

Economia dell'Energia e dell'Ambiente

a.a. 2019/20

Lezione 1. Parte A.

***L'Ambiente, le Risorse Naturali, l'Energia:
i limiti naturali allo sviluppo economico***

Prof. Roberto Fazioli

Roberto.Fazioli@unife.it

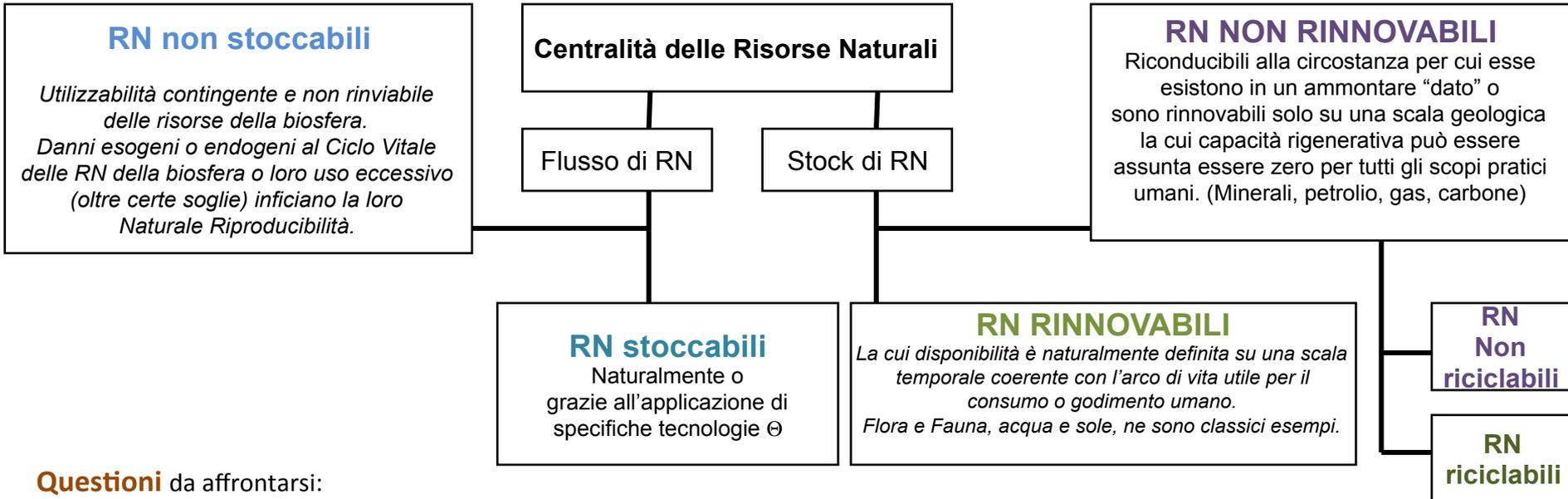
Inquadramento concettuale 1: il Benessere umano e le Risorse Naturali

$$\text{Benessere Umano} = \mathcal{F}(\text{KN}, \text{KM}, \min \text{Effort})$$


$$\text{KM} = \Theta \text{KN}$$

Dove Θ è un parametro di trasformazione esprime la capacità delle tecnologie governate dall'Uomo di modificare e moltiplicare l'usufruità KM di prodotti d'origine "naturale" KN.

1. La minimizzazione dell' *Effort* (sforzo) fa parte delle leggi fisiche che determinano i processi di trasformazione.
2. Ogni attività di **trasformazione** richiede comunque **Lavoro = Energia**, oltre a capacità operativa (Capitale, altri servizi intermedi e lavoro specializzato). Ne deriva che un cambio tecnologico o d'uso di Risorse Naturali può essere motivato o per incremento indotto di efficienza o per minimizzazione di costi indotti.



Questioni da affrontarsi:

- Modalità di Consumo/Sfruttamento delle RN Non-Rinnovabili
- Modalità e Tempi di Consumo/Impiego e Coltivazione delle RN Rinnovabili
- Gestione degli "scarti" del processo produttivo e delle Risorse Non Riciclabili
- Applicazione delle modalità valutative del Life Cycle Assessment (LCA) all'impiego delle risorse e dei processi di produzione utilizzando RN, oltre che del Bilancio Energetico-Ambientale.
- Applicabilità delle strategie di Demand Side Management all'impiego di risorse di flusso non stoccabili.

L'Ambiente, le Risorse Naturali e la teoria economica neoclassica

Classical economists: 1700-1800 century: **Development of natural resource (NR) economics;**

Adam Smith

Hidden market's forces and efficient allocation of resources -> invisible hand

Malthus

Demographic problem: population growth geometric and food output growth arithmetic

Ricardo

Subsistence wage level in steady state, land in varying quality and decreasing productivity.

John Stuart Mill

Diminishing returns, but also growth of knowledge and technical progress. Amenity values, first environmental economist?

Neoclassical economics: marginal theory and value in exchange (and diminishing returns). Natural Resources (NR) are:

1) NR are scarce

a) *Market price* can be used as an indicator of resource scarcity >>> The economic value of NR is determined by *consumers' preferences*, and these preferences are best expressed by a freely operating private *market system*.

b) The Market as a provider of information about resource scarcity, if it's characterized by: (1) Perfect information, (2) Competition in and for each sector, good and service, etc..., (3) perfect mobility of resources without sunk costs, etc.... And (4) Any externalities is relevant or ... Ownership rights well and completely allocated.

c) Natural Ecosystem is treated as being outside the human economy and exogenously determined.

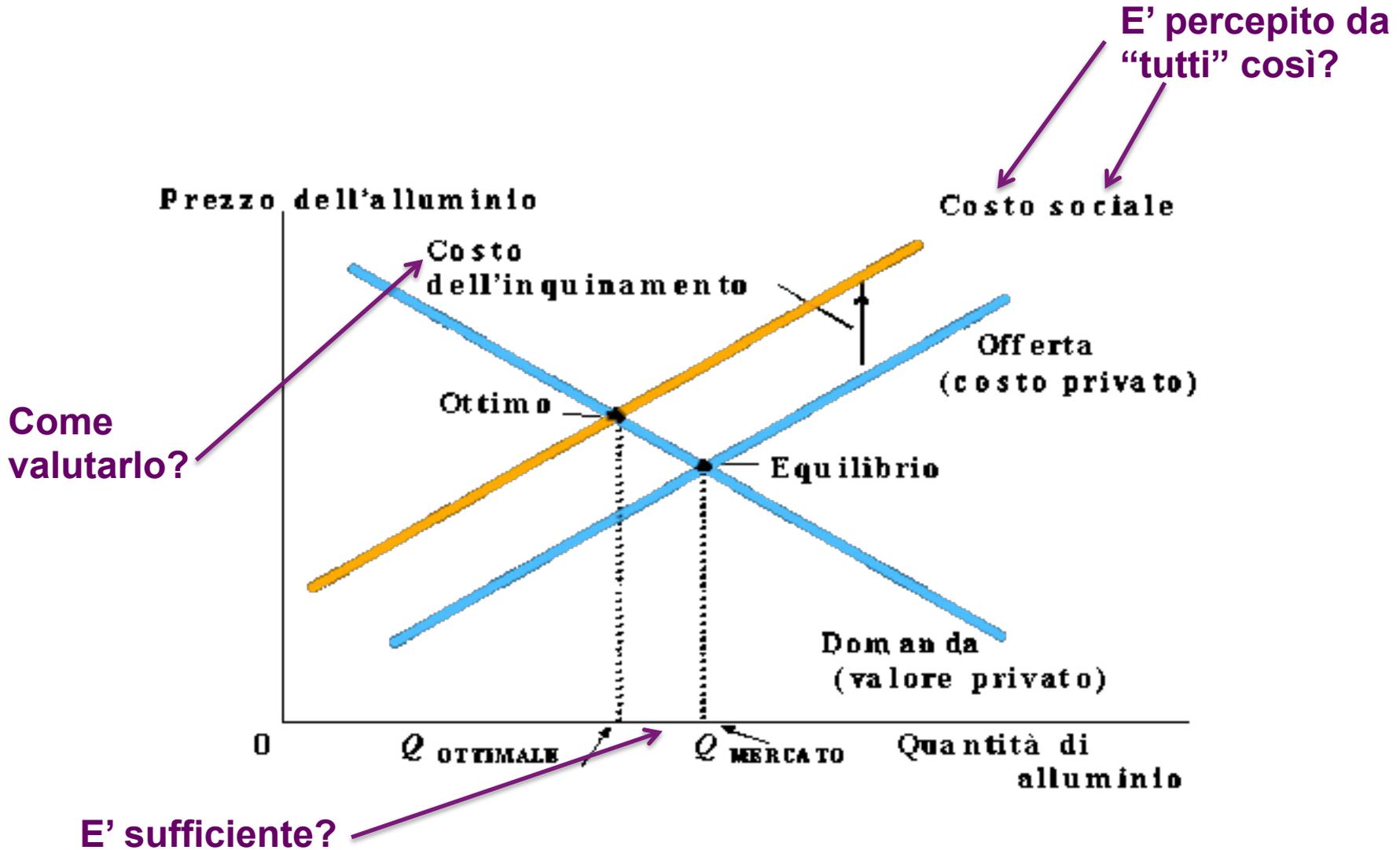
Price signals:

1. Free good → no price
2. Scarce good → positive price

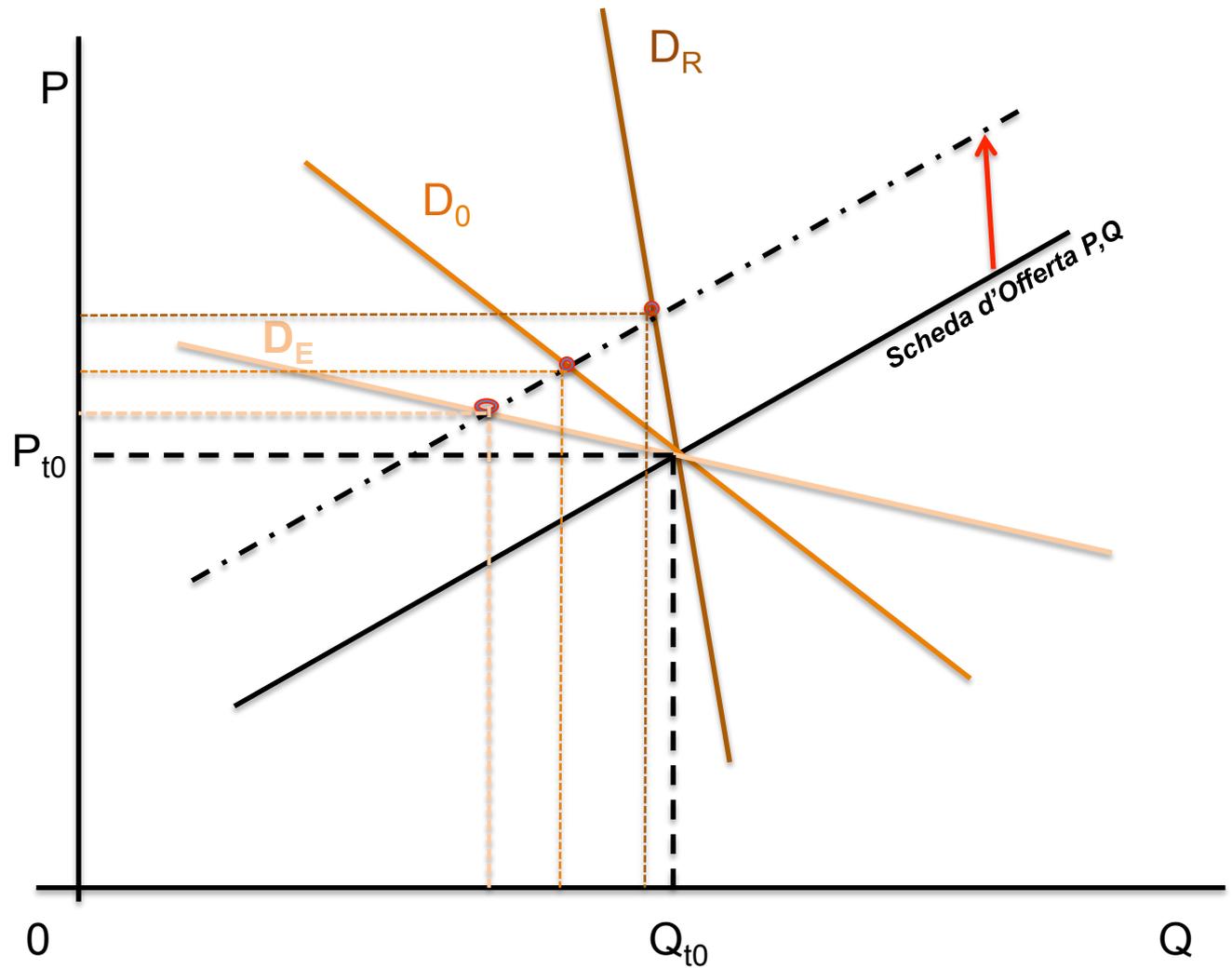
2) NR are essential factors of each Production Function

- NR can always be replaced (partially or fully) by the use of other resources that are manufactured or natural;
- NR provide both a limit and opportunity of economic development;
- matter and energy from the natural environment are continuously transformed to create an immaterial flow of value and utility;
- Technological advances continually augment productivity of such a scarcity of natural resources.

**Esternalità negativa (ad esempio "ambientale")
quale caso particolare di "Fallimento del Mercato"**

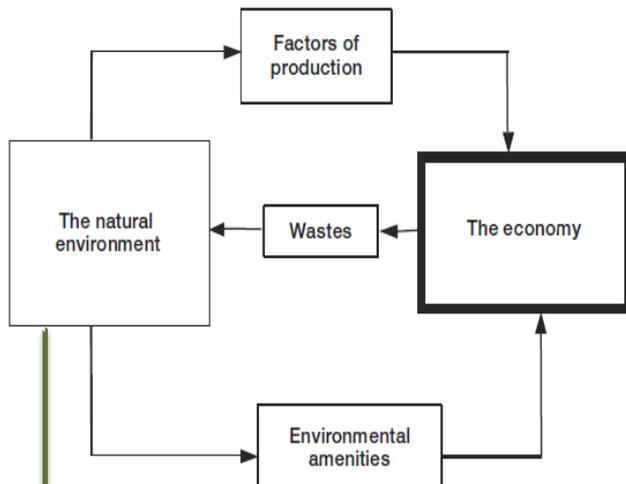


Esternalità ed elasticità della Domanda
del “prodotto che induce esternalità ambientale negativa”



Environmental Economics

Il Focus principale è, quindi, posto sulle modalità d'impiego e gestione degli elementi costituenti la bio-sfera, l'aria, l'acqua, la terra, le sue risorse minerarie, ecc... Dall'estrazione o coltivazione fino al loro smaltimento o riuso.



L'Environmental Economics parte dall'assunto che la vita e lo sviluppo dell'umanità dipendono dalle Risorse Naturali disponibili nell'ambiente naturale di riferimento. Si dipende, quindi, da:

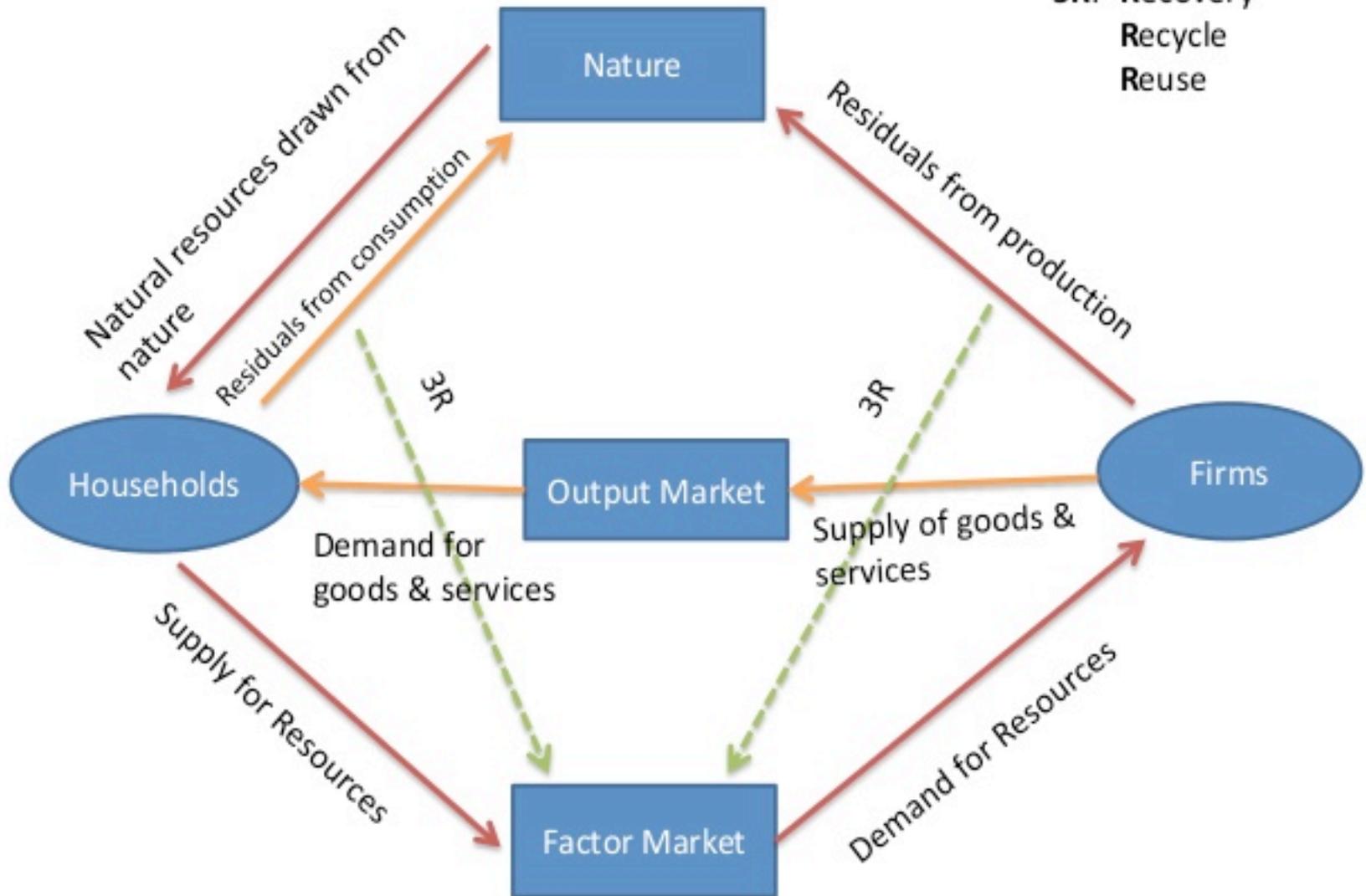
1. l'estrazione di risorse non rinnovabili e la raccolta di risorse rinnovabili
2. lo smaltimento e l'assimilazione dei rifiuti
3. il consumo di amenità e risorse dell'ambiente funzionali alla vita umana.

ECOLOGICAL PERSPECTIVE:

- a) Environmental resources of the biosphere are *finite*
- b) *Mutual interdependencies*: everything is related to everything else
- c) Biosphere is characterized by a continuous transformation of matter and energy
- d) *Material recycling* is essential for the growth and revitalization of all the subsystems of the biosphere
- e) Nothing remains *constant* in nature
- f) The human economy is a *subsystem* of the biosphere

Material Balance Model

3R: - Recovery
Recycle
Reuse



Economic Approach

- It provides better understanding about connection between economic system and natural assets.
- **Positive economics** shows **what is, what was and what will be**.
- **Normative economics** answers the question **what should be**.
- Argument between these economics ensures continuous development and both approaches are important.

