LA CURVA DI KEELING

Premessa inutile

Cose che tutti sanno. Eppure ci tengo a metterle qui all'inizio, scusate.
Negli ultimi due secoli la concentrazione dell'anidride carbonica (CO_2) nell'aria è aumentata e continua ad aumentare tuttora, sempre più veloce. L'aumento è causato da varie attività umane. Vengono bruciati combustibili fossili (carbone, petrolio, metano) per vari scopi: produzione di energia, agricoltura intensiva, edilizia, produzione di oggetti: minuscoli, medi, enormi....
Fortissime prove scientifiche dimostrano che l'attuale cambiamento climatico è dovuto in gran parte all'aumento della CO_2 atmosferica. Si capisce quindi l'importanza del misurare continuamente la concentrazione di CO_2 nell'aria. Monitorare come si dice oggi.

Innamorarsi

In questo periodo mi viene in mente una vecchissima canzone "Mi sono innamorato di Marina" Era popolare negli anni sessanta del secolo scorso, quando ero un "ventino".
...e ora... più di sessant'anni dopo... mi sono innamorato... di una curva. La curva di Keeling.

-Già, Keeling, Keeling... certamente una bella ragazza, figuriamoci... ma guarda un po', alla tua età, vecchio porco (*Però... che strano nome....*)
Risponde il vecchio porco:
-Hai sbagliato tutto, mi spiace. Keeling è Charles David, chimico geologo americano (1928-2005) e la sua curva sta in un diagramma cartesiano. Ascisse: i tempi, dal 1958 ad oggi e probabilmente più avanti ancora... Ordinate: la concentrazione di CO_2 nell'atmosfera espressa in ppm (parti per milione)
Può sembrare una strana unità di misura rispetto al solito percento ma è pratica. Nel caso della CO_2 è più comodo dire 400 ppm anziché 0,04%. Parti per milione anziché parti per cento. Ci risparmiamo i decimali.

La curva ci mostra in un solo sguardo come è cambiata nel tempo la concentrazione di CO_2 nell'atmosfera. Per misurarla Keeling fondò un osservatorio sulle pendici del vulcano Mauna Loa nell'isola di Hawaii. Ma perché mai in questo postaccio fuori dal mondo? Proprio per quello. Hawaii è lontana da qualunque terraferma, poco abitata, non industrializzata, non particolarmente turistica (la turisticissima Honolulu sta su un'altra isola) Di conseguenza la misura è minimamente influenzata da condizioni locali. Delle possibili emissioni di CO_2 da parte del vulcano viene tenuto debito conto.

Un campione d'aria analizzato in quel posto isolato dà una misura attendibile per tutto il pianeta visto che i gas atmosferici si rimescolano rapidamente.

Nel 1958 il livello di CO_2 era 313 ppm. Nel 2014 raggiunse i 400. 14 febbraio 2021: 416 e mezzo.

due curve in una. Esponenziale e sinusoide

A un primo sguardo la curva di Keeling ha il tipico aspetto di una **curva esponenziale**: è ascendente con la convessità in basso. Mano a mano che sale diventa sempre più ripida.
Non bisogna confonderla con l' esponenziale della matematica, una curva perfetta che esiste solo nei nostri cervelli. La curva di Keeling si basa invece su misure nella concretissima realtà del nostro pianeta. Rispetto all'esponenziale ideale è imperfetta: di tanto in tanto si siede un po'.

A un secondo sguardo scopriamo che questa curva quasi esponenziale è finemente dentellata per tutta la sua lunghezza (come un francobollo) Ogni anno una coppia di dentelli un po' arrotondati, uno che punta in su, l'altro che punta in giù. Fra il massimo del su e il minimo del giù una differenza di circa 6 ppm. Massimo in maggio, minimo in settembre-ottobre.
In matematica una simile curva "su e giù" che si ripete infinite volte viene chiamata **sinusoide**. La curva delle onde, di tanti tipi: marine, elettromagnetiche...
In sostanza la curva di Keeling è la somma di due curve: una grande esponenziale che "si porta in groppa" la piccola sinusoide.

ma perché proprio lei?...

