

Ecologia

Anno Accademico 2023-24

Docente:

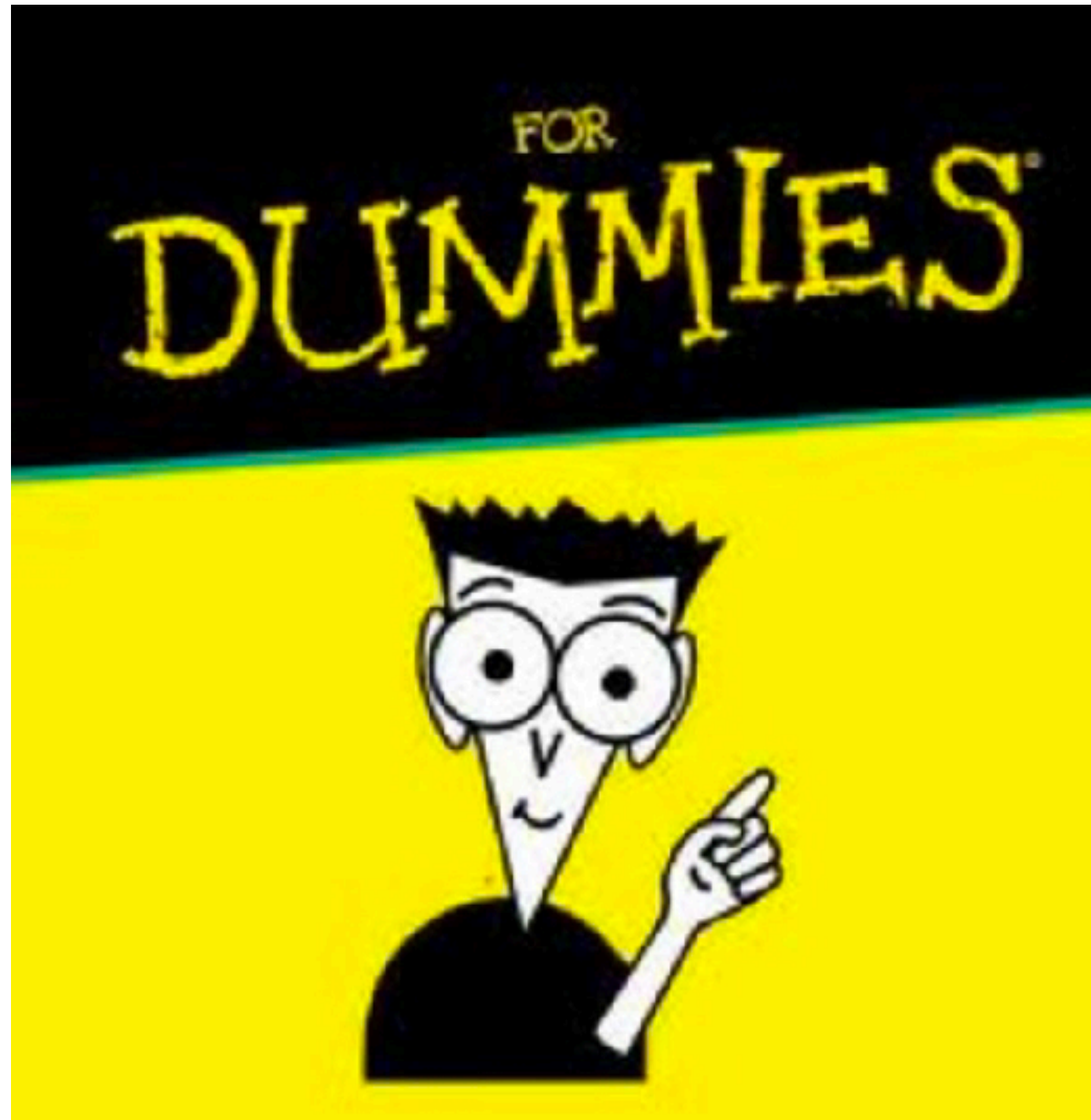
Prof. Stefano Martellos

martelst@units.it

(<http://dryades.units.it/SM>)



Il corso



Docente

Lezioni

Materiale didattico

Esame

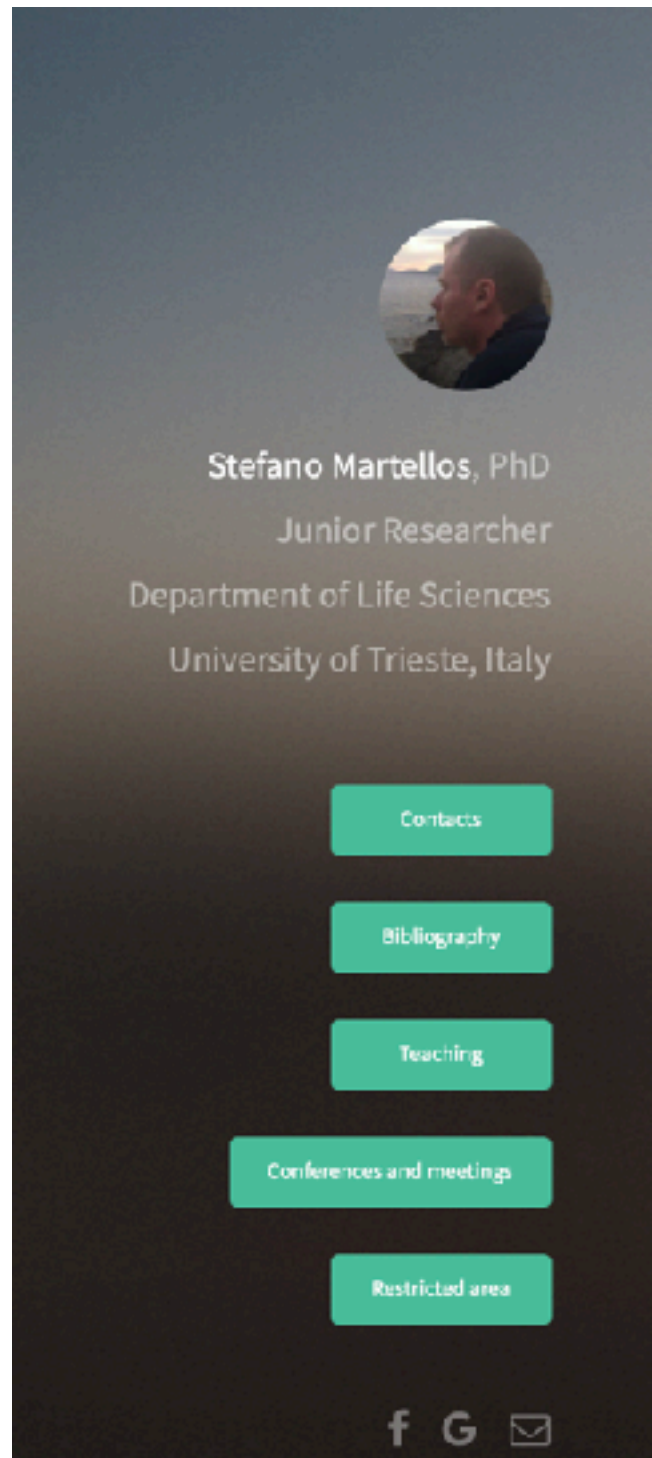
Docente

Prof. Stefano Martellos, email: martelst@units.it

Dipartimento di Scienze della Vita, edificio M, via L. Giorgieri 10



<http://dryades.units.it/SM>



About me



I graduated in Biological Sciences in 1999, and defended my PhD thesis in 2005, at the University of Trieste (NE Italy).

Since then I worked at the former Dept. of Biology (now Dept. of Life Sciences) of the University of Trieste, dealing mostly with lichens and biodiversity informatics.

I participated to several national and international projects, and coordinated the LIFE+ project CSMON-LIFE.

Curriculum vitae

Prof. Stefano Martellos

Professore Associato

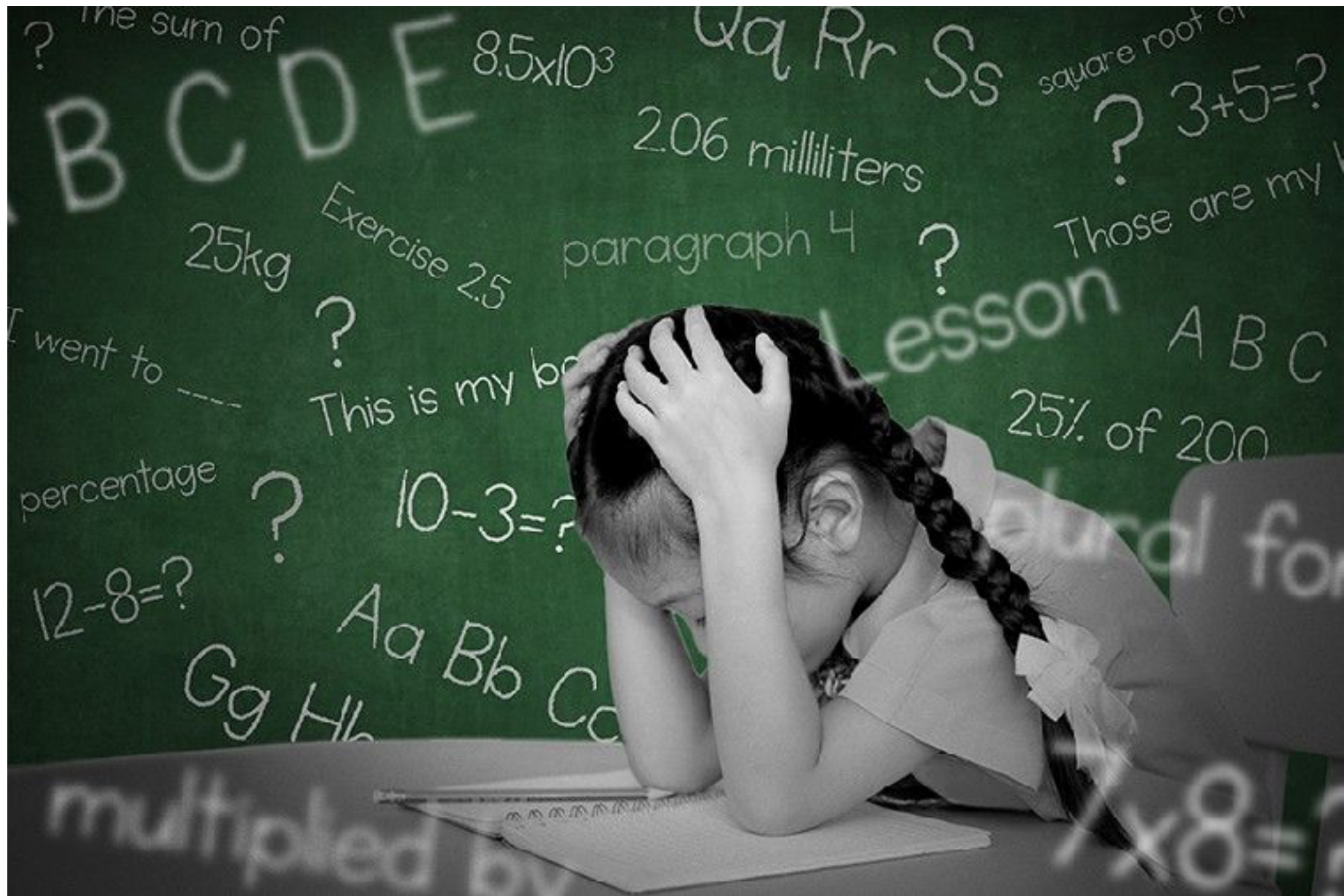
- Dipartimento di Scienze della Vita

Info:

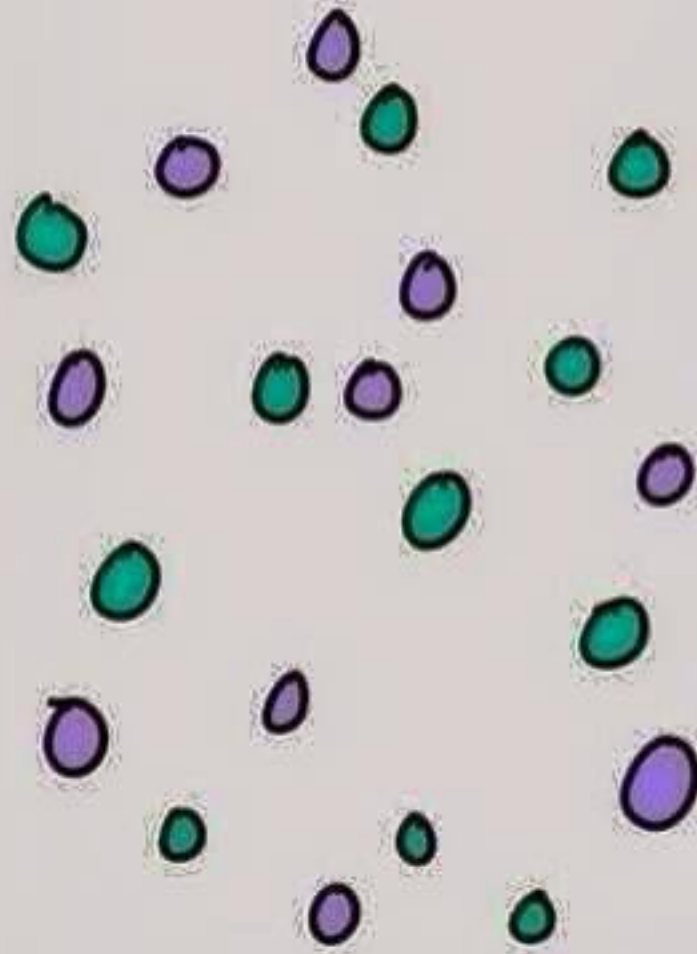
Recapito:	Dipartimento di Scienze della Vita - via Giorgieri, 10				
Tel:	040/558 3889				
E-mail:	martelst@units.it				
Settore disciplinare:	BIO/02 Botanica Sistemica				
Curriculum vitae:	 (19.2.2020)				
Pubblicazioni:	<i>Catalogo di Stefano Martellos</i>				
Orario di ricevimento e Info Logistica:					
		dalle	alle	Luogo	note
	mar.	10.00	12.00	Edificio M, Sez. Geobotanica, Stanza B/3	
	gio.	10.00	12.00	Edificio M, Sez. Geobotanica, Stanza B/3	

Informazioni aggiornate al: 27/02/2021 - 03:00

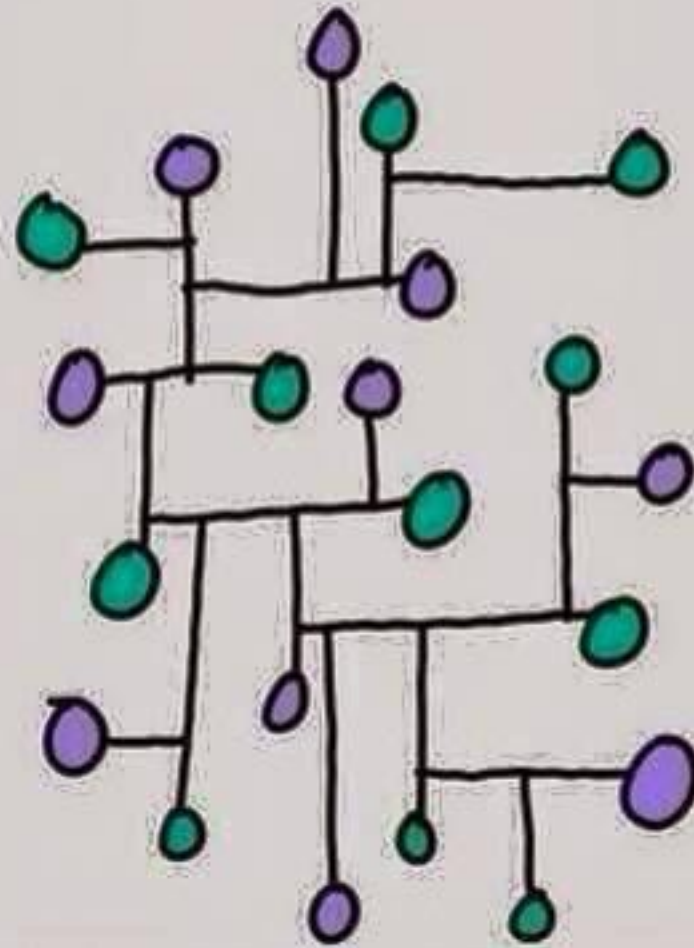
Lezioni



information:

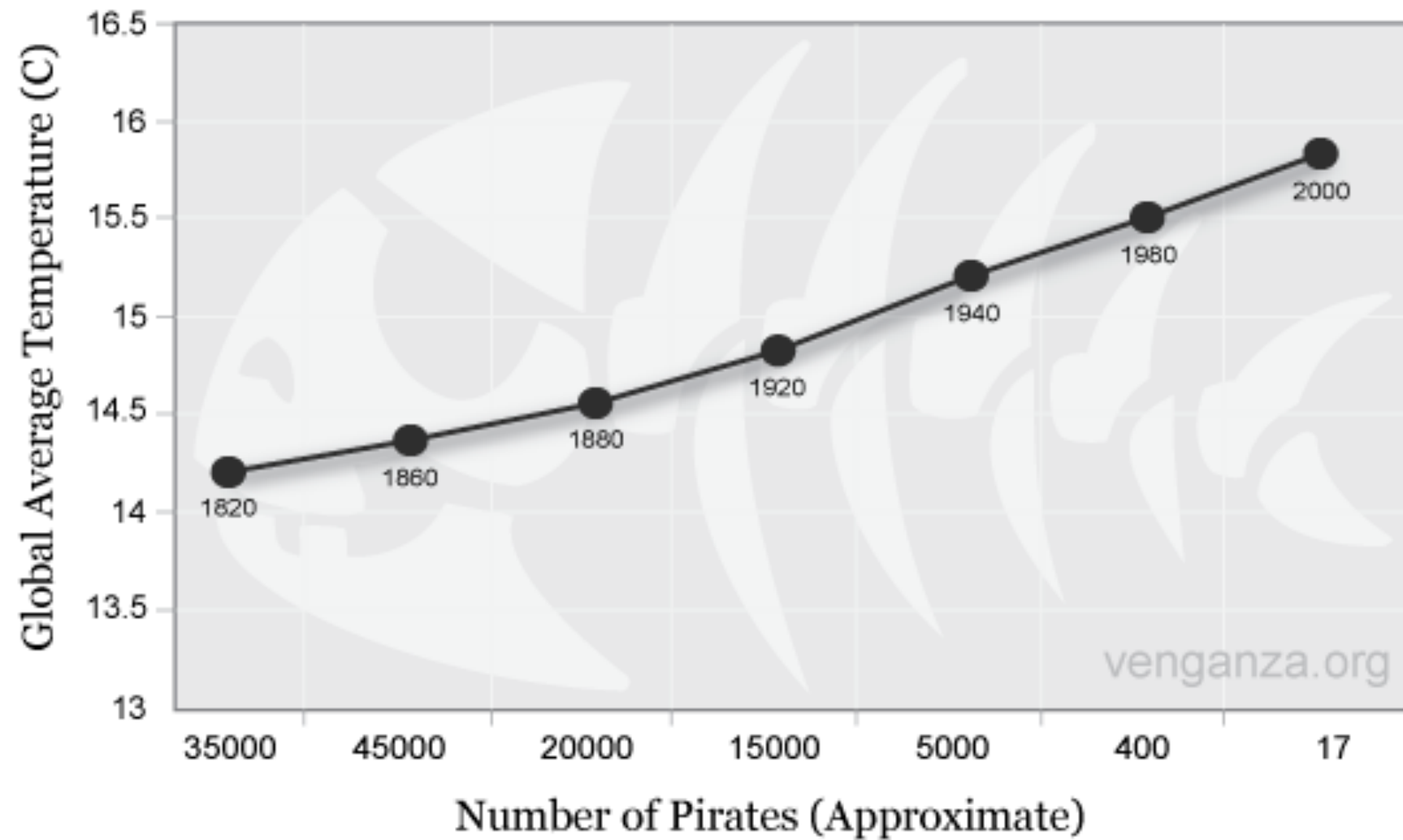


knowledge:



@gapingvoid

Global Average Temperature Vs. Number of Pirates



Nelle lezioni parleremo di:

- Cos'è l'ecologia
- Ecologia ed economia
- Conservazione dell'ambiente
- Ecosistemi
- Ecosistemi ed energia
- Cicli biogeochimici
- Rapporti tra popolazioni e individui
- Monitoraggio dell'ambiente
- E tante altre cose interessanti....

