UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

DIPARTIMENTO SCIENZE DELLA VITA E DELL'AMBIENTE

Corso di Laurea Magistrale
Sostenibilità Ambientale e Protezione Civile

L'Antropocene, un'epoca cronostratigrafica o un livello chiave nella storia della terra

The Anthropocene, a chronostratigraphic Epoch or a key level in earth history?

Tesi di Laurea Magistrale
di: Rosalinda Menga

Relatore
Chiar.ma Prof. Alessandra Negri

Sessione estiva (Luglio)

Anno Accademico 2019/2020

Antropocene, definizioni e usi

Dyer, nel 2016 scrive "La geologia si muove molto lentamente, e anche i geologi". Il gruppo di lavoro sull'Antropocene è stato istituito nel 2009, ma ha presentato le sue valutazioni al congresso geologico internazionale di Città del Capo solo il 29 agosto 2016. Gli esperti del gruppo di lavoro hanno concluso che stiamo davvero vivendo in una nuova era geologica: l'Antropocene. Vale a dire, un'epoca nella quale gli esseri umani stanno rimodellando la Terra.

Di solito le ere geologiche (come il triassico, il giurassico e il cretaceo) sono periodi di tempo molto lunghi: decine di milioni di anni. L'Antropocene, invece, è cominciato da appena 65 anni. È per questo che molti geologi sono riluttanti all'idea di accettarlo come una vera e propria era della storia terrestre. Ma probabilmente finiranno per accettarlo, perché le prove sono già presenti nelle rocce.

L'idea radicale di definire un'intera era in base all'impatto della civiltà umana sul pianeta è stata proposta per la prima volta nel 2000 dal premio Nobel Paul Crutzen. Secondo lui "gli esseri umani moderni esistono da duecentomila anni, ma è solo nel 1950 che il nostro numero e gli effetti della scienza e dell'industria sono cresciuti a tal punto da farci diventare un fattore dominante nell'evoluzione planetaria."

L'esistenza umana depositata nelle rocce

Adesso siamo noi a determinare il clima (attraverso il riscaldamento globale con l'emissione di gas serra). Stiamo perfino sciogliendo i ghiacci e innalzando il livello del mare. Noi e i nostri animali addomesticati rappresentiamo oltre il 90 per cento di tutti gli animali terrestri di grossa taglia (cioè più grandi di un pollo) presenti sul pianeta. Le nostre coltivazioni hanno sostituito le piante selvatiche su gran parte delle terre fertili del pianeta. E se esisteranno dei geologi tra cento milioni di anni, saranno in grado di rilevare la nostra esistenza semplicemente osservando le rocce.

La prova del nove per definire un'era geologica è chiedersi se esistano chiare differenze nel modo in cui si formano le rocce. Nel nostro caso è facile. Negli anni Cinquanta del secolo scorso, gli elementi radioattivi (radionuclidi) provenienti dalle centinaia di test atomici svolti nell'atmosfera hanno cominciato ad apparire nei sedimenti in tutto il mondo.

Ancor più onnipresenti sono i piccoli frammenti di plastica, le particelle di alluminio e di cemento e le minuscole palline di carbone non bruciato che escono dalle nostre centrali elettriche, che vanno a finire nei fanghi che un giorno diventeranno rocce. La razza umana potrebbe anche estinguersi, ma abbiamo già lasciato una traccia indelebile della nostra esistenza nelle rocce.

Potremmo essere costretti ad assumerci la responsabilità di mantenere in funzione i cicli e gli equilibri planetari

Il vero obiettivo di quelli che chiedono il riconoscimento dell'Antropocene non è solo mettere ordine nei registri geologici. Vogliono sottolineare il fatto che, nel bene e nel male, siamo responsabili dell'intero pianeta. Nel 2006 Crutzen è stato il primo scienziato a dichiarare pubblicamente la necessità di ricorrere alla "geoingegneria". Secondo lui stiamo rendendo inefficaci i meccanismi naturali che mantengono l'ambiente stabile e per sopravvivere potremmo essere costretti ad assumerci la responsabilità di mantenere in funzione i cicli e gli equilibri planetari.

Non è una cosa positiva. In realtà è una prospettiva inquietante, perché il sistema terrestre è incredibilmente complesso e in gran parte ci è ancora incomprensibile. È stato un altro scienziato, James Lovelock, il primo a parlare dell'immenso compito che ci attende.

La grande intuizione di Lovelock, la cui portata è pari alla teoria dell'evoluzione formulata da Charles Darwin nell'Ottocento, è che le creature viventi della Terra, la sua atmosfera, i suoi mari e le sue rocce fanno tutte parte di un unico sistema. Lovelock lo ha audacemente chiamato Gaia, mentre altri parlano di scienza del sistema Terra. Proprio nel momento in cui ne riconosceva l'esistenza, si è anche accorto che stava smettendo di funzionare. Nel 1979

Lovelock ha scritto che se avessimo disabilitato le funzioni naturali di Gaia un giorno avremmo ereditato "l'eterna mansione di ingegneri addetti alla manutenzione planetaria. Gaia si ritirerebbe e l'incessante e complesso compito di mantenere in equilibrio i cicli globali sarebbe tutto nostro. A quel punto ci troveremmo a guidare uno strano marchingegno, "l'astronave Terra", e quel poco di biosfera addomesticata rimasta sarebbe il nostro sostegno vitale. Se la popolazione rimanesse al di sotto dei dieci miliardi di persone possiamo immaginare che saremmo ancora in un mondo retto da Gaia. Ma oltre quella cifra ci troveremmo a un bivio: restare per sempre prigionieri nella carcassa dell'astronave Terra o affrontare una morte di massa del genere umano che permetterebbe ai sopravvissuti di ristabilire l'ordine di Gaia".

Attualmente siamo solo sette miliardi e mezzo, ma non è una consolazione. Il consumo d'energia pro-capite è molto più alto di quanto Lovelock aveva previsto nel 1979, e potremmo già essere vicini a quel terribile bivio. E le statistiche dell'Onu prevedono che, in ogni caso, nel 2050 saremo dieci miliardi.

La storia dell'uomo

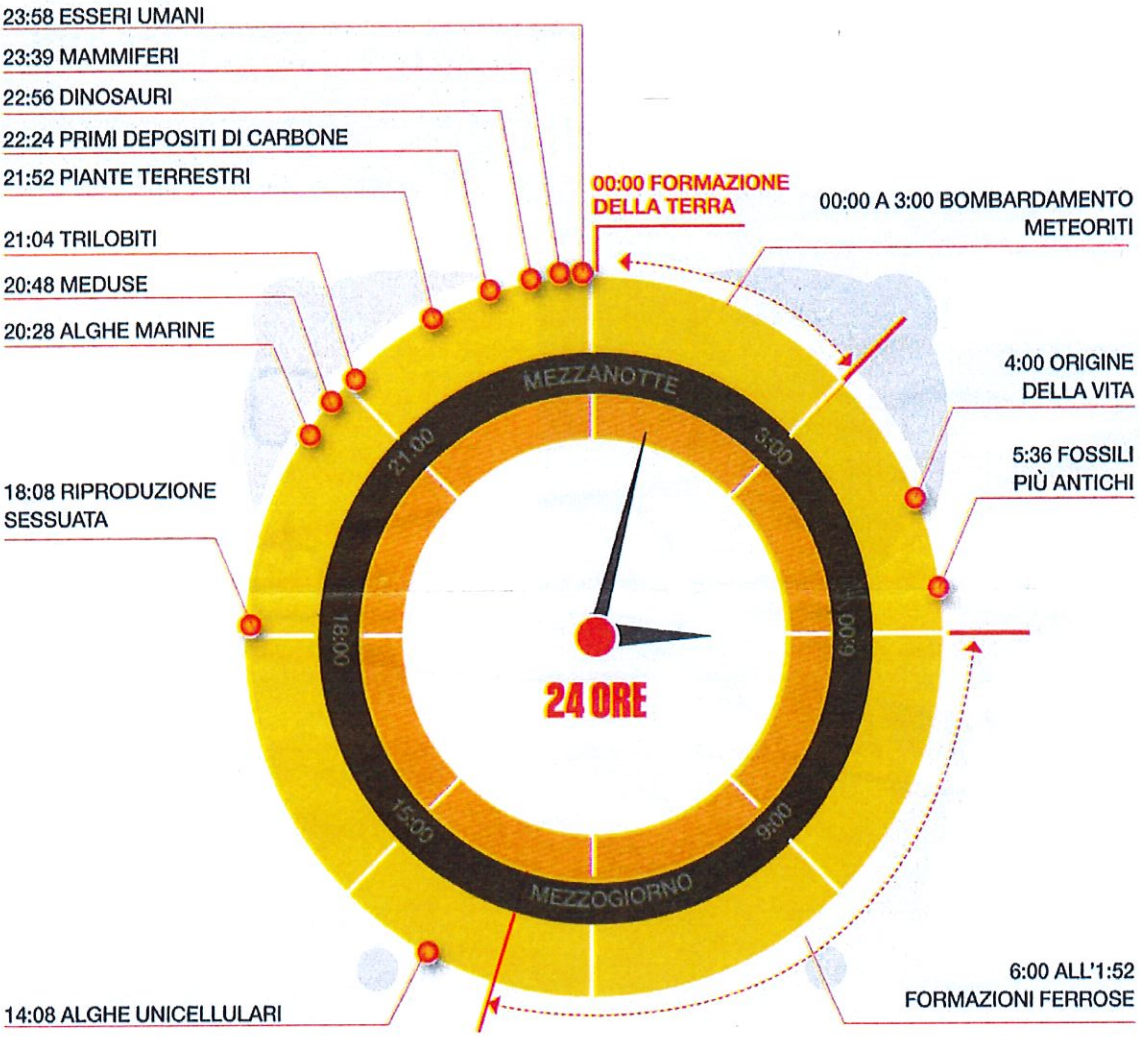

Figura 1: immagine che raffigura la Storia della Terra come se fosse un giorno. In questa relazione l'uomo compare due minuti fa ("Panorama")

La comparsa dell'uomo, inteso come "*Homo Sapiens*" viene fissata dalla maggior parte degli studiosi a circa 250.000 anni fa. Questa è la datazione fatta sui più antichi resti di questo ominide, ritrovati in Marocco (*Hublin et al, 2017*).

Ma la storia dell'evoluzione umana comincia molto tempo prima. Probabilmente, in seguito alla famosa estinzione dei dinosauri (circa 65 milioni di anni fa), altri esseri viventi iniziarono a popolare il pianeta Terra. Tra essi troviamo i primati. Sulle teorie dell'evoluzione esposte da Charles Darwin nel suo "*On The Origin of Species*" nel 1859 di ritorno da un viaggio intorno al mondo, è stata elaborata una teoria secondo la quale l'attuale essere umano proviene da un'evoluzione dei primati.

