1959-2022), un medico e antropologo americano della Harvard Medical School che si è occupato dei lavoratori migranti haitiani e ha svolto attività di volontariato in un ospedale di Haiti. Ha fondato Partners in Health, un'organizzazione internazionale senza scopo di lucro che fornisce assistenza sanitaria gratuita ai malati che vivono nelle zone più povere del mondo. Il suo motto è: Insieme, possiamo riparare il mondo. Ma anche: l'ingiustizia ha una cura. L'anno scorso l'organizzazione ha fornito più di 3 milioni di visite ambulatoriali, 2,1 milioni di controlli sanitari per le donne e oltre 2,2 milioni di visite a domicilio condotte da operatori sanitari di comunità in paesi come Haiti, Ruanda, Malawi e Kazakistan. Farmer ha ispirato molti studenti e colleghi a reimmaginare il campo della salute globale. Ha rifiutato l'ipotesi che lo stesso livello di assistenza sanitaria di alta qualità disponibile per i ricchi non potesse essere fornito ai poveri. [29] Ha definito questo atteggiamento come "fallimento dell'immaginazione" e ha dedicato la sua vita a dimostrare che questa ipotesi era sbagliata e che l'immaginazione può produrre una visione più audace di ciò che è possibile e di come questo potrebbe tradursi in attività pratiche. Ha lasciato "un'eredità di luce e speranza" [30]

Conclusione

Michel de Montaigne, che scrisse i suoi *Saggi* nel XVI secolo, rimase impressionato dal potere dell'immaginazione. Essa ci permette di immaginare altri modi di vivere, altri pensieri e idee diversi dai nostri, aprendosi a diverse forme di umanità; ci strappa via dal presente. Nel suo capitolo sull'educazione dei bambini, Montaigne cita l'esempio di Socrate che, quando gli fu chiesto da dove venisse, rispose che non da Atene, ma dal mondo. La sua immaginazione era "più piena e più ampia, abbracciava il mondo intero come suo paese ed estendeva la sua società e la sua amicizia a tutta l'umanità; non come noi, che non guardiamo oltre i nostri piedi" [31]. Attraverso l'immaginazione possiamo uscire da noi stessi e metterci nei panni degli altri, aprendo il nostro essere a nuove prospettive e idee. Vivendo in un'epoca di violenti conflitti e guerre civili, Montaigne aveva costantemente davanti a

sé l'immagine della morte e della distruzione. [32] Ma sperava di comprendere queste immagini di sventura e declino, usando l'immaginazione per vedere il mondo in perpetuo movimento, non come qualcosa che finisce, ma come qualcosa che diventa migliore e più umano in futuro. [33]

Riferimenti

1. Hickman, C., Marks, E., Pikhala, P. et al. (2021): Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses to climate change: a global Survey. *Lancet Planetary Health* 5: e863-73.
2. Papa Francesco. (2015): *Lettera enciclica Laudato Si' – Sulla cura della casa comune*. Città del Vaticano: Libreria Editrice Vaticana, § 61 e § 161.
3. Herman, A. (1997): *The idea of decline in Western history*. New York: The Free Press.
4. Papa Francesco. (2015): *Lettera enciclica Laudato Si'*
5. Uno studio recente ha rilevato che il 14,8% degli americani nega che il cambiamento climatico sia reale. Nei paesi dell'Europa occidentale il numero è inferiore, generalmente intorno al dieci per cento. Vedi: Gounaridis, D. e Newell, J. P. (2024): The social anatomy of climate change denial negazione del cambiamento climatico negli Stati Uniti. *Scientific Reports* 14 (1): 2097; doi: 10.1038/s41598-023-50591- 6.
6. Davidson, J. P. L. (2024): The apocalypse from below: The dangerous idea of the end of the world, the politics of the oppressed, and the anti-anti-apocalypticism. *American Political Science Review*, 1-131 doi:10.1017/S000305542000479.
7. Ritchie, H. (2024): *Not the end of the world. How we can be the first generation to build a sustainable planet*. Londra: Chatto & Windus.
8. Pessoa, F. (2001): *The book of disquiet*. New York: Penguin Books, 397.
9. Weber, E. (2000): *Apocalypses. Prophecies, cults and millennial beliefs through the ages*. Londra: Pimlico.
10. Benatar, D. (2006): *Better never to have been; The harm of coming into existence*. Oxford: Oxford University Press.
11. Foucault, M. (1970): *L'ordine delle cose. Un'archeologia delle scienze umane*. Milano: Feltrinelli, 407.
12. Read, R. e Alexander, S. (2020): *Extinction Rebellion. Insights from the inside*. Westerville (Ohio): Simplicity Institute.
13. Marcuse, H. (2002): *L'uomo a una dimensione. Studi sull'ideologia della società industriale avanzata*. Milano: Feltrinelli (originale 1964).
14. Ritchie, H. (2024): *Non è la fine del mondo*.
15. Mascareño, A. (2024): Contemporary visions of the next apocalypse: Climate change and artificial intelligence. *European Journal of Social Theory* 27 (2): 352-371; <https://doi.org/10.1177/13684310241234448>.
16. Papa Francesco. (2015): *Lettera enciclica Laudato Si'*, § 111 e § 114.
17. Cassirer, E. (1944): *An essay on man. An introduction to a philosophy of human culture*. New York: Doubleday & Company.

18. Midgley, M. (2018) *What is philosophy for?* Londra: Bloomsbury Academic, 73.
19. Bouriau, C. (2010): *Qu'est-ce que l'imagination?* Parigi: Vrin.
20. Bachelard, G. (2014): *On poetic imagination and reverie*. New York: Spring Publications, 71.
21. Bachelard, G. (2014): *On poetic imagination and reverie*, 76.
22. MacIntyre, A. (2007): *Edith Stein. A philosophical prologue*. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers.
23. Ten Have, H. e Pegoraro, R. (2022): *Bioethics, healthcare and the soul*. Londra e New York: Routledge.
24. Dewey, J. (1922): *Human nature and conduct. An introduction to social psychology*. New York: Henry Holt & Company, 190.
25. Ten Have, H. (2016): *Global bioethics. An introduction*. London and New York: Routledge.
26. Papa Francesco. (2015): *Lettera enciclica Laudato Si'*, § 215 e § 210.
27. Lear, J. (2022): *Immaginare la fine. Il lutto e la vita etica*. Cambridge (Massachusetts) e Londra (Inghilterra): The Belknap Press of Harvard University Press.
28. Smerecki, B. (2003): *Jacques-Désiré Laval, 1803-1864*. Parigi: Publibook.
29. Weigel, J. (2013): *To repair the world: Paul Farmer speaks to the next generation*. Oakland: University of California Press, 57-66.
30. Block, J.W., Lysaught, M. T., e Martins, A.A. eds. (2023): *A prophet to the peoples: Paul Farmer's witness and theological ethics*. Eugene (Oregon): Pickwick Publications, 2.
31. Montaigne, M. de (1877): *Saggi*. Traduzione di C. Cotton; a cura di W. C. Hazlitt;
<https://gutenberg.org/files/3600/3600-h/3600-h.htm#link2HCH0025/> (originale 1580), Libro I, capitolo 25.
32. "Chi è che, vedendo la devastazione di queste nostre guerre civili, non grida che la macchina del mondo è vicina alla dissoluzione e che il giorno del giudizio è vicino; senza considerare che sono state viste molte cose peggiori e che nel frattempo, la gente è molto allegra in altre migliaia di parti della terra per tutto questo?" Montaigne, *Saggi*, Libro I, Capitolo 25.
33. Burke, P. (1981): *Montaigne*. Oxford: Oxford University Press.

