

Non solo metalli.

- sabbia e ghiaie
 - marmi
 - granito
- marne e argille
- altre rocce carbonatiche
 - fosfati
 - bentonite
 - zeolite
 - gesso
 - tufo

.....

Non solo metalli

L'azione di estrazione di materiali dalla crosta terrestre non si limita ai minerali che contengono i metalli alla base delle tecnologie industriali tradizionali ed avanzate e ai combustibili fossili di cui abbiamo ampiamente parlato nelle lezioni precedenti.

La produzione di molti manufatti di uso nella nostra società dipende dalla disponibilità di sostanze e materiali naturali che vengono estratti da miniere o cave. Si pensi a tutti i materiali per l'edilizia, il cemento, la calce, la ghiaia e la sabbia. Le varie pietre ornamentali o funzionali come il marmo e il granito ecc.

La produzione di ghiaie e sabbie da sola supera nel mondo quella dei minerali di ferro e si misura in miliardi di tonnellate (dati USGS, sand & gravel).

L'estrazione di tutti questi materiali non può continuare all'infinito e sta già incontrando numerosi limiti fisici naturali.

Il marmo e le Alpi Apuane



Il suolo fertile: una risorsa lentamente rinnovabile che stiamo consumando ad un tasso superiore a quello di ricostituzione.

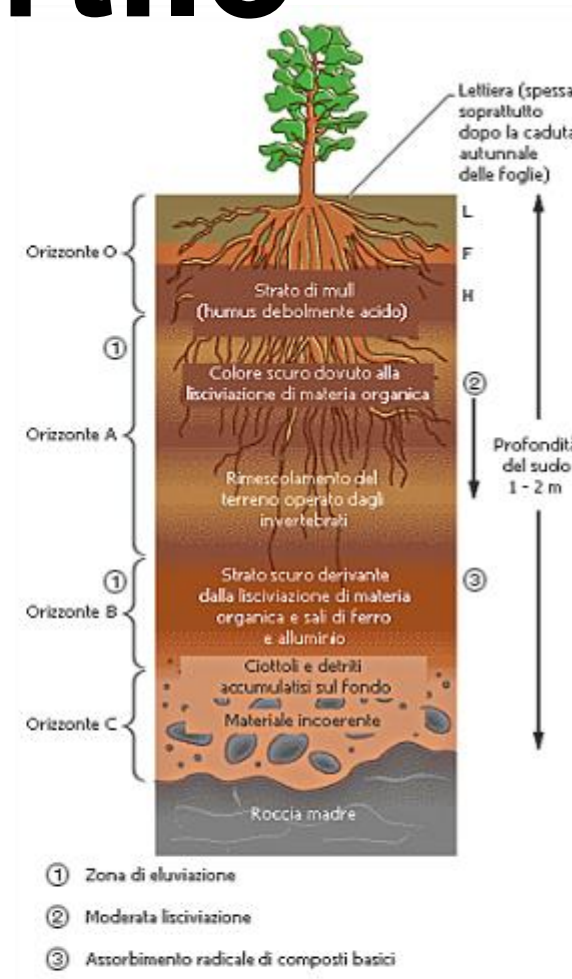
Il suolo in generale ed il suolo agricolo in particolare, non è un substrato inerte su cui crescono le piante, ma una complessa rete di interazioni bio-fisiche e bio-chimiche fra le sue componenti inorganiche, quelle organiche e gli organismi viventi che lo compongono.

Il suolo fertile è probabilmente la risorsa più importante per la biosfera e per noi.

La disponibilità di combustibili fossili e l'aumento di popolazione conseguente hanno permesso all'uomo di sfruttare il suolo come se fosse, in pratica, una risorsa mineraria. Il suolo infatti è una risorsa lentamente rinnovabile, mentre almeno certe pratiche agricole di tipo industriale tendono a renderlo pronò alla perdita di nutrienti, all'erosione e al denudamento che conducono in seguito alla desertificazione.

Si stima che negli ultimi 50 anni si sia perso circa $\frac{1}{4}$ del suolo fertile inizialmente disponibile. Torneremo su questo punto quando parleremo dell'impatto ecologico delle attività umane.

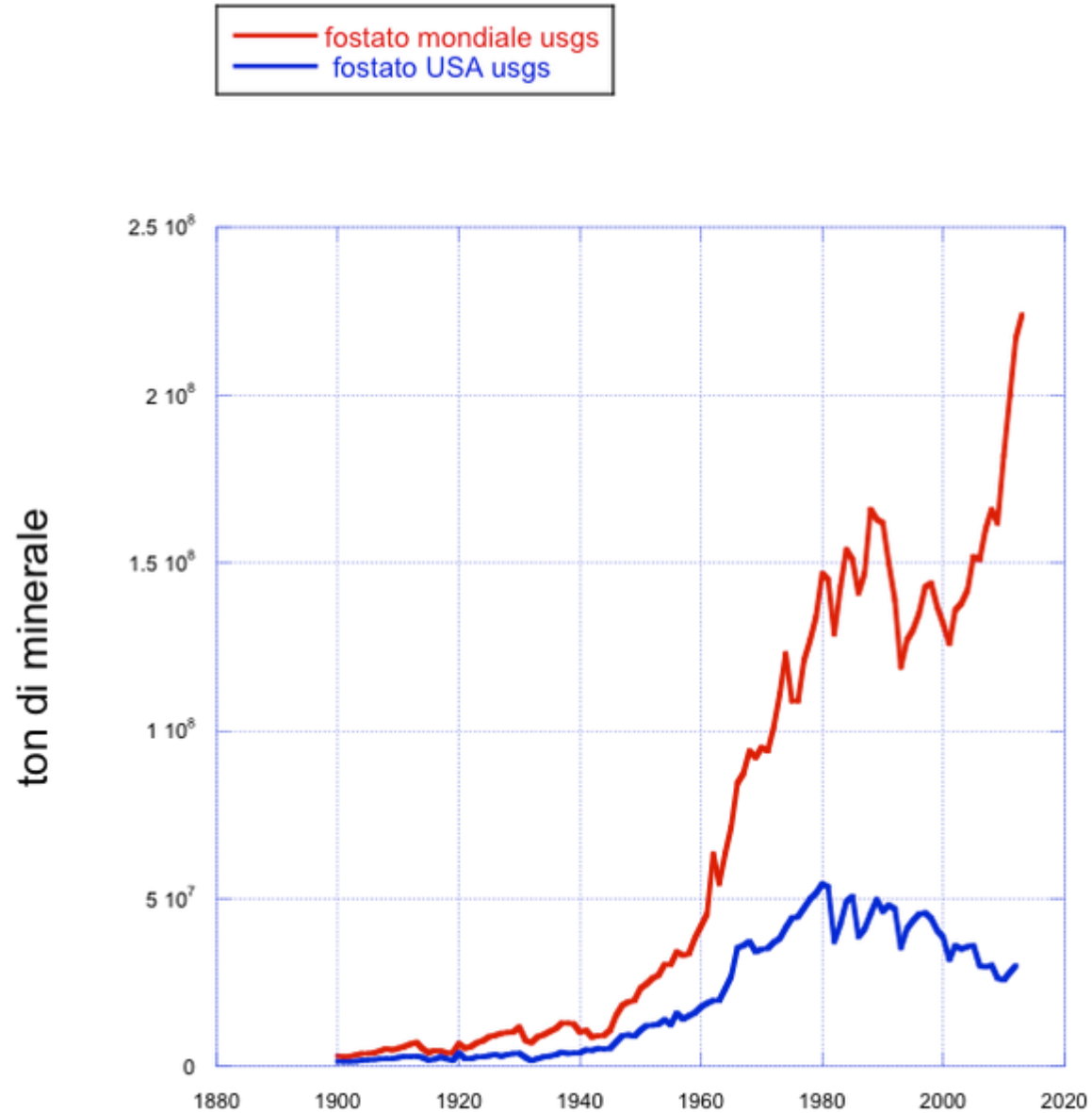
Suolo fertile



Il suolo viene consumato ad una velocità che da 10 a 20 volte superiore a quella con cui si ricostituisce. Si può quindi considerare una risorsa non-rinnovabile.

Una risorsa mineraria di importanza enorme sono i fosfati che contengono il fosforo. Il fosforo è un elemento essenziale della vita. Esso entra ad esempio, sia nella composizione delle ossa sia in alcuni composti essenziali nel metabolismo degli esseri viventi. Esso entra anche nella composizione dei fertilizzanti insieme all'azoto e al potassio. Mentre l'azoto è disponibile come gas atmosferico in quantità praticamente illimitate (cfr pagine seguenti) e il potassio presenta problemi di disponibilità solo nel medio lungo periodo, il fosforo è molto più critico. Esso si ricava dai fosfati contenuti in rocce fosfatiche e, dunque, da miniere. Tradizionalmente si otteneva da depositi insulari di guano degli uccelli marini. Quest'ultimo è stato per quasi due secoli la principale sorgente di fosfati concentrati per l'agricoltura. Anche in questo caso ci siamo per prima cosa rivolti alle risorse più facilmente disponibili. Ma tali risorse sono ormai quasi esaurite ed oggi stiamo estraendo fosfati da miniere molto più complesse da sfruttare. E il picco globale dei fosfati non è lontano. Questo evento potrebbe essere più problematico del picco dei combustibili fossili perché questi ultimi possono, in principio, essere sostituiti da altre fonti energetiche, ma il fosforo è insostituibile nel metabolismo degli esseri viventi ed è perciò indispensabile. Si pensa che in un futuro non troppo lontano sarà necessario recuperare tutto il fosforo contenuto nelle deiezioni umane ed animali (specialmente nell'urina) invece che disperderlo nell'ambiente. Già oggi ci sono paesi che sperimentano l'uso di WC che separano feci e urina in modo da poter recuperare il fosforo ivi contenuto per fare fertilizzanti. In un'ottica simile le tecnologie di depurazione delle acque che sono comunemente in uso dovranno essere profondamente cambiate, con costi che sono per ora sconosciuti.

