

# Laboratorio di Risorse- Economia- Ambiente

## Lezione 10

Martedì 21 marzo 2020

**L'impatto ambientale dell'uomo e  
gli indicatori per misurarlo.**

Totale ore: 22/24

# Barriere

Fino ad ora ci siamo occupati essenzialmente di barriere o soglie che hanno una certa rigidità come quelle relative ai limiti delle risorse energetiche fossili o alle risorse minerali.

Ci sono anche barriere meno rigide e spesso invisibili che possono essere superate, ma oltre le quali entriamo in terra incognita, cioè procediamo a nostro rischio e pericolo. Uno di questi è, ad esempio la capacità di carico.

# Limiti e confini

- **Limiti:** barriere che hanno una forte rigidità, cioè non possono essere superate o possono essere spostate con difficoltà. Es: risorse minerali, condizioni chimico-fisiche compatibili con la vita ecc.
- **Confini (Boundaries):** Barriere che possono essere superate a nostro rischio e pericolo. Es: concentrazione di CO<sub>2</sub> in atmosfera. Capacità di carico degli ecosistemi ecc.

Nelle due pagine che seguono ho cercato di proporre per analogia diversi tipi di confini e di limiti.

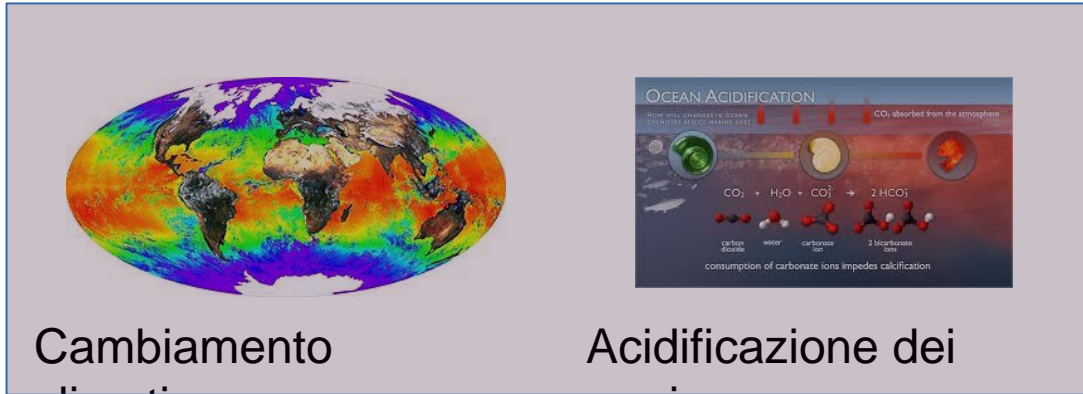
Le barriere istituzionali fra stati, regioni o proprietà private sono esempi tipici di confini (a volte invisibili se non per la presenza di una esplicita segnalazione) che sono superabili in determinate condizioni, ma il cui superamento può comportare dei rischi.

Il limite acqua-aria è, per quanto fisicamente non-rigido, non è superabile nei due sensi dagli organismi terrestri e da quelli acquatici se non per tempi molto limitati pena la morte per asfissia o affogamento, è dunque una barriera rigida. Abbastanza rigide sono anche le barriere verso l'alto e verso il basso della concentrazione di ossigeno. Altra barriera è quella della temperatura massima a bulbo umido oltre la quale un ambiente non è vivibile per l'uomo.

# Confini



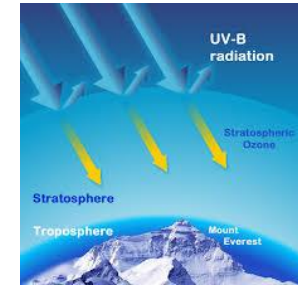
**confini:** barriere elastiche cioè valicabili, ma a nostro rischio e pericolo: *es il livello di anidride carbonica in atmosfera.*



Cambiamento climatico

Acidificazione dei mari

Ciclo del carbonio



Assottigliamento dello strato di ozono stratosferico.



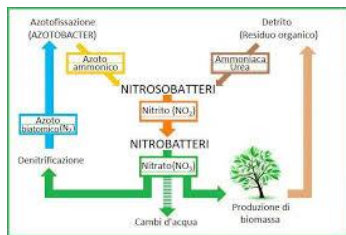
Modifica dell'uso dei suoli



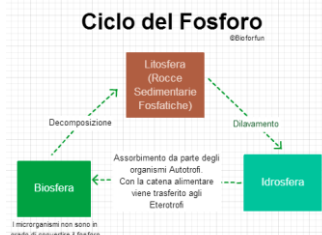
Uso dell'acqua dolce



Perdita di biodiversità genetica e funzionale



Cicli biogeochimici di azoto e fosforo



Inquinamento chimico



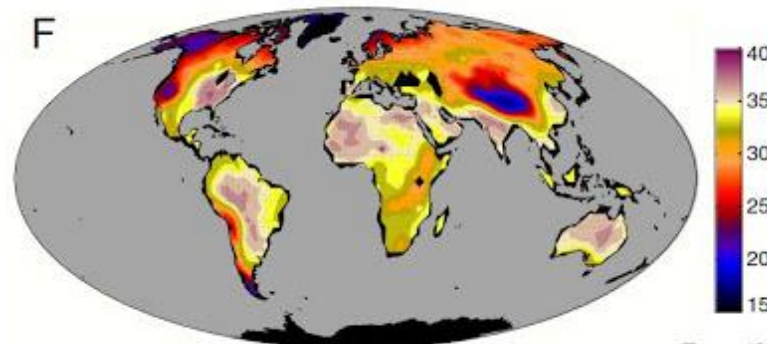
Aerosol atmosferici

# Limiti

Superficie di separazione  
acqua- aria



Concentrazione di ossigeno  
12% - 25%



Temperatura a bulbo umido  $T_{Wmax}$  (C)  
> 36°C

**limiti:** barriere rigide che possono essere spostate con difficoltà crescenti. Es: la disponibilità di combustibili fossili.



Gas  
naturale



Petroli  
o



Carbon  
e



Fosfati (fertilizzanti)



Metall  
i

- Capacità di carico e *overshoot*.
- Impronta ecologica.
- Impronta idrica
- Planetary boundaries e «Safe space for humanity»*.
- Stato della biosfera. Antropocene.



Il concetto di capacità di carico o capacità portante (carrying capacity) è un concetto di dinamica delle popolazioni che si studia generalmente in biologia e, in particolare, in ecologia.

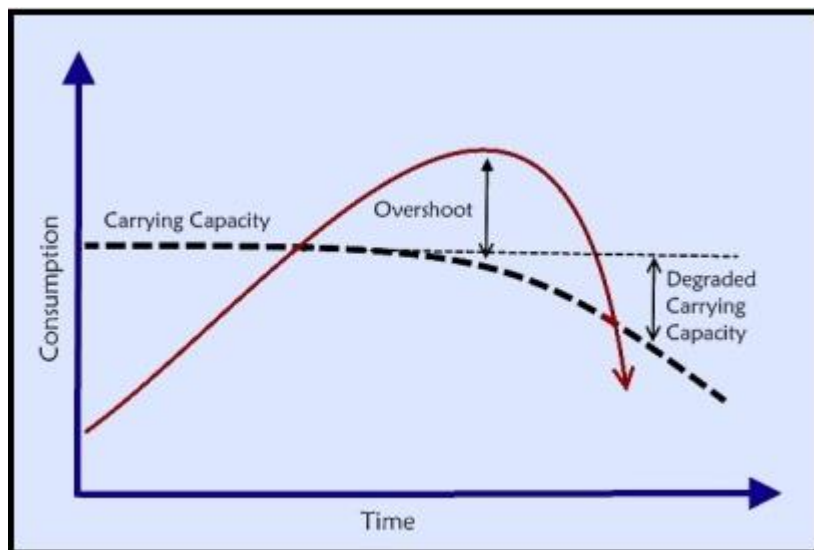
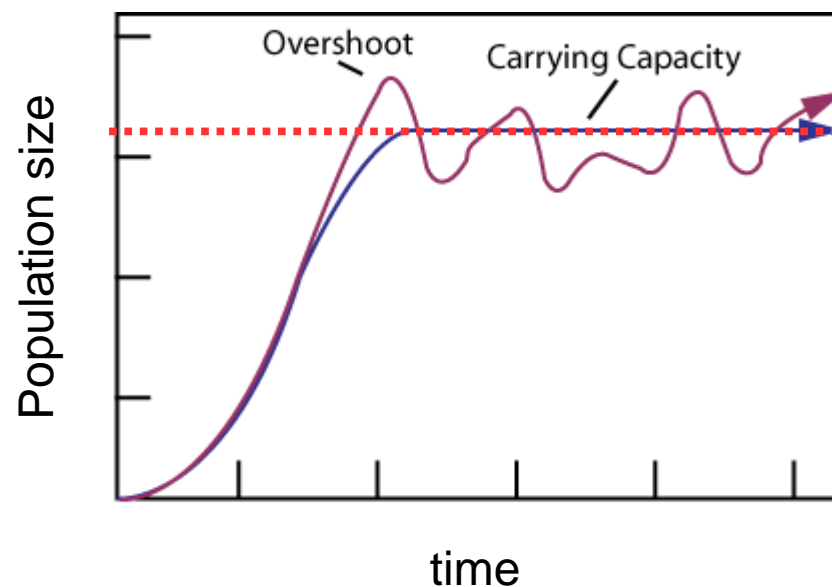
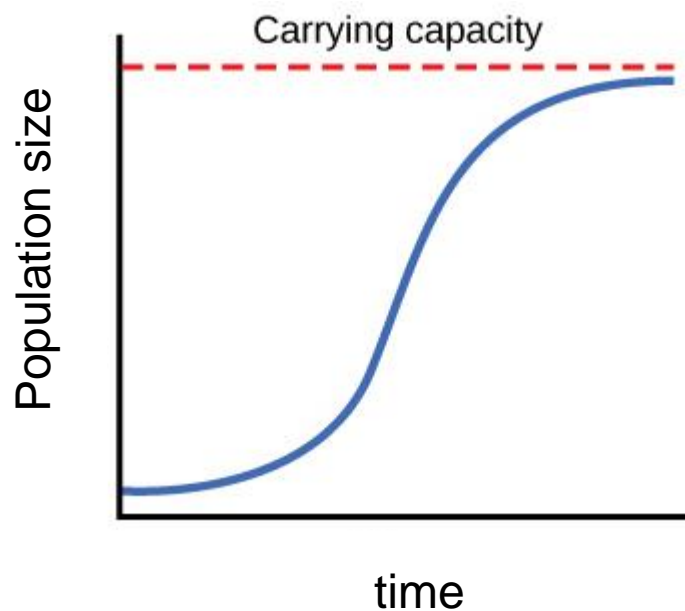
**Definizione.** La capacità di carico relativa ad una specie vivente in un dato ambiente è uguale alla dimensione massima della popolazione di quella specie che quell'ambiente può sostenere indefinitamente date le risorse in esso disponibili.

Questa definizione si applica ad ogni specie vivente nel proprio habitat naturale. Lo studio del caso umano è spesso offuscato da considerazioni di ordine etico, religioso, culturale, economico e sociale, che non permettono di affrontare l'argomento con gli strumenti scientifici che, pure, non mancherebbero. Il caso della specie *Homo sapiens* è indubbiamente complicato dalla grande diffusione dell'uomo e dall'importantissima componente culturale e quindi tecnologica, che ne determina lo sviluppo demografico. È relativamente facile definire la capacità di carico di una popolazione di cervi in una foresta, attraverso osservazioni e/o esperimenti controllati, ma per quanto riguarda l'uomo le osservazioni sono estremamente complesse e gli esperimenti sono impossibili. Tentativi di misurare la capacità di carico del pianeta nei confronti dell'uomo esistono, ma sono inevitabilmente criticabili da molti punti di vista.

Il problema culturale dell'offuscamento del tema della sostenibilità umana si manifesta, in tutta la sua potenza, nella persistente elusione del tema demografico fra le componenti essenziali delle politiche di rientro della popolazione umana nell'alveo della propria capacità di carico. In pratica nell'elusione del tema del controllo delle nascite che appare, ancora oggi, una bestemmia sia in ambiente politico ([tranne rarissime eccezioni](#)), sia, ovviamente, in ambiente religioso ([tranne recenti deboli segni di ravvedimento](#)) sia in ambiente accademico dove la demografia è la dottrina scientifica che studia la dinamica della popolazione umana e che fa capo esclusivamente alle scienze sociali ed economiche piuttosto che anche a quelle biologiche ed ambientali. Quest'ultima è la ragione che ha portato la demografia a considerare la popolazione principalmente come un fattore economico piuttosto che come fattore ecologico. Un processo di ricongiungimento delle scienze che studiano questo aspetto è necessario ed urgente.

Nella prossima figura sono rappresentate diverse modalità in cui le specie viventi possono raggiungere la capacità di carico. La figura (A) rappresenta una curva sigmoide (logistica) in cui la capacità di carico viene raggiunta dal basso. Nella fase iniziale la popolazione cresce lentamente generalmente a causa di una bassa densità (pochi individui) poi la crescita accelera raggiunge un massimo della velocità di aumento (nella parte centrale della curva dove la pendenza è massima) superato il quale fattori esogeni o endogeni rallentano la crescita fino ad arrestarla in prossimità della capacità di carico. Il modello somiglia da vicino al modello di Hubbert della produzione di una risorsa e, in effetti, ci sono delle relazioni legate al modello di Lotka- Volterra. La figura (B) rappresenta una versione simile della dinamica di accrescimento della popolazione in cui però la capacità di carico viene superata. Il raggiungimento dell'equilibrio in questo caso viene operato dall'alto (cioè da una condizione che si definisce di overshoot ecologico o tracimazione ecologica) eventualmente con una serie di oscillazioni. Nella figura ( C) la popolazione va in overshoot ecologico e rientra rapidamente, ma nel frattempo il degrado dell'ecosistema che la ospita, a sua volta causato dall'overshoot, ha determinato un declino consistente della capacità di carico e si ha un collasso vero e proprio della popolazione che può portare all'estinzione della specie o ad un suo ridimensionamento brutale.

# Capacità di carico



La capacità di carico si degrada man mano che la popolazione della specie in esame aumenta all'interno di un ecosistema. Rappresentarla come una costante è corretto solo quando la popolazione è relativamente piccola ed ha ancora aperti i vari modi di regolazione interni: Aumento della mortalità, riduzione della natalità ed emigrazione. Quest'ultima modalità è al momento preclusa per la specie *Homo sapiens* nel suo complesso.

Seguendo la dinamica storica della popolazione di Homo sapiens colpisce il salto di un fattore dieci che si è compiuto nella sua dimensione a partire dalla metà del secolo XVIII quando, con la rivoluzione industriale, si rende disponibile il flusso di energia a buon mercato costituito dalle fonti fossili: carbone, petrolio e gas. L'importanza dell'energia nel determinare la dimensione del metabolismo sociale ed economico umano non dovrebbe essere, a questo punto del corso, più una sorpresa. La disponibilità di energia si porta dietro la disponibilità di tutto il profluvio di tecnologie, materiali, cibo, farmaci, fertilizzanti che determinano l'esplosione umana del XIX e, soprattutto, XX secolo. L'uomo impiega tutta la sua storia biologica per raggiungere il primo miliardo agli inizi dell'800 poi impiega solo 130 anni circa per aggiungere il secondo miliardo intorno al 1927, il terzo miliardo viene raggiunto in ulteriori 30 anni nel 1960, il quarto miliardo nei successivi 15 anni (1975), in altri 12 anni si raggiunge i 5 miliardi poi la velocità inizia a decrescere (N.B. è il tasso di crescita che inizia a decrescere non la popolazione), ma la grande inerzia della variabile demografica fa sì che la popolazione continui a crescere ancora per decenni e solo recentemente inizi ad avvicinarsi al tasso di rimpiazzo di 2,1 figli per donna nella vita fertile. La dinamica demografica è quindi passata da una crescita iper-esponenziale (in cui aumenta non solo la popolazione ma anche il tasso di crescita della popolazione) ad una crescita più moderata. Nel frattempo però la dimensione della popolazione umana, che continua crescere di 70-75 milioni di individui ogni anno (come se si aggiungesse un paese come la Germania ogni anno), ha raggiunto livelli che, dal punto di vista ecologico, sono, senza dubbio, problematici se non preoccupanti.

Il peso della popolazione umana sulle risorse del pianeta può essere misurato in vari modi. Un primo modo vi è già noto. Si tratta dell'Appropriazione Umana della Produttività Primaria Netta, un indice che stima la quantità di materiali biologici prodotti dagli organismi fotosintetici, che ogni anno l'umanità consuma. Si tratta di cibo vegetale per uso umano o degli animali domestici, di legname, di fibre vegetali ecc. Di questo parliamo nella lezione 5 (si veda Human Appropriation of the Net Primary Productivity). Un altro indice è l'Impronta Ecologica di cui parleremo in questa lezione.

# Crescita della popolazione umana: un esempio di crescita esponenziale



*Tempo di raddoppio  
70/tasso di incremento*

*Popolazione attuale: 7,6 miliardi(?)*

*Tasso di incremento annuale 1,0%  
Crescita: 70 milioni di persone per anno  
(un po' meno della popolazione tedesca).*

*Numero di anni necessari per aggiungere un miliardo di  
abitanti alla popolazione esistente*

# La formula IPAT

$$I = PAT$$

$$I = f(P, A, T)$$

E' abbastanza ovvio che la variabile Popolazione, P, abbia un ruolo importante nella misura dell'impronta ecologica locale e globale. Altrettanto importante la variabile A, Affluence, una misura del benessere rappresentata dai consumi materiali pro-capite. Il termine T, che sta per Technology, può avere un effetto ambivalente, può aumentare l'impatto per il fatto di determinare maggiori consumi di materiali ed energia, ma, a parità di consumi può anche indurre un uso più efficiente delle risorse che, a meno di un effetto Jevons, può contribuire a ridurre l'impronta ecologica.

Il concetto di Impronta Ecologica (Ecological Footprint) fu introdotto dall'ecologo Paul R. Ehrlich negli anni '70 del XX secolo nel corso di un dibattito, interno al movimento ambientalista, sulla natura dell'impatto ecologico dell'uomo, con la famosa formula IPAT:

$$I = PAT$$

Dove  $I$  è l'impronta ecologica umana,  $A$  il livello di consumi procapite (o Affluence) e  $T$  il livello tecnologico. La formula come tale è stata criticata a diversi livelli. Il primo è che essa assume che i tre fattori  $P$ ,  $A$  e  $T$  siano indipendenti il che è discutibile. Sarebbe quindi più corretto definire l'Impronta come funzione delle tre variabili:

$$I = f(P, A, T)$$

In questo modo si guadagna in rigore e si perde in semplicità. In ogni caso la formula in questa forma è raramente usata ed è semplicemente indicativa dei fattori che influenzano l'impatto dell'attività umana sul pianeta.