The end of the world? The educational perspective

Henk ten Have

Abstract

Confronted with climate change, political polarization, democratic failures, impotent policies, economic regression, war and violence apocalyptic views tend to obliterate perspectives on the future of humankind. This will affect first and foremost younger generations, and thus emphasizes the role of education. But fatalistic and pessimistic views about the possible end of the world cannot be remedied by education as such. It will be important *what* will be taught and *how* teaching proceeds. First, education should not only focus on the future but reflect on the past (showing that in the history

of all civilizations ideas of decline and collapse have circulated), and analyse the present (showing that apocalyptic ideas are not uniform, but depending on socio-economic conditions, culture and religion). Second, focusing on the future, it should outline at least three responses to apocalyptic views: resignation (giving up the idea that collapse and decline can be averted), resistance (efforts to eliminate degeneration and produce renewal through science or social and genetic engineering), and re-evaluation (reappraise fundamental values and upwardly adjust rather than devalue them). This last response aims at persistent and piecemeal transformation, inspired by the hope that change for the better is possible. It was in fact the basic motivation to launch the new discipline of bioethics in the 1970s. To avoid the possible extinction of humankind, all types of wisdom should be harnessed to counter global threats and to ensure survival. But in order to be inspirational, bioethical discourse should be more critical and prophetic. It should inspire hope that things can improve and we can do better.

Apocalyptic views

A global survey among 10,000 children and young adults (16-25 years old) in ten countries around the world reports that 75% feel that the future is frightening, and 56% that humanity is doomed. In some countries the percentages are even higher. In Brazil, Portugal and India 80% and more of the participants agree with the statement that the future is frightening. In India and the Philippines respectively 74% and 73% of the surveyed children and young adults think that humanity is doomed. [1] The feeling that there is no future is in all countries associated with feelings of betrayal and abandonment since governments are failing to act adequately and do not seem to care of future generations. Many people around the world experience anxiety about climate change: they are pessimistic about the time to come. This is especially bitter for young people who still have a future ahead of them.

Apocalyptic visions and sentiments of malaise and despair seem to amplify today because humans are confronted with mega-problems. There is a general feeling that the challenges are simply too big and global to be addressed by only one country, let alone individual persons.

Since individual agency seems futile, human beings feel powerless against apocalyptic

threats. Apocalyptic feelings of doom and gloom are not only related to the magnitude of the challenges but also, as the survey mentioned above indicates, to failures to enact adequate responses. Governments and international bodies are not undertaking serious action; even when they agree on remediating policies implementation is weak, or only effectuated in some places and countries, and not at the global level, so that deterioration of the climate continues, risks of pandemics are not diminished, destructive wars continue, and development of artificial intelligence is not regulated. Apocalyptic scenarios are threatening in different ways. Nuclear war destroys human beings as well as their lifeworld, and can make life on earth unbearable, but it is a catastrophic event located in time and place as the result of human decisions. A pandemic apocalypse is primarily devastating for human (and perhaps other living) beings, without destruction of the lifeworld but it is also a localizable event although less clearly related to human activity. An AI apocalypse will be calamitous for human beings, reducing them to subjects controlled by more intelligent machines but it will not destroy the planet; it will be the result of a gradual process rather than of a distinct event, although ultimately produced by human decisions. A climate apocalypse seems to be of a different order; it is not an event located in time and place, but an irreversible transformation of the lifeworld that makes the planet uninhabitable. Its deleterious effects are, at least initially, not easy to perceive, but become increasingly undeniable; but then, the process of catastrophic deterioration can no longer be reversed. It takes time to recognize how human decisions in the past have impacted this process, and it is not certain how actual decisions will bring any relief, unless after a very long time. Doomsday scenarios should therefore be taken seriously, as argued in *Laudato Si'*, stating that “the present world system is certainly unsustainable from a number of points of view...” so that “Doomsday predictions can no longer be met with irony or disdain”. [2] The risk is that we leave a destroyed and uninhabitable world to future generations.

The role of education in regard to apocalyptic views

In most societies education is regarded as an important force for change. In order to remedy and nuance fatalistic and pessimistic views about the possible end of the world it will be imperative to think about *what* to teach and *how* to teach. In this contribution, I will argue that education should not only focus on the future but reflect on the past (showing that in the history of all civilizations ideas of decline and collapse have circulated), and analyse the present (showing that apocalyptic ideas are not uniform, and depending on socio-economic conditions, culture and religion). Second, focusing on the future, it should critically examine

the prevailing responses to apocalyptic views: rejection (denying that there are serious problems endangering the future), resignation (giving up the idea that collapse and decline can be averted), resistance (efforts to eliminate degeneration and produce renewal through science or social and genetic engineering), and re-evaluation (reappraise fundamental values and upwardly adjust rather than devalue them).

1. Taking some distance; analyse the past

Apocalyptic views are often associated with the belief that contemporary challenges are intractable and unsolvable. This belief is paradoxically reinforced through crisis talk: challenges are labelled as existential threats that require urgent action; little time for action is left before they reach a tipping point and morph into really uncontrollable disasters. When such wake-up calls are ignored, and no effective interventions are undertaken, the sense of impending apocalypse and powerlessness only becomes larger. Reflection on past experiences however can mitigate anxieties and provide a more nuanced and positive assessment of the resilience of human beings and the adaptive ability of civilizations. There is a long history of predicting the imminent collapse of civilization and the end of the world. [3] Doom and gloom has been foretold in famous works of Gibbon (in 1776), De Gobineau (in 1853-1855), Nordau (in 1892), Spengler (in 1918-1922) and Toynbee (in 1934) but in each case the predictions have not materialized. Cultures and civilizations have been transformed but not annihilated. The past therefore is not a long history of failures, and humanity has shown to overcome global disasters as the example of previous pandemics (plague and cholera) demonstrate, and in some cases even to eradicate global threats (for example smallpox). This is not an argument to conclude that apocalyptic views are without substance or simply terrifying. An apocalypse reveals dissatisfaction with the current state of the world, and necessitates critical reflection on contemporary society and culture. This critical analysis is provided in *Laudato Si'* when Pope Francis uses formulations such as "throwaway culture", "excessive anthropocentrism", lack of "sense of fraternity" and "dominant technocratic paradigm". But his conclusion is not pessimistic: "we know that things can change". [4]

2. Examine responses to apocalyptic views; analyse the present

The continuous articulation of the idea that the world as we know it will come to an end, and that the processes and challenges obliterating future perspectives are intractable leads to several responses, ranging from rejection, resignation, and resistance.