Materiale didattico

**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI TRIESTE**

Home Dashboard Corsi ▾ Supporto ▾

 ▾

Modalità modifica 

✕

⋮

▾ Introduzione

▾ Slide

▾ Materiali

La pietra e la pozza

The prehistoric and preindustri...

Environmental degradation in a...

The Mystery of Easter Island

Dipartimento Universitario Clinico di Scienze mediche, chiru... / Laurea triennale (DM270) / ME16 - TECNICHE DELLA PREVENZIONE NELL'AMBIENTE E...
/ A.A. 2026 - 2027

627ME-4 - ECOLOGIA 2026

Corso

Impostazioni

Partecipanti

Valutazioni

Attività

Altro ▾



Questo corso è attualmente visibile a tutti e l'**iscrizione spontanea** è possibile.

L'istanza di iscrizione **Iscrizione spontanea (Student)** consente l'iscrizione spontanea senza limitazioni a tempo indeterminato.

Se non si vuole che nessun utente di Moodle possa accedere liberamente a questo corso, si prega di limitare le impostazioni dell'iscrizione spontanea.

▾

Introduzione

Minimizza tutto

Attenzione! Il materiale è ad uso esclusivo degli studenti dell'Insegnamento di Biologia Vegetale (002FA-2), AA 2025-2026.

E' espressamente vietata la diffusione del contenuto sul Web o la sua pubblicazione a mezzo stampa. Chi lo scarica, implicitamente sottoscrive queste condizioni.

▾

Slide



Esame

L'esame prevede un test orale.
Ovvero, ci facciamo una chiacchierata sui contenuti
del corso.

L'orale può durare da 0,1 a 30 minuti, a seconda del
vostro livello di preparazione.
E della mia pazienza... :-)

Se avete domande fatele ora...

**...o tacete per sempre.
(almeno fino all'esame :-D)**



Ecologia

=

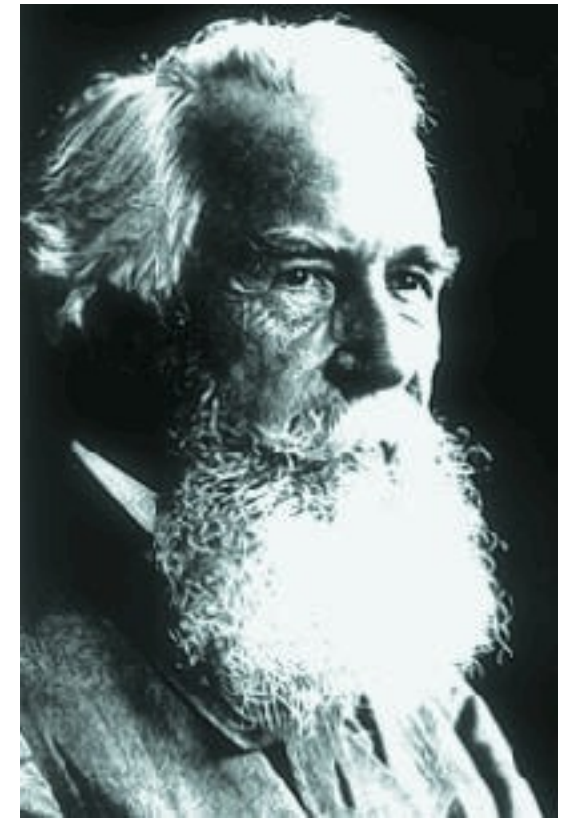
oikos (casa, luogo dove vivere)

+

logos (conoscenza, discorso)

"...Ecology studies the conditions of the organisms' existence, the dependence of their way of life on the organic and inorganic environment, their budget, the interactions between them and their parasites, enemies, friends, etc." E. Haeckel, 1894.

Letteralmente ecologia significa “discorso sulla casa”, ovvero lo studio dell'ambiente in cui gli organismi e le componenti inorganiche coesistono e sono in relazione.



Economia

=

oikos (casa, luogo dove vivere)

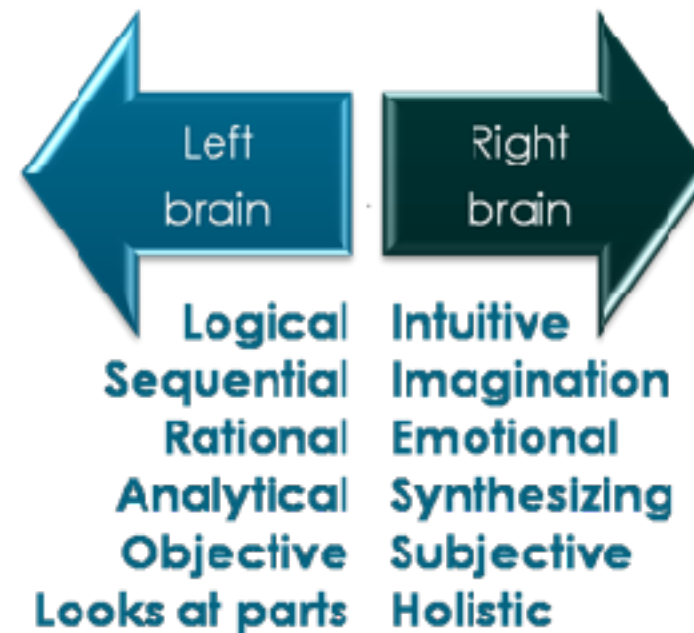
+

nomics (gestione)

Economia significa letteralmente “gestione della casa”. In teoria quindi ecologia ed economia sono discipline complementari.

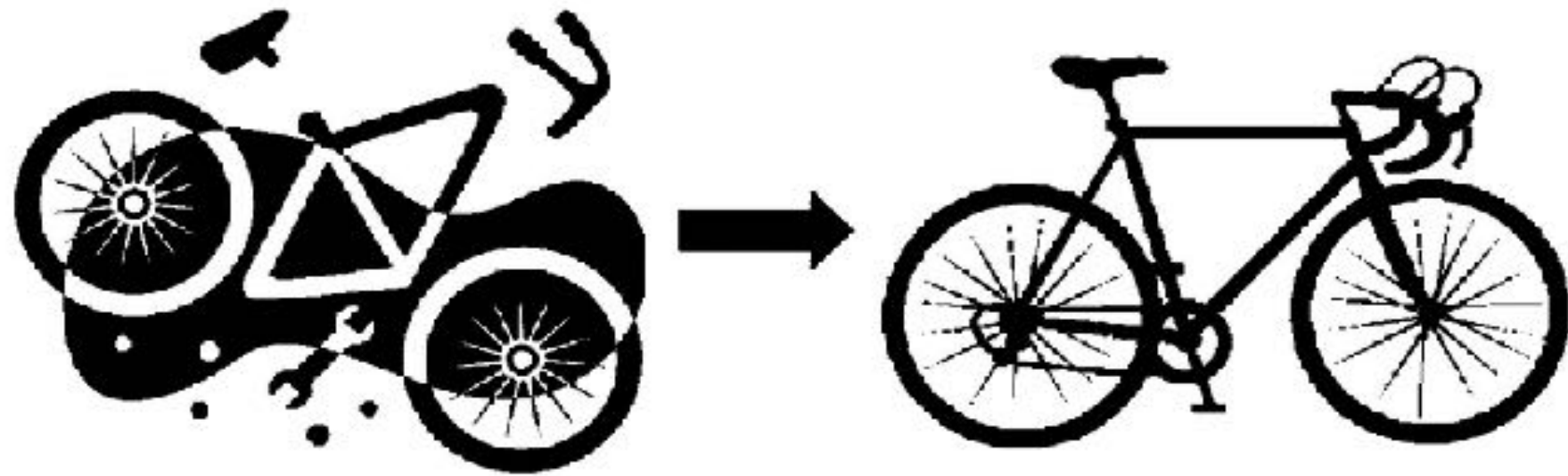
Reductionism

Parts
Structured
Rational
Prove it!
Hierarchy
Categories
Seperate
Future/past
Precise
Static
Male
Nosy
Seperate notes
Mechanic

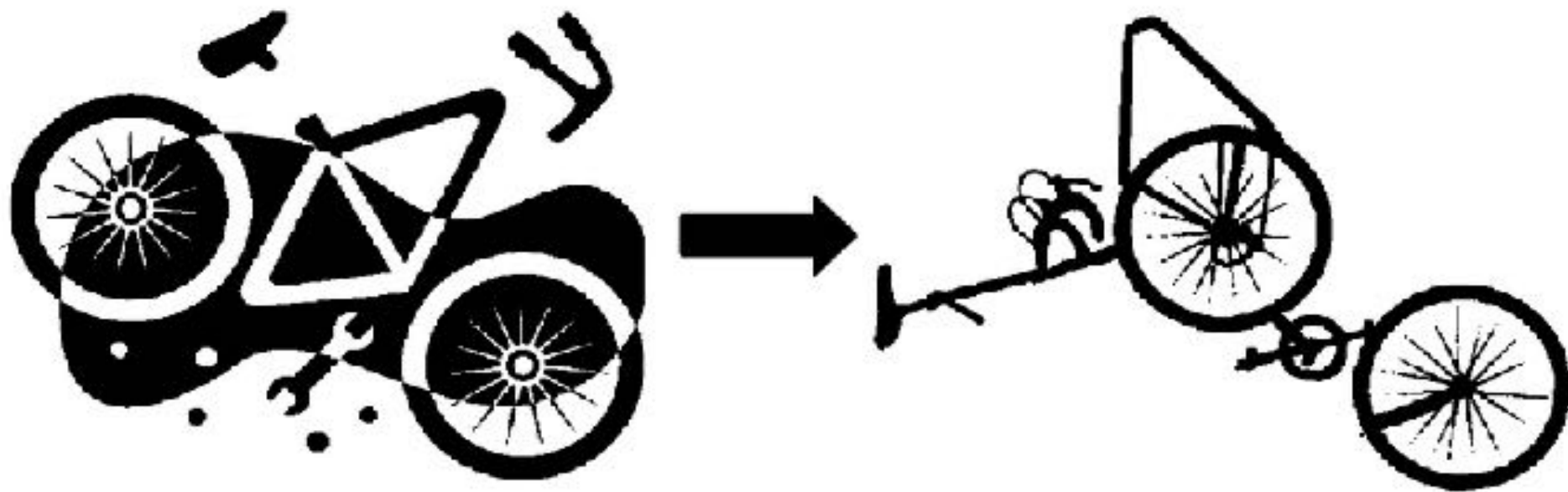


Holism

Whole
Creative
Intuitive
Open mind
Synergy
Individuals
Connected
Now
Chaotic
Dynamic
Female
Selfcorrecting
Harmony
Organic

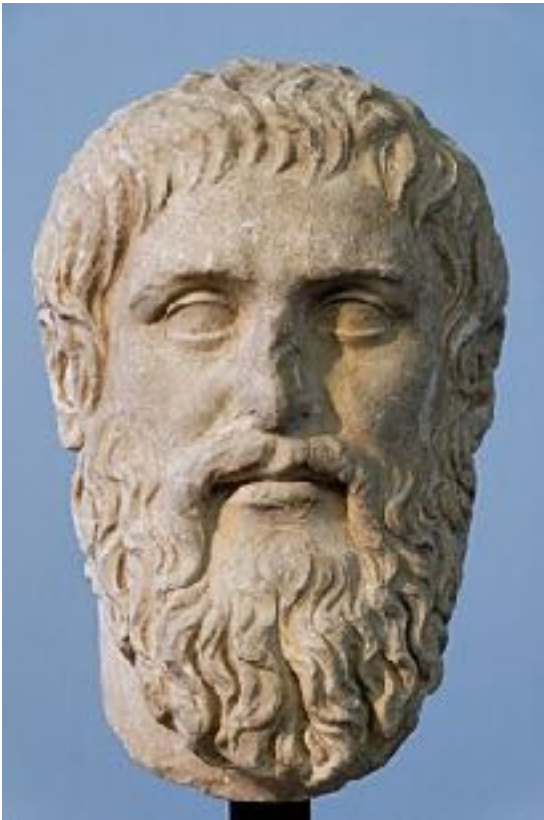


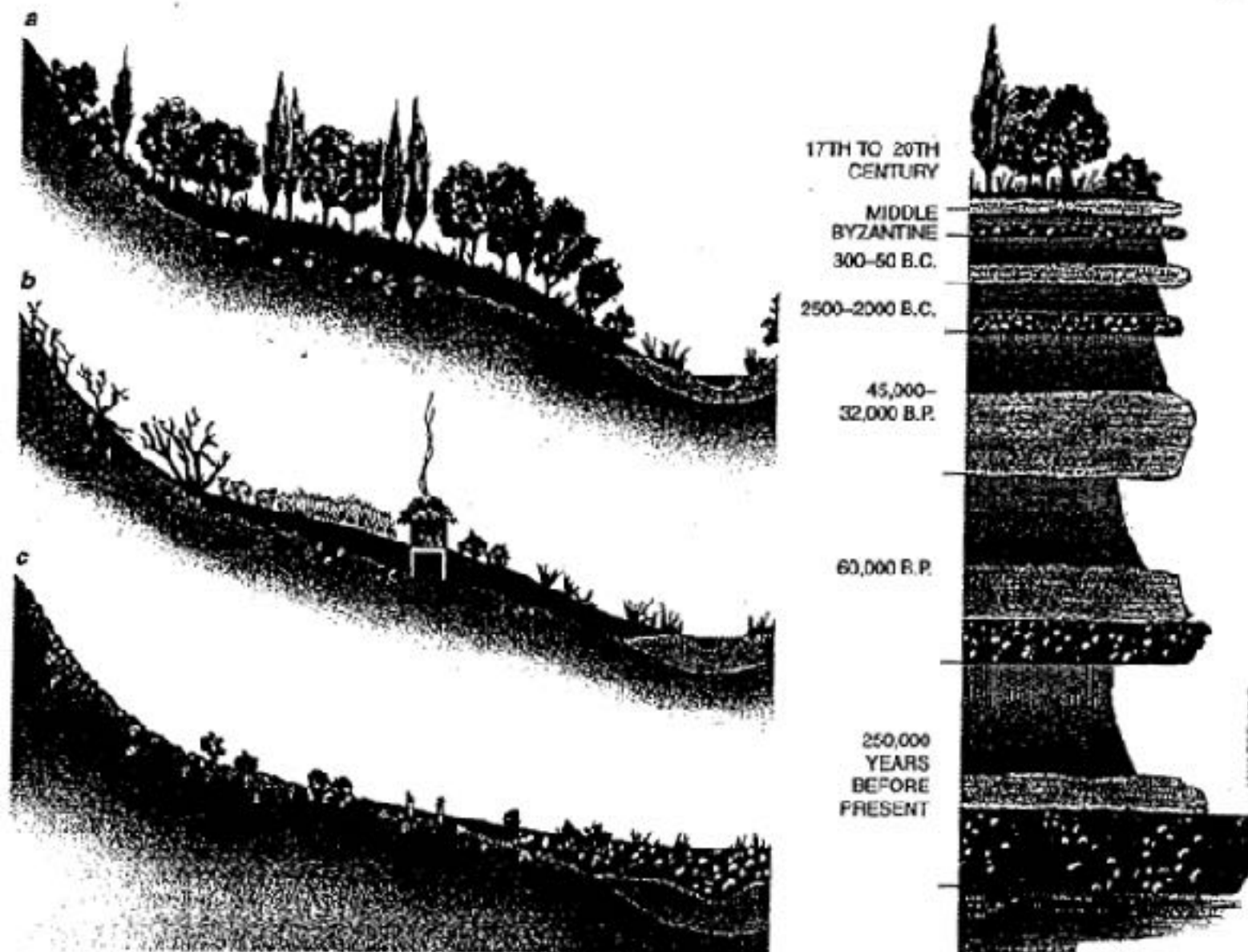
Sum of the parts equals the whole



Can't reduce the parts and retain
the meaning of the whole

Platone e l'antica Grecia





LAND ABUSE by ancient Greeks followed a consistent pattern (left). At first (a), a mixed forest held the soil in place on a slope. When the forest was cleared for farming (b), the soil stayed in place for a time, but eventually erosion carried it off the slope, depositing alluvium in the valley bottom (c). As a

result, a typical geologic profile (right) from the southern Argolid region of Greece shows a sequence of erosional deposits and intervening soils (with their approximate ages). In each period the soil that gradually forms above the deposits is thinner and less developed and is less able to support vegetation.

A detailed illustration of a forest floor. In the foreground, a large, thick tree trunk with visible wood grain and concentric growth rings is shown. Behind it, several smaller tree stumps of varying sizes are scattered across the ground. The background is filled with a dense pattern of many more small tree stumps, suggesting a large-scale deforestation or a forest fire. The style is a simple line drawing with brown tones for the wood and green for the foliage.

The most basic building strategy in the Roman Empire was to build outwards. The most basic building strategy in the Roman Empire was to build outwards. The most basic building strategy in the Roman Empire was to build outwards.

Wood was a primary source of heating and used extensively in industry. Wood had constituted about 90 percent of the consumption overall, and was a major factor in the Roman deforestation epidemic. Wood was essential fuel in industries like mining, smelting, and the making of ceramics. Forest areas around mining centers were deforested first, consuming all natural resources around the area of work. Once all the natural resources around the area of production were consumed, wood was then shipped and carried in to supply the furnaces and smelters for the mining centers.

Agriculture was the economic base for the Roman Empire. With an ever-increasing population, the clearing of land for crops was a primary cause of initial deforestation. Human hands gave way to the iron plough and the use of animals to clear dense forests to utilize the rich minerals.

The four major species in Roman grazing were cattle, sheep, goats, and pigs. The partnership that was destructive to virtually all vegetation with a reach. Herders cut down trees to let them graze. Swine ate acorns, chestnuts, and beechnuts, which destroyed the ability of trees to reproduce. Sheep ate grass right down to the soil. Goats will almost eat anything but preferred woody plants such as bushes and young trees. Herds of goats throughout the cantunes were everywhere in the Mediterranean and were easy to care for. Goats basically destroyed the mountainous regions for its grazing. The overconsumption of hillside plants and young trees caused erosion, stripping hillside of soils and eventually exposing bare rock causing severe flooding in many areas.

With natural resources dwindling, maintaining a strong military for the conquering of new lands was vital in Rome. Military campaigns devastated the countryside. **Julius Caesar** himself ordered troops to cut down forests in recent sneak attacks. Deforestation ensured that the forests could not provide cover and camouflage for Rome's enemies. The military utilized these resources and built fortresses, along with tools and transportation to carry supplies where needed.

Shipbuilding was a major contributor to deforestation and was of great economic and military significance. The importance attached to the supply of timber for building ships carried by merchant ships were crucial to the burgeoning economic life of the Meiji government, and sea power was vital in the exercise of political control. Thousands of ships were built during this classical period. At times of war, hundreds could be built within a month.

Early urbanization of Rome and surrounding areas was focused around the ability to obtain natural resources. The creation of large cities contributed to deforestation in the classical world. Overcrowding forced citizens to move to the hill-sides where forests once stood to build their homes. Wood was needed to not only build homes, but also to keep them heated. Urbanization and the resulting degradation of the environment in the early years of the Roman Empire.