Qualcuno ha etichettato questa formula "propaganda matematica". È impossibile approfondire il dibattito che intorno al concetto di impronta ecologica si è sviluppato sia a livello scientifico che politico. Il dibattito comunque da una rappresentazione efficace del significato di "Scienza Post-Normale. In poche parole la Scienza Normale (con particolare riferimento alle Scienze Fisiche-Chimiche e Naturali o Scienze Quantitative) è quella che procede per successive acquisizioni di conoscenze, teorie ed osservazioni attraverso un dibattito interno di cui raramente il grande pubblico viene a conoscenza. La Scienza Post-Normale invece entra in settori dove si intrecciano interessi economici, sociali, etico-religiosi che rendono impossibile limitare il dibattito all'ambito accademico e della ricerca. A questo punto il dibattito uscito dall'ambiente dove è nato diventa rapidamente fuori controllo e inquinato da argomenti a-scientifici e anche pre-scientifici. Questo è il caso delle controversie ecologiche, ma anche di quelle, ad esempio, legate alla teoria darwiniana dell'evoluzione biologica.

Secondo il metodo proposto da Wackernagel e collaboratori l'Impronta Ecologica si definisce in termini di superficie del pianeta destinata ad usi umani.

**Definizione. L'Impronta Ecologica** misura l'area superficiale (sia solida che marina, lacustre o fluviale. In pratica terra e acqua) biologicamente produttiva che serve ad un individuo, ad una comunità, una città, una nazione o all'intera umanità per produrre le risorse che consuma e per assorbire i rifiuti che produce (emissioni di CO<sub>2</sub>) nelle condizioni tecnologiche e di gestione delle risorse attuali. Questa domanda sulla biosfera può essere confrontata con la **biocapacità** del territorio in questione. Territori biologicamente produttivi sono i terreni agricoli, le foreste, le aree di pesca ad esclusione dei deserti, delle zone glaciali e dell'oceano aperto.

**Ettari globali (gha).** Siccome si parla di area, l'Impronta Ecologica si misura in unità di area, in particolare in ettari (ha) globali. Questi ultimi sono ha con una produttività media mondiale per tutte le aree produttive in un certo anno. Questo equivale, ad esempio, all'uso di uno standard monetario per rendere confrontabili le prestazioni di diverse economie a livello globale.

La metodologia è abbastanza complessa e implica la raccolta di dati statistici riguardanti la produzione e le emissioni paese per paese. 68 paesi dei 6 continenti l'hanno adottata come guida nelle scelte politiche (o almeno questo hanno dichiarato).

L'Impronta Ecologica (in gha) può essere rappresentata per ogni paese da un istogramma la cui base rappresenta la popolazione di quel paese e l'altezza l'Impronta Ecologica procapite.



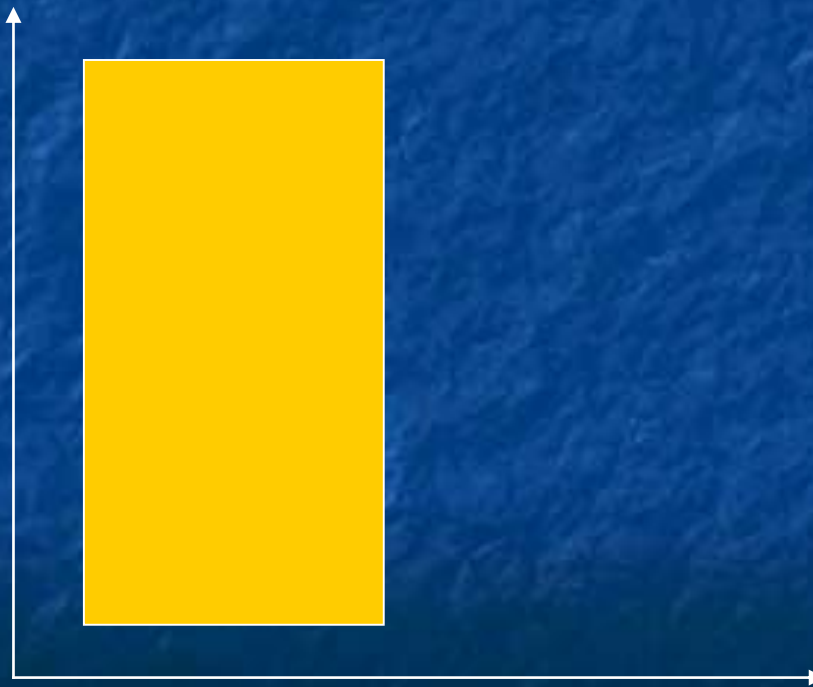
**Domanda:  
Impronta ecologica**

**Offerta:  
biocapacità o bioprodotività**

# Impronta Ecologica

*Misura della superficie di suolo coltivabile che una data popolazione (o un individuo) richiede per produrre le risorse che consuma e assorbire i rifiuti che produce.*

- Ettari per persona

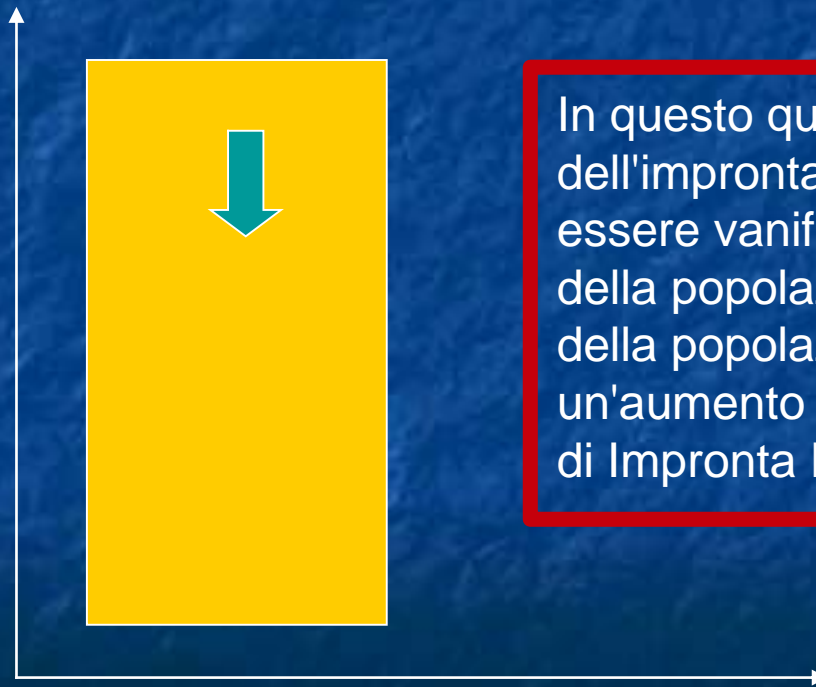


- Numero di persone

# Impronta Ecologica

*Misura della superficie di suolo coltivabile che una data popolazione (o un individuo) richiede per produrre le risorse che consuma e assorbire i rifiuti che produce.*

- Ettari per persona



- Numero di persone

In questo quadro una riduzione dell'impronta Ecologica può essere vanificata da un aumento della popolazione. E un aumento della popolazione può vanificare un'aumento dei consumi a parità di Impronta Ecologica.

# Impronta Ecologica

*Misura della superficie di suolo coltivabile che una data popolazione (o un individuo) richiede per produrre le risorse che consuma e assorbire i rifiuti che produce.*

- Ettari per persona

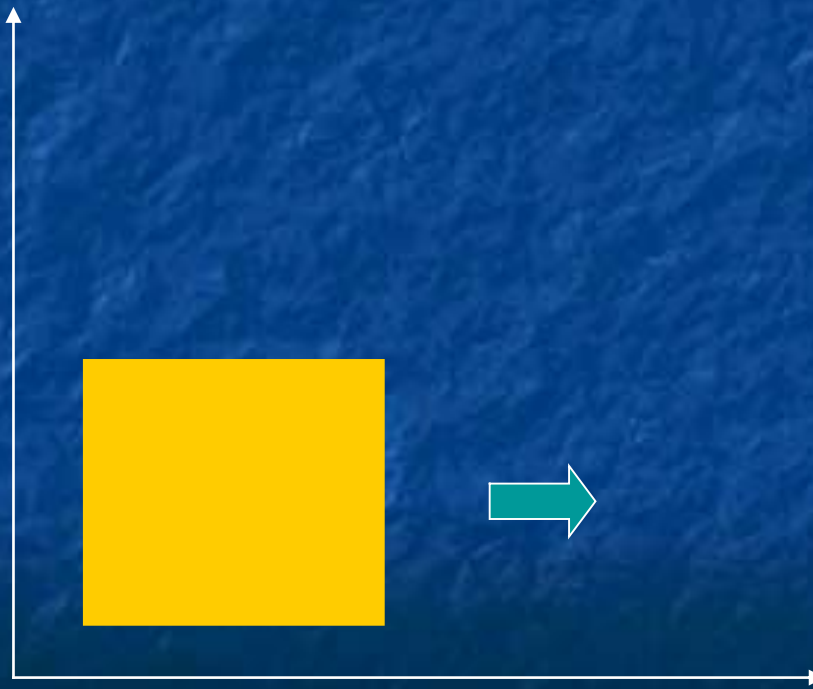


- Numero di persone

# Impronta Ecologica

*Misura della superficie di suolo coltivabile che una data popolazione (o un individuo) richiede per produrre le risorse che consuma e assorbire i rifiuti che produce.*

- Ettari per persona

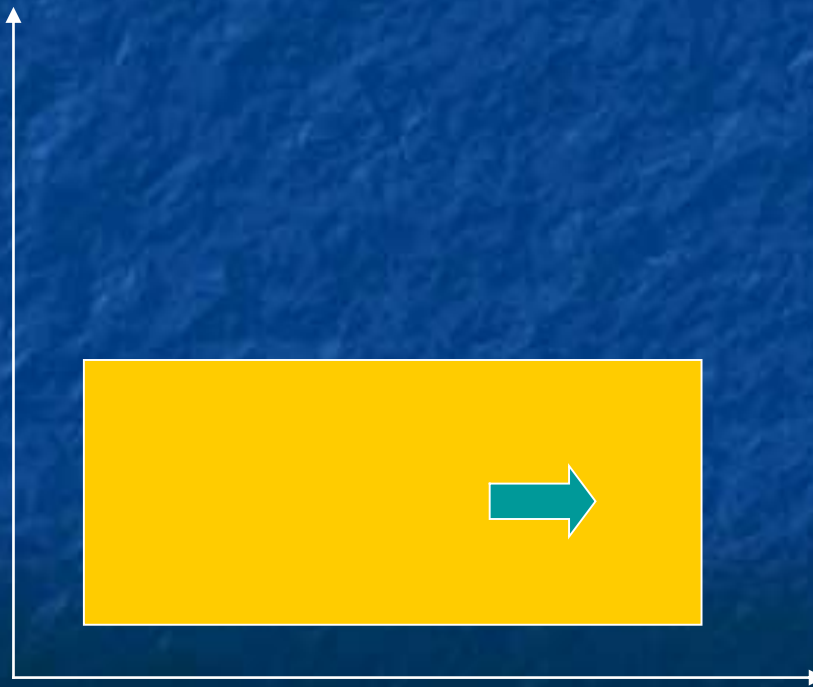


- Numero di persone

# Impronta Ecologica

*Misura della superficie di suolo coltivabile che una data popolazione (o un individuo) richiede per produrre le risorse che consuma e assorbire i rifiuti che produce.*

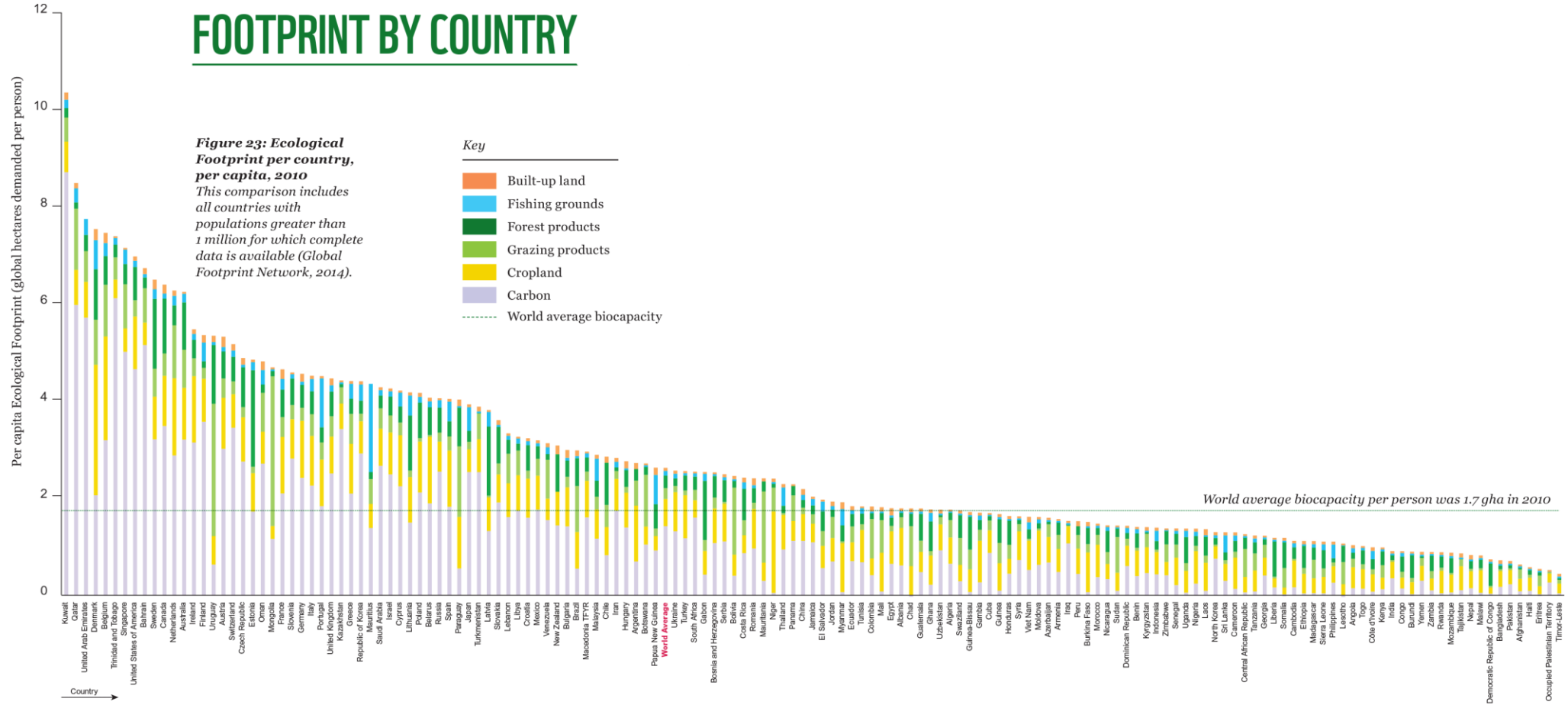
- Ettari per persona



- Numero di persone

Approfondimenti sul tema dell'Impronta Ecologica possono essere trovati sul sito del Global Footprint Network che include gruppi di scienziati della sostenibilità sparsi in tutto il mondo sui 6 continenti che anno dopo anno tengono traccia dei consumi umani nazione per nazione per dare un contenuto quantitativo al concetto di impronta ecologica. Seguendo il link indicato nella pagina che segue si può esplorare i dati di impronta ecologica delle nazioni e verificare la loro evoluzione storica nonché l'evoluzione storica della biocapacità dei paesi e del pianeta intero. Attualmente l'Impronta Ecologica globale ha superato la biocapacità della Terra del 50% questo significa che l'umanità attualmente consuma in un anno tante risorse quante gli ecosistemi terrestri potrebbero ricostituire in 1 anno e mezzo. Questa è una conferma quantitativa dello stato di overshoot ecologico della nostra specie. La differenza fra Impronta Ecologica e Biocapacità di un paese o dell'intero pianeta da la misura del Deficit Ecologico. Seguendo il link in fondo alla pagina si arriva sul portale del Global Footprint Network. Sulla barra in alto si posiziona il puntatore del mouse su: "FOOTPRINT SCIENCE" e si apre il menù a tendina. Scendendo sull'opzione del menù: "data and results" si apre la pagina relativa. Con un click sulla mappa nel mezzo della pagina si ha la possibilità di esplorare i dati di tutte le nazioni del mondo, semplicemente facendo un click sul paese di interesse. Gli studenti sono invitati a riflettere sulle differenze di impronta, biocapacità e deficit.

# FOOTPRINT BY COUNTRY

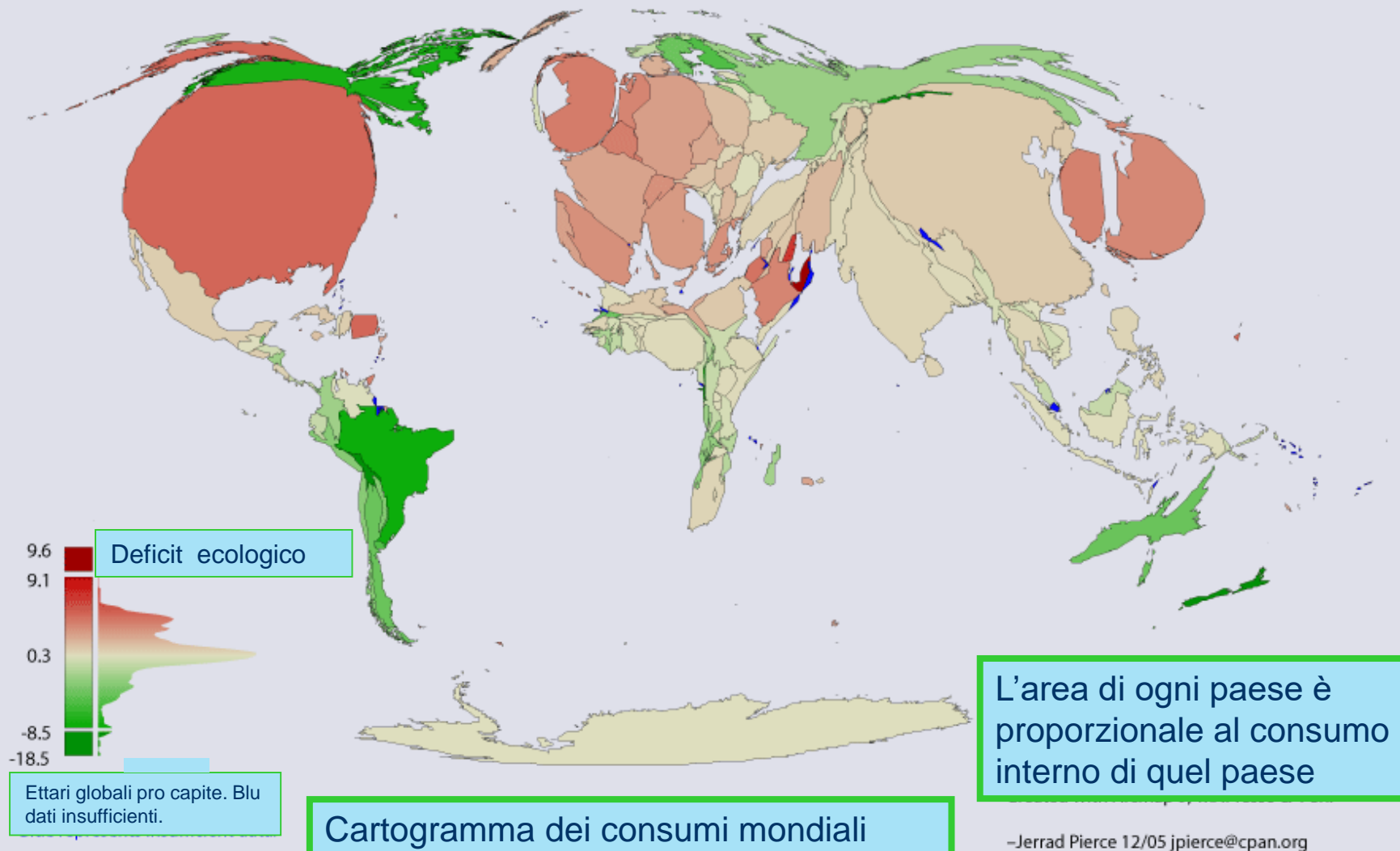


[Global Footprint Network.](http://www.globalfootprintnetwork.org)



Nella pagina che segue è riportata una mappa del mondo tratta dal sito: The new worldmapper.