Rejection

A substantial minority of people do not believe in climate change as a serious threat. They reject the scientific evidence for the phenomenon and deny that it is caused by human behaviour. [5] Others think that the problem is exaggerated and that the threat is not as severe as posited by scientists and mainstream media. One argument is political: apocalyptic discourse is dangerous since it implies an authoritarian and linear deterministic view of history: the future is fixed, and human options are limited. Since the future is not open and alterable, this discourse leads to fatalism and passivity, and undermines debate, pluralism, and dissent in the present time. [6] Another argument against apocalypticism is historical. It underlines that humankind has continuously been confronted with minor and major catastrophes but has always survived. Apocalyptic views are unnecessarily alarmistic, and therefore tend to paralyze the capacity to cope with threats and challenges. This argument has two sides: on the one hand it disputes that contemporary problems will magnify and endanger the survival of humankind and the planet; it won't be that bad. On the other hand, it is confident that human beings are determined and resourceful enough to find timely solutions and responses. The third argument to reject apocalyptic scenarios refers to science and technology. It is twofold, first arguing that contemporary challenges are not new, and second, that scientific and technological knowledge have solved and reduced numerous past challenges and can do that again. [7]

Resignation

The Portuguese poet Fernando Pessoa illustrates another response to apocalyptic views. Recognizing his vulnerability and the horrors of life, he decided to perfect the art of abstinence: "I decided to abstain from everything, to go forward in nothing, to reduce action to a minimum..."[8]. He has no belief or hope in the future, and cultivates an attitude of indifference towards the world and its course. This response articulates that we have to accept the inevitable. It is pointless to reject that the apocalypse is approaching, and useless to offer resistance. The best we can do is to assume a position of nihilism and indifference.

The response of resignation has several versions. One is based on the traditional concept of apocalypse: annihilation will be followed by a new beginning. In this perspective, destruction is necessary, even if the time until extinction will be horrifying, but if we endure it there will be hope of renewal. This response has been manifested in religious and secular millenarist movements emphasizing that total destruction of the present corrupted world is inevitable to build a new world order. [9] Another version of the resignation response points out that

human action is futile. The belief that apocalypses can be prevented, and that in particular climate can be managed and governed is an illusion. First of all, catastrophes are generally not the result of discrete human interventions or decisions but rather of gradual underlying processes that take some time to develop. Second, there is no mechanism or institution that is able to prevent or mitigate catastrophes. That would require cross-border cooperation and global collective action which is at the current moment more and more unlikely given the retreat in nationalistic approaches in numerous countries. A third version articulates that humans can to a certain extent at least do one thing: drastically reduce the human population of the planet. Accepting that the world is heading towards its end, and is thus without a future, it would be immoral to bring children into existence. In this perspective, the disappearance of humanity is not a valuable loss. Without new persons born, the exploitation and deterioration of the natural environment would stop. [10] This last view is related to a final version of the resignation response. It argues that humans cannot abstract themselves from the apocalyptic scenery; since they are part of it, they do not have the power to make any changes. The new era of the Anthropocene has begun and humans are subjected to its processes and consequences; they are already in the process of the Sixth Extinction. This version is the expression of a philosophy of anti-humanism, formulated in the final sentence of a famous book of Michel Foucault: "...man would be erased, like a face in sand at the edge of the sea." [11] In this view humanism as the project of the Enlightenment should be rejected. Traditional anthropological concepts such as human nature, humanity, rationality, agency, and responsibility reflect a specific anthropological configuration of knowledge and mode of self-understanding that regards the human being as a sovereign subject that organizes the world around him in order to objectify, control and bring it to submission. As an epistemological project, humanism assuming that knowledge is grounded in the essential characteristics of humanity is coming to an end.

Resistance

Rather than rejecting or accepting the impending apocalypse, the third response envisions that the doomsday scenario can be prevented, or at least delayed or made less worse by immediate and sustained action. Well-known in Europe is Extinction Rebellion (XR); its aim is to compel governments into action through non-violent civil disobedience. Activists feel a moral obligation to act in the present out of concern for future generations, and are prepared to break the law in order to save the world. [12] Another form of resistance proceeds from a more positive perspective. The notion of apocalypse itself in a certain way is the expression of

resistance. It emerges within a worldview of deep dissatisfaction and fundamental critique of the current civilization with its practices of oppression and injustice. Apocalyptic discourse invites identifying, analysing and countering the causes of decline, such as capitalism, neoliberalism, globalisation, racial degeneration, the myth of progress, or the liberal state. The idea of doom should be welcomed since it is a possible beginning of a new, just and free world. The end of the world is only the end of this world, not the end of time or history, but the annihilation of a particular way of life rather than of humankind. Herbert Marcuse, for example, predicted the demise of Western civilization because of its material affluence. The root of apocalyptic global threats such as the risks of nuclear war and of technological catastrophes in Marcuse's time, but also of apocalypses due to environmental collapse and artificial intelligence in our times, is not human activity but rather the system in which humans live, with ruthless exploitation of nature and thoughtless application of technology. Nonetheless, the future could be better. Marcuse's critical diagnosis of the present presupposed the existence of a human subject with freedom, values, hopes, and aspirations in opposition to the present world and society. [13] A different form of resistance is rational optimism, directed against apocalyptic views themselves. These views are not rejected; they are considered as real concerns about possible dangers that jeopardize the future of humankind but we can be more optimistic towards the current situation and possibilities to influence potential apocalyptic trends. Doom scenarios are not denied but taken seriously

while at the same time relativized and nuanced because they are analysed in the perspective of factual data and historical trends. [14]

Reappraisal

The idea of an apocalypse is unsettling because it predicts the breakdown of the world we know, but even more because of the loss of values that we cherish or the moral ideals that are not realized or are seriously corrupted. If it is assumed that an apocalypse will not be the final end, but the transition to a new beginning, current values and ideals are definitely lost, and need to be lost to allow a new beginning but new ones need to be imagined and articulated as tools to construct a better world. Apocalyptic views are associated with a moral assessment. They present a critical and ominous diagnosis of what is wrong with the current human predicament, an expression of lethal and fateful vulnerability, and are therefore a kind of moral inventory of the evils and deficiencies of our times. Moreover, it is clear that the responses to apocalyptic views also imply a specific ethical stance. Rejection assumes that current human well-being is paramount and concern with future generations is insignificant.

Resignation attributes no value to human agency since the fundamental vulnerability of the current world order cannot be undone; anthropocentrism, humanism and belief in scientific progress are deceiving and futile. The ethical underpinnings of responses of resistance are more articulated. They express the value of collective action, *in casu* civil disobedience, formulate visions of a future society with freedom, justice and equality, or emphasize the values of science and technology as well as international cooperation and regulation.