CONSEQUENCES

SOIL

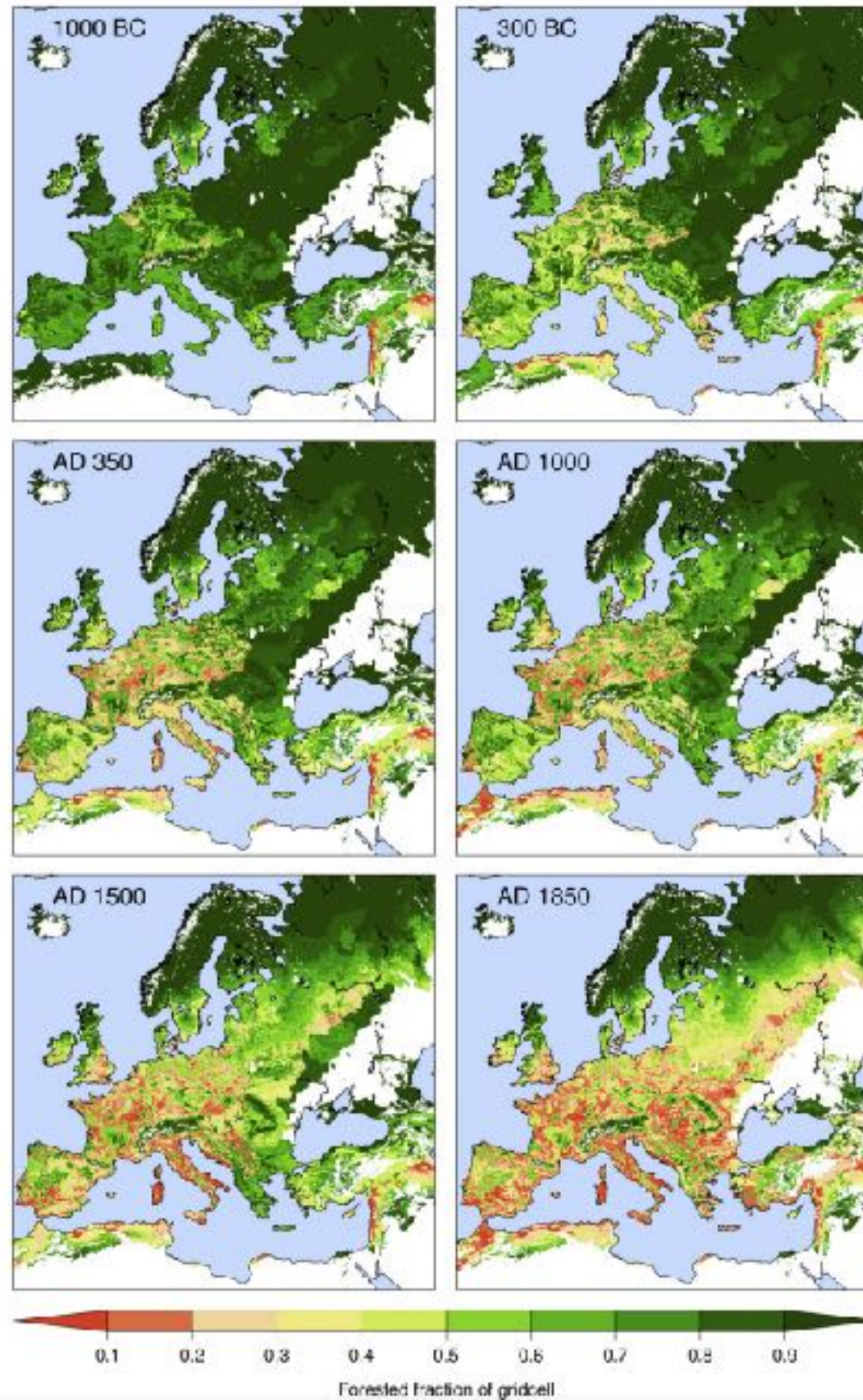
With an increased demand for resources and food, constant pressure was put upon the land and soil to provide food for a growing economy. Regular clearing and plowing exhausted existing soil, which eventually became infertile

FLOODING

Erosion accelerated up to twentyfold in the 21st century, creating a sizable mudslide, which spread diseases such as malaria. Rains washed away the unprotected earth and greatly altered coastlines. In some cases, pushing them many miles further out to sea.

AWARENESS

Clearing for agricultural needs and for fire was a necessity for long-term survival in Roman times, though there is a debate as to whether the Romans understood the implications of deforestation. Forests were also under government regulations and protected for future resources. Unfortunately, these attempts may have been too little too late.



L'isola di Pasqua



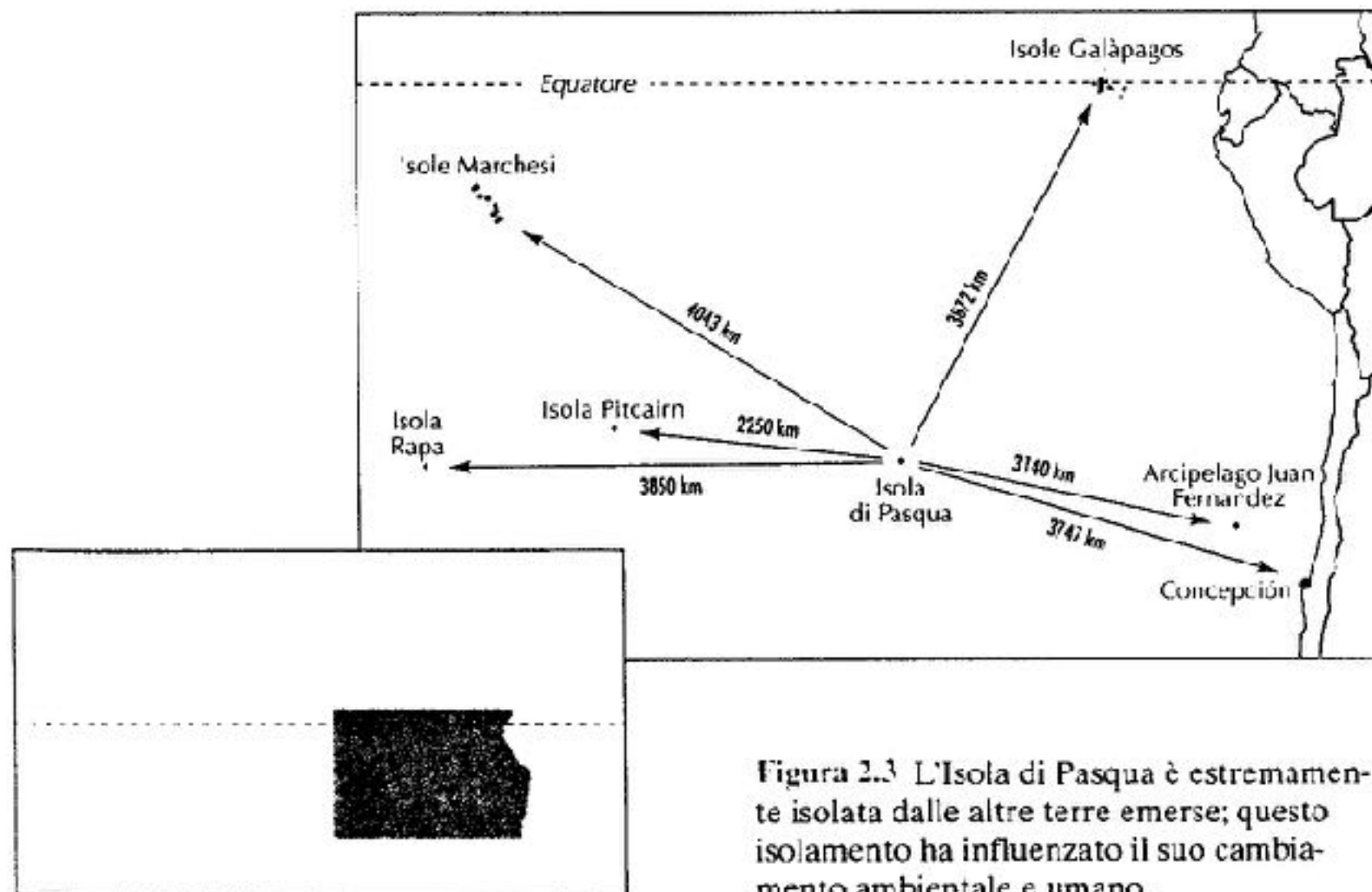


Figura 2.3 L'Isola di Pasqua è estremamente isolata dalle altre terre emerse; questo isolamento ha influenzato il suo cambiamento ambientale e umano.

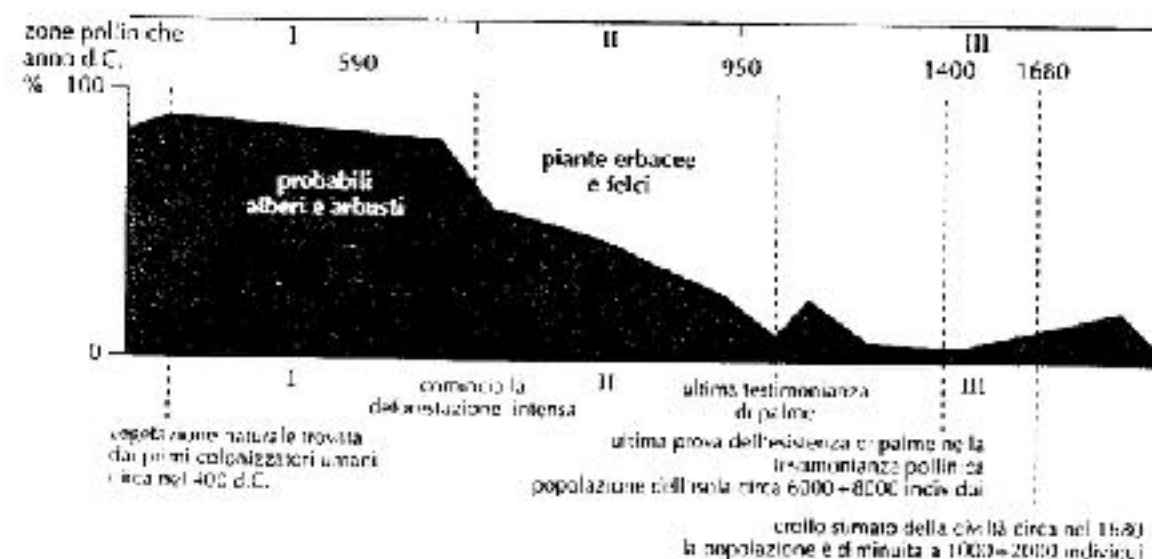
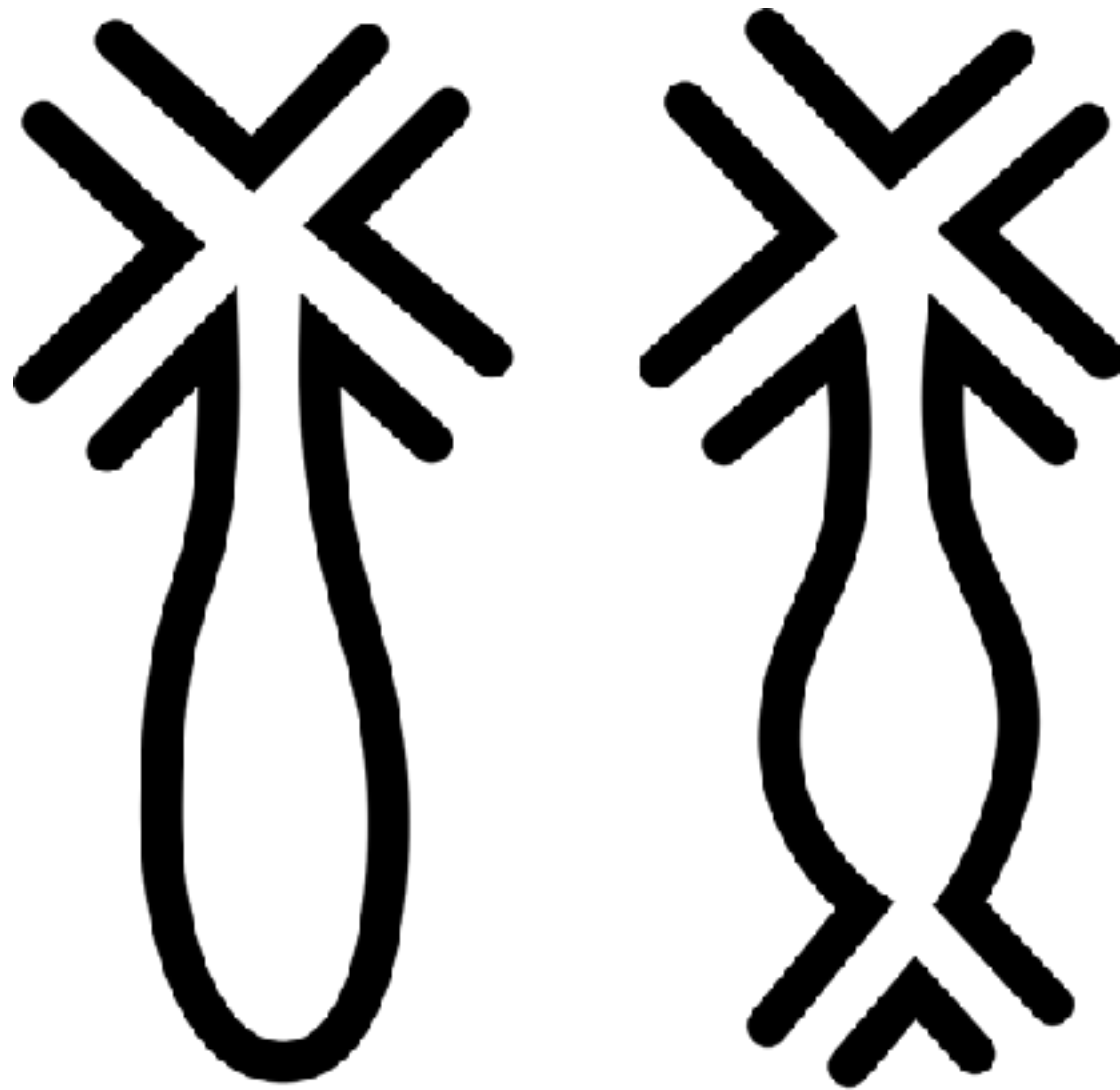


Figura 2.5 La storia pollinica dell'Isola di Pasqua illustra come gli alberi cominciarono a declinare dopo l'arrivo dell'uomo sull'isola. Dall'originale in Flenley e King, 1984; ridisegnato.

Paschalococos disperta
(Extinct, ca 1650 AD)



Rattus exulans (Peale, 1848)
(Polynesian rat)

Conservazione dell'ambiente

approccio antropocentrico

vs.

approccio biocentrico

Principali problemi ambientali da affrontare in questo secolo:

- carenza di acqua potabile
- diminuita capacità di produrre cibo
- produzione di energia
- qualità dell'aria
- riscaldamento globale
- diminuzione della biodiversità

Impronta ecologica: stima della quantità di terra biologicamente produttiva necessaria alla sopravvivenza.

ECOLOGICAL FOOTPRINT

The ecological footprint is a way of measuring human impact on the environment.

DEFINITION

"[Ecological footprint] measures the human impact on the biosphere by estimating the amount of biologically productive land and water area required to sustain the consumption of a population or economic system and to absorb the wastes generated by its production and consumption activity"
(Wackernagel & Rees, 1996)

EXAMPLES

- **Transportation:** You use of energy to transport yourself contributes to your ecological footprint.
- **Food production:** The amount of water, land, and other resources used to generate food for you contributes to your ecological footprint.

The Ecological Footprint

MEASURES

how fast we consume resources and generate waste



Energy



Settlement



Timber & Paper



Food & Fiber



Seafood

COMPARED TO
how fast nature can absorb our waste and generate new resources.



Carbon Footprint

Built-up land



Forest

Cropland & Pasture



Fisheries

La dimensione del problema.

**Totale terra biologicamente produttiva sul pianeta:
ca. 12,2-12,3 miliardi di ettari**

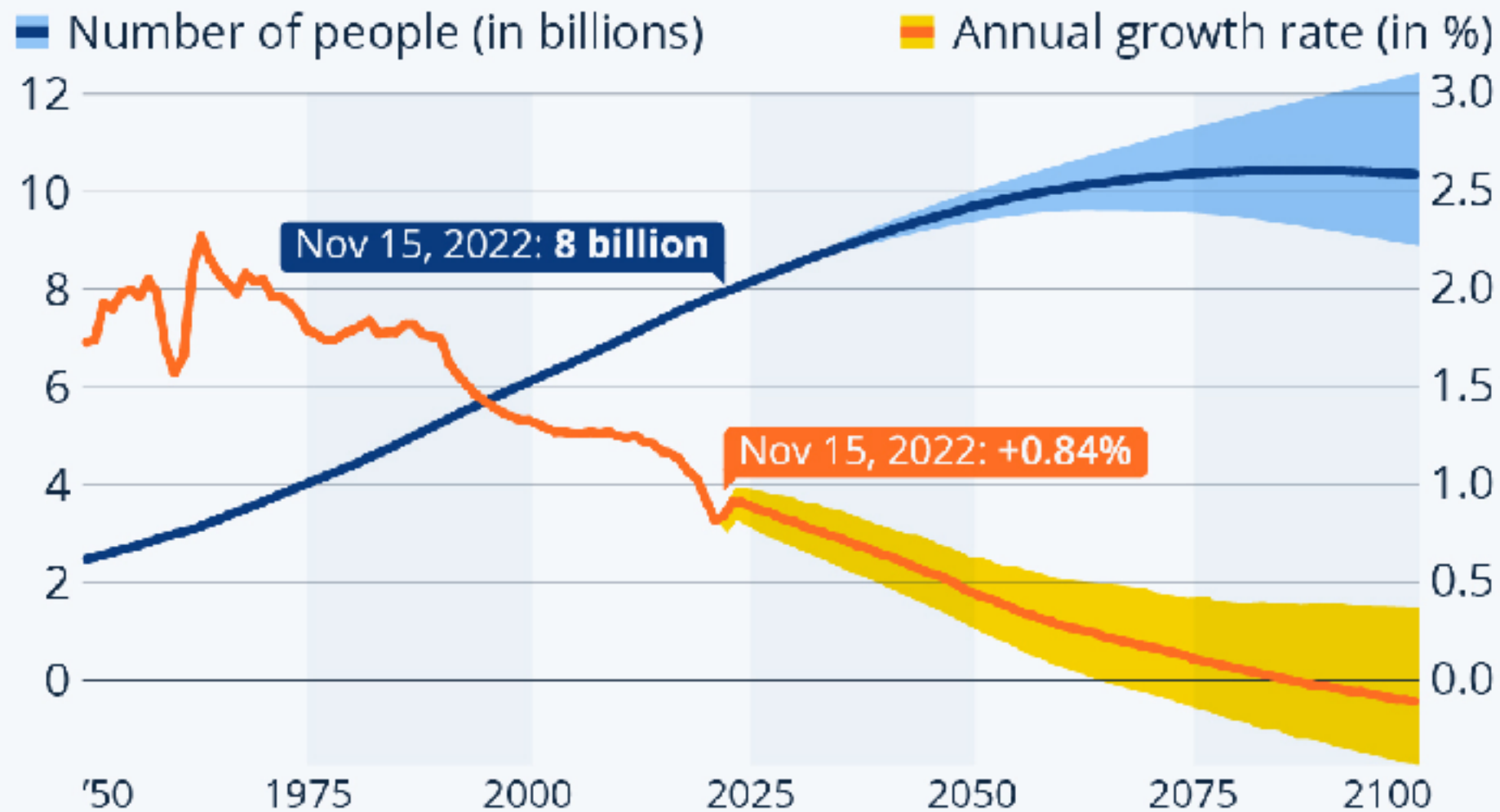
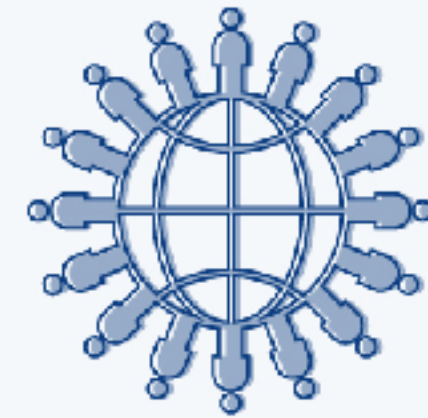
**Totale popolazione umana (al 09/10/2023)
ca. 8.065.220.000**

**Totale popolazione umana (al 09/10/2026)
ca. 8.321.247.000**

**Totale terra arabile per abitante:
ca. 1,5 ettari**

World Population Reaches 8 Billion

(Forecast) number of people on Earth and annual growth rate of the world population