Nella mappa la dimensione del territorio di ogni paese indica la percentuale di Impronta Ecologica globale prodotta in quel paese. Sfortunatamente i dati non sono aggiornati dal 2002, ma da punto di vista visivo la situazione non dovrebbe essere cambiata molto tranne che per la Cina e l'India. Ciò che salta all'occhio è il fatto che i paesi di antica industrializzazione e quelli che si sono sviluppati recentemente hanno delle dimensioni effettive di territorio molto superiori a quelle degli altri. In pratica i paesi con impronta ecologica (e deficit ecologico) più alta importano bioproduttività dall'estero, cioè si appropriano di risorse che sono localizzate altrove. Questa rappresentazione rende esplicito, a mio parere, dove sia uno dei problemi che attualmente viene considerato fra i più acuti: le migrazioni. Homo sapiens si muove da dove le risorse sono, o iniziano ad essere, scarse, verso luoghi dove sono più abbondanti. Questo, nel passato, corrispondeva alla migrazione verso aree o continenti dove la popolazione preesistente era nulla o scarsa. Oggi le persone si muovono da dove l'impronta ecologica è bassa a dove essa è alta. Il fenomeno è inevitabile e non può essere governato a lungo per mezzo di metodi coercitivi. Oggi non esistono più territori liberi da colonizzare, l'ultima grande colonizzazione è stata quella delle americhe che ha determinato la corsa degli ultimi secoli di storia moderna, ma esistono territori in cui si consuma più che in altri e si consuma risorse che non sono disponibili localmente. Il risultato è evidente. Il problema non è, e non è mai stato, un problema di scontri di culture o di religioni, ma alla radice, piaccia o meno, un problema strettamente materiale: ecologico, etologico, sociobiologico.



Da *The New Worldmapper*  
<http://www.worldmapper.org/>

Una critica alla Impronta Ecologica opposta a quelle che sono venute dalla parte di molti economisti, è che essa è in realtà ottimistica. Secondo queste critiche la situazione di overshoot sarebbe molto più grave e l'Impronta Ecologica non sarebbe in grado di coglierne la gravità inducendo anzi un senso di tranquillità nelle persone illudendole che con semplici aggiustamenti nel livello dei consumi si potrebbe raggiungere senza grandi cambiamenti uno stato di sostenibilità. Come ho detto prima, siamo nel campo della Scienza Post-Normale ed ognuno è obbligato a farsi la propria idea sul tema. E l'unico modo per farsi un'idea è approfondire i temi studiandoli a fondo.

Uno spazio di sicurezza per l'azione umana è stato definito dallo Stockholm Resilience Center sotto la direzione di Johan Rockström. Si individuano 10 confini di altrettanti processi geobiochimici o fisici che il metabolismo sociale economico umano non dovrebbe superare. In realtà alcuni di essi sono già stati superati ed altri sono prossimi ad essere superati.

Due di questi confini attengono al ciclo del carbonio e sono 1) Il cambiamento climatico indotto dalle emissioni di gas serra e dagli altri effetti climalteranti 2) l'acidificazione degli oceani sempre dovuto all'assorbimento di  $\text{CO}_2$  che rende più acida l'acqua e provoca scompensi agli organismi calcificanti. Il terzo confine è quello dell'ozono stratosferico che protegge la biosfera dai raggi Ultravioletti. Il quarto ed il quinto sono legati strettamente alle attività agricole e riguardano il ciclo dell'azoto e quello del fosforo. Il sesto confine riguarda l'uso di acqua dolce la quale costituisce solo il 4,5% dell'acqua presente sul pianeta (cfr figura a pagina 19). Il settimo confine è quello relativo alla manipolazione del territorio per usi agricoli, industriali o abitativi. L'ottavo è relativo alla perdita di biodiversità che si divide in biodiversità genetica e funzionale (quest'ultima non determinata ancora). Il nono e decimo sono relativi a grandezze ancora non quantificate: la prima è il carico di aerosol in atmosfera e il secondo l'inquinamento chimico che si pensa sia molto importante, ma è difficile determinare perché eccessivamente variegato per diversità di inquinanti, durata degli stessi e azione sulle catene alimentari.

## FEATURE

## A safe operating space for humanity

Identifying and quantifying planetary boundaries that must not be transgressed could help prevent human activities from causing unacceptable environmental change, argue **Johan Rockström** and colleagues.

Although Earth has undergone many periods of significant environmental change, the planet's environment has been unusually stable for the past 10,000 years<sup>1–3</sup>. This period of stability — known to geologists as the Holocene — has seen human civilizations arise, develop and thrive. Such stability may now be under threat. Since the Industrial Revolution, a new era has arisen, the Anthropocene<sup>4</sup>, in which human actions have become the main driver of global environmental change<sup>5</sup>. This could see human activities push the Earth system outside the stable environmental state of the Holocene, with consequences that are detrimental or even catastrophic for large parts of the world.

During the Holocene, environmental change occurred naturally and Earth's regulatory capacity maintained the conditions that enabled human development. Regular temperatures, freshwater availability and biogeochemical flows all stayed within a relatively narrow range. Now, largely because of a rapidly growing reliance on fossil fuels and



## SUMMARY

- New approach proposed for defining preconditions for human development
- Crossing certain biophysical thresholds could have disastrous consequences for humanity
- Three of nine interlinked planetary boundaries have already been overstepped

industrialized forms of agriculture, human activities have reached a level that could damage the systems that keep Earth in the desirable Holocene state. The result could be irreversible and, in some cases, abrupt environmental change, leading to a state less conducive to human development<sup>6</sup>. Without pressure from humans, the Holocene is expected to continue for at least several thousands of years<sup>7</sup>.

## Planetary boundaries

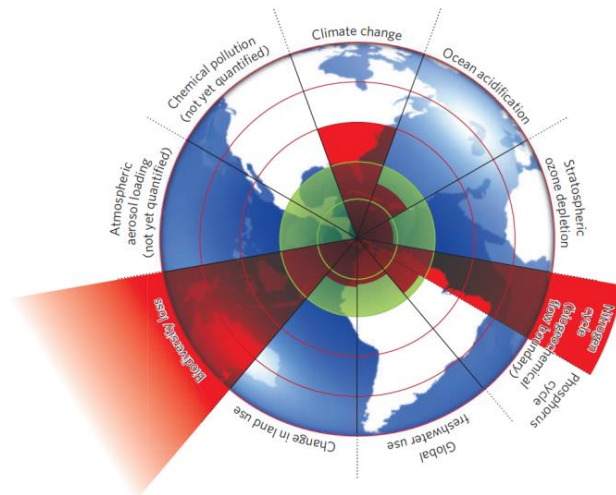
To meet the challenge of maintaining the Holocene state, we propose a framework based on 'planetary boundaries'. These

boundaries define the safe operating space for humanity with respect to the Earth system and are associated with the planet's biophysical subsystems or processes. Although Earth's complex systems sometimes respond smoothly to changing pressures, it seems that this will prove to be the exception rather than the rule. Many subsystems of Earth react in a nonlinear, often abrupt, way, and are particularly sensitive around threshold levels of certain key variables. If these thresholds are crossed, then important subsystems, such as a monsoon system, could shift into a new state, often with deleterious or potentially even disastrous consequences for humans<sup>8,9</sup>.

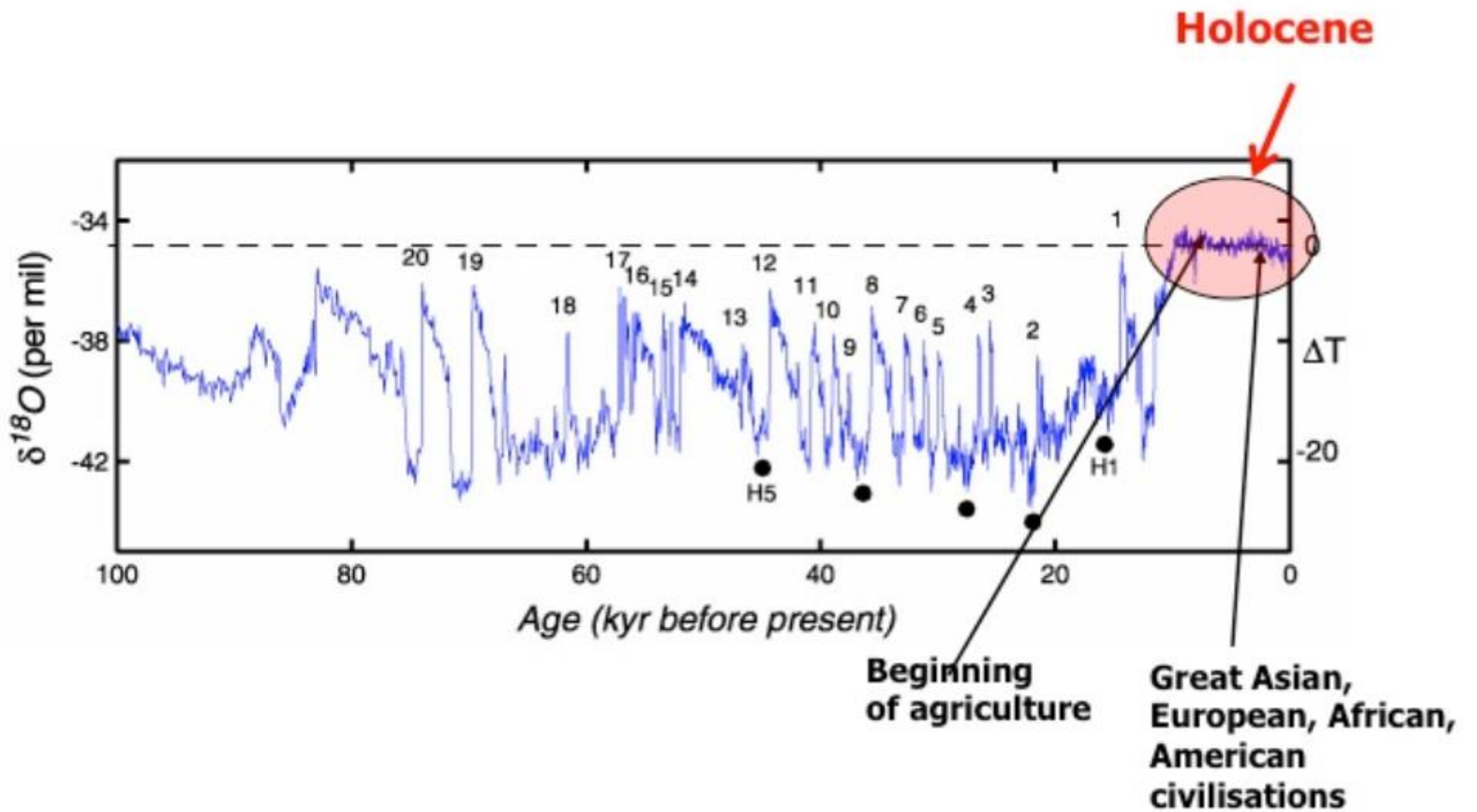
Most of these thresholds can be defined by a critical value for one or more control variables, such as carbon dioxide concentration. Not all processes or subsystems on Earth have well-defined thresholds, although human actions that undermine the resilience of such processes or subsystems — for example, land and water degradation — can increase the risk that thresholds will also be crossed in other processes, such as the climate system.

We have tried to identify the Earth-system processes and associated thresholds which, if crossed, could generate unacceptable environmental change. We have found nine such processes for which we believe it is necessary to define planetary boundaries: climate change; rate of biodiversity loss (terrestrial and marine); interference with the nitrogen and phosphorus cycles; stratospheric ozone depletion; ocean acidification; global freshwater use; change in land use; chemical pollution; and atmospheric aerosol loading (see Fig. 1 and Table).

In general, planetary boundaries are values for control variables that are either at a 'safe' distance from thresholds — for processes with evidence of threshold behaviour — or at dangerous levels — for processes without

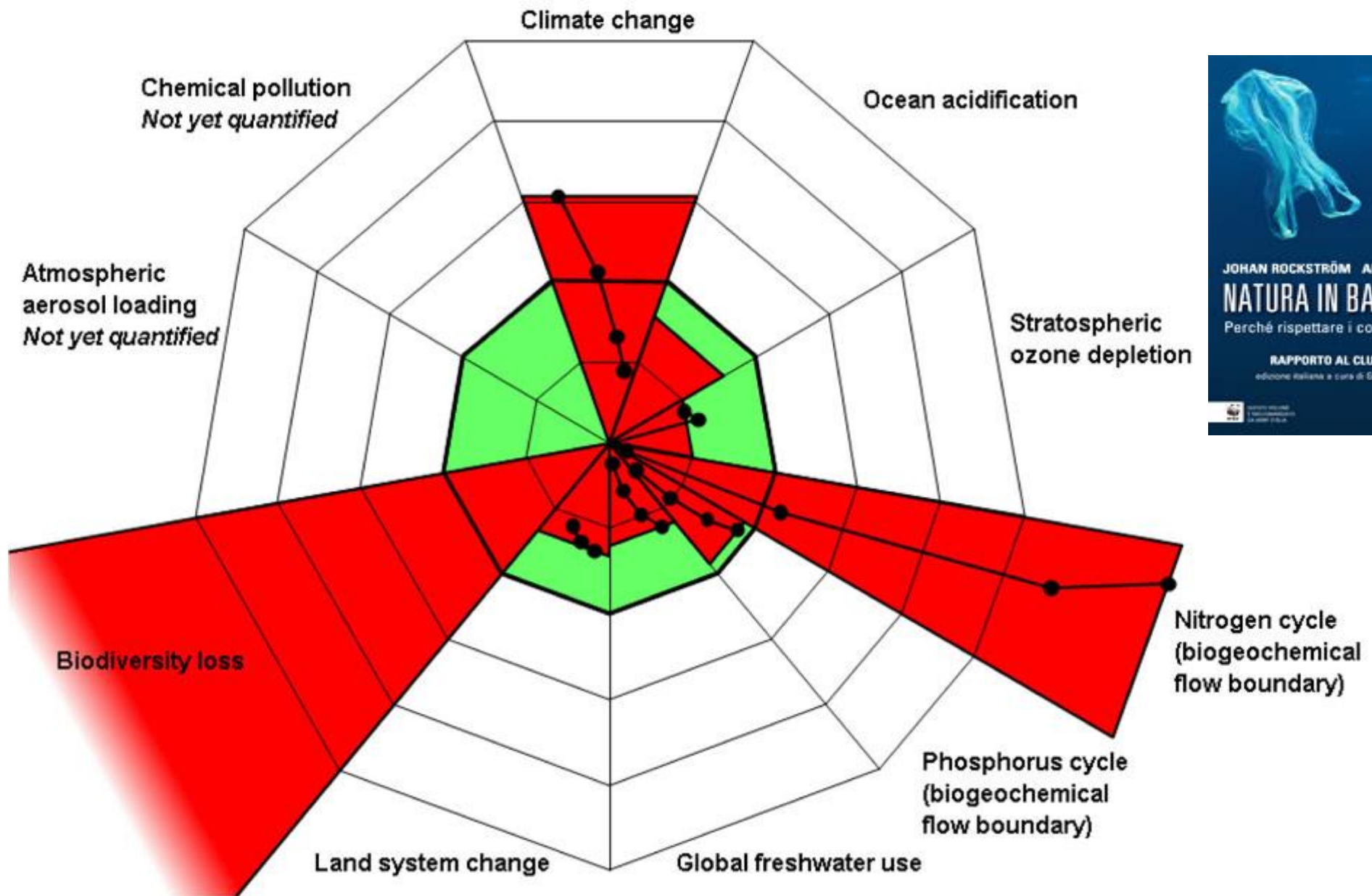


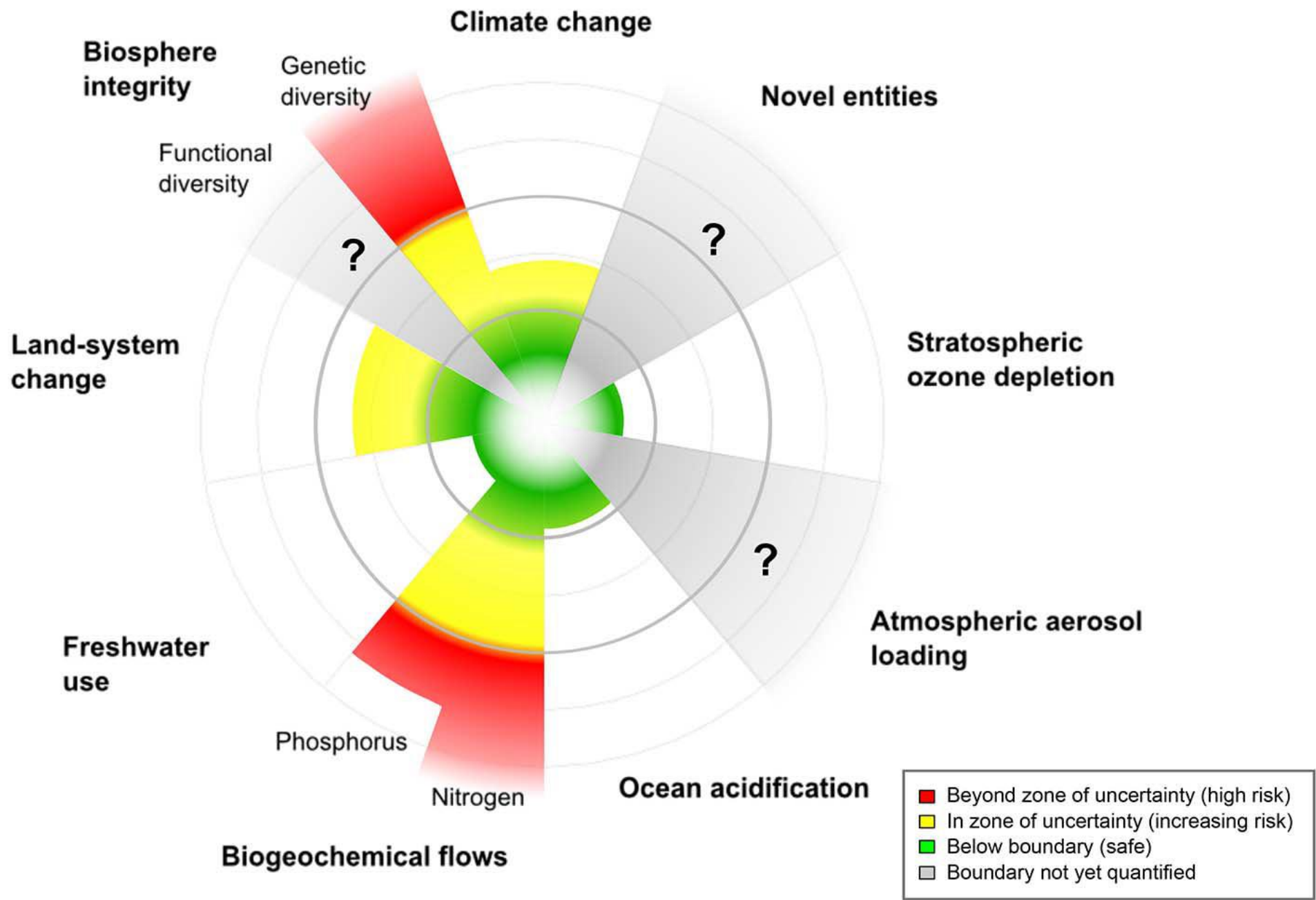
**Figure 1 | Beyond the boundary.** The inner green shading represents the proposed safe operating space for nine planetary systems. The red wedges represent an estimate of the current position for each variable. The boundaries in three systems (rate of biodiversity loss, climate change and human interference with the nitrogen cycle), have already been exceeded.