Il picco dei fosfati



Il guano e l'isola di Nauru



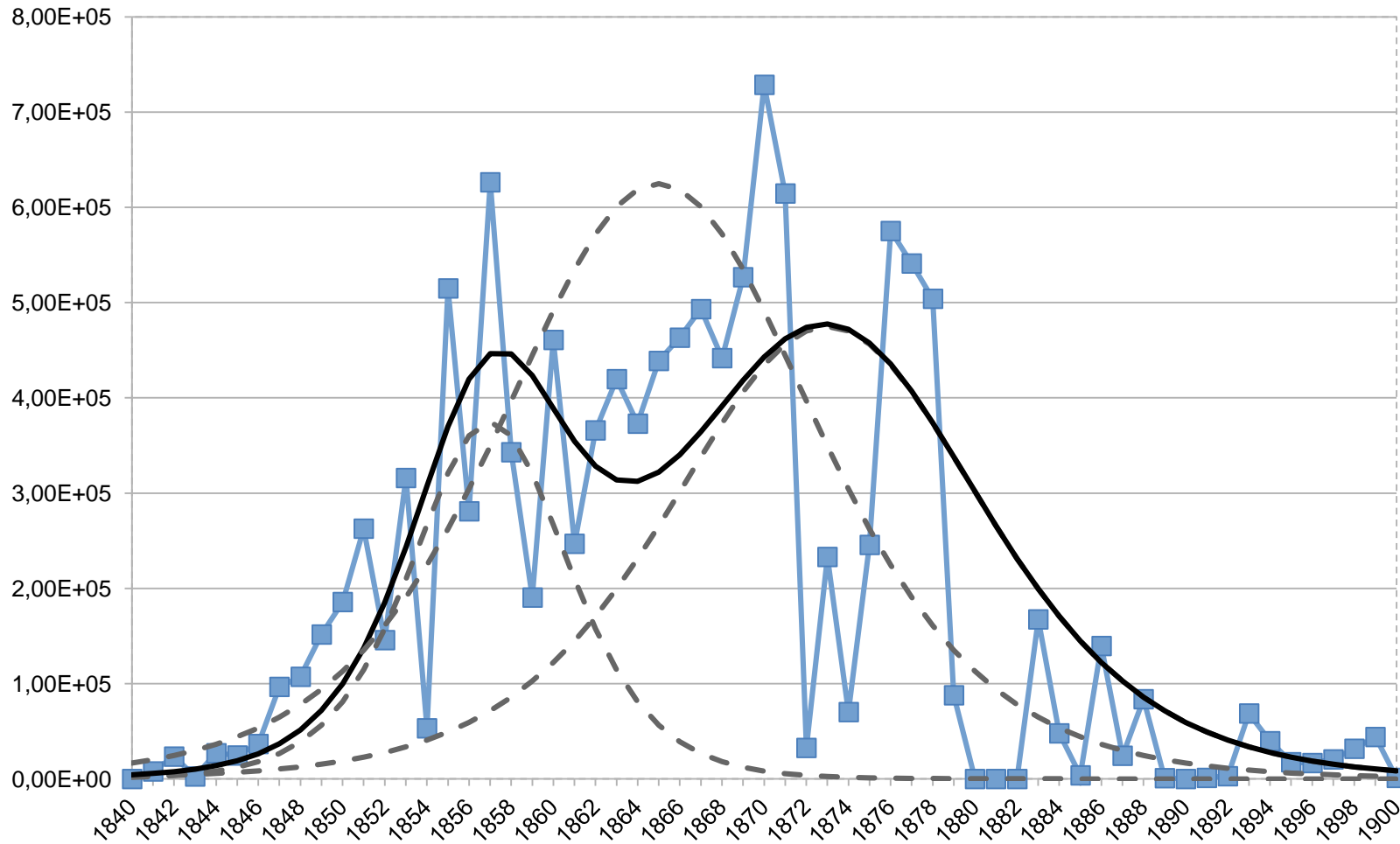
Lo sfruttamento dei depositi di guano è alla radice della storia, non troppo felice, dell'Isola di Nauru. Una piccola isola stato del Pacifico a Nord Est del continente Australiano i cui depositi di guano hanno costituito per decenni praticamente l'unica fonte di reddito nazionale e che oggi, finita questa lucrosa attività, e in seguito alla cattiva gestione degli introiti durante il periodo felice, si trova in una situazione penosa. Lo studente è invitato a documentarsi in rete sul destino di questa isola che rappresenta in modo paradigmatico il dramma dei paesi che affidano il proprio benessere allo sfruttamento delle materie prime. Una vera e propria maledizione a cui si è sfuggiti raramente nella storia.

Per l'Isola di Nauru si veda la voce in inglese su Wikipedia <https://en.wikipedia.org/wiki/Nauru>

La voce italiana di Wikipedia sulla Maledizione delle Risorse è ben fatta e aiuta a comprendere il tema. https://it.wikipedia.org/wiki/Maledizione_delle_risorse

La storia **dell'era del guano in Perù** fa parte anch'essa della storia della maledizione delle risorse o delle materie prime. Anche nel caso del Perù la risorsa è abbondante nelle isole al largo della costa peruviana. Verso la metà del secolo XIX la risorsa è nota, ma difficile da sfruttare per motivi strutturali dell'economia peruviana. Si tratta, in effetti, di un caso di studio di economia basata sull'esportazione di materie prime. Nel paese l'unica cosa abbondante nel 1840 è la risorsa, mancano sia i capitali domestici sia il lavoro. Manca anche l'imprenditorialità, ma i primi due fattori sono cruciali. In effetti i capitali finiscono per essere, almeno inizialmente, quasi esclusivamente esteri (francesi e inglesi) e i profitti tendono a tornare da dove vengono i capitali. Per quanto riguarda il lavoro esso è in gran parte fornito da emigranti cinesi (da Hong Kong e Macao) che verranno fatti lavorare in un regime di semischiavitù e in tali condizioni da indurre molti di essi al suicidio. I depositi di guano vengono quasi esauriti in due cicli di Hubbert nel periodo dal 1840 al 1890 prima che per diversi motivi si ponga un limite al loro sfruttamento.

L'era del guano in Perù



Tonnellate di Guano esportate dal Perù dal 1840 al 1900.

L'abbondanza naturale degli elementi della Tavola Periodica nella crosta terrestre rappresenta un dato medio di grande importanza per una stima della disponibilità di un elemento, ma, trattandosi di dati medi, non dice nulla sulla presenza o meno di depositi concentrati.

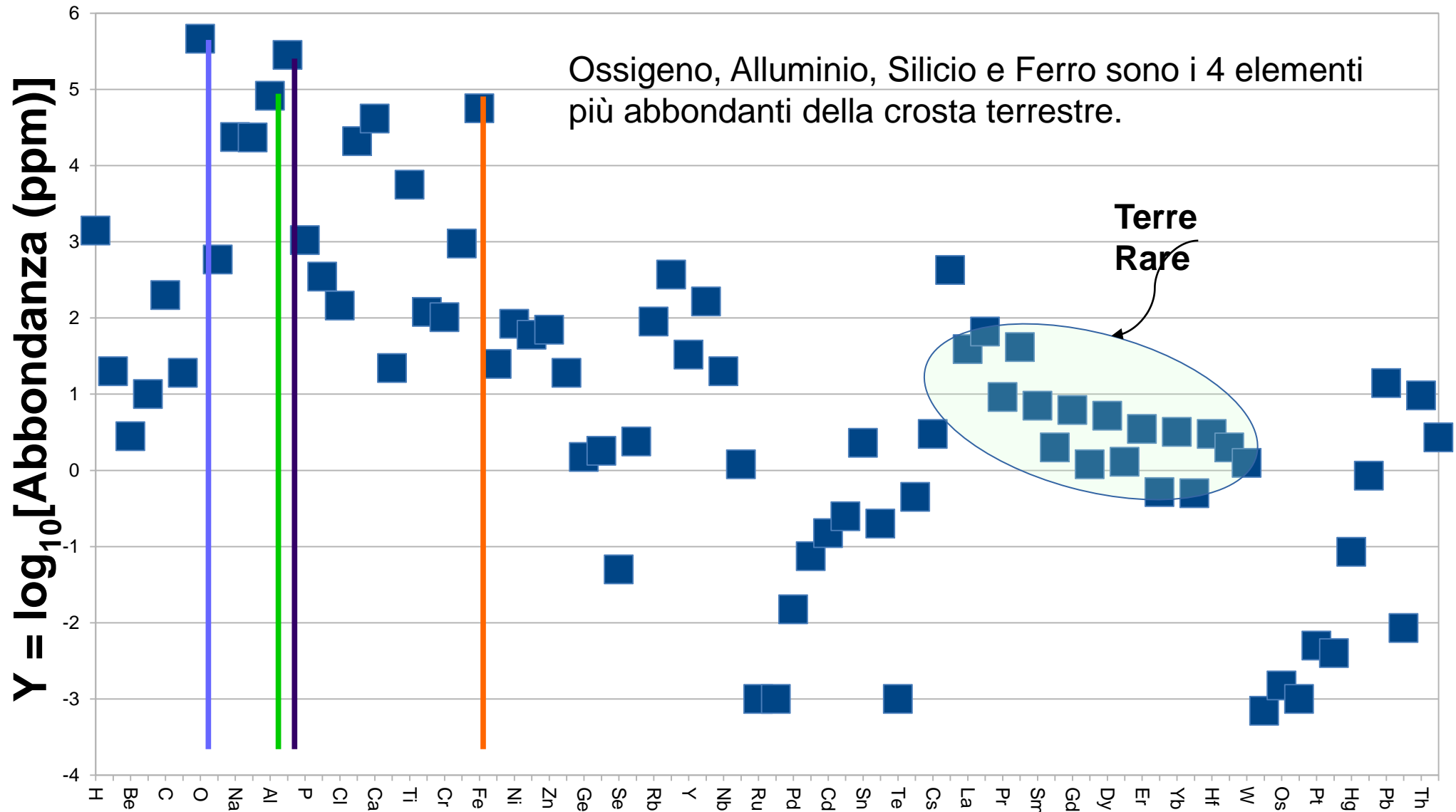
Invariabilmente sono questi ultimi che hanno valore economico.

Il diagramma della pagina seguente riporta il valore dell'abbondanza con logaritmo in base 10 dell'abbondanza espressa in parti per milione (ppm). In pratica i numeri in ordinate (asse delle y) sono le potenze di 10 in ppm. In ascisse si trovano i simboli degli elementi che si trovano nella crosta terrestre (come si vede mancano i gas rari Elio, Neon, Argo, Kripto e Xenon e alcuni elementi artificiali o instabili come il Tecnezio e il Polonio che sono presenti in quantità trascurabili).

Parti per milione (ppm) un'altra unità di misura. Le ppm rappresentano un modo di indicare la concentrazione di un componente chimico in un composto o in una miscela di composti. Generalmente si parla di ppm in volume (per i gas) o in peso. Quando si dice che un elemento è presente in una data roccia con una concentrazione di 1 ppm in peso vuol dire che per ogni Kg di quella roccia si trova 1 milionesimo di Kg di quell'elemento, cioè 1 milligrammo (infatti 1 g è 1 millesimo di Kg e 1 milligrammo è 1 millesimo di grammo quindi 1 milionesimo di Kg). Le quantità in ppm possono essere indicate anche in percentuale o in ‰.

ppm	%	‰
1	0,0001	0,001
10	0,001	0,01
100	0,01	0,1
1000	0,1	1

Abbondanza naturale degli elementi chimici nella crosta terrestre



Le Terre Rare si chiamano così perché essendo diluite erano considerate rare, ma non sono particolarmente rare. Numerosi elementi sono 3 o 4 ordini di grandezza più rari delle cosiddette Terre Rare.

Il fenomeno della rarefazione dei minerali di interesse economico è un fenomeno ineluttabile dell'industria mineraria. Generalmente vengono sfruttati prima i giacimenti più concentrati e facilmente raggiungibili e poi via via giacimenti sempre meno concentrati e più complessi dal punto di vista tecnico e geologico e più costosi dal punto di vista economico. La concentrazione dell'elemento di interesse in un minerale viene definito tenore (o grado) e a seconda del livello di questa concentrazione può essere indicato in percentuale, in parti per milione o perfino in parti per miliardo (ppb, dall'acronimo inglese parts per billion). La riduzione del tenore dei metalli nei depositi minerali è uno dei problemi che l'umanità si trova già ad affrontare. Il passaggio dalle miniere tradizionali alle miniere moderne in cui si processano centinaia di migliaia di tonnellate di roccia per ricavare una tonnellata di un certo metallo, rappresentano plasticamente l'evoluzione dell'industria mineraria e manifesta chiaramente le sue difficoltà.

Rarefazione



Il fenomeno della rarefazione dei minerali è comprensibile in termini energetici. A causa della maggior quantità di roccia che è necessario processare, al diminuire del tenore della roccia l'energia necessaria per il processo estrattivo aumenta. Nel caso degli elementi che sono geochimicamente abbondanti l'aumento dei consumi energetici è lineare crescente e continuo, mentre per gli elementi geochimicamente rari si osserva spesso un salto nei consumi energetici. Tale salto corrisponde ad uno iato nel tenore delle rocce dai giacimenti concentrati e giacimenti diluiti. Le quantità totali contenute nei giacimenti a tenore minore sono molto maggiori di quelle contenute nei giacimenti concentrati, ma per il loro sfruttamento i consumi energetici sono molto più alti. La conseguenza diretta di questo stato di cose è che non è detto che i giacimenti a tenore minore saranno mai sfruttabili economicamente e tecnicamente.

