Elsaglug LINUX DAY 2026

Università di Pisa

Crisi ecologica e innovazione tecnologica:
Cambiamento trasformativo o soluzionismo?

24 ottobre 2026



Matteo Villa - matteo.villa@unipi.it
https://people.unipi.it/matteo_villa/

Indice della presentazione

1. Cos'è un doppio vincolo
2. Rischi sociali di origine ambientale: la grande estate calda
3. Confini planetari e tentativi di transizione
4. L'innovazione tecnologica ci salverà dal caldo estremo?
5. Tecnologie prometeiche
6. Virtuale e materiale: l'impatto ambientale delle ICT
7. Soluzionismo o trasformazione?

Cos'è un doppio vincolo?

Farfalle pane e burro … e CRISI ECOLOGICA?





Bateson's point of Lewis Carroll's fable of 'bread-and-butterflies':

they became extinct, **not** for any material reason –

because their heads were made of sugar, or because they could not find food - but because of the **impossibility of contradictory adaptation**, *a dilemma, and the world is made up that way, not of the linear single-purpose way [of materialist causality].* (Bateson, I978, 1991) (In Harries-Jones, 1995)

Questa estate

Cosa sta succedendo?

- Ricorderemo questa come una fresca estate?
- Come interpretare gli eventi “estremi”? Estremi??
- E invece i cambiamenti graduali?
- Cosa dicono i nostri ricordi? Piacere, Indifferenza, Ansia climatica, Solastalgia …



I rischi sociali di origine ambientale

1. Rischi da **effetti della crisi** ecologica:
2. Rischi da strategie **mitigazione**
3. Rischi da strategie di **adattamento**
4. Rischi da **impossibilità di adattamento**
5. Rischi dai modelli/metodi dei **processi** di transizione







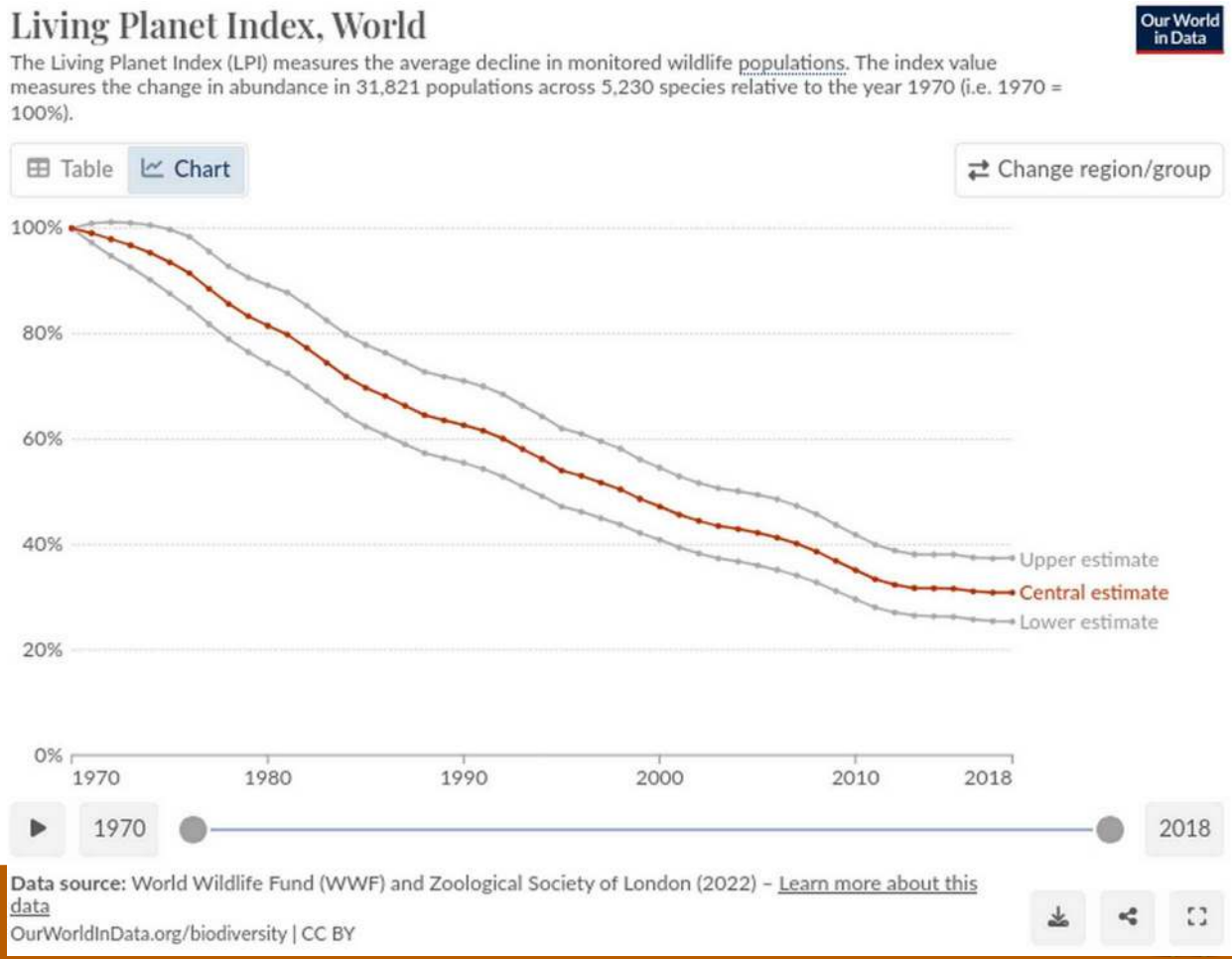


Implicazioni distributive complesse tra

- Individui e popolazioni, classi sociali, generazioni, luoghi
- Effetti combinati tra (In)sostenibilità e (Dis)eguaglianza

Grande accelerazione

Perdita di biodiversità:

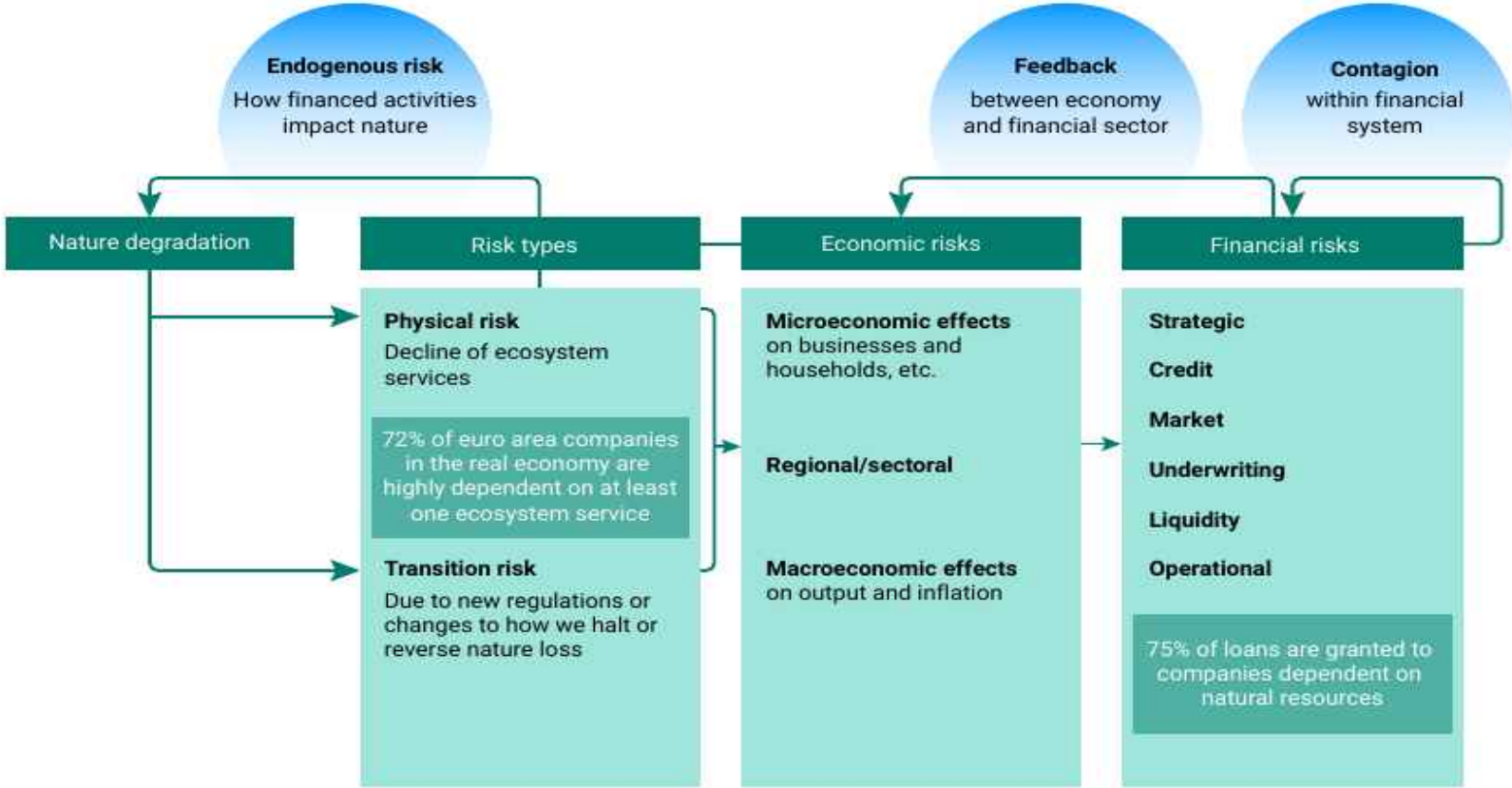


Rischi

ambientali economici finanziari

(EEA 2025)

Figure 1.3 **Transmission pathways for physical climate- and nature-related risks for public finance**



Source: EEA[14].

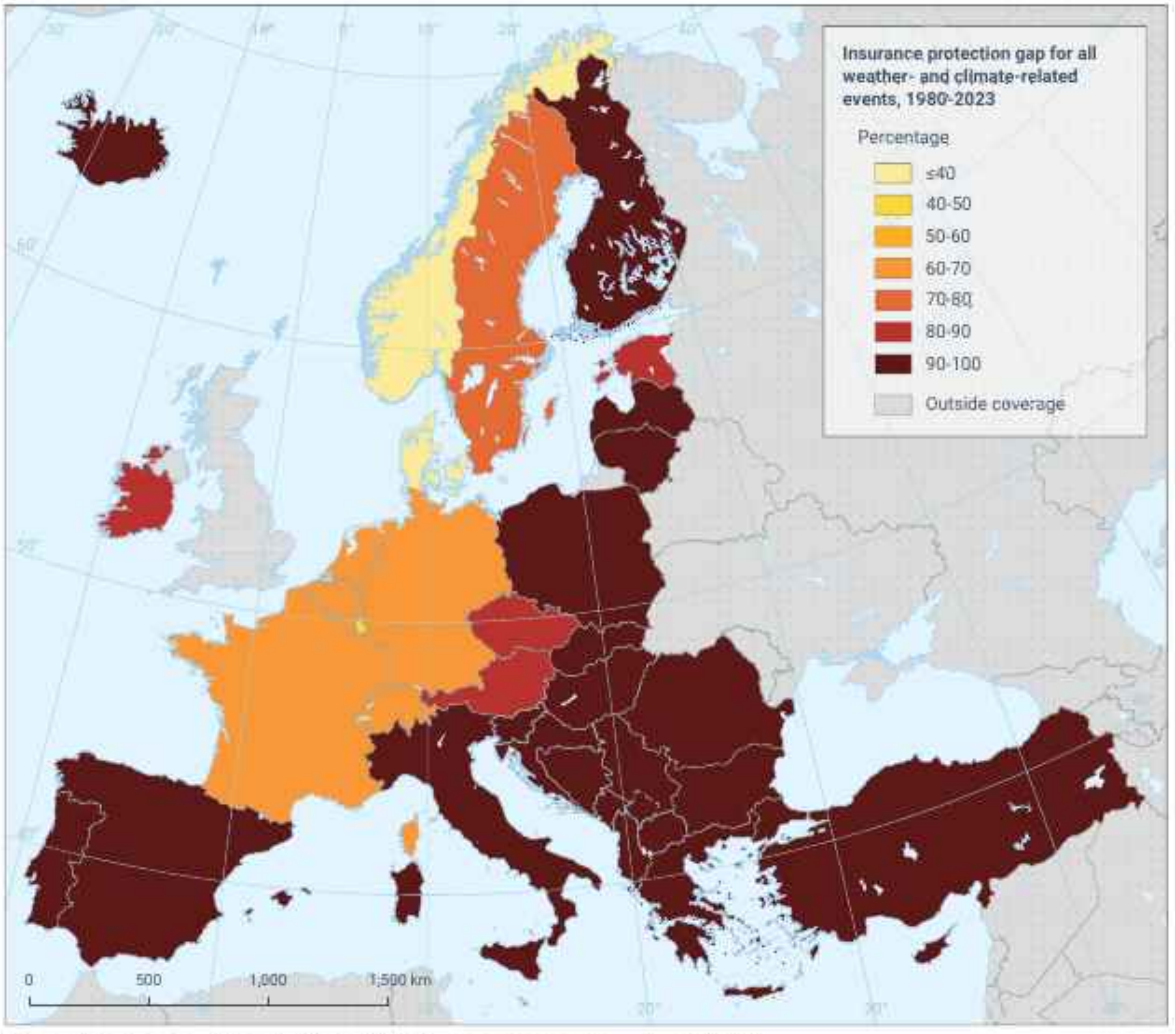
Rischi

ambientali
economici
finanziari

Le assicurazioni

(EEA 2025)

Map 3.1 **Insurance protection gap for all weather- and climate-related events, 1980-2023**

