

Giovanna Sissa
**Le emissioni
segrete**

*L'impatto ambientale
dell'universo digitale*



il Mulino Farsi un'idea

Giovanna Sissa
Università degli studi di Genova

**Le emissioni segrete.
L'impatto ambientale
dell'universo digitale**

175° Mercoledì di Nexa
Nexa Center for Internet & Society
Torino, 11 settembre 2024

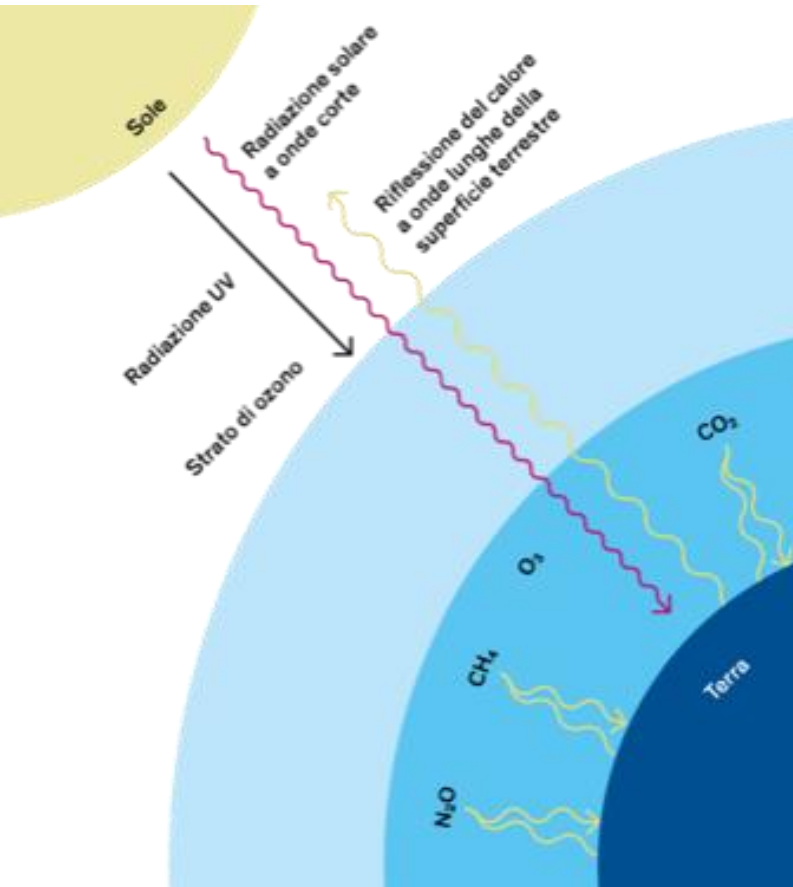
Mondo fisico e mondo digitale

I dispositivi individuali, i data center dove operano i server, così come tutte le apparecchiature e le infrastrutture di telecomunicazione che consentono alle **persone e agli oggetti** di connettersi ad Internet, ossia tutto ciò che costituisce **l'universo digitale** contribuisce:

- **al riscaldamento globale,**
- all'inquinamento,
- al depauperamento delle risorse limitate.

Domanda di energia, CO₂, GHG

Diossido di carbonio: scarto nella *combustione tra carbonio ed ossigeno*. Ogni anno l'umanità produce ben più CO₂ di quanto il Pianeta sia in grado di riassorbirne



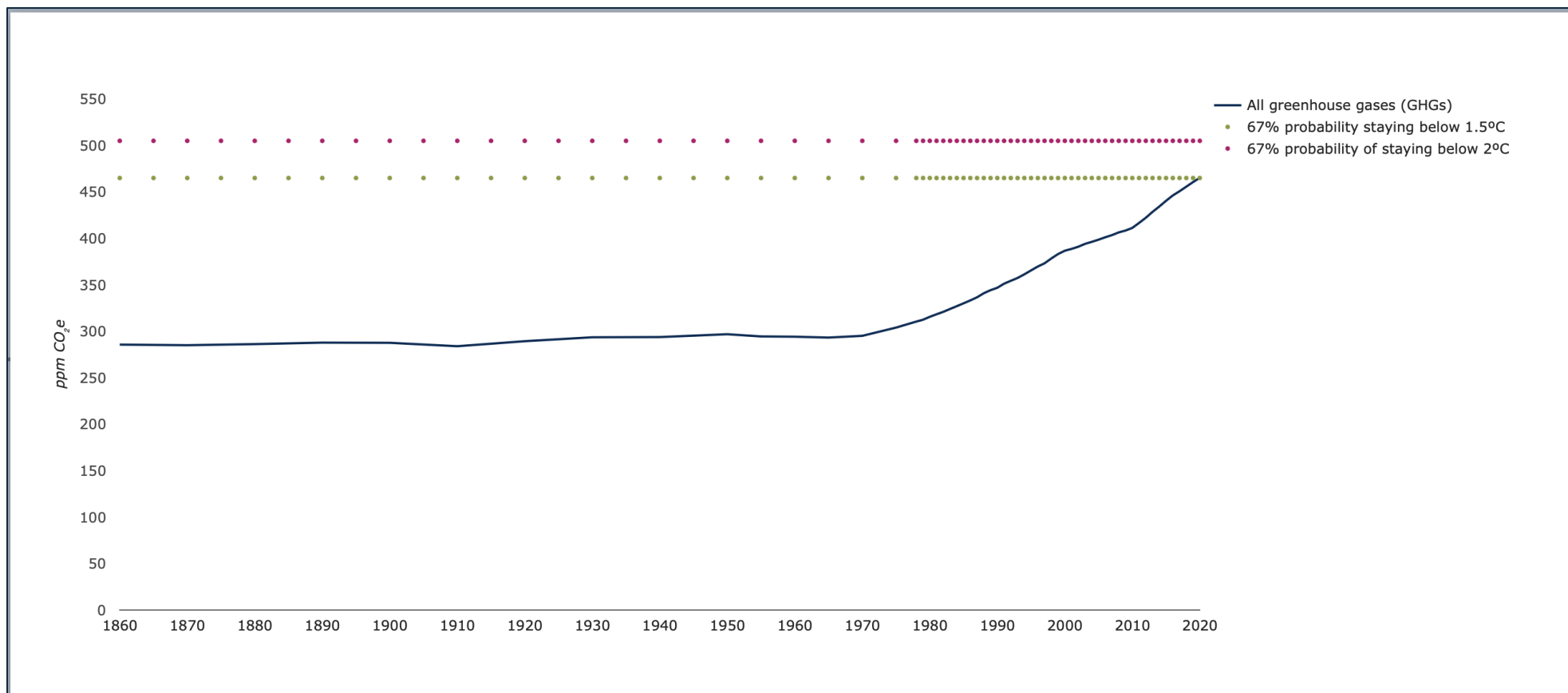
Gas opaco: assorbe e non trasmette l'energia che dall'ambiente si diffonde verso lo spazio per irraggiamento, ritrasferendola quindi – almeno parzialmente – all'ambiente

Una frazione dell'energia complessiva ricevuta per irraggiamento dal sole, che in passato riusciva a sfuggire, ora rimane nell'atmosfera riscaldandola (effetto serra)

Altri sei gas (es: il metano) hanno effetti analoghi: i GHGs (Green House Gases). Emissioni in CO₂equivalente (CO₂e)

La CO₂ è responsabile di circa l'80% delle emissioni

GHG - concentrazione in atmosfera



La Terra è in grado di assorbire solo una parte di GHG: **quelli che non sono riassorbiti (dagli oceani o dagli altri meccanismi biologici) si accumulano.**

La **concentrazione della CO₂e in atmosfera viene** calcolata considerando i contributi dei GHG ed espressa in ppm (parti per milione).