...fra tutte le curve di cui è piena qualunque scienza?
Amore cieco? No, una base razionale c'è.
Con la concisione tipica della matematica la curva ci racconta simultaneamente due storie diverse:

-Prima storia. La concentrazione di CO_2 nell'aria sta aumentando e non solo: lo fa con velocità sempre maggiore. Vuol dire che ogni anno quantità sempre maggiori di CO_2 vengono riversata nell'aria, nonostante la crescita di fonti energetiche alternative.
Se l'aumento fosse costante (una quantità fissa ogni anno) non avremmo una curva ma una linea retta con pendenza costante. Qui invece la salita diventa sempre più ripida. Cresce la popolazione mondiale e insieme ad essa la ricchezza complessiva nonostante la povertà sempre più diffusa. Conseguenza: più produzione di energia, più produzione di tutto...

-Seconda storia: la sinusoide che va su e giù ritmicamente non è dovuta alle nostre emissioni. È naturale. Le oscillazioni sono dovute a due opposte attività biologiche: fotosintesi delle piante che consuma CO_2 / demolizione di residui organici (foglie cadute e moltissimo altro) che libera CO_2 . A seconda della stagione prevale l'una o l'altra.
Ma come mai il massimo in maggio e il minimo in settembre-ottobre? Questo rispecchia la situazione nell'emisfero nord in cui si trova la massima parte della terraferma (e quindi della vegetazione)

il significato simbolico della curva di Keeling

La sinusoide può essere un simbolo della "saggezza della natura" Il bilanciamento fra fotosintesi e decomposizione mantiene più o meno costante nel tempo la concentrazione di CO_2. Un passo in su, uno in giù, ripetuti per un tempo indefinito. Regolazione che è garanzia di durata.
Ma a questa saggezza sinusoidale si sovrappone l'esponenziale della follia umana. Sempre più in su, sempre più veloce. Rifiuto di ogni limite, di ogni regolazione. Del doman ce ne freghiamo.

L'avidità umana ha la meglio sugli equilibri naturali. La vegetazione fa quel che può ma non riesce a compensare. Povera sinusoide che di per sé camminerebbe tranquilla in orizzontale e invece è issata in groppa al pazzo cavallo esponenziale.

Esponenziale fa paura
Sinusoide ti culla e rassicura

...e a questo punto si pone un problemaccio

Dubbi sul significato della nostra curva! Più esattamente del suo coronamento dentellato.
Lascio la parola a Marforio e Madama Lucrezia, due personaggi della vecchia Roma ai tempi del governo papale. Facevano parte delle "statue parlanti" alle quali i romani affiggevano le loro satire sul governo papalino.
Marforio era parte di una fontana. Oggi è al Museo Capitolino. Un imponente panzone barbuto che se ne sta semisdraiato tipo triclinio sul bordo della sua vasca.
Madama Cristina è un busto colossale su un piedestallo, all'esterno di Palazzo Venezia. Una matrona romana col volto smangiato dall'usura del tempo.

-Lucrezia: senti, Marforio, mi sono venuti dei dubbi su quei dentelli tutti belli regolari. Saranno davvero l'espressione di un fenomeno naturale? Fotosintesi e demolizione? Non potrebbero essere il segno di qualche attività umana anch'essa dipendente dalla stagione? Metti il riscaldamento delle case.

-Marforio. Per quel che ne so tutti i ricercatori in quel campo accettano l'ipotesi che si tratti di un fenomeno naturale. Non mi è mai capitato di trovare altre spiegazioni.
-Lucrezia: Già, non mi è mai capitato. Ma quanto ti occupi tu di queste cose, per quanto tempo? Sempre lì sdraiato sulla tua fontana a far niente...
-Marforio: Già, e tu sempre lì ferma sul tuo piedestallo. Con quale diritto puoi permetterti una critica a scienziati che lavorano a tempo pieno?
-Lucrezia: Dimentichi un fatto. Lo scopo di questi scienziati non è cercare una spiegazione per i dentelli che ti piacciono tanto. Loro vogliono semplicemente monitorare l'andamento temporale della CO_2 nell'aria. Le regolari oscillazioni periodiche interessano poco. Una semplice "curiosità" come si diceva un tempo. E allora si cerca una spiegazione così, a buon senso, senza pensarci su più di tanto
-Marforio: Mi stai provocando, Cristina. Lo fai solo per renderti più interessante.
...
La discussione sta degenerando. Lascio perdere gli "obeso suino" e "vecchia strega"....

A questo punto interviene la Buba. L'abbiamo vista in azione un anno fa nella codadigallo "Gemme per nipotini" dove veniva così descritta:

...un animale indefinibile, enorme, grasso, con un mozzicone di coda e un muso di pesce contornato da due grandi orecchie che sembrano un po' quelle di un elefante.

Si poteva vederla di tanto in tanto nell'Orto di Brera, ai bei tempi quando era aperto.