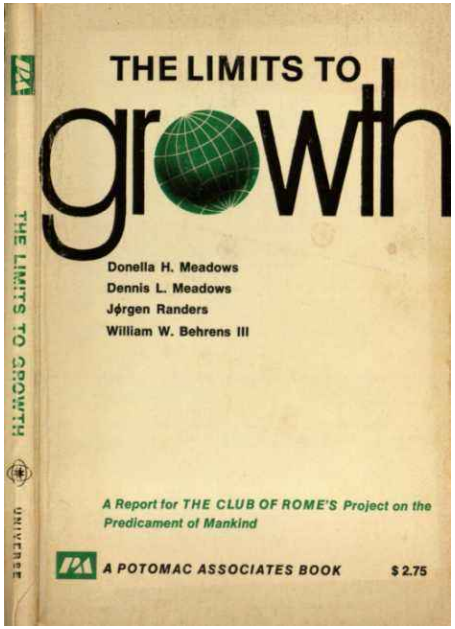


Reference data: © EuroGeographics, © FAO (UN), © TurkStat Source: European Commission – Eurostat/GISCO

Source: EEA

3. Confini planetari: uno spazio sicuro per l'umanità?

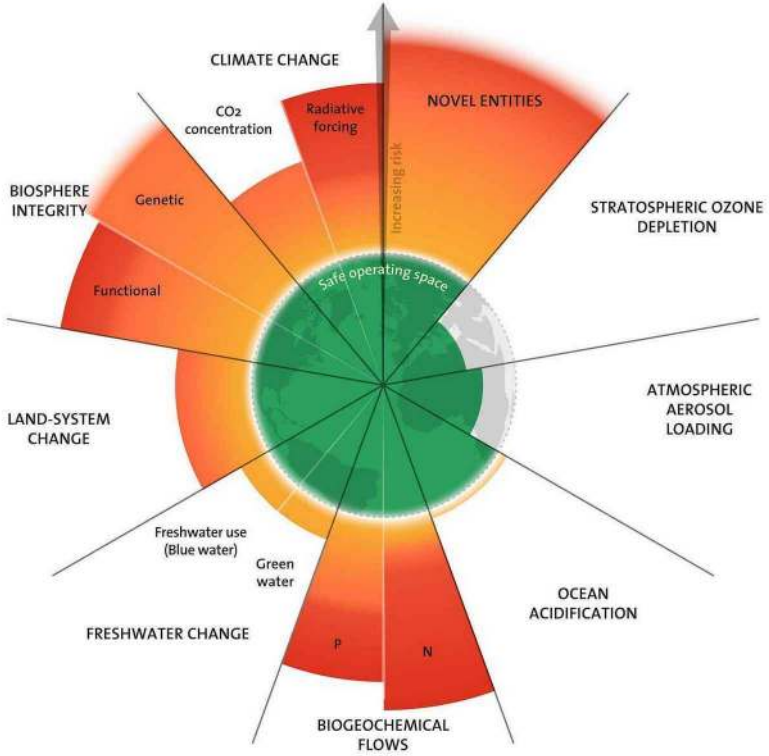
Dal Club di Roma allo Stockholm Resilience Centre



The 2025 update to the Planetary boundaries.

Licensed under CC BY-NC-ND 3.0. Credit: "Azote for Stockholm Resilience Centre, based on analysis in Sakschewski and Caesar et al. 2025".

Source: https://www.stockholmresilience.org

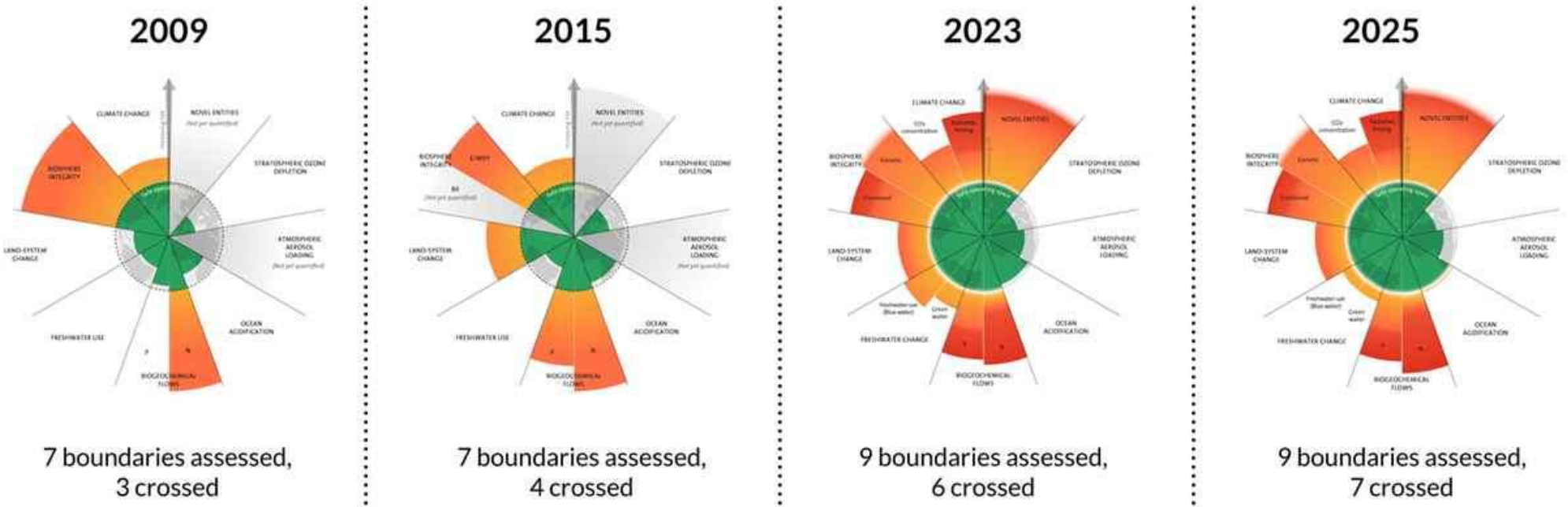


Confini planetari

Evoluzione dei planetary boundaries:

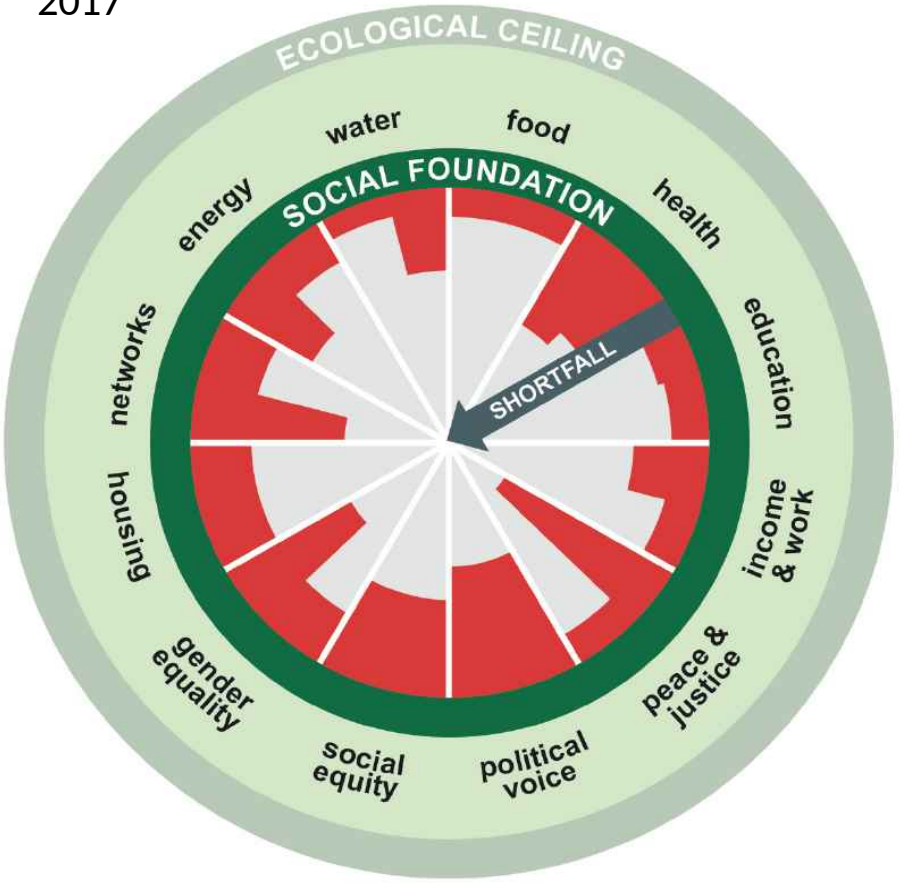
The evolution of the planetary boundaries framework. Licenced under CC BY-NC-ND 3.0
(Credit: Azote for Stockholm Resilience Centre, Stockholm University).

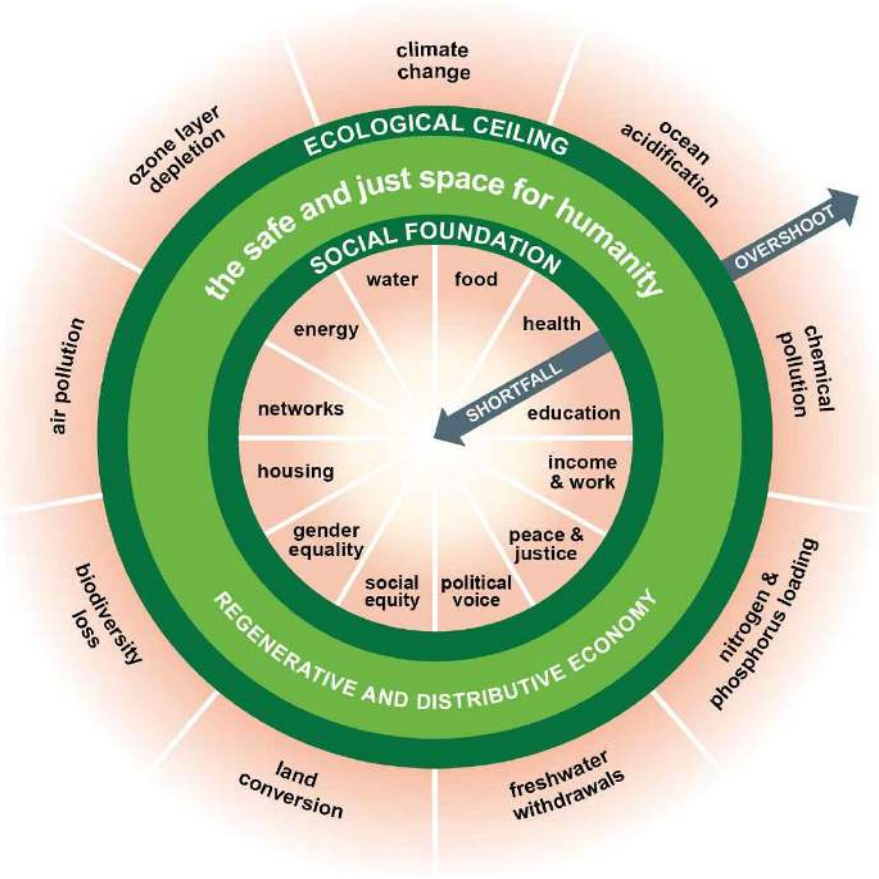
Based on Sakschewski and Caesar et al. 2025, Richardson et al. 2023, Steffen et al. 2015, and Rockström et al. 2009). Source: https://www.stockholmresilience.org



The Doughnut Economy model

Source: Raworth 2017





Ambizioso, semplicistico, utile, efficace?

Cosa, Come, Chi?

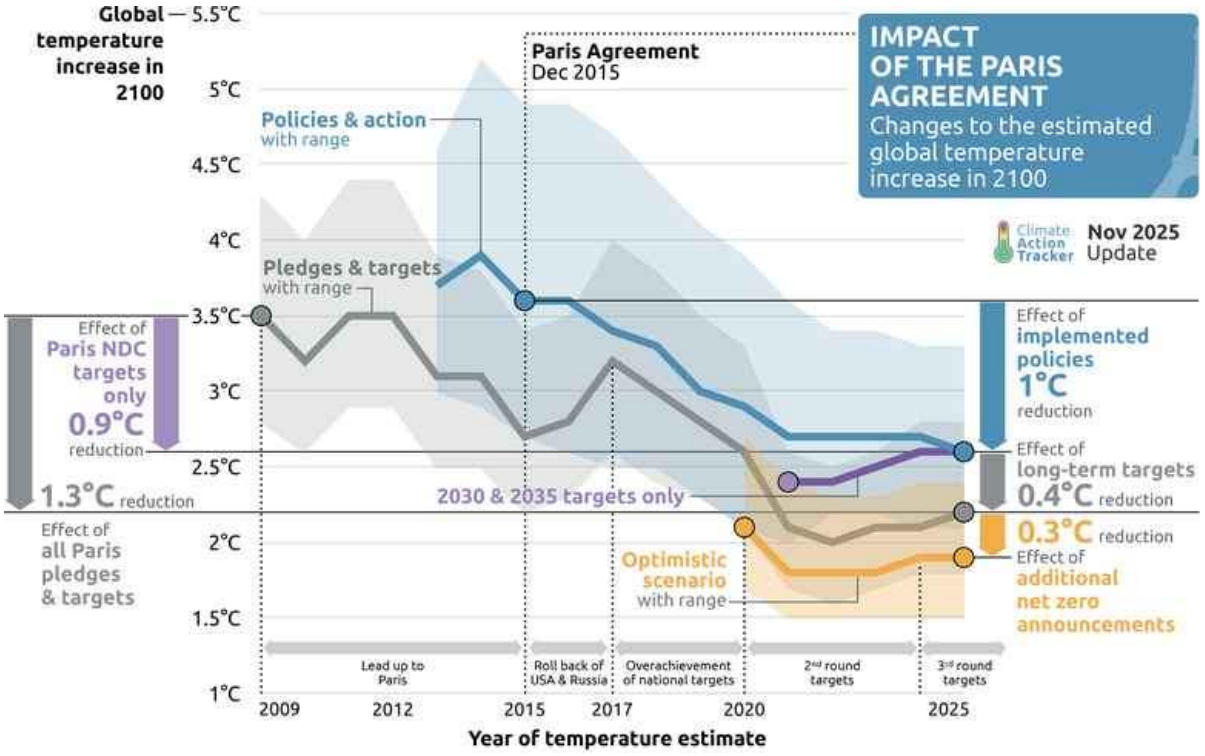
Il paradosso ecologico del welfare state:

Welfare e dipendenza dalla crescita:

- **Crisi ecologica (e cambiamento climatico)** minaccia benessere e salute (globalmente *nel lungo periodo*, in diversi e sempre più numerosi contesti *nel breve periodo*)
- **Le politiche di mitigazione e adattamento necessarie** possono influenzare negativamente welfare e condizioni di benessere *nel breve periodo*
- **Ridurre la spesa sociale** per rendere il welfare più sostenibile può indebolire la sua capacità di sostenere le persone *nel processo di transizione*
- **Aumentare la spesa sociale** può aiutare le persone nel breve periodo e influenzare negativamente l'ambiente - e le persone - *nel lungo periodo*



Transizione ecologica: cosa stiamo facendo ...