Teoria della cornucopia (neoclassica)



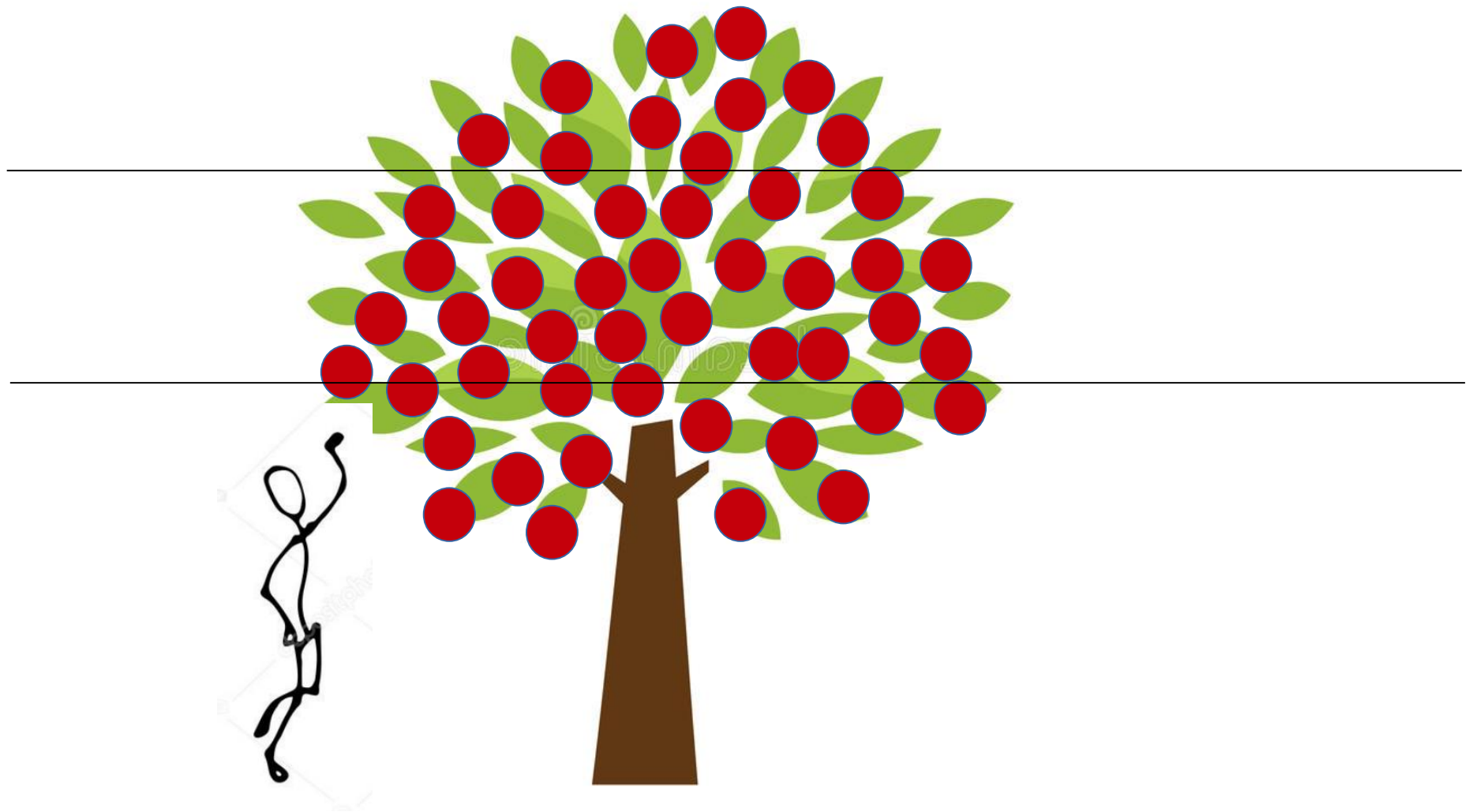
- **Se una risorsa inizia a scarseggiare**
- **il suo prezzo di mercato sale.**
- **L'accresciuto valore ne farà trovare ancora.**
- **Si riciclerà in quantità crescente.**
- **Nuove tecnologie permetteranno di usarne meno.**
- **Si troveranno sostituti più convenienti.**

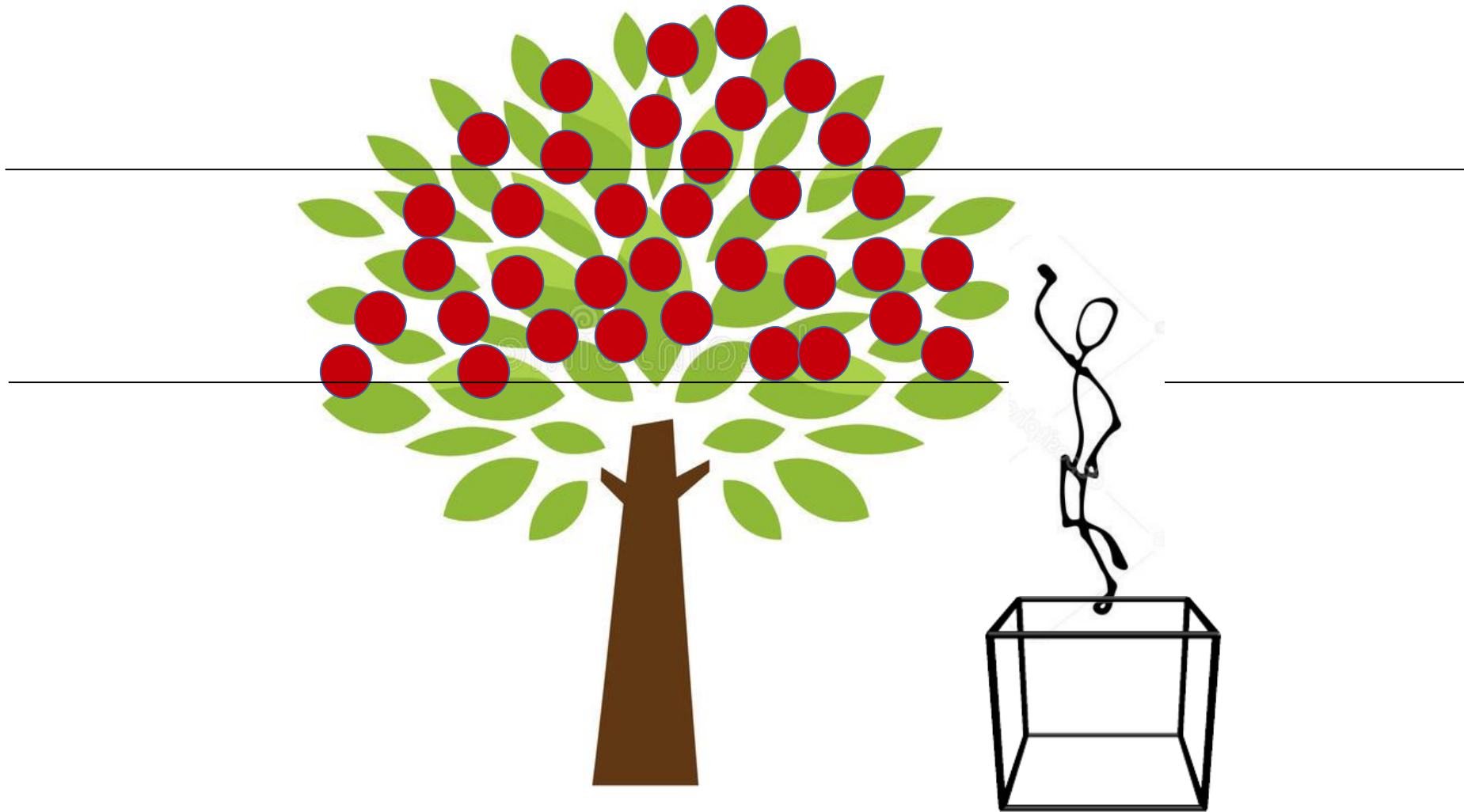


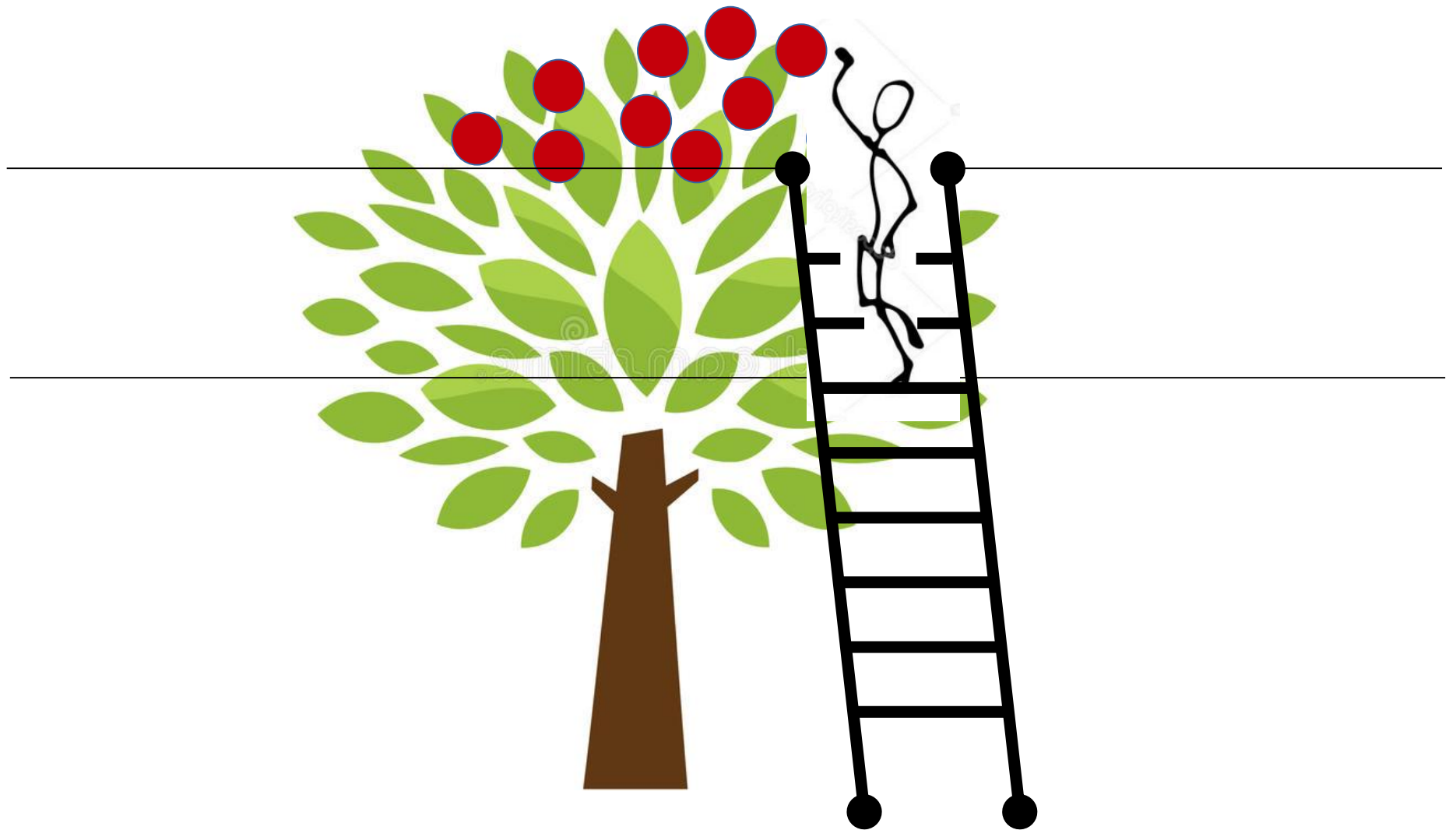
Il punto di vista della Biophysical Economics è diverso. Il fenomeno dello sfruttamento dei giacimenti è piuttosto visto come un processo in cui la tecnologia aiuta effettivamente a raggiungere risorse più remote e complesse da estrarre, ma il processo non può proseguire all'infinito.