Ex:- **Positive economic approach**

- In order to evaluate dynamics of use of natural resources.
- It helps determine **whether use of resources has increased, decreased or has stayed on previous level**.

Ex:- **Normative economic approach**

- To determine whether the **speed of utilization of natural resources is acceptable or not** and also to analyze possible ways of using natural resources.

3. Normative criteria for decision making

- It can be formulated as follows: if B is benefit from use of natural resources and C is costs then:

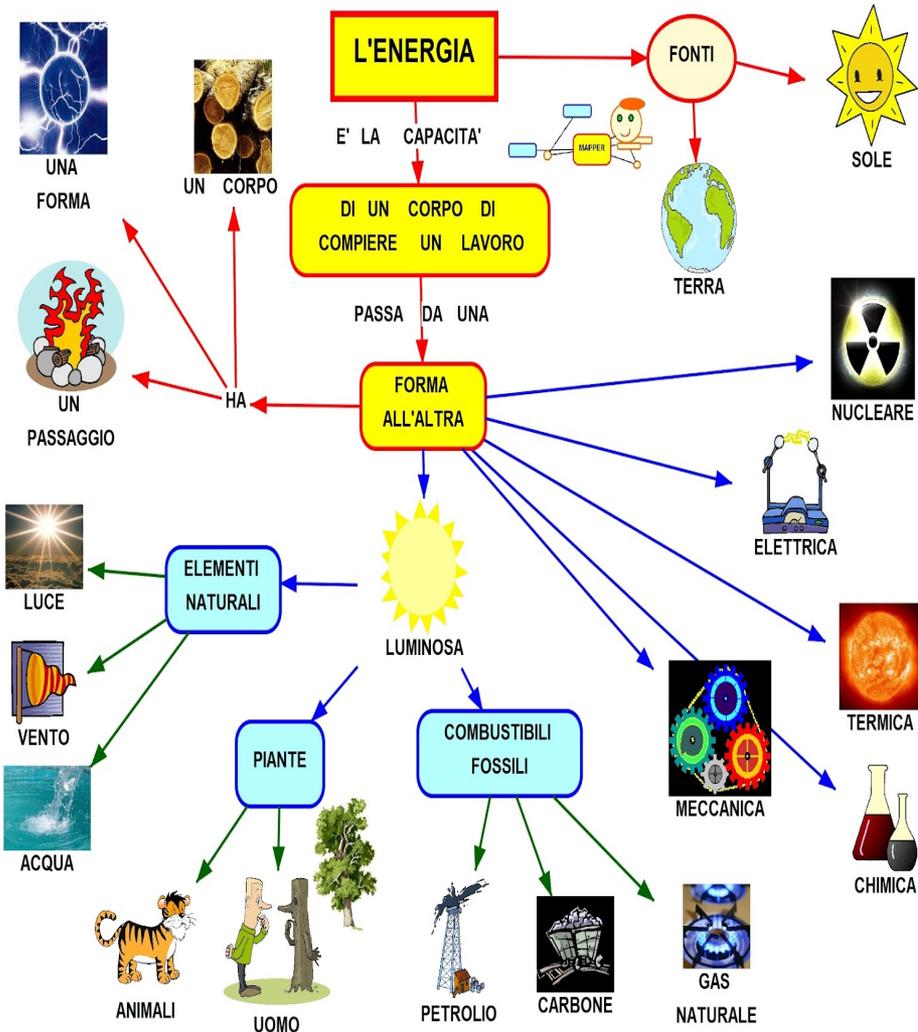
- $B > C$ action **desirable**;
- $B < C$ action to be **rejected**
- $B = C$ point of **no losses**

- All benefits and costs are evaluated taking into consideration their effect on development of humankind

- If it is essential to find out whether the proposed actions are desirable, the first step should be determination of **benefits and losses**.
- If **benefits are higher than losses** then action is **desirable**.
- This simple system is economic basis in decision making.

Inquadramento concettuale 2 = la funzione di Produzione

$$Y_t = \text{General Function of Production}_t = f(K_t, L_t, \dots, NR_t, E_t, \theta_t \text{ Effort}_t)$$



1. E_t = Energy availability >>> essential engine for each activity

2. θ_t = available Technological System (know-how, solutions & Instruments) >> functioning of such “engine”

3. NR = from Land to larger system of existing Natural Resources.

Land includes all natural physical resources – e.g. fertile farm land, the benefits from a temperate climate or the harnessing of wind power and solar power and other forms of renewable energy. Some nations are richly endowed with natural resources and then specialise in their extraction and production – for example – the high productivity of the vast expanse of farm land in the United States and the oil sands in Alberta, Canada. Other countries such as Japan are heavily reliant on importing these resources.

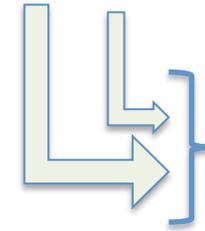
4. L - Labour is the human input into production e.g. the supply of workers available and their productivity. An increase in the size and the quality of the labour force is vital if a country wants to achieve growth. *In recent years the issue of the migration of labour has become important. Can migrant workers help to solve labour shortages? What are the long-term effects on the countries who suffer a drain or loss of workers through migration?*

5. K = Capital Technological and intertemporal non-human inputs.

Capital goods are used to produce other consumer goods and services in the future. Fixed capital includes machinery, equipment, new technology, factories and other buildings. Working capital means stocks of finished and semi-finished goods (or components) that will be either consumed in the near future or will be made into consumer goods. New items of capital machinery, buildings or technology are used to boost the productivity of labour. *For example, improved technology in farming has vastly increased productivity and allowed millions of people to move from working on the land into more valuable jobs in other industries*

$$Y_t = \text{General Function of Production}_t = f(K_t, L_t, \mathbf{NR}_t, \mathbf{E}_t, \theta_t \text{ Effort}_t)$$

Espressione quantitativa
delle **disponibilità e impiego di Risorse Naturali**



Funzione diretta o indiretta
dell'impiego di **NR**

La componente **biologica** di N.R.

$$\mathbf{RN}_{bt} = \mathbf{C}_{b,t} - \mathbf{W}_{b,t} + \mathbf{A}_{b,t}$$

Dove

- \mathbf{RN}_{bt} = Massa Biologica disponibile al tempo "t";
- $\mathbf{C}_{b,t}$ = Massa Biologica raccolta e consumata in t;
- $\mathbf{A}_{b,t}$ = Aggiunta di Massa Biologica;
- $\mathbf{W}_{b,t}$ = dissipazione di Massa Biologica

La componente **mineraria** di N.R.

$$\mathbf{RN}_{mt} = \mathbf{RRN}_{m,t-1} - \mathbf{C}_{m,t} - \mathbf{W}_{m,t} + \mathbf{D}_{m,t}$$

Dove

- \mathbf{RN}_{mt} = Massa mineraria disponibile al tempo t;
- $\mathbf{RRN}_{m,t-1}$ = Riserva di RN mineraria al periodo t-1;
- $\mathbf{C}_{m,t}$ = Flusso di RN estratto e consumato in t;
- $\mathbf{D}_{m,t}$ = New Discovered RN in t.
- $\mathbf{W}_{m,t}$ = dissipazione di RN minerarie in t.

$$\mathbf{RN}_t = \mathbf{C}_t + \mathbf{W}_t + \mathbf{S.R.RN}_t$$

Dove

- \mathbf{RN}_t = ammontare (variabile di *FLUSSO*) di R.N. disponibile al tempo "t";
- \mathbf{C}_t = ammontare consumato di NR in t;
- $\mathbf{S.R.RN}$ = Stock Residuo di RN disponibile alla fine del periodo t;
- \mathbf{W}_t = ammontare deteriorato di NR in t.

La variabile di flusso delle N.R. disponibili è
derivabile da

$$\mathbf{RN}_{bt} + \mathbf{RN}_{mt} = \mathbf{RN}_t$$

Dove

- \mathbf{RN}_{mt} = Massa mineraria disponibile al tempo "t";
- \mathbf{RN}_{bt} = Massa biologica disponibile al tempo "t".

Il legame storicamente acclarato fra Vita & Energia genera la necessità di analizzare, conoscere e studiare le fonti dell'energia, il loro uso possibile, la possibilità di programmarle e di valutarne complessivamente gli effetti.