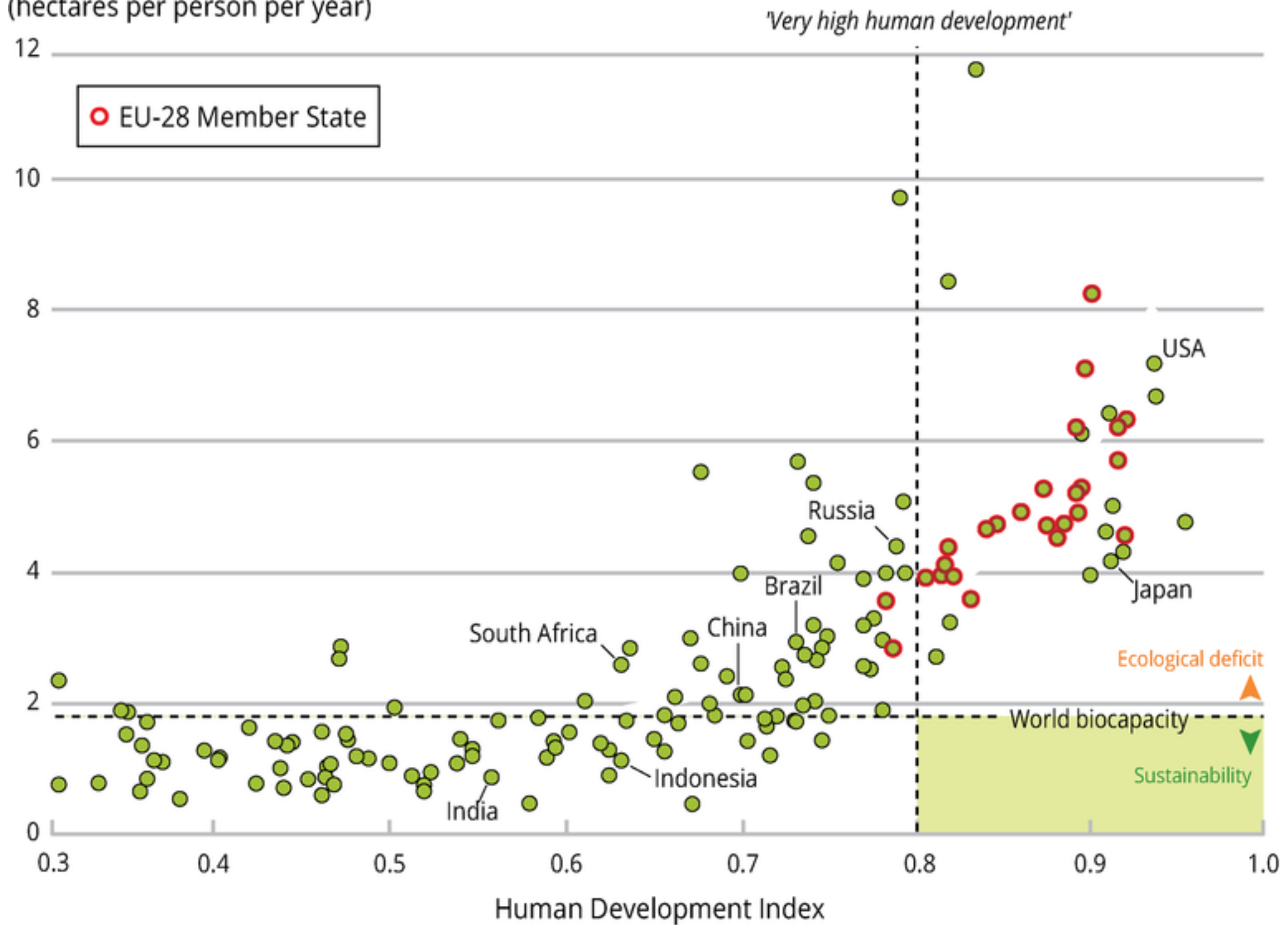


Forecast from 2022 according to the medium scenario with moderate fertility

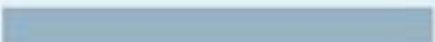
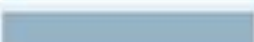
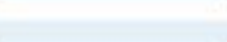
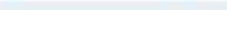
Source: UN Population Division

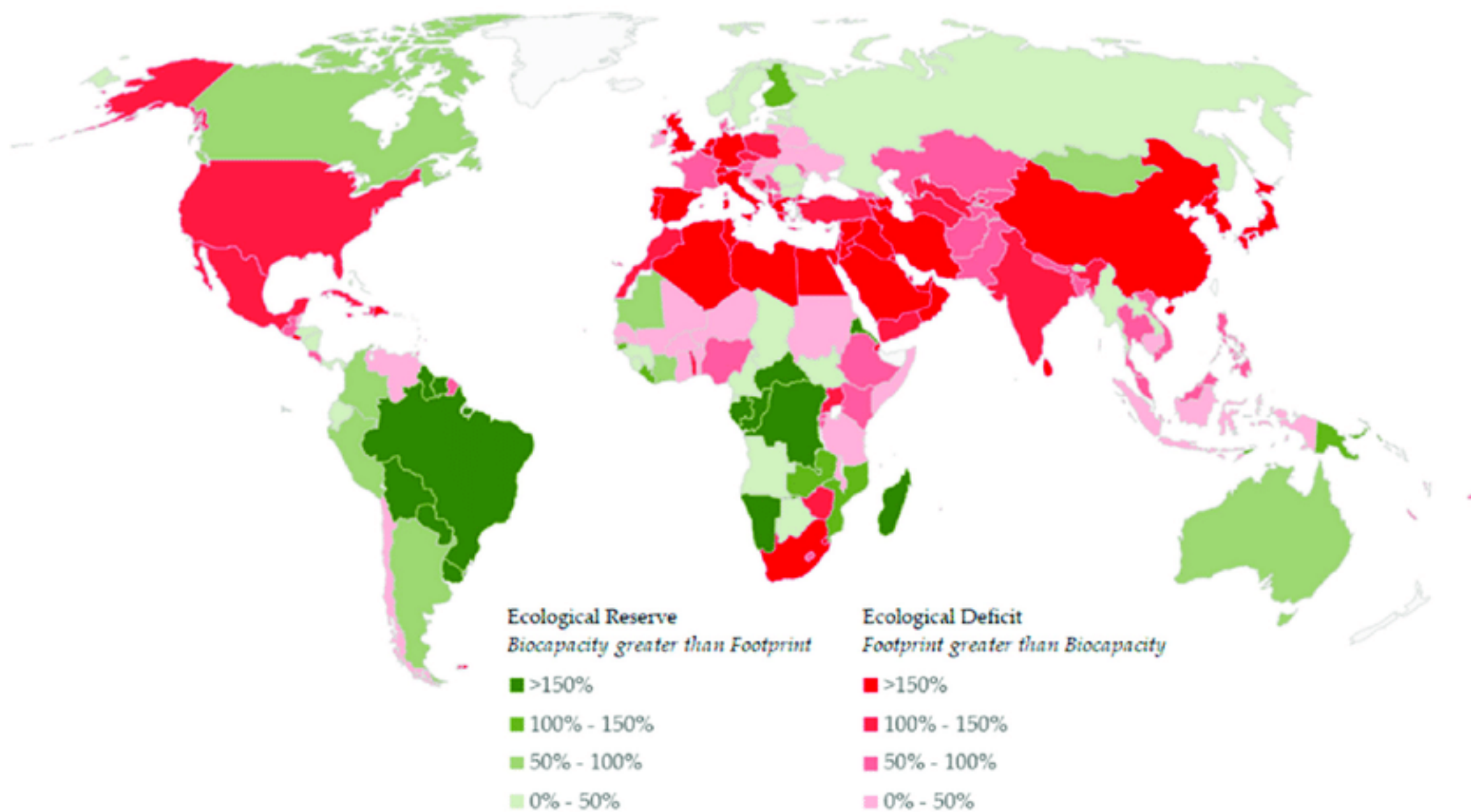


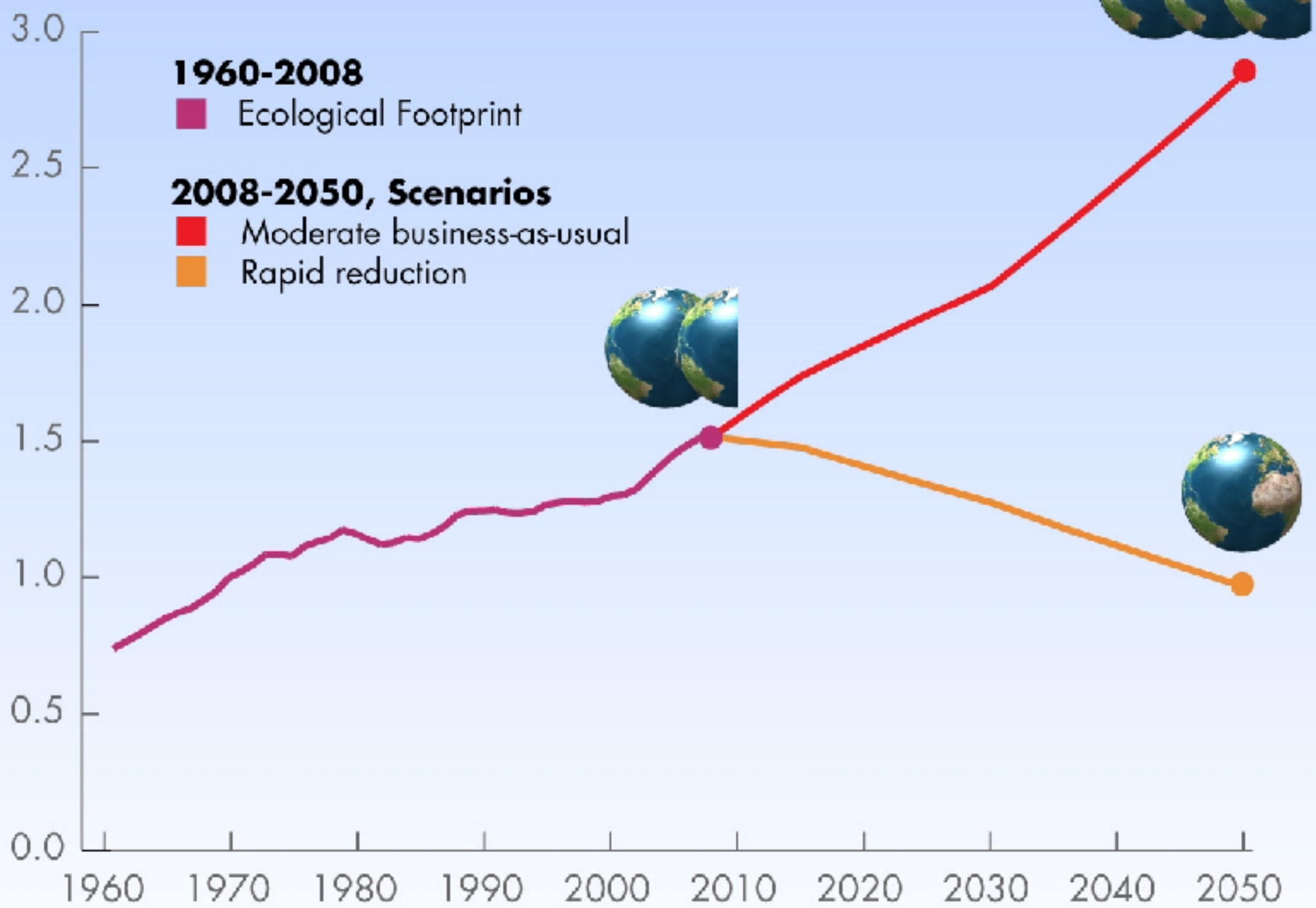
Ecological footprint
(hectares per person per year)



Ecological Footprint of Top 25 countries

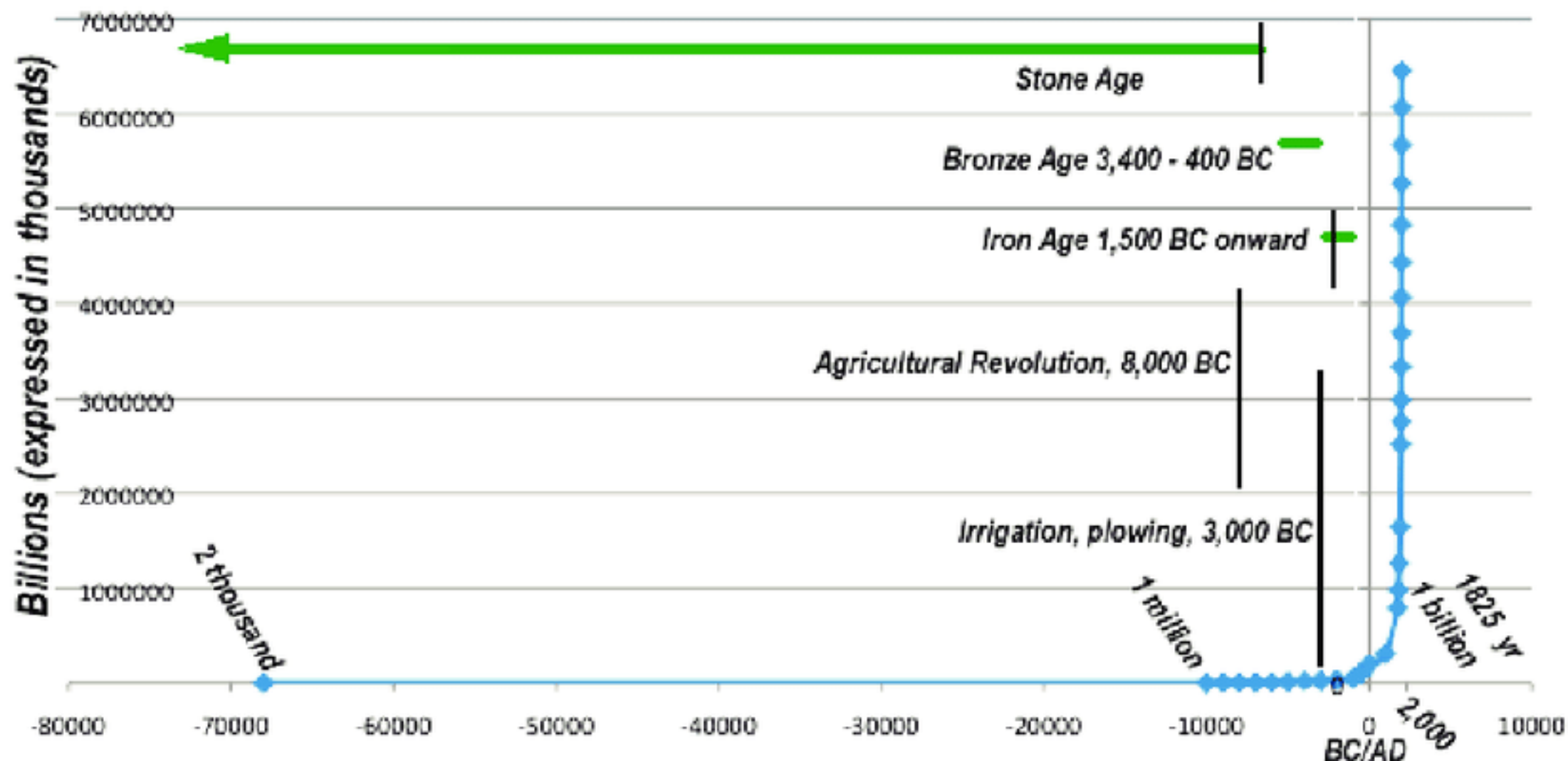
Rank	Countries	Amount ▼	
# 1	United Arab Emirates:	15.99	
# 2	United States:	12.22	
# 3	Kuwait:	10.31	
# 4	Denmark:	9.88	
# 5	New Zealand:	9.54	
# 6	Ireland:	9.43	
# 7	Australia:	8.49	
# 8	Finland:	8.45	
# 9	Canada:	7.66	
# 10	Sweden:	7.53	
# 11	France:	7.27	
# 12	Estonia:	7.12	
# 13	Switzerland:	6.63	
# 14	Germany:	6.31	
# 15	Czech Republic:	6.3	
# 16	United Kingdom:	6.29	
# 17	Saudi Arabia:	6.15	
# 18	Norway:	6.13	
# 19	Iceland:	6.02	
# 20	Japan:	5.94	
# 21	Belgium:	5.88	
# 22	Netherlands:	5.75	
# 23	Korea, South:	5.6	
# 24	Greece:	5.58	
# 25	Italy:	5.51	