Si usa in genere la metafora dell'albero da frutto del quale prima si raccolgono i frutti bassi e poi via via quelli più alti usando diversi messi di complessità crescente.

Fuori di metafora si può ricostruire l'evoluzione dell'industria mineraria per vedere come mezzi sempre più complessi (lo abbiamo già visto per le piattaforme petrolifere) si sfruttano giacimenti sempre più diluiti (a tenore inferiore).







Estrazione mineraria nell'antichità



Estrazione mineraria nell'era moderna

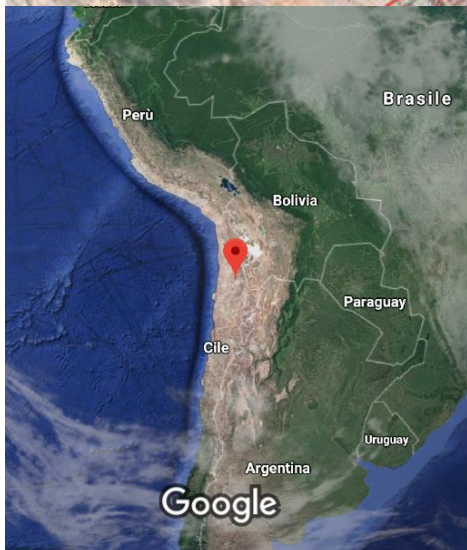
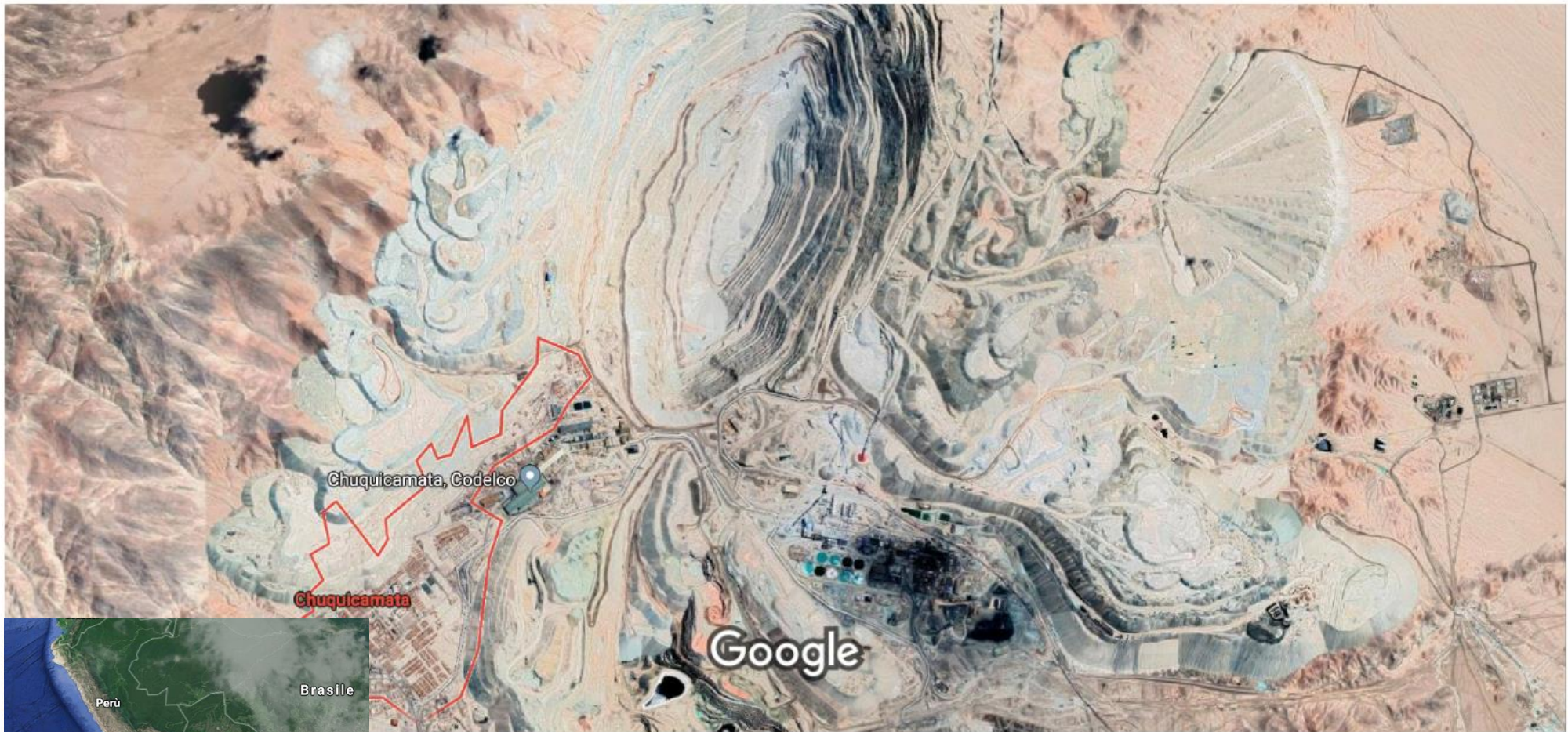


Miniere di oggi

Miniera a cielo aperto



Cile: Miniera di rame



← 1 Km →

Immagini ©2019 Maxar Technologies, Maxar Technologies, Immagini ©2019 CNES / Airbus, Landsat / Copernicus, Maxar Technologies, Dati cartografici ©2019



Questa è una
persona

Vasca per la raccolta dei fanghi di
risultato di una miniera di Zinco, Piombo
Argento e Oro in **Messico**. 4 Km lato.