-Buba: Smettete di insultarvi, imbecilli. E statemi a sentire che vi racconto una storia.

"Era parecchi anni fa. Visita guidata a Brera, una classe di scuola superiore con la prof di scienze. Guidava l'allora direttore dell'Orto, professore di botanica. Basso, grasso, un po' pazzo.
Si fermano davanti alla Firmiana, il suo albero preferito.
--direttore: Guardate in alto. Poco sotto la forcella dove il tronco finisce vedete una serie di occhi? L'albero ci guarda
--l'insegnante (*indignata*): Professore, questo proprio non me l'aspettavo da lei. Noi facciamo di tutto per insegnare un po' di scientificità ai ragazzi. E lei viene a raccontarci di occhi, dell'albero che ci guarda....
--direttore: Se vuole la scientificità l'accontento subito. Questi occhi sono tracce di vecchi rami che erano stati tagliati o eliminati da cause naturali. La pupilla è in realtà la cicatrice del ramo, il contorno dell'occhio un rinforzo nella zona dell'inserzione che è un punto particolarmente fragile.

Ciò detto, però... mi sembra bello poter pensare che questi occhi siano qui **anche** per ricordarci una cosa importante. Che l'albero avverte la nostra presenza anche se non sappiamo in che modo lo faccia. Un modo certamente molto diverso dal nostro"

-Marforio, Madama Lucrezia: E perché ci racconti sta storia, Buba? A noi checcefrega?
-Buba: Perché può valere anche per la curva di Keeling. Possiamo non essere sicuri dell'interpretazione degli scienziati per quanto riguarda quei dentelli, ma se in attesa di smentita la teniamo buona possiamo darle un fortissimo significato simbolico.

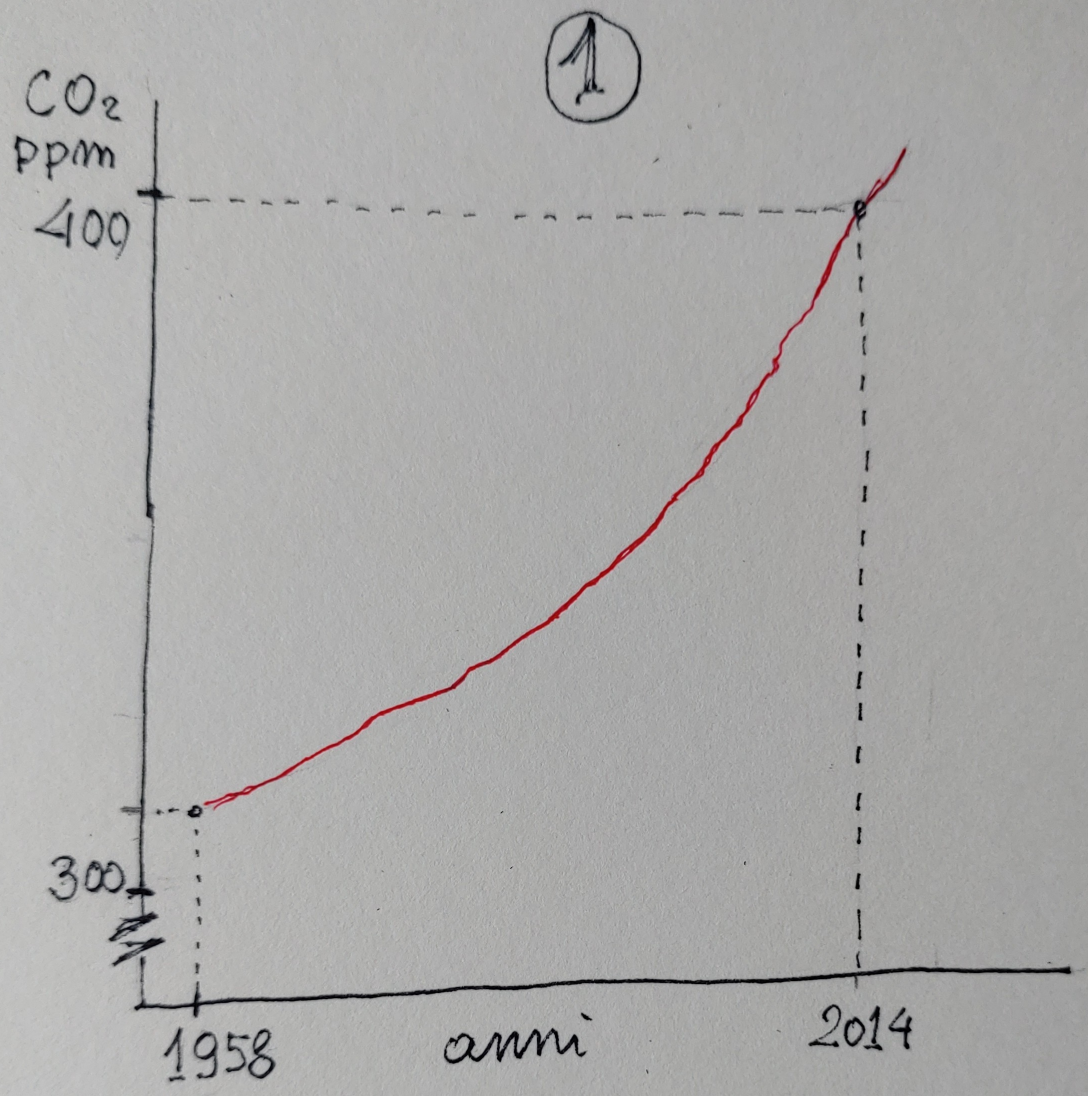
La fotosintesi esiste. La demolizione dei residui organici, inverso della fotosintesi, esiste. Fotosintesi e demolizione sono parte essenziale del gran ciclo del carbonio il quale ha mantenuto costante la concentrazione di CO_2 durante periodi lunghissimi rispetto alla nostra vita. Poi questa regolazione naturale è stata sopraffatta dall'attività umana. La povera vegetazione non ce la fa più. Dobbiamo aiutarla.