Processo interno al sistema planetario	Variabile/i di controllo	Confine planetario (zona di incertezza)	Valore attuale della/e variabili di controllo
<b>Cambiamento climatico</b>	-Concentrazione atmosferica di CO <sub>2</sub> (ppm)	350 ppm (350- 450 ppm)	405 ppm
	- Effetto radiativo W/m <sup>2</sup> al limite atmosfera	+1.0 W/m <sup>2</sup> (1.0-1.5 W/m <sup>2</sup> )	2.3 W/m <sup>2</sup>
<b>Integrità della biosfera</b>	- <i>Diversità genetica</i> Tasso di estinzione - <i>Diversità funzionale</i> Indice di integrità della biodiversità (BII)	< 10 E/MSY (10-100 E/MSY)  BII 90% (90%-30%)	100- 1000 E/MSY  85% (limitato all’Africa meridionale)
<b>Impoverimento dell’ozono stratosferico</b>	- Concentrazione di O <sub>3</sub> (DU)	<5% riduzione rispetto al periodo pre-industriale di 290 DU (5%-10%)	Trasgredito solo in Antartico (200 DU)
<b>Acidificazione degli oceani</b>	- Concentrazione di ioni carbonato. Stato di saturazione medio globale rispetto all’aragonite ( $\Omega_{arag}$ )	≥80% del valore preindustriale (≥80% - ≥70%)	~84%
<b>Cicli bio-geochimici</b>	- <i>Fosforo globale</i> Flusso di P dalle acque dolci all’oceano.	11 Tg P yr <sup>-1</sup> (11–100 Tg P yr <sup>-1</sup> )	~22 Tg P yr <sup>-1</sup>
	- <i>Fosforo locale.</i> Flusso di P dai fertilizzanti al suolo erodibile.	6.2 Tg yr <sup>-1</sup> (6.2-11.2 Tg yr <sup>-1</sup> ).	~14 Tg P yr <sup>-1</sup>
	- <i>Azoto globale</i> N totale fissato per via industriale e intenzionalmente	62 Tg N yr <sup>-1</sup> (62–82 Tg N yr <sup>-1</sup> ).	~150 Tg N yr <sup>-1</sup>
<b>Cambiamento del sistema dei suoli.</b>	- <i>Globale.</i> Area forestata come % della copertura forestale originaria	75% (75 - 54%)	62%
	- <i>Biom.</i> Area forestata come % di quella potenziale	Tropicale: 85% (85 – 60%) Temperato: 50% (50 – 30%) Boreale: 85% (85 – 60%)	
<b>Uso di acqua dolce</b>	- <i>Globale:</i> consumo massimo di acqua blu (km <sup>3</sup> yr <sup>-1</sup> )	4000 km <sup>3</sup> yr <sup>-1</sup> (4000 – 6000 km <sup>3</sup> yr <sup>-1</sup> )	~2600 km <sup>3</sup> yr <sup>-1</sup>
	- <i>Bacini:</i> Prelievo di acqua blu come % del flusso fluviale medio mensile	Massimo prelievo mensile come % del flusso medio Mesi a basso flusso 25% (25-55%)	

# The boundaries of Human social & economic metabolism





**Climate change**

**Biosphere integrity**

Genetic diversity

Functional diversity

**Novel entities**

**Land-system change**

**Stratospheric ozone depletion**

**Freshwater use**

**Atmospheric aerosol loading**

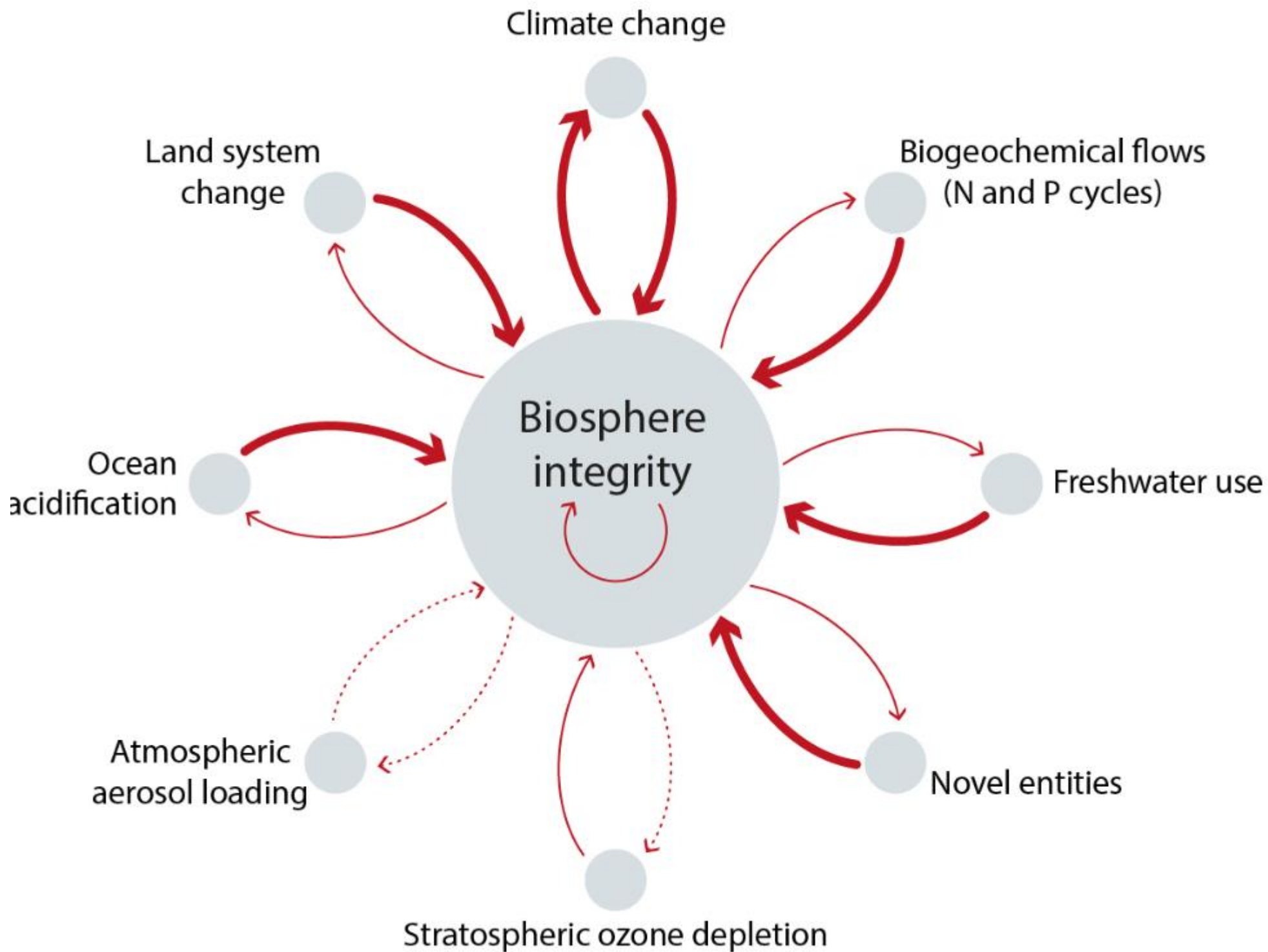
Phosphorus

Nitrogen

**Ocean acidification**

**Biogeochemical flows**

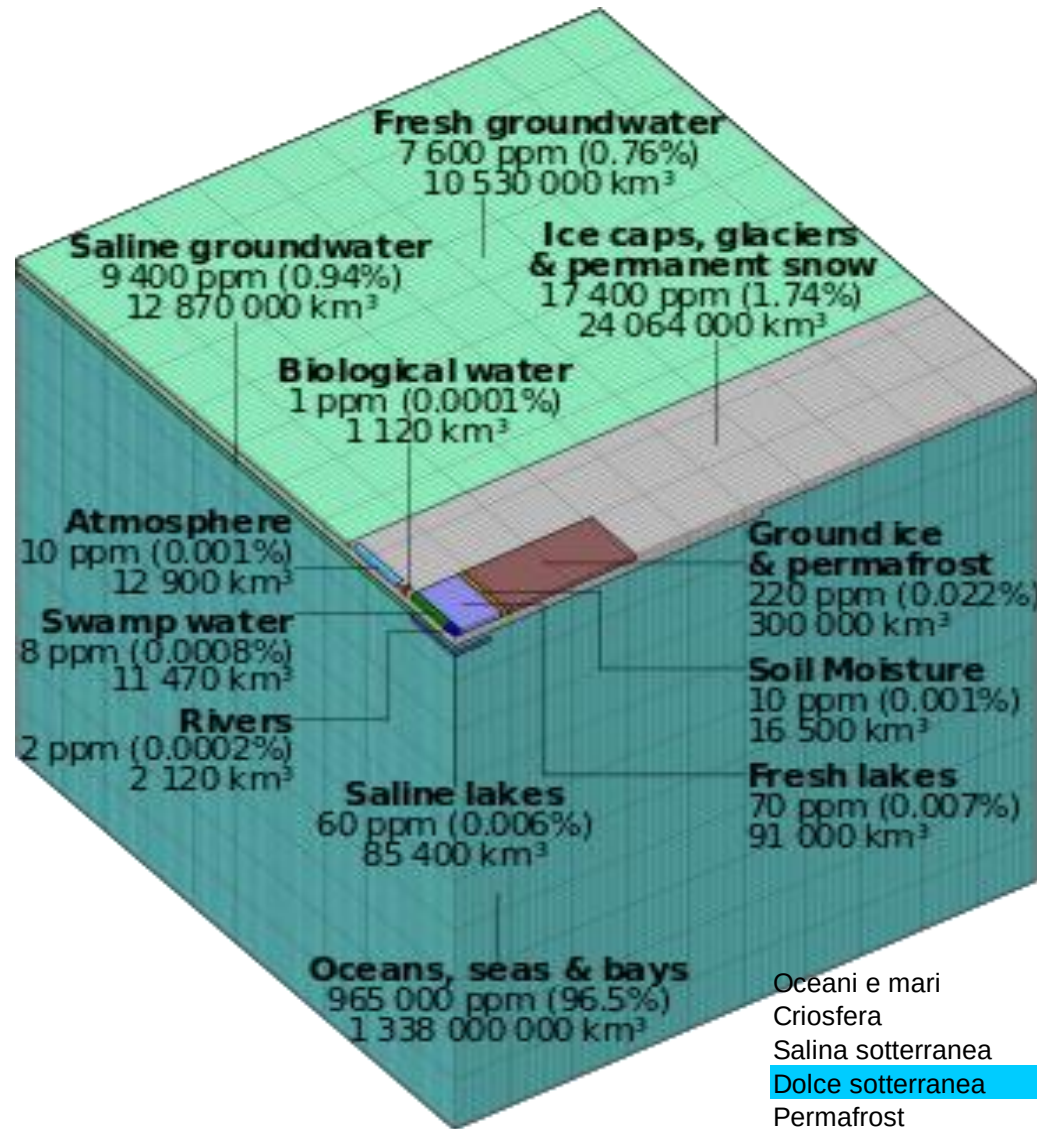




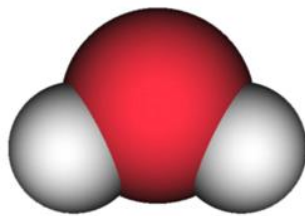
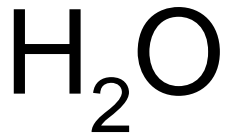
## L'acqua e l'impronta idrica.

L'acqua è, forse, la sostanza che più caratterizza il nostro pianeta sul quale si verificano le condizioni per cui l'acqua è presente in tutti e tre gli stati di aggregazione: solido, liquido e gassoso e, come abbiamo visto nella lezione precedente anche nello stato supercritico benché, quest'ultimo, solo nelle profondità della crosta terrestre. L'acqua è la molecola essenziale della vita. Non si può immaginare vita senza acqua e composti del carbonio (anche se forse la realtà può superare la fantasia). Le proprietà dell'acqua sono essenziali affinché vi sia vita sulla terra. Ad esempio il fatto che il ghiaccio galleggi appare come una condizione necessaria all'esistenza della vita. Il ghiaccio ha una densità inferiore a quella dell'acqua, per questo uno specchio d'acqua inizia a ghiacciare dalla superficie invece che dal fondo. Se così non fosse l'acqua ghiaccierebbe nell'intero volume disponibile e non vi sarebbe stata possibilità di sopravvivenza per gli organismi acquatici, anzi, non si sarebbero neppure sviluppati. La quantità di acqua presente sulla Terra è praticamente costante da quando il pianeta esiste. Una piccola quantità si dissocia in ossigeno e idrogeno in condizioni estreme di temperatura, ma la quantità è trascurabile. Nelle pagine seguenti sono riportati i valori delle quantità di acqua delle diverse categorie in forma grafica e numerica.

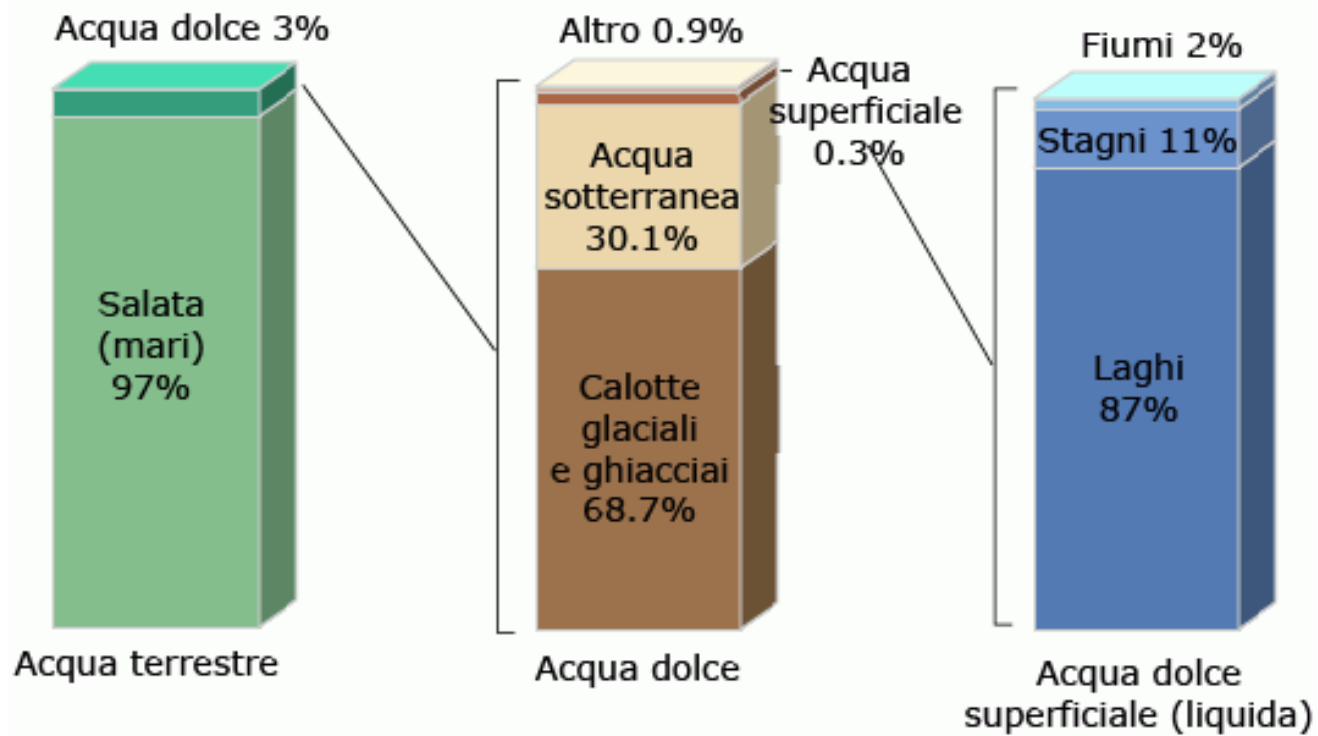
# Acqua



	Km cubi	log	%	ppm	radice cubica
Oceani e mari	1,34E+09	9,13	96,537875	965379	1102
Criosfera	2,41E+07	7,38	1,736239	17362	289
Salina sotterranea	1,29E+07	7,11	0,928582	9286	234
Dolce sotterranea	1,05E+07	7,02	0,759749	7597	219
Permafrost	3,00E+05	5,48	0,021645	216	67
Laghi	9,10E+04	4,96	0,006566	66	45
Laghi salini	8,54E+04	4,93	0,006162	62	44
Umidità del suolo	1,65E+04	4,22	0,001190	12	25
Atmosfera	1,29E+04	4,11	0,000931	9	23
Acquitrini	1,15E+04	4,06	0,000828	8	22
Fiumi	2,12E+03	3,33	0,000153	2	13
Biosfera	1,12E+03	3,05	0,000081	1	10
<b>totale</b>	<b>1,39E+09</b>		<b>100,000000</b>	<b>1000000</b>	<b>1116</b>
<b>totale acqua dolce liquida</b>	<b>1,07E+07</b>	<b>7,03</b>	<b>0,77</b>	<b>7695</b>	<b>220</b>
<b>totale acqua dolce</b>	<b>3,50E+07</b>	<b>7,54</b>	<b>2,53</b>	<b>25274</b>	<b>327</b>
<b>acqua superficiale (fiumi e laghi)</b>	<b>9,31E+04</b>	<b>4,97</b>	<b>0,27</b>	<b>2658</b>	<b>58</b>