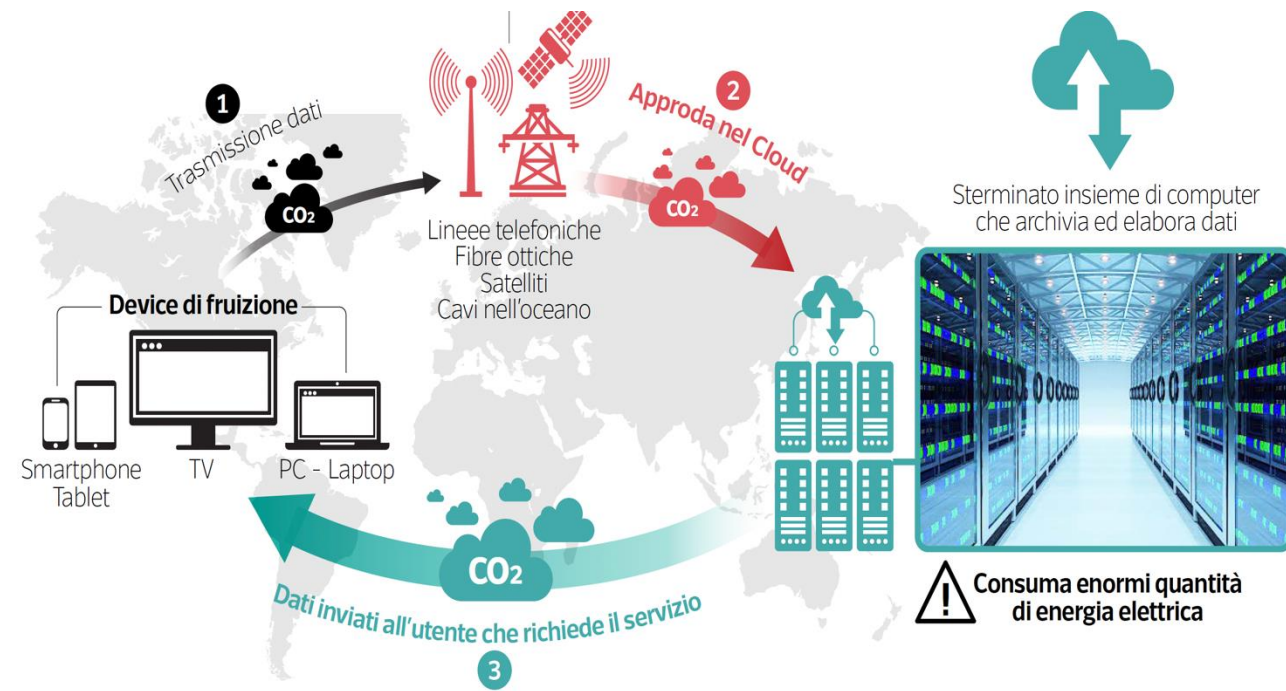
IMPRONTA DI CARBONIO

ICT

La Carbon footprint è un parametro che stima le emissioni gas serra causate da un prodotto o da un servizio, espresse in *tonnellate di CO₂ equivalente, durante*

- Produzione
- Uso
- Fine vita

Lyfe cycle assessment



Ciclo di vita - dispositivi e apparecchiature digitali

Il percorso di qualsiasi prodotto o servizio, da quando è progettato a quando è dismesso, si compone di fasi (**estrazione, progettazione, produzione, assemblaggio, trasporto, uso, smaltimento finale**).

Nel caso di prodotti o servizi digitali in ciascuna delle varie fasi le attività sono tanto più **articolate, complesse, interdipendenti e distribuite globalmente** quanto più il prodotto è **tecnologicamente all'avanguardia**.

I dispositivi digitali di consumo devono essere **più piccoli, veloci e dotati di nuove funzioni**.

Vengono connessi più oggetti: **apparecchiature e infrastrutture digitali devono diventare più potenti**.

Miniaturizzazione

I requisiti di velocità, dimensioni e funzioni del settore ICT richiedono:

- una **miniaturizzazione sempre più spinta**
- con l'impiego di un **numero sempre maggiore di materiali**
- **in quantità sempre più esigue (...)**

Implicazioni in tutto il life cycle

Computer e smartphone, ma non solo

Una famiglia statunitense possiede in media **undici dispositivi collegati**

tablet,
computer
telefoni cellulari,
altoparlanti
orologi intelligenti,

console per videogiochi,
assistenti virtuali
sensori,
microcontroller,
telecamere

L'Internet of things connette

i semafori o l'illuminazione di una smart city,

gli elettrodomestici nella domotica di un appartamento

parti di un edificio intelligente

...

e il numero di oggetti connessi aumenta vertiginosamente....

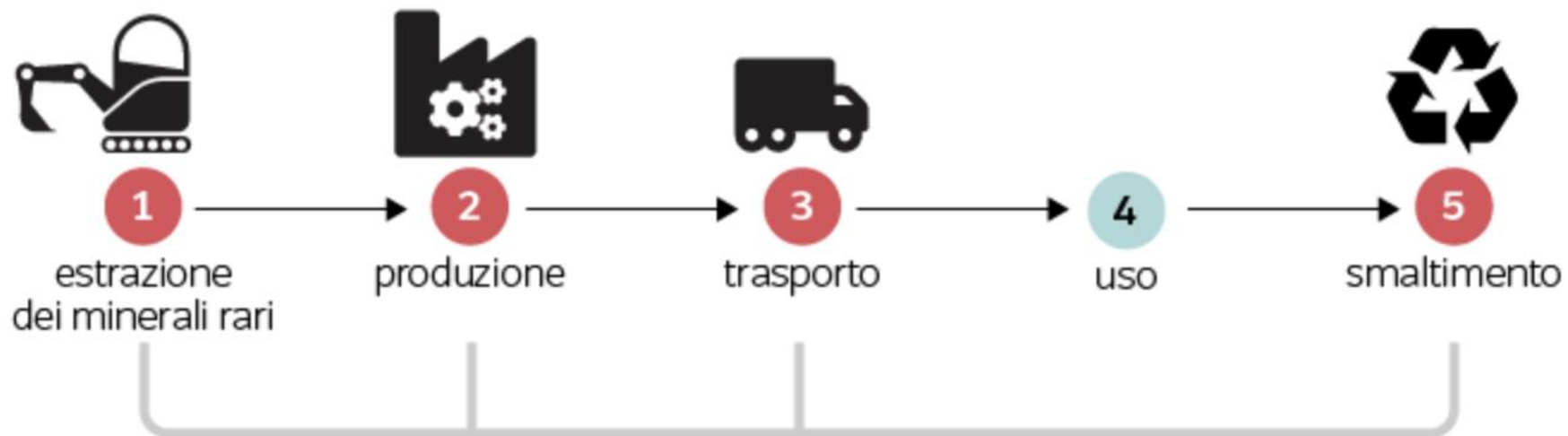
Emissioni incorporate ed emissioni operative

Si associano a ogni prodotto o servizio le emissioni che esso causa nel suo ciclo di vita, suddivise in:

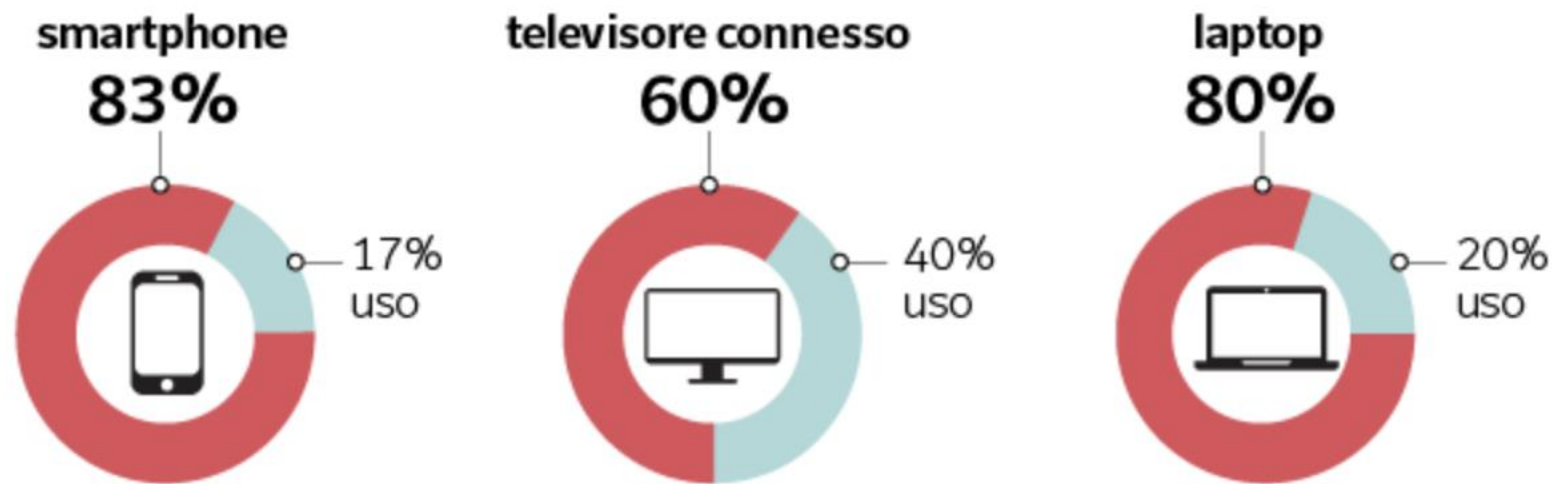
- **emissioni incorporate** (embodied emissions)
utilizzo di energia primaria nei processi di produzione, trasporto e smaltimento
- **emissioni operative** (operational emissions)
consumo di energia in fase di utilizzo

Le emissioni incorporate includono quelle derivanti da tutte le fasi tranne che dalla fase d'uso.

Il peso energetico dei device



FASI RESPONSABILI DEL CONSUMO DELL'ENERGIA PRIMARIA

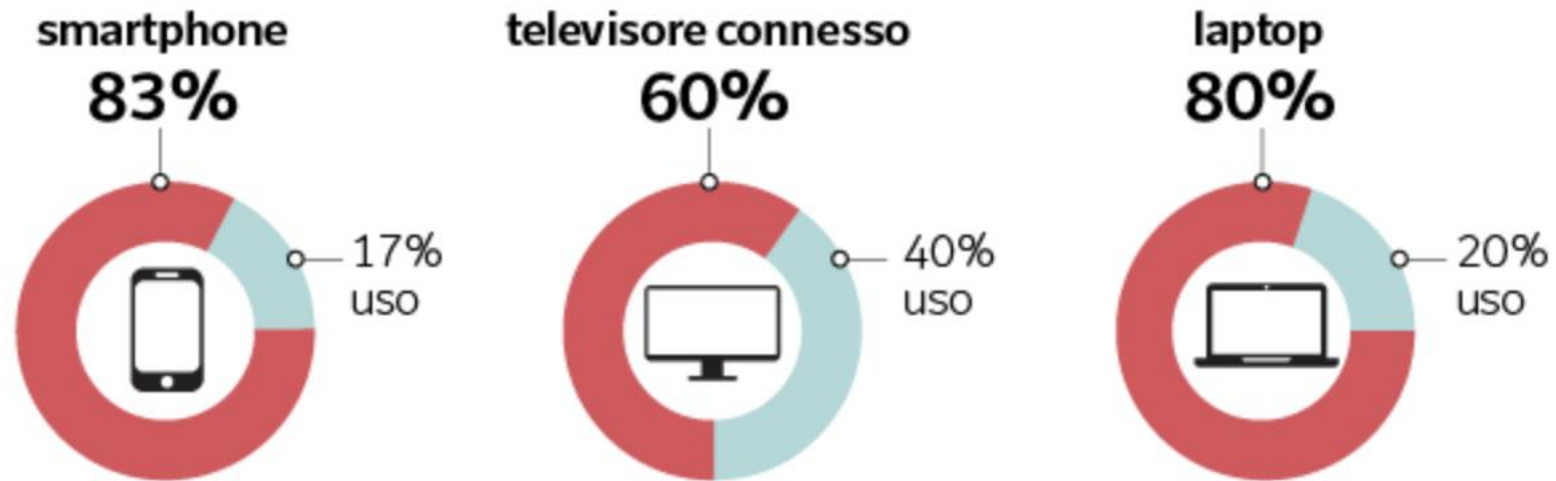


Il peso energetico dei device



Si dovrebbe utilizzare uno smartphone per 10 anni e un laptop per 12 anni, per causare nell'uso la stessa quantità di emissioni di carbonio associata alla produzione dei dispositivi stessi.

FASI RESPONSABILI DEL CONSUMO DELL'ENERGIA PRIMARIA



Dagli atomi ai bit

I dispositivi digitali e l'impatto ambientale nel costruirli

Microchip

I minuscoli chip digitali, oltre che nei computer e negli smartphone, sono ovunque.

Inseriti in

oggetti (lavatrice, chiavi dell'auto, semafori, etc)
esseri viventi (pensate al microchip del vostro cane).

I circuiti integrati sono forse gli oggetti più straordinari, potenti, versatili, ubiqui e minuscoli mai prodotti dall'umanità

- **General-purpose** (di uso generale e non specifico per una applicazione, come i chip di memoria e i chip logici, quali l'unità di elaborazione centrale o CPU)
- **Chip integrati per applicazione specifica** (ASIC, Application Specific Integrated Chips)

Scala di integrazione

Filiera produttiva dei microchip

Complessa

Moltissimi elementi presenti in natura in vari minerali, **dopo i vari processi di raffinazione, vengono trasportati dove saranno impiegati per costruire i componenti dei dispositivi, in processi di produzione avanzatissimi.** Le fasi della catena di progettazione e manifattura sono numerosissime – centinaia – e arrivano a coinvolgere **migliaia di subappaltatori. Una complessità di produzione che non ha eguali.**

Filiera produttiva dei microchip

Complessa

Moltissimi elementi presenti in natura in vari minerali, **dopo i vari processi di raffinazione, vengono trasportati dove saranno impiegati per costruire i componenti dei dispositivi, in processi di produzione avanzatissimi.** Le fasi della catena di progettazione e manifattura sono numerosissime – centinaia – e arrivano a coinvolgere **migliaia di subappaltatori. Una complessità di produzione che non ha eguali.**

Globale

I minerali vengono **estratti in zone lontane** dai luoghi di produzione – dove arriveranno solo dopo avere subito svariati processi di raffinazione e semilavorazione che si svolgono in ogni angolo del pianeta. I processi di fabbricazione dei vari componenti sono inseriti in **una catena di produzione** alimentata da una **lunghissima supply chain davvero globale.**

Le **centinaia di fasi della catena di progettazione e manifattura coinvolgono subappaltatori distribuiti in decine di paesi nel mondo.** I dispositivi utente vengono assemblati in luoghi ancora diversi e trasportati poi in ogni angolo del pianeta per essere venduti.

Filiera produttiva dei microchip

Complessa

Moltissimi elementi presenti in natura in vari minerali, **dopo i vari processi di raffinazione, vengono trasportati dove saranno impiegati per costruire i componenti dei dispositivi, in processi di produzione avanzatissimi.** Le fasi della catena di progettazione e manifattura sono numerosissime – centinaia – e arrivano a coinvolgere **migliaia di subappaltatori. Una complessità di produzione che non ha eguali.**

Globale

I minerali vengono **estratti in zone lontane** dai luoghi di produzione – dove arriveranno solo dopo avere subito svariati processi di raffinazione e semilavorazione che si svolgono in ogni angolo del pianeta. I processi di fabbricazione dei vari componenti sono inseriti in **una catena di produzione** alimentata da una **lunghissima supply chain davvero globale.**