La curva di Keeling può **anche** avere la funzione di ricordarci queste cose.

una delle solite coincidenze strane

Parla "il vecchio porco" innamorato della curva di Keeling:

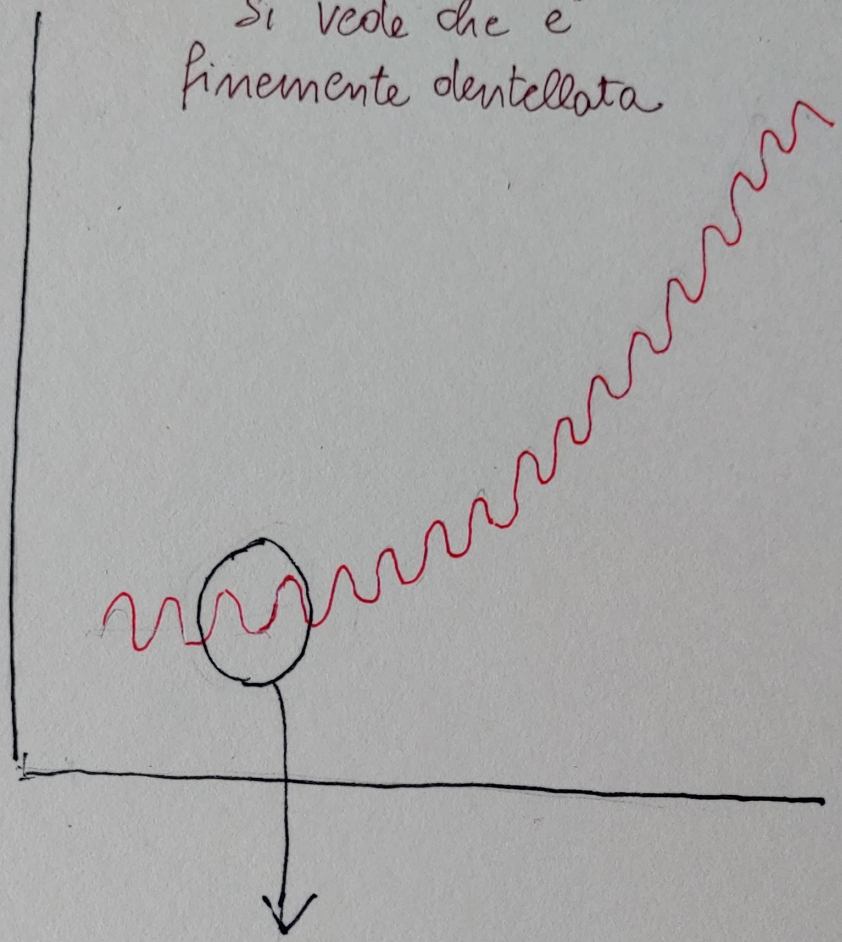
"A un certo punto stavo pensando che fosse solo un'infatuazione senile. Poi, per puro caso casissimo ho scoperto di avere una potente alleata, Naomi Oreskes, storica americana della scienza. Per lei la curva di Keeling è uno dei più importanti risultati scientifici del Novecento.
Ma il "puro caso" non è finito qui. Appena dopo averla citata in queste righe, ecco che ritrovo in internet l'annuncio di un suo libro appena uscito da Boringhieri "Perché fidarsi della scienza"