## Distribuzione dell'acqua globale





1116 Km

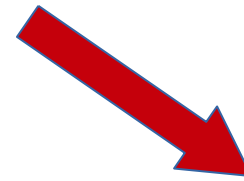
Tutta l'acqua della  
Terra



Tutta l'acqua della  
Terra



1116 Km



220 Km



Tutta l'acqua dolce della  
Terra

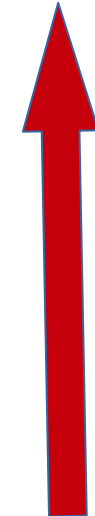


Tutta l'acqua della  
Terra

1116 Km

Tutta l'acqua dolce  
di laghi e fiumi

45 Km



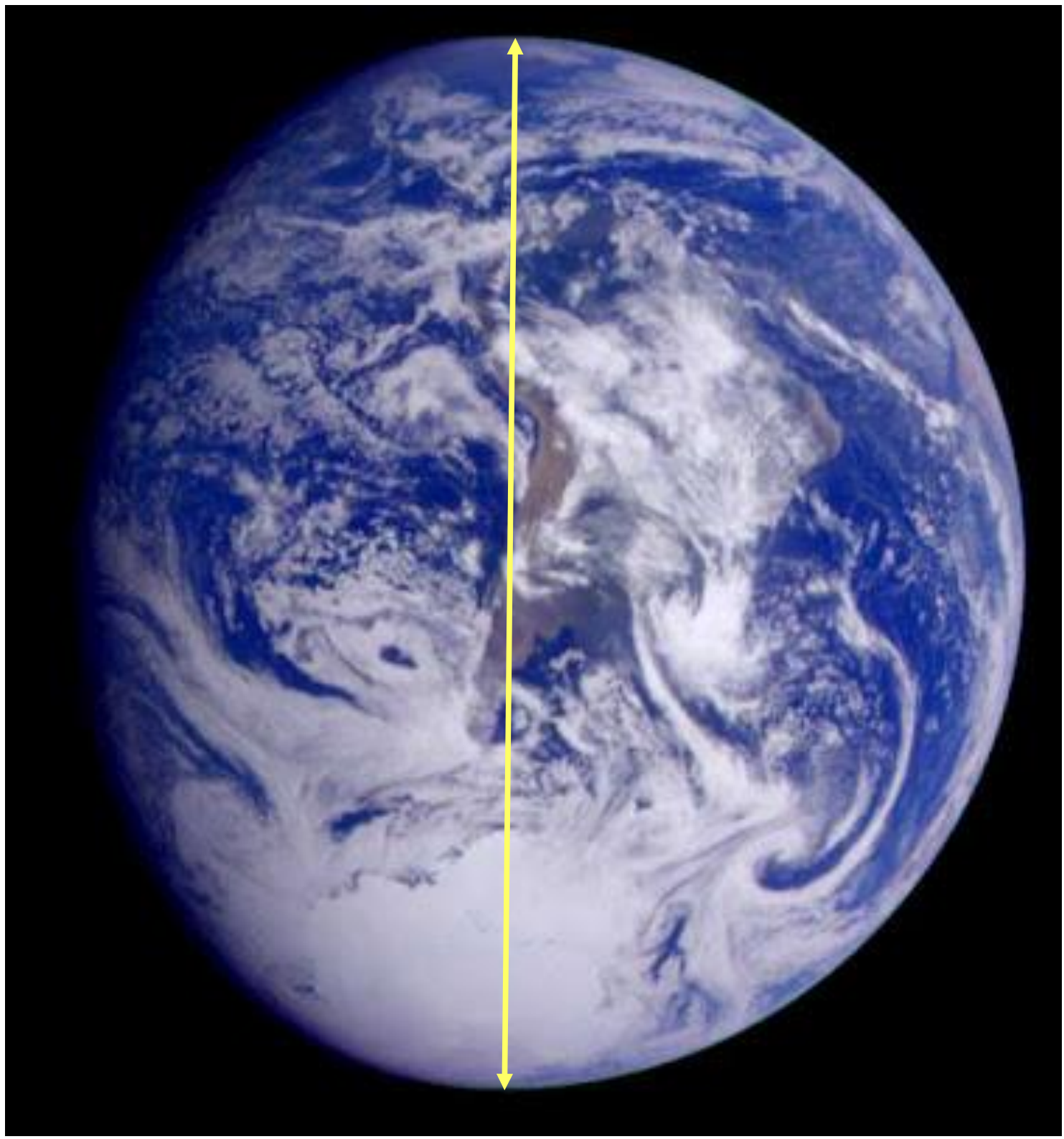
220 Km



Tutta l'acqua dolce della  
Terra







L'acqua dolce è una tipica risorsa rinnovabile. Il processo di rigenerazione dell'acqua dolce dipende dal ciclo bio-geo-chimico dell'acqua raffigurato alla pagina seguente. Circa il 50% dell'energia solare in ingresso sulla Terra (40000 TW) determina il fenomeno dell'evotraspirazione. Per **evotraspirazione** si intende l'insieme dei due fenomeni dell'**evaporazione** dai bacini idrici e dal suolo, e della **traspirazione** delle piante. I due fenomeni stanno nel rapporto di 99 a 1. L'acqua si sposta in continuazione fra i diversi compartimenti idrici (bacini, riserve, *reservoirs*) attraverso specifici meccanismi indicati in genere come: evaporazione, traspirazione, condensazione, precipitazione, deposizione, scorrimento (*runoff*), infiltrazione, sublimazione, scioglimento e flusso sotterraneo. A questi si aggiunge la **advezione** che è il movimento orizzontale (mediamente parallelo alla superficie) dell'acqua nelle idrometeore (nuvole, nebbia). La rapidità con cui l'acqua si muove è definita dal "tempo di residenza" nei diversi compartimenti.

Se prendiamo ad esempio il caso dell'acqua in atmosfera si deve fare il rapporto fra la quantità totale dello stock atmosferico di acqua, pari a 13.000 Km<sup>3</sup> circa e la quantità totale interessata dalle precipitazioni (che rappresenta l'uscita di acqua dall'atmosfera) pari a 380.000 Km<sup>3</sup>.

$$T = \frac{13.000 \text{Km}^3}{380.000 (\text{Km}^3 / \text{anno})} * 365 (\text{giorni} / \text{anno}) = 12,4 \text{giorni}$$

Questo significa che, in media, una molecola d'acqua passa circa 12 giorni nell'atmosfera prima di rientrare nel ciclo attraverso le precipitazioni.

**Evaporazione:** passaggio dallo stato liquido allo stato di vapore, da mari, laghi, fiumi e oceani all'atmosfera.

**Traspirazione:** passaggio dalle piante all'atmosfera

**Condensazione:** passaggio dallo stato gassoso (vapore) allo stato liquido. Vapore atmosferico – nubi o nebbia.

**Precipitazione:** pioggia, neve, grandine, trasferimento di liquido o solida dall'atmosfera al suolo

**Scorrimento:** movimento superficiale sul suolo.

**Infiltrazione:** transizione dalla superficie alla falda acquifera

**Sublimazione:** passaggio di stato da solido a gassoso.

**Deposizione:** passaggio di stato da gassoso a liquido e solido, rugiada e brina

**Scioglimento:** fusione del ghiaccio con formazione di acqua liquida.

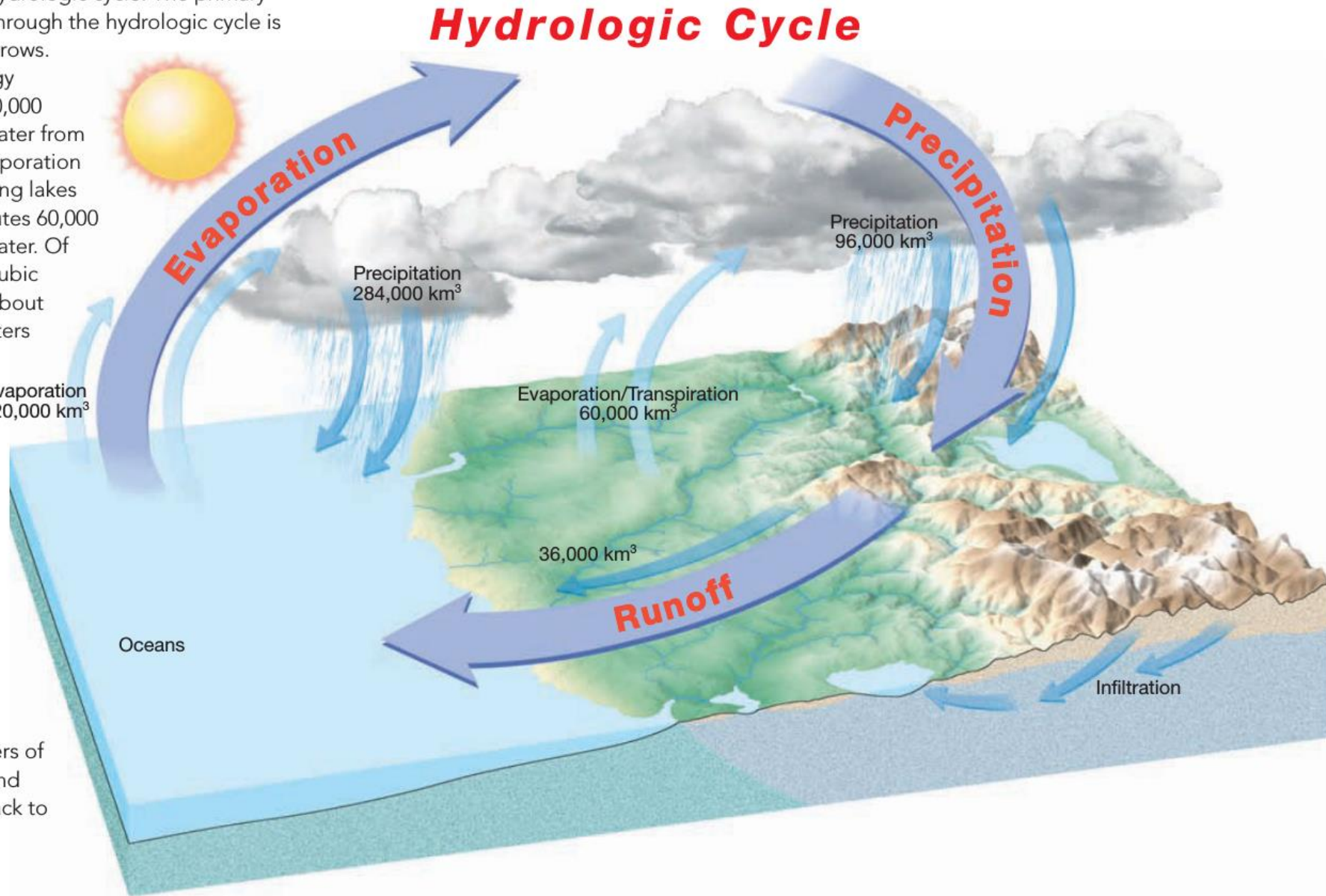
**Scorrimento sotterraneo:** deflusso di acqua nel sottosuolo.

# Ciclo dell'acqua



**FIGURE 9.3** Earth's hydrologic cycle. The primary movement of water through the hydrologic cycle is shown by the large arrows.

Each year, solar energy evaporates about 320,000 cubic kilometers of water from the oceans, while evaporation from the land (including lakes and streams) contributes 60,000 cubic kilometers of water. Of this total of 380,000 cubic kilometers of water, about 284,000 cubic kilometers fall back to the ocean, and the remaining 96,000 cubic kilometers fall on the land surface. Of that 96,000 cubic kilometers, only 60,000 cubic kilometers of water return to the atmosphere by evaporation and transpiration, leaving 36,000 cubic kilometers of water to erode the land during the journey back to the oceans.



## L'impronta idrica.

L'impronta idrica è una misura del consumo di acqua nei processi produttivi. Il concetto di impronta idrica è stato introdotto da Arjen Y. Hoekstra nel 2002, con la finalità di misurare l'acqua consumata o inquinata per la produzione di qualsivoglia prodotto agricolo o industriale. L'impronta idrica può essere calcolata per un prodotto, per una filiera produttiva, per una singola persona o per un intero paese e, per capire in che misura gli esseri umani di diversi paesi del mondo si appropriano delle risorse idriche globali, è particolarmente interessante osservare le differenze fra le impronte idriche nazionali. Le componenti qualitative dell'impronta idrica sono le seguenti:

**Componente blu** - Acqua che proviene dai corpi idrici superficiali (fiumi, laghi, etc.) o dalle falde acquifere sotterranee. In questo caso l'impronta idrica corrisponde all'acqua evaporata o incorporata nel prodotto e a quella che una volta prelevata da un certo bacino idrografico è poi riversata altrove. L'acqua che invece torna intatta a far parte dello stesso bacino non è inclusa nel calcolo dell'impronta idrica.

**Componente verde** - Acqua piovana che non defluisce e che non termina in una falda acquifera, ma che viene immagazzinata nelle piante o nel suolo sotto forma di umidità. L'utilizzo di questo tipo di acqua solitamente fa riferimento al ciclo di evapotraspirazione delle piante, quindi è particolarmente rilevante nel caso dei prodotti agricoli e forestali.

**Componente grigia** - Quantifica l'inquinamento idrico provocato dai processi produttivi. È definita come il volume di acqua dolce necessario per diluire gli inquinanti, a un livello tale per cui l'acqua rimanga al di sopra degli standard di qualità locali.

Essendo l'impronta idrica un indicatore composto per ottenerne il valore totale, bisogna prima calcolare separatamente ognuna delle sue tre componenti:

L'impronta idrica blu viene calcolata sommando la quantità di acqua blu evaporata a causa del processo di produzione, quella incorporata al prodotto e quella che non risulta più disponibile nello stesso bacino idrografico, o comunque non nello stesso periodo di tempo in cui è stata prelevata. Fra queste l'acqua evaporata è quella percentualmente più rilevante.

$$I_{blu} = AB_{ev} + AB_{inc} + FP(volume/tempo)$$

L'impronta idrica verde viene calcolata sommando il volume di acqua verde evaporata durante il processo di produzione a quello che risulta incorporato nel prodotto finale.

$$I_{verde} = AV_{ev} + AV_{inc}(volume/tempo)$$

L'impronta idrica grigia corrisponde al volume di acqua dolce necessario per assimilare la quantità di agenti inquinanti, immessi nel corpo idrico di riferimento durante il processo di produzione, in relazione alle concentrazioni naturali delle sostanze inquinanti e agli standard locali di qualità dell'acqua. L'impronta idrica grigia infatti si calcola dividendo il carico effettivo di sostanze inquinanti a processo ultimato (massa/tempo) per la differenza fra "la massima concentrazione accettabile di quell'inquinante" (massa/volume) e "la concentrazione naturale in quel corpo d'acqua" (massa/volume).

$$I_{grigia} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} (volume/tempo)$$

Un particolare tipo di inquinamento si verifica quando la concentrazione di sostanze inquinanti nell'acqua aumenta a causa dell'evaporazione. È doveroso inoltre evidenziare che un'impronta idrica grigia superiore a zero non significa automaticamente che gli standard di qualità siano stati violati, ma mostra semplicemente che una parte della capacità di assimilazione è già stata consumata.

L'impronta idrica totale quindi sarà la somma delle tre componenti appena descritte:

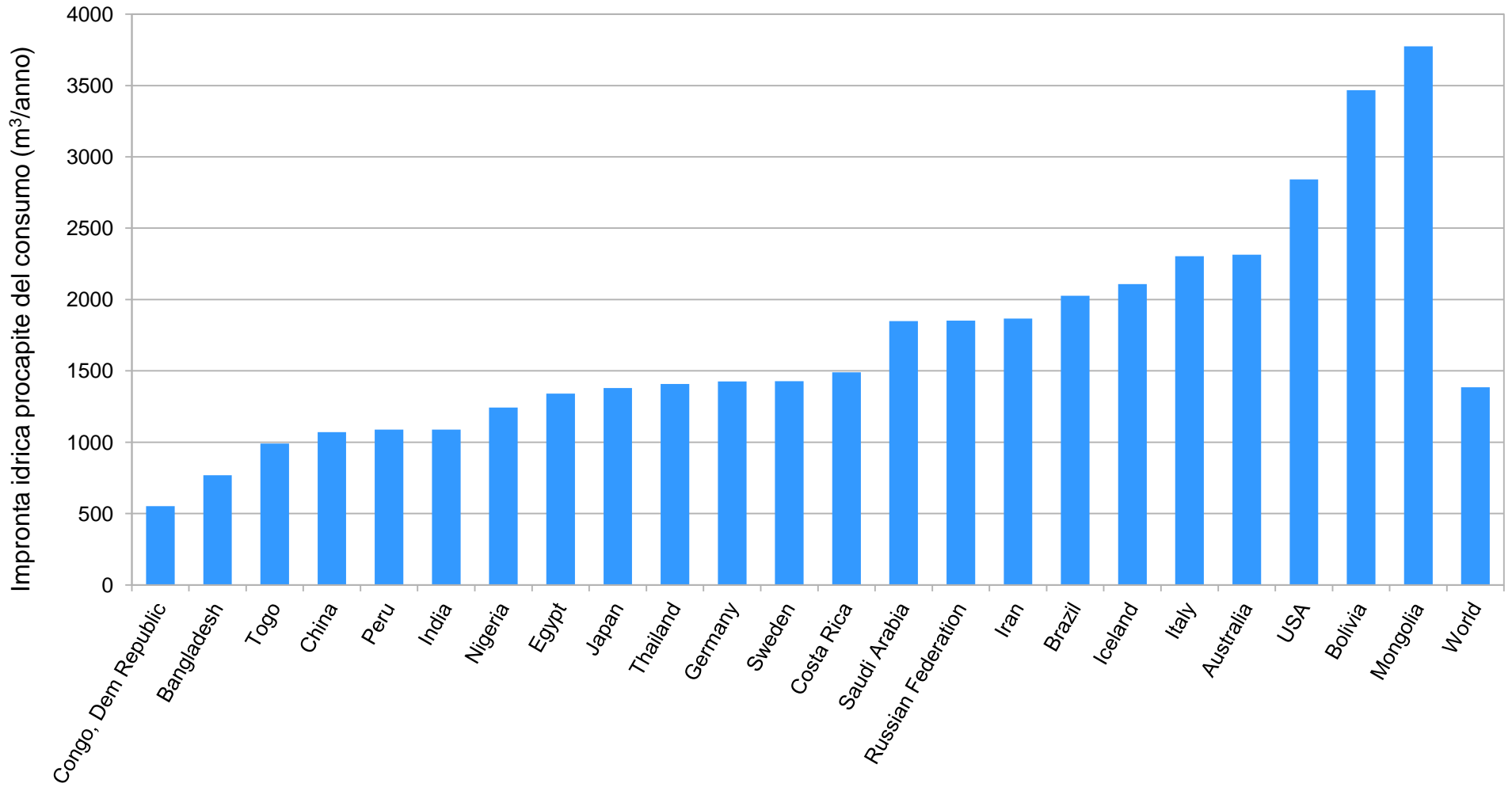
$$I_{grigia} = I_{blu} + I_{verde} + I_{grigia}$$