Essi si sono dunque evoluti nel corso degli anni. Il primo passo davvero importante che ha li ha avvicinati all'attuale stato fu la facoltà della costruzione di utensili finalizzati alla caccia. In questa fase essi sono stati chiamati, per questa loro caratteristica, "*Homo habilis*". Le prove più antiche della comparsa dell'*Homo habilis* sulla Terra sono state rinvenute in Africa e sono state datate circa 2,5 milioni di anni fa.

Questa specie ominide evolvendosi ha acquisito altre facoltà e, inoltre, la sua conformazione è cambiata nel tempo. Infatti, la sua capacità cranica si fa sempre più grande e riesce a realizzare armi sempre più efficaci per la caccia e strumenti per il taglio delle pelli.

A fronte di queste evoluzioni, circa 1,5 milioni di anni fa compare l'*Homo erectus*; esso, secondo gli studiosi, aveva una struttura complessiva più grande

del predecessore ed era in posizione eretta (Marie Eugène François Thomas Dubois, 1894).

Infine, circa 200.000 anni fa una specie ancor più evoluta fa la sua comparsa sulla Terra. È l'*Homo neanderthalensis*, probabilmente l'ultimo ominide prima dell'*Homo sapiens*. Si ipotizza che esso avesse una struttura cranica ancor più grande e che la sua altezza fosse molto più vicina a quella dell'uomo attuale. Inoltre, ci sono molte prove della sua capacità di creare utensili avanzati e di controllare il fuoco.

L'uomo e l'ambiente

Come tutte le specie, anche l'uomo ha dovuto adattarsi all'ambiente che lo ha circondato fin dalla sua comparsa sulla Terra. Ad esempio, pensiamo al procacciamento del cibo, ai luoghi in cui esso doveva rifugiarsi e ai pericoli che, per via di altri animali, erano la quotidianità.

È chiaro però che l'uomo è stato anche in grado di modificare l'ambiente in cui viveva. È possibile riconoscere alcune tappe fondamentali nella storia dell'uomo.

Inizialmente, come tutti gli animali, l'uomo non modificava il suo habitat ma si limitava a raccogliere le risorse che la natura gli offriva in modo spontaneo. In questa categoria ricadono bacche, legumi, semi di cui l'uomo si nutriva. Per la carne invece era dedito alla caccia. Tutto ciò cominciò cambiare nel Neolitico, circa 8000 a.C. (*figura2*) durante il quale le abitudini umane ebbero un radicale cambiamento (*Lubbock, 1869).*

Infatti, la "rivoluzione neolitica" iniziò quando l'uomo si accorse che i semi una volta caduti nel terreno davano vita a nuove piante. Cominciò a coltivare piante in numeri sempre più grandi.

Quasi contemporaneamente nacque anche l'allevamento di animali facili da addomesticare e dai quali poteva essere ricavato del cibo senza aver bisogno di cacciare.

Sembrerebbe che questa rivoluzione iniziò da aree diverse del mondo, prima fra tutte la Mezzaluna Fertile, una regione del medio-oriente in cui rapidamente si espanse la coltivazione del grano. Quasi simultaneamente in Cina crebbero le colture di riso e in America quelle di mais.

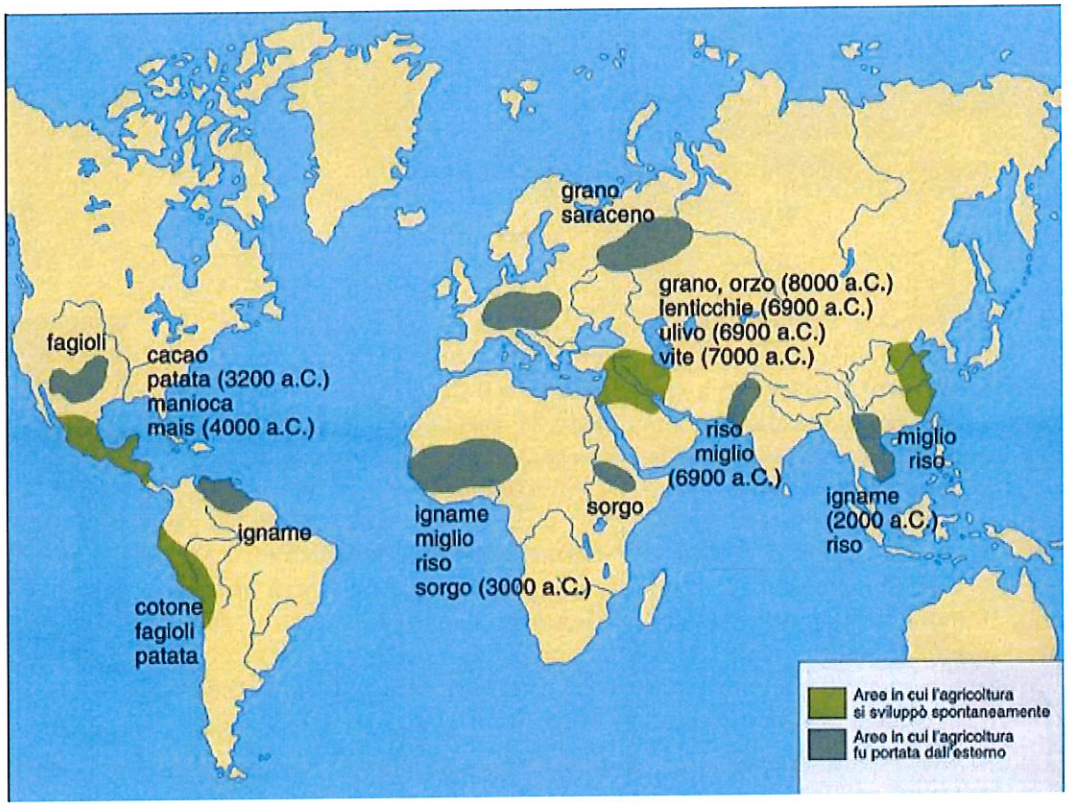

Figura 2: mappa delle aree interessate dalla coltivazione nel Neolitico

Ma dal punto vista agricolo fu importante un'altra rivoluzione risalente al 1700 e che nacque in Inghilterra: si trattava di una rotazione continua dei cereali, legumi ed erba. Ricordata come rotazione triennale (e ancor prima biennale perché riguardava solo due prodotti) fu ideata per la domanda di cibo in continuo aumento. La rotazione permetteva una produzione più veloce poiché

questi prodotti potevano diventare terreno fertile per le colture seguenti. Un'area veniva utilizzata per un anno per una singola cultura per poi essere sostituita da un'altra (*figura 3*).

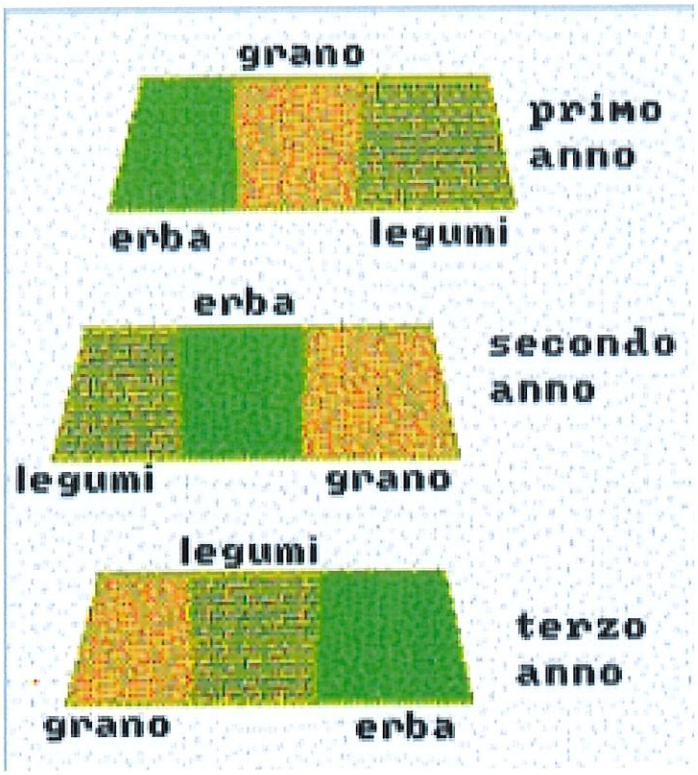

Figura 3: rotazione triennale

Ma l'impatto più grande dell'uomo sull'ambiente è dovuto alle città. Le prime città furono create nel Neolitico in Mesopotamia ed Egitto prima ancora delle grandi civiltà. Le civiltà coltivavano ed allevavano nel territorio circostante e successivamente commerciavano con altre civiltà che nel frattempo si era formate.

Il benessere che si è venuto a formare grazie alle civiltà portò ad un aumento delle popolazioni. Aumento che si tramutò in un bisogno sempre più grande di cibo e di spazio.

Oltre alle due rivoluzioni già spiegate, nel 1700 si ebbe un'altra rivoluzione, quella industriale. Fu particolarmente importante in quanto furono realizzate numerose macchine da sfruttare e scoperte nuove risorse. Esempi lampanti sono la macchina a vapore, realizzata nella seconda metà del 1700, e l'elettricità, introdotta nel 1870.

Viene tuttavia ipotizzata una terza fase della rivoluzione industriale che inizia nel 1970 e che ha per oggetto le telecomunicazioni.

La rivoluzione industriale ha portato da una parte ad un benessere sempre maggiore e dall'altra ad una costruzione massiccia di fabbriche afferenti al settore tessile e siderurgico. Nella seconda metà dell'Ottocento, con la scoperta di fonti di energia tra cui petrolio e carbone si svilupparono fabbriche che potessero utilizzarli. Esse però diedero inizio ad un periodo in cui aumentarono le emissioni di anidride carbonica ed altri gas serra che inevitabilmente modificarono sia l'aria nelle città che la composizione dell'atmosfera.

Infine, il XX secolo fu il periodo delle grandi conquiste scientifiche in ambito medico. Ciò portò ad un allungamento della vita per gran parte della popolazione mondiale e ad un incremento demografico continuo.

La conseguenza diretta fu l'allargamento delle città e l'occupazione di aree sempre più grandi per la produzione di cibo e beni di prima necessità date dalla domanda in costante crescita.