Curiously, why and how apocalyptic views should be resisted is often not elaborated in ethical terms. Ethical discourse is obviously not regarded as a powerful motivator to effectuate transformations. It is not clear how citizens should be motivated to act, nor how governments should come to agree on certain regulations and why they should feel obliged to implement them, and neither is the question raised who is responsible, and thus to blame, for ecological destruction. In the end, these are basic ethical concerns that need to be addressed. Because apocalyptic scenarios are mobilizing moral values and activate issues of blame and responsibility, they are not merely diagnostic but simultaneously prognostic. They predict the end but call at the same time for reflection. This is due to the double meaning of 'the end': it

is the final period of time for the world but also the purpose, aim or meaning of the world. It will finish but has it accomplished its purpose, aspirations, and intentions? To conclude that it is better for the world, or for this world to end, or that it is useless to undertake efforts to prevent its demise, implies the belief that there is no reason why the world should exist or continue to exist: it has lost its end. Apocalyptic visions are not only projected on the future but they instigate a critical look at the past and the present which have produced the current disastrous situation. The most important thing is that they disclose a range of possibilities for the future, opening up new horizons of expectations. The recognition of vulnerabilities experienced in the present is therefore taken as incitement to the moral imagination to go beyond apocalyptic imagery, and to conceive new and alternative ways of thinking the human presence in the world, and to promote a moral discourse of hope, focused on the question what are fundamental values to preserve for the future. Resistance to apocalyptic views is not first of all aimed at saving the world but is trying to remake it. Since the future is not closed

and determined, it conceals alternative possibilities. The predicted apocalyptic future creates a normative motivational framework. [15] Imagery about the end of the world (in the sense of its termination) therefore leads to reappraisal, new thinking about the end of the world (in the sense of its purpose or meaning). Why are we on Earth? What kind of world do we want to leave to our children and grandchildren? What is needed, according to *Laudato Si'* is "a

distinctive way of looking at things, a way of thinking”, otherwise “a bold cultural revolution.” [16]

3. Enlarge the moral imagination

While moral concerns are reflected, explicitly or implicitly, in most responses to apocalyptic views, as argued above, ethical discourse itself seems rather powerless in the debates about the end of the world. From an ethical perspective, we know what we should do, but we don't do it, neither individually nor collectively. Earlier, bioethical approaches have been criticized because they are too narrowly concerned with individual and short-term perspectives, and ignore the social and environmental context of challenges. However, a broader notion of bioethics is developing that widens the perspective into a really global and planetary one which is enlarging the moral imagination, making ethical discourse more prophetic and focused on the future.

Recent philosophers have rehabilitated the role of the imagination in the field of science, philosophy and ethics. Ernst Cassirer, for example, argues that it is characteristic of all the great ethical philosophers that they do not think in terms of mere actuality. Their ideas cannot advance a single step without enlarging and even transcending the limits of the actual world. Possessed of great intellectual and moral power, the ethical teachers of mankind were endowed too with a profound imagination. Their imaginative insight permeates and animates all their assertions. [17] Mary Midgley points out that imaginary visions of how the world is and should be “are the necessary background of all our living. They are likely to be much more important to use, much more influential than our factual knowledge.” [18]

Imagination as an activity of the mind is not merely representational, making copies of sense experiences, reproducing actual experiences, but it is creative, constructive, and productive; it takes us beyond the limitations of empirical experiences; it is the ability to detach ourselves from our actual situation. It takes us to the dimension of the future.[19] In this sense it is transcendent, as explained in the philosophy of Gaston Bachelard: “Imagination is not ... the faculty of forming images of reality; it is rather the faculty of forming images that go beyond reality, which *sing* reality.” [20] Since it opens our eyes to new types of vision, Bachelard calls imagination “spiritual mobility”: it renews the heart and the soul. [21]

Imagination is a powerful resource for ethics. Moral imagination generates different framings of situations. First, it enlarges the horizon and expands sympathies. It allows the ability to empathize with others, recognizing situations that demand moral action. I imagine myself in the situation of another person, going beyond the limits of my own experience. Edith Stein has argued that we can imagine ourselves as the other since we recognize what we share.

Imagination makes us aware of values beyond the limits of our own experience. [22] It is the capacity of shifting perspectives; it places us in the standpoint of others, envisioning a variety of moral viewpoints and expanding our moral horizon. An example is the emergence of human rights discourse in the 18th century. [23] Second, imagination is a creative power. It conceives alternatives to problematic situations and identifies various possibilities for acting, envisioning how harm can be prevented and potential help can be offered. It opens up an horizon of possibilities, producing worldviews, ideals, and values to guide moral perception and direct human action. Moral deliberation, according to John Dewey, is “dramatic rehearsal”: in the imagination we try out various alternative and possible lines of action. [24]

Moral imagination and education

To address the issue of the end of the world in education the moral imagination can play an inspiring role. How can moral imagination be made operational, especially when faced with apocalyptic scenarios? These scenarios demonstrate that imagination can be misguided and misdirected. It can be confounded and captured in the past, regarding the future as closed so that it distorts our vision and is dominated by images of doom and gloom rather than hope and expectation. In this way, imagination is ‘truncated’; it is restricted and mobilizes only one of its dimensions since it is narrowly reproductive and no longer creative and constructive. Its fascination with the end of the world as ultimate catastrophe interferes with the values and ideals that give sense to what life is all about, and that defines the end of the world as purpose and meaning. In order to fully engage the potentials of the moral imagination, two ways are available to ethical discourse, and can be demonstrated in educational efforts.

On the one hand, it should be recognized that a broad ethical framework is available for the analysis and clarification of contemporary global threats. Such framework as presented in global bioethics which is not only focused on individual concerns but also on the perspective of society, community, as well as the planet [25] If there is a need, as Pope Francis argues, to have a “new way of thinking about human beings, life, society and our relationship with nature”, then the role of education is to create new habits focused on harmony “within

ourselves, with others, with nature and other living creatures, and with God". [26] Education should cultivate the virtues of a balanced lifestyle, in harmony with creation, but also the virtues of a culture of care. These virtues can be fostered through considering and employing principles of global bioethics, that not only ask respect for human dignity and respect for individual autonomy, but also for vulnerability, justice, solidarity, the environment, and future generations.

On the other hand, education could use a range of tools to stimulate and enlarge the moral imagination of students, employing for example stories, cases, exemplars, simulations, games, poetic languages and metaphors. [27] Since fears of the future for most people are no longer abstract but real and concrete personal concerns, the focus should be on practical experiences. The virtues recommended by Pope Francis can be seen at work for instance in exemplars, individuals who are admirable and who we might want to imitate or resemble, even if they are exceptional. *Laudato Si'* makes many references to exemplars, among others Saint Francis and Saint Thérèse of Lisieux. In the educational perspective of global bioethics, numerous exemplars are available. I would like to mention only two who have inspired me.

Jacques-Désiré Laval (1803-1864), also called the 'apostle of Ile Maurice', a medical doctor from Normandy, became a priest after a near-fatal accident, and decided to go to the island of Mauritius to work among the recently liberated slaves, but also among a diverse population of poor and marginalized immigrants. He lived among them and learned their language, using his medical expertise to improve living conditions as well as agriculture. He also set up programmes of mutual assistance in various communities. Initially, the white colonists and the British administration did not trust him; he was threatened and had for some time to work under police protection. When he died in 1864 more than half of the population of the island attended his funeral. His life illustrates how even under the worst circumstances divisions among people and racial prejudices can be overcome, and how care can be extended to all people on the island: Hindus, Muslims, Catholics and Protestants. [28]

Another exemplar is Paul Farmer (1959-2022), an American medical doctor and anthropologist from Harvard Medical School who became involved with Haitian migrant workers and did volunteer work in a hospital in Haiti. He established Partners in Health, an international non-profit organization providing free healthcare to ill people living in the poorest areas of the world. Its motto is: Together, we can repair the world. But also: injustice

has a cure. The organization provided last year more than 3 million outpatient visits, 2.1 million women's health checkups, and over 2,2 million home visits conducted by community health workers in countries like Haiti, Rwanda, Malawi, and Kazakhstan. Farmer has inspired many students and colleagues to reimagine the field of global health. He rejected the assumption that the same level of high-quality health care available to the rich could not be provided to the poor. [29] He called this 'failures of the imagination' and he devoted his life to show that this assumption was wrong and that imagination can produce a bolder vision of what is possible, and how this could translate into practical activities. He left "a legacy of light and hope" [30]