Source:
Climate Action Tracker 2026
https://climateactiontracker.org/

NDC: National Determined Contribution



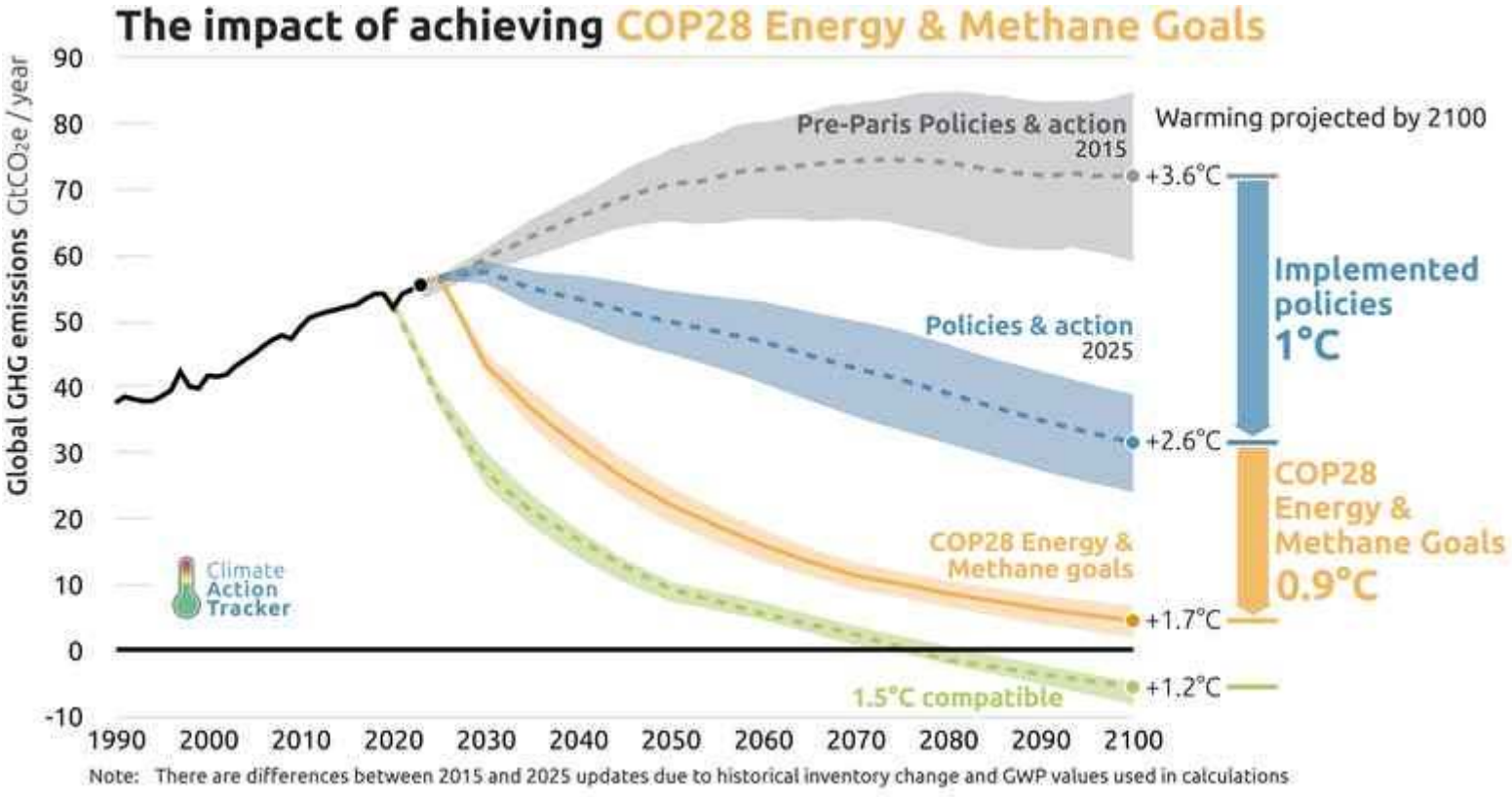


IPCC 2022: exceeding 1.5° would have catastrophic effects anyway.

Attuali conflitti hanno impatti enormi e non aiutano a ridurre gli altri… Fallimenti COP > Coalizioni di “volenterosi”

Transizione ecologica: cosa stiamo facendo ...