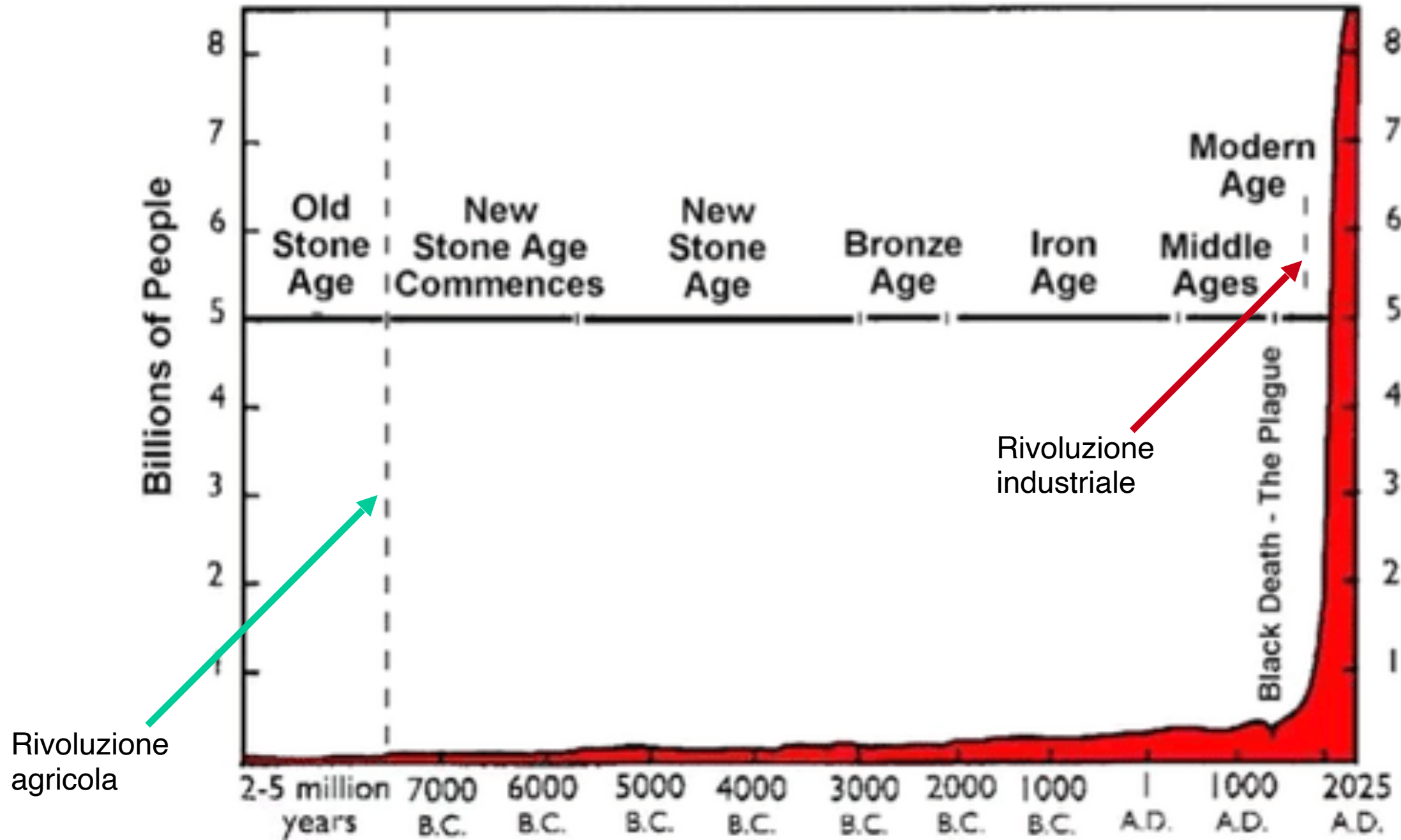


y-axis: number of planet earths, x-axis: years

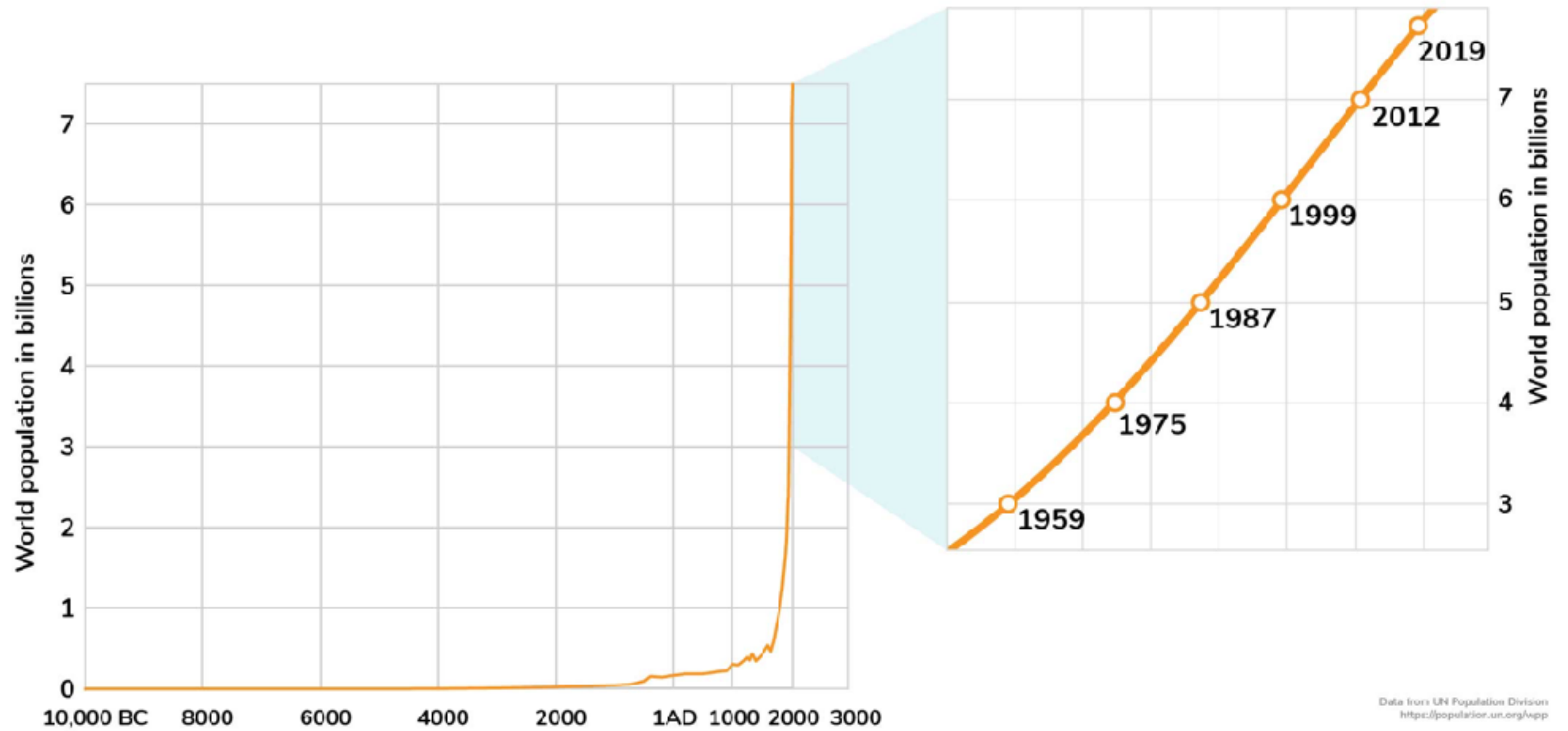
World Population Homo Sapiens 68,000 BC to present



World Population Growth Through History



From "World Population: Toward the Next Century," copyright 1994
by the Population Reference Bureau

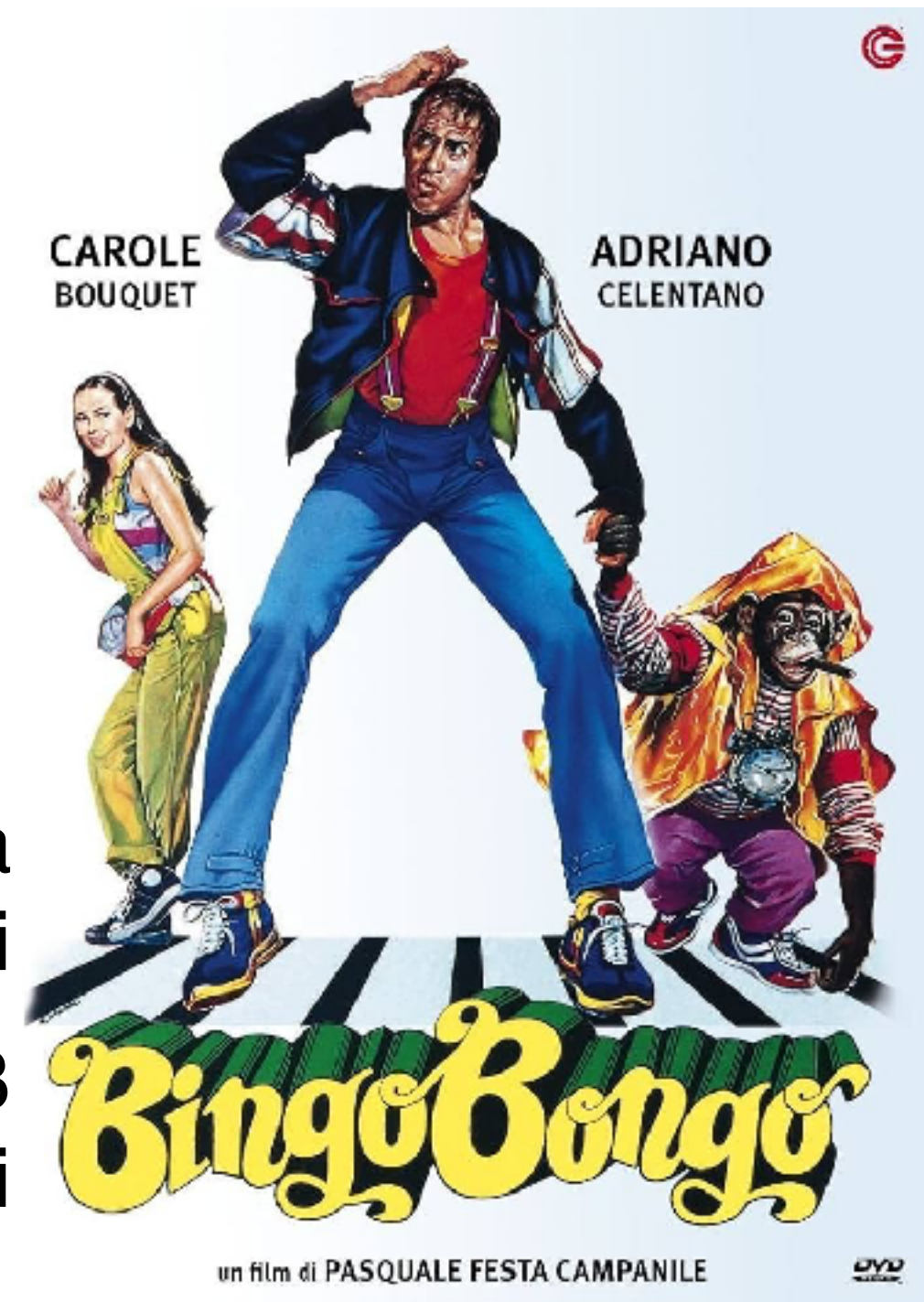


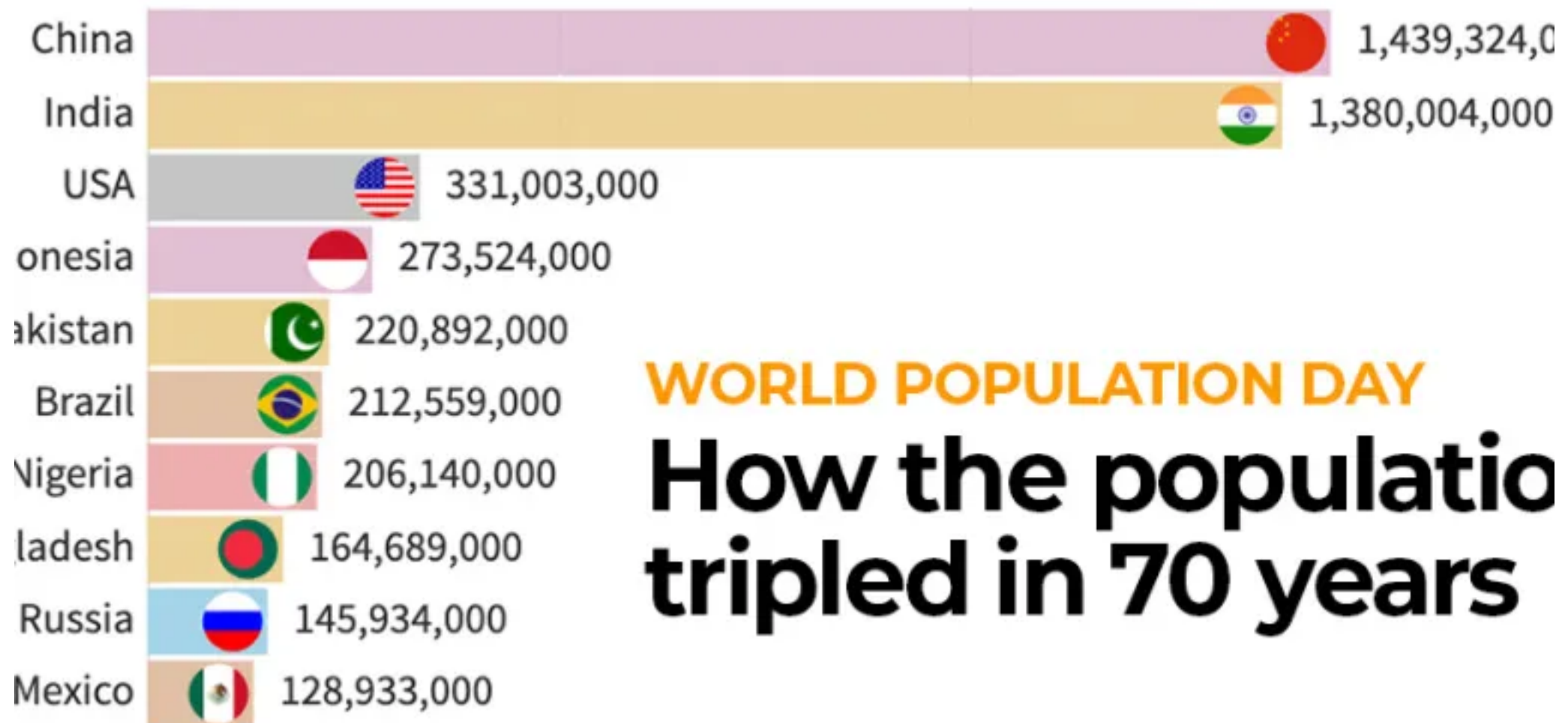
*...siamo troppi sulla terra
come tappi della birra
è una follia...*

A. Celentano, 1982

Popolazione mondiale del 1982: circa
4,5 miliardi

Popolazione mondiale oggi: 8,3
miliardi





WORLD POPULATION DAY

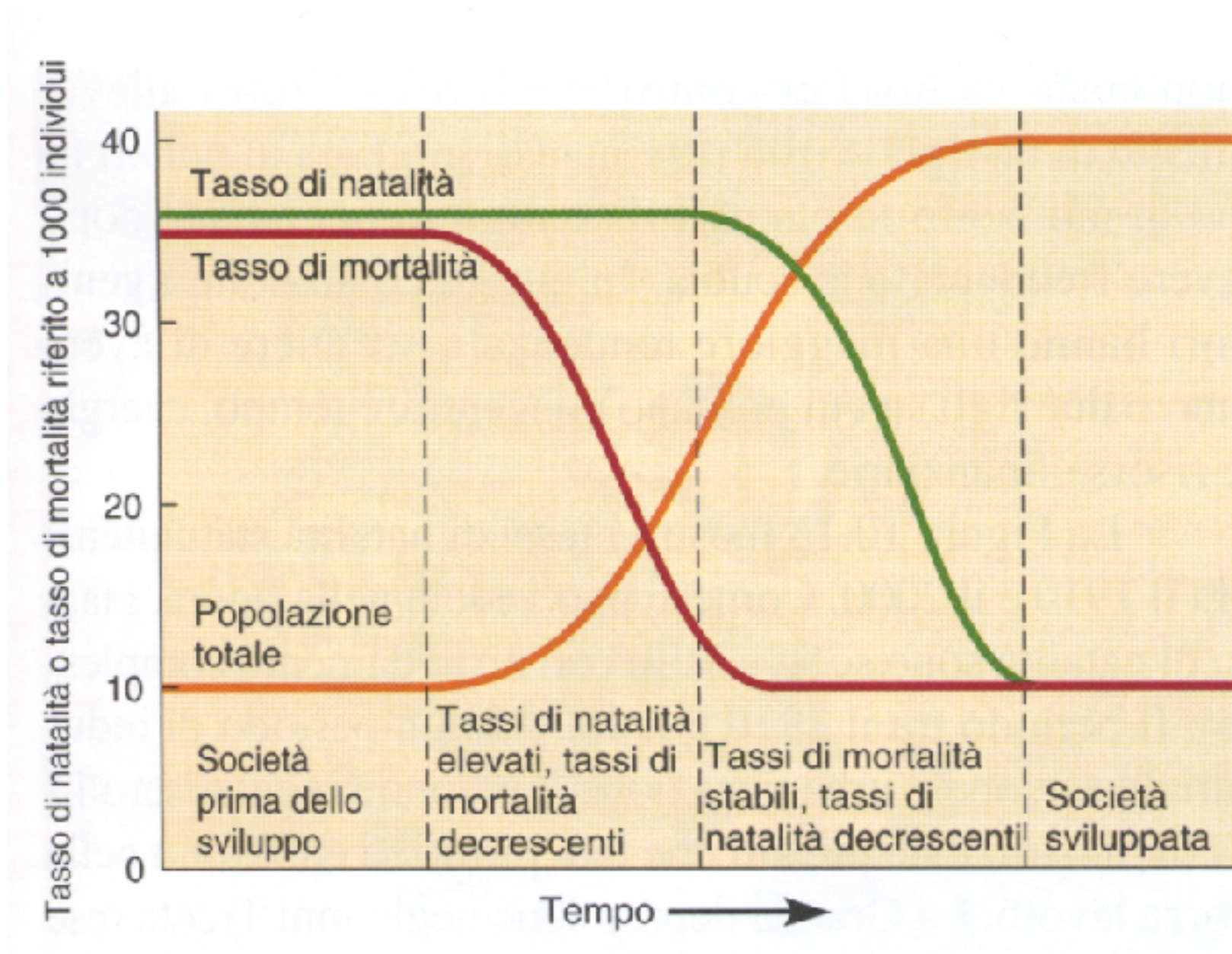
How the population tripled in 70 years



World Population Day:
What will the world
look like in 2050?

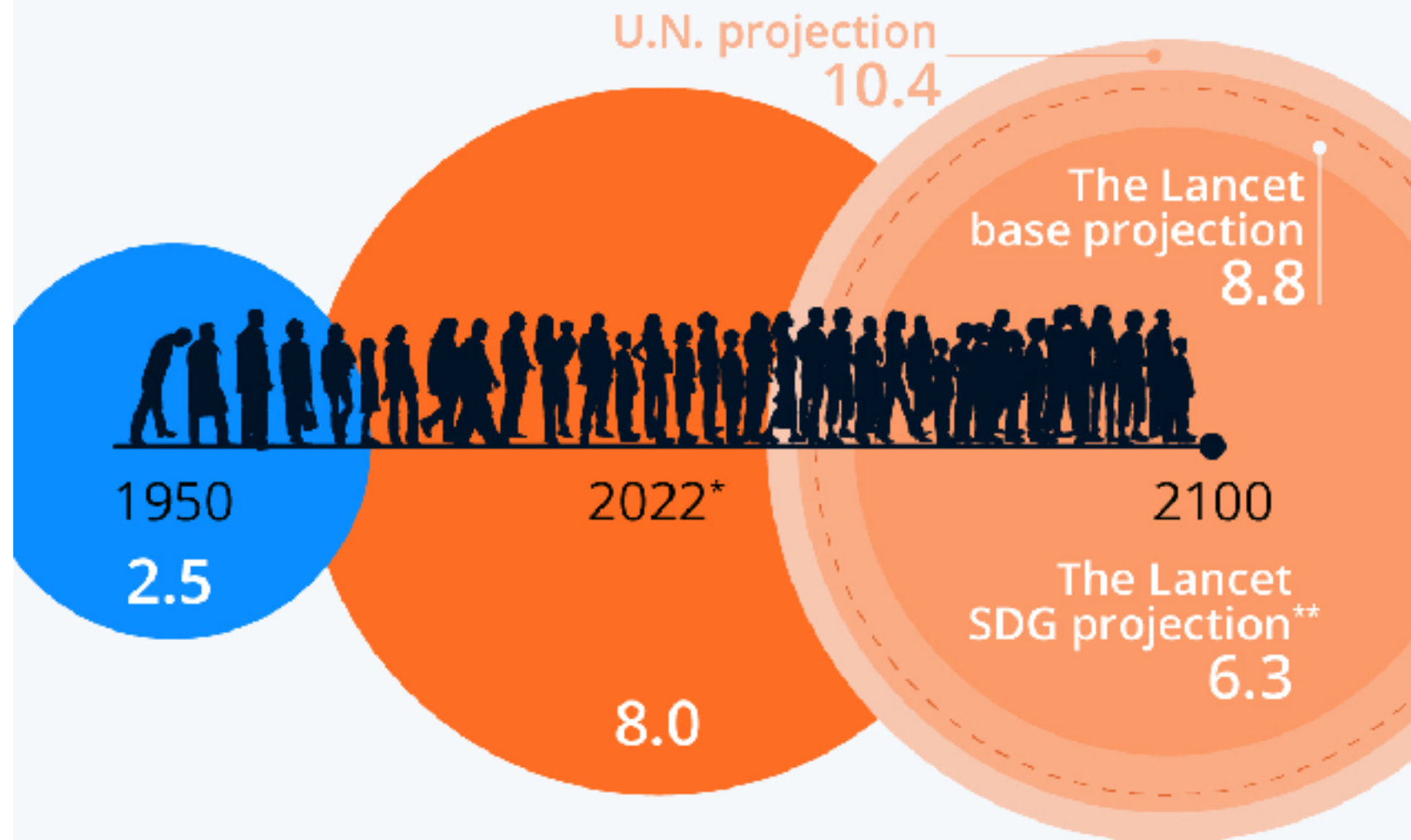
Transizione demografica: passaggio da alti tassi di natalità e mortalità a tassi di natalità e mortalità inferiori.

La transizione demografica è già avvenuta in diverse popolazioni umane. Le previsioni dicono che è molto probabile che avvenga anche nelle restanti popolazioni dei paesi in via di sviluppo, come diretta conseguenza del miglioramento delle condizioni economiche e sociali.



Population Boom and Bust?