Conclusion

Michel de Montaigne writing his *Essays* in the 16th century was impressed by the power of imagination. It allows us to envision other modes of living, other thoughts and ideas than our own, opening up to diverse forms of humanity; it tears us away from the present. In his chapter on the education of children he gives the example of Socrates who answered when asked where he came from, not Athens but from the world. His imagination was "fuller and wider, embraced the whole world for his country, and extended his society and friendship to all mankind; not as we do, who look no further than our feet" [31] Through imagination we can go outside of ourselves and putting ourselves in the place of others, opening our being to new perspectives and ideas. Living in a time of violent conflict and civil war, Montaigne was constantly having the image of death and destruction before him. [32] But he was hoping to understand these images of doom and decline, using the imagination to see the world in perpetual motion, not as ending but as becoming a better and more humane one in the future. [33]

References

1. Hickman, C., Marks, E., Pikhala, P. *et al.* (2021): Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses to climate change: a global Survey. *Lancet Planetary Health* 5: e863-73.
2. Pope Francis. (2015): *Encyclical letter Laudato Si' – On care for our common home*. Vatican City: Libreria Editrice Vaticana, § 61 and § 161.
3. Herman, A. (1997): *The idea of decline in Western history*. New York: The Free Press.
4. Pope Francis. (2015): *Encyclical letter Laudato Si'*
5. A recent study found that 14.8% of Americans deny that climate change is real. In Western European countries the number is lower, generally around ten percent. See: Gounaridis, D. and Newell, J. P. (2024): The social anatomy of climate change denial

- in the United States. *Scientific Reports* 14 (1): 2097; doi: 10.1038/s41598-023-50591- 6.
6. Davidson, J. P. L. (2024): The apocalypse from below: The dangerous idea of the end of the world, the politics of the oppressed, and the anti-anti-apocalypticism. *American Political Science Review*, 1-13| doi:10.1017/S000305542000479.
 7. Ritchie, H. (2024): *Not the end of the world. How we can be the first generation to build a sustainable planet*. London: Chatto & Windus.
 8. Pessoa, F. (2001): *The book of disquiet*. New York: Penguin Books, 397.
 9. Weber, E. (2000): *Apocalypses. Prophecies, cults and millennial beliefs through the ages*. London: Pimlico.
 10. Benatar, D. (2006): *Better never to have been; The harm of coming into existence*. Oxford: Oxford University Press.
 11. Foucault, M. (1970): *The order of things. An archaeology of the human sciences*. New York: Pantheon Books, 387.
 12. Read, R. and Alexander, S. (2020): *Extinction Rebellion. Insights from the inside*. Westerville (Ohio): Simplicity Institute.
 13. Marcuse, H. (2002): *One-dimensional man. Studies in the ideology of advanced industrial society*. London and New York: Routledge (original 1964).
 14. Ritchie, H. (2024): *Not the end of the world*.
 15. Mascareño, A. (2024): Contemporary visions of the next apocalypse: Climate change and artificial intelligence. *European Journal of Social Theory* 27 (2): 352-371; <https://doi.org/10.1177/13684310241234448>.
 16. Pope Francis. (2015): *Encyclical letter Laudato Si'*, § 111 and § 114.
 17. Cassirer, E. (1944): *An essay on man. An introduction to a philosophy of human culture*. New York: Doubleday & Company.
 18. Midgley, M. (2018) *What is philosophy for?* London: Bloomsbury Academic, 73.
 19. Bouriau, C. (2010): *Qu'est-ce que l'imagination?* Paris: Vrin.
 20. Bachelard, G. (2014): *On poetic imagination and reverie*. New York: Spring Publications, 71.
 21. Bachelard, G. (2014): *On poetic imagination and reverie*, 76.
 22. MacIntyre, A. (2007): *Edith Stein. A philosophical prologue*. Lanham: Rowman & Littlefield Publishers.
 23. Ten Have, H. and Pegoraro, R. (2022): *Bioethics, healthcare and the soul*. London and New York: Routledge.
 24. Dewey, J. (1922): *Human nature and conduct. An introduction to social psychology*. New York: Henry Holt & Company, 190.
 25. Ten Have, H. (2016): *Global bioethics. An introduction*. London and New York: Routledge.
 26. Pope Francis. (2015): *Encyclical letter Laudato Si'*, § 215 and § 210.
 27. Lear, J. (2022): *Imagining the end. Mourning and ethical life*. Cambridge (Mass.) and London (England): The Belknap Press of Harvard University Press.
 28. Smerecki, B. (2003): *Jacques-Désiré Laval, 1803-1864*. Paris: Publibook.
 29. Weigel, J. (2013): *To repair the world: Paul Farmer speaks to the next generation*. Oakland: University of California Press, 57-66.
 30. Block, J.W., Lysaught, M. T., and Martins, A.A. eds. (2023): *A prophet to the peoples: Paul Farmer's witness and theological ethics*. Eugene (Oregon): Pickwick Publications, 2.
 31. Montaigne, M. de (1877): *Essays*. Translated by C. Cotton; edited by W. C. Hazlitt; <https://gutenberg.org/files/3600/3600-h/3600-h.htm#link2HCH0025/> (original 1580), Book I, chapter 25.

32. "Who is it that, seeing the havoc of these civil wars of ours, does not cry out, that the machine of the world is near dissolution, and that the day of judgment is at hand; without considering, that many worse things have been seen, and that in the meantime, people are very merry in a thousand other parts of the earth for all this?" Montaigne, *Essays*, Book I, Chapter 25.
33. Burke, P. (1981): *Montaigne*. Oxford: Oxford University Press.

Workshop internazionale: La fine del mondo? Crisi,
responsabilità, speranze

“Speranze e responsabilità per il mondo di domani, la prospettiva sanitaria”

Discorso programmatico del dottor Hans Henri P. Kluge, direttore regionale dell'OMS per l'Europa

Città del Vaticano, 3 marzo 2025

Diapositiva 1: Diapositiva di titolo

Eccellenze, illustri ospiti,

È un grande onore essere qui oggi. In un momento di grande incertezza nel nostro mondo, sono onorato di condividere una prospettiva sanitaria, radicata sia nella scienza che nell'umanità.

Vorrei iniziare dicendo che continuo a pregare per la salute e la pronta guarigione di Sua Santità Papa Francesco.

Voglio anche esprimere la mia profonda ammirazione per la sua leadership e la sua compassione. Il suo impegno incrollabile a stare dalla parte dei più vulnerabili, assicurandosi che nessuno venga lasciato indietro, è sempre stato una fonte di ispirazione per me, come per tutti noi.

A livello personale, i valori della compassione e del servizio hanno plasmato il mio percorso. Io e mia sorella siamo stati cresciuti da genitori cattolici con una solida base di valori cristiani. Alcuni dei miei ricordi più cari sono quelli di quando li accompagnavo in pellegrinaggio a Lourdes, per un totale di 40 volte, dove mio padre, medico, e mia madre, infermiera, dedicavano le loro vacanze alla cura degli anziani e dei bisognosi. Io e mia sorella ci unimmo a loro come giovani volontari, assistendo persone con disabilità. Quelle esperienze hanno instillato in me un impegno permanente al servizio degli altri, in particolare dei più vulnerabili.