Miner

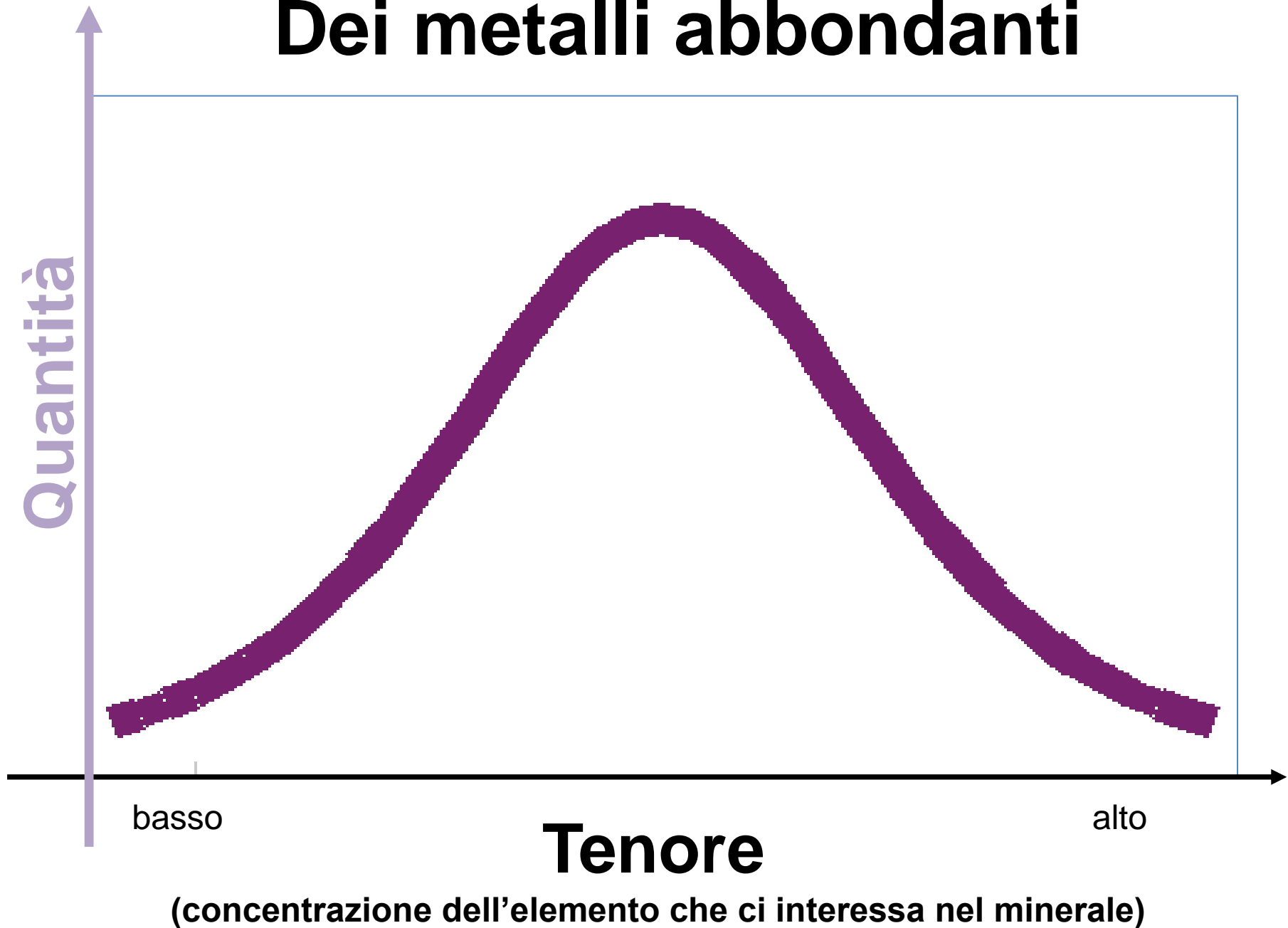
Tai

Cha

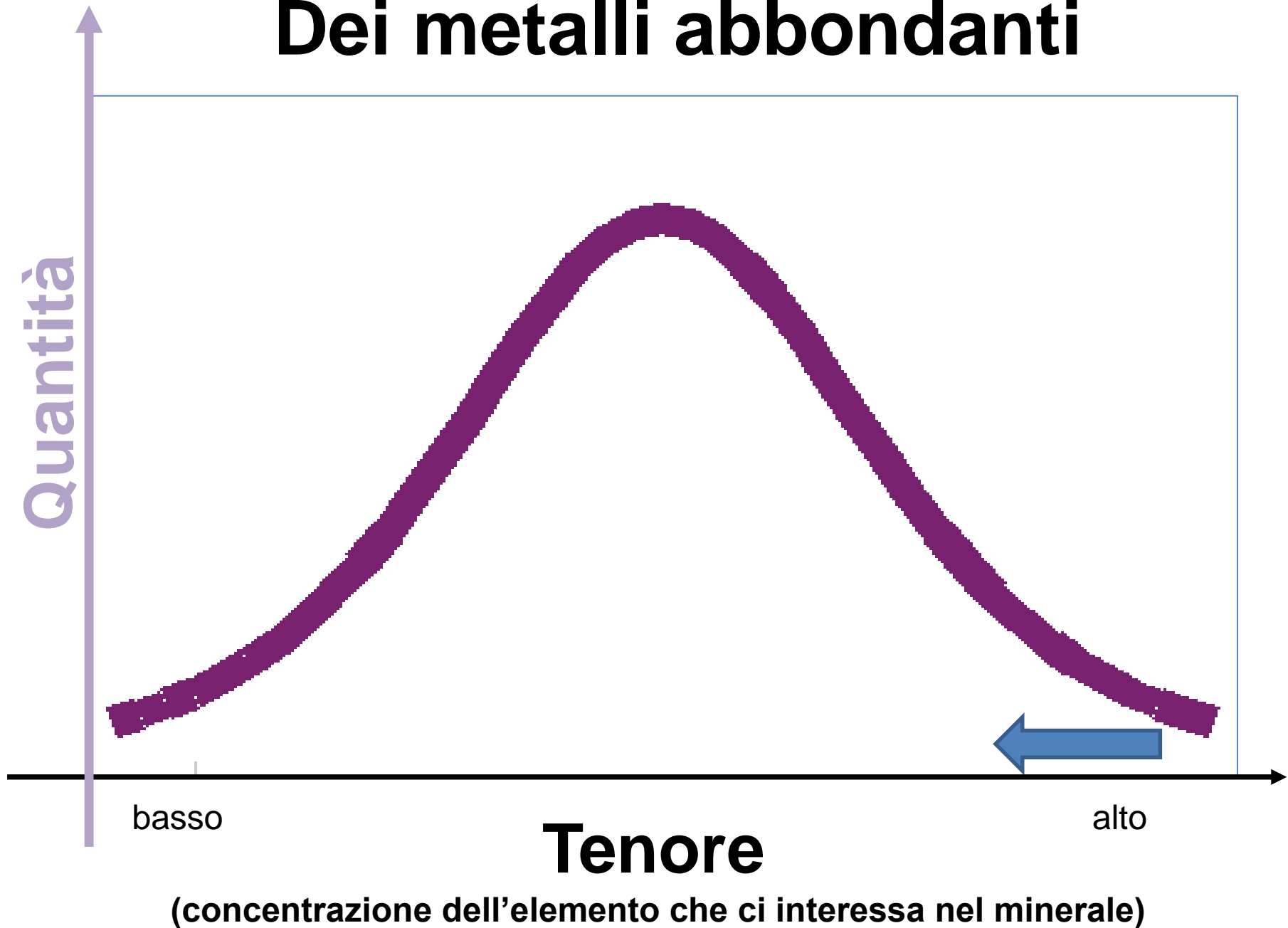
Energia, l'anello del potere



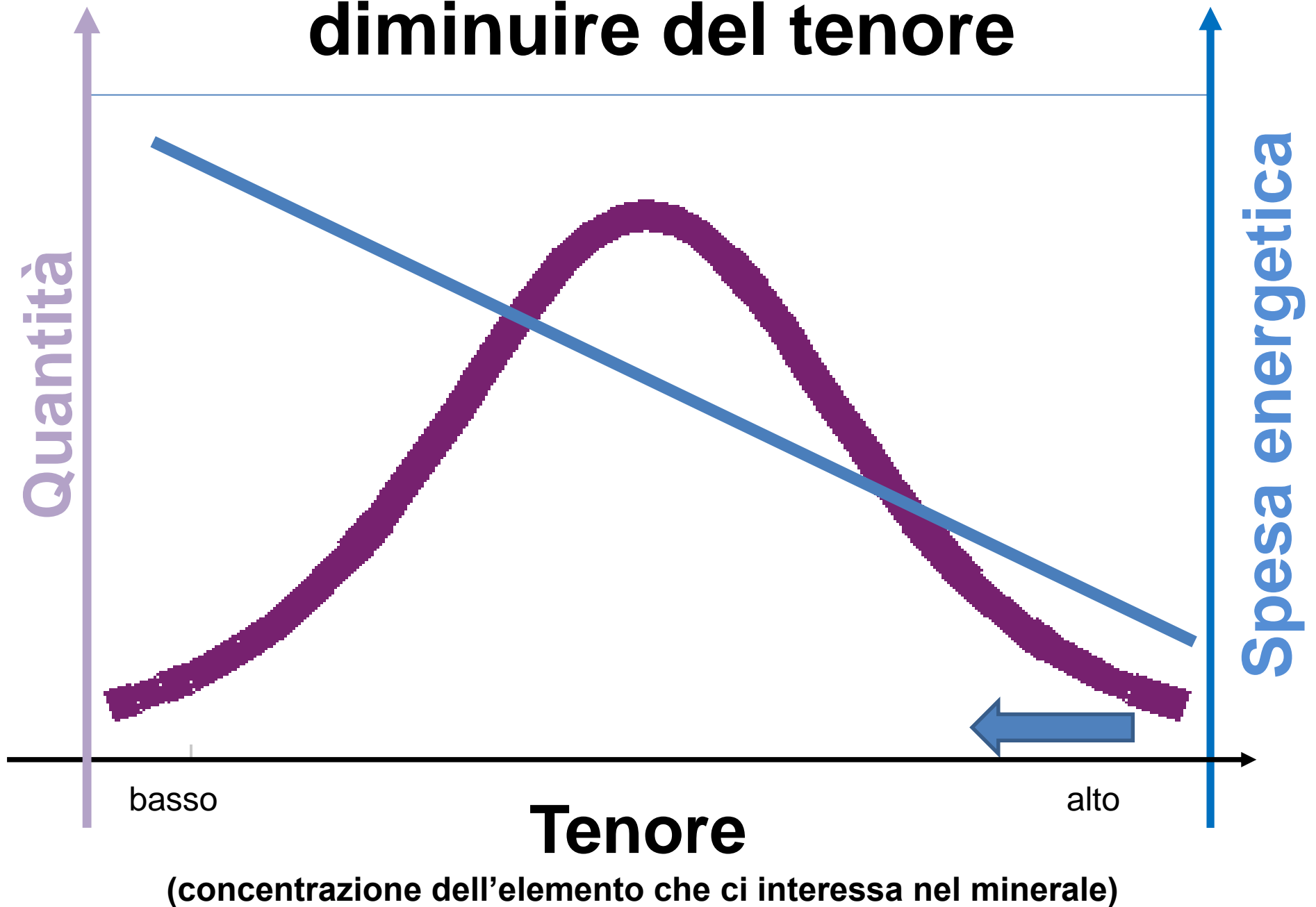
Distribuzione normale Dei metalli abbondanti



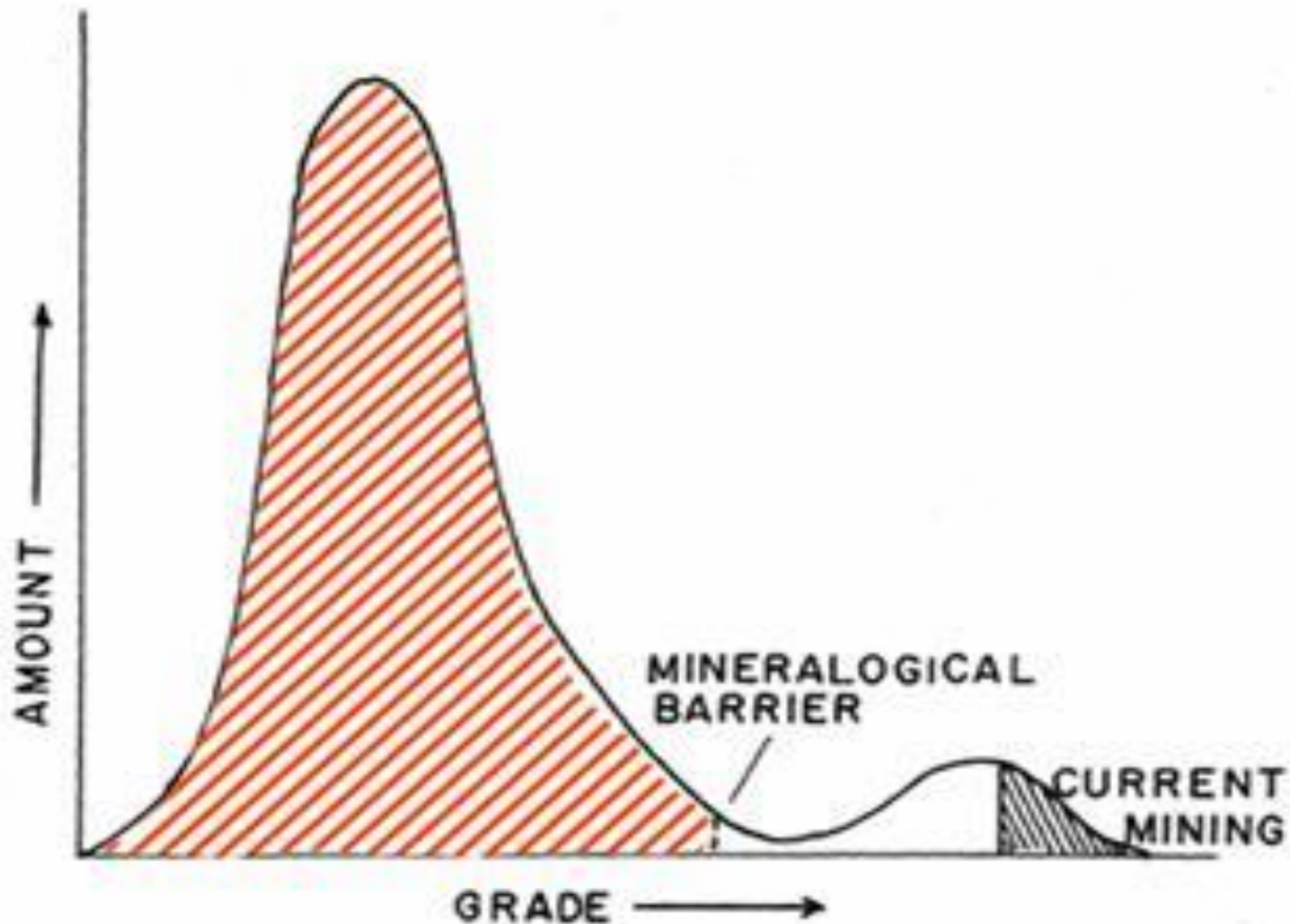
Distribuzione normale Dei metalli abbondanti