Cop 28 transitioning away goals



Source: Climate Action Tracker 2026

Grande accelerazione e limiti planetari

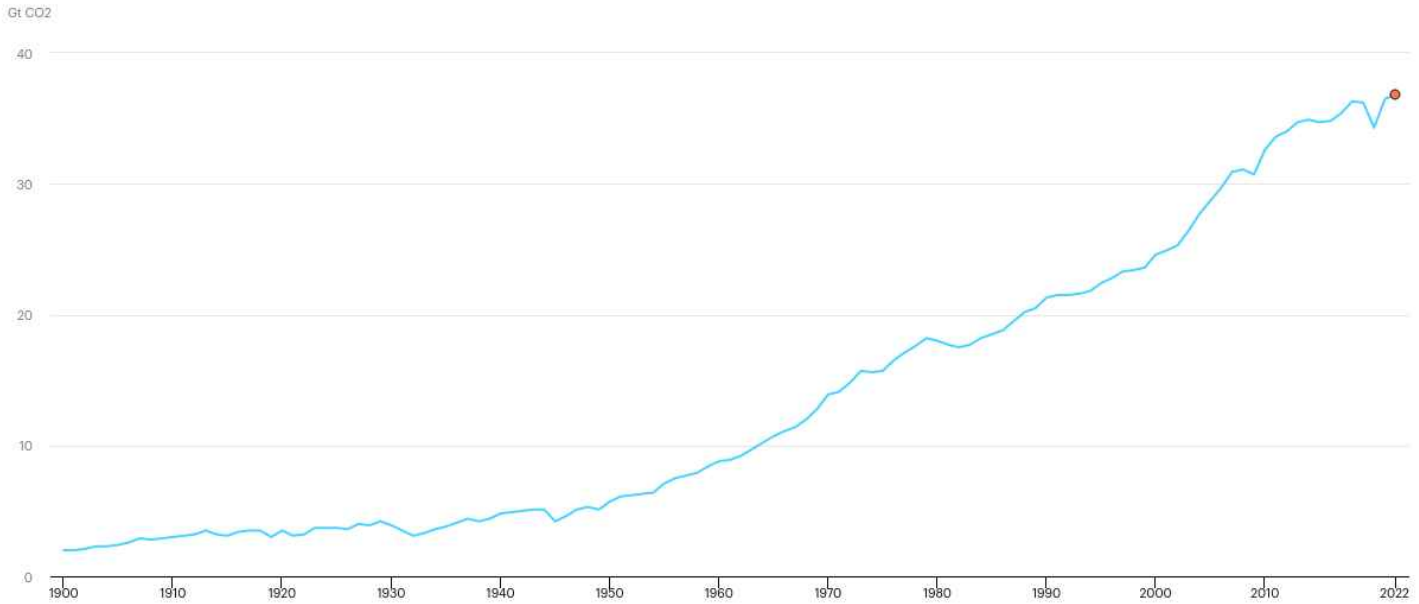
Emissioni di CO_2

International Energy Agengy 2023

Global CO2 emissions from energy combustion and industrial processes, 1900-2022

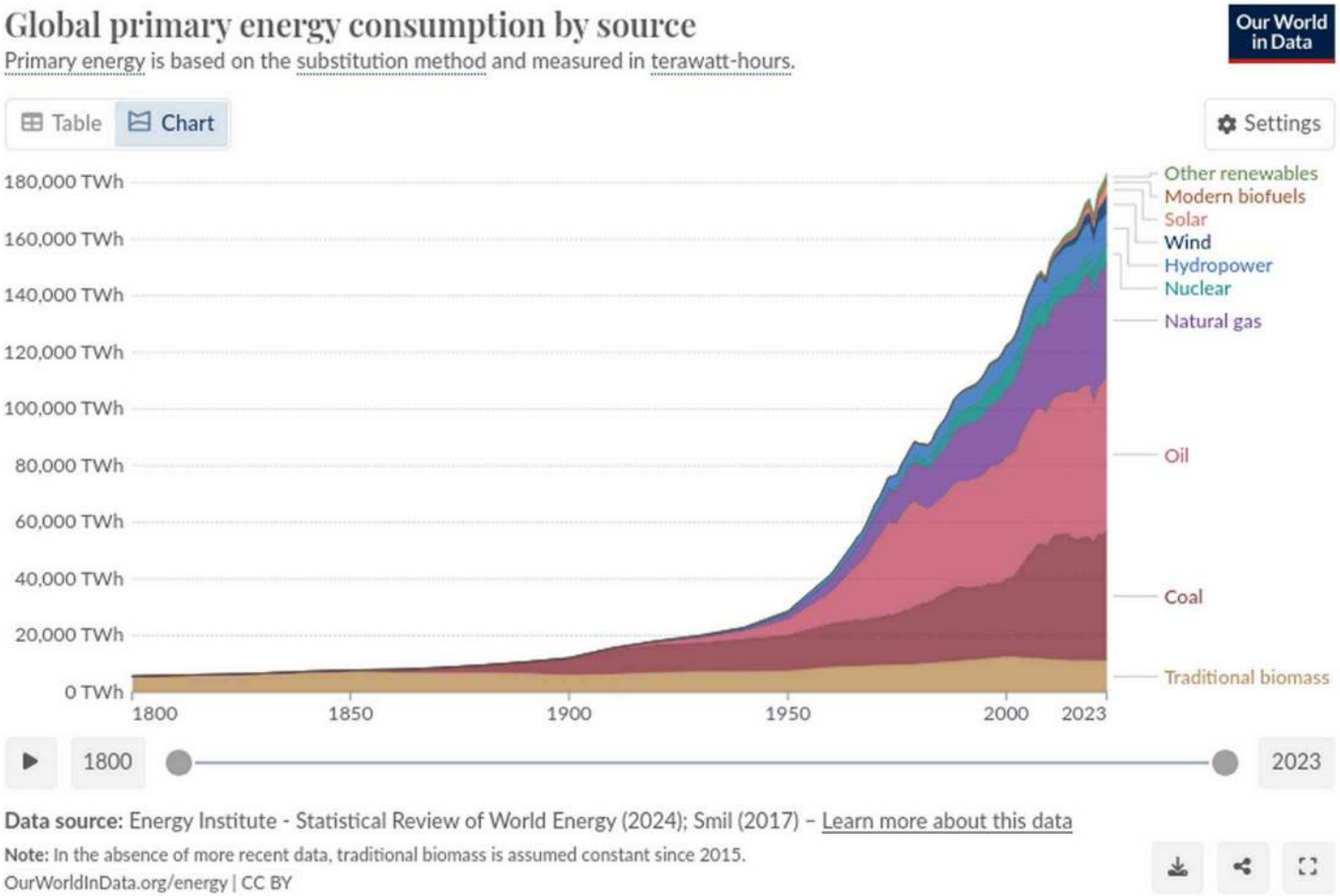
Last updated 2 Mar 2023

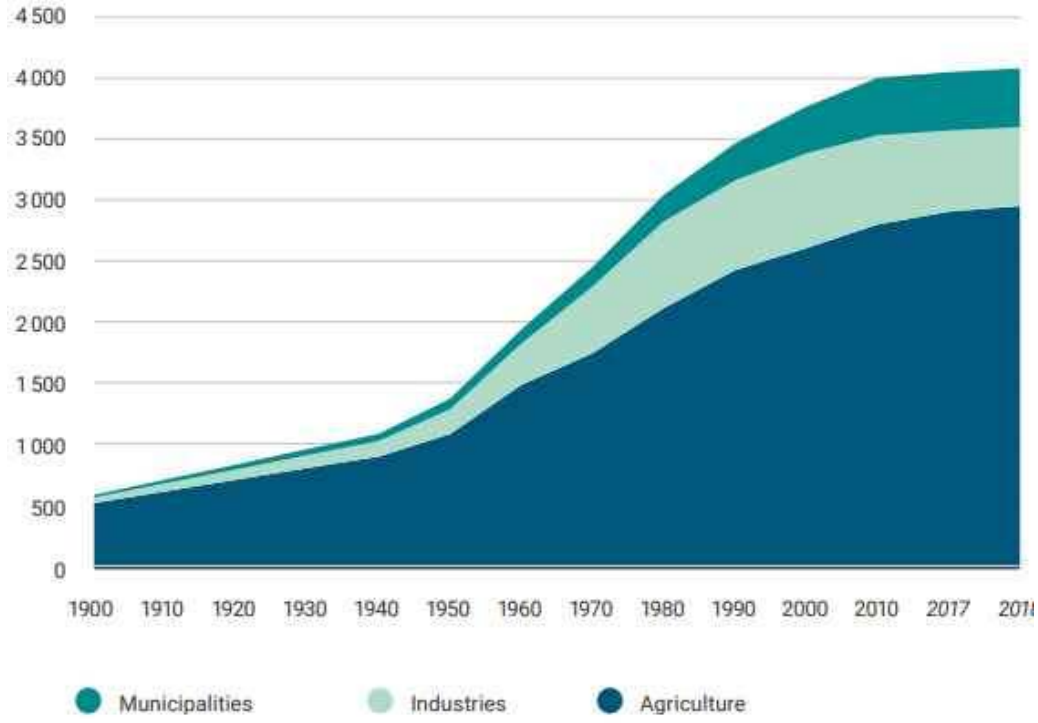
Download chart ↓



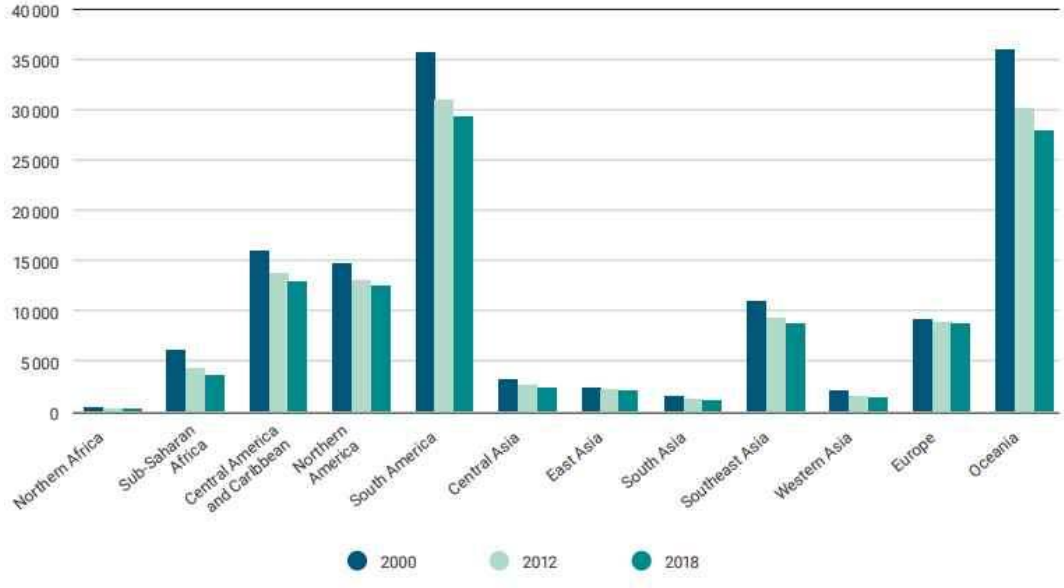
La grande accelerazione

Consumo di energia globale / fonte





Disponibilità di acqua dolce pro-capite (rinnovabile, cioè quella che può essere ricaricata da processi naturali): **Riduzione del 20% tra 2000 e 2018**, differente per paese. In Europa minor declino (3%)



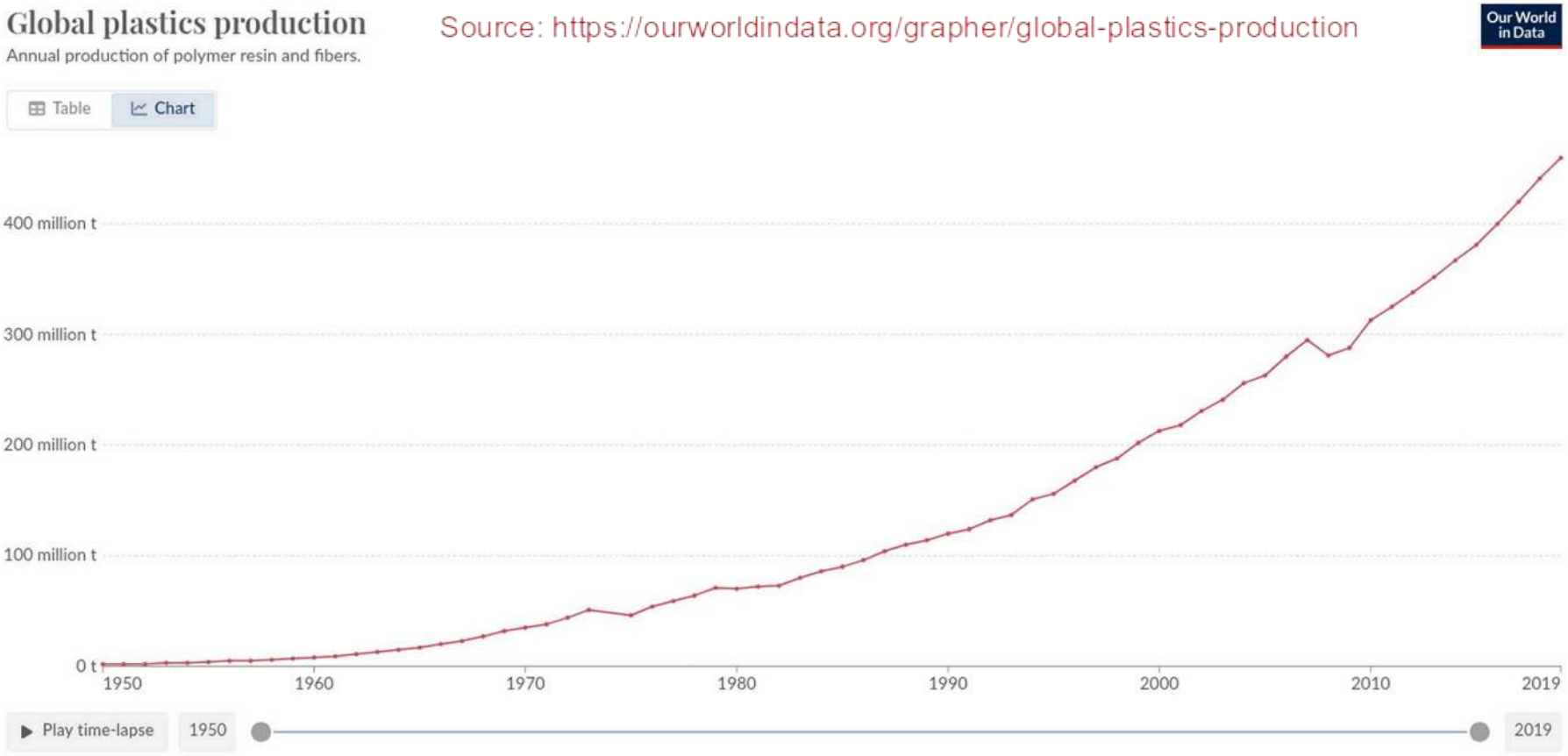
Evoluzione dei prelievi idrici globali

Evoluzione dei prelievi idrici globali
1900-2018 (km^3/anno)

Source: FAO (2022, fig. 1.23, p. 71, based on AQUASTAT)

La grande accelerazione

Produzione di plastica globale

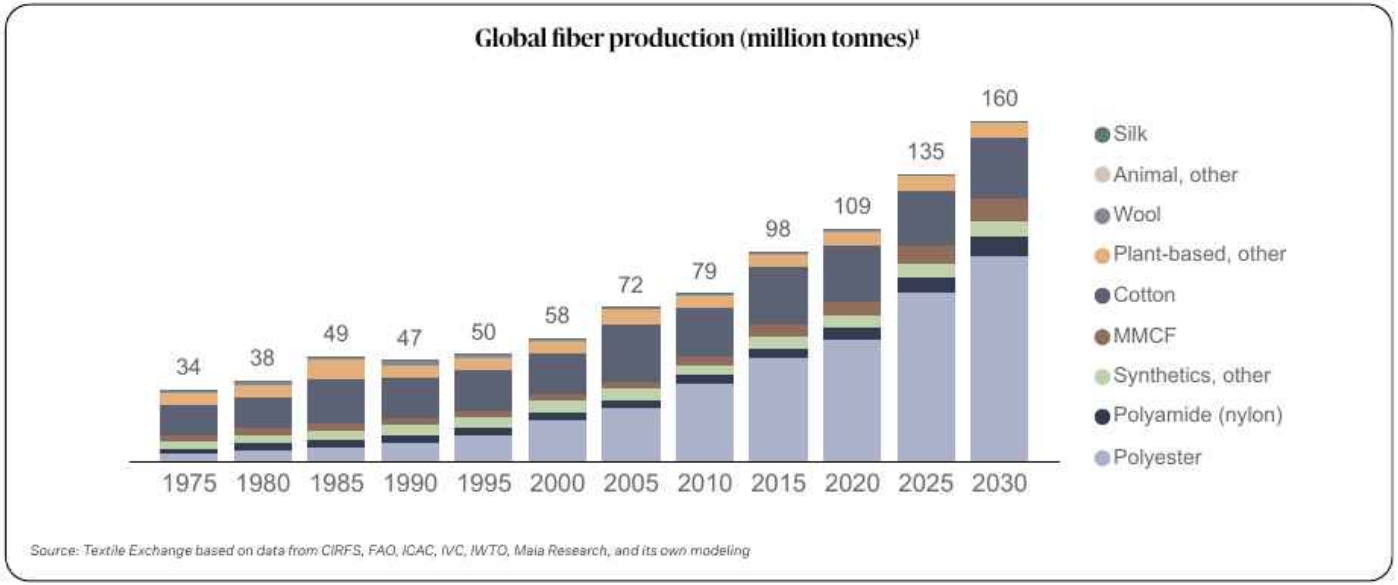


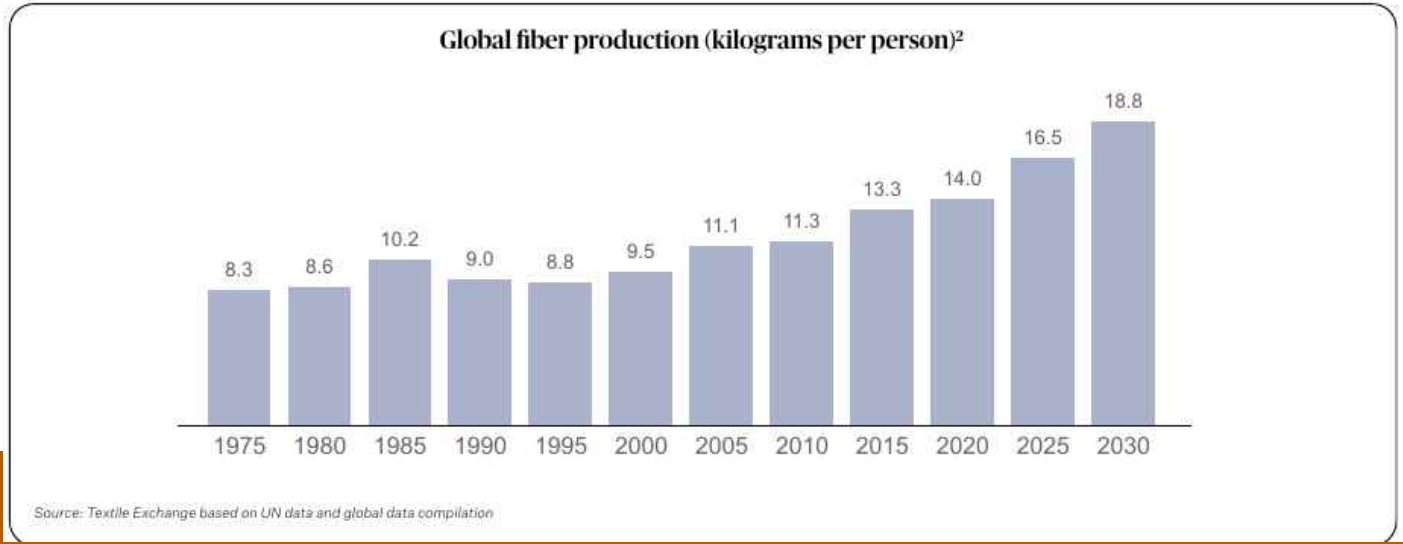
La grande accelerazione

Produzione mondiale di fibra, complessiva e pro capite.

Andamento 1975-2025
e proiezione al 2030.

Source: Textile Exchange 2024





La grande accelerazione

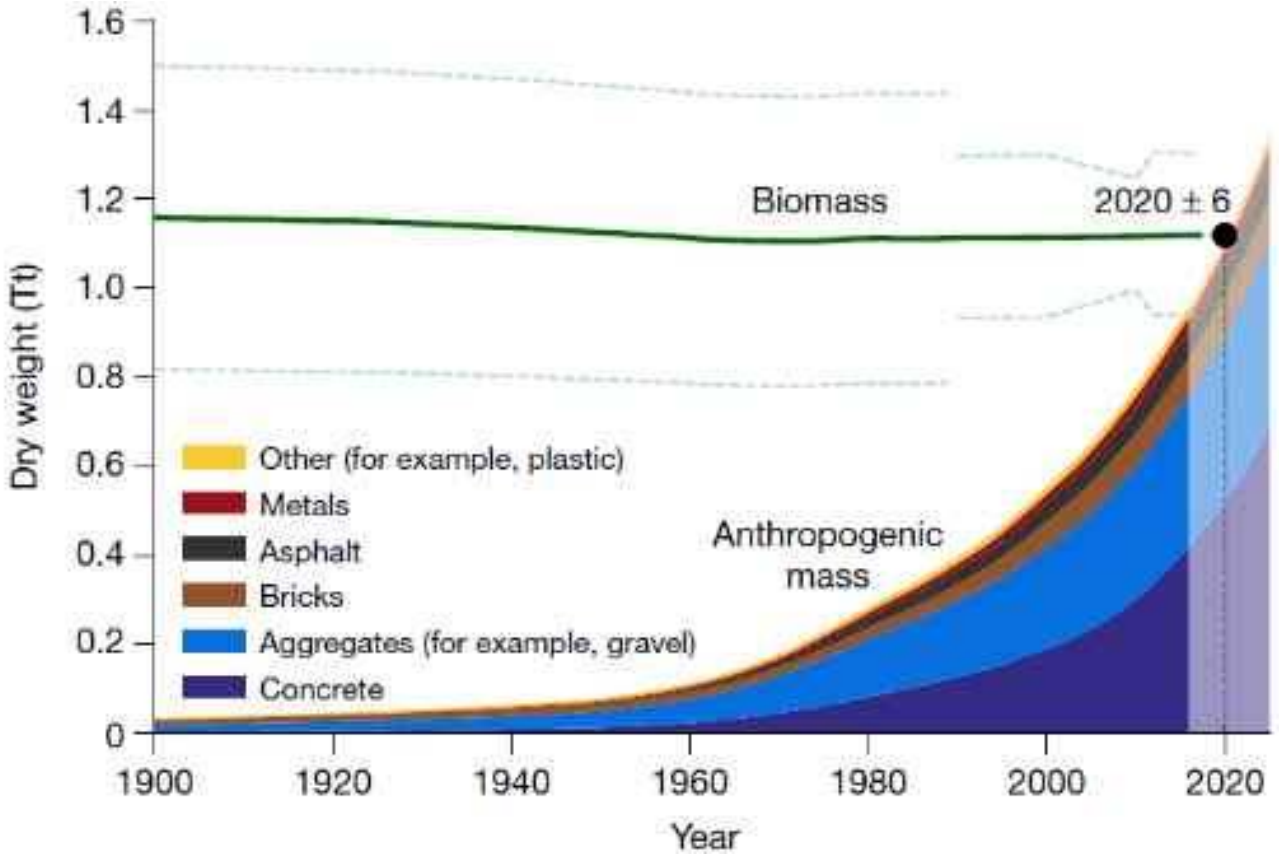
Materiali inanimati > Biomassa totale

Massa degli esseri umani = **0,01%** della biomassa globale

Ma grande e diversificato impatto da 3.000 anni su di essa.