Questo stesso principio, quello di non lasciare nessuno indietro, è alla base della mia visione della salute. Mi ha guidato per tutta la mia carriera, dalla Somalia alla Liberia, dal

Myanmar all'Europa, sempre concentrandomi su coloro che sono più a rischio di essere dimenticati.

Diapositiva 2: Le sfide di domani per la salute pubblica sono gravi, costose e urgenti

Eccellenze, cari amici, lo stato della sicurezza sanitaria nel nostro mondo è sotto attacco.

Cinque anni fa, la pandemia di COVID-19 stava iniziando a prendere piede, proprio mentre assumevo il ruolo di Direttore Regionale dell'OMS/Europa.

Oggi posso affermare con certezza che nessun sistema sanitario nella nostra regione si è completamente ripreso e nessuno è completamente preparato alle immense sfide sanitarie che ci attendono.

E proprio mentre quest'anno iniziavo il mio secondo mandato come direttore regionale, rinominato all'unanimità dai nostri 53 Stati membri, si è verificata un'altra crisi: la decisione degli Stati Uniti d'America di ritirarsi dall'OMS.

Le ripercussioni di questa decisione sono immense, non solo per l'OMS, ma per la salute globale nel suo complesso.

Questa crepa nelle nostre fondamenta multilaterali arriva in un momento in cui siamo più vulnerabili che mai.

Potenti megatendenze stanno plasmando le traiettorie della salute e del benessere con crescenti minacce alla sicurezza sanitaria, al cambiamento climatico, all'invecchiamento, al crescente peso delle malattie croniche e al rapido cambiamento tecnologico. Sfide che offrono comunque grandi opportunità se le indirizziamo nella giusta direzione.

Diapositiva 3: Unirsi per una salute migliore: il potere dell'azione collettiva

La storia ci ha dimostrato che quando ci uniamo, possiamo superare anche le crisi più complesse.

Ecco perché il multilateralismo non è un'opzione, ma una necessità. Nessun paese, nessuna istituzione, nessun leader può risolvere questi problemi da solo.

Ed è proprio questa la visione che guida lo sviluppo del secondo Programma di lavoro europeo dell'OMS/Europa (EPW2).

Subito dopo la mia rielezione, ho avviato un processo di consultazione senza precedenti, riunendo governi, società civile e partner per forgiare una visione condivisa per la salute in Europa. Al centro ci sono cinque audizioni aperte, che coinvolgono migliaia delle menti più brillanti della comunità europea della sanità pubblica per definire un programma d'azione collettivo.

Diapositiva 4. Un programma comune per la speranza e la responsabilità

E in effetti, dalle nostre audizioni sta emergendo un ricco programma d'azione che richiede passi coraggiosi. Sono lieto di vedere che la Santa Sede è già attivamente impegnata ad affrontare questi megatrend e queste sfide. Per molti versi, la Santa Sede e l'OMS condividono una prospettiva comune sulle potenziali soluzioni.

Vorrei ora evidenziare 5 aree chiave di azione ed esplorare le opportunità per un programma comune.

Come dico spesso, la medicina più urgente di cui abbiamo bisogno oggi è la pace.

Ma la pace da sola non è sufficiente a garantire la sicurezza sanitaria. Dalla resistenza antimicrobica (AMR) alla recrudescenza di malattie prevenibili con il vaccino come il morbillo, ci troviamo di fronte a un panorama della sicurezza sanitaria in rapida evoluzione.

Continuiamo a chiedere un intervento su tre fronti:

- Proteggere l'assistenza sanitaria nelle zone di conflitto: nessun operatore sanitario dovrebbe mai essere attaccato. Nessun ospedale dovrebbe mai essere un obiettivo. Esortiamo tutte le nazioni e gli attori a sostenere il diritto internazionale umanitario e garantire la protezione delle strutture e degli operatori sanitari.

- Rafforzare la preparazione alle minacce emergenti attraverso la diagnosi precoce, i sistemi di risposta e la cooperazione globale

Riaffermare la solidarietà internazionale: il Vaticano ha svolto un ruolo fondamentale nella risposta al COVID-19, con l'approvazione da parte del Santo Padre della vaccinazione come "atto d'amore" e dovere morale che ha avuto un profondo impatto. Abbiamo bisogno oggi dello stesso spirito di solidarietà: garantire un accesso equo ai vaccini e a tutti i servizi sanitari essenziali, dare priorità ai più vulnerabili e rimanere fermi nella convinzione che nessuno è al sicuro finché tutti non lo sono.

Diapositiva 6: Affrontare le sfide dell'invecchiamento: invecchiare è vivere

Per la prima volta nella storia, la popolazione anziana europea supera quella giovane. Questo è un testamento al successo della sanità pubblica, ma è anche un invito all'azione.

Entro il 2050, il numero di persone con più di 65 anni dovrebbe raddoppiare, mentre quello degli ultraottantenni triplicare.

Esiste una silenziosa epidemia di discriminazione e isolamento, entrambi fattori di mortalità. Una persona su tre è vittima di discriminazione. Un anziano su quattro si sente isolato. E l'isolamento sociale aumenta il rischio di morte prematura del 25%.

L'anno scorso, l'incontro con l'arcivescovo monsignor Vincenzo Paglia, presidente della Pontificia Accademia per la Vita, e la partecipazione alla messa nella Basilica di Santa Maria in Trastevere mi hanno profondamente ispirato.

Stiamo lavorando a stretto contatto con l'arcivescovo Paglia e il professor Walter Ricciardi dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Roma alla Carta dei Diritti degli Anziani e dei Doveri della Comunità. Questa iniziativa sottolinea la necessità che le società trattino le popolazioni anziane con dignità e rispetto.

Il nostro programma d'azione deve concentrarsi su quattro priorità chiave:

- Garantire un invecchiamento sano fin da subito, integrando approcci preventivi dall'infanzia alla vecchiaia.
- Costruire sistemi sanitari e di assistenza sociale a misura di anziano che integrino l'assistenza sanitaria di base, la salute mentale e i servizi comunitari per sostenere una vita indipendente.
- Affrontare l'ageismo e promuovere la partecipazione sociale favorendo i legami intergenerazionali e politiche inclusive che valorizzino gli anziani come contributori attivi della società.
- Sostenere gli operatori sanitari e rafforzare l'assistenza a lungo termine attraverso investimenti sostenibili nella formazione della forza lavoro, nei servizi domiciliari e in modelli di assistenza innovativi.

Diapositiva 7: Affrontare la violenza

A livello globale, una donna su tre subisce violenza fisica e/o sessuale nel corso della propria vita.

Come padre di due figlie, non posso accettare che questa sia ancora una realtà.

La violenza contro le donne e le ragazze è un problema sanitario globale diffuso e una violazione dei diritti umani. Ha conseguenze devastanti e a lungo termine sulla salute, sia fisica che sessuale, riproduttiva e mentale. Le donne con disabilità, le donne indigene e le donne trans sono ancora più a rischio. E nonostante gli impegni globali, sono stati fatti pochi progressi dalla Dichiarazione di Pechino di 30 anni fa.