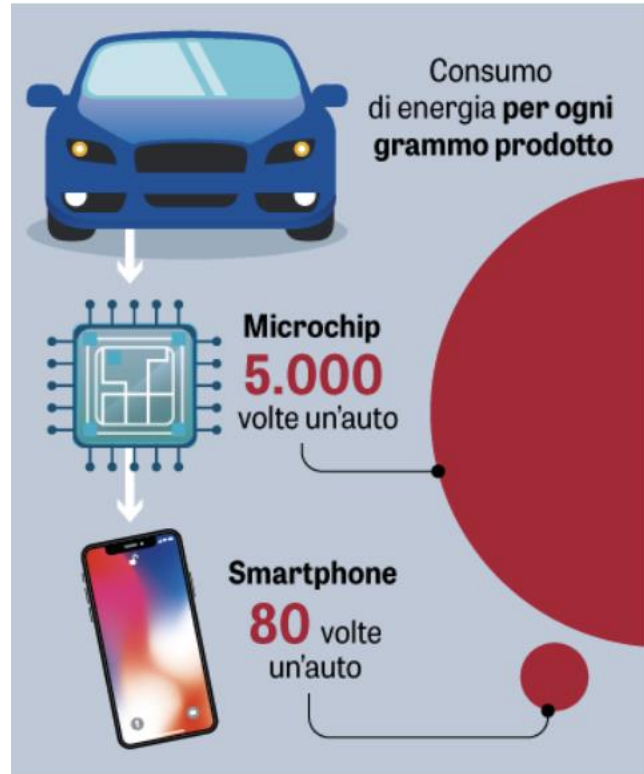
Le **centinaia di fasi della catena di progettazione e manifattura coinvolgono subappaltatori distribuiti in decine di paesi nel mondo.** I dispositivi utente vengono assemblati in luoghi ancora diversi e trasportati poi in ogni angolo del pianeta per essere venduti.

Dinamica

Innovazione frenetica e incessante. Le aziende operano in un ambiente ultraconcorrenziale. Il mercato dei dispositivi digitali richiede sempre più rapidità e **sempre più funzioni. Sia chi progetta microchip sia chi li implementa deve migliorare le prestazioni tecnologiche a tempo di record.** Processi di produzione definiti sulla scala di qualche nanometro – ossia di milionesimo di metro – non sono sufficienti a garantirsi un mercato: aziende, come TSMC e NVIDIA, devono superare in continuazione sé stesse annunciando nuovi traguardi nella geometria dei processori.

Il totale dei combustibili bruciati è centinaia di volte superiore al peso finale del circuito integrato. La necessità di acqua in questa produzione è enorme.

Energia primaria per la produzione



Energia consumata in fase di fabbricazione

Smartphone



140 grammi

700 MJ

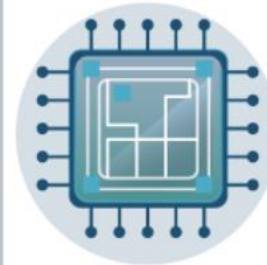
Auto a benzina



1.400 kg

85.000 MJ

Microchip



2 grammi

600 MJ

I microchip

- Sono **forme di materia altamente organizzate**
- Fabbricati utilizzando materiali di partenza con **entropia** relativamente elevata – *il naturale disordine a cui tende la materia.*
- E' necessaria una **quantità sostanziale di energia** e materiali di processo **per la trasformazione in una forma organizzata**

Ciclo di vita – produzione

I processi produttivi dei dispositivi digitali sono caratterizzati da peculiarità che si ripercuotono su tutte le fasi del loro ciclo di vita e impattano di conseguenza sull'ambiente.

La miniaturizzazione produce dispositivi digitali con efficienza energetica migliore e che dunque consumano meno energia. Ma ce ne vuole molta per costruirli.

Anche le apparecchiature che costruiscono le infrastrutture di rete e di elaborazione, Internet e i data center, hanno delle emissioni incorporate.

All'esigenza di rispondere ai **crescenti carichi di traffico** ed elaborazione corrisponde un **elevato turn over di tali apparecchiature**

Impronta di carbonio – fase d'uso

- Dispositivi digitali utente
- Infrastrutture di Telecomunicazione - Internet
- Infrastrutture di calcolo - Data center

Il **consumo di energia elettrica**, particolarmente rilevante nella fase d'uso dell'ICT, **si traduce in GHGs**

Dispositivi individuali

- Uno **smartphone** consuma, fra i **4kWh e gli 8 kWh di energia elettrica l'anno per ricaricarsi**.
- Un **laptop medio** impegna dai 10 ai 40W di potenza, con una media di 20W quando usato in applicazioni di ufficio (scrittura documenti, foglio elettronico) o di comunicazione (posta elettronica, navigazione in rete, social media). Con un utilizzo domestico di quattro ore al giorno si consumerebbero 2,4 kWh di energia elettrica e **28,8 kWh l'anno**
- Un **PC (I5-Quad core)** – che impegna circa 20W ed arriva a 60W quando viene usato per programmi impegnativi, come calcolo scientifico o videogiochi con grafica molto dettagliata e veloce – con un uso medio di quattro ore al giorno in un mese consuma 4,8kWh e **57,6 kWh l'anno**.
- Una **TV OLED 4K** da 43 pollici e da 60W di potenza, con un uso medio di quattro ore al giorno, in un mese consuma 7,2 kWh di energia elettrica e **86,4 kWh l'anno**.
- Una **console per videogiochi** ha una potenza che varia dai 40 ai 110W a seconda della marca e del tipo di gioco in uso. Se consideriamo un uso di 2 o 3 ore al giorno (e nelle altre ore sempre in stand-by), l'energia elettrica consumata va da 4 a 20kWh al mese, e **dai 48 ai 240kWh l'anno**. A questi consumi occorre sempre **aggiungere quello dello schermo**. Una console da videogiochi può arrivare a consumare **290kWh l'anno**.

I dispositivi sono connessi ad Internet

- È necessario dunque connetterli anche alla rete dati, attiva e funzionante.
- I dispositivi di rete presenti all'interno di una abitazione o di un ufficio, a seconda del tipo di collegamento disponibile, sono il *modem/router* (che può impegnare mediamente 10W di potenza), lo *switch ethernet* (circa 1W), l'*access point* WiFi (circa 6W).
- Con tutte le tre apparecchiature di comunicazione sempre accese (17W totali di potenza impegnata) si può arrivare ad un consumo mensile di circa 12kWh e di **144 kWh l'anno**.

INTERNET

Nel calcolo dei consumi elettrici vanno dunque considerati quelli

- Connessione alla rete di accesso
- Rete di accesso
- Internet core
- A livello globale, nel 2022 le reti di trasmissione dati, secondo la *IEA* (International Energy Agency, Agenzia Internazionale per l'Energia) hanno consumato **260-360 TWh**, pari **all'1,1-1,5%** del **consumo globale di elettricità**.

Infrastrutture di calcolo

- I data Center alimentano, oltre ai server, anche sottosistemi di alimentazione, gruppi di continuità, sistemi di ventilazione e raffreddamento, sistemi antincendio, connessioni alle reti esterne.
- I data center hyperscale/exascale richiedono acqua per il raffreddamento e molto terreno, collocato in un'area capace di garantire elettricità economica, ma affidabile.
- Possono avere proprie centrali elettriche per alimentare le proprie infrastrutture
- I data center sono realizzati in edifici fra i più energivori che esistano, consumando da 10 a 50 volte l'energia per superficie di un tipico edificio per uffici commerciali

Una stima dell'IEA relativa al 2022 riporta un **consumo dei data center di 240-340 TWh** (escludendo l'energia che viene utilizzata per le criptovalute), ossia **1-1,3% del consumo globale di elettricità.**

Una ricerca dell'Uptime Institute lo colloca invece, nello stesso periodo, fra **i 400 e 500 TWh.**

Le controverse stime sul consumo globale di elettricità dei data center sono in forte aumento con l'IA

Fonti di energia e intensità di carbonio

Il fattore di conversione da energia elettrica a GHGs dipende da quali fonti sono state utilizzate e dalla relativa intensità di carbonio:

Non rinnovabili: carbone, petrolio, gas, nucleare

Rinnovabili: acqua, sole, vento, biomasse...