Nel 2020, **i materiali «inanimati»** prodotti dalle società umane hanno **superato tutta la «biomassa»** prodotta dai sistemi naturali.....

Fonte:
Elhacham et al. 2020



La grande accelerazione

Materiali inanimati > Biomassa totale

The **plastic** estimate includes plastic currently in **use** and plastic **waste**, taking into account **recycling**.

Infrastructure includes the mass of **constructed elements**, such as roads.

Earth's remaining living biomass: **plants** constitute the vast majority (about **90%**), followed by bacteria, fungi, archaea, protists, and animals.

Fonte:
Elhacham et al. 2020



Tecnologie prometeiche

Oggetti, tecnologie e comprensione del passato. Lezioni:

- **Innovazioni diverse: solo alcune salti di scala**
- **Storie di dominio** (su uomo, donna, ambiente) **e uguaglianza/libertà**: molto antiche
- **Complessità e conseguenze a lungo termine**:
  > perdita di autonomia > dipendenza
  > insostenibilità ecologica
- **Difficile essere consapevoli e ricostruire**
  condizioni per autonomia e sostenibilità



"...And right above the Stone Age strata you can clearly see artefacts from the 'Iron Age'!"

Tecnologie prometeiche

Ipotesi:

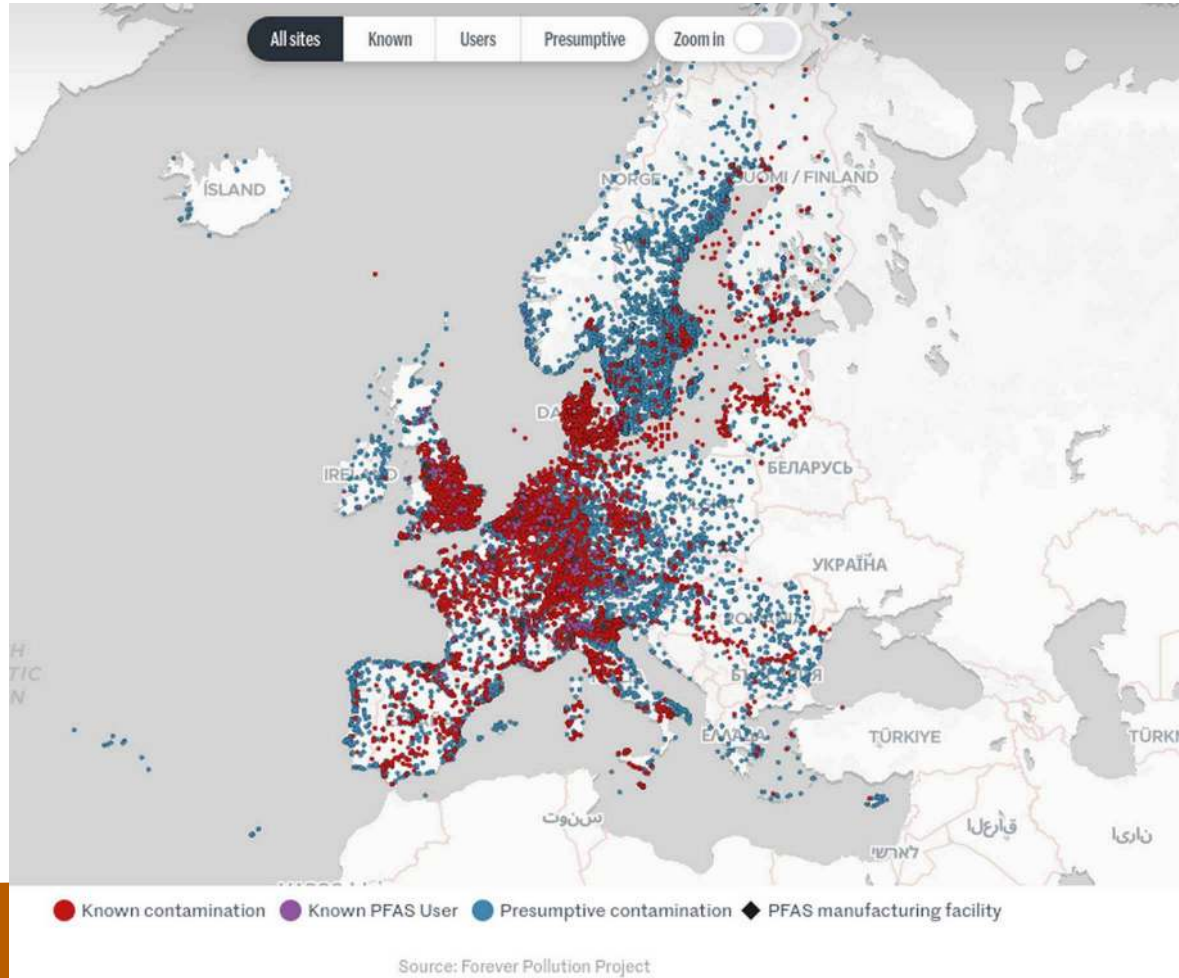
- Non capitalismo da solo
- Non tecnologia da sola
- Combinazione di
  meccanismo industriale, fonti energetiche
  condizioni socio-culturali, istituzionali e mercato
- Es. fuoco, agricoltura, macchina a vapore, automobile
  Es.: fabbrica fordista e sviluppo del welfare
  Es.: capitalismo finanziario e tecnologia dell'informazione



Un caso particolare ...

Contaminazione da PFAS:

Source: Le Monde,
February 23, 2023



Grande accelerazione come seconda parte della scacchiera?

- Crescita come fenomeno schismogenetico, moltiplicativo e molteplice (tecnologico, organizzativo, culturale, politico, economico)



H	G	F	E	D	C	B	A	
72 milioni di miliardi	144 milioni di miliardi	288 milioni di miliardi	0,6 miliardi di miliardi	1,2 miliardi di miliardi	2,3 miliardi di miliardi	4,6 miliardi di miliardi	9,2 miliardi di miliardi	8
281.000 milioni	562.000 miliardi	1.123.000 miliardi	2.252.000 miliardi	4.504.000 miliardi	9.007.000 miliardi	18 milioni di miliardi	36 milioni di miliardi	7
1.000 miliardi	2.000 miliardi	4.000 miliardi	8.000 miliardi	17.000 miliardi	35.000 miliardi	70.000 miliardi	140.000 miliardi	6
4 miliardi	8 miliardi	16 miliardi	33 miliardi	86 miliardi	131 miliardi	262 miliardi	524 miliardi	5
16 milioni	32 milioni	64 milioni	128 milioni	256 milioni	512 milioni	1 miliardo	2 miliardi	4
65.536	131.072	262.144	524.288	1 milione	2 milioni	4 milioni	8 milioni	3
256	512	1.024	2.048	4.096	8.192	16.384	32.768	2
1	2	4	8	16	32	64	128	1
A	B	C	D	E	F	G	H	

5. Virtuale e materiale: l'impatto ambientale delle ICT

Premessa: il digitale è molto materiale …

Alcuni esempi di impronta ambientale digitale:

- **Dispositivi**: emissioni incorporate e operative; estrazione, trasporto e lavorazione materie prime, processo produzione, uso, fine vita e (eventuale) riciclo (meno del 20% su 66,6 milioni ton. 2025)
- Incremento di **potenza** e della **miniaturizzazione**
- **Uso**: consumo energia, internet, data center e cloud computing
- **Data center**: consumo energia, consumo di acqua, surriscaldamento, consumo di suolo, dispersione sostanze chimiche
- Usi di particolare impatto: AI, blockchain technology
  AI generativa: 16/1 consumo di energia rispetto ordinari motori di ricerca

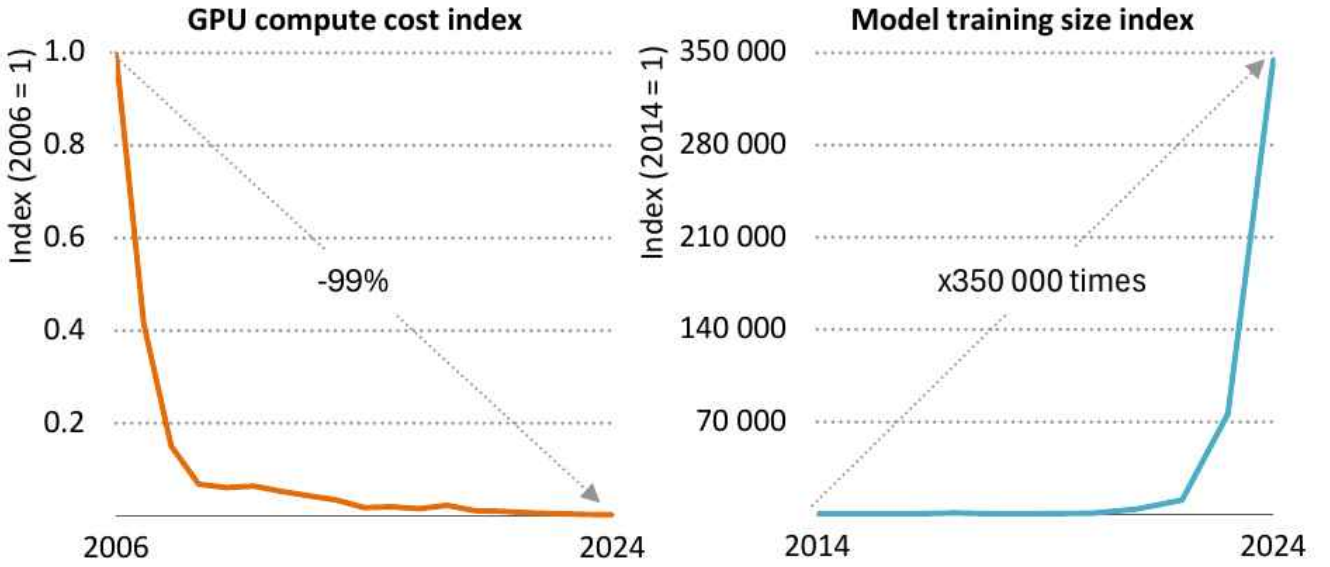


La grande accelerazione

Costo di calcolo delle GPU, 2006-2024, e dimensioni di calcolo per l'addestramento dei principali modelli di IA, 2014-2024

Source: IEA 2026

Figure 1.1 ▻ GPU computation cost, 2006-2024, and notable AI model computational training size, 2014-2024



IEA. CC BY 4.0.

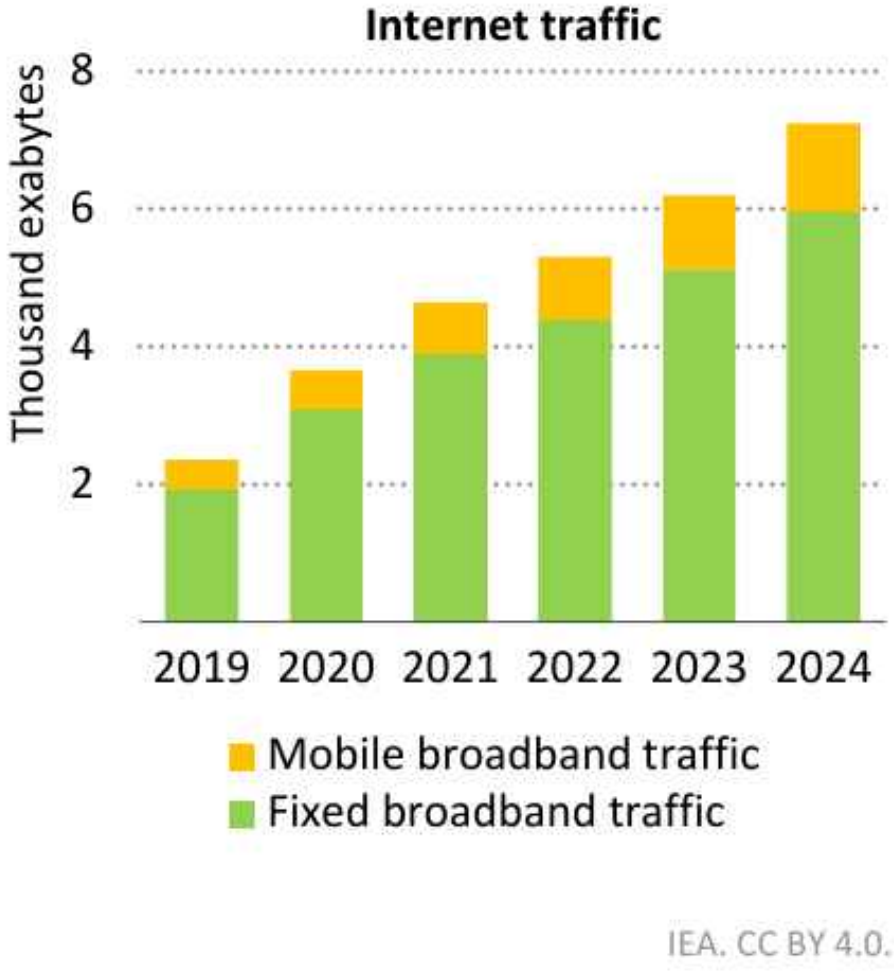
In the past decade, cheaper computing, exponentially more data and research breakthroughs in model design have turbocharged AI model capabilities

Sources: IEA analysis based on data from EpochAI (2024), and Coyle and Hampton (2024).