Global population (in billion people)



* as of Nov 15 ** given the attainment of developmental goals

Sources: U.N. Population Division, The Lancet



statista

** SDG = Sustainable Development Goals

**SUSTAINABLE
DEVELOPMENT
GOALS**



**NO
POVERTY**



**ZERO
HUNGER**



**GOOD HEALTH
AND WELL-BEING**



**QUALITY
EDUCATION**



**GENDER
EQUALITY**



**CLEAN WATER
AND SANITATION**



**AFFORDABLE AND
CLEAN ENERGY**



**DECENT WORK AND
ECONOMIC GROWTH**



**INDUSTRY, INNOVATION
AND INFRASTRUCTURE**



**REDUCED
INEQUALITIES**



**SUSTAINABLE CITIES
AND COMMUNITIES**



**RESPONSIBLE
CONSUMPTION
AND PRODUCTION**



**CLIMATE
ACTION**



**LIFE
BELOW WATER**



**LIFE
ON LAND**



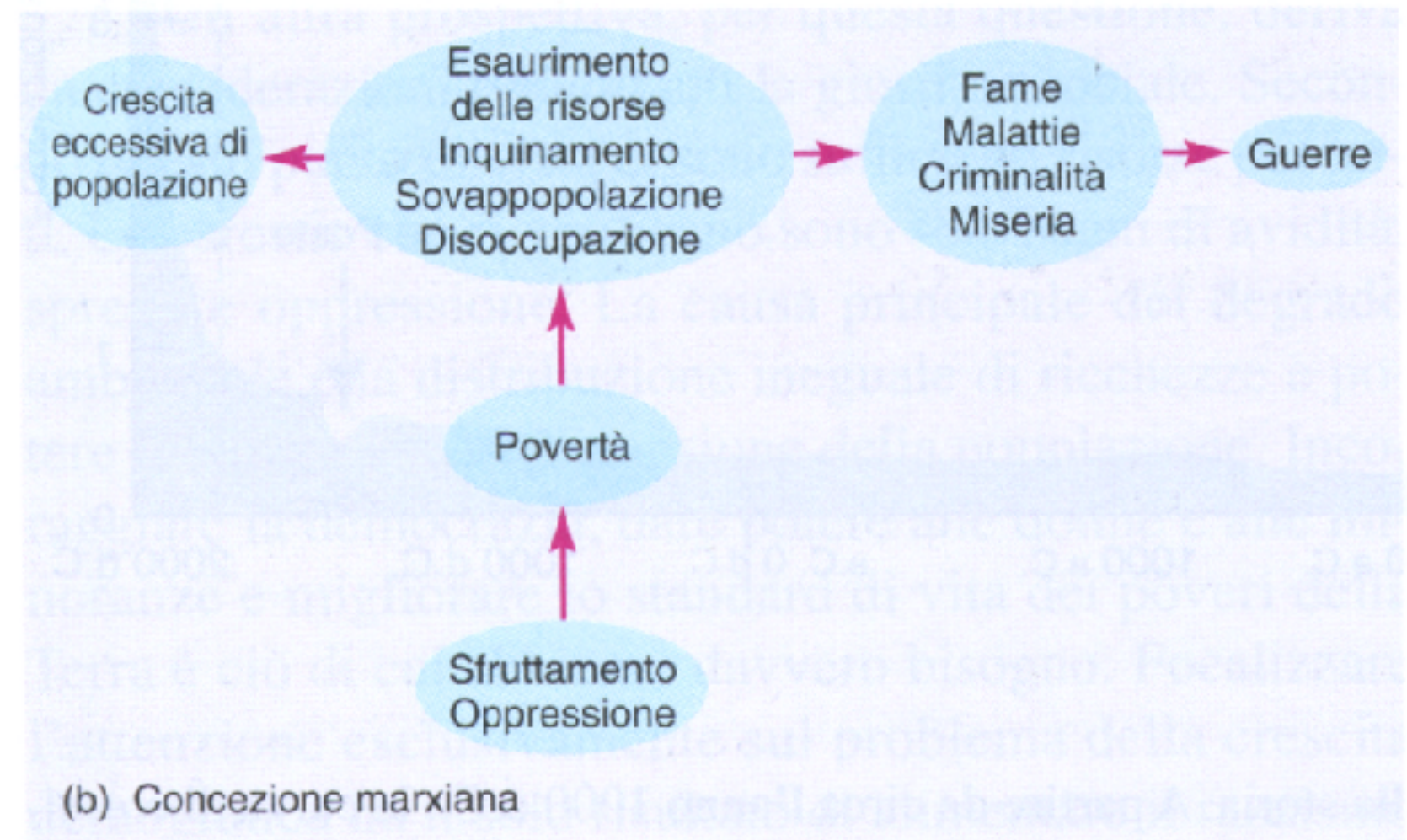
**PEACE, JUSTICE AND
STRONG INSTITUTIONS**

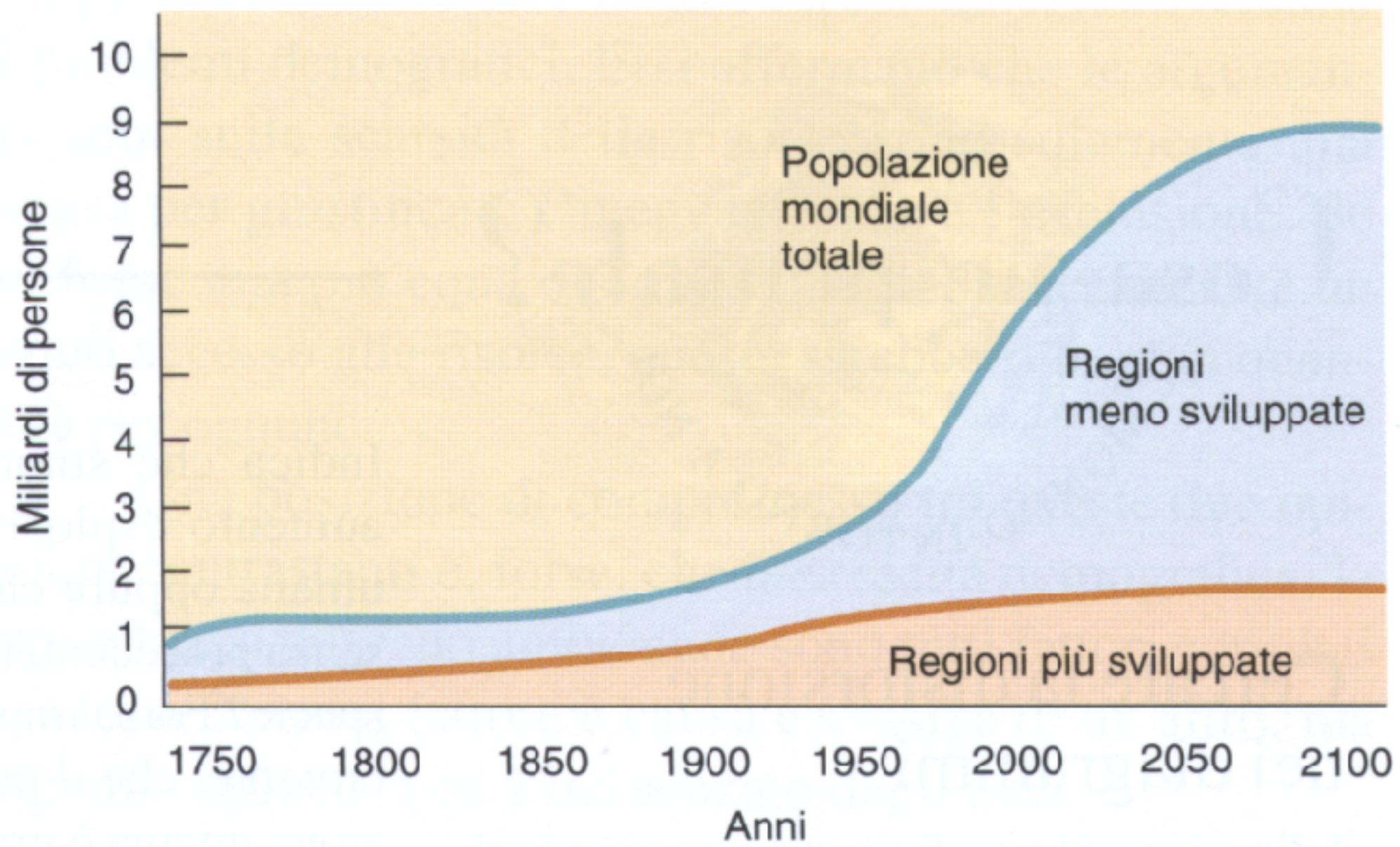


**PARTNERSHIPS
FOR THE GOALS**

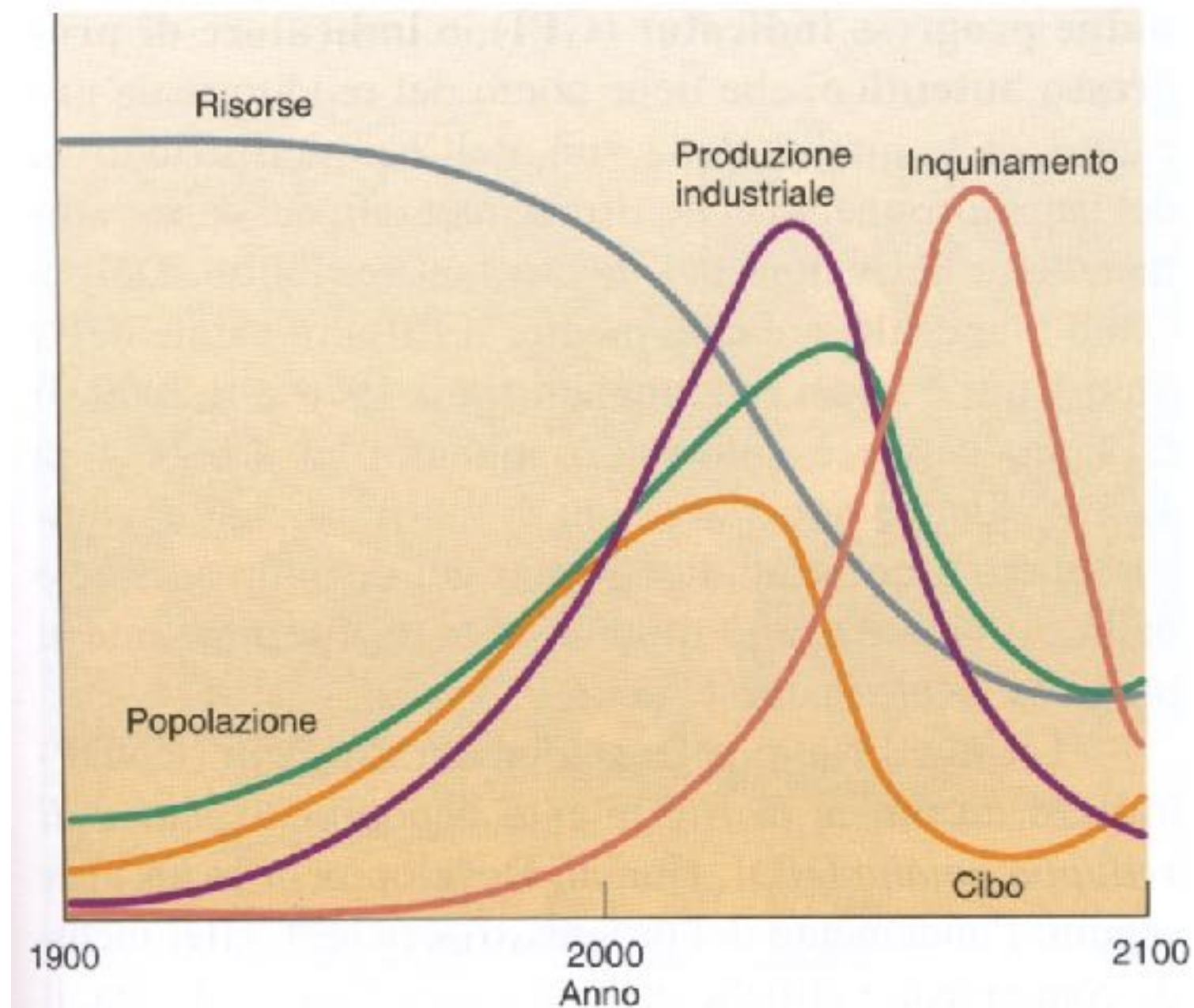
1798: “Un saggio sul principio di popolazione” - **Thomas Malthus**. Secondo Malthus la popolazione umana cresce in modo esponenziale, le risorse in modo molto minore. La crescita demografica è la causa di carestia e povertà.

Secondo **Karl Marx** la crescita demografica è un sintomo, non la causa della povertà e delle carestie. Le reali cause vanno invece ricercate nello sfruttamento dei più deboli.

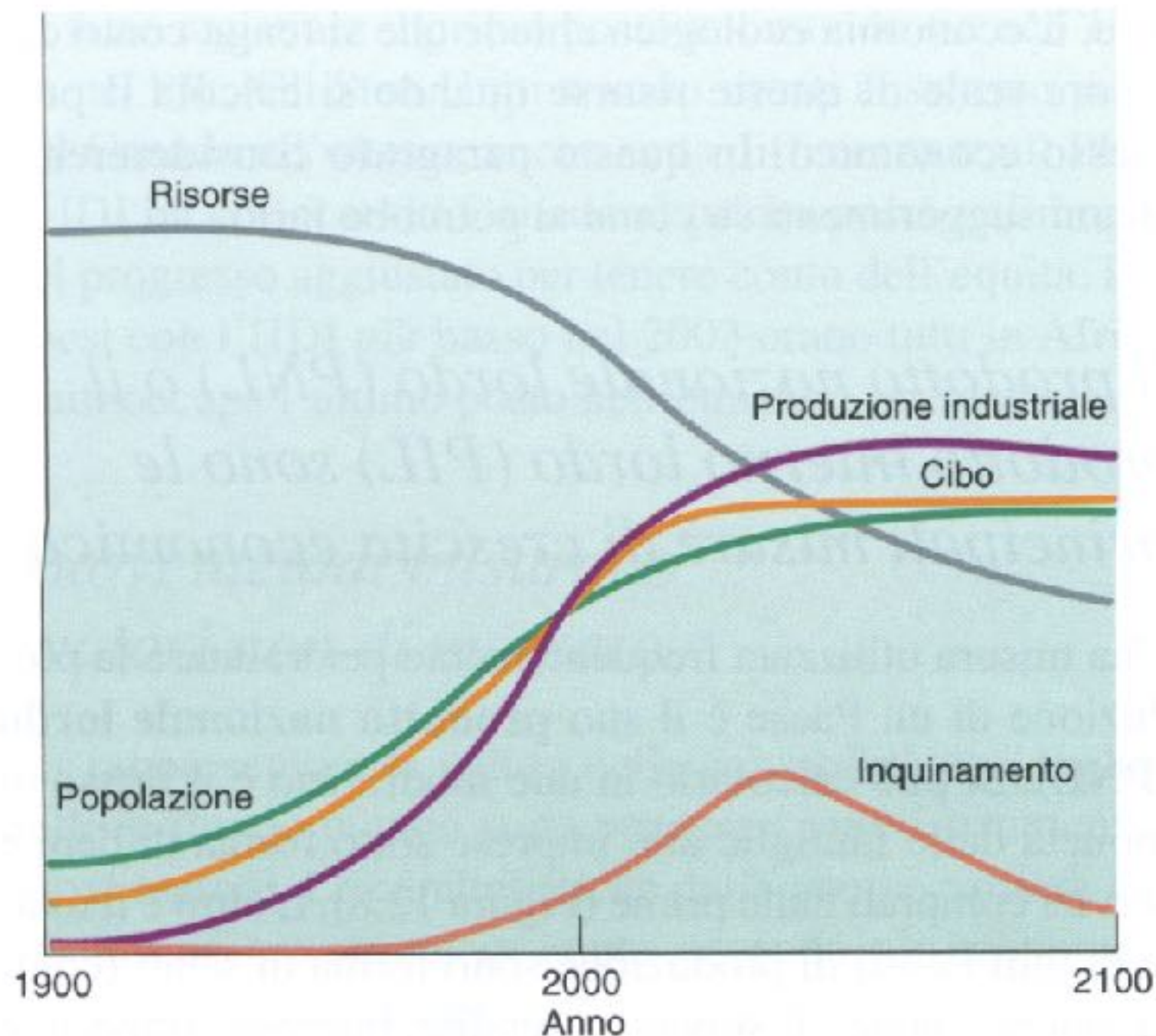




All'inizio degli anni '70 il **Club di Roma** commissionò e finanziò uno studio ad una équipe di scienziati del Massachusetts Institute of Technology, diretti da Donatella Meadows. I risultati dello studio furono pubblicati nel volume *Limits to Growth* (i limiti dello sviluppo). Questo studio utilizzava complessi modelli matematici per prevedere l'evoluzione delle situazione mondiale negli anni a venire. Lo studio portò a previsioni drammatiche, che ipotizzavano una drastica riduzione della popolazione umana, ridotta ai limiti di sussistenza.



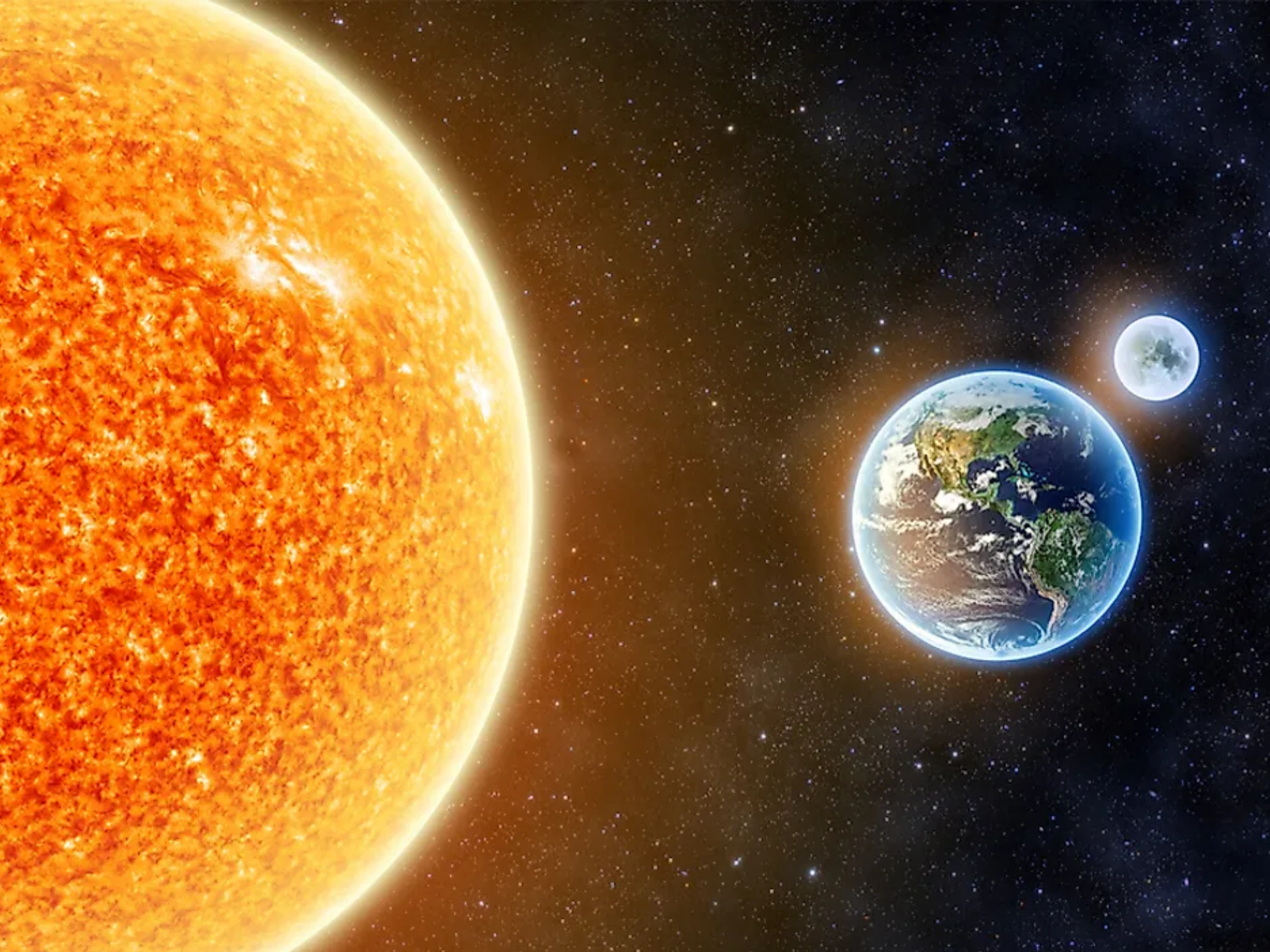
I risultati di un secondo studio, simile al primo ma che teneva conto degli sviluppi tecnologici e scientifici, furono pubblicati nel volume *Beyond the limits* (oltre i limiti). Nell'ipotesi di una transizione verso un modello di sviluppo sostenibile, le previsioni si sono fatte meno pessimistiche.