La conversione da energia elettrica a GHG si ottiene moltiplicando l'energia elettrica (espressa in kWh) per un **fattore di conversione** (espresso in **gCO₂e/kWh**)

Le varie fonti hanno intensità di carbonio (e fattori di conversione) diversi

L'energia elettrica viene prodotta in vari modi e da varie fonti: miscele elettriche

Miscela elettrica geografica

L'uso di fonti rinnovabili per produrre energia è assai variegato

Le emissioni di GHG sono fortemente dipendenti dalla collocazione geografica delle apparecchiature di produzione di energia, a causa della diversità, da regione a regione, delle miscele elettriche e delle relative intensità di carbonio.

Grid electricity emission factors (2021):

672 gCO₂eq/kWh in Cina,

379 gCO₂eq/kWh negli Stati Uniti,

261 gCO₂eq/kWh in Europa

442 kgCO₂e/kWh a livello globale Dal 2000 al 2021 è **diminuito del 5%**

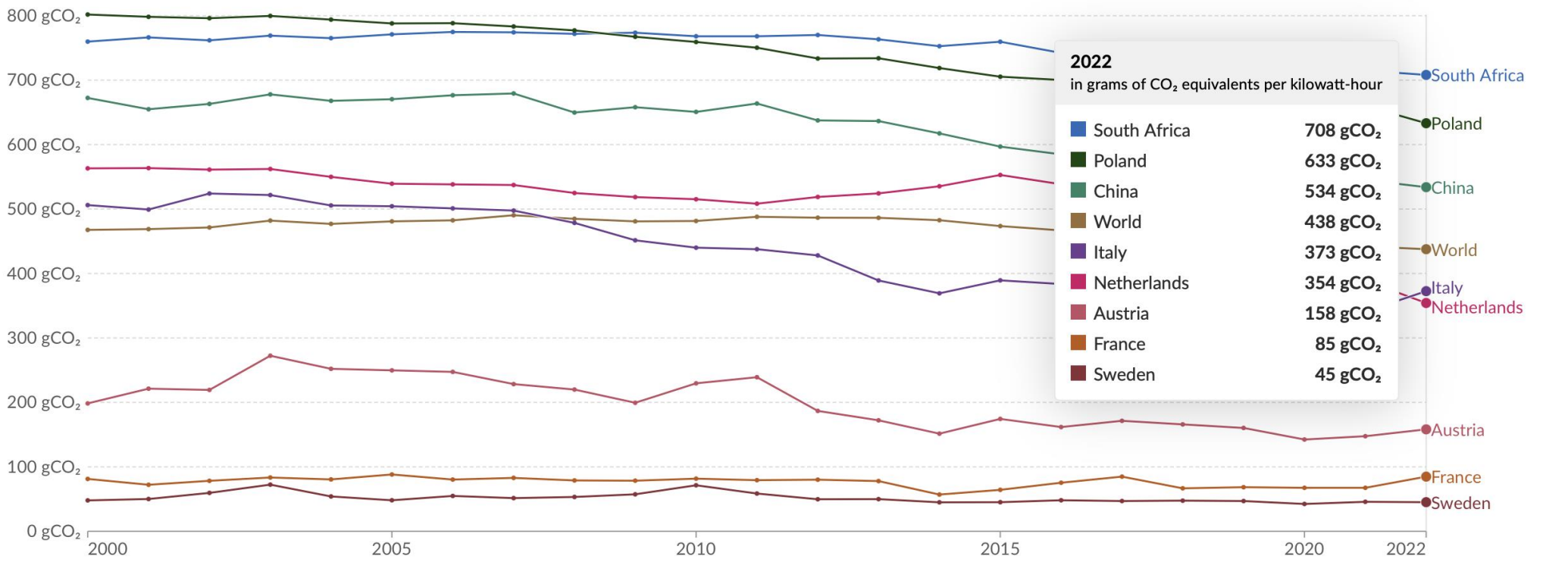
In **UE-27 è diminuito del 32%**, il più significativo miglioramento nel mondo

Carbon intensity of electricity generation, 2000 to 2022

Carbon intensity is measured in grams of carbon dioxide-equivalents emitted per kilowatt-hour of electricity generated.

Table | Map | Chart

Edit countries and regions | Settings



Play time-lapse | 2000 | 2022

Dai bit agli atomi


I dispositivi digitali e l'impatto ambientale nel fine vita

IMPRONTA ECOLOGICA - FINE VITA

- e-waste: la componente dei rifiuti solidi municipali che cresce più in fretta, ad esempio
 - in Europa cresce con una velocità tripla rispetto ai rifiuti in generale.
 - La produzione globale di e-waste è cresciuta del *20% negli ultimi 5 anni*.
- Nel 2030 ne genereremo quasi il doppio rispetto al 2014.
- I 54 milioni di rifiuti elettronici prodotti globalmente nel 2019 sono diventati 60 milioni nel 2022. Di tali quantità **meno del 20% viene raccolto e riciclato in conformità alle norme**.
- Il riutilizzo dei materiali comporta una riduzione dell'attività mineraria – che è ad alta intensità di carbonio: va sprecato così il potenziale di abbattimento delle emissioni.

Tasso di riciclo dei materiali nell'ICT

 < 1%

 1 – 10%

 10 – 25%

 25 – 50%

 > 50%

1 H																	2 He				
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne				
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar				
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr				
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo		44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe				
55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi							
		**																			
*Lanthanides (Terres rares)		57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd							62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
**Actinides				90 Th					92 U												

IL QUARTO STATO

L'impatto di carbonio complessivo del digitale

Freitag, C., Berners-Lee, M., Widdicks, K., Knowles, B., Blair, G.S., and Friday, A. (2021). *The real climate and transformative impact of ICT: A critique of estimates, trends and regulations*, Patterns. Volume 2, Issue 9, 10 September 2021

Authors draw on **peer-reviewed journal articles published from 2015** on the topic and analyze trends in ICT and their environmental implications

S.G.A. Anders, T. Edler, [On global electricity usage of communication technology: trends to 2030](#), Challenges, 6 (2015), pp. 117-157

Belkhal, A. Elmeligi, [Assessing ICT global emissions footprint: Trends to 2040 & recommendations](#), Journal of Cleaner Production, Volume 177, 10 March 2018, Pages 448-463

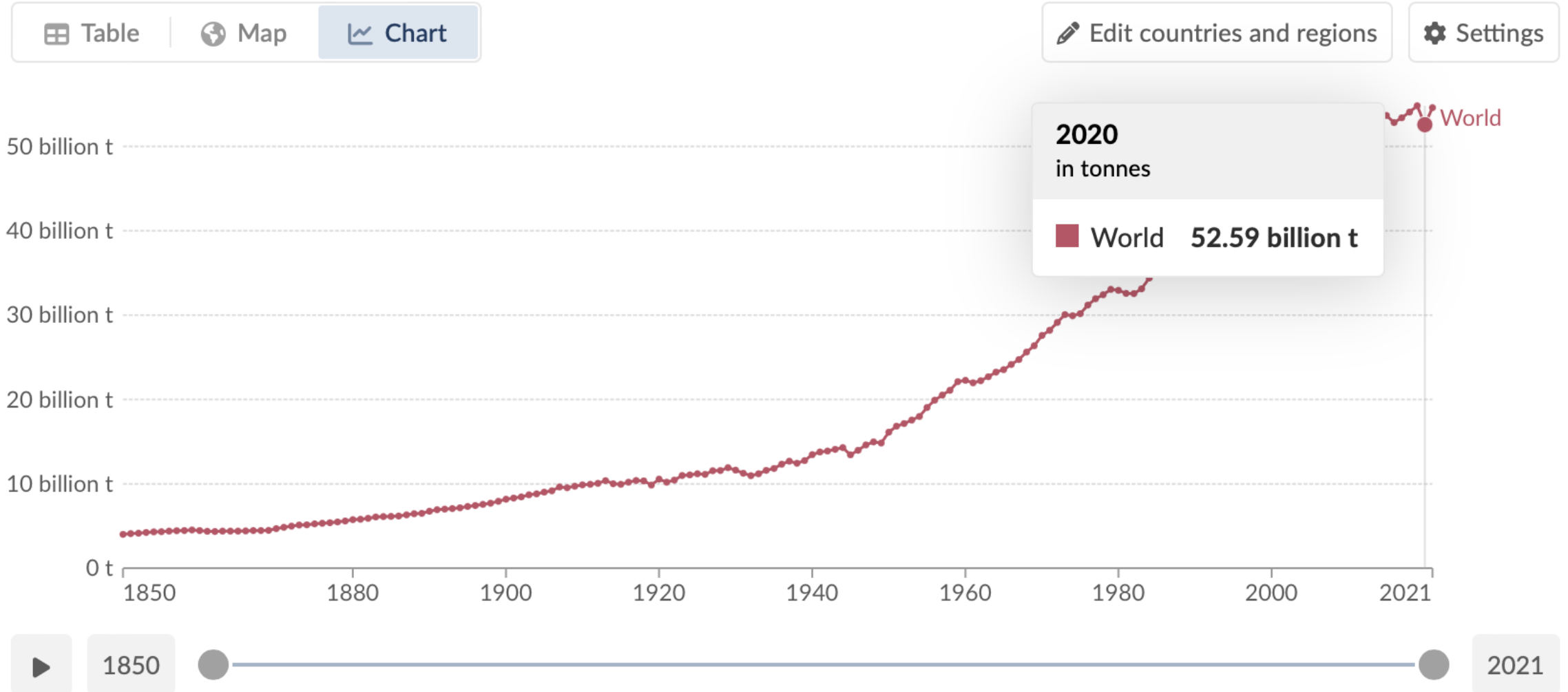
Malmodin, D. Lundén, [The energy and carbon footprint of the global ICT and E&M sectors 2010–2015](#), Sustainability, 10 (2018), p. 3027