La grande accelerazione

Traffico Internet complessivo

Fonte: analisi dell'IEA 2026, basata sui dati dell'ITU (s.d.).



Rifiuti elettronici globali

Fonte: UN's 2024 Global E-waste Monitor

Year	Global E-waste Generated (Million Tonnes)
2023	60.2
2024	62
2025	66.6
2030	82
2050	100

La grande accelerazione

Note:

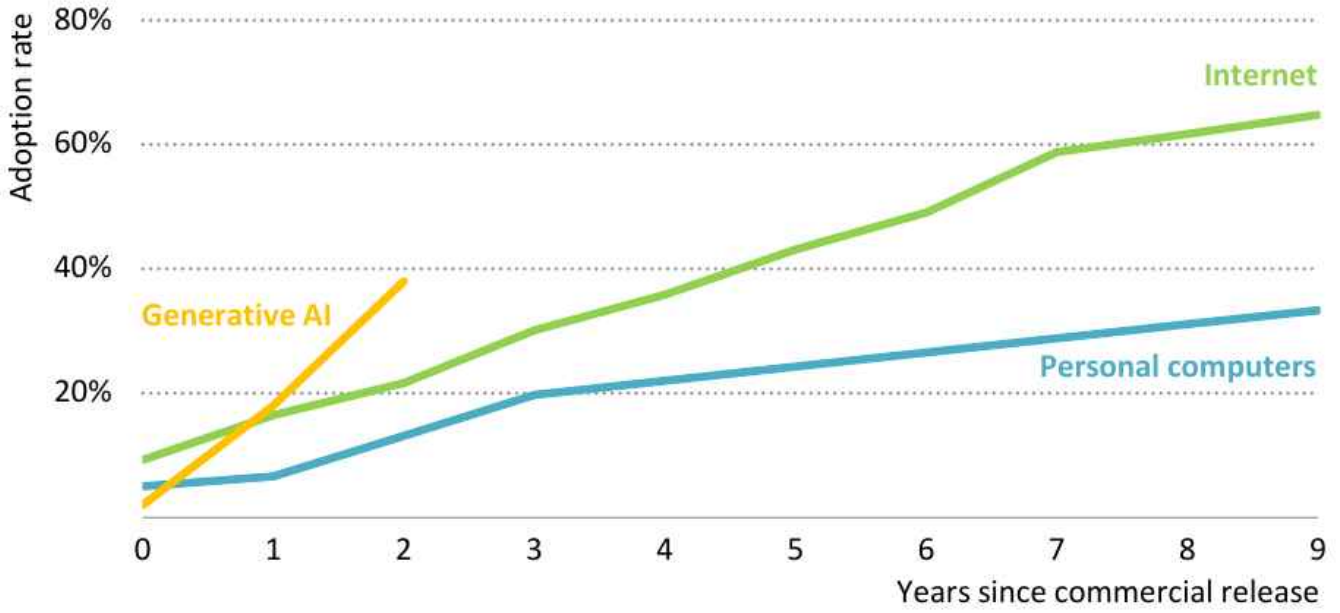
For personal computers, year zero is 1981 (first IBM Personal Computer was released)

For the Internet, year zero is 1995 (first carried commercial traffic)

For generative AI, year zero is 2022.

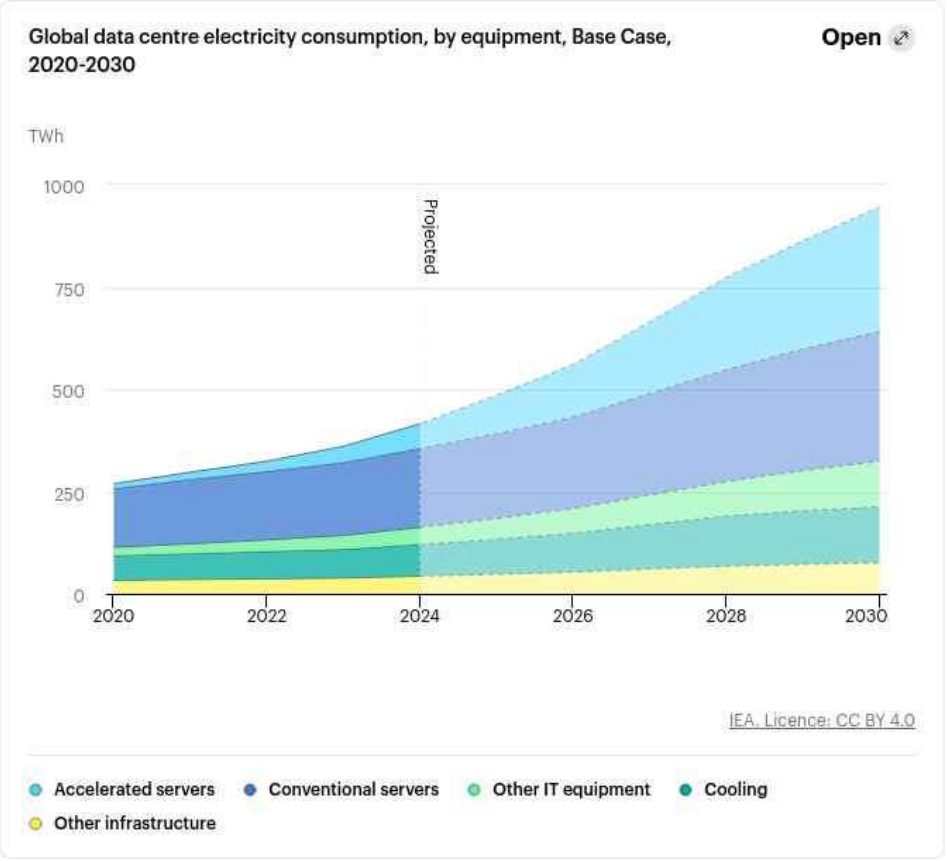
Sources: IEA analysis based on data from Bick et al. (2024).

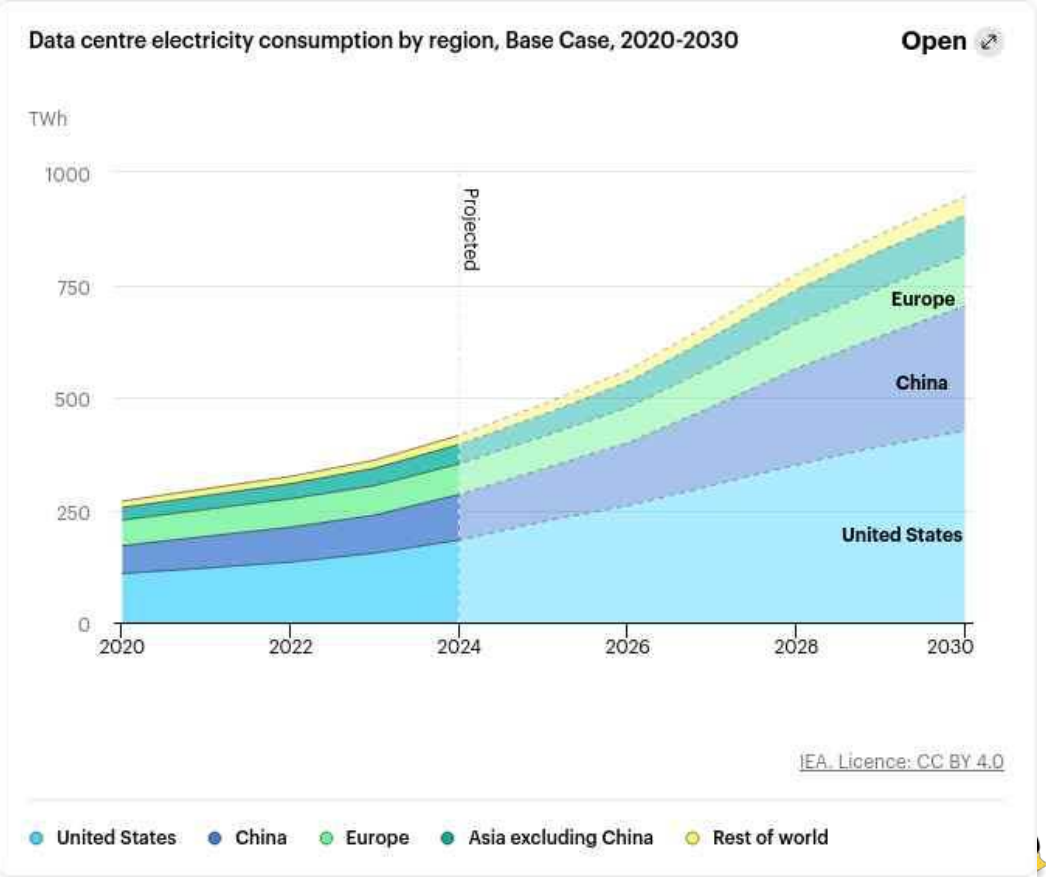
Figure 1.5 ▷ Growth in the use of digital technologies in the workplace since the year of first commercial release, United States



Virtuale e materiale: l'impatto ambientale delle ICT

Domanda di energia da AI (pochi dati – IEA 2026):



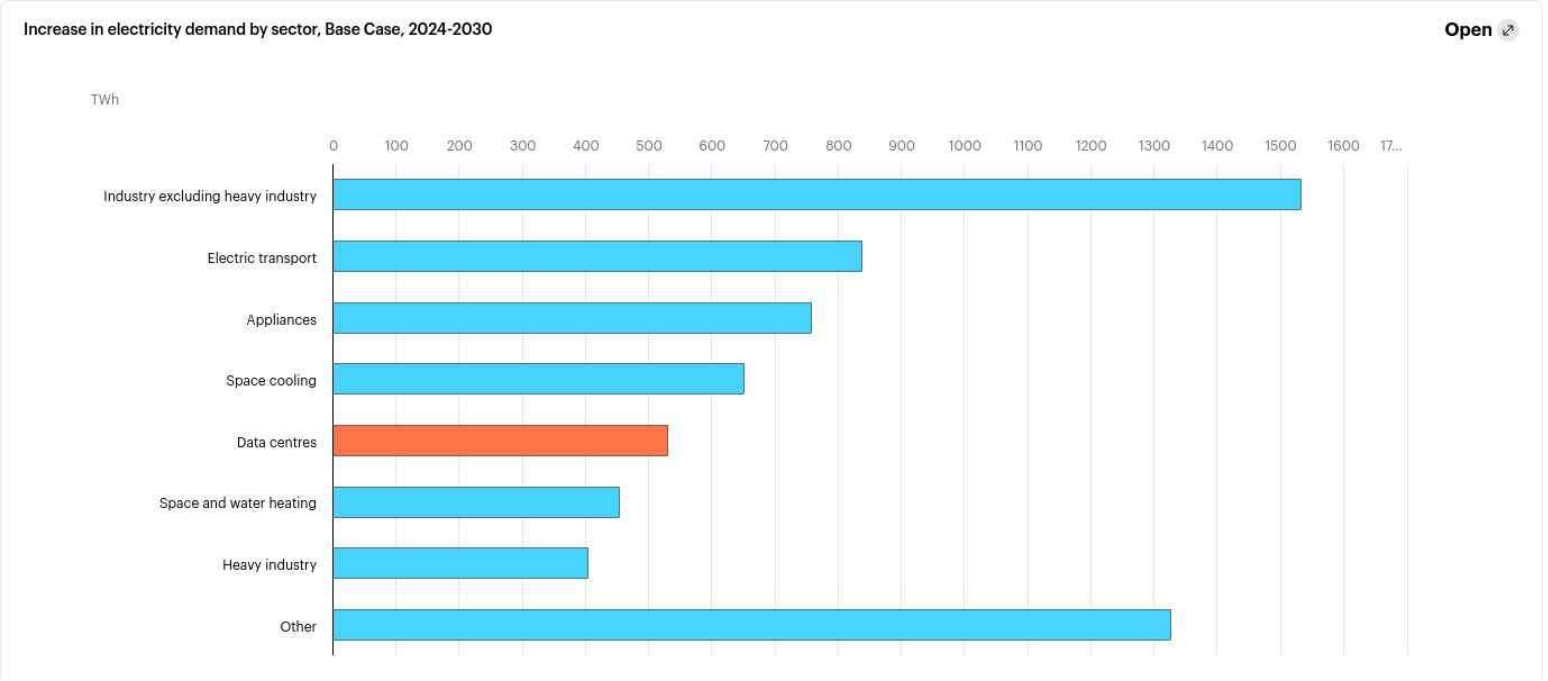


Virtuale e materiale: l'impatto ambientale delle ICT

Incremento di domanda di energia – scenario base (IEA 2026):