# Impronta idrica dei prodotti

<b>PRODOTTO</b>	<b>IMPRONTA IDRICA</b>
Pomodoro	50 litri / unità
Mela	125 litri / unità
Pasta	1849 litri / kg
Riso	2497 litri / kg
Carne bovina	15415 litri / kg
Carne di pollo	4325 litri / kg
Uova	196 litri / 1 uovo da 60 grammi
Formaggio	3178 litri / kg
Biocombustibile (soia)	11397 litri / litro
Caffè	132 litri / 250 ml
Tè	27 litri / 250 ml
Cioccolato	17196 litri / kg
Pizza margherita	1259 litri / unità
Cotone	2495 litri / t-shirt da 250 grammi
Scarpe di pelle (bovina) <sup>13</sup>	8000 litri / paio

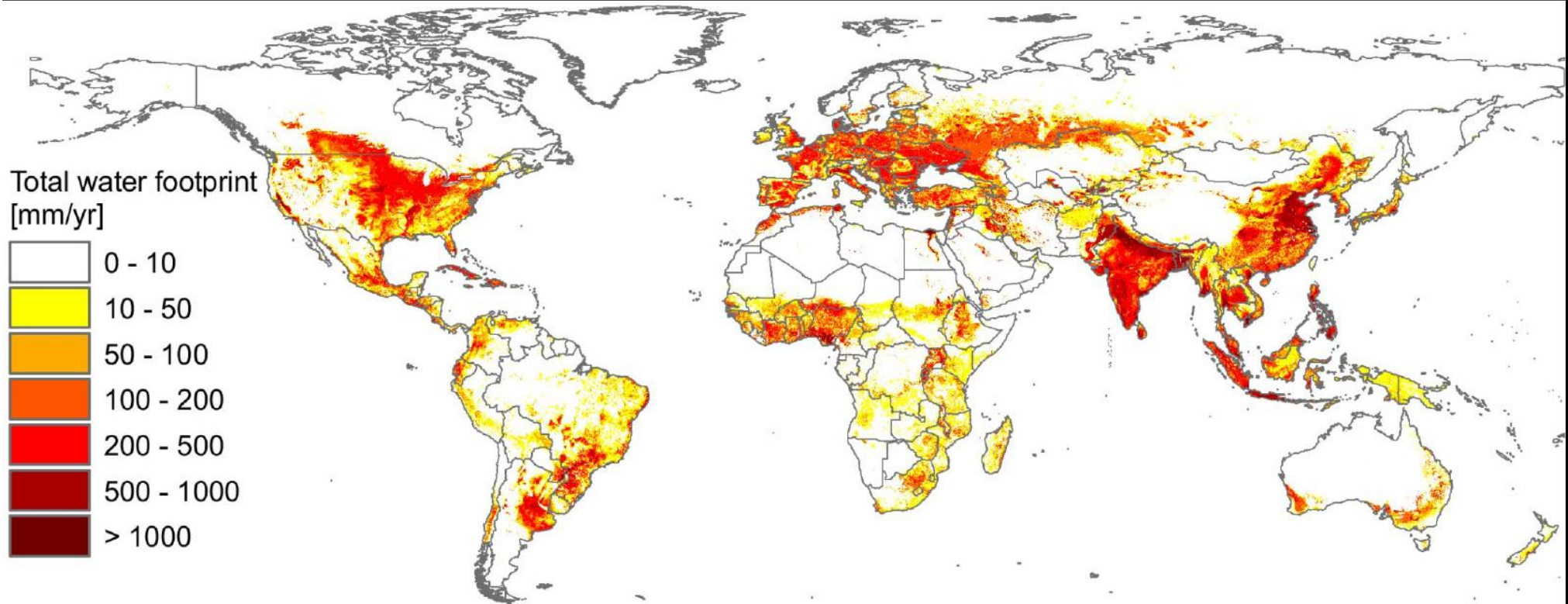


# Impronta idrica





# The spatial distribution of the water footprint of humanity



Source: Hoekstra & Mekonnen (2012) The Water Footprint of Humanity, *PNAS*

# La scomparsa del lago di Aral



# Bibliografia e sitografia sull'impronta idrica

## **BIBLIOGRAFIA**

Valeria Pauletti. Tesi di Laurea triennale SECI anno accademico 2016/17.

Allan, J.A. (1993) "Fortunately there are substitutes for water: otherwise our hydropolitical futures would be impossible" in Priorities for water resources allocation and management, London, United Kingdom:

ODA: 13-26

Antonelli, M. and Greco F. (2014) Water footprint of Italy, WWF Italy

Hoekstra, A.Y. and Hung, P.Q. (2002) Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade, Value of Water Research Report Series No.11, IHE, Delft, the Netherlands

Hoekstra, A.Y., Chapagain A.K. (2008) Globalization of Water: sharing the planet freshwater resources.

Blackwell, Oxford

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M. (2011), The Water Footprint

Assessment Manual: Setting the Global Standard, Earthscan, London, UK

Hoekstra, A.Y. (2017) Water footprint assessment: Evolvement of a new research field, Water Resources

Management, 31(10): 3061-3081

## **SITOGRAFIA**

<http://waterfootprint.org/en/>

<https://it.wikipedia.org/wiki/Evapotraspirazione>

<https://it.wikipedia.org/wiki/Sostenibilit%C3%A0>

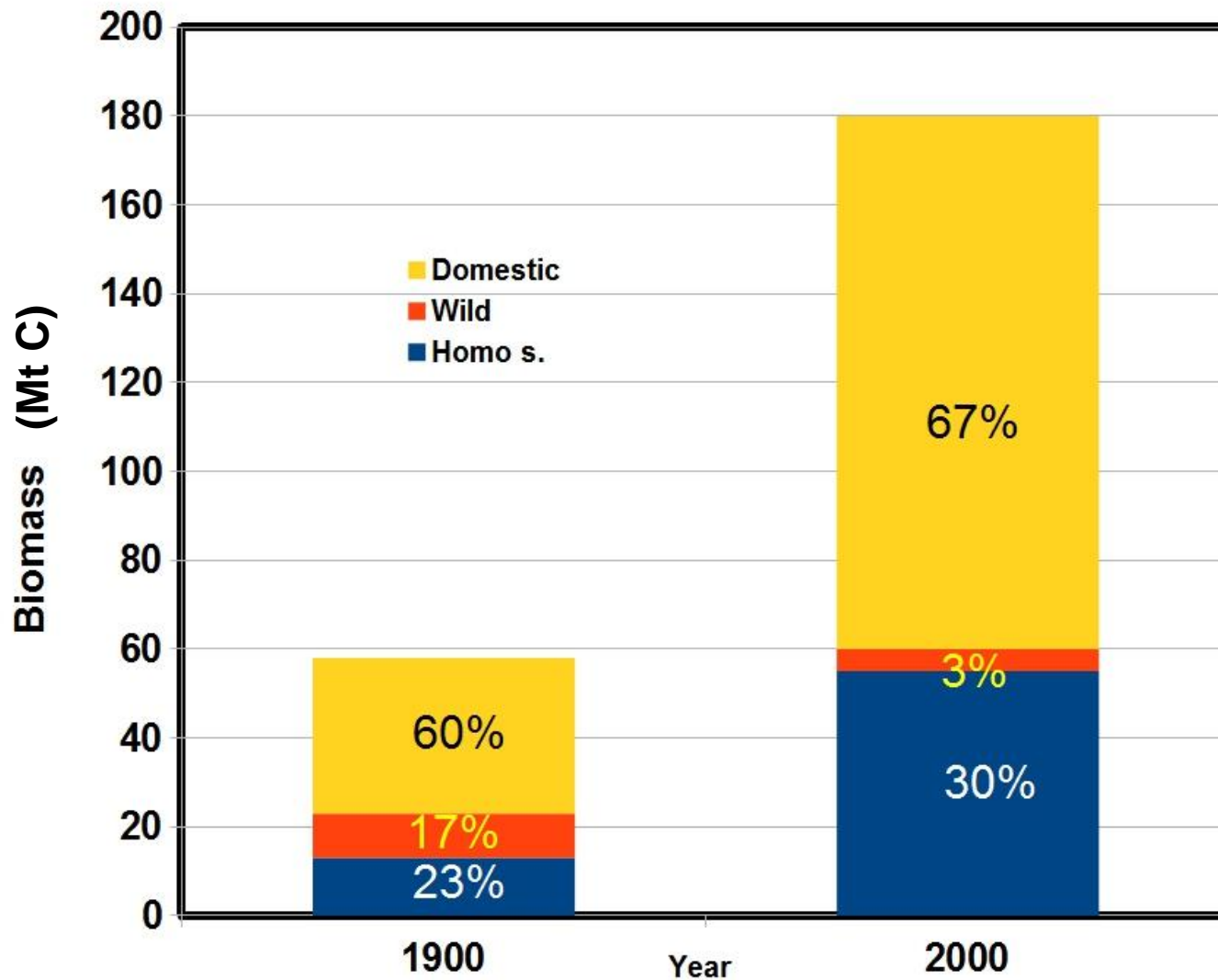
[https://it.wikipedia.org/wiki/Bacino\\_idrografico](https://it.wikipedia.org/wiki/Bacino_idrografico)

<http://waterfootprint.org/en/resources/interactive-tools/product-gallery/>

Una rappresentazione eclatante dell'overshoot umano è fornita dalla stima che Vaclav Smil fa dell'evoluzione storica delle biomasse dei vertebrati terrestri. I vertebrati terrestri sono Mammiferi, Uccelli, Rettili, Anfibi e Pesci. Cioè tutti gli animali più visibili e noti anche al più cittadino dei cittadini. Di questa categoria di animali la sola specie umana è passata dal rappresentare una percentuale irrisoria fino a diecimila anni fa all'attuale 25-30%, ma quello che colpisce maggiormente è la percentuale di biomassa degli animali domestici: bovini, ovini, suini, pollame ecc che rappresenta il 67% della biomassa dei vertebrati presenti sulle terre emerse. La biomassa di animali selvatici rappresenta ormai solo qualcosa compreso fra il 2 ed il 3%. In questa percentuale si devono mettere tutti i selvatici che conosciamo: il lupo, la volpe, il cinghiale, l'orso, i cervidi, gli elefanti, gli ippopotami, le giraffe, ecc.

N.B. Il diagramma a torta della pagina 32 rappresenta anche la biomassa dei pesci mentre quello della pagina 31 include solo i vertebrati delle terre emerse in prospettiva storica fra il 1900 ed oggi. A pag 33 gli stessi dati sono messi in relazione alla proiezioni ONU (recentemente pubblicate dallo Scientific American) sulla crescita della popolazione umana. Proiezioni che sono quantomeno discutibili in quanto non tengono debitamente conto dei feedback negativi che nei prossimi decenni influenzeranno la dinamica demografica a causa delle condizioni ambientali sempre più avverse e all'assottigliamento delle riserve di molte risorse essenziali.

# Biomass of land vertebrates.



Harvesting the Biosphere: The Human Impact

Author(s): Vaclav Smil

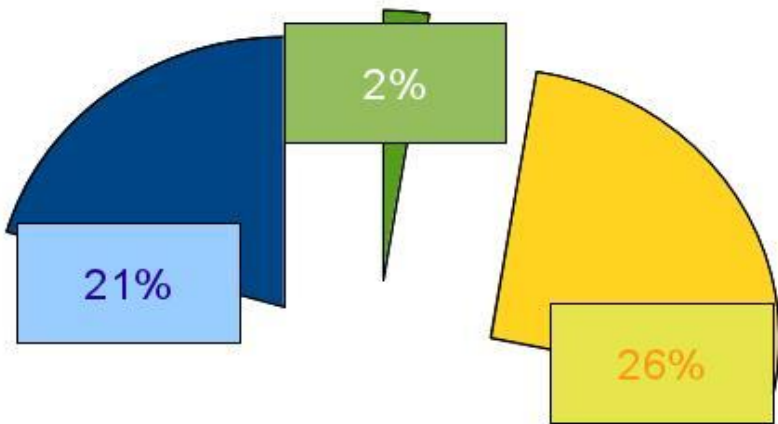
Source: *Population and Development Review*, Vol. 37, No. 4 (DECEMBER 2011), pp. 613-636



Selvatici

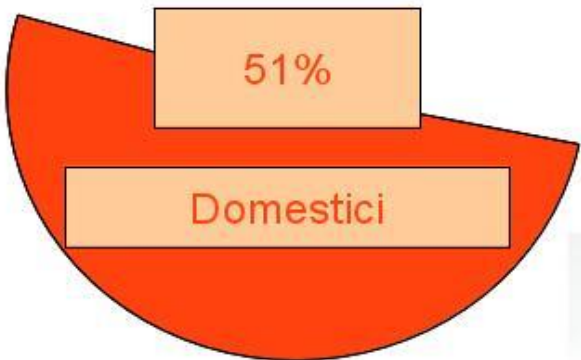


Marini

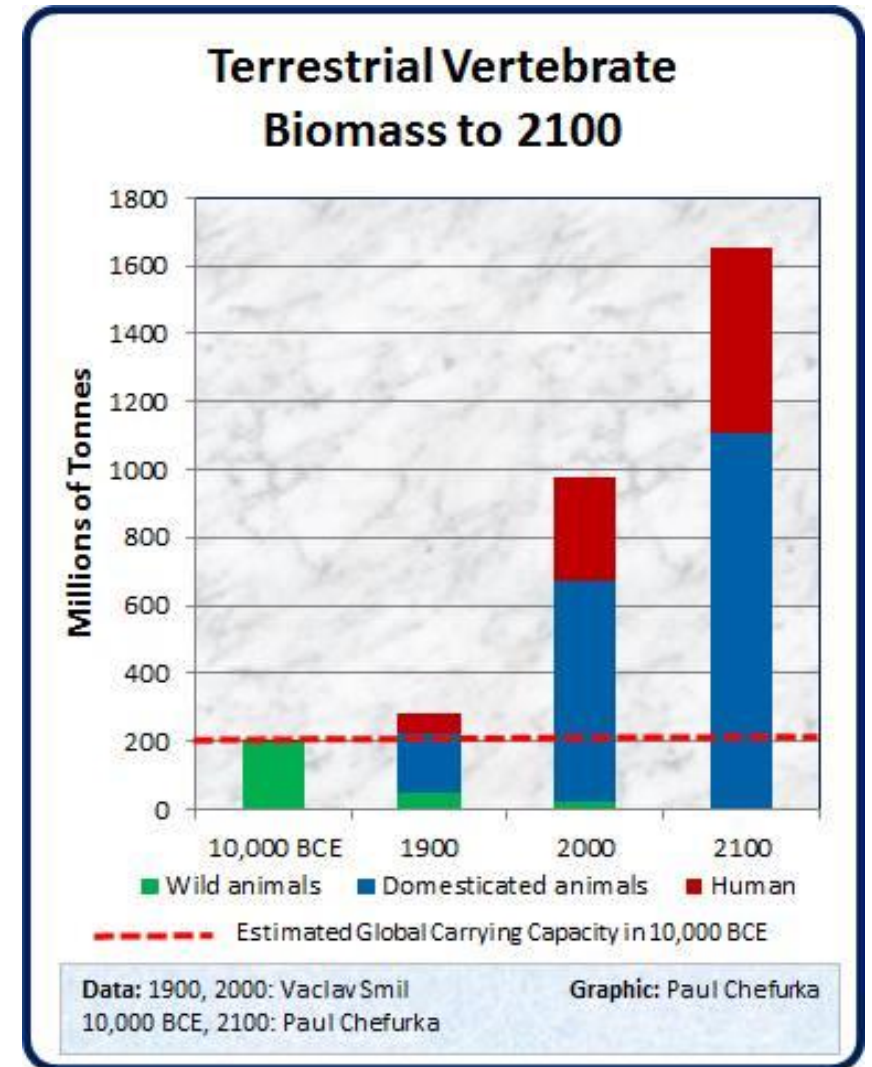
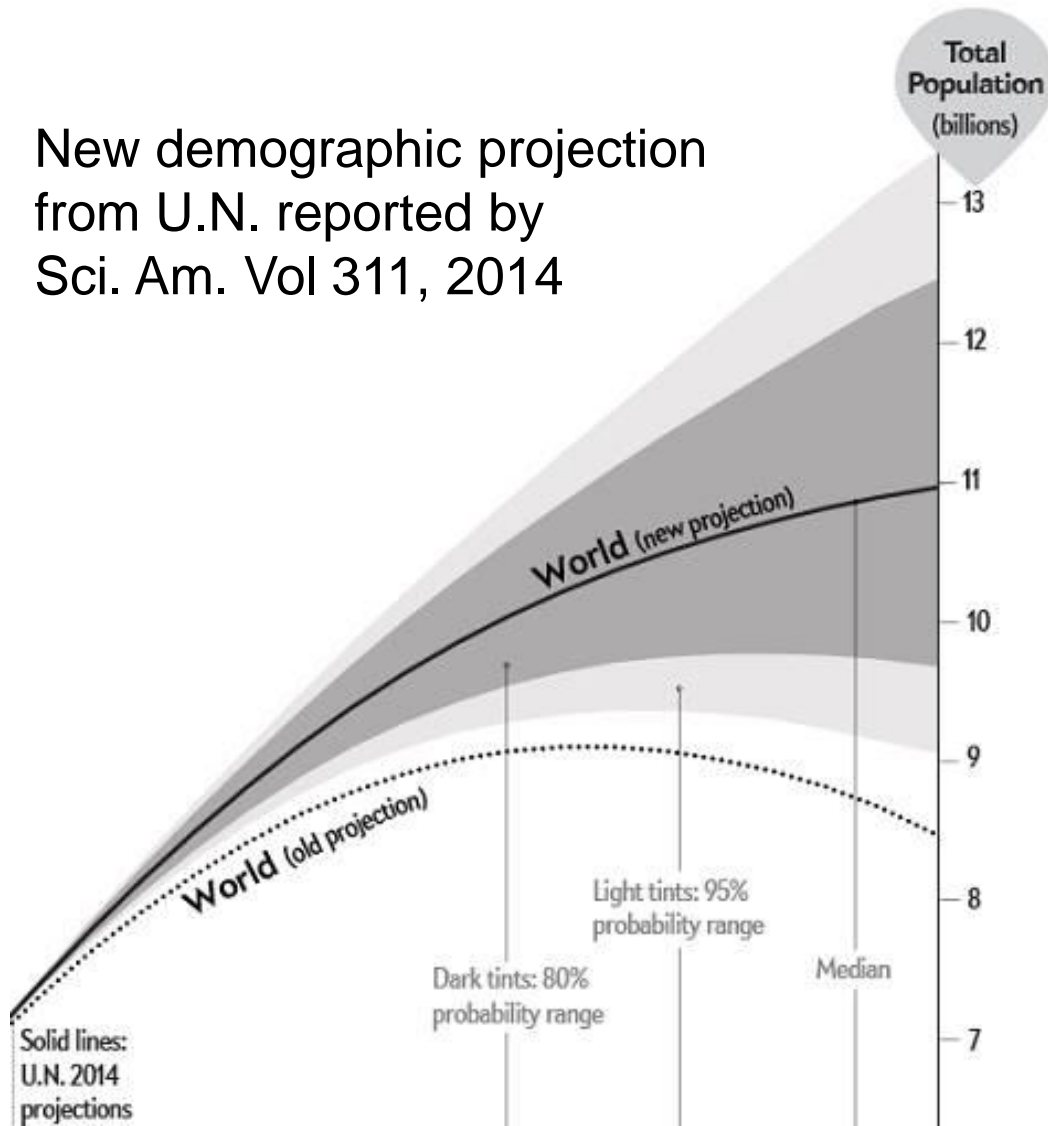


*Homo sapiens*

- Marini
- Domestici
- Uomo
- Selvatici



New demographic projection  
 from U.N. reported by  
 Sci. Am. Vol 311, 2014





Una nuova ricerca sulla distribuzione della biomassa sulla Terra, uscita su PNAS nell'aprile 2018 conferma i dati di Vaclav Smil. Nella figura che segue i dati sono riassunti sulla rivista Sapere per l'insieme degli animali nella parte a sinistra e per i soli mammiferi nella parte a destra. Le differenze fra i dati riportati da Smil e quelli riportati da questa ricerca sono da attribuire oltreché a differenze nelle stime all'inclusione di diverse categorie tassonomiche. Smil parla di rettili e uccelli. Nel lavoro pubblicato su PNAS (vedi sotto l'indicazione bibliografica) sono riportate le stime della biomassa di tutti gli esseri viventi che costituiscono la biosfera, incluse le piante che ne sono la parte più consistente (vedi slide n. 37).