Metodologia - L'errore di troncamento

- Rende “confrontabili” i tre studi, tenendo conto delle differenze nel campo oggetto di indagine (uno dei tre studi include gli apparecchi TV e l'elettronica di consumo fra i dispositivi ICT, gli altri due no). Riportati a una base comune, tali studi indicano nel 2020 *un'impronta di 1 – 1,7 GtCO₂e per l'ICT* (compresi TV e gli altri dispositivi elettronici di consumo).
- Contributo in termini metodologici: l'aver osservato che tale quantificazione è affetta da *un errore sistematico: tutti e tre gli studi di riferimento adottano le metodologie standard di LCA (Lyfe Cycle Assesment)* per il calcolo delle emissioni incorporate, che di solito *non includono tutti i contributi della catena di approvvigionamento di un prodotto*, supponendo che da un certo punto in poi essi siano trascurabili e dunque *troncandone* il conteggio. Poiché la supply chain nell'ICT è molto lunga e articolata, applicando il metodo standard di LCA non viene incluso correttamente tutto l'elevato numero di percorsi della catena di approvvigionamento, ma si arresta il conteggio della catena di fornitura troppo presto, incorrendo così in **errori di troncamento che portano a sottostimare sistematicamente il valore finale**.
- Nella valutazione delle emissioni dei prodotti il confine del sistema può essere ampliato per arrivare a *includere tutti i percorsi* della catena di approvvigionamento, combinando le metodologie standard con *Metodologie di Input Output estese dal punto di vista ambientale* e tenere così nel dovuto conto i percorsi troncati.

Greenhouse gas emissions

Greenhouse gas emissions include carbon dioxide, methane and nitrous oxide from all sources, including land-use change. They are measured in tonnes of carbon dioxide-equivalents over a 100-year timescale.

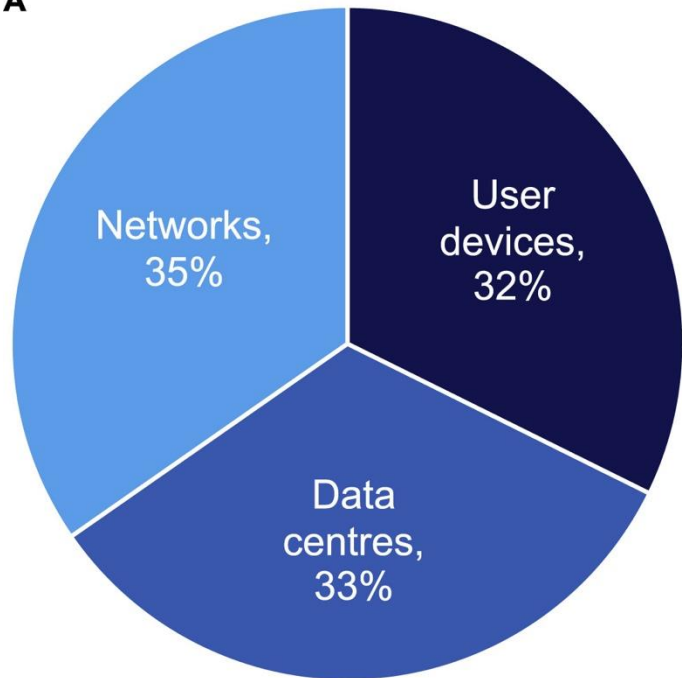
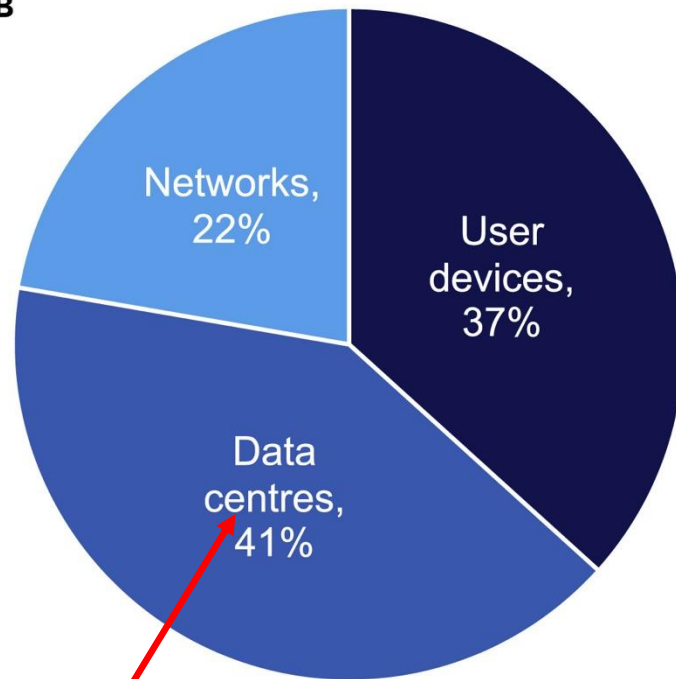
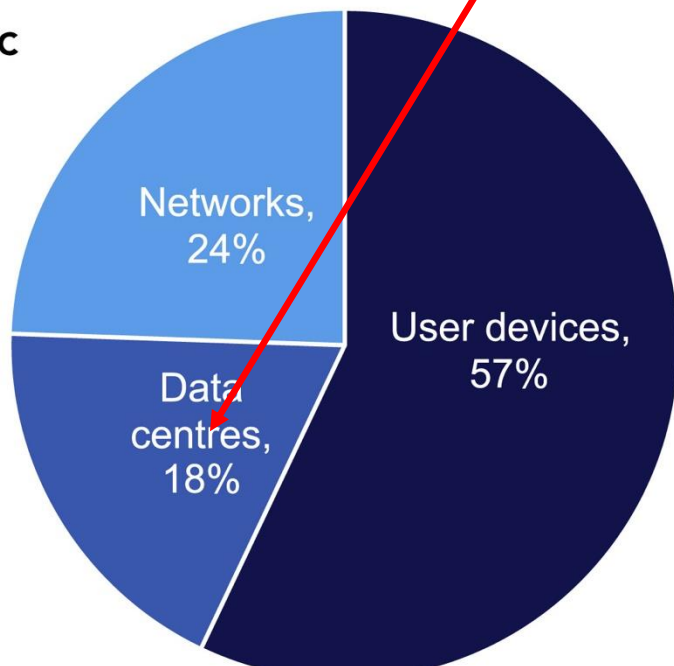


Emissioni GHG dell'ICT nell'anno 2020 (dopo aver corretto l'errore di troncamento)

- Emissioni Globali GHG 52 Gt CO₂eq
- Emissioni GHG del settore ICT 1.2 - 2.2 Gt CO₂eq
- Percentuale emissioni del settore ICT 2,3 e il 4,2%

Settore ICT responsabile di circa il 4% delle emissioni

Pari alle emissioni del quarto Stato del mondo....