Il concetto di Antropocene

Il concetto di Antropocene è stato descritto all'inizio del terzo millennio da Paul Crutzen ed Eugene F. Stoermer (*2000*) e viene usato per descrivere una nuova epoca che subentra all'Olocene (epoca che iniziò 11.700 anni fa) e in cui l'azione dell'uomo impatta profondamente sulla Terra tutta. Ciò era chiaro già diversi anni; indubbiamente le emissioni di gas serra e di sostanze chimiche hanno modificato il clima globale e la composizione dell'atmosfera terrestre. Un esempio lampante sono i CFC (clorofluorocarburi), sostanze molto utilizzate in passato ma bandite poiché nocive per l'ozonosfera (Protocollo di Montréal, 1987).

Ma il suddetto concetto è attualmente molto utilizzato per definire il periodo che stiamo attraversando ed è entrato nel linguaggio comune. Ciò è dovuto anche ad una sempre più diffusa consapevolezza riguardo i cambiamenti climatici e all'influenza che le attività dell'uomo hanno avuto su di essi.

Negli ultimi venti anni sono stati proposti diversi punti di vista e diversi aspetti per inquadrare e contestualizzare l'Antropocene. Ancor pur arduo è stato il problema di dare un anno di inizio di questo periodo, cercando la chiave d'oro nella storia dell'umanità.

Attualmente il concetto di Antropocene è largamente utilizzato, ma molte volte in maniera inappropriata. Si tende a descriverlo solo sotto un aspetto geologico

e generalizzarlo come periodo in cui l'uomo ha modificato l'aspetto del pianeta Terra. Nel 2016 è stato fatto un tentativo di contestualizzazione dell'Antropocene (*Biermann et al, 2016*) partendo da punti di vista di tipo sociale e politico. Per fare ciò sono stati presi in considerazione quattro settori di emissione in base alla variazione in scala temporale e spaziale:

- Modifiche nel ciclo dell'azoto
- Acidificazione degli oceani
- Urbanizzazione
- Incendi

Per quanto riguarda l'azoto (importante, poiché la sua disponibilità si ripercuote nella sicurezza alimentare) è indiscusso il cambiamento che gli esseri umani hanno imposto sul suo ciclo naturale. La creazione di azoto reattivo dà la possibilità di aumentare la quantità di cibo disponibile in numerose nazioni del mondo. Nonostante ciò, una parte del pianeta è ancora priva di un supporto alimentare necessario al sostentamento delle popolazioni che ci vivono. Questo per via di alcune ragioni: povertà, mancanza di tecnologia, uso insostenibile degli input. In generale, si può affermare che l'attività umana ha cambiato radicalmente il normale processo di produzione alimentare.

Il secondo dominio (*Biermann et al, 2016*) riguarda l'acidificazione degli oceani. Questo fenomeno è dovuto alle piogge acide e alla riduzione di ossigeno nelle acque oceaniche. L'aumento dei fertilizzanti negli scarichi a mare causa l'eutrofizzazione, ovvero l'eccessivo aumento di organismi all'interno delle acque. Essa porta alla mancanza di ossigeno il quale è consumato dagli organismi. La riduzione di pH negli oceani porta evidenti danneggiamenti agli organismi marini in particolar modo a quelli con composizioni in calcare, come i coralli. Nonostante l'acidificazione sia causata da paesi sviluppati, essa si ripercuote molto anche nei paesi poveri e in via di sviluppo non solo dal punto di vista ambientale, ma anche dal punto di vista economico poiché essi basano il proprio turismo sulle bellezze delle coste.

Un altro punto importante affrontato da Biermann et a. (2016) è l'urbanizzazione, il cui processo influenza ed è influenzato dai diversi settori che caratterizzano una comunità (economia, politica, cultura, ecc.). Questo fenomeno è diffuso in tutto il mondo e con scale diverse a seconda della situazione in una determinata località. Le località urbanizzate sono responsabili di un'ingente quantità di CO_2 emessa in atmosfera. Inoltre, le aree urbane producono materiali, cibo, energia, nonché inquinamento e rifiuti. L'impatto di queste zone non è limitato alle aree che occupano ma è molto più ampio. Infatti, le conseguenze delle emissioni di gas serra sono visibili anche a grandi distanze

e i rifiuti vengono smaltiti in luoghi distanti da dove vengono prodotti. Dall'altro lato anche il cibo o l'energia prodotta in alcuni comuni (o in interi Paesi) può essere esportata ed utilizzata al di fuori dei confini nazionali. Tutto ciò crea però una disomogeneità a livello globale tra paesi già sviluppati e quelli in via di sviluppo. Infatti, i paesi già sviluppati sono quelli che si impongono pesantemente sul mercato mondiale e che impattano maggiormente sulle variazioni climatiche rispetto ad altri Paesi. Su quest'ultimo livello a farne le spese sono i Paesi poveri o in via di sviluppo.

Infine, Biermann et al. (2016) aggiungono un quarto dominio: gli incendi. Essi sono sempre stati una costante sul nostro pianeta, ma da molti anni sono diventati più frequenti. Questo fenomeno è dovuto principalmente ad un uso del suolo che ha dato vita ad incendi sempre più imponenti. Se da un lato le politiche degli stati prevedono una restrizione del fuoco, dall'altro l'uso inappropriato del suolo offre al fuoco un'opportunità per espandersi e far danni e vittime, animali e umane.

L'inizio dell'Antropocene

Un punto cruciale nella definizione dell'Antropocene è l'individuazione dell'inizio di questo periodo. Sono stati effettuati una serie di tentativi per cercare di collocare in un momento della storia l'origine dell'età che influenzata dall'attività umana.

Il primo tentativo è stato posto da Paul Crutzen ed Eugene Stoermer (2000) secondo cui l'inizio dell'Antropocene è da porre nel XVIII secolo quando in Europa ebbe luogo la Rivoluzione Industriale. Essa fu, senza ombra di dubbio, un punto cardine nell'influenza dell'uomo sull'atmosfera e sul clima attraverso l'intensa produzione di anidride carbonica e, in generale, di gas serra che ne è scaturita.

Nei primi anni 2000 è stata avanzata un'ipotesi che prende in considerazione l'influenza dell'uomo sull'atmosfera, ma mettendo in risalto un singolo gas serra il quale è molto più impattante dell'anidride carbonica: il metano. Infatti, secondo Ruddiman e Thomson (*2001*) circa 5000 a.C. l'attività umana già produceva emissioni di CH_4 attraverso cinque diverse modalità:

- Allevamento del bestiame: esso emette naturalmente il metano in seguito all'assunzione di cibo;
- Rifiuti animali;
- Combustione della biomassa;

- Risaie

In particolar modo il riso produce un'enorme quantità di metano, ora come agli albori di questa coltivazione. Bisogna ricordare che questo studio non tenta di dare un'origine all'Antropocene (termine mai utilizzato da Ruddiman e Thomson nel 2001), ma indica un momento della storia in cui l'uomo ha impattato sull'atmosfera. Il periodo che va dal 5000 a.C. alla rivoluzione industriale è chiamato "prima era antropogenica" e prevede un largo utilizzo di questa pratica.

Nel 2011 un ulteriore studio sulle emissioni di metano (*Fuller et al, 2011*) propone un periodo molto simile per l'aumento di CH_4, precisando che un importante incremento potrebbe essere avvenuto tra il 2500 e il 2000 a.C. causato dalle colture di riso e dall'allevamento di bestiame (ovini e bovini – *figura 4*).

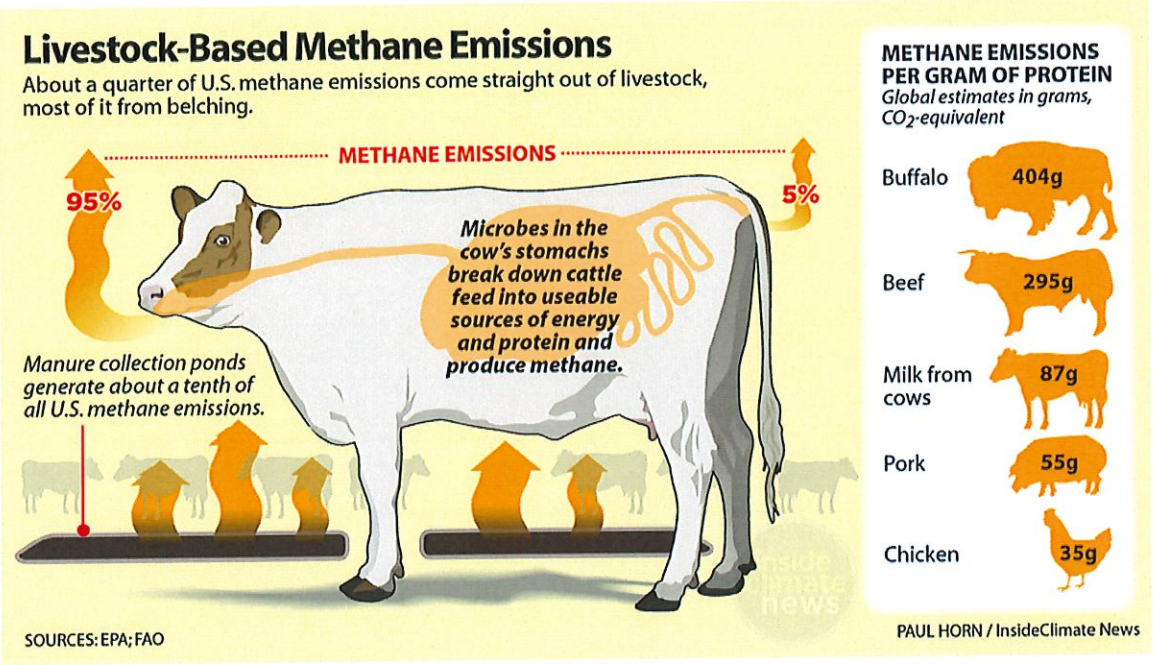

Figura 4: Differenze, tra gli animali maggiormente allevati in USA, di emissioni di metano per ogni grammo di proteine. I dati provengono da EPA (Environmental Protection Agency) e FAO (Food and Agriculture Organization). Immagine appartenente a Paul Horn, InsideClimate News

Nel 2003 Ruddiman si focalizza anche sulla CO_2 ipotizzando un'escalation di emissioni a partire circa dall'8000 a.C. dovuto, secondo questo studio, a una deforestazione piuttosto vasta (soprattutto in Medio Oriente) e associata all'introduzione dell'agricoltura.