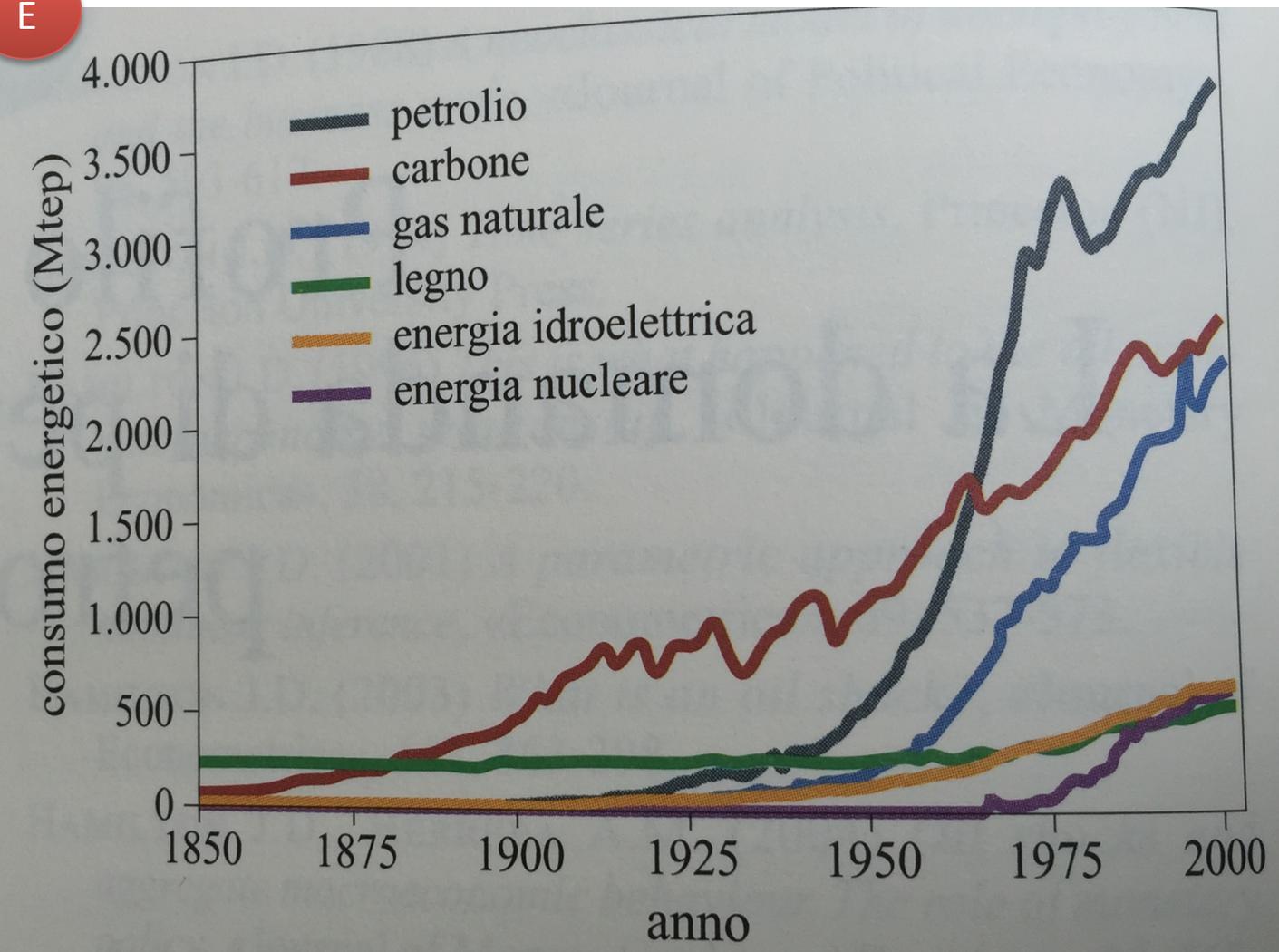
E

La **crescita dei consumi energetici** mondiali legati alla Prima e Seconda Rivoluzione Industriale ha indotto, nel tempo, un forte e importante mutamento nel "mix Energetico" e tutto ciò, a sua volta, ha indotto mutamenti sia nei Modelli di Consumo che nelle dinamiche demografiche.

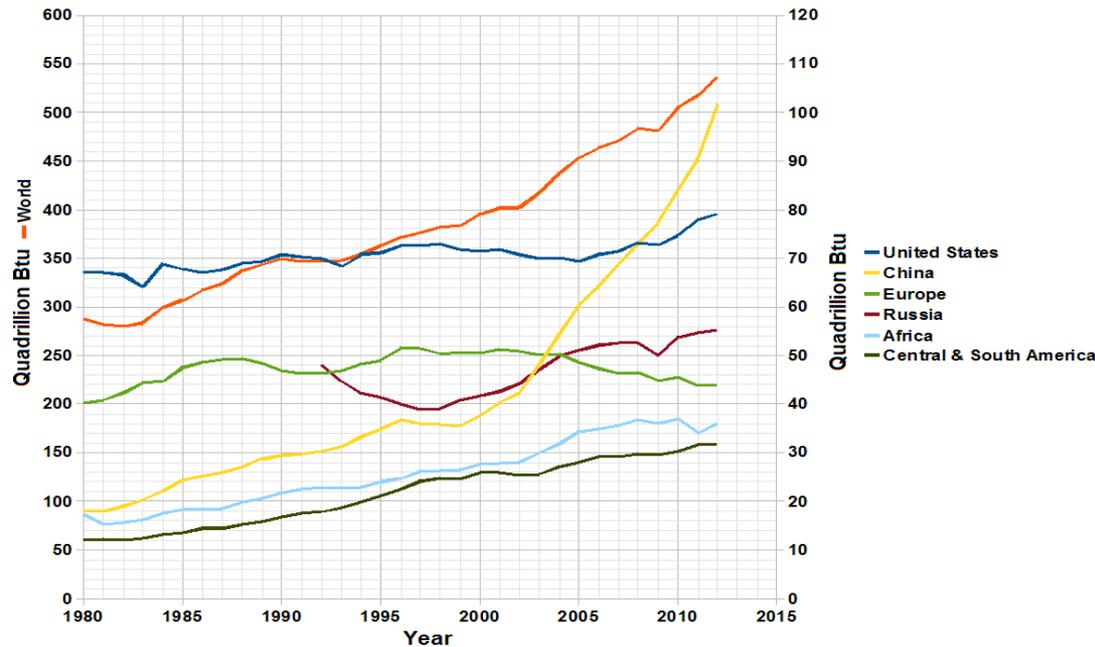
Il consumo individuale è cresciuto di circa 100 volte dall'inizio della civilizzazione

Negli ultimi 150 anni il consumo energetico è cresciuto costantemente del +2-3 % annuo

- Il consumo di energia crescerà nel futuro in quanto:
- La popolazione continuerà a crescere;
 - Miliardi di persone nei PVS aspirano a una vita migliore;
 - Le attuali disparità tenderanno ad attenuarsi.



World Total Primary Energy Production



La Crescita e Sviluppo Economico si fondano sulla disponibilità di RN.

*Gli standard di vita, gli argomenti di una funzione obiettivo di **benessere sociale**, I contenuti antropologici, culturali e neurologici del benessere umano si fondano sulla disponibilità, sull'interazione, sul legame con le RN.*

*Nella maggior parte dei casi, purtroppo, l'essere umano interagisce con "**trasformazioni, rielaborazioni, aggregazioni e miscelanee**" di RN che formano il Set dei Beni&Servizi che dovrebbero soddisfare Bisogni, che si traduco nella "**Domanda**".*

Ma solo l'Energia, l'impiego di differenti fonti d'Energia, consente quelle trasformazioni. Per lo sviluppo economico e del benessere umano, quindi, solo l'interazione "Materia (RN) ed Energia" determina quell'equilibrio che determina, comunque, il verificarsi della vita umana sulla Terra.

In sintesi:

Economic growth = \mathcal{F} (Natural Resources&Energy)

Energy Supply (e. Production)

=

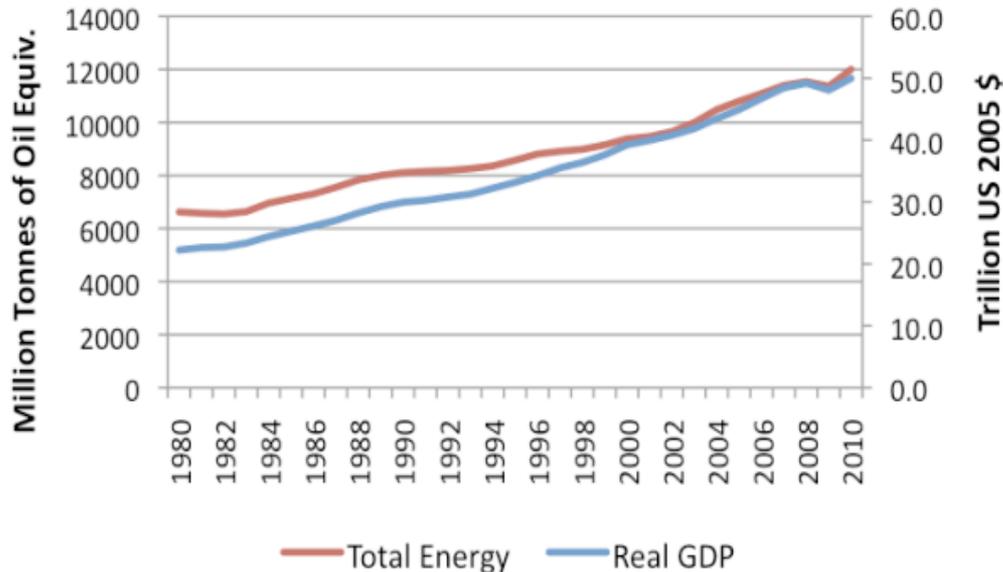
Energy Demand (stemming from needs)

=

Primary Energy Sources Availability & Technological transformation

$$E_t = \gamma RN_t, \theta_t$$

World - Total Energy and Real GDP



the **growth** of the economic subsystem is **'bounded'** by a non growing and finite ecological sphere

Natural resources cannot be viewed merely as factors of production...
Otherwise, humans lead to **industrial pollution (waste)**

nature acts as both a source of production for KM and a limiting factor on the basic material requirements for the human economy

Material recycling is essential for the growth and **revitalization** of all the components of the ecosphere

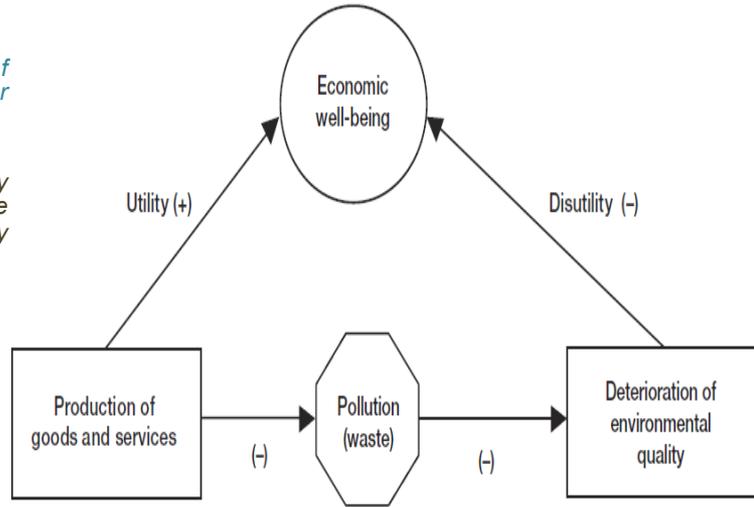
A functioning **natural ecosystem** is characterized by a **constant transformation of matter and energy**