Le comunità LGBTQ+ subiscono stigma, discriminazione e violenza che incidono gravemente sul loro benessere. Apprezzo profondamente i messaggi di accettazione della Santa Sede nei confronti delle persone LGBTQ+. Lo stigma e la discriminazione portano a sfide significative per la salute mentale e fisica dei nostri simili. La leadership del Vaticano è vitale per creare un futuro più inclusivo e dignitoso per tutti.

I sistemi sanitari devono essere sicuri, inclusivi e reattivi: spesso sono il primo o l'unico punto di contatto per i sopravvissuti. Questo è il nostro obiettivo d'azione.

- Rafforzare i sistemi sanitari per fornire cure incentrate sui sopravvissuti, compresi meccanismi di segnalazione sicuri, personale qualificato e servizi di supporto integrati.
- Incorporare la prevenzione nelle politiche sanitarie, affrontando le cause profonde come la disuguaglianza di genere, le norme dannose e i determinanti sociali della violenza.
- Promuovere l'inclusione e la non discriminazione, garantendo che le persone LGBTQ+ ricevano lo stesso standard di assistenza, senza pregiudizi e stigma.

Diapositiva 8: Azione per il clima: un imperativo morale e di salute pubblica condiviso

Molto semplicemente, la crisi climatica è una crisi sanitaria. Si stima che il cambiamento climatico sia responsabile di 250.000 decessi aggiuntivi ogni anno, che colpisce in modo sproporzionato i più vulnerabili. Inoltre, sta amplificando gli sfollamenti e rendendo più difficile la vita di coloro che sono già costretti a fuggire: i milioni di rifugiati climatici nel nostro mondo.

Il nostro programma d'azione si concentra su tre priorità chiave:

- Adattare i servizi sanitari per affrontare meglio una nuova realtà climatica
- Investire in sistemi sanitari intelligenti dal punto di vista climatico, comprese infrastrutture sostenibili, efficienza energetica e assistenza sanitaria a basse emissioni di carbonio.
- Ampliare i sistemi di sorveglianza e di allerta precoce per monitorare e rispondere in tempo reale alle minacce per la salute legate al clima.

Diapositiva 9: Costruire la fiducia: il fondamento della salute pubblica

Stiamo vivendo uno dei momenti di minore fiducia nella scienza, nella salute pubblica e nelle istituzioni della storia moderna, dai vaccini ai cambiamenti climatici, dalle misure di salute pubblica all'etica medica. Il Vaticano ha svolto a lungo un ruolo cruciale nel collegare scienza ed etica, garantendo che le politiche di salute pubblica siano in linea con la dignità umana e la responsabilità morale. Eppure sanità pubblica e istituzioni nella storia moderna, dai vaccini ai cambiamenti climatici, dalle misure di sanità pubblica all'etica medica.

Il Vaticano ha svolto a lungo un ruolo cruciale nel collegare scienza ed etica, garantendo che le politiche di sanità pubblica siano in linea con la dignità umana e la responsabilità morale.

Eppure oggi la cattiva informazione e la disinformazione minacciano non solo i sistemi sanitari, ma anche la capacità della leadership religiosa di guidare le comunità verso la verità e la solidarietà.

Ricostruire la fiducia richiede un rinnovato impegno verso la trasparenza, l'inclusione e la leadership etica.

L'OMS e il Vaticano hanno un'opportunità unica di stare insieme in questa lotta, non solo per combattere la disinformazione e le falsità, ma per ripristinare la fiducia nella salute come pilastro fondamentale della dignità umana e della solidarietà.

Il nostro programma d'azione deve concentrarsi su tre priorità chiave:

- Rafforzare la comunicazione sulla salute pubblica assicurando che messaggi chiari e scientifici raggiungano le comunità prima che la disinformazione prenda piede.
- Costruire la fiducia attraverso il coinvolgimento della comunità, lavorando con i leader religiosi, la società civile e le reti locali per rendere le informazioni sanitarie più accessibili e culturalmente rilevanti.
- Rendere responsabili le piattaforme, sostenendo politiche più forti contro la disinformazione sanitaria e assicurando che gli spazi digitali non diventino terreno fertile per il male.

Diapositiva 10: Allineare i nostri programmi per un futuro più sano

Le sfide che dobbiamo affrontare oggi sono troppo grandi perché possano essere risolte da un'unica istituzione, governo o settore.

Per questo motivo sono onorato di proporre un piano d'azione congiunto con la Pontificia Accademia per la Vita per affrontare queste sfide sanitarie contemporanee.

Combinando le competenze scientifiche dell'OMS con la leadership morale e la portata globale della Santa Sede, possiamo creare soluzioni basate su dati concreti, fondate sull'etica e profondamente radicate nella dignità umana.

Diapositiva 11: Conclusione

Come ci ricorda Ecclesiaste 4:9-10: *“Due sono meglio di uno, perché hanno un buon ritorno per il loro lavoro: se uno dei due cade, l'altro può aiutarlo ad alzarsi. Ma guai a chi cade e non ha nessuno che lo aiuti ad alzarsi.”*

La salute è un diritto, non un privilegio. Facciamo in modo che la nostra generazione non si limiti a sperare in un mondo più sano, ma lavori instancabilmente per costruirlo e non lasciare indietro nessuno.

Grazie.

International Work

shop: The end of the world? Crises,

Responsibilities, Hopes

‘Hopes and responsibilities for tomorrow’s world, the health perspective’

Keynote speech by Dr. Hans Henri P. Kluge, WHO Regional Director for Europe

Vatican City 3 March

2025

Slide 1: Title slide

Excellencies, Distinguished guests,

It is a profound honor to be here today. At a time of great uncertainty in our world, I am humbled to share a health perspective—one rooted in both science and humanity.

Let me begin by saying that I continue to pray for the health and swift recovery of His Holiness Pope Francis.

I also want to express my deep admiration for his leadership and compassion. His unwavering commitment to standing with the most vulnerable, ensuring that no one is left behind, has always been a source of inspiration for me, as for all of us.

On a personal note, the values of compassion and service have shaped my own journey. My sister and I were raised by our Catholic parents with a strong foundation in Christian values. Some of my most cherished memories are of accompanying them on pilgrimages to Lourdes—40 times in total—where my father, a doctor, and my mother, a nurse, dedicated their holidays to caring for older people and those in need. My sister and I joined them as young volunteers, assisting people with disabilities. Those experiences instilled in me a lifelong commitment to serving others, particularly the most vulnerable.

This same principle—**leaving no one behind**—is the foundation of my vision for health. It has guided me throughout my

career—from Somalia to Liberia,

Myanmar to Europe—always with a focus on those who are most at risk of being forgotten.

Slide 2: The public health challenges of tomorrow are severe, costly and urgent

Excellencies, dear friends,

The state of health security in our world is under attack.

Five years ago, the COVID-19 pandemic was beginning to take hold, just as I assumed my role as Regional Director of WHO/Europe.

Today, I can say with certainty: no health system in our Region has fully recovered, and none are fully prepared for the immense health challenges that lie ahead.

And just as I began my second term as Regional Director this year— unanimously reappointed by our 53 Member States—another crisis unfolded: the decision of the United States of America to withdraw from WHO.

The repercussions of this decision are immense, not just for WHO, but for global health as a whole.

This crack in our multilateral foundation comes at a time when we are more vulnerable than ever.