Questa teoria però ha preso in considerazione solo le variazioni che si ripercuotono nell'atmosfera e nel clima. Nel 2011 fu proposta un'altra ipotesi da due scienziati del suolo, Giacomo Certini e Riccardo Scalenghe, i quali non prendono in considerazione la composizione atmosferica bensì le modificazioni antropologiche effettuate a livello del terreno (*Certini e Scalenghe, 2011*). Infatti, secondo questa teoria, la civiltà ha modificato il pianeta molto prima del

XVIII secolo attraverso le trasformazioni fatte a livello della pedosfera. L'origine dell'Antropocene è stata posta nel 2000 a.C., ovvero l'età delle prime civiltà.

Questa teoria fu criticata nel 2012 da un articolo che faceva osservare come l'approccio seguito da Certini e Scalenghe potrebbe portare ad una sovrastima del periodo dell'Antropocene dal punto di vista temporale (*Gale and Hoare, 2012*). Infatti, a livello stratigrafico l'attività umana nei primi anni di civiltà potenzialmente non avrà una conservazione tale da permettere il riconoscimento di un'epoca ben definita.

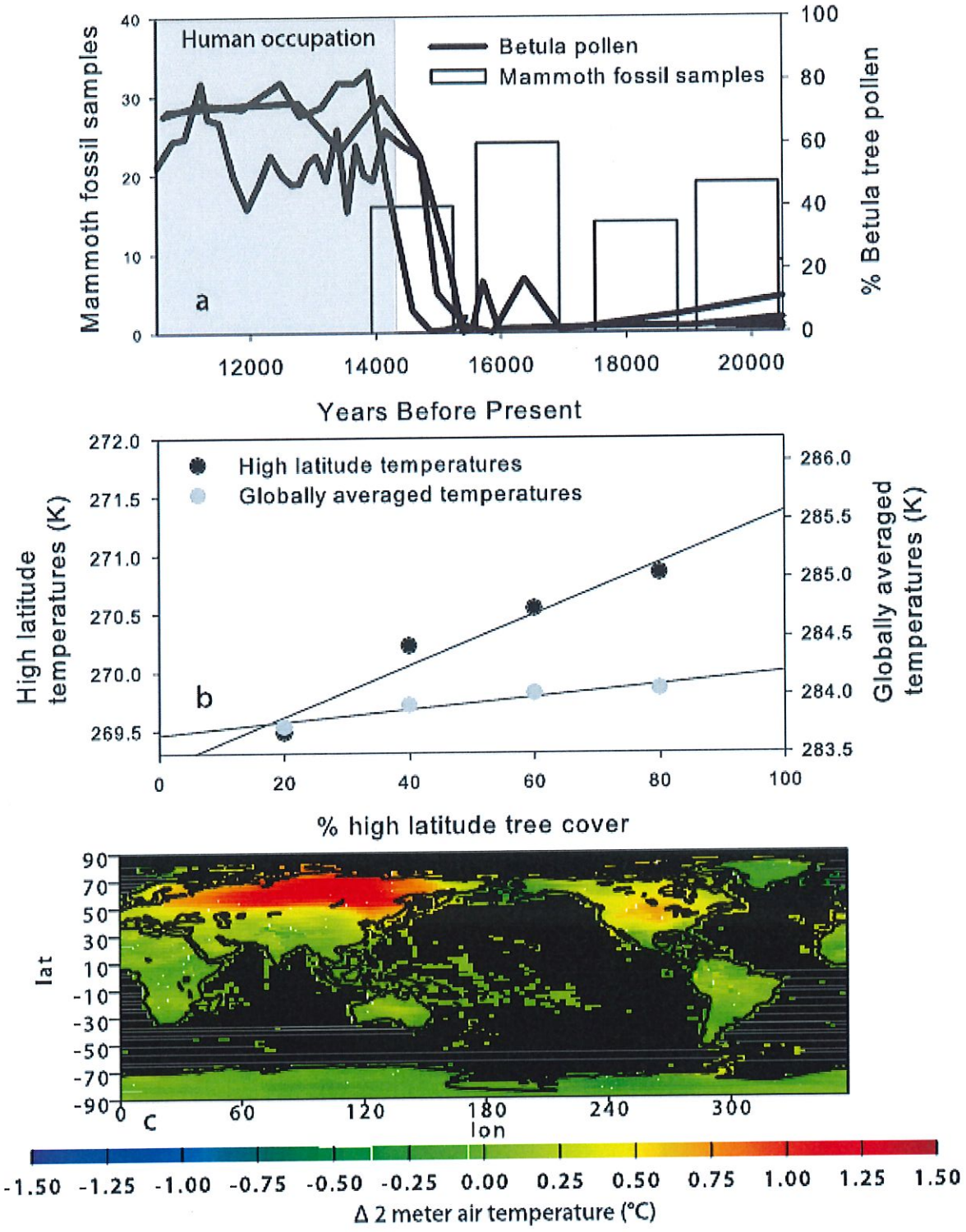

Figura 5: studio di Doughty sul polline di betulla; si focalizzarono sull'area dell'Alaska in cui nel 13.800 a.C. si ebbe un incremento della regione occupata da betulle (grafico 1) Ciò potrebbe essere dipeso dalla graduale estinzione dei mammut. La copertura delle betulle modificò l'albedo e fece crescere la temperatura alle alte latitudini, come si può osservare dal grafico 2 e dall'immagine in cui si raffigura la variazione di temperatura sopra i due metri (Doughty et al, 2010)

Nel 2010 era stata esposta una teoria basata anch'essa sull'aspetto pedosferico; Christopher Doughty, Adam Wolf e Christopher B. Field (*2010*) hanno utilizzato un particolare indicatore: il polline di Betulla (*Figura 5*). Lo studio però si basa su un'area ridotta. Il polline proveniente dall'Alaska e dallo Yukon ha subito un aumento sostanziale intorno al 13.800 a.C. modificando l'albedo, ovvero la frazione riflessa della superficie terrestre. In pratica ciò ha causato un aumento delle temperature anche di 1°C in alcune zone. Si ipotizza che l'espansione della Betulla sia stato causato dall'estinzione di erbivori come i mammut. Se l'estinzione dei mammut fosse stata causata dagli umani, ciò implicherebbe una enorme influenza dell'uomo sui cambiamenti climatici non solo molti anni prima della rivoluzione industriale, ma anche della pratica dell'agricoltura (*Doughty et al, 2010*).

Nel 2016 è stato convocato un gruppo di ricercatori dall'Unione internazionale di Scienze Geologiche (IUGS) con lo scopo di valutare l'effettivo inizio del periodo definito come Antropocene. In ogni caso, dal punto di vista geologico, il segno che lasceremo sulla Terra come razza umana è molto limitato. Ciò non mette in dubbio l'enorme contributo e influenza che l'attività umana ha dato al clima e alla geosfera (*Marincioni e Negri, 2020*). Infatti, l'azione antropica ha

trasformato pesantemente il paesaggio del pianeta ed ha interferito con i fenomeni naturali che nella maggior parte dei casi sono stati accelerati.

Questa pressione ha causato anche un calo nella popolazione animale la quale, secondo il WWF, è stata ridotta di circa il 60% negli ultimi 50 anni e degrada molti degli ecosistemi naturali (il 60% negli ultimi 25 anni, secondo UNISDR).

Antropocene, una nuova epoca stratigrafica?

Sulla base di quanto esposto precedentemente, l'intervallo di tempo Antropocene risulta di difficile definizione e inoltre soggetto a interpretazioni diverse poiché è possibile vederlo da punti di vista diversi. A questo proposito, anche gli stratigrafi hanno deciso di cimentarsi con la problematica e la Commissione Internazionale di Stratigrafia è tuttora al lavoro per decidere quali siano le sue caratteristiche e se sia possibile inserirlo nella scala cronostratigrafica internazionale. Quest'ultima ha una doppia gerarchia: la scala temporale geocronologica, ovvero il tempo in quanto tale, e la cronostratigrafia, che prende in considerazione lo strato come unità di tempo (*Jan Zalasiewicz et al, 2015*).

Prima di tutto bisogna capire se sia possibile definire con esattezza l'Antropocene e, a tale scopo, è necessario cominciare dalla definizione di unità cronostratigrafica. Essa si basa sull'età delle rocce ed il periodo riferito all'unità è definito unità geocronologica.

Per considerare l'Antropocene come unità cronostratigrafica a tutti gli effetti dobbiamo prendere in considerazione una serie di fattori quali le caratteristiche peculiari, le differenze dai precedenti periodi, il momento in cui ha inizio e l'importanza geologica.

Da diversi anni è stata proposta una teoria secondo cui da tempo ormai l'uomo ha cambiato in modo così radicale l'assetto della superficie terrestre che l'età in cui vive può essere definita Antropocene.

Per capire quanto questa teoria si fondata bisogna innanzitutto avere una visione più chiara di quelle che sono le unità cronostratigrafiche.

In seguito, deve essere valutata l'impronta che l'uomo ha apportato a livello planetario.

Il concetto di Antropocene, introdotto nei primi anni del XXI secolo (*Crutzen and Stoermer; 2000 – Crutzen; 2002*), è in fase di costante studio da parte degli stratigrafi (*Zalasiewicz et al, 2008, Williams et al., 2011, Waters et al, 2014*).

La perturbazione da parte dell'uomo è visibile a scala globale ed è andata ben oltre la semplice erosione superficiale.

Il nostro pianeta ha subito cinque grandi estinzioni di massa provocate da diverse cause, ma l'esplosione demografica, l'industria, la tecnologia ad opera dell'uomo rappresenta la causa di enormi cambiamenti non solo locali ma globali. Pertanto, la sesta estinzione di massa potrebbe essere causata dall'attività antropica.

Tra il 1900 ed il 2000, la popolazione mondiale è cresciuta in soli cento anni di 6,1 miliardi; tale periodo ha coinciso con grandi conquiste scientifiche, culturali ed economiche (*Burtynsky 2019*).

Nel secolo scorso, l'umanità ha utilizzato quasi 60 miliardi di tonnellate annue di biomassa, di minerali grezzi, industriali e da costruzione. Il metabolismo industriale (*Ayres, 1989*) in espansione è uno dei fattori principali del cambiamento ambientale globale.