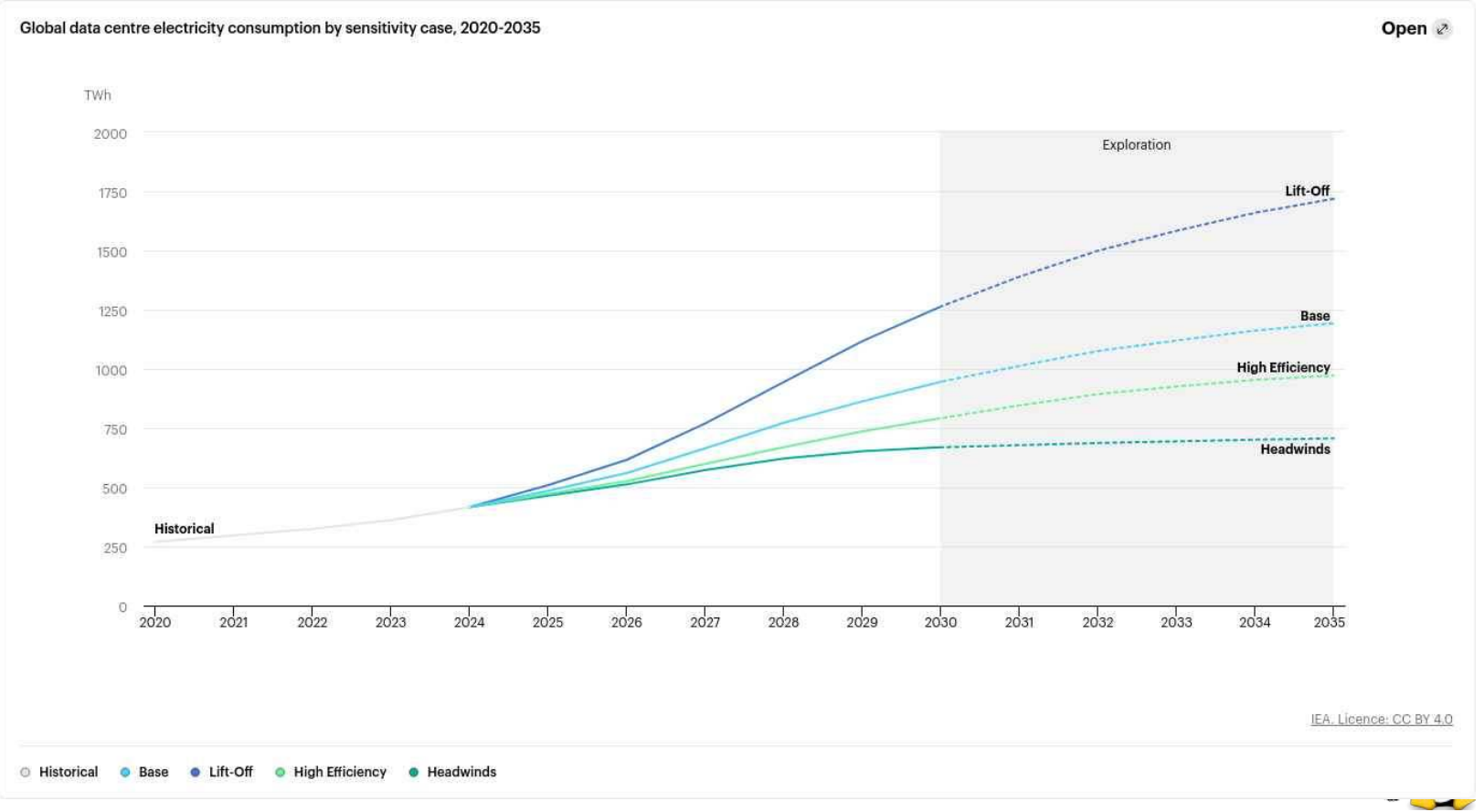
"Negli Stati Uniti, i data center rappresentano quasi la metà della crescita della domanda di energia elettrica da oggi al 2030.

Entro la fine del decennio, il Paese è destinato a consumare più energia elettrica per i data center che per la produzione di alluminio, acciaio, cemento, prodotti chimici e tutti gli altri beni ad alto consumo energetico messi insieme".



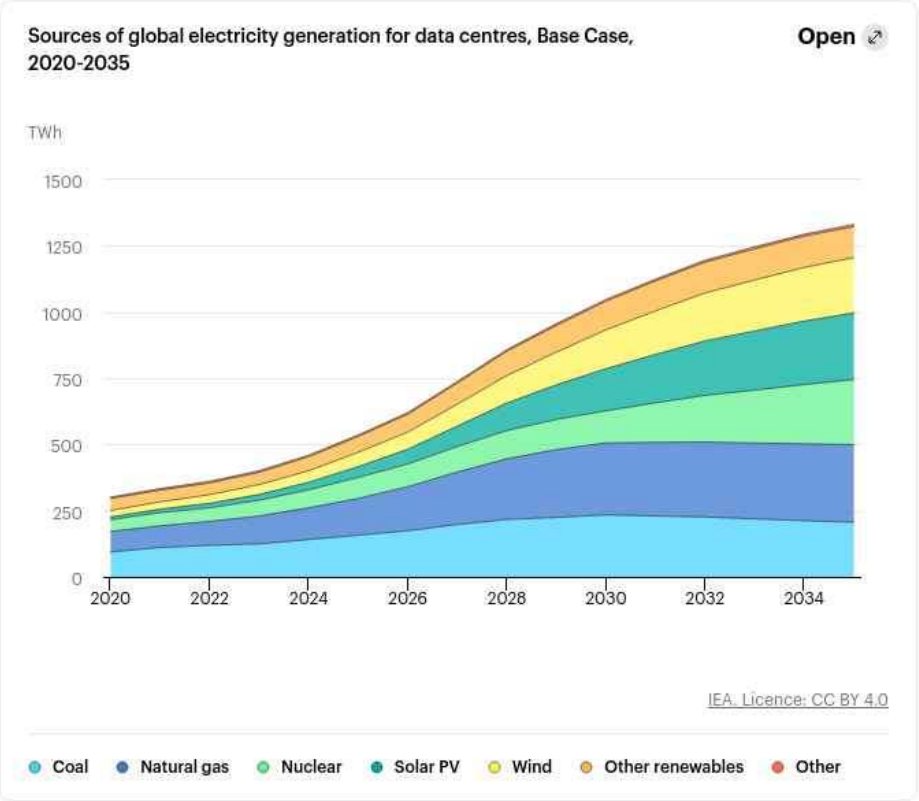
Virtuale e materiale: l'impatto ambientale delle ICT

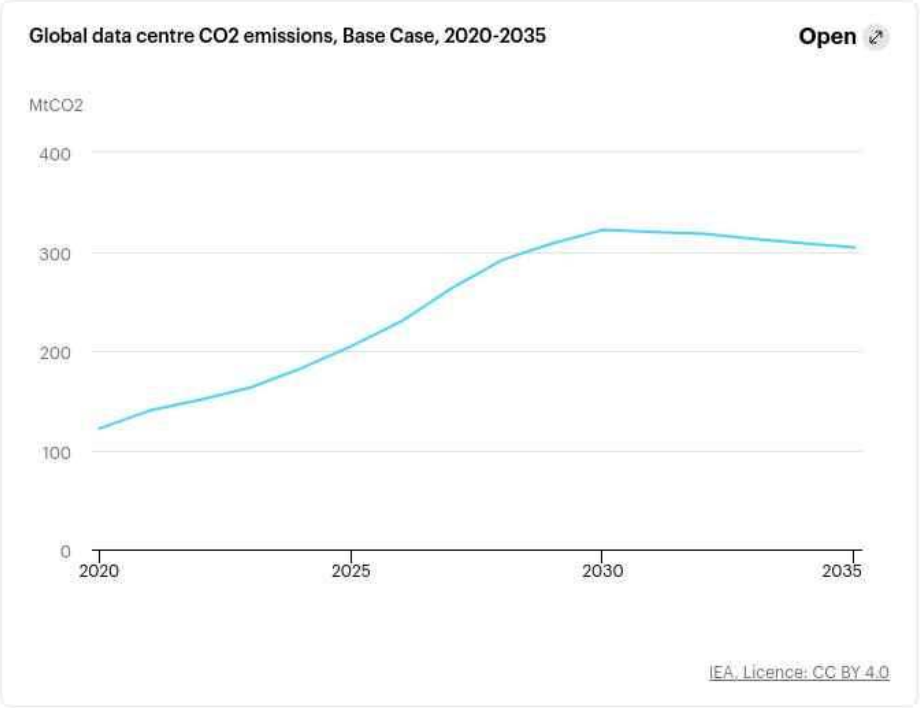
Incremento di domanda di energia della AI: 4 scenari (IEA 2026):



Virtuale e materiale: l'impatto ambientale delle ICT

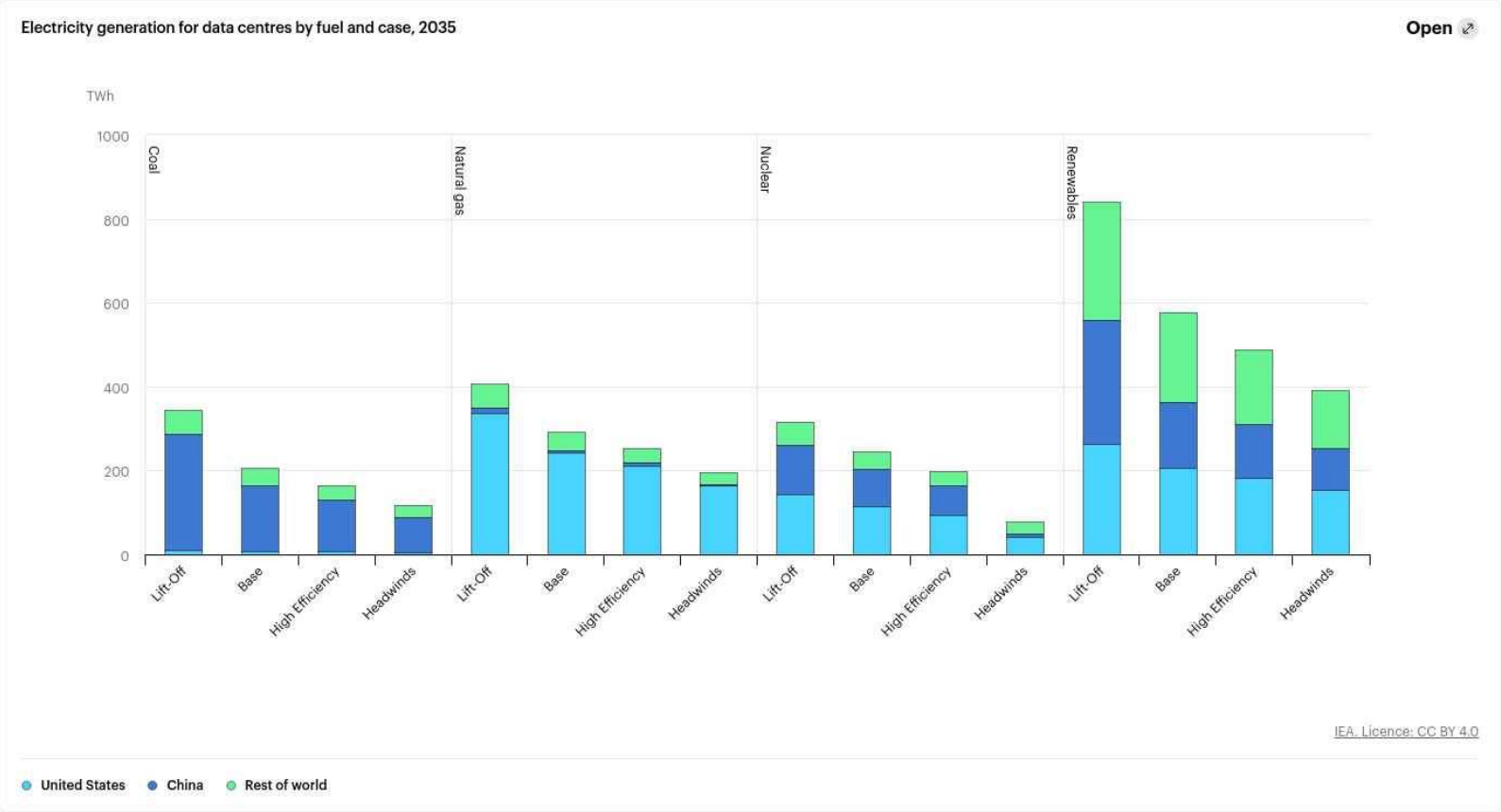
Energy supply for AI:





Virtuale e materiale: l'impatto ambientale delle ICT

Energy supply for AI:



Prospettive?



4 approcci privi di fondamento:

- Negazionismo
- Scetticismo
- Catastrofismo
- Soluzionismo

Difficile riconoscere il problema

Non semplice affrontarlo

MA POSSIBILE

Innovazione? Quale innovazione?

Pansera e Fressoli, Innovation without growth (2021):

- Limitati contributi all'aumento di produttività
- Innovazione tecnologica non neutra e apolitica, riflette valori, ideologie, visioni, differenze di potere
- Fattori abilitanti (condizioni, interessi, circostanze)
- Non portano necessariamente prosperità > cfr. Bonaiuti. Effetti su autonomia, mercato del lavoro, diseguaglianze, esclusione, oligopoli e alternative possibili > CONFLITTI



"This really is an innovative approach, but I'm afraid we can't consider it. It's never been done before."

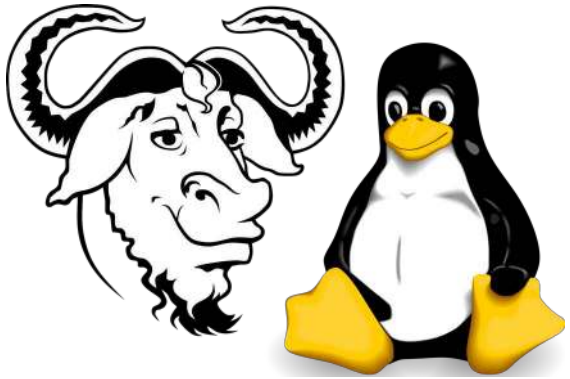
Innovazione? Quale innovazione?