Natural ecosystems require continual energy flows from an external source

Energy and thermodynamics

1. The first law of thermodynamics: principle of conservation of energy - matter and energy can neither be created nor destroyed, only **transformed**.
2. The second law of thermodynamics: energy transformations – in every **energy conversion** some useful energy is converted to useless (heat) energy (entropy)



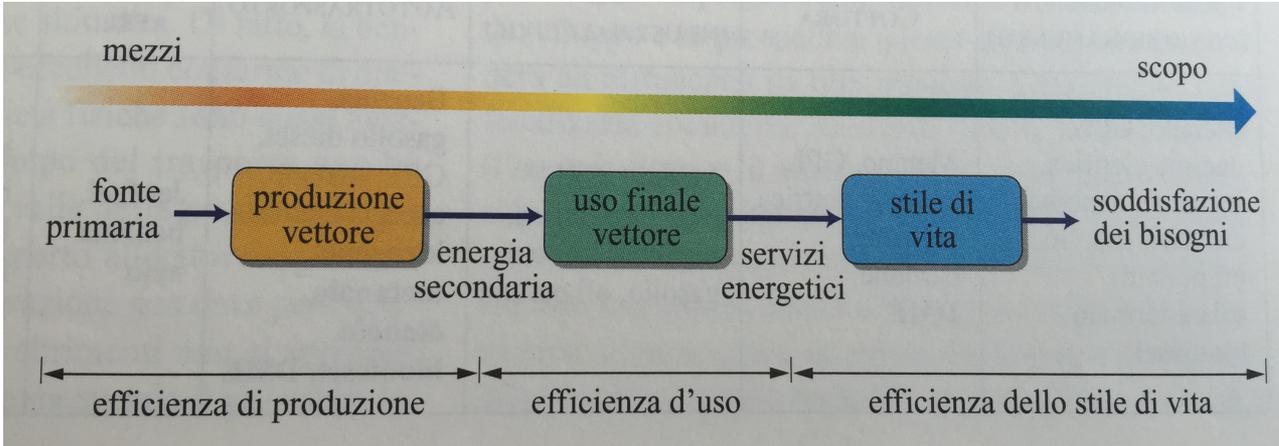
La "rottura" dell'Equilibrio Naturale: mito o realtà?

Molte teorizzazioni (e, a seguire, linee di policy) assumono la pre-esistenza di un "sistema in equilibrio", una sorta di Equilibrio "Naturale" della Biosfera. Ammesso e non concesso che si possa definire un equilibrio stabile in un sistema biologicamente fondato sull'evoluzione dinamica, non ci si può non porre il dubbio:

1. Evoluzione «naturale»: *what does it means?*
2. Rottura dell'equilibrio naturale causato dall'impatto delle attività antropiche ... da quando?

- **waste-absorptive capacity** of the natural environment: ecological threshold
- **trade-off** between economic goods and environmental quality

Emerge un Problema di **Sostenibilità delle dinamiche di crescita e/o way-of-life di una determinata collettività.**



L'Energia deriva da Fonti Primarie Naturali (per biogenesi o abiogenesi) e permea di sé tutta la filiera di trasformazione che volge al soddisfacimento della Domanda, ovvero dei Bisogni (più o meno indotti) a loro volta indotti da "way-of-life".

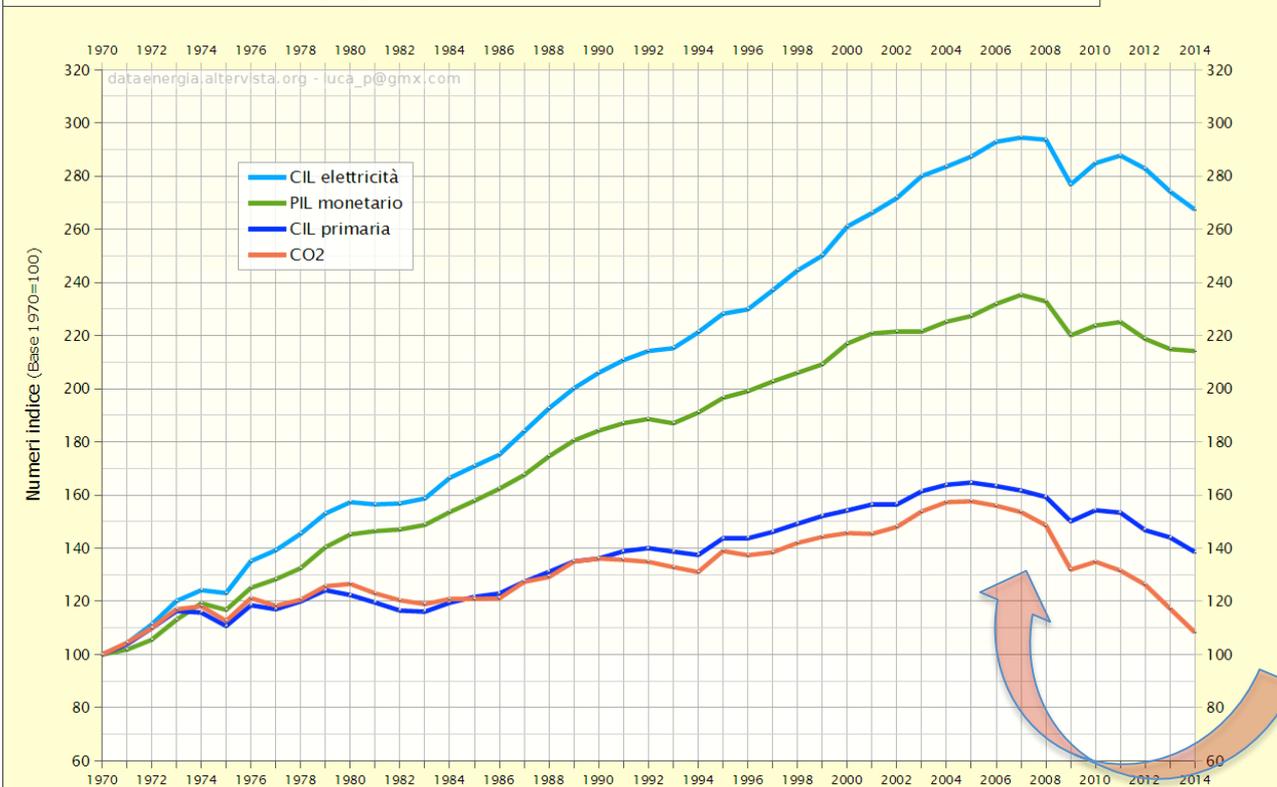
Ne derivano considerazioni in merito al "concetto di Efficienza" declinato nei tre ambiti di riferimento:

Efficienza tecnica o di produzione di trasformazione della Fonte Primaria in Energia Primaria;

Efficienza d'uso o trasformazione nella forma energetica di riferimento all'utente finale della stessa;

Efficienza della Demand Side, ovvero correlata alle modalità d'uso. Questa declinazione dell'efficienza ha a che fare con la coerenza delle modalità d'uso con le declinazioni di tipo tecnico e produttivo dell'erogazione dell'offerta d'energia di riferimento. Le nuove politiche e strategie di Demand-Side Management (vedi Smart Solutions) puntano proprio alla massimizzazione di questa accezione d'efficienza.

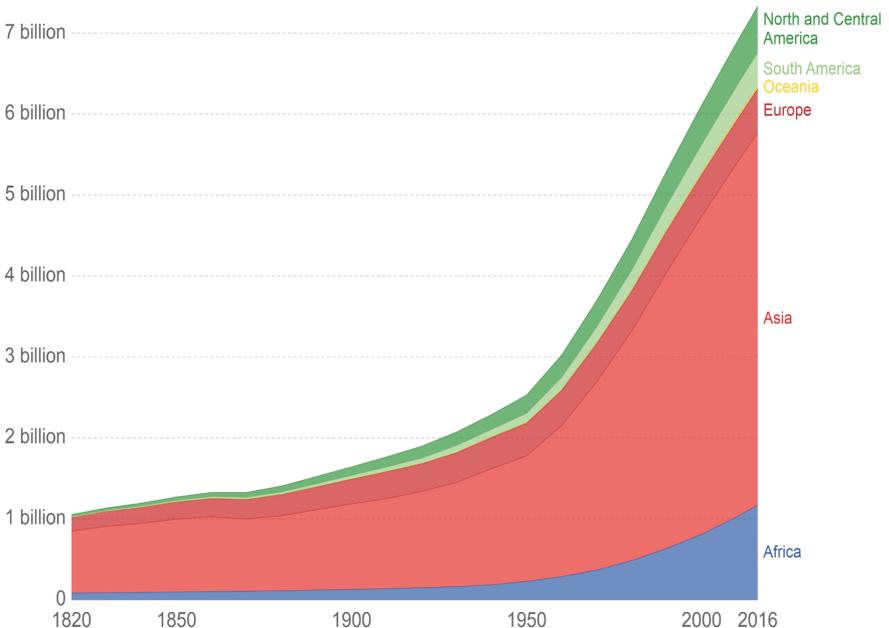
Consumo interno lordo di energia, prodotto interno lordo monetario ed emissioni di CO2 a confronto in Italia



La crescita economica è sempre stata correlata all'aumento della domanda di energia. Entrambe, a loro volta, hanno indotto l'aumento di emissioni di CO2.

L'incremento di efficienza energetica e le crisi strutturali (ovvero le "decescite infelici - subite") hanno determinato andamenti di segno differente e non correlabile.