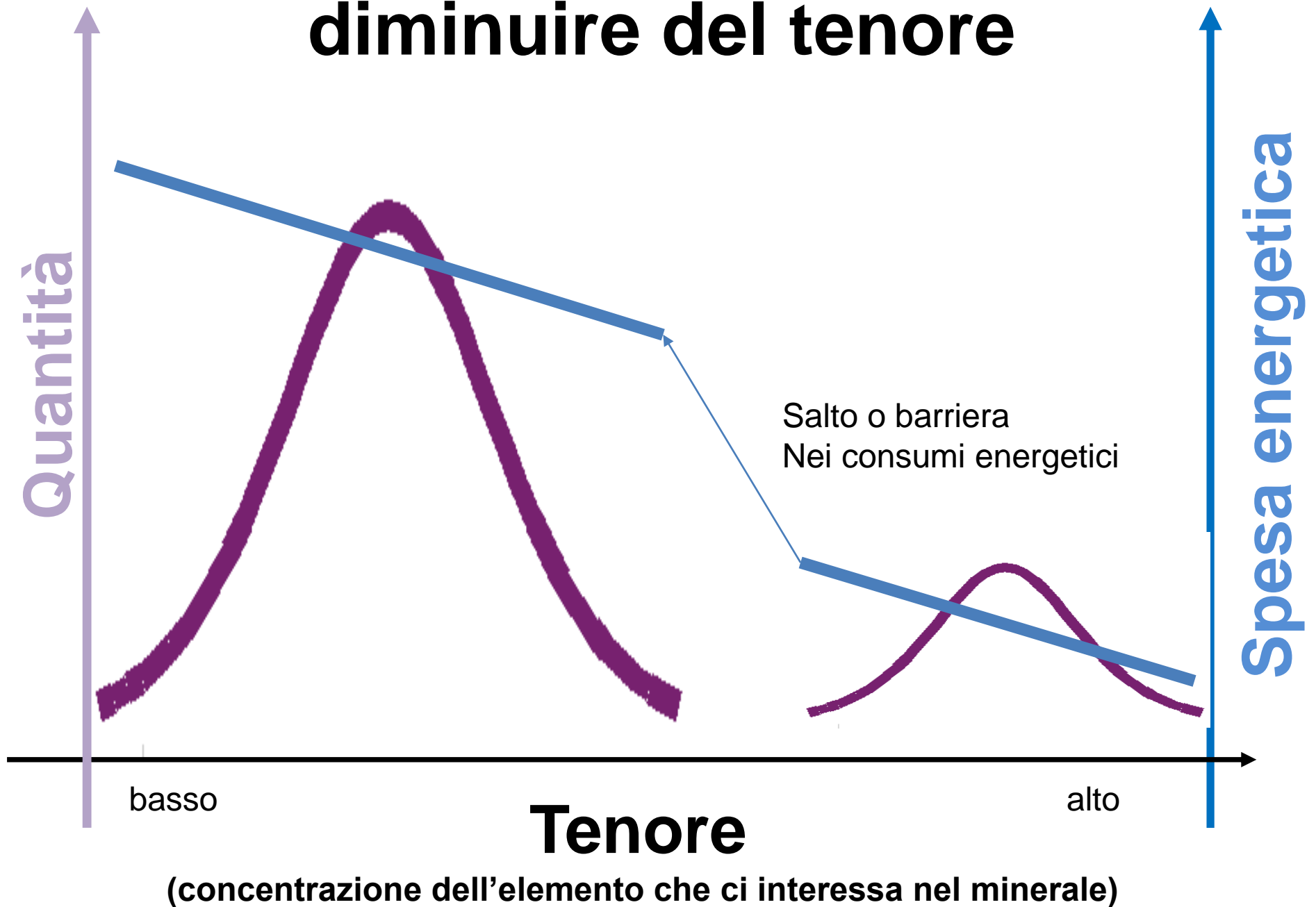
Aumento della spesa energetica al diminuire del tenore

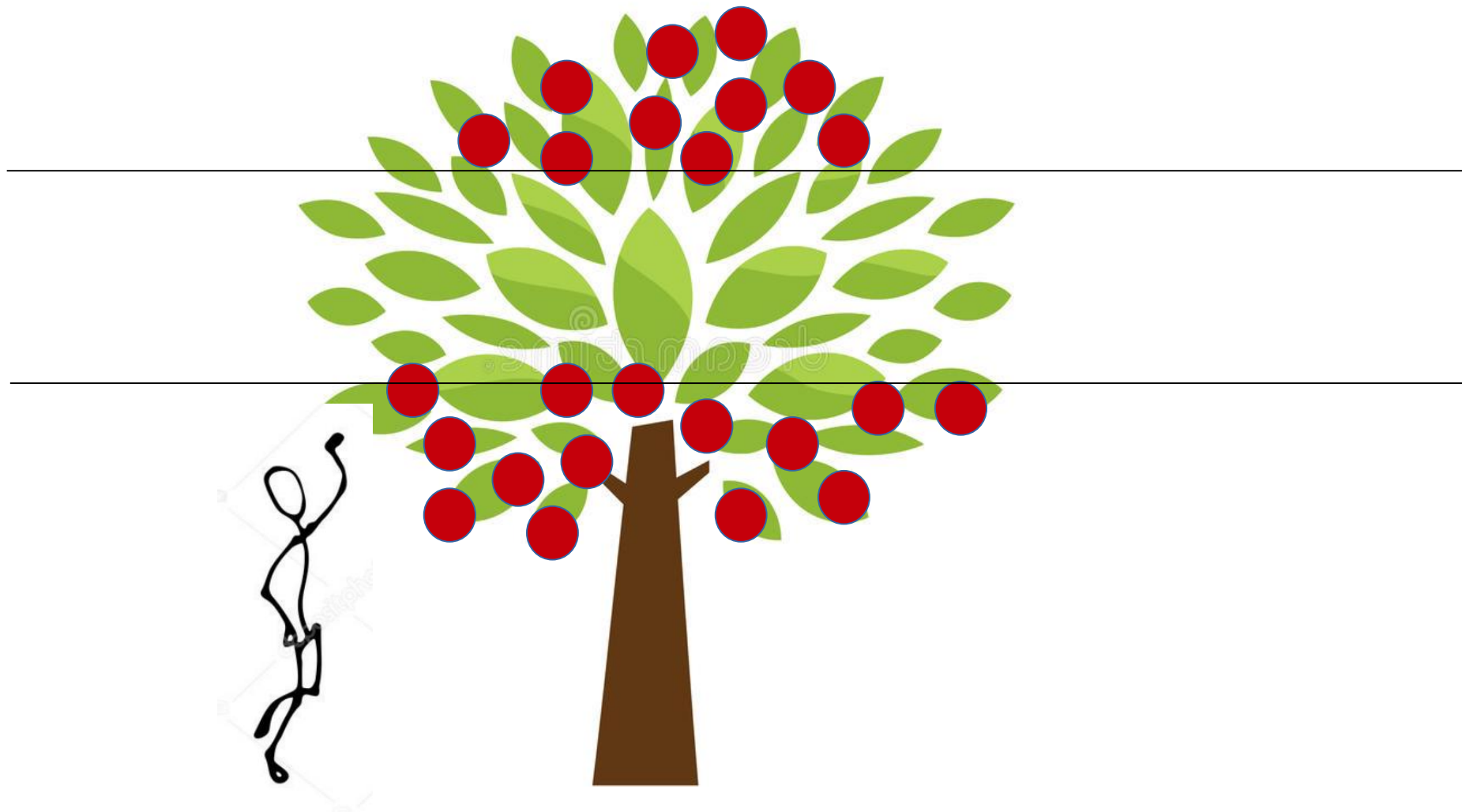


Distribuzione bimodale dei metalli rari

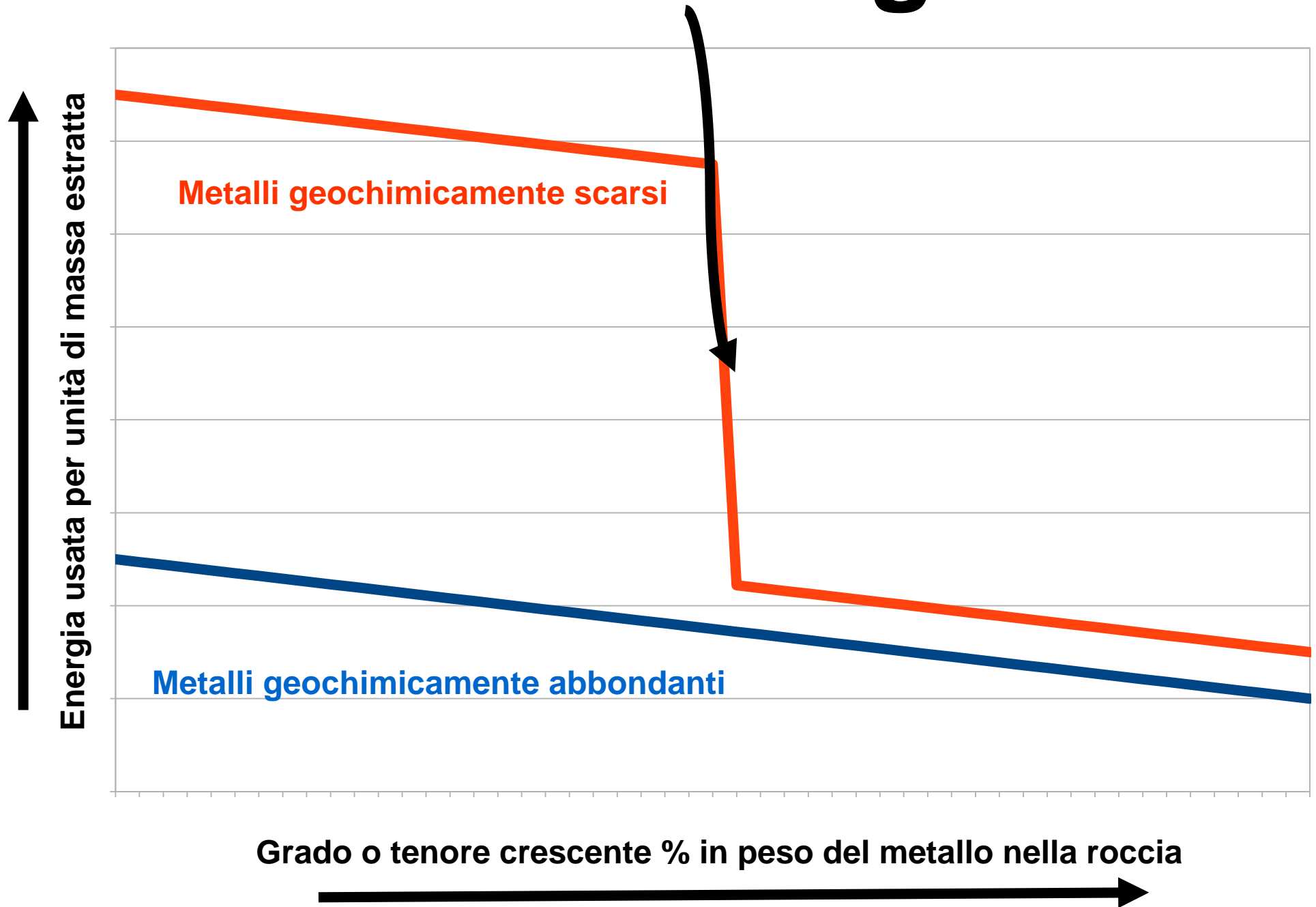


Aumento della spesa energetica al diminuire del tenore





Barriera energetica



Il circolo vizioso della sostenibilità

(Philippe Bihouix. Quel futur pour le metaux)

Rarefazione e nuove tecnologie spingono allo sfruttamento di risorse diluite e rare per le quali è necessario un maggior consumo energetico.

L'**esaurimento** delle fonti fossili spinge verso le nuove tecnologie energetiche che richiedono materiali relativamente rari ed energivori (non tutte e non sempre).

Il cortocircuito o circolo vizioso tecnologico ed economico dovrebbe essere chiaro. Di fronte a questo problema si devono cercare soluzioni e, più spesso, risposte adeguate. Le soluzioni sono metodi per superare un problema complesso che permettono di mantenere la struttura della società e dei suoi consumi sostanzialmente invariata (Business As Usual o BAU) le risposte sono invece azioni che, rivelata l'impossibilità di perseguire il modello all'infinito, optano per una ristrutturazione della società e dei consumi attraverso un cambio di paradigma.

Usi dispersivi



Nei consumi delle risorse minerali (metalli ma non solo) uno dei problemi maggiori sono gli usi dispersivi che sono gli usi nei quali il recupero e il riciclo dei materiali è praticamente impossibile. Nella figura che segue si presenta un florilegio di usi dispersivi di metalli. In generale questi usi dispersivi si verificano in numerosi domini merceologici:

- 1) i prodotti per l'igiene e la cosmetica
- 2) gli inchiostri e gli additivi per la carta
- 3) le vernici e i pigmenti
- 4) i lubrificanti
- 5) gli usi agricoli
- 6) la pirotecnia (i fuochi d'artificio)
- 7) gli additivi per le plastiche e i materiali polimerici in generale
- 8) i conservanti.