Molteplici sono i segni indelebili lasciati dal tempo sugli strati geologici del nostro pianeta, si riportano alcuni esempi:

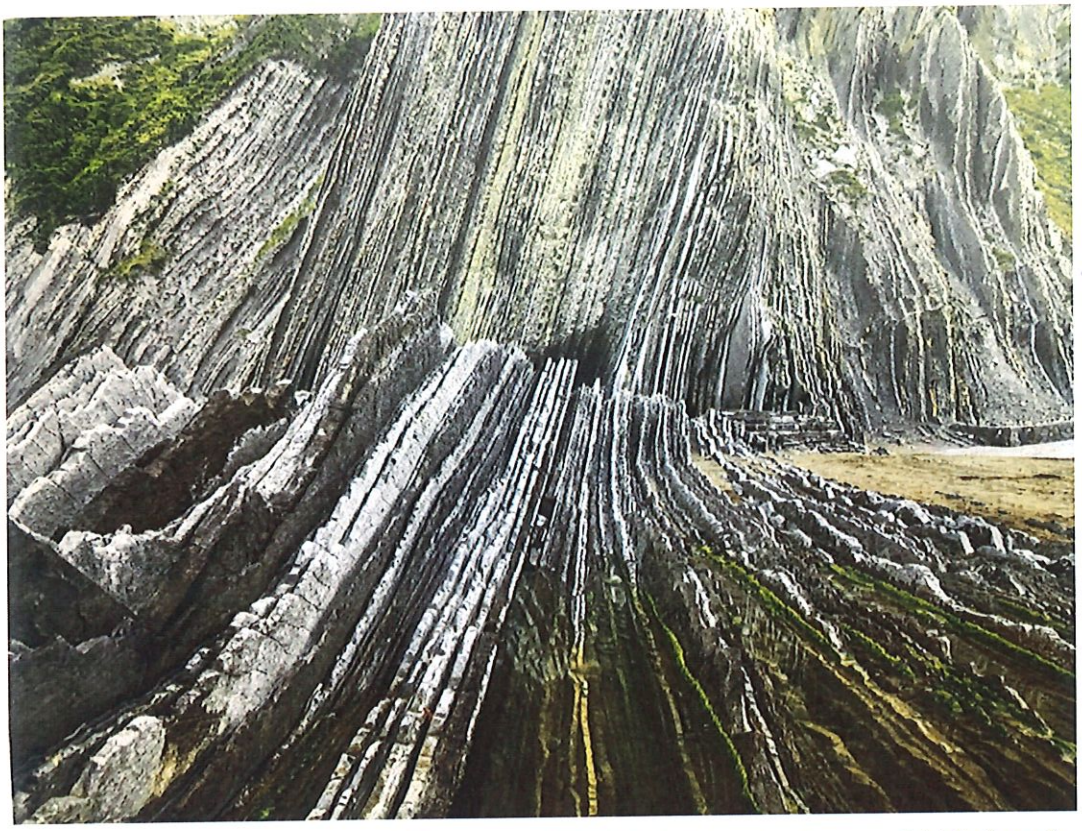

Figura 6: Costa basca n.1 Geoparco UNESCO, Zumaia, Spagna 2015, foto di Edward Burtynsky

La spiaggia di Itzurun, situata nel Geoparco Globale UNESCO della Costa Basca in Spagna (*figura 6*), rappresenta un esempio unico dell'azione del tempo geologico in cui sono visibili gli strati di roccia sedimentaria nota come flysch. Gli otto chilometri di lunghezza della spiaggia rappresentano un arco temporale di 50 milioni di anni, che si stima vada dai 100 milioni ai 50 milioni di anni fa. Quindi un arco temporale enorme se confrontato con quello che si esamina al fine di definire una nuova epoca Antropocene.

La spiaggia di Itzurun è rilevante per la formulazione di considerazioni stratigrafiche relative all'Antropocene. Essa contiene prove esaustive sui confini che separano due ere geologiche - il Cretacico - Paleogene e il Paleocene – Eocene – sia gli indicatori delle estinzioni di massa che si sono verificati in quei periodi. Inoltre, questa costa ospita anche due Sezioni e Punti Stratigrafici Globali (GSSP) del Paleocene noti come "Chiodo d'oro", i limiti utilizzati per stabilire il passaggio da una unità cronostratigrafica a un'altra, che per l'Antropocene non è stato ancora individuato.

Figura 7: Miniera di Morenci Clifton, Arizona USA 2012 (foto di Edward Burtynsky)

Miniera di rame di Morenci Clifton (figura 7), si possono osservare i depositi liquidi degli effluenti di risulta del processo di estrazione del rame. I colori marmorizzati e l'andamento spiraleggiante sono dovuti ai metalli pesanti lisciviati. L'Arizona è la regione più importante degli Stati Uniti per quanto riguarda la produzione del rame

Richiami di stratigrafia

La stratigrafia è una branca delle Scienze della Terra che pone come obiettivo la descrizione dei complessi rocciosi della crosta terrestre e l'organizzazione in unità cartografabili, in base alle loro caratteristiche e proprietà.

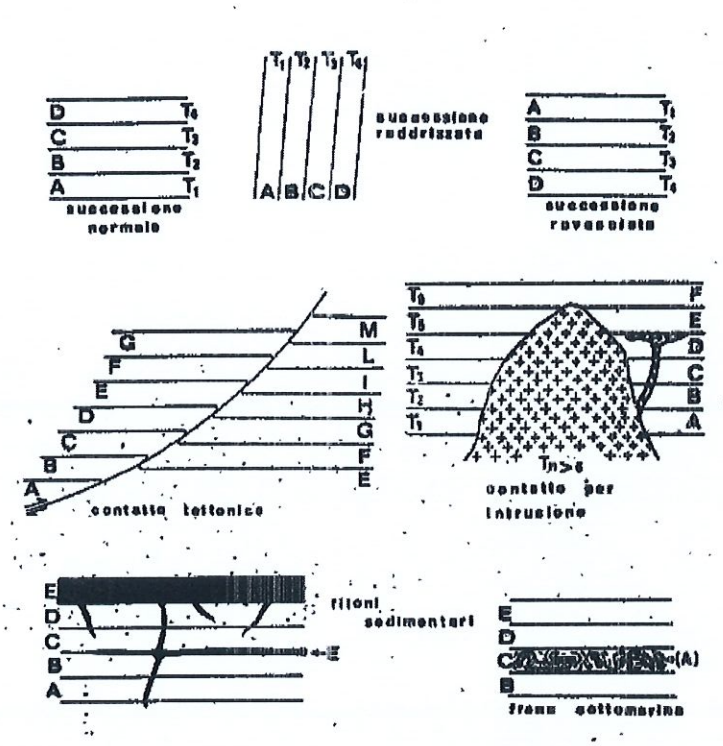

Figura 8: Principio di sovrapposizione stratigrafica e sue eccezioni (Dis. C. Sarti)

La stratigrafia segue principi molto semplici detti principi di Stenone (1638-1686):

- Principio di sovrapposizione (*figura 8*): gli strati più antichi sono coperti dagli strati più recenti;
- Principio di orizzontalità degli strati: essi si sono depositati originariamente in posizione orizzontale;

- Principio di continuità laterale: gli strati continuavano lateralmente più lontano rispetto a dove si interrompono oggi;
- Principio di intersezione: gli elementi che tagliano gli strati si sono formati dopo quest'ultimi.

Le unità stratigrafiche possono essere suddivise in base a diverse proprietà:

- Composizione litologica (litostratigrafica)
- Contenuto in fossili (biostratigrafica)
- Età (cronostratigrafica)
- Polarità magnetica (di polarità magneto-stratigrafica)

Nella maggior parte dei casi esse sono volumi di rocce, ovvero prodotti da sedimentazione. Ma in altri casi possono comprendere intervalli temporali senza sedimentazione (*hiatus*) o con effetti dell'erosione.

Finora l'erosione o, generalmente, le modifiche importanti a livello stratigrafico sono state sempre dovute da cause naturali e mai imposte da una o più specie.

La classificazione cronostratigrafica ha tre scopi principali (*Guida italiana alla classificazione e alla terminologia stratigrafica*):

- Individuazione di un riferimento temporale in cui inserire un evento geologico;

- Favorire la correlazione temporale tra successioni collegate ma distanti spazialmente;
- Costruire la Scala Cronostratigrafica Standard

Secondo la *Guida* dell'ISPRA l'unità cronostratigrafica è "corpo roccioso che si è formato durante un certo intervallo di tempo", limitato da superfici sincrone. Esso può avere una lunghezza anche di decine di milioni di anni e, a seconda della grandezza, può essere considerato piano, sottopiano, serie, sistema, eratema o eonotema.

Come abbiamo già accennato un periodo geocronologico può essere interessato da una non sedimentazione, prendendo il nome di hiatus.

Recentemente è stato scelto il termine "*Global Boundary Stratotype Section and Point*" (GSSP) per indicare il limite inferiore delle unità. È un metodo molto utile per definire un'unità mettendola in correlazione con il suo limite inferiore. Il GSSP rappresenta punto nello stratotipo ("punto d'oro") e deve essere correlabile a livello globale. Ciò vuol dire che deve essere identificabile con un evento che si è verificato su scala globale (*Guida Italiana alla Classificazione e alla Terminologia Stratigrafica*). La Guida elenca una serie di regole per la descrizione degli stratotipi:

- Selezione in successioni continue per deposizione, marine e fossilifere;
- Abbondante contenuto fossilifero;

- Deformazioni minime e area facilmente accessibile;
- Fossili prelevati e documentazioni devono comparire in pubblicazioni e devono essere disponibili per studi;
- La scelta dello stratotipo di un limite tiene conto dei limiti tradizionali e delle priorità;
- Presenza di elementi per correlazioni globali.

Per definire un GSSP viene convocato un gruppo di ricercatori che devono esaminare le sezioni stratigrafiche relative ad una certa unità cronostratigrafica ed infine emettono un verdetto. Il GSSP viene aggiunto alla Scala Cronostratigrafica Standard se la maggioranza (60%) è favorevole e se per votazione è accettato dalla sottocommissione della ICS (International Commission on Stratigraphy).

Le correlazioni possono essere fatte in base a diversi metodi (alcuni accennati in precedenza):

- Relazioni fisiche tra strati: si tiene conto dei principi della geologia quali sovrapposizione stratigrafica, continuità laterale e originaria orizzontalità degli strati (Principi di Stenone);
- Litologia: la composizione delle rocce indica l'ambiente in cui esse si formano e per questo è molto utile nelle correlazioni tra successioni che si trovano anche a lunghe distanze;

- Paleontologia: il contenuto di fossili è fondamentale per riconoscere un GSSP anche se per ambienti differenti è difficile correlare rocce a distanze importanti;
- Determinazioni isotopiche dell'età delle rocce: necessaria per la datazione delle rocce e fondamentali per le relazioni tra le successioni
- Inversioni di polarità magnetica: importante per lo studio rocce di fondali oceaniche e successioni mesozoiche e cenozoiche;
- Cambiamenti climatici: la variazione del clima nel corso della storia della Terra ha portato numerose trasformazioni e ha impattato pesantemente sulle formazioni rocciose;
- Paleogeografia e variazioni del livello del mare: le variazioni eustatiche aiutano a correlare le rocce poiché indicano gli ambienti in cui si sono depositate;
- Discontinuità: lo studio delle discontinuità regionali hanno come obiettivo la collocazione di rocce e la correlazione su larga scala;
- Orogeni: metodo di studio basato sugli episodi orogenetici per separare vari momenti della storia
- Altri indicatori: associazioni di minerali, tassi di sedimentazione, terremoti, ecc.