Pansera e Fressoli: innovazioni conviviali (da Ivan Illich)**:**

- Critica alla modernità industriale
- Convivialità come libertà realizzata nella interdipendenza e come valore etico intrinseco
- 5 caratteristiche: Relazionalità, accessibilità, adattabilità, biointerazione, adeguatezza

Esempi:

- Appropriate Technology Movement (1970s to late 1980s)
- Grassroots movements (1980s–ongoing)
- The Social Technology Network – Brazil – (2004–2012)
- Social Cooperatives movements (mid 1970s–ongoing)
- Open and collaborative production (mid 1980s–ongoing)



Esempio: moda e ecologia:



- La questione ecologica ha un ruolo nelle tue scelte di consumo nel campo della moda?
- Se si / se no: perché?
- Se si: come?

→ Cosa vuol dire rendere la moda più sostenibile?

→ Chi può fare qualcosa?

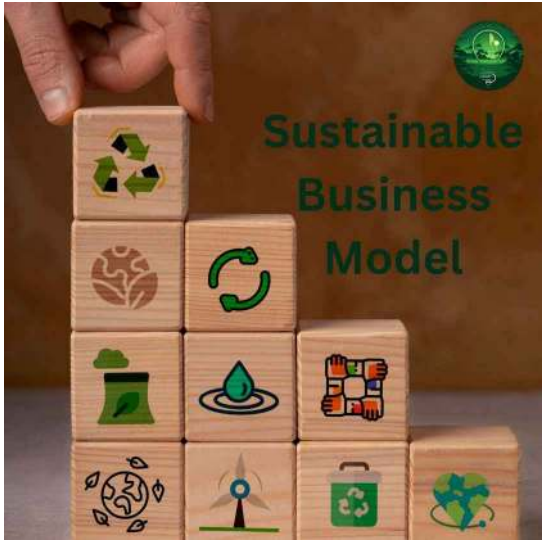
→ Come?

Ricerca Planet4B: Moda e Biodiversità



Modelli di business sostenibili: 6 dimensioni principali

- Visione e valori
- Rapporto umano-natura
- Processi produttivi (conoscenze organizzative, pratiche, tecnologia)
- Interdipendenza della catena del valore
- Attivismo per il cambiamento (mercato, comunità/associazione)
- Ruolo delle politiche pubbliche

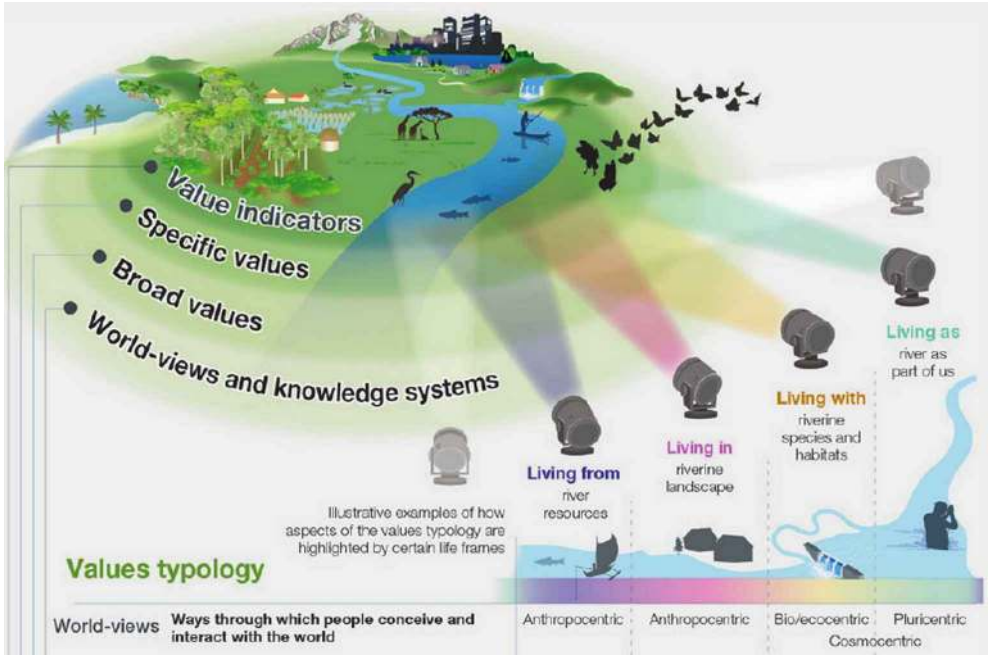


Esempi alternativi di innovazione
(Innovation without growth)

Socio-tecniche, bottom-up, post-growth, … conviviali (Pansera e Fressoli 2021)

Alcuni esempi non nell'articolo

- SBM (es. settore moda)
- Imprese gestite da lavoratori
- Progetti socio-ambientali (es. montagna)
- Comunità Energetiche
- Sistemi agroecologici
- Sistemi economici locali urbani e non urbani (monete locali, LETS, Altro – es. Docufilm "Domani")



Esempi alternativi di innovazione

Innovazioni sociali, organizzative e modelli di business sostenibile







Oscalito 1936

Rifo

/RTKNIT STUDIOS

Comunità energetiche







- Contesti e risorse sociali diversificati
- Fiducia
- Leadership e governance
- Partecipazione
- Disponibilità a valorizzare e condividere beni e risorse
- Ostacoli, opportunità e barriere all'accesso

Progetti “Social City” e “Montagna”:

Promuovere la coesione sociale e lá qualità ambientale in un quartiere periferico urbano

Promuovere benessere socio-economico-ambientale nelle comunità montane / aree interne a rischio di spopolamento





Esempi alternativi di innovazione

Agricoltura e digitalizzazione:

- Esperienze bottom-up di digitalizzazione?
- Alternative all'agrobusiness: fuori dai processi di digitalizzazione o digitalizzazione ai margini?
- Possibili reti e sistemi di governance diversi dall'agrobusiness in grado di accompagnare una transizione digitale aperta dal basso?
- Possono avere un ruolo le politiche pubbliche ed eventuali strumenti di welfare pubblico?



Welfare:

Welfare sostenibile: “verso la soddisfazione dei bisogni umani entro limiti ecologici, dal punto di vista intergenerazionale e globale” (Koch e Mont 2016)

Politiche eco-sociali: “politiche pubbliche che perseguono esplicitamente obiettivi di politica ambientale e sociale in modo integrato” (Mandeli 2022)

Eco-social work: come un modello ecologicamente e socialmente sostenibile di intervento e pratica socio-politica locale che muove da una prospettiva olistica e riflessiva sui metodi del lavoro sociale (Matthies e Nahri 2017):



Just transition

L'idea che giustizia e equità devono essere parte integrante della transizione verso un mondo a basse emissioni. Mobilitata per:

- ✓ampliare il dibattito sulla transizione comprendendo gli aspetti sociali
- ✓ricomporre il trade-off ambiente e lavoro.



Conclusioni:
Sustainable Welfare or Unsustainable Warfare?

William Temple’s vision of

welfare state vs. warfare state



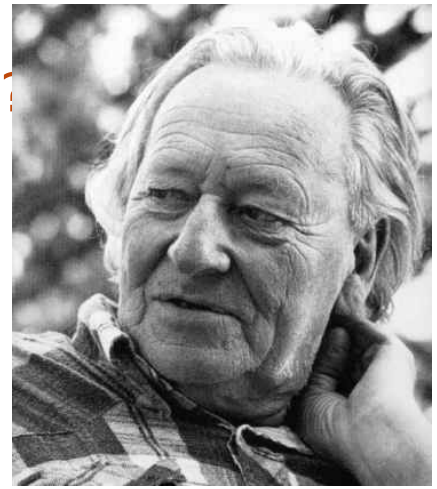


The Beveridge Report and the basic principles

of the modern welfare state

Conclusioni

Quale è la natura del problema che cerchiamo di affrontare?



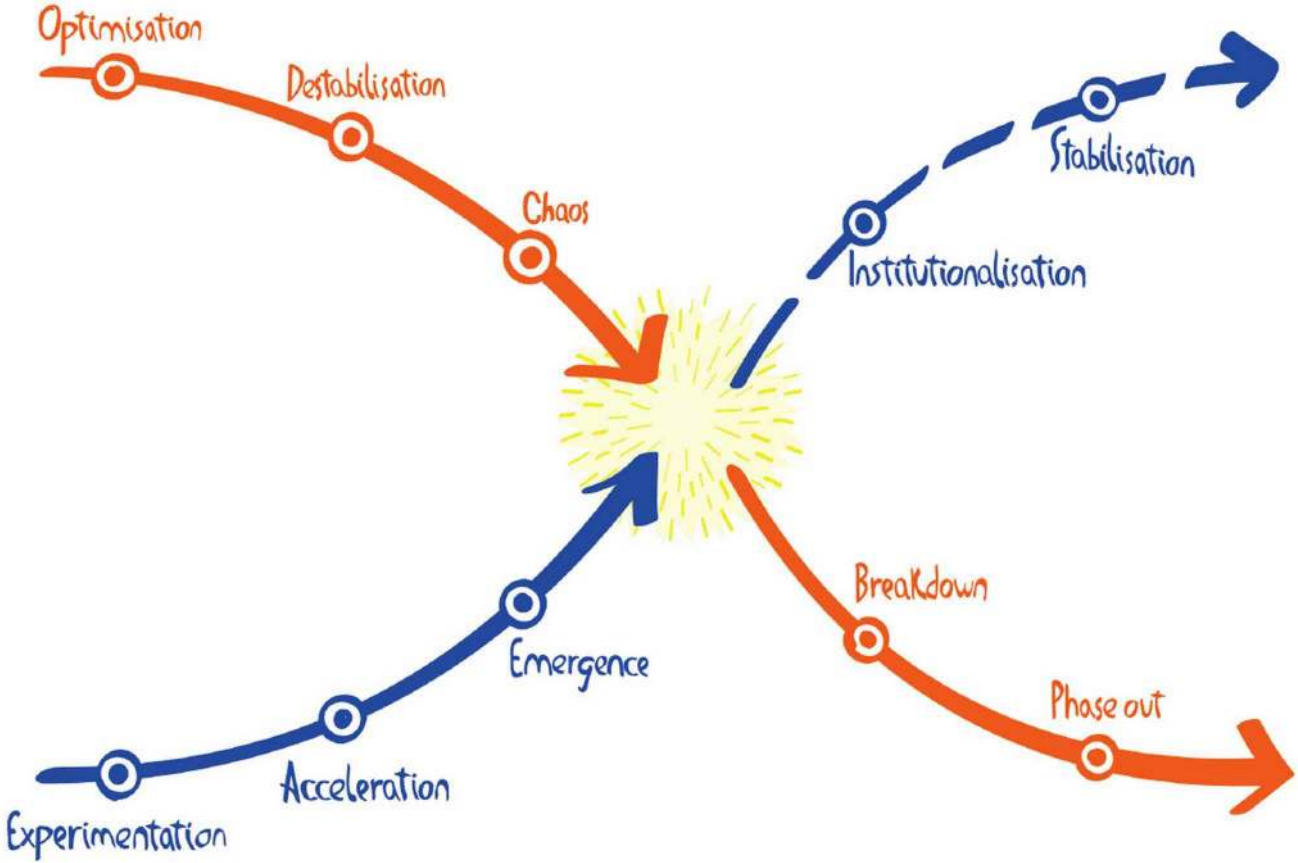
"I più grandi problemi del mondo sono il risultato della differenza tra come la natura funziona ed il modo in cui le persone pensano" (G. Bateson)

- **In biologia** non esistono valori monotoni: **no MASSIMIZZAZIONE**
- **In natura** non esistono fenomeni di DETERMINAZIONE SEMPLICE - LINEARE
- **Nostro sistema**: tendenza a programmare rigidamente intorno a ipotesi ultra-semplificate e vantaggi a breve termine > Rischio VICOLO CIECO EVOLUTIVO
- **Economia della FLESSIBILITÀ**: potenziale non impiegato di cambiamento
  Non guadagno a breve termine ma **CAPACITÀ DI ADATTAMENTO ULTERIORE**

(C) Cambiamento trasformativo ?

Per arrestare e invertire la perdita di biodiversità globale è necessario un cambiamento trasformativo, ***"una riorganizzazione fondamentale e sistemica di fattori tecnologici, economici e sociali, inclusi paradigmi, obiettivi e valori***" *(IPBES, 2019b).*

- *Fattori diretti* > ***Indiretti***
- ***Priorità*** *alla biodiversità*
- *Assumere i presupposti precedenti?*



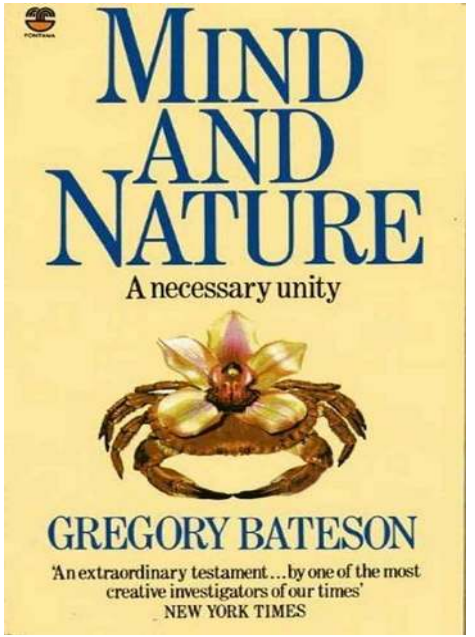
X-Curve model. Source: Hebinck et al. 2022

WHAT, HOW and WHO:

Quale scenario / organzzazione sociale del futuro?

Come avvicinarsi ad esso? **Chi** promuove / decide / agisce ?

Combinando – per esempio - questi tre principi?
Ovvero superando il principio di massimizzazione?



Efficienza

Sostituzione

Sufficienza