Powerful megatrends are shaping the trajectories of health and well-being with increasing threats to health security, climate change, aging, growing burden of chronic diseases and rapid technological change. Challenges that nonetheless offer great opportunities if we steer them to the right direction.

Slide 3: Uniting for better health: the power of collective action

History has shown us that when we come together, we can overcome even the most complex crises.

This is why **multilateralism is not an option; it is a necessity**. No country, no institution, no leader can solve these problems alone.

And this is precisely the vision that guides the development of WHO/Europe's second European Programme of Work (EPW2).

Immediately after my re-election, I launched an unprecedented consultation process, bringing together governments, civil society, and partners to forge a shared vision for health in Europe. At its core are five open hearings, engaging thousands of the brightest minds in Europe's public health community to shape a collective agenda for action.

Slide 4. A common agenda for hope and responsibility

And indeed, a rich agenda for action is emerging from our hearings, calling for bold steps. I am pleased to see that the Holy See is already actively engaged in addressing these megatrends and challenges. In many ways, the Holy See and WHO share a common perspective on potential solutions.

Let me now highlight 5 key areas for action and explore the opportunities for a common agenda.

Slide 5: Health emergencies

Health and peace are inseparable. Armed conflicts in Ukraine, Gaza, Lebanon, Sudan, and Myanmar and elsewhere continue to inflict immense suffering.

As I often say, the most urgent medicine we need today is peace.

But peace alone is not enough to guarantee health security. From antimicrobial resistance (AMR) to the resurgence of vaccine-preventable diseases like measles, we face a rapidly evolving health security landscape.

We continue to call for action on three fronts:

- **Protecting healthcare in conflict zones:** No health worker should ever be attacked. No hospital should ever be a target. We urge all nations and actors to uphold international humanitarian law and ensure the protection of health facilities and workers.
- **Strengthening preparedness for emerging threats through** early detection, response systems, and global cooperation
- **Reaffirming international solidarity:** The Vatican played a vital role in the COVID-19 response, with the Holy Father's endorsement of vaccination as an "act of love" and a moral duty making a profound impact. We need the same spirit of solidarity today—ensuring equitable access to vaccines and all essential health services, prioritizing the most vulnerable, and standing firm in the belief that no one is safe until everyone is safe.

Slide 6: Addressing the challenges by ageing: Ageing is living

For the first time in history, Europe's older population outnumbers its youth. This is a testament to public health success, yet it is also a call to action.

By 2050, the number of people over 65 is expected to double, while those over 80 will triple.

There is a silent epidemic of ageism and isolation—both major killers. One in three people experiences ageism. One in four older adults feels isolated. And social isolation increases the risk of early death by 25%.

Last year, I was deeply inspired by my meeting with Archbishop Monsignor Vincenzo Paglia, President of the Pontifical Academy for Life, and by attending Mass at the Basilica di Santa Maria in Trastevere.

We are working closely with Archbishop Paglia and Professor Walter Ricciardi from the Catholic University of the Sacred Heart in Rome on the Charter for the Rights of Elderly People and the Duties of the Community— the Carta dei Diritti degli Anziani e dei Doveri della Comunità. This initiative underscores the need for societies to treat ageing populations with dignity and respect.

Our agenda for action must focus on four key priorities:

- Ensuring healthy aging begins early by embedding prevention approaches from childhood to old age.
- Building age-friendly health and social care systems that integrate primary health care, mental health, and community services to support independent living.
- Tackling ageism and promoting social participation by fostering intergenerational connections and inclusive policies that value older people as active contributors to society.
- Supporting caregivers and strengthening long-term care through sustainable investments in workforce training, home-based services, and innovative care models.

Slide 7: Addressing violence

Globally, one in three women experiences physical and/or sexual violence in their lifetime.

As a father of two daughters, I cannot accept that this remains a reality.

Violence against women and girls is a pervasive global health problem and a violation of human rights. It has devastating, long-term health consequences—physical, sexual, reproductive, and mental. Women with disabilities, indigenous women, and trans women face an even higher risk. And despite global commitments, little progress has been made since the Beijing Declaration 30 years ago.

LGBTIQ+ communities endure stigma, discrimination, and violence that severely impact their well-being. I deeply appreciate the Holy See's messages of acceptance toward LGBTIQ+ individuals. Stigma and discrimination lead to significant mental and physical health challenges for our fellow human beings. The Vatican's leadership is vital in creating a more inclusive and dignified future for all.

Health systems must be safe, inclusive, and responsive—often, they are the first or only point of contact for survivors. This is our target for action.

- **Strengthening health systems** to provide survivor-centered care, including safe reporting mechanisms, trained personnel, and integrated support services.
- **Embedding prevention into health policies**, addressing root causes such as gender inequality, harmful norms, and social determinants of violence.
- **Fostering inclusion and non-discrimination**, ensuring that LGBTIQ+ individuals receive the same standard of care, free from bias and stigma.

Slide 8: Climate Action: A Shared Moral and Public Health Imperative

Quite simply, the climate crisis is a health crisis. Climate change is responsible for an estimated 250,000 additional deaths each year,

disproportionately affecting the most vulnerable. It is also amplifying displacement and making life harder for those already forced to flee – the millions of climate refugees in our world.

Our agenda for action focuses on three key priorities:

- Adapting health services to better cope with a new climate reality
- Investing in climate-smart health systems, including sustainable infrastructure, energy efficiency, and low-carbon health care.
- Expanding surveillance and early warning systems to track and respond to climate-related health threats in real time.

Slide 9: Building Trust: The Foundation of Public Health

We are experiencing one of the lowest points of trust in science, public

health, and institutions in modern history - from vaccines to climate change, public health measures or medical ethics.

The Vatican has long played a crucial role in bridging science and ethics, ensuring that public health policies align with human dignity and moral responsibility.

Yet today, misinformation and disinformation threaten not only health systems but also the ability of faith-based leadership to guide communities toward truth and solidarity.

Rebuilding trust demands a renewed commitment to transparency, inclusion, and ethical leadership.

WHO and the Vatican have a unique opportunity to stand together in this fight—not only to combat misinformation and falsehoods, but to restore faith in health as a fundamental pillar of human dignity and solidarity.

Our agenda for action must focus on three key priorities:

- Strengthening public health communication by ensuring clear, science-based messaging reaches communities before misinformation takes hold.
- Building trust through community engagement by working with faith leaders, civil society, and local networks to make health information more accessible and culturally relevant.
- Holding platforms accountable by advocating for stronger policies against health misinformation and ensuring that digital spaces do not become breeding grounds for harm.

Slide 10: Aligning Our Agendas for a Healthier Future

The challenges we face today are too great for any one institution, government, or sector to solve alone.

This is why I am honoured to propose **a joint action plan with the Pontifical Academy for Life** to address these contemporary health challenges.

By combining WHO's scientific expertise with the Holy See's moral leadership and global reach, we can create solutions that are evidence- based, ethically grounded, and deeply rooted in human dignity.

Slide 11: Closing

As **Ecclesiastes 4:9-10** reminds us:

"Two are better than one, because they have a good return for their labor: If either of them falls down, one can help the other up. But pity anyone who falls and has no one to help them up."

Health is a right, not a privilege.

Let us be the generation that does more than hope for a healthier world—let us work tirelessly to build it, and to leave no one behind.

Thank you.