A**B****C**

Proportional breakdown of ICT's carbon footprint, excluding TV

(A) Andrae and Edler (2015): 2020 best case (total of **623 MtCO₂e**).

(B) Belkhir and Elmeligi (2018): 2020 average (total of **1,207 MtCO₂e**).

(C) Malmudin (2020): 2020 estimate (total of **690 MtCO₂e**).

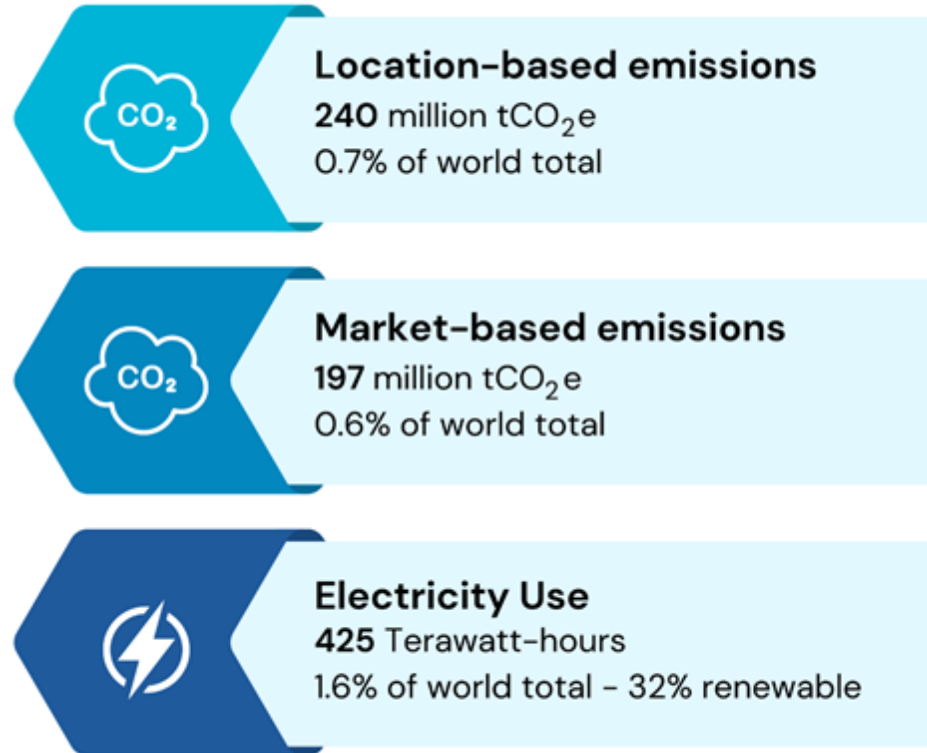
Perché diverse valutazioni?

Differisce il peso attribuito ai miglioramenti dell'efficienza energetica e delle tecniche intelligenti di elaborazione, ovvero in che misura gli enormi progressi tecnologici, sia hardware che software, siano in grado di controbilanciare gli effetti dell'aumento dei volumi di traffico sui consumi energetici.

Big tech ed emissioni di carbonio

Capriola verde, rinnovabili, greenwashing

Emissions and electricity use of digital companies assessed, 2020



International Telecommunication Union and World Benchmarking Alliance (2022), Greening digital companies: Monitoring emissions and climate commitments.

La giungla delle definizioni

- *Carbon Neutral*
- *Net Zero*
- *Carbon Negative*

Divario nella accessibilità, profondità e trasparenza dei dati relativi alle emissioni di gas serra e all'energia consumata dalle società digitali.

Le grandi compagnie high tech del settore ICT si fregiano di usare solo energie rinnovabili e di essere (o stare per diventare) per questo net-zero. Talvolta si tratta di *artifici contabili*, tramite l'acquisto sul mercato energetico di certificati: in pratica si paga per far considerare come rinnovabile qualcosa che non lo è.

Le regole del mercato lo consentono, è un meccanismo lecito.

Le rendicontazione delle emissioni: report ESG

- i **Report di sostenibilità, o Report ESG**, redatti sulla base dei *criteri ESG* – *Environmental* (impatto ambientale), *Social* (impatto sociale), *Governance* (responsabilità di governance delle aziende)
- Il rapporto ESG è un rapporto, pubblicato da un'azienda o da un'organizzazione, che descrive gli impatti ambientali, sociali e di governance delle proprie attività e contiene il rendiconto delle proprie emissioni
- La contabilità del carbonio è una scienza piuttosto imprecisa
- I rapporti di sostenibilità, a fronte della complessità e delle urgenze che la questione climatica impone, sono ancora strumenti immaturi per certi aspetti, perché si collocano a metà fra gli obblighi aziendali – almeno per aziende di dimensioni grandi e medie – e strumenti avanzati di marketing
- In questa bivalenza si cela il rischio di *greenwashing*

Alcune indicazioni per smascherare il greenwashing

- Le affermazioni devono essere veritiere e accurate, chiare e prive di ambiguità, motivate e non devono omettere o nascondere informazioni importanti e rilevanti, nonché considerare *l'intero ciclo di vita del prodotto o del servizio*
- I *confronti* devono essere *significativi* – effettuati su entità effettivamente confrontabili
- Spesso il report di sostenibilità viene dichiarato essere stato redatto da una società di consulenza ambientale esterna, che non viene però citata, né viene fornito l'accesso a tale valutazione
- Nel caso in cui si utilizzino dei *numeri* a sostegno delle affermazioni deve essere possibile verificare che questi provengono da *fonti indipendenti, indicandole*
- Tutti i *dati utilizzati*, quando si tratta di consumo energetico o di emissioni, dovrebbero essere resi pubblici per consentire la maggior trasparenza possibile

Tendenze e prospettive

Massimalismo computazionale

- Le novità tecnologiche digitali – in primis le Intelligenze Artificiali, ma anche le criptovalute – si caratterizzano per **l'utilizzare tipi particolari di hardware, molto diversi da quelli usati in altri servizi o applicazioni**
- Tali nuovi settori digitali non sono stati concepiti sin da principio per essere non impattanti: anche se realizzati con i migliori nuovi accorgimenti tecnologici, **richiedono risorse crescenti di calcolo e di connettività** e dunque, intrinsecamente, lasciano impronte profonde.
- Gli sviluppatori **utilizzano un maggior numero di chip in parallelo** e sono disposti a pagarne sia il costo economico che ambientale. I miglioramenti esponenziali in termini di velocità e precisione vengono conseguiti sulla scia di un **massimalismo computazionale**, che ha un profondo impatto ambientale.

IA e consumi elettrici

- L'IA generativa è energivora (de Vries 2023, Luccioni et al. 2023).
- Una ricerca su ChatGpt consuma dieci volte di più di una ricerca su Google (IEA 2024).
- L'IA generativa può produrre testi, immagini, programmi informatici, musica e altro ancora. Qualsiasi cosa sia prodotta da un sistema di IA generativa richiede una notevole quantità di elettricità anche quando viene prodotta – e non solo quando viene addestrato il relativo modello. **La generazione di immagini**, ad esempio, è molto onerosa in termini energetici, molto di **più di quanto lo sia la generazione di testi** (Luccioni et al. 2023).
- L'IA generativa è sempre di più **embedded nei sistemi e servizi digitali** ed è dunque usata (e sempre di più lo sarà) dagli utenti di tali servizi.

De Vries, A. (2023), *The Growing Energy Footprint of Artificial Intelligence*, in *Joule*, 7(10), 2191-2194.

IEA(2024), *Electricity 2024 - Analysis and forecast to 2026*.