Una risorsa non rinnovabile come l'elio, che è di grande importanza tecnologica, viene utilizzato per i palloncini gonfiabili e disperso in atmosfera dove va perduto per sempre perché essendo leggero sfugge all'atmosfera stessa e si disperde nello spazio esterno. L'elio è un gas nobile poco reattivo che serve a raggiungere le basse temperature necessarie, ad esempio, per i magneti della Risonanza Magnetica che si usa nella diagnostica medica, ed è anche essenziale nella costruzione delle fibre ottiche. Per questa ragione l'uso dispersivo dell'elio è attualmente uno dei comportamenti più preoccupanti.

Soluzioni

- ***Non esistono soluzioni semplici per problemi complessi.***

I limiti del riciclo possono essere stimati quantitativamente calcolando il tasso di perdite di un determinato materiale ad ogni ciclo di uso. Prendiamo un materiale metallico come il rame, l'alluminio o l'acciaio che sono riciclabili con relativa facilità. Se il tasso di riciclo è del 90% (una percentuale che, almeno per ora, non è stata raggiunta da alcuna società a livello globale) ad ogni ciclo se ne perde il 10%. Se si parte, ad esempio, da 1 tonnellata di materiale dopo il primo ciclo ne sarà rimasto il 90%, dopo il secondo ciclo il 90% del 90% ecc ogni volta si deve moltiplicare la quantità rimasta per 0,9, quindi dopo 10 cicli avremo una quantità che è quanto resta di 10 consecutive moltiplicazioni per il fattore 0,9:

$$0,9*0,9*0,9*0,9*0,9*0,9*0,9*0,9*0,9*0,9 = (0,9)^{10} = 0,35 \text{ cioè il } 35\%$$

Dopo dieci cicli il 65% di un materiale che viene riciclato al 90% deve essere ripristinato fresco da miniera. Se il tasso di riciclo è del 60% (una percentuale più prossima alla realtà del riciclo effettivamente attuato) dopo dieci cicli la quantità da ripristinare è il 99,4%.

La Commissione Europea si è posta l'obiettivo primario del 70 % per il riutilizzo e il riciclaggio dei rifiuti urbani, le proposte includono l'incremento progressivo degli obiettivi di riciclaggio individuali per taluni materiali di imballaggio: il 90 % per la carta entro il 2025, il 60 % per la plastica, l'80 % per il legno e il 90 % per i metalli ferrosi, l'alluminio e il vetro entro il 2030. La Commissione chiede inoltre agli Stati membri di ridurre i rifiuti alimentari del 30 % entro il 2025.

Le plastiche sono materiali che raramente possono essere riciclati più di una volta e al secondo uso sono generalmente usate per scopi meno nobili che al primo. Questo perché contengono diversi additivi (anche metallici) per diverse applicazioni e quando vengono mescolate perdono le caratteristiche dell'applicazione per cui sono state fatte. Un esempio tipico del riuso delle plastiche è dato dalle reti (generalmente arancioni) che si usano sui cantieri e che sono prodotte del riciclo di plastiche con usi più nobili.

Soluzioni

- **Sostituzione**
 - **Riciclo**
- **Miniaturizzazione**

Limiti del riciclo



TASSO DI RICICLO



90% → 10 cicli → 35%

65%



DEVE ESSERE IMMESSO FRESCO (CIOE' DA MINIERA) NEL PROCESSO INDUSTRIALE.

60% → 10 cicli → 0,6%



Anche la miniaturizzazione ha dei limiti. Il più grave di questi limiti è che spesso la miniaturizzazione dei dispositivi elettronici riduce effettivamente l'uso dei materiali, ma rende anche meno praticabile il riciclo. Il costo di recuperare piccole quantità di metalli sparsi in dispositivi come l'iphone descritto sopra cresce infatti man mano che le parti di cui sono costituiti i dispositivi stessi.

Ma il limite maggiore che incontra l'uso efficiente delle risorse fu evidenziato dall'economista britannico [William Stanley Jevons](#) che è oggi noto come "[il paradosso di Jevons](#)".

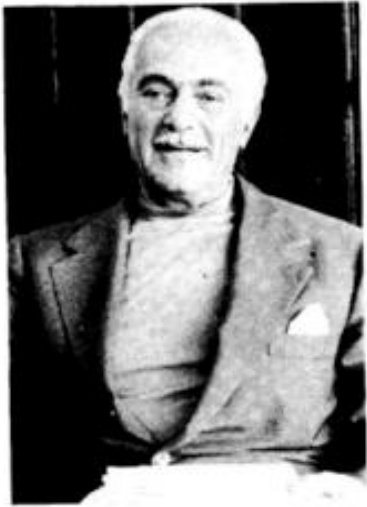
L'osservazione di Jevons si riferiva quando fu formulata nel XIX secolo al consumo di carbone e l'opera in cui fu esposta si intitolava "The Coal Question" (1865), ma le conclusioni sono generali.

In pratica quello che si osserva è che ogni innovazione tecnologica che rende più efficiente la produzione e l'uso di una risorsa ne abbassa il costo e dunque ne aumenta il consumo.

Limiti della miniaturizzazione

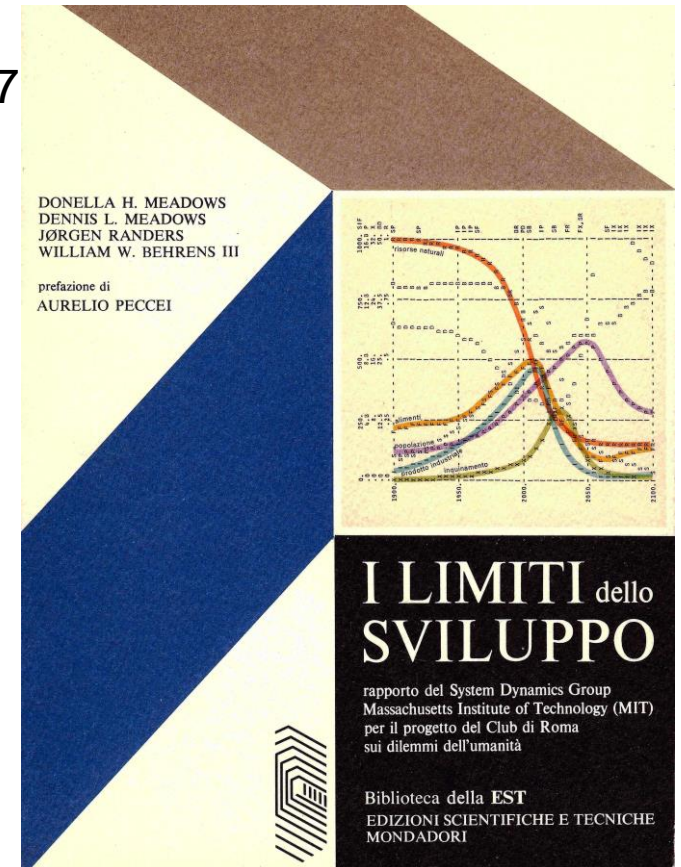
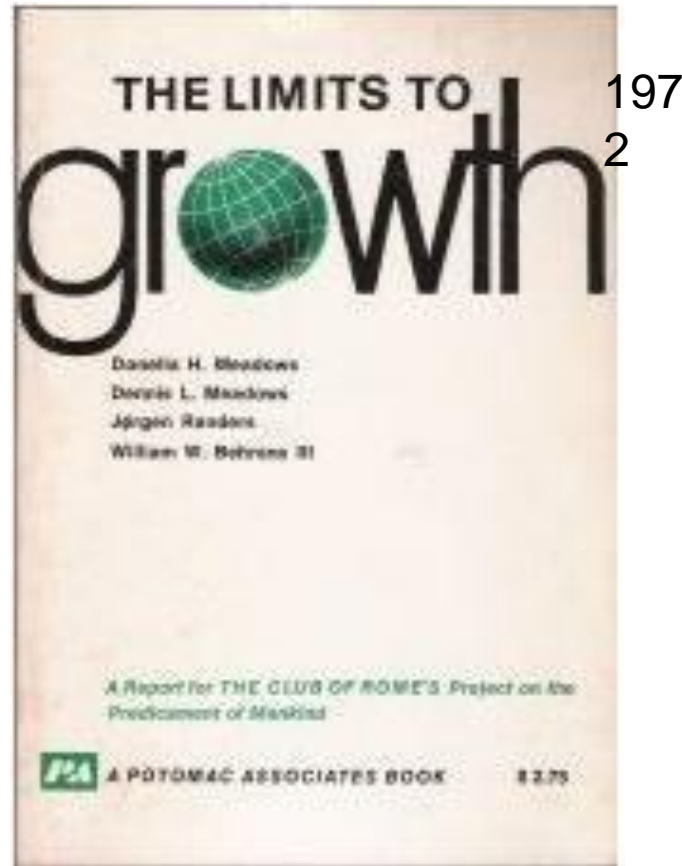


Predicament – Problem



Aurelio Peccei (1908-1984)

1968



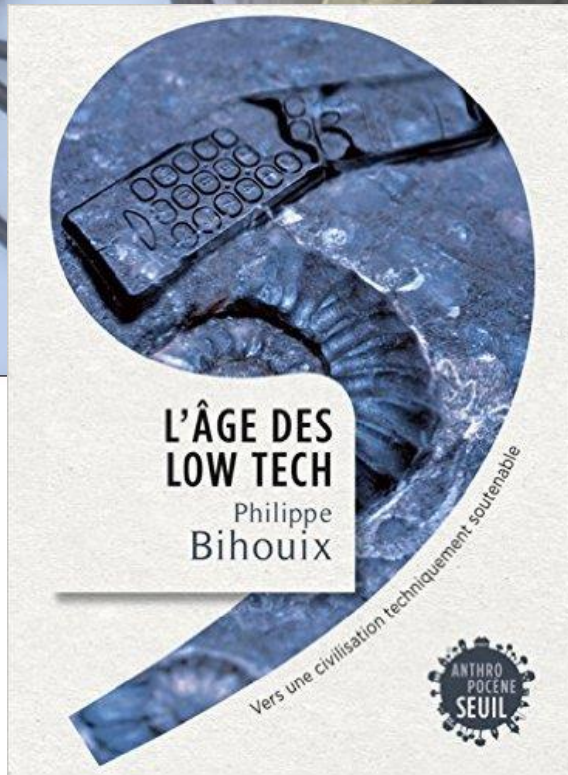
The Limits to Growth : .
A report for the Club of Rome's project on the predicament
of Mankind
I Limiti dello Sviluppo (Crescita)
Rapporto per il progetto del Club di Roma sui dilemmi
dell'umanità