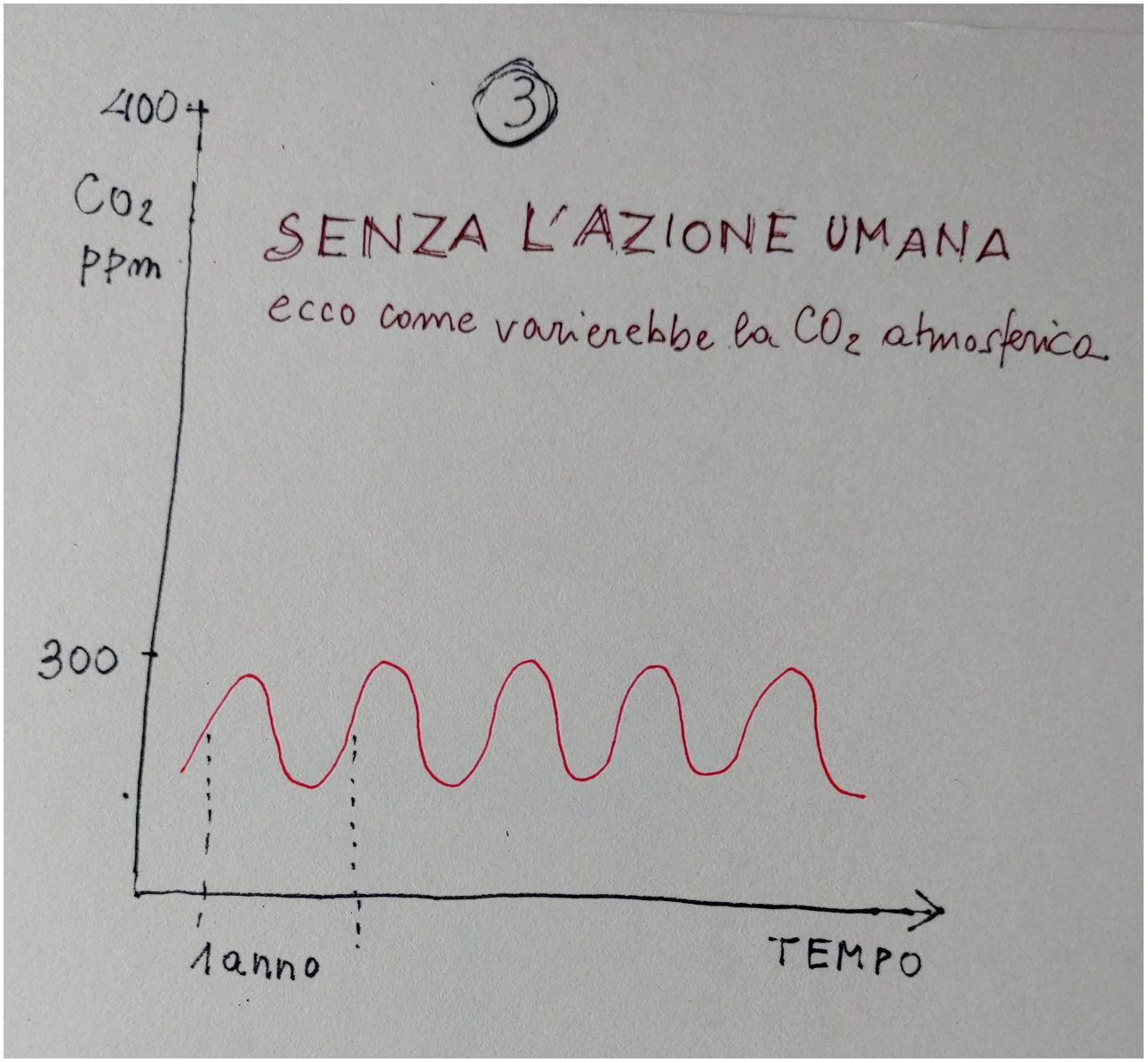


LA CURVA DI KEELING

a prima vista

② A guardarla meglio si vede che è finemente dentellata




3
400
CO_2
ppm
SENZA L'AZIONE UMANA
ecco come varierebbe la CO_2 atmosferica
300
1 anno
TEMPO