Le età geologiche e l'Antropocene

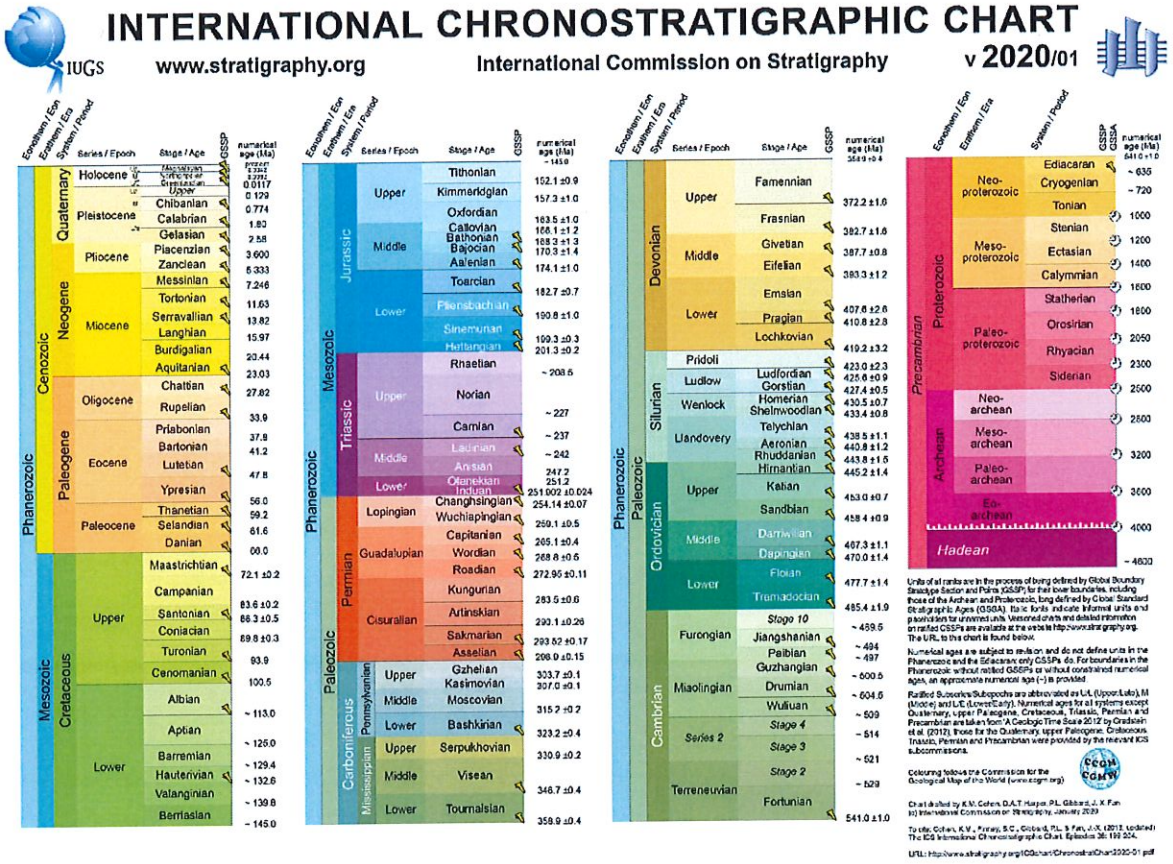

Figura 9: Scala Cronostratigrafica v.2020/21 (International Commission on Stratigraphy)

Il tempo trascorso dall'origine della Terra ad oggi viene suddiviso in periodi chiamate ere e poi diviso in intervalli sempre più brevi fino alle età geologiche. Ogni periodo ha caratteristiche peculiari che lo distinguono dagli altri; ad esempio nel Messiniano (circa 5.3 milioni di anni) all'interno dell'area del Mediterraneo si è verificata la cosiddetta "crisi di salinità", la quale rientra all'interno del Miocene, epoca in cui c'è stata un potente sedimentazione conseguenza dell'erosione quasi contemporanea all'orogenesi appenninica.

Per questo motivo bisogna essere cauti prima di parlare di Antropocene poiché è necessario trovare le caratteristiche geologiche che distinguono questa nuova epoca dalle altre. Di certo non basta essere consapevoli del fatto che l'uomo ha colonizzato il pianeta Terra modificandolo pesantemente, ma dobbiamo valutare le azioni che ha compiuto e che continua a compiere l'uomo in relazione all'importanza geologica che esse possono avere.

Molti studiosi dell'Antropocene hanno preso in considerazione diversi aspetti per tentare di circoscrivere questo periodo.

Quali marcatori sull'esistenza di una nuova epoca e sulle sue origini?

Il gruppo di Lavoro sull'Antropocene (AWG), è impegnato da diversi anni a raccogliere marcatori ovvero prove sul passaggio dall'attuale epoca geologica - dall'Olocene all'Antropocene -, entro il 2021 la Commissione Stratigrafica Interazionale dovrà decidere se inserire l'Antropocene nella scala ufficiale cronostratigrafica.

Nel 2016 durante il 35° Congresso geologico internazionale (AIGC), l'AWG con 29 voti favorevoli su 34 ha votato favorevolmente che il concetto di una nuova era geologica ha delle basi solide e vi è un discreto accordo - nel posizionare - l'inizio della nuova epoca intorno al 1950.

A conferma di ciò, molti scienziati sono concordi sulla data del 1950, a tal riguardo:

- Il 16 luglio 1945 nel deserto di Alamogordo nel New Mexico fu fatta esplodere la prima bomba atomica, all'inizio della Grande Accelerazione. Zalasiewicz (*2012*) pone le basi dell'inizio dell'Antropocene all'inizio della Grande Accelerazione consentendo così di specificare l'inizio di essa con un alto grado di precisione.

Tale scelta si fonda sul fatto che l'Antropocene è rappresentata da strati, questi strati sono definiti e identificati su scala globale come una unità fisica grazie a marker di stratificazione che sono apparsi a metà del XX secolo.

Il bombardamento di Hiroshima e Nagasaki e gli anni di test nucleari che seguirono hanno, senza alcun dubbio, modificato la vita sulla terra. Gli isotopi radioattivi sono stati emessi nell'atmosfera e si sono diffusi in tutto il mondo entrando nel record sedimentario per fornire una prova inconfutabile dell'azione dell'uomo.

Due marcatori stratigrafici - particelle carbonacee sferoidali (SCPS) e radionuclidi dei test sulle armi nucleari - secondo Zalasiewicz nel 2015, possono fornire un marcatore sincrono globale per una data del XX secolo, in quanto si possono trovare nelle successioni dei sedimenti in tutto il mondo. Ciò corrisponde all'inizio della Grande Accelerazione, che è un periodo definito dall'impatto in rapido aumento delle attività umane sulla Terra dagli anni '50. In poco più di due generazioni l'umanità è diventata una forza geologica su scala planetaria.

Tuttavia, altri studiosi collocano diversamente l'inizio dell'Antropocene:

- Esso coinciderebbe con la Rivoluzione Industriale che ha determinato una esplosione demografica.

Dal 1800, la popolazione globale è passata da circa 1 miliardo a 6,5 miliardi nel 2000 e si prevede che arrivi a 9 miliardi entro il 2050.

Città come Giacarta, Rio de Janeiro o Shanghai, sono l'espressione più visibile dell'influenza umana sul pianeta. La crescita delle città è quindi una

caratteristica dell'Antropocene. che ha determinato l'immissione, ad opera dell'uomo, nell'atmosfera di gas serra.

Nelle figure che seguono sono illustrate alcuni paesaggi che mettono in evidenza l'impatto dell'uomo sull'ambiente

Figura 10: Miniera di lignite di Hambach, Germania (foto di Jennifer Baichwal, Nicholas de Pencier 2018)

Hambach (figura 10) è la più grande miniera a cielo aperto della Germania. L'attività di escavazione dell'uomo con l'uso di grandi macchinari che estraggono il carbone e ammucchiano sabbia e terra fino a formare enormi colline. La miniera produce lignite, un carbon fossile da cui deriva il 5% di tutta l'energia impiegata in Germania. A causa dell'espansione della miniera, numerosi villaggi sono stati trasferiti forzatamente altrove.

Figura 11: Materiale di scarto proveniente dalla miniera di rame di Chuquicamat, Cile 2017 (foto di Edward Burtynsky

La foto aerea (figura 11) riprende del materiale di scarto minerario, prodotto durante il processo di escavazione. La roccia ed il terreno che si trovano sopra e intorno alla miniera di rame creano degli insoliti motivi

Figura 12: Incrocio al mercato di Mushin, Lagos, Nigeria 2016 (foto di Edward Burtynsky)

Lagos, Nigeria (figura 12), una delle maggiori capitali economiche dell'Africa Occidentale, dagli anni '70 a oggi la sua popolazione è cresciuta da 1,4 milioni a oltre 20 milioni. Viene evidenziata l'aumento della densità umana e l'urbanizzazione incontrollata delle metropoli

- Un altro inizio potrebbe essere la grande rivoluzione economica, quella che ha trasformato l'uomo da cacciatore in agricoltore e allevatore. La concentrazione di metano e di anidride carbonica in atmosfera si pensa che già 7000 anni fa è aumentata seppur di poco, dovuta allo sviluppo dell'agricoltura, dell'allevamento e della deforestazione che già a quel tempo l'Homo Sapiens bruciava deliberatamente le foreste per cambiare la destinazione d'uso dei suoli.

Figura 8: Disboscamento n.1, Piantagione di palme da olio Borneo, Malesia 2016 Edward Burtynsky

Dare fuoco alla foresta è un modo economico e pratico per liberare terreno e far spazio alle coltivazioni di palme. Questa pratica è detta "slash and burn" (taglia e brucia) e permette di creare nuovi spazi da dedicare alla produzione industriale di olio di palma. Le palme da olio hanno bisogno di grandi quantità di azoto per la crescita e di potassio per la produzione dei frutti (*figura 13*).