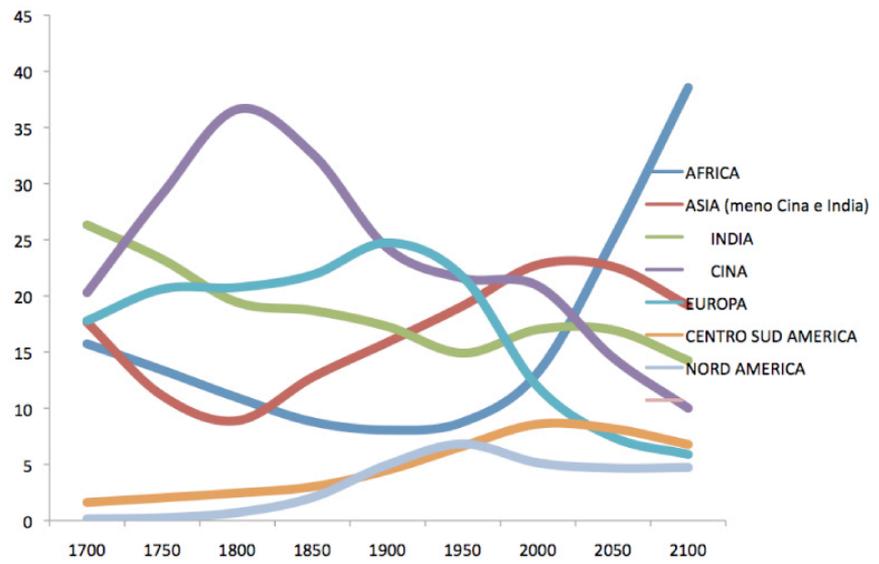
World population by world regions



Source: Global Population by Region - HYDE (2016) OurWorldInData.org/world-population-growth/ • CC BY-5

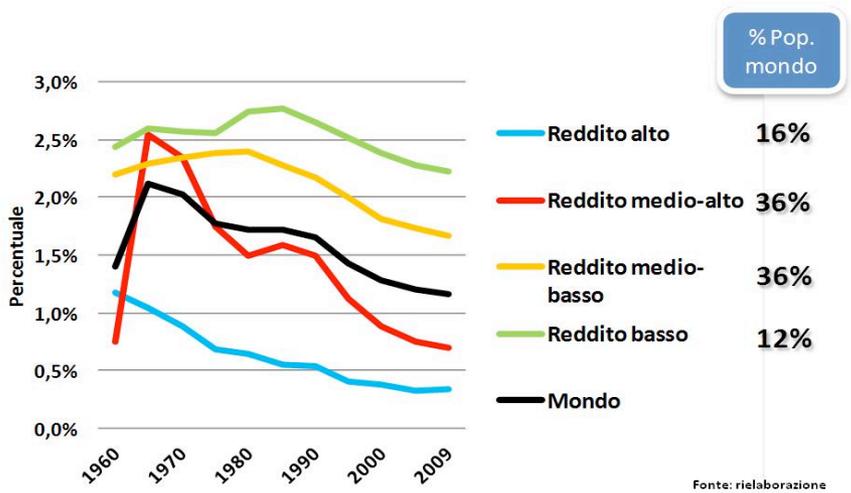
In 1820 there were about one billion humans living on earth. In 2016 there were 7.33 billion. Today we are close to 7.5 billion. According to recent estimates, today's population is about to 6.9% of the total number of people ever born. Global Demand is more and more growing, both as a whole and in internal structure ... toward increasing needs for Living Standards

FIGURA 1 – LA POPOLAZIONE DEI CONTINENTI (% della popolazione del mondo), 1700-2100



Fonte: Massimo Livi Bacci, Il Pianeta Stretto, Il Mulino, Bologna, 2015

Tasso di crescita demografica per fascia di reddito dal 1960 al 2010



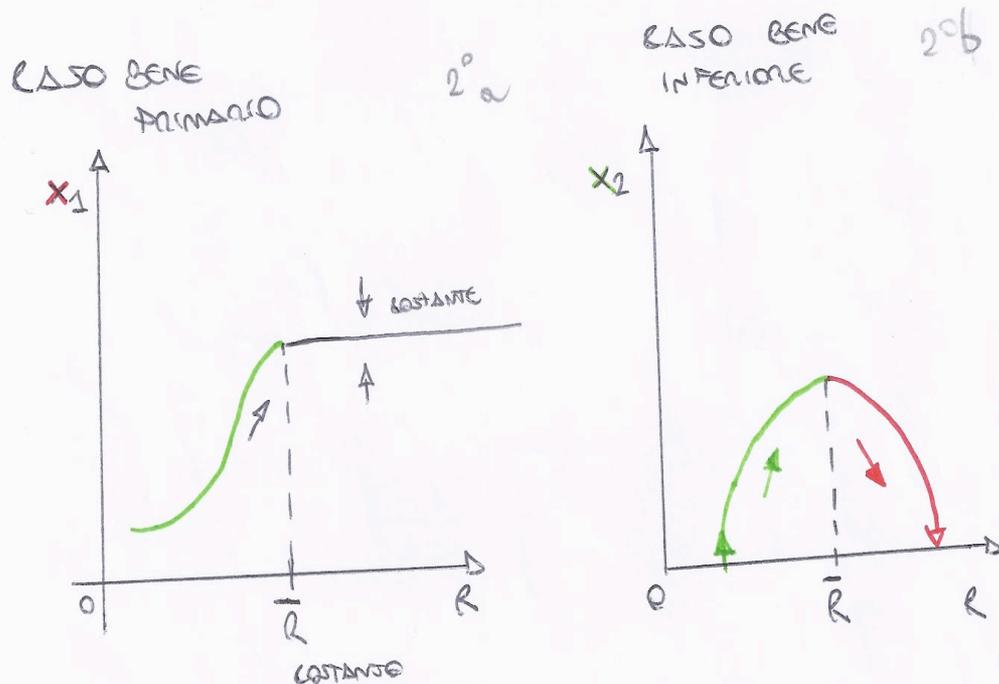
Fonte: rielaborazione dati Banca Mondiale

La dinamica demografica dipende da differenti motivazioni derivanti da valori sociali e culturali. Empiricamente, poi, è emersa anche una **correlazione** culturale riconducibile a fattori reddituali o, comunque, di **natura economico-distributiva**.

La crescita economica si traduce, storicamente e tipicamente, anche in crescita del reddito aggregato e della Domanda Aggregata che, a sua volta ed a seconda del modello redistributivo esistente, anche in diversificazione della struttura della Domanda di Beni&Servizi. E' utile ricordare che si è sempre assistito ad una **differenziazione nella Demand-Side** a seconda del valore assunto dall'elasticità della Domanda al Reddito. Ciò rileva a fronte di spinte demografiche importanti e crescenti con altrettanto crescenti istanze e attese di lievitazione degli "standard di vita" che, in fin dei conti, traslano sovente in lievitazioni quantitative della Domanda di beni&Servizi. E', quindi, bene, ora, ricordare che:

- beni a elasticità unitaria $\epsilon_Y = 1$: l'aumento del reddito fa aumentare la domanda in modo esattamente proporzionale;
- beni di lusso quando $\epsilon_Y > 1$: l'aumento del reddito fa aumentare la domanda in modo più che proporzionale;
- beni di prima necessità quando $\epsilon_Y < 1$: l'aumento del reddito fa aumentare la domanda in modo meno che proporzionale;
- beni inferiori quando $\epsilon_Y < 0$: a seguito dell'aumento del reddito, la domanda del "bene inferiore" diminuisce.

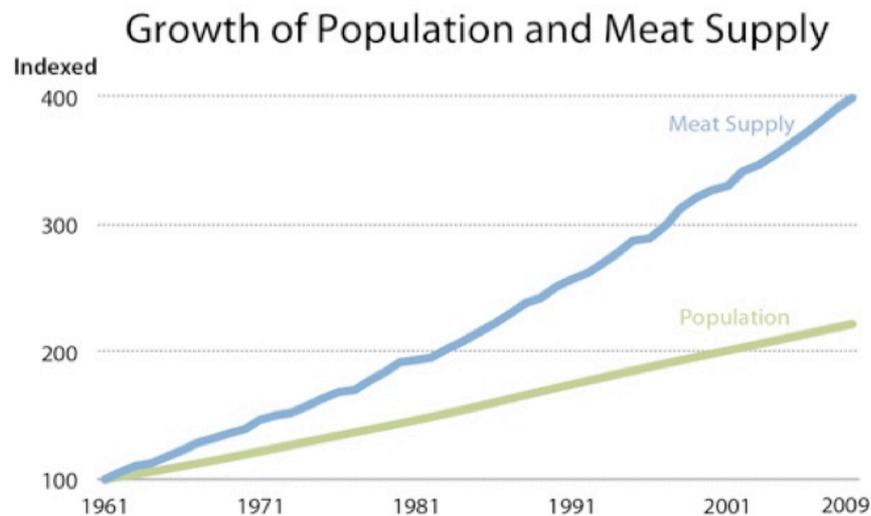
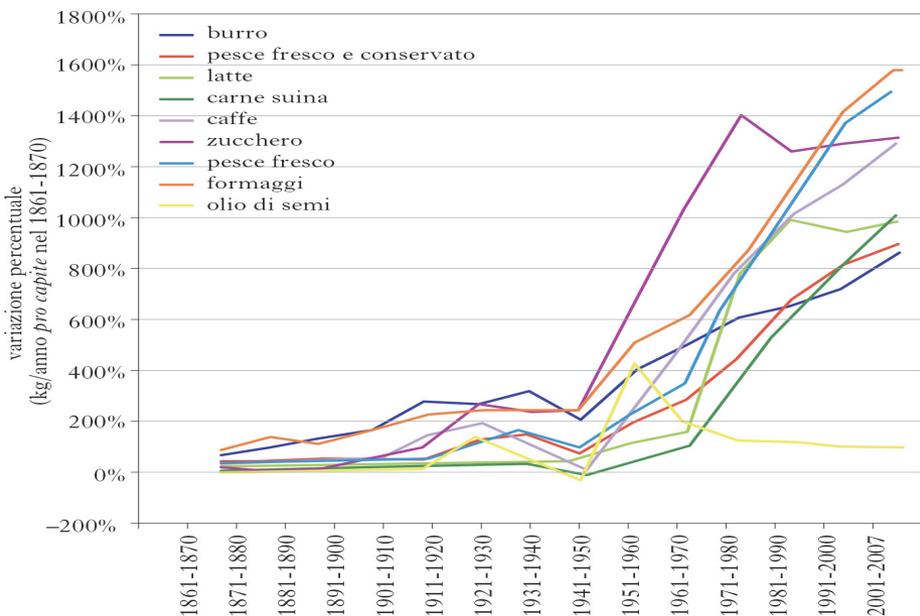
Molto spesso, il cosiddetto "bene inferiore" è un "bene" locale, poco costoso e "semplice", con un forte radicamento nelle culture e colture locali. L'emancipazione da tali beni, dal punto di vista energetico e ambientale, sovente impone una maggior sofisticazione del Bene&Servizio, una maggior "lavorazione" e, quindi, un maggior contenuto (diretto e indiretto) di Energia. Spesso anche di "altre Risorse Naturali", altrettanto spesso lontane logisticamente.