Ma allora si
potrebbe
aumentare la
produttività del
pianeta!



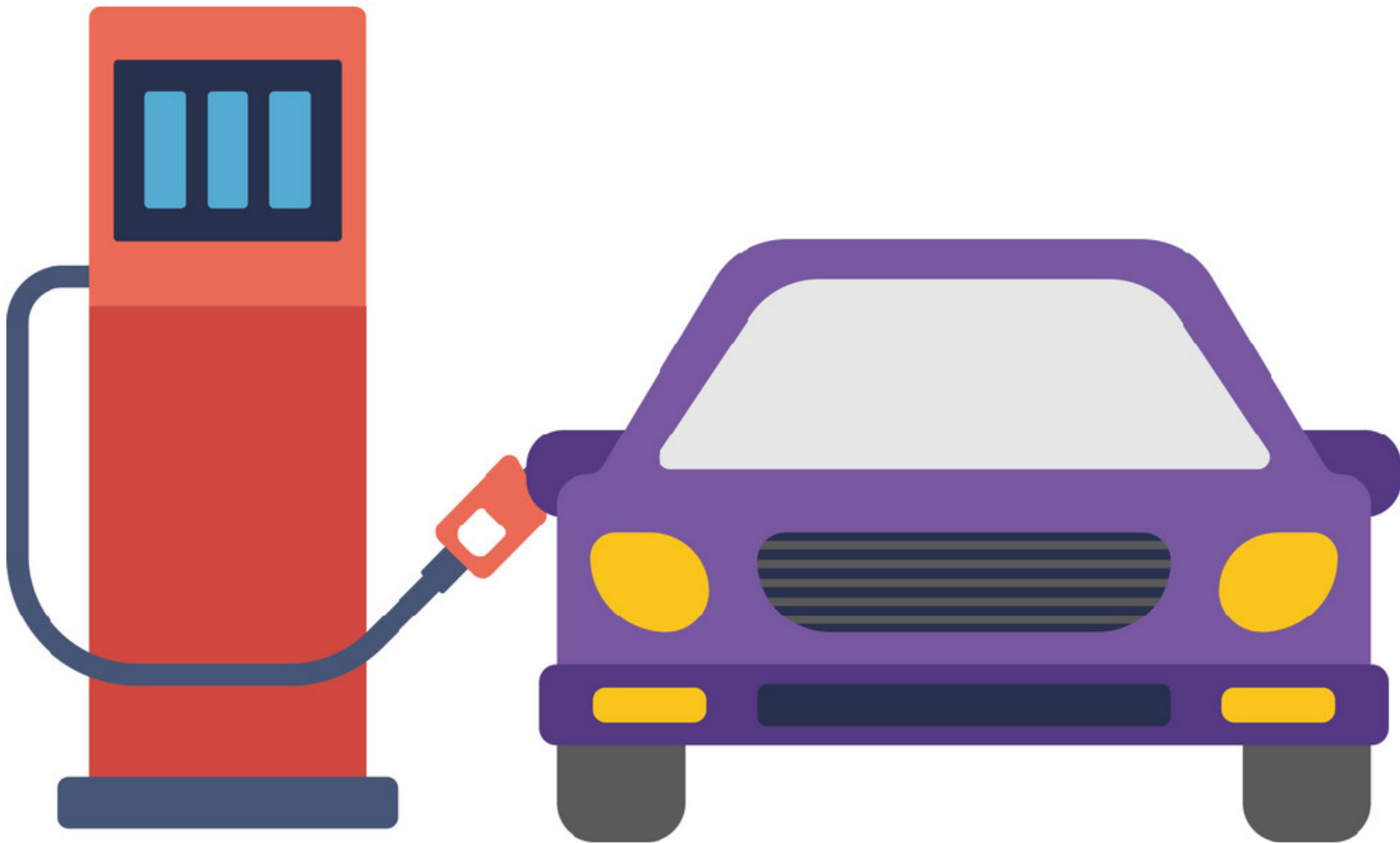




Il nostro pianeta è un sistema cibernetico
(autoregolantesi).

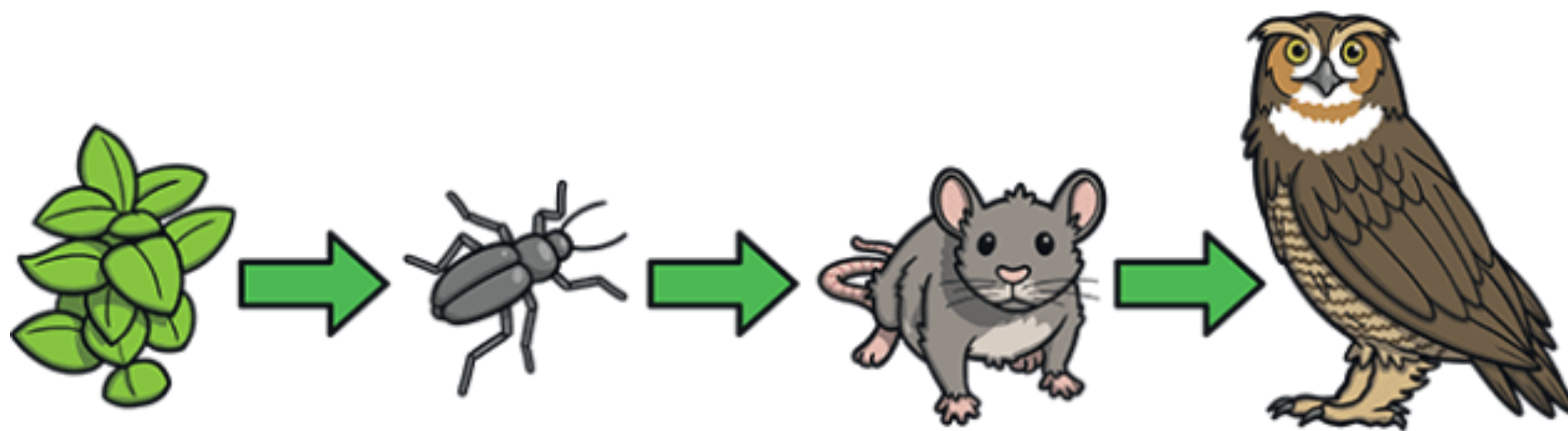
Come tutti i sistemi, ha bisogno di un
input energetico per funzionare.

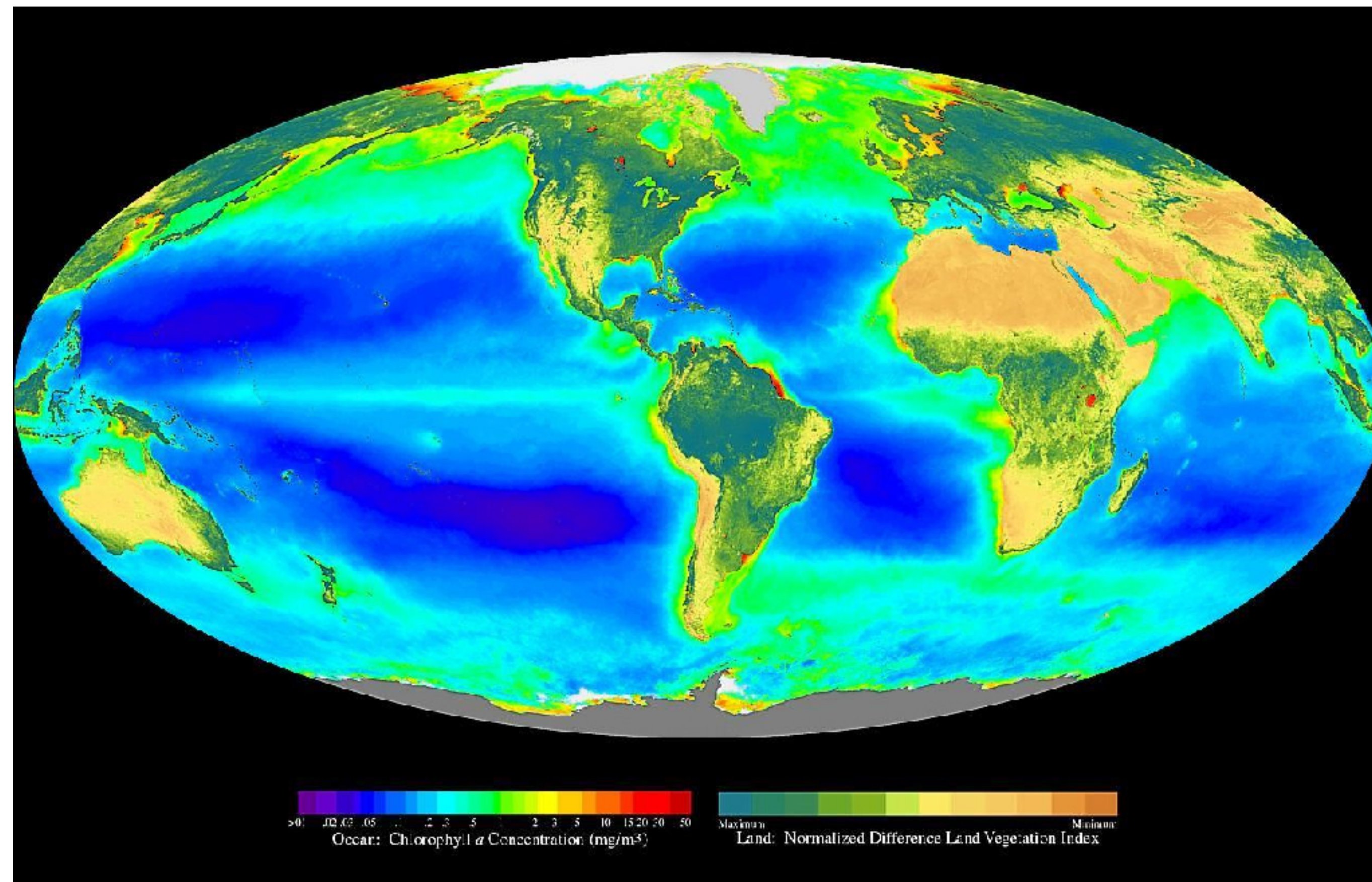
Nel caso della terra, questo input arriva
esclusivamente dal sole.



Come fa benzina il pianeta?







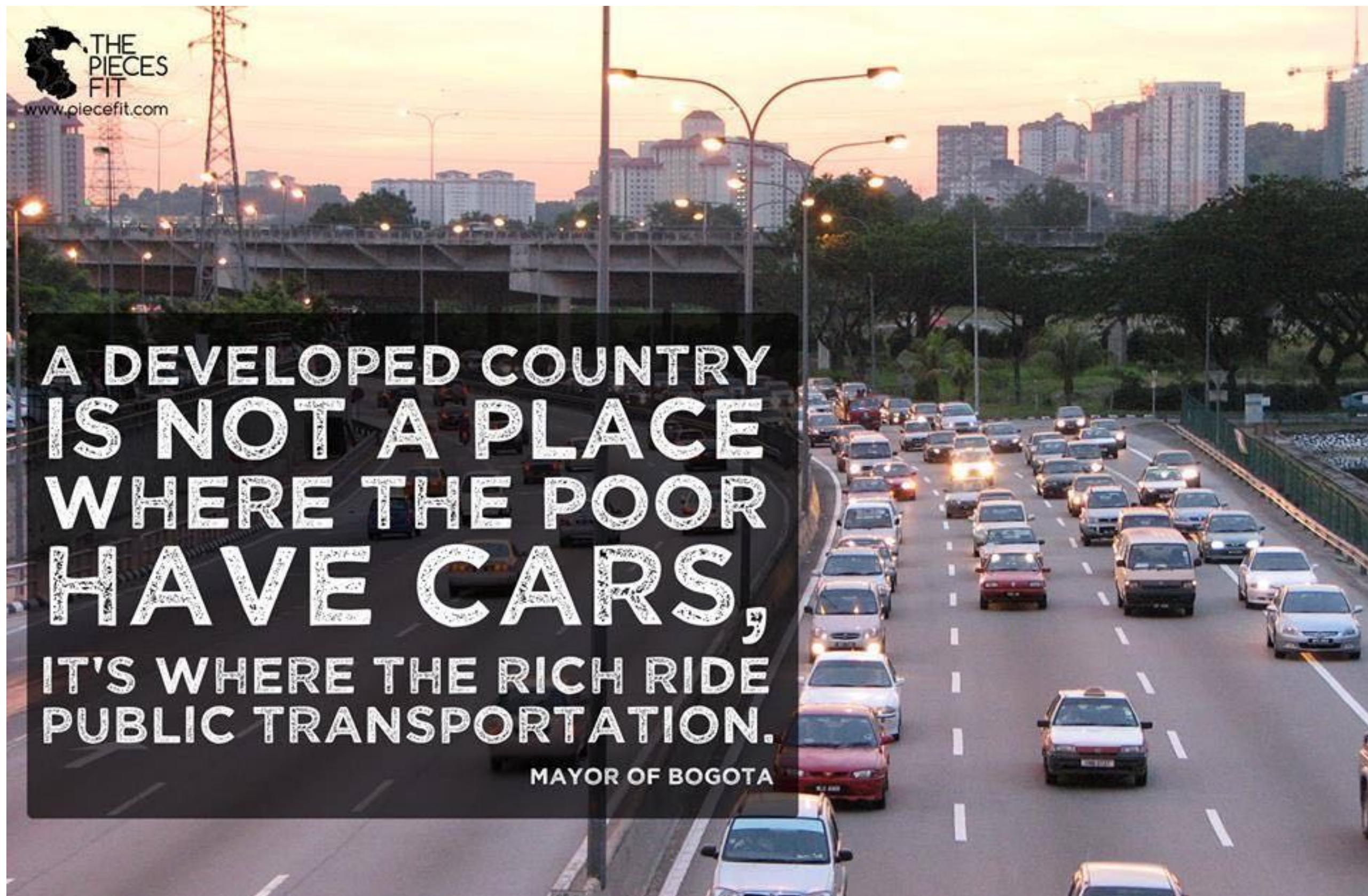
Sviluppo sostenibile: soddisfare i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i propri bisogni

Sviluppo sostenibile
=
qualità anziché quantità



A DEVELOPED COUNTRY
IS NOT A PLACE
WHERE THE POOR
HAVE CARS,
IT'S WHERE THE RICH RIDE
PUBLIC TRANSPORTATION.

MAYOR OF BOGOTA



Capitale: qualsiasi forma di ricchezza disponibile per essere utilizzata nella produzione di altra ricchezza. Si distinguono tre forma di capitale: *capitale naturale*, *capitale artificiale o manufatto* e *capitale umano o culturale*.

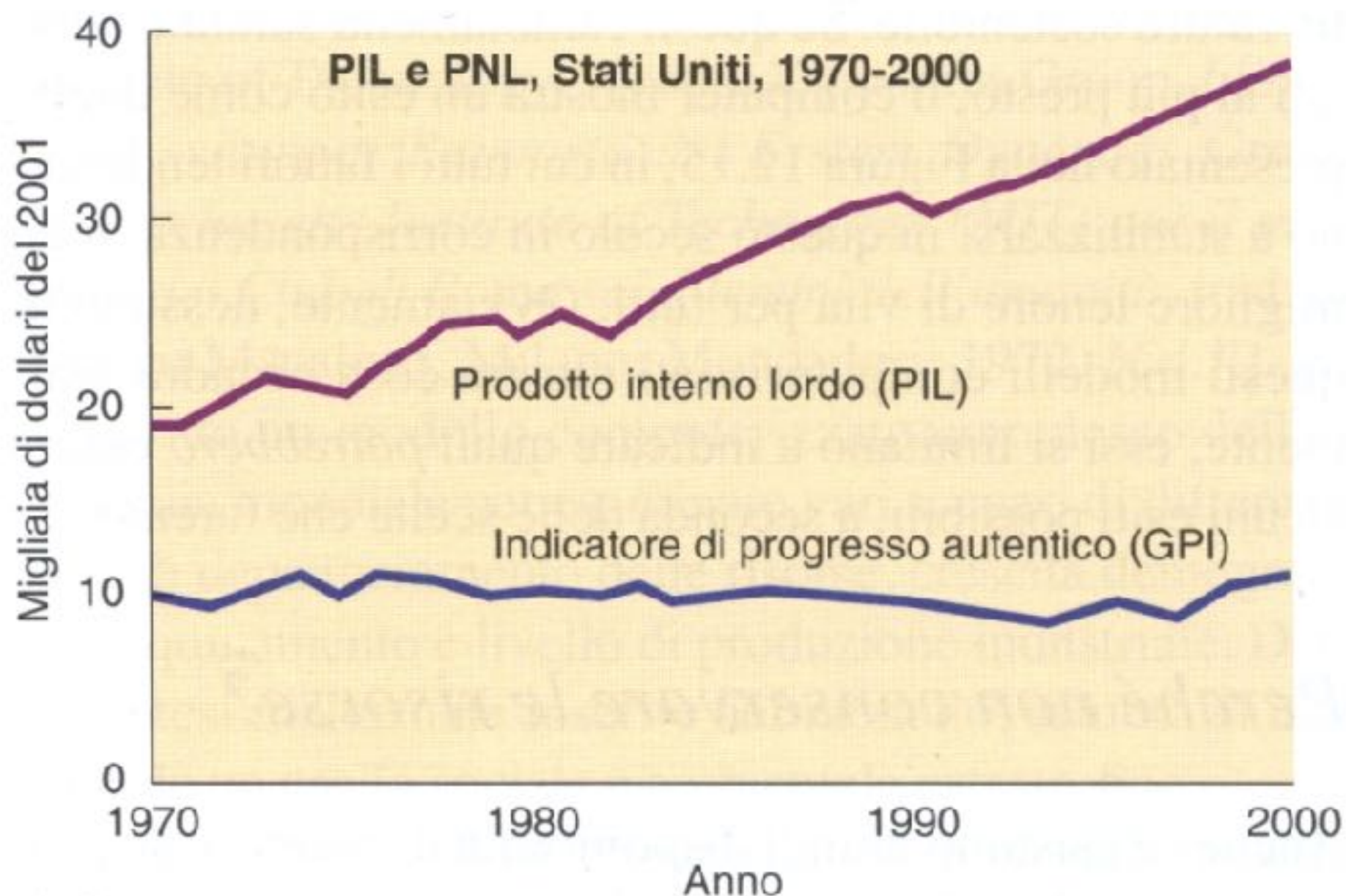
Risorse non rinnovabili: risorse presenti in quantità limitate, o con tempo di turnover non compatibile con le esigenze umane. Queste risorse possono essere *recuperabili* o *non recuperabili* dal punto di vista economico. Risorse non recuperabili possono diventare recuperabili grazie al progresso scientifico e tecnologico.

Risorse rinnovabili: risorse che possono essere ripristinate o sostituite, dall'energia solare agli organismi biologici ed i cicli biogeochimici.

Risorse intangibili: lo spazio aperto, la bellezza, la diversità, la soddisfazione. Sono beni difficilmente quantificabili, e spesso di valore soggettivo estremamente variabile.

La ricchezza di una nazione viene solitamente espressa in termini di **PIL** (prodotto interno lordo). Questa misura tuttavia non tiene conto della distinzione tra attività economiche benefiche e dannose.

Altri indicatori, come il **GPI** (genuine progress indicator), tengono in considerazione questa distinzione, analizzando anche qualità della vita, equità distributiva, depauperamento delle risorse ed altri analoghi parametri.



Fino al sedicesimo-diciassettesimo secolo: Mercantilismo (proteggere i propri mercati con le armi, incentivare scambi interni, che mantengono il denaro - oro - nei propri confini, export deve essere quindi superiore all'import)

Diciassettesimo-diciottesimo secolo: si comincia a fare strada l'idea di equilibrio di mercato tra import ed export. La ricchezza non deriva dal valore dei traffici, ma a quello del lavoro umano.

18esimo e 19esimo secolo: Economia classica.