Queste prove stratigrafiche confermano l'eventuale possibilità di arrivare a definire una nuova unità cronostratigrafica chiamata Antropocene, tuttavia con un inizio ancora da identificare formalmente. Tale formalizzazione è molto complessa in quanto occorre tener conto non solo della comunità geologica ma anche della misura con cui l'umanità determinerà in futuro cambiamenti rapidi e diffusi sul pianeta Terra.

Inoltre, sono notevoli le resistenze istituzionali che si oppongono ad ogni modifica della Scala dei Tempi Geologici, in particolar modo nel caso dell'Antropocene che pone domande nuove e complesse.

Tuttavia, la ricerca rigorosa alla formulazione di una proposta sull'Antropocene sta contribuendo ad evidenziare l'impressionante cambiamento della traiettoria geologica del nostro pianeta.

Si ripotano alcuni esempi in cui l'uomo ha modificato profondamente il territorio:

Figura 9: Miniera di potassa di Uralkali n.2, Berezniki, Russia 2017 di Edward Burtynsky

Figura 10: Miniera di potassa di Uralkali n.4, Berezniki, Russia 2017 di Edward Burtynsky

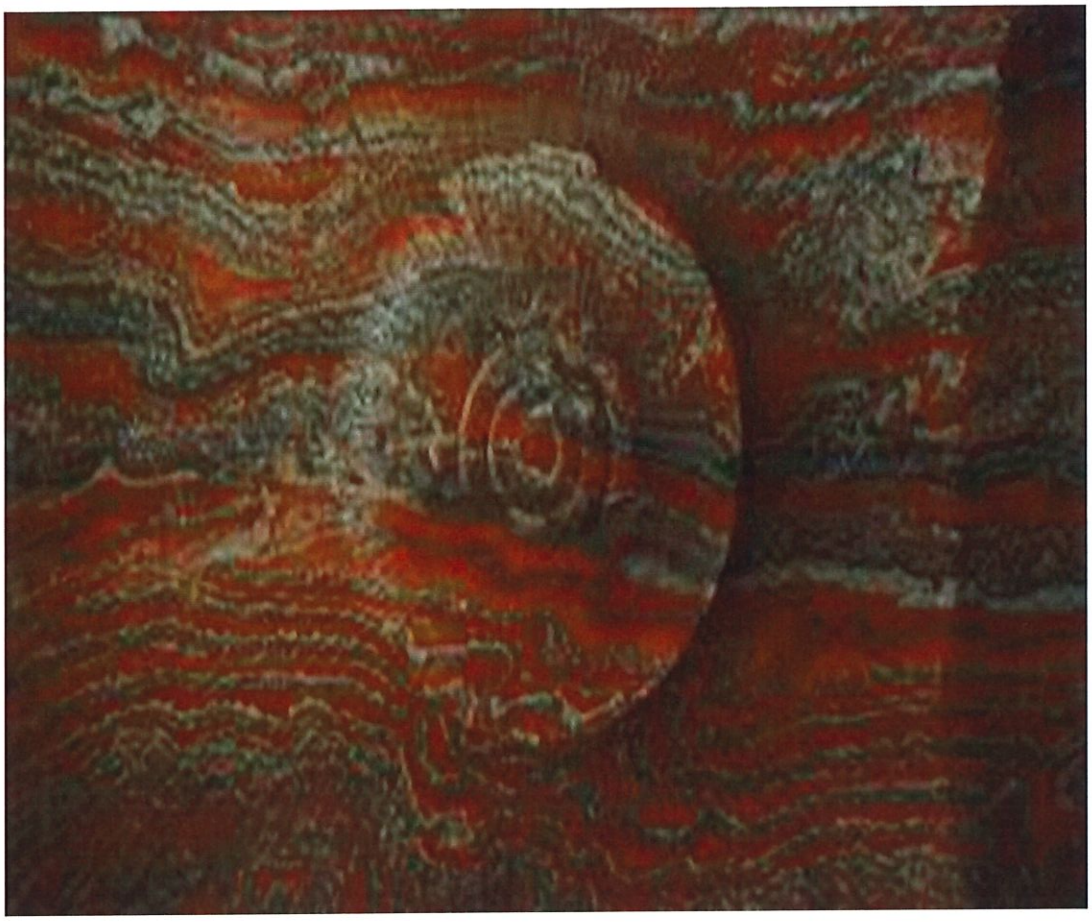

Figura 11: Miniera di potassa di Uralkali n.4, Berezniki, Russia 2017 di Edward Burtynsky

Queste gallerie (*figure 14,15,16*) sono scavate a trecentocinquanta metri di profondità grazie a talpe meccaniche, esse riescono a portare alla luce strati sedimentari appartenuti a quello che era un tempo un fondale marino. Qui si trovano minerali del potassio, come l'halite, la carnallite e la silvite.

Queste gallerie stabili e solide sono una testimonianza indelebile della presenza dell'uomo sulla terra e della "bioturbazione umana"

Discussioni

Per definire l'Antropocene come epoca da inserire nella carta Cronostratigrafica Internazionale occorre definire dei potenziali archivi chiave in cui si può osservare la transazione tra Olocene – Antropocene e definirne lo stesso come potenziale nuova unità, descrivendone l'estensione e la continuità globale e delinearne la loro potenzialità di ospitare un GSSP, valutandolo in termine di marcatori stratigrafici.

In particolare, i metalli pesanti, il $\delta\ ^{13}C$ e i decadimenti radioattivi di alcuni elementi sono segnali che vengono registrati nella maggior parte degli ambienti e quindi adatti ad ospitare un GSSP. Tra questi ambienti rientrano i depositi antropogenici, i depositi dei bacini marini anossici, i biomi di corallo spugne calcificate e conchiglie bivalve marine, i depositi estuari e deltizi, i sedimenti lacustri, le torbe e le torbiere, i ghiacci permanenti e i ghiacciai alpini di alta quota, gli speleotemi e gli anelli degli alberi.

Tutti questi paleoambienti stratificati registrano quindi i cambiamenti climatici e forniscono dati diffusi e correlabili tra loro e in correlazione anche con altri segnali dell'aria, come le concentrazioni di CO_2, CH_4, $\delta\ ^{18}O$, ceneri volanti, i nitrati, $\delta\ ^{15}N$ e S e solfati.

Questi cambiamenti vengono registrati sia nei paleoambienti che nelle facies biotiche a livello locale fornendo marcatori secondari e locali, ma correlabili a

livello globale con il $\delta\ ^{13}C$, il "*fallout*" radiogenico ed altri segnali aerei. Se ciò è combinato con la possibilità di datare le successioni con mezzi come il conteggio delle lamine, i dati potrebbero assumere una precisione pari all'anno o alla stagione o per lo meno di pochi anni in quei paleombienti che non c'è una laminazione.

Questa dimostrazione dell'interconnessione tra i cambiamenti fisici, chimici e biologici al sistema Terra, tutt'ora in atto, alcuni locali alcuni globali, lasciano delle tracce stratigraficamente rilevabili.

Partiamo per eseguire una rassegna dei vari paleoambienti.

Iniziamo dai depositi antropogenici che sono facilmente databili attraverso i tecnofossili ma mancano di continuità laterale, non sono laminati annualmente e sono di difficile preservabilità.

Poi ci sono i bacini anossici marini che generalmente laminari tendono a preservare questa laminazione e quindi facilmente databili annualmente. In questi ambienti i metalli pesanti, tra cui il piombo, i composti organici come i PCBS (bifenili policlorurati) e pesticidi, microplastiche e segnali biotici (diatomee, foraminiferi planctonici …) tendono ad essere controllati da variazioni ambientali locali. Hanno lo svantaggio che possono essere falsati da una bassa velocità di sedimentazione o da una bioturbazione (Waters et al. 2017 Sci.Rev).

Le barriere coralline definiscono un paleoambiente adatto perché hanno rapidi tassi di crescita che generalmente superano i tassi di accumulo dei sedimenti; alcuni di essi lontane dai test nucleari sono più adatte perché mostrano il segnale del cambiamento atmosferico globale, non presentando un picco del ^{239}Pu in risposta ai test termonucleari (Waters et al. 2017 Sci.Rev).

Inoltre, le barriere coralline presentano età ottenute con il radiocarbonio diacrone spostandosi latitudinalmente ed un ritardo di circa un decennio rispetto al $\delta\ ^{14}C$ atmosferico e al ^{239}Pu nei coralli di acque poco profonde e diacronie ancora maggiori in quelli a maggiore profondità.

Differenze si trovano anche tra le barriere coralline tra i diversi Oceani presentando un decadimento di $\delta\ ^{13}C$ maggiore in quelli dell'Oceano Atlantico rispetto a quelli dell'oceano Pacifico e Indiano. Per quanto riguarda, $\delta\ ^{15}N$, il quale dà informazioni sull'azoto atmosferico, i valori sono complessi perché le differenze dipendono dalle correnti oceaniche e dalle fonti antropogeniche, mentre per i metalli pesanti vi sono delle differenze di contaminazione locale.

Gli estuari ed i delta possono risentire di influenze antropogeniche locali, in riferimento ai cambiamenti biotici in risposta a modificazioni ambientali e alle introduzioni dei Neobioti (specie alloctone invasive) nonché a cambiamenti dovuti ad erosioni nel bacino idrografico, a modificazioni per lo sbarramento dei corsi dei fiumi o ancora per la contaminazione di ceneri volanti, metalli

pesanti, prodotti chimici-organici e microplastiche. Per questo gli estuari e i delta possono mancare di strati o perdere lamine per tutti gli eventi descritti sopra.

I sedimenti lacustri risentono dell'attività antropogenica locale ma i laghi sono diffusi in tutto il pianeta, quindi non c'è la discontinuità laterale come si potrebbe pensare; ma i segnali globali come il carbone nero, le ceneri volanti, i composti organici, $\delta\ ^{15}N$, lo S e il ^{239}Pu sono segni evidenti antropogenici.

Le torbiere sono un ambiente che può fornire uno stratotipo ausiliare, non tanto perché favoriscono rapidi accumuli di sostanza organica fornendo una risoluzione temporale del cambiamento atmosferico o come torbiere ombrofiche le quali ricevono input direttamente ed esclusivamente dall'atmosfera senza alcun ritardo. Di contro hanno che molte di esse sono state danneggiate, o alterate o distrutte a causa del drenaggio per l'agricoltura, dallo sviluppo, dalla silvicoltura o semplicemente sfruttate per combustibili o torba orticola.

Le torbiere minerotrofiche, all'opposto di quelle ombrofiche, in cui le piante ricevono nutrimento dalle acque superficiali e dalle acque sotterranee non sono adatte a registrare segnali atmosferici di cambiamento.