### **The biomass distribution on Earth**

Yinon M. Bar-On <sup>a</sup> , Rob Phillips <sup>b,c</sup> , and Ron Milo <sup>a,1</sup>

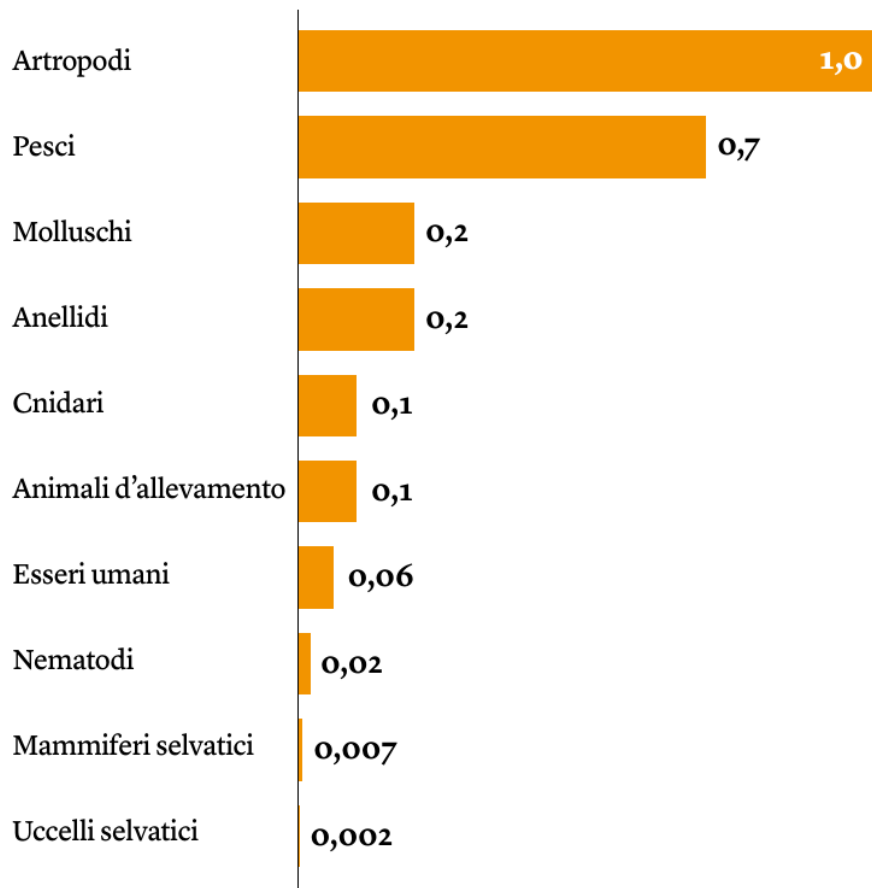
a) Department of Plant and Environmental Sciences, Weizmann Institute of Science, 76100 Rehovot, Israel;

b) Department of Physics, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91125; and

c) Division of Biology and Biological Engineering, California Institute of Technology, Pasadena, CA 91125

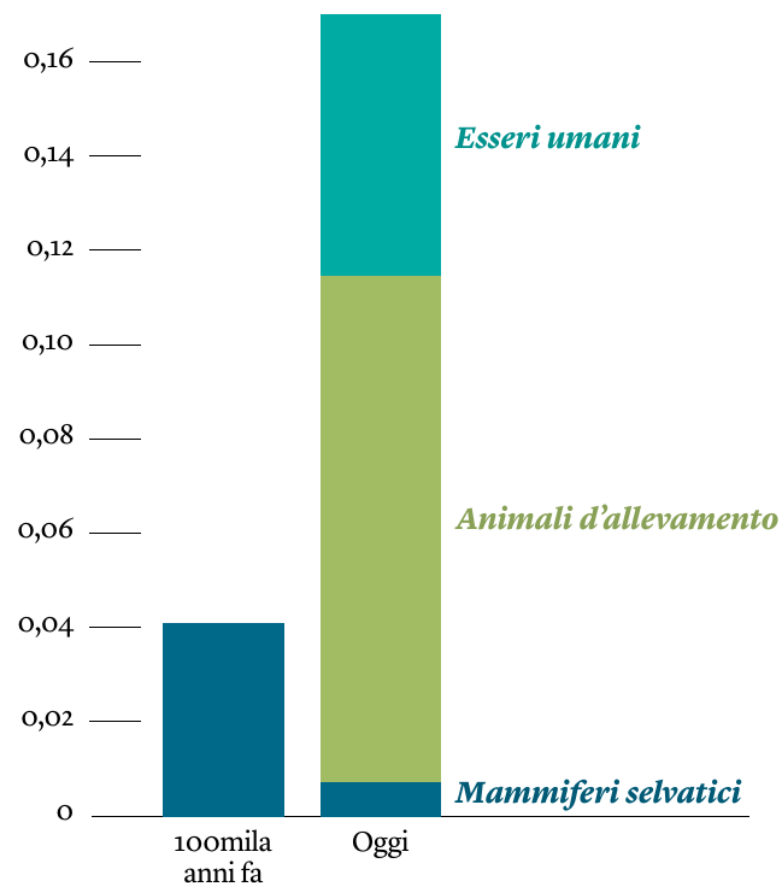
# Da sapere La massa totale degli organismi viventi

Distribuzione della biomassa: animali ed esseri umani, in gigatonnellate di carbonio. Fonte: Pnas

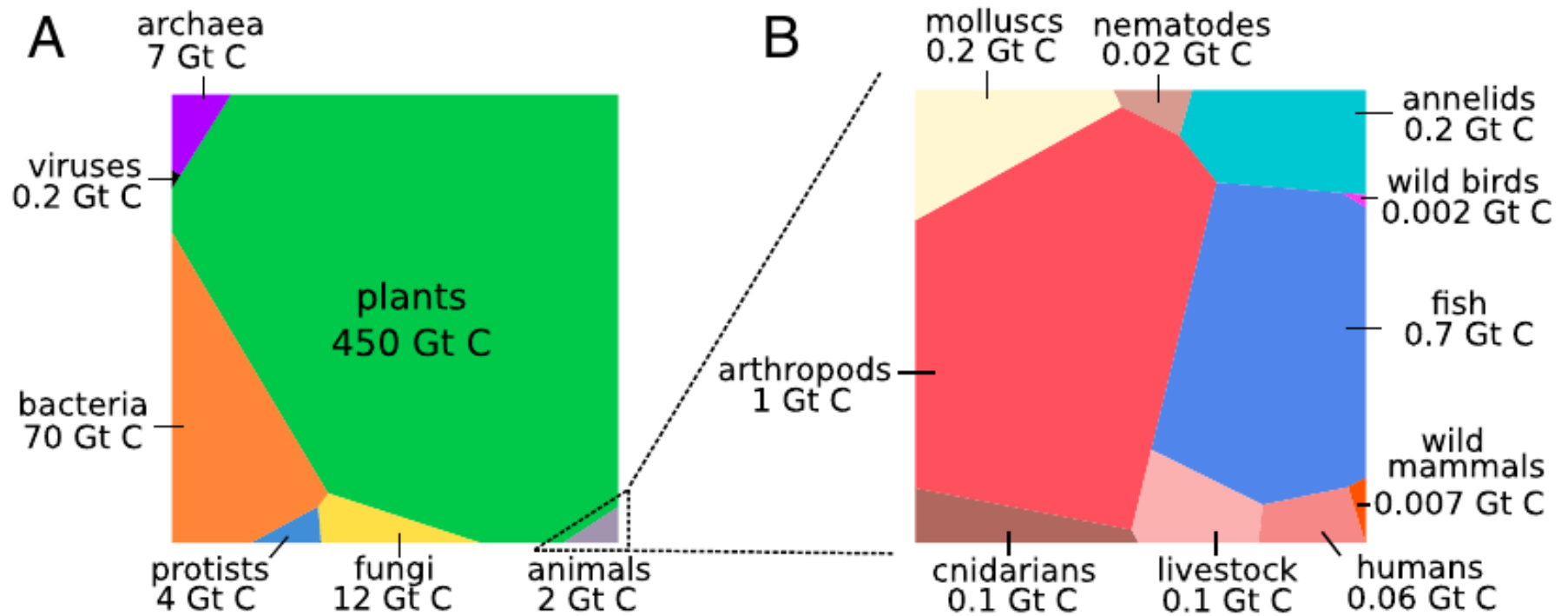


L'impatto dell'umanità sulla biomassa dei mammiferi dalla preistoria a oggi, in gigatonnellate di carbonio

Fonte: Pnas



**Biomassa** Una nuova ricerca fornisce informazioni sulla distribuzione della biomassa sulla Terra. La biomassa totale, cioè la massa di tutti gli esseri viventi, è di 550 gigatonnellate di carbonio. L'80 per cento, circa 450 gigatonnellate, è costituito da piante, che vivono principalmente sulle terre emerse, scrive Pnas. Gli animali, circa due gigatonnellate di carbonio, vivono per lo più negli oceani. Altre componenti importanti sono i microrganismi, come i batteri e gli archei, che vivono nel suolo, nei sedimenti marini e in altri ambienti. Gli esseri umani hanno una biomassa di 0,06 gigatonnellate, gli animali allevati di 0,1 gigatonnellate e i mammiferi selvatici di 0,007 gigatonnellate (contro le circa 0,04 gigatonnellate di centomila anni fa).



[Diagramma Voronoi](#) delle biomasse dei vari taxa del mondo vivente. Il diagramma Voronoi è simile al diagramma a torta, ma permette di rappresentare meglio i piccoli numeri che nel diagramma a torta tendono a scomparire (ha un maggiore range dinamico). La forma dei diversi poligoni rappresentanti le aree non hanno significato.

In conclusione una diversa rappresentazione dello spazio che l'umanità ha in uso sul pianeta.



**510** milioni di Km<sup>2</sup>  
- Oceani e mari =

**150** milioni di Km<sup>2</sup> di  
terre emerse.  
- deserti, ghiacci, zone  
impervie e urbanizzate  
ecc =

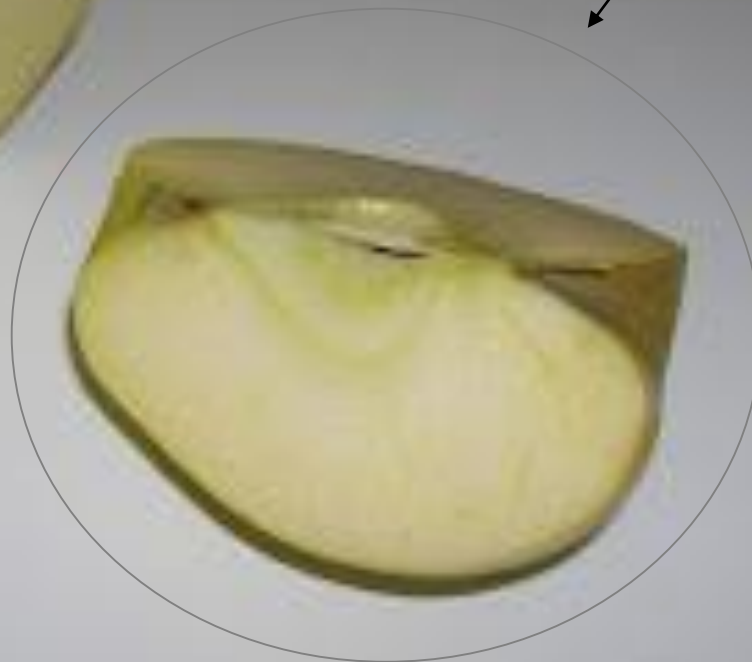
**50** milioni di Km<sup>2</sup> di  
terreni agricoli  
per crescere il grano e  
il resto del cibo  
necessario per  
sfamare 7 miliardi e  
mezzo di individui e  
allevare gli animali  
domestici

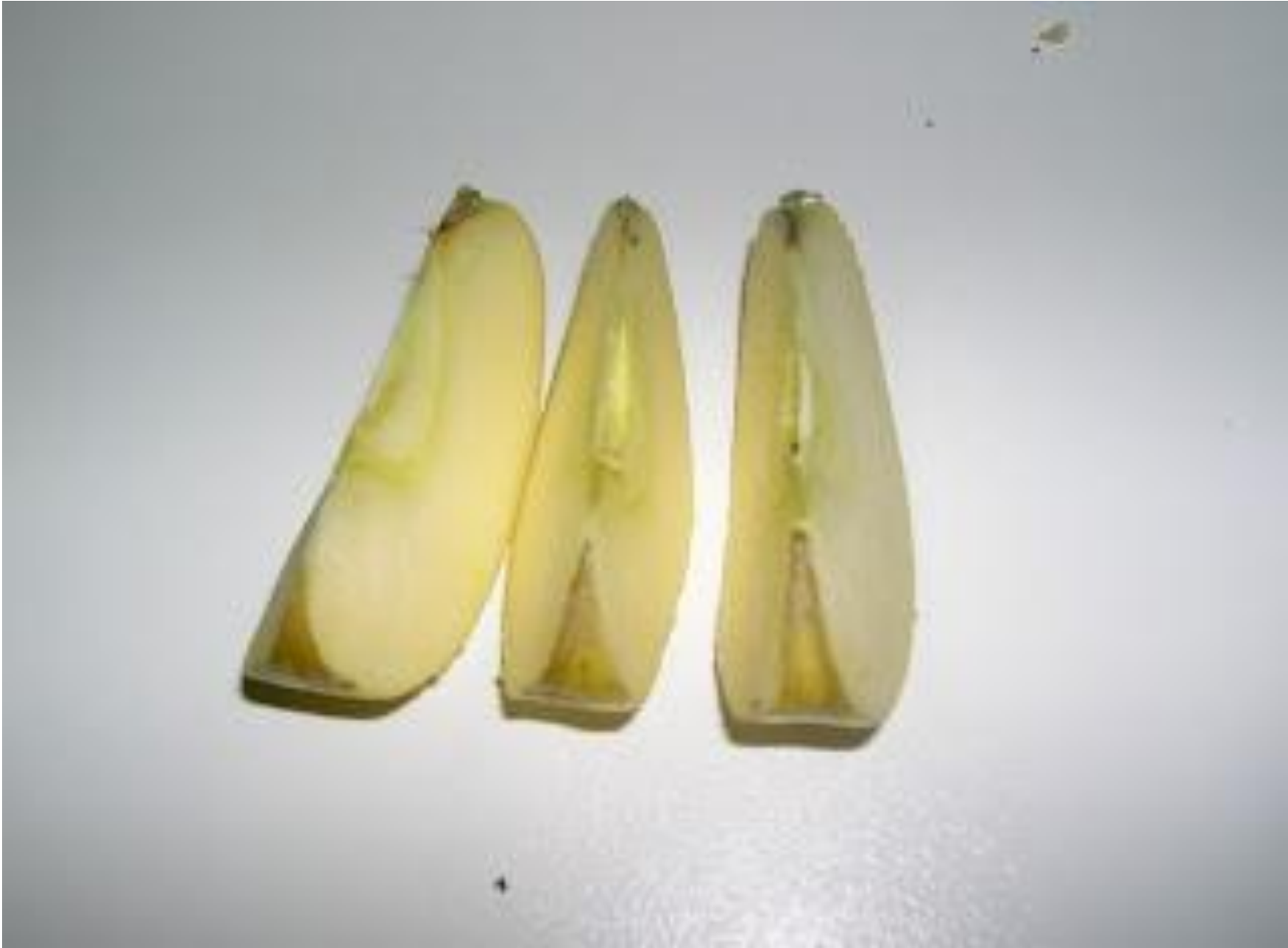
Immaginiamo che questa mela sia la Terra.  $\frac{1}{3}$  di essa è la superficie delle terre emerse. Se tolgono i deserti le zone impervie e quelle ghiacciate  $\frac{1}{3}$  delle terre emerse è la superficie arabile. Cioè la sottile buccia di  $\frac{1}{9}$  del pianeta è la superficie su cui coltiviamo il nostro cibo. Questo “miracolo” è possibile solo grazie alla grande produttività ottenuta utilizzando il sussidio dell’energia fossile applicato alla produzione di cibo.

La rivoluzione verde altro non è che applicazione della meccanizzazione, dell’irrigazione forzata, dei fertilizzanti (dipendenti anche essi dalle fonti fossili) e dei fitofarmaci alla produzione di cibo.