La Domanda di forniture energetiche "Green&Smart", magari su portali di trading energetico altamente intercorrelati ed efficienti, induce una straordinaria sofisticazione della struttura dell'Offerta. **Ad una maggior articolazione e sofisticatezza e articolazione della Demand-Side corrisponde, quindi, una omologa ristrutturazione e crescita della complessità nella Supply-Side.** Un esempio sono le nuove tecnologie della domotica ICT: straordinariamente customerizzate su specifiche e programmabili esigenze, ma, al contempo altrettanto articolate a livello manifatturiero e tecnologico.

La crescita della Domanda di energia trainata dall'incremento di risorse induce, inevitabilmente, lo sviluppo di una pari sofisticazione dell'Offerta di Energia.

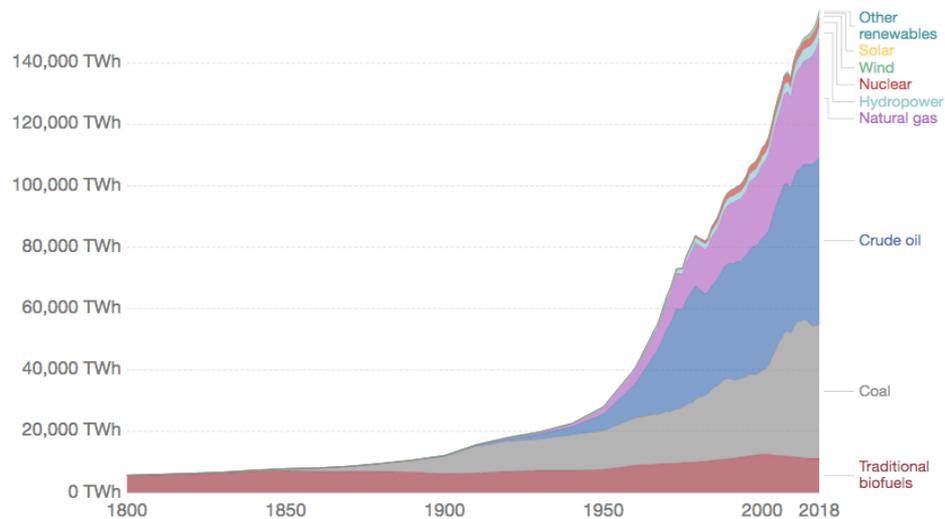
L'evoluzione della Domanda Complessiva e Pro-Capite di Beni&Servizi, di Energia e di derivati naturali



Global primary energy consumption

Global primary energy consumption, measured in terawatt-hours (TWh) per year. Here 'other renewables' are renewable technologies not including solar, wind, hydropower and traditional biofuels.

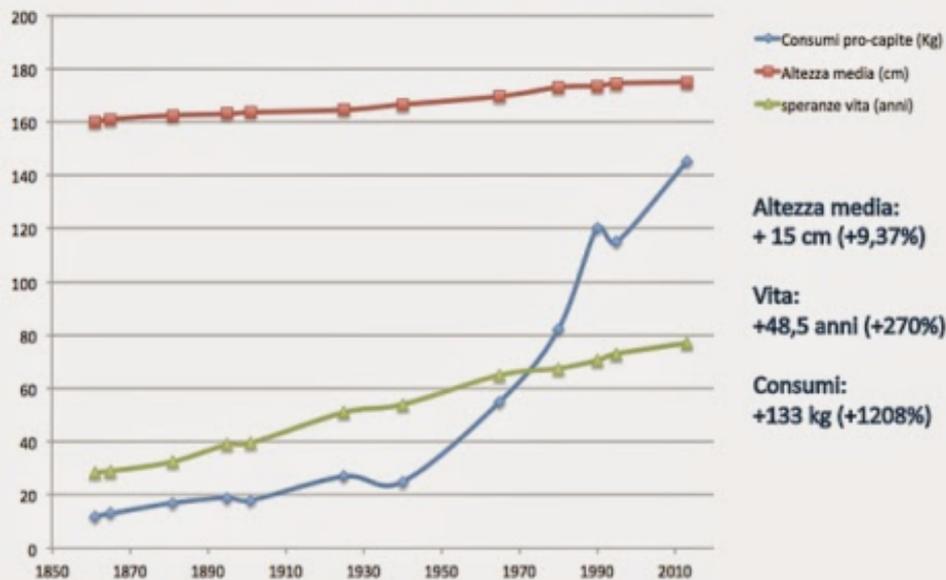
Our World in Data



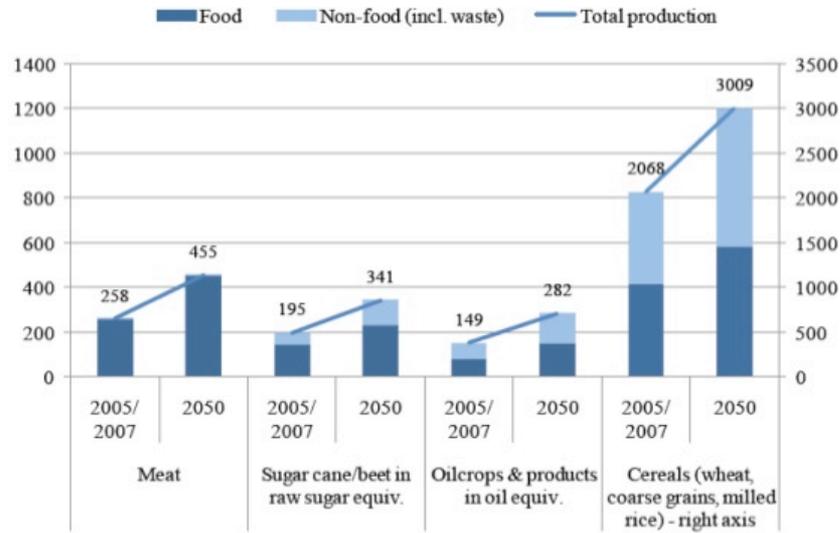
Source: Vaclav Smil (2017) and BP Statistical Review of World Energy

CC BY

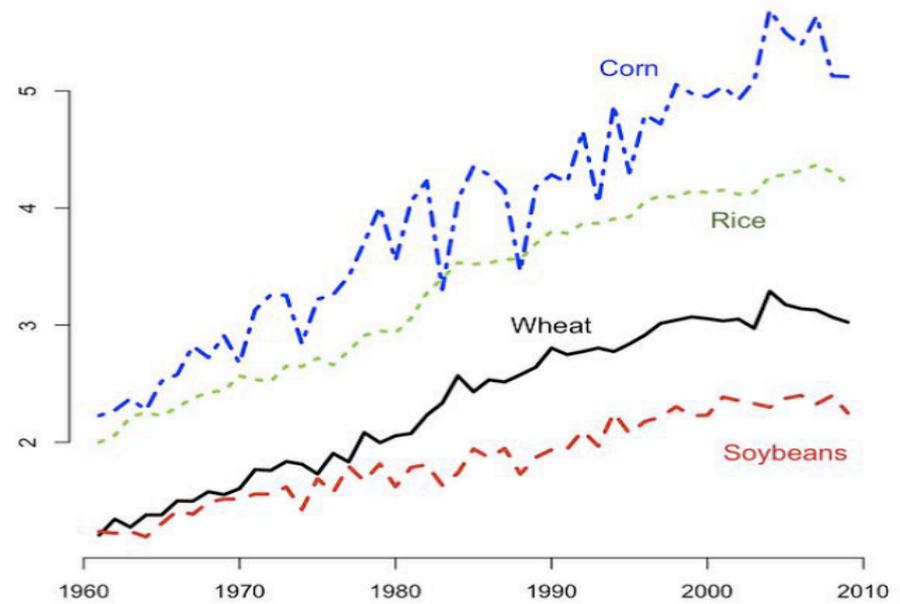
Cibo, altezza e vita in Italia (1861 - 2011)