Il ghiaccio delle calotte polari e della Groenlandia forniscono i segnali atmosferici attraverso i radionuclidi, $\delta\ ^{18}O$, i solfati i nitrati, $\delta\ ^{15}N$, il Pb ed altri

metalli con un problema dovuto tra l'intervallo di tempo fra l'età del ghiaccio e le bolle d' aria incluse.

Ciò influenza i valori di CO_2, CH_4, $\delta\ ^{13}C$, N_2O che sono più giovani del ghiaccio racchiuso, questo problema è stato risolto usando isotopi di azoto (Parrenin et al. 2013). Comunque, anche i ghiacci dei ghiacciai possono perdere laminazione per eventi di fusione.

Gli speleotemi risentono delle variazioni ambientali perché gli elementi devono prima attraversare il suolo e dipendono anche dall'ecosistema. Per quanto riguarda $\delta\ ^{34}S$ e il ^{14}C possono essere correlati con il segnale atmosferico sebbene il picco tende a mostrare un ritardo su scala decadale. Possono comunque presentare strati mancanti per colpa di periodi di aridità.

Gli anelli degli alberi forniscono un archivio agevole nella lettura, per quanto riguarda i cambiamenti delle sostanze chimiche atmosferiche che attraverso la dendrocronologia si riescono a datare con precisione e gli alberi stessi hanno un'ampia distribuzione.

Lo zolfo e la riduzione dei valori di $\delta\ ^{34}S$ sono ben evidenti nei paesi sviluppati con un ritardo a partire dagli anni'60, così anche l'arricchimento dell'eccesso del ^{14}C dai primi anni '50 ad un picco del 1964 fornisce un chiaro indicatore.

Tutti gli elementi riportati (Waters et al.,2016), possono essere usati come marker primari e secondari per la definizione della unità Antropocene.

Infatti, il δ ^{13}C ed i radionuclidi sono applicabili nella maggior parte degli ambienti; i radionuclidi rappresentati dai radioisotopi di ^{239}Pu e ^{14}C vengono ritrovati in abbondanza nel 1952 e nel 1954 definendo una base per l'Antropocene.

Tutti gli ambienti esaminati che presentano una stratigrafia e una risoluzione su scala annuale o stagionale sono quindi potenziali candidati per la scelta di una sezione che rappresenti un GSSP dell'Antropocene. Il conteggio della lamina o dello strato per determinarne l'età può essere determinato precisamente con gli anelli degli alberi o con il ^{210}Pb per i bacini anossici marini, i coralli e i bivalvi, i sedimenti dei laghi e i ghiacci e con il ^{14}C per quanto riguarda i bacini anossici marini, i coralli e i bivalvi, i sedimenti dei laghi, gli speleotemi e l'età degli alberi. Anche se la datazione numerica diretta di un GSSP non è un prerequisito per la scelta di un ambiente, ma è vantaggiosa. Quindi oltre ai marcatori primari e secondari che non devono essere sintomatici dei cambiamenti ambientali al limite stratigrafico Olocene-Antropocene, ma devono essere correlati in modo diffuso nei depositi che rappresentano i diversi paleoambienti, il fatto di usare tecniche di datazione indipendenti è un mezzo per stabilire l'età numerica espressa in anni, di una base Antropocenica.

A questo proposito l'uso del conteggio delle lamine o strato per determinare l'età può essere determinato con precisione nel caso degli anelli degli alberi o

con metodo radioattivo con il ^{210}Pb per i bacini anossici marini, i coralli e i bivalvi, i laghi e il ghiaccio e con il ^{14}C per i bacini anossici marini, i coralli e i bivalvi, i laghi, gli speleotemi e gli alberi. Difficoltà a conservare gli strati si hanno nelle torbiere ombrotrofiche, alcuni depositi antropogenici, estuari e delta, nei ghiacci d'alta quota e negli speleotemi.

Per valutare ancora un paleoambiente e identificarne all'interno un GSSP bisogna valutare se esso presenta ritardi di assestamento come nei depositi marini profondi per i metalli pesanti e per i radioisotopi; ancora la bioturbazione troppo alta o le sedimentazioni basse, influenzano e disturbano un GSSP, o ancora l'intervallo tra l'età del ghiaccio e le bolle d'aria all'interno più giovani e contenenti CO_2 e CH_4 sono da tener presente. Infine, anche la vicinanza del paleoambiente con episodi specifici può falsare la ricerca di un GSSP perché è solo un segnale locale e non globale.

Conclusioni

Alla metà del XX secolo la contaminazione radioattiva ad opera delle attività nucleari militari e civili, la realizzazione di mega città, l'aumento della popolazione mondiale, hanno evidenziato l'impronta dei cambiamenti indotti dall'uomo.

Potremmo dire che le stesse problematiche riscontrate allora, si evidenziano anche oggi; anzi aggravate da un ulteriore aumento della popolazione, dalla deforestazione, dai mutamenti climatici indotti dall'attività umana. Pertanto, potremmo decisamente ipotizzare una nuova epoca l'Antropocene, che mostra i segni più profondi dell'azione dell'uomo.

L'uomo è in grado di modificare la natura e la superficie terrestre, ed è perfettamente consapevole degli effetti che tali modifiche provocano sulla vita e della natura ma soprattutto su sé stesso. Poco importa che il successo economico di un paese travolga ricchezza e benessere di altri esseri umani.

La terra è diventata il campo di battaglia dei grandi interessi economici: viene conquistata sfruttata e commercializzata.

La salvezza per le generazioni future potrebbe essere la diffusione di una cultura che non sia solo ambientalistica e consumistica, occorre adottare un modello di sviluppo globale che soddisfi la crescita delle società umane e che mantenga la capacità del sistema Terra in uno stato di resilienza.

Il raggiungimento di una buona qualità di vita da parte dell'uomo non implica necessariamente una crescita illimitata e uno sfruttamento delle risorse.

Occorre salvaguardare l'ambiente, garantendo spazi vitali alle specie animali e vegetali, utilizzare fonti energetiche rinnovabili.

Bibliografia

Frank Biermann, Xuemei Bai, Ninad Bondre, Wendy Broadgate, Chen-Tung Arthur Chen, Opha Pauline Dube, Jan Willem Erisman Marion Glaser, Sandra van der Hel, Maria Carmen Lemos, Sybil Seitzinger, Karen C. Seto, 2016 *Down to Earth: Contextualizing the Anthropocene, Global Environmental Change, 39, pp. 341-350*

Paul Crutzen ed Eugene Stoermen, 2000 *The "Anthropocene", IGPB Newsletter 41, pp, 17-18*

Ruddiman, W. F. and Thomson, J. S.: 2001, *'The Case for Human Causes of Increased Atmospheric CH4 over the Last 5000 Years', Quaternary Science Reviews 20 (2001) pp. 1769–1777*

Ruddiman, W. F. 2008, *The challenge of modeling interglacial CO2 and CH4 trends, Quaternary Science Reviews 27, pp. 445–448*

Dorian Q Fuller, Jacob van Etten, Katie Manning, Cristina Castillo, Eleanor Kingwell-Banham, Alison Weisskopf, Ling Qin, Yo-Ichiro Sato, Robert J Hijmans, 2011 *The contribution of rice agriculture and livestock pastoralism to prehistoric methane levels: An archaeological assessment, SAGE Journal, 21, pp. 743-759*

Jean-Jacques Hublin, Abdelouahed Ben-Ncer, Shara E. Bailey, Sarah E. Freidline1, Simon Neubauer1, Matthew M. Skinner, Inga Bergmann, Adeline

Le Cabec1, Stefano Benazzi, Katerina Harvati & Philipp Gunz, 2017 *New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of Homo sapiens, Nature 546, pp. 289–292*

Marincioni F. and **Negri A.**, 2020 *Homo Sapiens, Anthropocene and Disaster Risk Reduction Longh et al (eds.): The First Outstanding 50 Years of "Università Politecnica delle Marche": Research Achievements in Life Sciences Springer pp. 631-645*

Jan Zalasiewicz, Colin N. Waters, Mark Williams, Anthony D. Barnosky, Alejandro Cearreta, Paul Crutzen, Erle Ellis, Michael A. Ellis, Ian J. Fairchild, Jacques Grinevald, Peter K. Haff, Irka Hajdas, Reinhold Leinfelder, John McNeill, Eric O. Odada, Clément Poirier, Daniel Richter, Will Steffen, Colin Summerhayes, James P.M. Syvitski, Davor Vidas, Michael Wagreich, Scott L. Wing, Alexander P. Wolfe, An Zhisheng, Naomi Oreskes, 2015 *When did the Anthropocene begin? A mid-twentieth century boundary level is stratigraphically optimal, Quaternary International xxx (2014), pp. 1-8*

APAT 2003 *Guida italiana alla classificazione e alla terminologia stratigrafica*

J. Lubbock 1869 *Pre-historic Times as illustrated by Ancient Remains and the Manners and Customs of Modern Savages,*

Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J. et al. 2020, *The emergence and evolution of Earth System Science. Nat Rev Earth Environ 1, pp. 54–63*

Simon L. Lewis Mark A. Maslin, *Il pianeta umano, Einaudi, 2019*

Jan Zalasiewicz, Mark Williams, Richard Fortey, Alan Smith, Tiffany L. Barry, Angela L. Coe, Paul R. Bown, Peter F. Rawson, Andrew Gale, Philip Gibbard, F. John Gregory, Mark W. Hounslow, Andrew C. Kerr, Paul Pearson, Robert Knox, John Powell, Colin Waters, John Marshall, Michael Oates And Philip Stone 2011 *Stratigraphy of the Anthropocene, Philos Trans A Math Phys Eng Sci. 369(1938), pp. 1036-1055*

Antropocene – Burtynsky, Baichwal, De Pencier 2019, *pp, 101-133-135-143-144-145-190*

Colin N. Waters, Jan Zalasiewicz, Colin Summerhayes, Ian J. Fairchild, Neil L. Rose, Neil J. Loader, William Shotyk, Alejandro Cearreta, Martin J. Head, Jeames P.M. Syvitski, Mark Williams, Michael Wagreich, Anthony D. Barnosky, An Zhisheng, Reinhold Leinfelder, Catherine Jeandel, Agnieszka Galuszka, Juliana A. Ivar do Sul, Felix Grandstein, Will Steffen, John R. Mc Neill, Scott Wing, Clément Poirier, Matt Edgeworth, 2017 *Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) for the Anthropocene Series: Where and how to look for potential candidates, Sci. Rev, pp,381, 386-390, 420*