Risposte

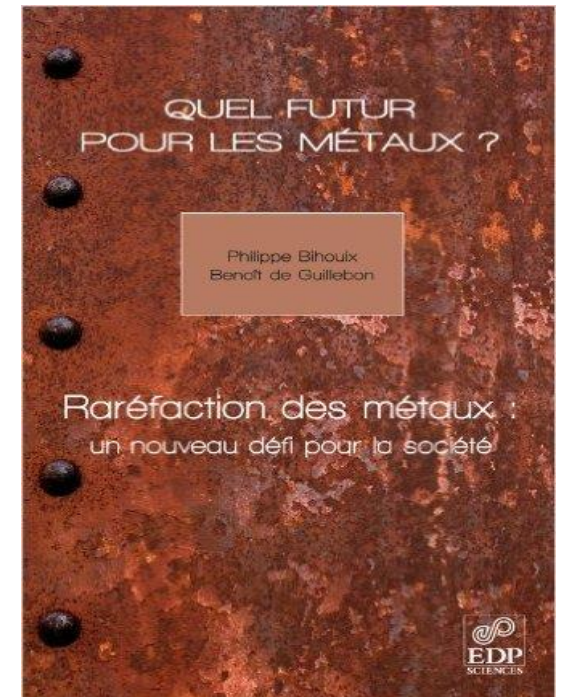
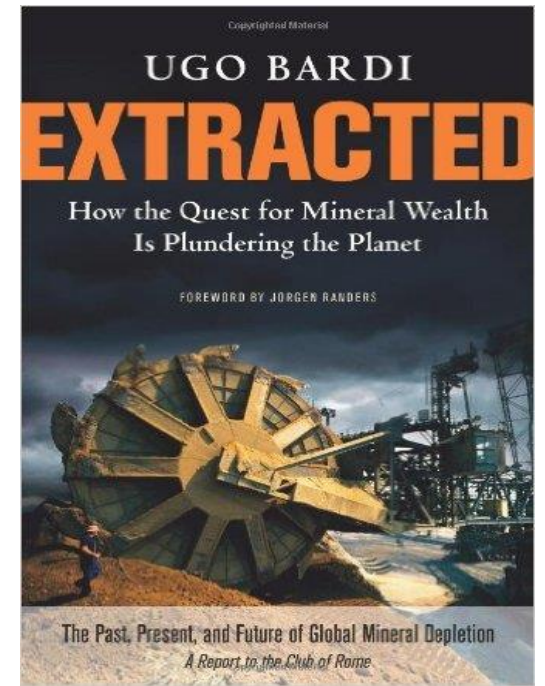
- 1) Limitazione (o eliminazione) degli usi dispersivi non essenziali
- 2) Massimizzazione del riciclo
- 3) Allungamento del tempo di vita degli oggetti
- 4) Progettazione finalizzata alla dura ed al riciclo
- 5) Ricerca e sviluppo della/nella sostenibilità

Tecnologie robuste basate su materiali abbondanti e la cui produzione non richiede elevati consumi energetici.

Low tech



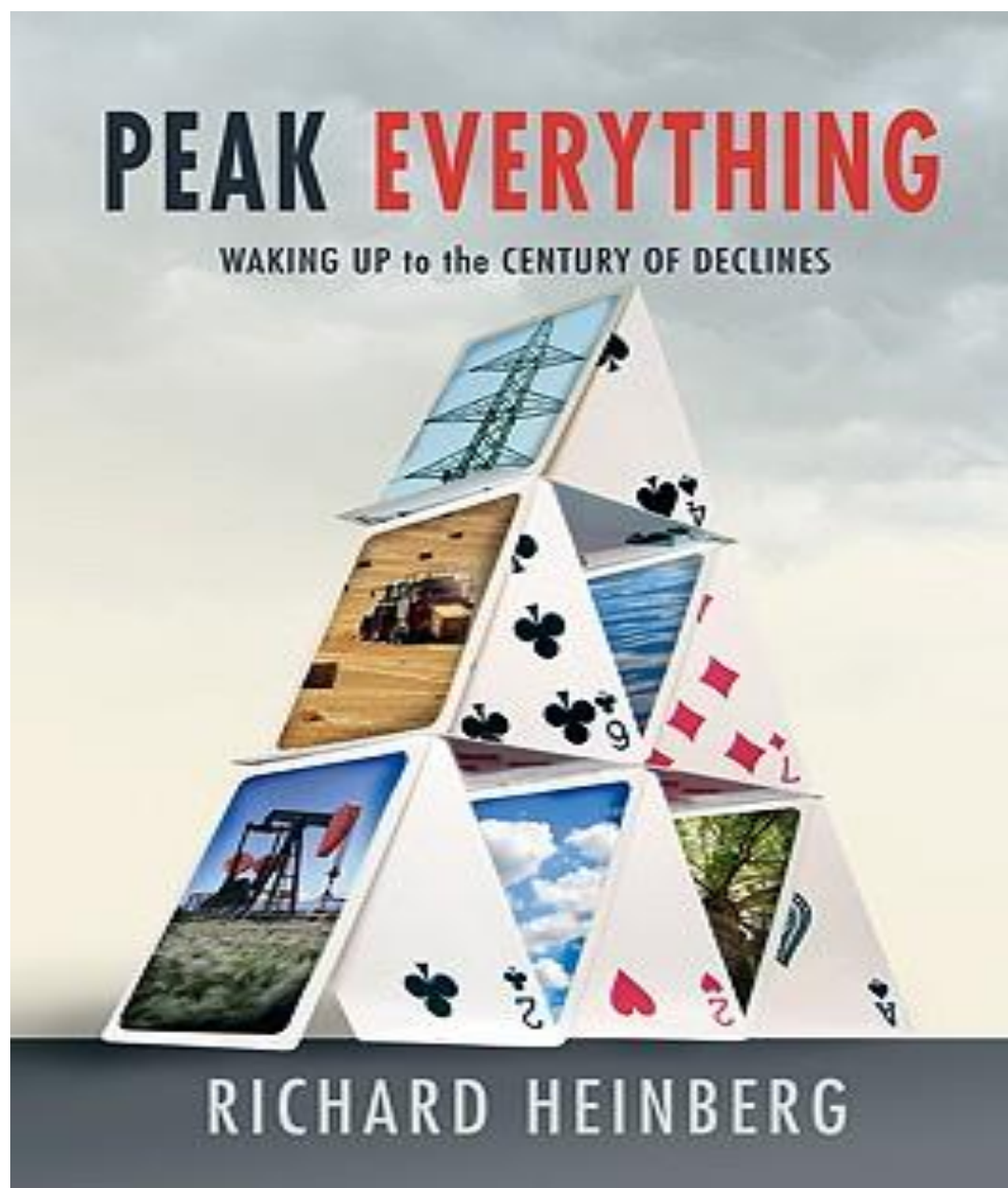
Donald_duke



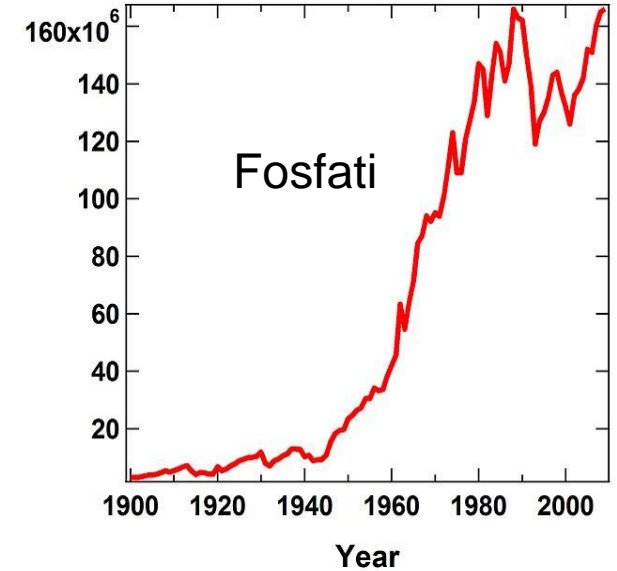
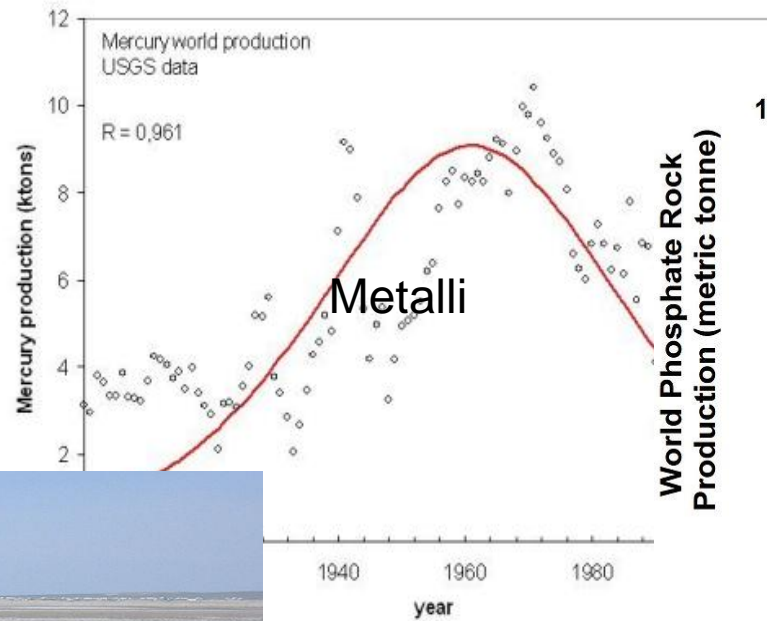
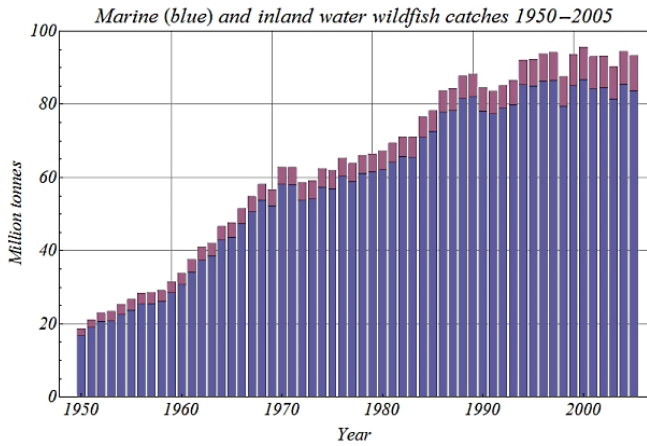
Dal Picco del petrolio al picco di tutto.

Gli studiosi che si sono occupati dei limiti della crescita economica hanno incontrato il primo segnale di questi limiti nel momento critico della fine del petrolio a buon mercato rappresentato dal Picco del Petrolio convenzionale. Ma ben presto è diventato chiaro che il paradigma del picco si adattava a molte altre risorse materiali ed anche immateriali. Siamo così passati dal picco dei minerali a quello dei rifiuti a quello della conoscenza scientifica (qualcuno si è posto il problema di dove potremo arrivare con le risposte alle nostre domande e ha trovato che molte domande fondamentali potrebbero restare senza risposta per il semplice fatto che non abbiamo i mezzi tecnici, materiali e forse anche intellettuali per indagare certi problemi scientifici come, ad esempio, l'origine della vita, l'origine dell'Universo ecc cfr Russel Stannard *The end of discovery*. Oxford University Press, 2010). In sostanza siamo passati dal picco del petrolio al picco di tutto. Un punto di vista realmente innovativo nella storia dell'umanità. Dopo secoli in cui ci siamo detti che tutto era possibile, incominciamo a vedere diversi limiti che l'ambiente in cui viviamo ci pone. Questi limiti non pongono confini precisi alle risorse immateriali, ma indicano la natura biofisica del nostro metabolismo sociale ed economico e ne determinano la forma e le dimensioni entro le quali si può sviluppare. Non è un messaggio catastrofista, ma piuttosto una presa di coscienza di un dato che il resto della biosfera già conosce in modo innato ed al quale Homo sapiens deve arrivare attraverso l'evoluzione culturale se non vuole distruggere l'ambiente in cui vive e ridurre le opportunità delle generazioni future.

Il picco di tutto



Il picco di tutto.



Il suolo viene consumato ad una velocità che da 10 a 20 volte superiore a quella con cui si ricostituisce.