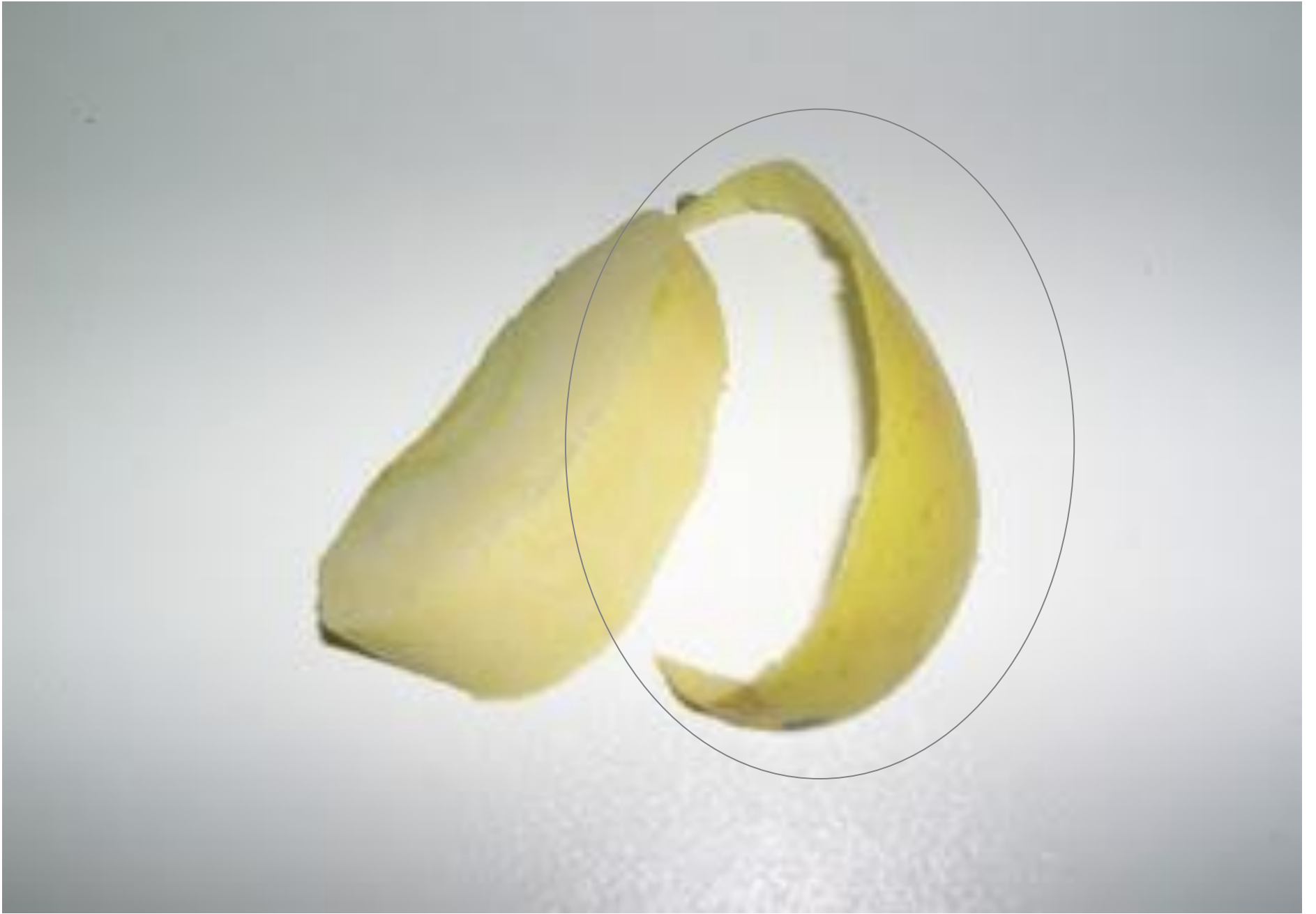


1/3









Nel 2000 il premio Nobel per la Chimica [Paul Crutzen](#) adottò l'espressione "[Antropocene](#)" per dare un nome all'era geologica contemporanea (la parte finale dell'Olocene a partire da 10mila anni fa con la rivoluzione agricola del neolitico). Questa era geologica è, in effetti, caratterizzata dal fatto che l'uomo diventa uno dei principali fattori di cambiamento ecologico del pianeta. I dati riportati nella pagina che segue, confrontati con processi naturali, sono la solida testimonianza di questo fatto. L'uomo ha convertito per i suoi usi oltre il 15% dei suoli non ghiacciati o desertici. Come abbiamo visto nella lezione 5 (si veda la tabella a pag 30 sul budget energetico terrestre) si appropria di almeno il 10% della fotosintesi globale attraverso la produzione agricola, ma ne controlla indirettamente oltre due terzi e, come visto, si appropria di una percentuale superiore al 25% della produttività primaria netta. Molti altri dati sono già stati discussi.

# Antropocene.

- **15%** terra libera da ghiacci è **completamente** convertito per usi umani
- **55%** terra libera da ghiacci è **parzialmente** convertito per usi umani
- Fissazione dell'azoto nei fertilizzanti = **190 Mt/anno**
- Fissazione di azoto pre-agricoltura = **150-190 Mt/anno**
- **100 Mt/anno** di N vengono immessi in atmosfera per la combustione di combustibili fossili, come **NOx e NH3**

Consumo della produttività primaria netta **25%-40%**

- Massa di materiali inerti movimentati ogni anno del XX secolo pari ai materiali prodotti da tutte le dorsali oceaniche nello stesso periodo.

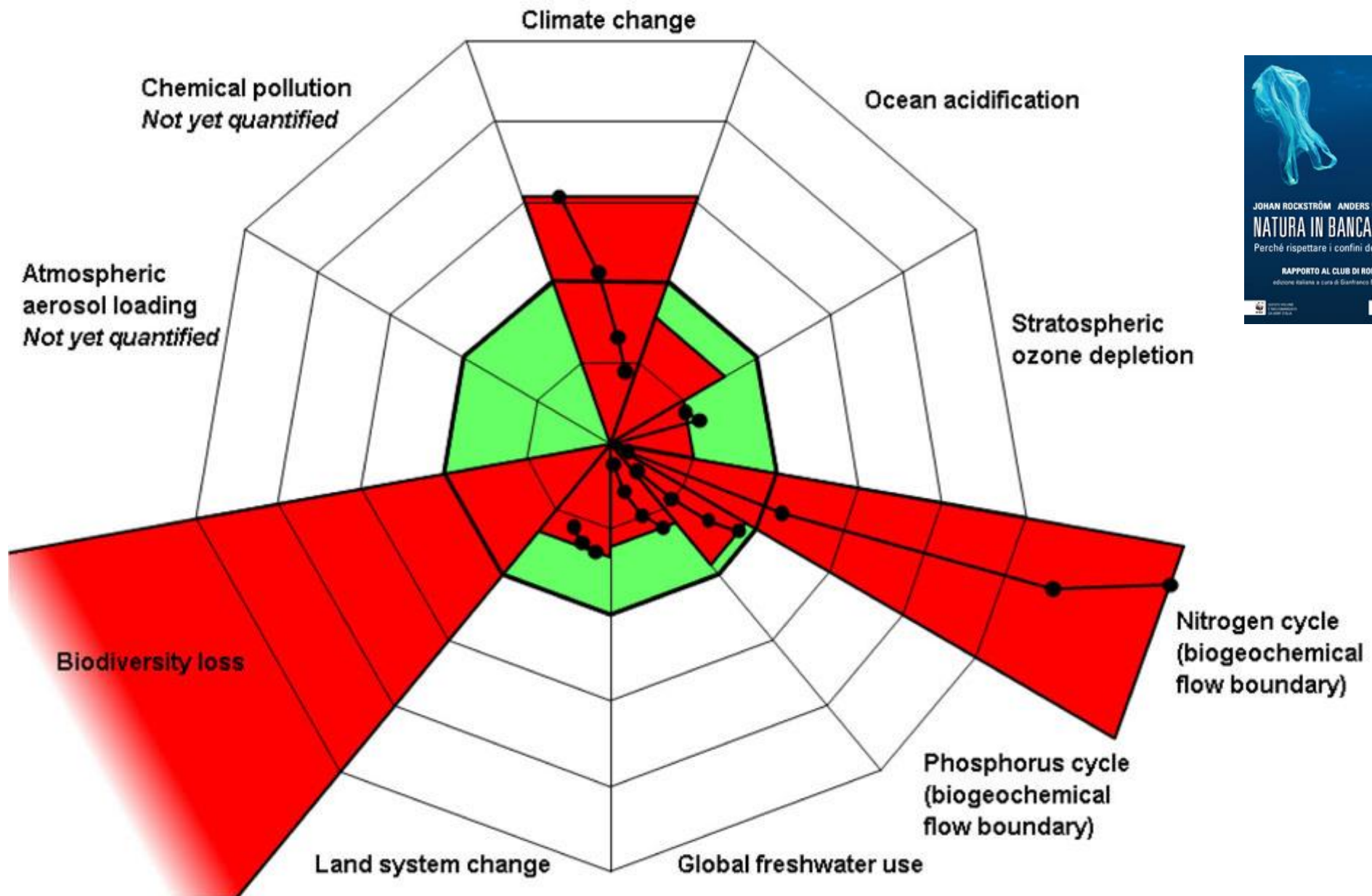
- Massa totale degli autoveicoli **1000 Mt**
- Massa totale del cibo prodotto **1,3 MtC/anno**
- Massa totale dei materiali non metallici per produrre autoveicoli (plastica etc): **1 MtC/anno**
- Massa totale carburanti usati dagli autoveicoli: **4 MtC/anno**

**Biomassa umana totale 40 MtC. Biomassa totale 500 GtC. Biomassa dei vertebrati terrestri 5 MtC. Biomassa dei vertebrati marini 50 MtC. Biomassa degli animali domestici (bovini, ovini, suini e pollame) 100 MtC.**

- Al tasso di estinzione attuale **20%** delle specie viventi sparirà entro il 2030.

Paul Crutzen. *Benvenuti nell'Antropocene*, Mondadori 2005

# The borders of Human social & economic metabolism



# Che fare?

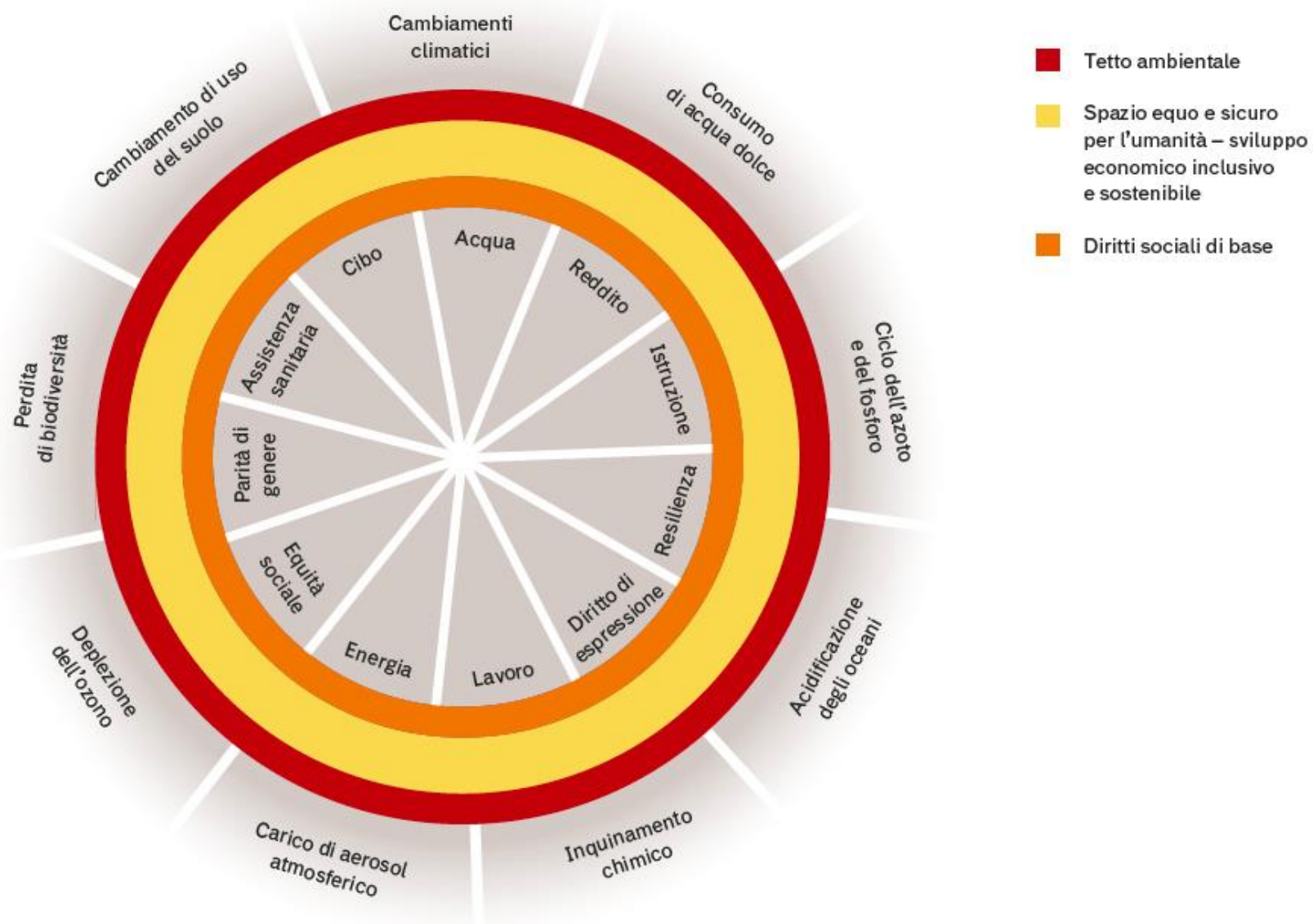
I confini definiti dallo Stockholm Resilience Center sono stati usati da Kate Raworth per definire il tetto ecologico della sua “economia della ciambella”. Raworth aggiunge a questo tetto una base sociale che non dovrebbe essere superata verso il basso. La ciambella è la rappresentazione dello spazio sicuro ed equo entro il quale si dovrebbe muovere l’attività umana in modo da rispettare sia gli ecosistemi terrestri e la loro dinamica.

Sfortunatamente molti abitanti del pianeta vivono già al di sotto della base sociale individuata da Kate Raworth e, nonostante questo, tre dei confini individuati sono stati ampiamente superati e altri sono prossimi al momento critico. L’unico confine dal quale si hanno buone notizie è quello relativo allo strato di ozono.

Per approfondire il tema dell’economia della ciambella propongo un mio [post](#) di recensione del libro di Kate Raworth.

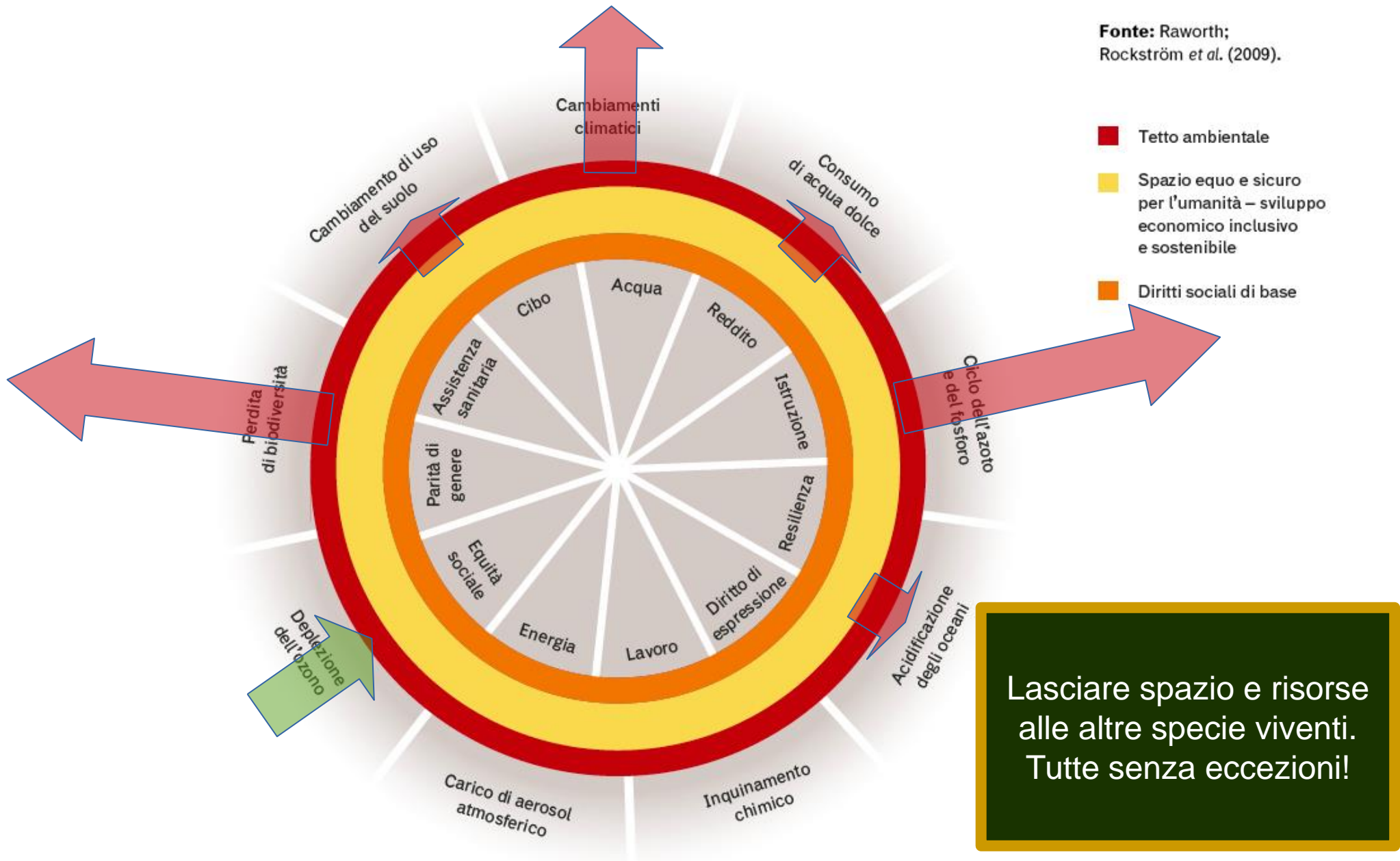
# Che fare?

Fonte: Raworth;  
Rockström et al. (2009).



Kate Raworth. L'economia della ciambella

Fonte: Raworth;  
Rockström et al. (2009).



Kate Raworth. L'economia della  
ciambella

# Come fare?

Dato che abbiamo una buona comprensione della situazione globale da molti decenni sappiamo abbastanza bene cosa dovremmo fare. “L’elenco della spesa” della pagina seguente sarebbe completo se fosse preso sul serio e rigorosamente non come abbellimento retorico di programmi di conservazione del paradigma vigente.

Ognuno dei punti della lista dovrebbe essere preso alla lettera ed in modo quantitativo. La transizione energetica deve essere radicale e è urgente, l’economia circolare dovrebbe essere quantitativa e capace di riciclare il 100% dei materiali usati, l’agricoltura dovrebbe essere tale da non causare ulteriore deforestazione e ulteriore degrado dei suoli, tutte le forme di inquinamento dovrebbero essere drasticamente tagliate e ogni specie vivente dovrebbe essere protetta in modo da interrompere la spirale di estinzioni e perdita di biodiversità genetica e funzionale. Si dovrebbe investire energia e risorse nella riparazione dei danni ambientali e valorizzare tutte le attività che minimizzano il consumo di materiali e le emissioni di inquinanti.



**Transizione energetica**  
**economia circolare**  
**agricoltura sostenibile**  
**riduzione delle emissioni**  
**protezione delle altre specie**  
**(tutte)**