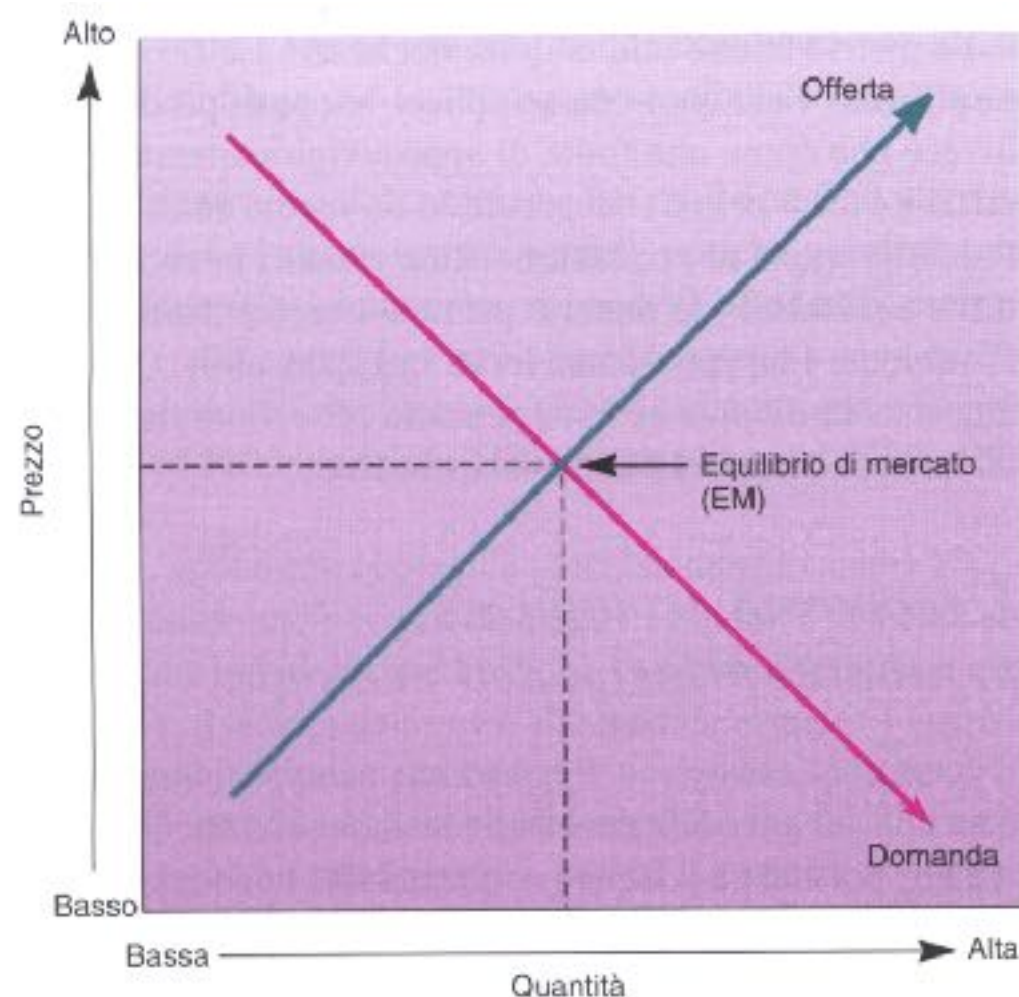
Adam Smith (1723-1790) è considerato il fondatore dell'economia classica. Egli dice che l'egoismo stesso di chi vende fa funzionare il libero mercato e tendere verso uno stato stazionario tra domanda e offerta. I venditori tireranno i prezzi fino al limite a cui i compratori saranno disposti a pagare. La quantità di merce disponibile farà lievitare (carenza) o diminuire (abbondanza) i prezzi, fino a un equilibrio di mercato.

Smith era avverso ai monopoli e ai cartelli di imprese, che tendono a alzare innaturalmente i prezzi.

David Ricardo (1772–1823) fu uno dei primi a distinguere tra lavoratori, che percepiscono un reddito, proprietari terrieri, che percepiscono degli affitti per l'uso delle loro proprietà, e capitalisti, che investono capitale e ne hanno come risultato degli interessi. Egli scrisse:

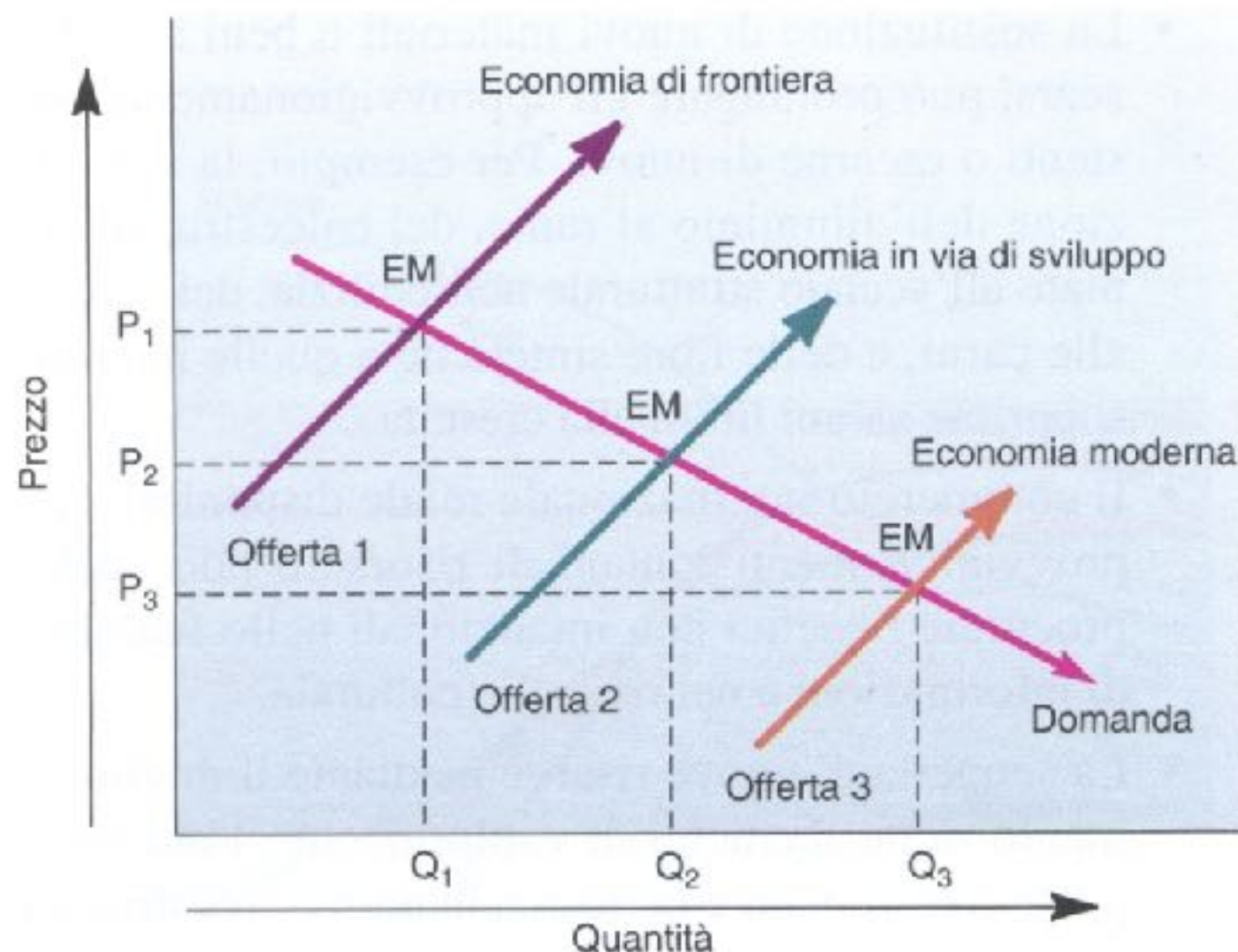
If population grows, it becomes necessary to cultivate additional land, whose fertility is lower than that of already cultivated fields, because of the law of decreasing productivity. Therefore, the cost of the production of the wheat increases, as well as the price of the wheat: The rents increase also, the wages, indexed to inflation (because they must allow workers to survive) as well. Profits decrease, until the capitalists can no longer invest. The economy, Ricardo concluded, is bound to tend towards a **steady state**.

Economia classica: Si basa sul concetto di **domanda** (quantità di un bene o servizio che i consumatori sono disposti e sono in grado di comprare a vari prezzi possibili, nell'ipotesi che siano liberi di esprimere le loro preferenze) ed **offerta** (quantità di un bene o servizio che i produttori offrono in vendita a vari prezzi). In un libero mercato di compratori e venditori *liberi* ed *intelligenti* domanda ed offerta dovrebbero raggiungere un **equilibrio di mercato**. Tuttavia spesso vi è una **elasticità della domanda rispetto all'offerta**. Secondo il filosofo ed economista Stuart Mill (1806-1873) i sistemi economici si evolvono naturalmente fino a raggiungere uno **stato stazionario**, lasciando libere le persone di perseguire scopi non materialistici.

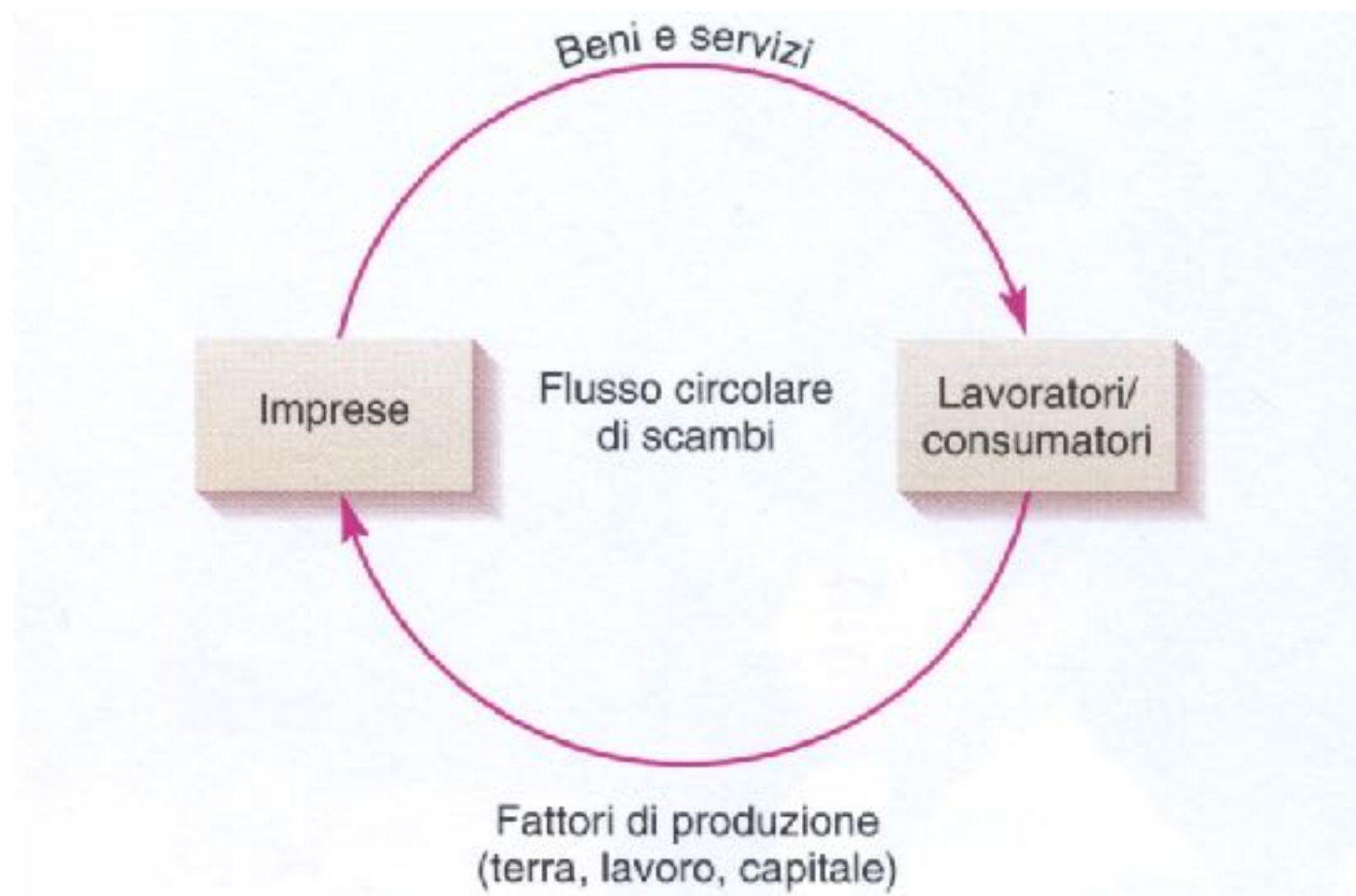


In diversi stadi dello sviluppo economico vi sono diversi equilibri tra domanda ed offerta. Man mano che, grazie allo sviluppo scientifico e tecnologico, si sviluppa il sistema economico, l'equilibrio si sposta verso una maggiore disponibilità di risorse a prezzi minori.

Lo sviluppo scientifico e tecnologico non solo cambia lo stato del sistema economico, ma modifica anche la capacità portante dell'ecosfera per la specie umana. Tuttavia un aumento indefinito della capacità portante non viene considerato possibile.



L'**economia neoclassica** incentra sempre l'analisi su domanda ed offerta. A differenza degli economisti classici, però, **i neoclassici non ritengono desiderabile uno stato stazionario**. Essi ritengono che una **continua crescita** sia l'unico modo per mantenere la piena occupazione ed evitare i conflitti di classe. Le risorse naturali vengono viste come **fattori di produzione** anziché come **fonti di approvvigionamento** critiche e recettori di rifiuti. I fattori di produzione sono ritenuti interscambiabili e sostituibili, per cui le materie prime ed i servizi offerti dalla natura non sono considerati indispensabili.

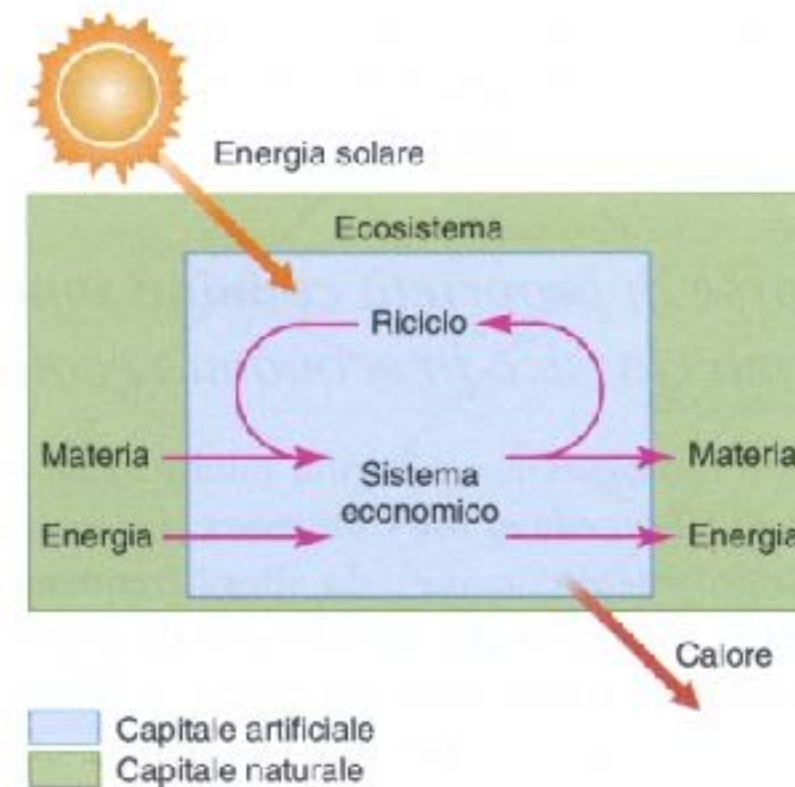
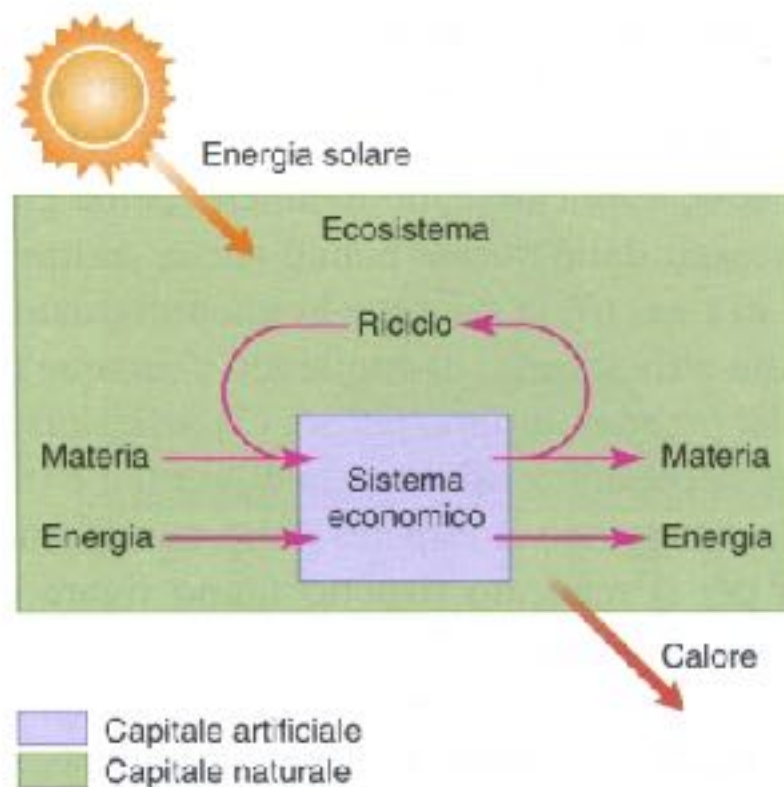


**GROWTH
FOR THE SAKE
OF GROWTH
IS THE IDEOLOGY
OF A CANCER CELL.**
EDWARD ABBEY



Nell'economia classica come in quella neoclassica i servizi della natura (assorbimento di rifiuti e riciclo delle risorse), così come le conseguenze dell'inquinamento (danni all'ambiente ed alla salute pubblica) sono considerati **costi esterni**, a differenza dei costi del lavoro, delle infrastrutture, dei trasporti, ecc. (**costi interni**)

L'economia delle risorse naturali tenta di dare un valore ai servizi che l'ambiente ci offre. Tuttavia, al pari dell'economia neoclassica, tende a considerare come limitanti non i servizi e le risorse ambientali, quanto il capitale artificiale.



L'**economia ecologica** inverte il concetto di scarsità, definendo come fattori limitanti le risorse ed i servizi naturali, e non il capitale artificiale.

Solo nell'economia ecologica prevale una visione olistica, in cui tutti i componenti del sistema economico sono visti come interdipendenti, al pari di un ecosistema. Solo in questo modo i costi definiti esterni vengono internalizzati, attribuendo il giusto valore ai servizi ed alle risorse naturali.

Questo approccio mette in crisi la visione neoclassica di necessità della crescita, auspicando invece una **economia dello stato stazionario** (visione comune all'economia classica). Questo perché una crescita continua e senza limiti, sia economica che di popolazione, non viene considerata sostenibile, in quanto porterebbe ad un universo malthusiano.

Il **protocollo di Kyoto**, stilato nel 1999, è entrato in vigore dopo la sottoscrizione della Russia, nel febbraio del 2005. Nel protocollo sono stabiliti limiti precisi alle emissioni di anidride carbonica per ognuno dei paesi firmatari. Una delle pietre angolari del protocollo è il **carbon trading**, ovvero lo scambio di quote di emissione, governato dal libero mercato. Questo sistema, se da un lato permette a paesi più sviluppati di continuare ad inquinare acquistando quote di emissione da paesi più poveri, dall'altro consente di dare un prezzo all'inquinamento, e tale prezzo viene governato dalla legge della domanda e dell'offerta. L'uso di tecnologie meno inquinanti diviene in questo modo conveniente quando il costo per queste tecnologie diventa inferiore al costo delle quote di emissione. Questo meccanismo può portare ad un ciclo virtuoso, grazie anche allo sviluppo tecnologico, che comporta una continua riduzione dei costi delle nuove tecnologie.