Food demand: Projections to 2050

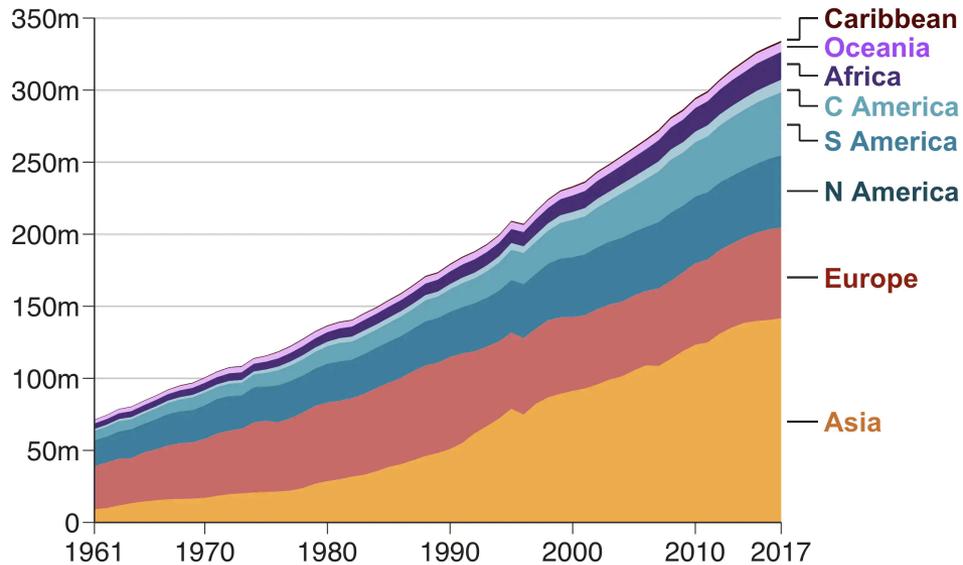


World Yields of Staple Food Crops

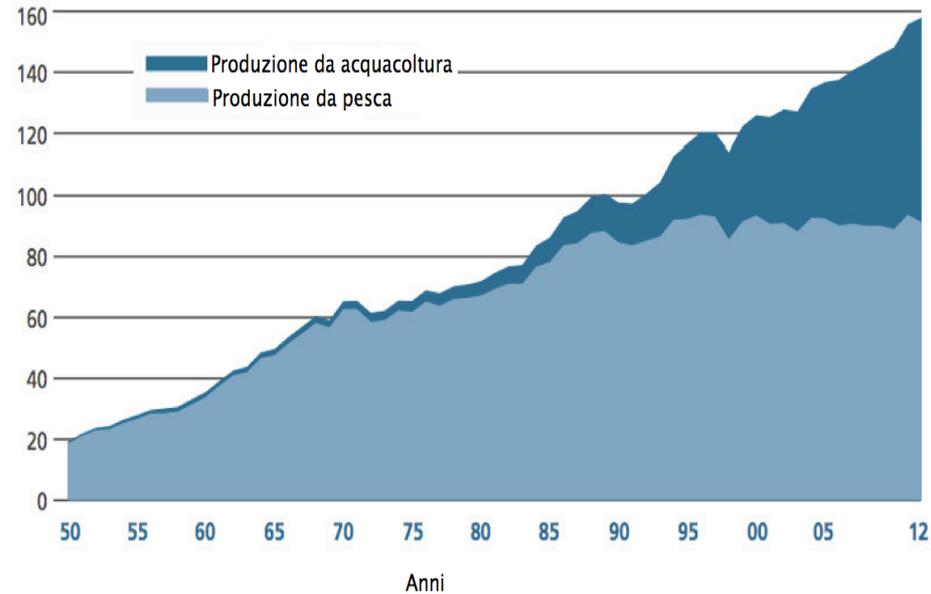


Meat production by region

Annual production, in tonnes



Milioni di tonnellate



IL PARADOSSO DELLA FELICITA' DI EASTERLIN

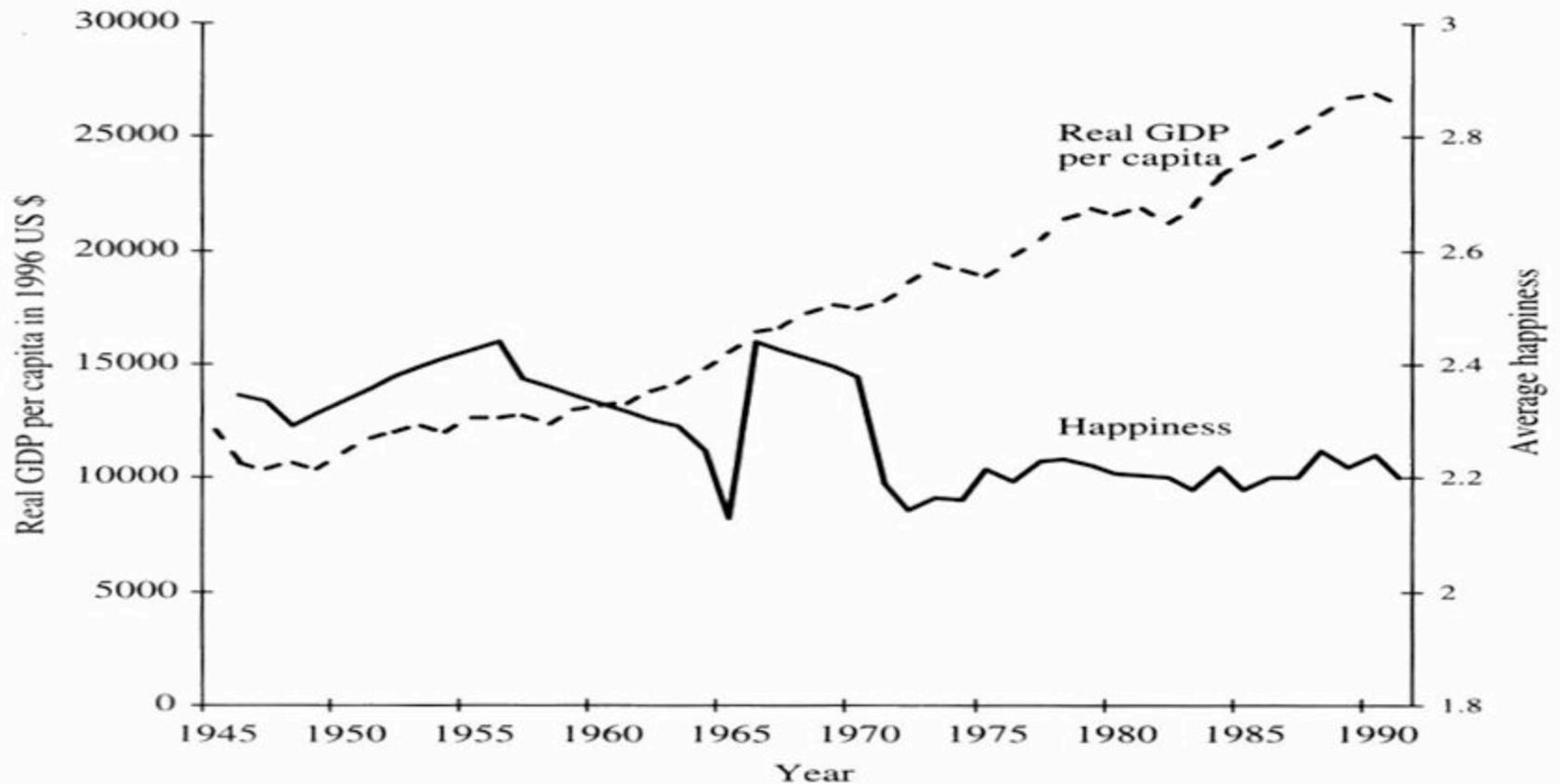
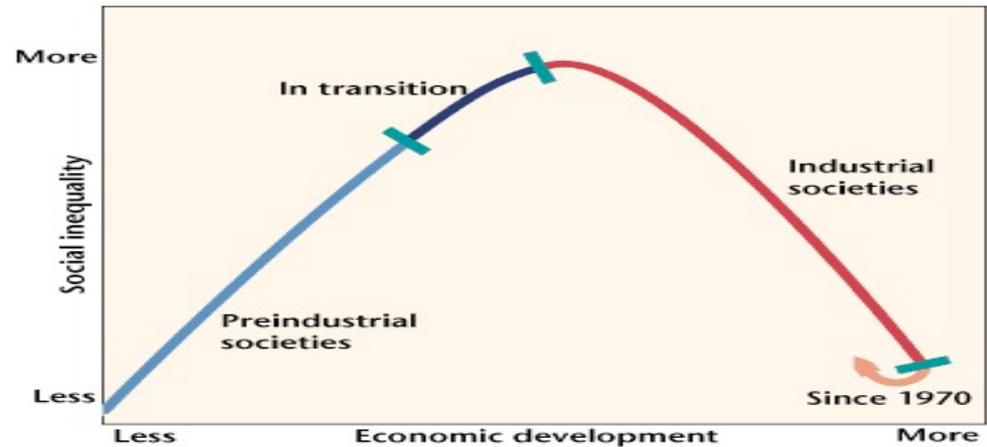


Figure 1. Happiness and income per capita in the United States, 1946–91. Data from World Database of Happiness, Bureau of Economic Analysis of the U.S. Department of Commerce and U.S. Bureau of the Census.

Le curve alla Kuznets

Regione	CO2 pro-capite
Mondo	4,94
Paesi reddito alto	3,54
Paesi reddito medio-alto	6,59
Paesi reddito medio-basso	5,24
Paesi reddito basso	2,70



Secondo una visione di **sostenibilità debole (vedi Lezione 1-B)**, che considera il capitale naturale pienamente sostituibile dal capitale artificiale, anche le problematiche ambientali potrebbero essere risolte dai singoli stati con il progredire del loro benessere economico; la ricchezza porterebbe le popolazioni e gli stati ad "accorgersi" dello stato degli ecosistemi e a prendersene cura.

Questo tipo di convinzione deriva da studi fatti sulla città di Londra dove, in effetti, a partire dalla rivoluzione industriale ad oggi si disegna piuttosto bene una curva alla Kuznets e l'ambiente appare molto migliorato dopo un'iniziale aumento del danno.

Purtroppo questo approccio si pone solamente ad una scala locale ed è difficilmente applicabile su scale più ampie. Infatti con la delocalizzazione delle attività produttive, molti paesi occidentali oggi possono permettersi un livello di qualità ambientale più alto a fronte di una cresciuta ricchezza, poiché le fabbriche e gli impianti inquinanti sono stati trasferiti in aree geografiche dove il costo del lavoro è più basso, mentre la redditività che ne deriva è comunque goduta da cittadini di quel paese.

Le curve alla Kuznets mostrano un andamento comunque interessante, ma vanno certamente ripensate in un'ottica di sostenibilità, tenendo conto del livello globale.