Luccioni, A.S., Jernite Y., Strubell, E. (2023), *Power Hungry Processing: Watts Driving the Cost of AI Deployment?*, in *ACM FAccT 2024*

Sfide energetiche

- Secondo Goldman Sachs (2024) entro il 2030 i data center rappresenteranno l'8 per cento del consumo energetico totale negli Stati Uniti, il triplo di oggi.
- Le dimensioni dei nuovi data center stanno crescendo oltre gli hyperscale, con potenze da 100MW fino a 1000 MW.
- Le richieste di energia da nuove fonti di generazione prive di emissioni creano sfide di approvvigionamento elettrico locale e regionale (EPRI 2024).
- Potenziale **competizione con i territori per l'energia elettrica della rete, per il suolo occupato da eventuali centrali elettriche dei data center, per l'acqua nel loro raffreddamento.**

Goldman Sachs (2024), *Generational grow - AI, data centers and the coming US power demand surge*

EPRI (2024), *Powering Intelligence Powering Intelligence: Analyzing Artificial Intelligence and Data Center Energy Consumption*, white paper

Business | Schumpeter

Generative AI has a clean-energy problem

What happens when the AI revolution meets the energy transition



ILLUSTRATION: MARK FOZZ

Apr 7th 2024

Share

AI is exhausting the power grid. Tech firms are seeking a miracle solution.

As power needs of AI push emissions up and put big tech in a bind, companies put their faith in elusive — some say improbable — technologies.

34 min | 2024



Microsoft fears to generate power from atomic fusion and is partnering with Helion, which is testing prototypes at its headquarters in Everett, Wash. (Chris Kester for The Washington Post)

By Evan Hesse and Caroline O'Connor
June 21, 2024 at 5:00 a.m. ET

Business | Schumpeter

Generative AI has a clean-energy problem

What happens when the AI revolution meets the energy transition



ILLUSTRATION: MARK FOZD

Apr 7th 2024

Share

AI is exhausting the power grid. Tech firms are seeking a

Le Monde

Planète

Comprendre le réchauffement climatique

Generative AI has a clean-energy



PLANÈTE · CLIMAT

Les promesses de l'IA grevées par un lourd bilan carbone

Si les gains de l'intelligence artificielle pour réduire les émissions restent hypothétiques, les coûts énergétiques, déjà importants, vont devenir, eux, colossaux.

Par Audrey Garric et Alexandre Piquard

Publié le 04 août 2024 à 05h00, modifié le 05 août 2024 à 11h19 · Lecture 7 min.

Microsoft fears to generate power from atomic fusion and is partnering with Helion, which is testing prototypes at its headquarters in Everett, Wash. (Chris Kesting for The Washington Post)

By Evan Hesse and Caroline O'Connor
June 21, 2024 at 5:00 a.m. ET

Economist

Business | Schumpeter

Generative AI has a clean-energy

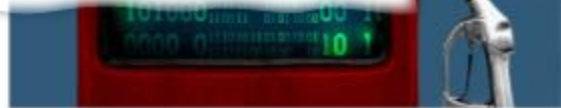


ILLUSTRATION: MARK FOZD

Apr 17th 2024

Share

AI is exhausting the power grid. Tech firms are seeking a

simple solution.
Le Monde

As power needs of AI push emissions



Microsoft faces its green
which is being powered by
The Washington Post

By Evan Hesse and
June 21, 2024 at 5:00 a.m.

Economist

— menu Weekly edition The World in brief Search

Business | Schumpeter

Generative AI has a clean-energy

Planète

Comprendre le réchauffement climatique

9 indicateurs de l'urgence climatique

PLANÈTE · CLIMAT



EL PAÍS

Tecnología

TECNOLOGÍA · CIBERSEGURIDAD · PRIVACIDAD · INTELIGENCIA ARTIFICIAL · INTERNET · GRANDES TECNOLOGÍAS · ÚLTIMAS NOTICIAS

IA >

La inteligencia artificial ya es un problema medioambiental

El consumo energético e hídrico de Google y Microsoft, principales desarrolladores de la IA generativa, así como sus emisiones de carbono, se disparan por segundo año consecutivo



Un hombre revisa en su ordenador el funcionamiento de unos servidores en un centro de datos.
GORODENKOFF PRODUCTIONS OU (GETTY IMAGES/ISTOCKPHOTO)

Transition

es



< Share

AI is exhausting the power grid. Tech firms are seeking a

Le Monde

Planète

Comprendre le réchauffement climatique

9 indicateurs de l'urgence climatique

PLANÈTE · CLIMAT



Microsoft faces to green... which is being prioritized... The Washington Post

By Evan Hesse and Gordon... June 21, 2024 at 5:00 a.m.



EL PAÍS

Tecnología

TECNOLOGÍA · CIBERSEGURIDAD · PRIVACIDAD · INTELIGENCIA ARTIFICIAL

IA > **La inteligencia artificial ya es un medioambiental**

El consumo energético e hídrico de Google y Microsoft, por generativa, así como sus emisiones de carbono, se disparan



Un hombre revisa en su ordenador el funcionamiento de unos servidores en un centro de datos. GORODENKOFF PRODUCTIONS OU (GETTY IMAGES/ISTOCKPHOTO)

Economist

Business | Schumpeter

Generative AI has a clean-energy

The New York Times

SUBSCRIBER-ONLY NEWSLETTER
Climate Forward

A.I.'s Insatiable Appetite for Energy

The soaring electricity demands of data centers and A.I. are straining the grid in some areas, pushing up emissions and slowing the energy transition.

Share full article



A data center in San Jose, Calif. A.I. is having a profound impact on energy demand around the world. Jim Wilson/The New York Times



By David Gelles

July 11, 2024

AI is exhausting the power grid. Tech firms are seeking a

Google's solution.
Le Monde

As power needs of AI push emissions...



Microsoft
The White
By East
June 21, 2024

New computing infrastructure means big tech is likely to miss emissions targets but they can't afford to get left behind in a winner takes all market



Google's emissions have climbed nearly 50% in five years due to AI energy demand. Photograph: Google Handout/EPA

PLANÈTE · CLIMAT



EL PAÍS

Tecnología

TECNOLOGÍA · CIBERSEGURIDAD · PRIVACIDAD · INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Sport

Culture

Lifestyle



The Guardian

Environment Science Global development Football Tech Business Obituaries

This article is more than 2 months old

Explainer

Can the climate survive the insatiable energy demands of the AI arms race?

Economist

Business | Schumpeter

Generative AI has a clean-energy

Planète

Comprendre le réchauffement climatique

9 indicateurs de l'urgence climatique

The New York Times

SUBSCRIBER-ONLY NEWSLETTER

Climate Forward

Appetite for Energy

Thousands of data centers and A.I. are eating up energy in new areas, pushing up emissions and...

Most viewed



Michel Barnier named new prime minister of France



Rebecca Chepteg demands justice after rape of runner set on fire by former partner



French woman's husband 'raped' when told she was having an affair



Two people on Maserati yacht suffocated, source says



Live Hunter Biden's change plea to guilty federal tax case: 'I plead not guilty to 2020 subversion' - live



A.I. is having a profound impact on the world. Jim Wilson/The New York Times

Server racks in a data center. IMAGES/ISTOCKPHOTO

Energia pulita, in grande quantità, rapidamente

- Promessa implicita che l'energia pulita sarebbe stata una risorsa *magica e infinita*.
- L'incremento della produzione di energia solare soddisferà circa il 40 per cento della nuova domanda. E il resto?
- Le high tech spesso usano la stessa rete elettrica del resto del paese in cui operano, sovraccaricandola, e si accaparrano gran parte dell'energia disponibile da fonti rinnovabili. Dunque i fornitori di elettricità sono a volte costretti a **ricorrere ai combustibili fossili per stabilizzare la rete**.
- Per funzionare l'intelligenza artificiale rischia dunque di far ritardare i piani per abbandonare le fonti fossili: un paradosso concettuale rispetto agli impegni a favore della sostenibilità presi da aziende come Microsoft, Google, Amazon e Meta, che hanno promesso di cancellare le loro emissioni già dal 2030.

Quali fonti?

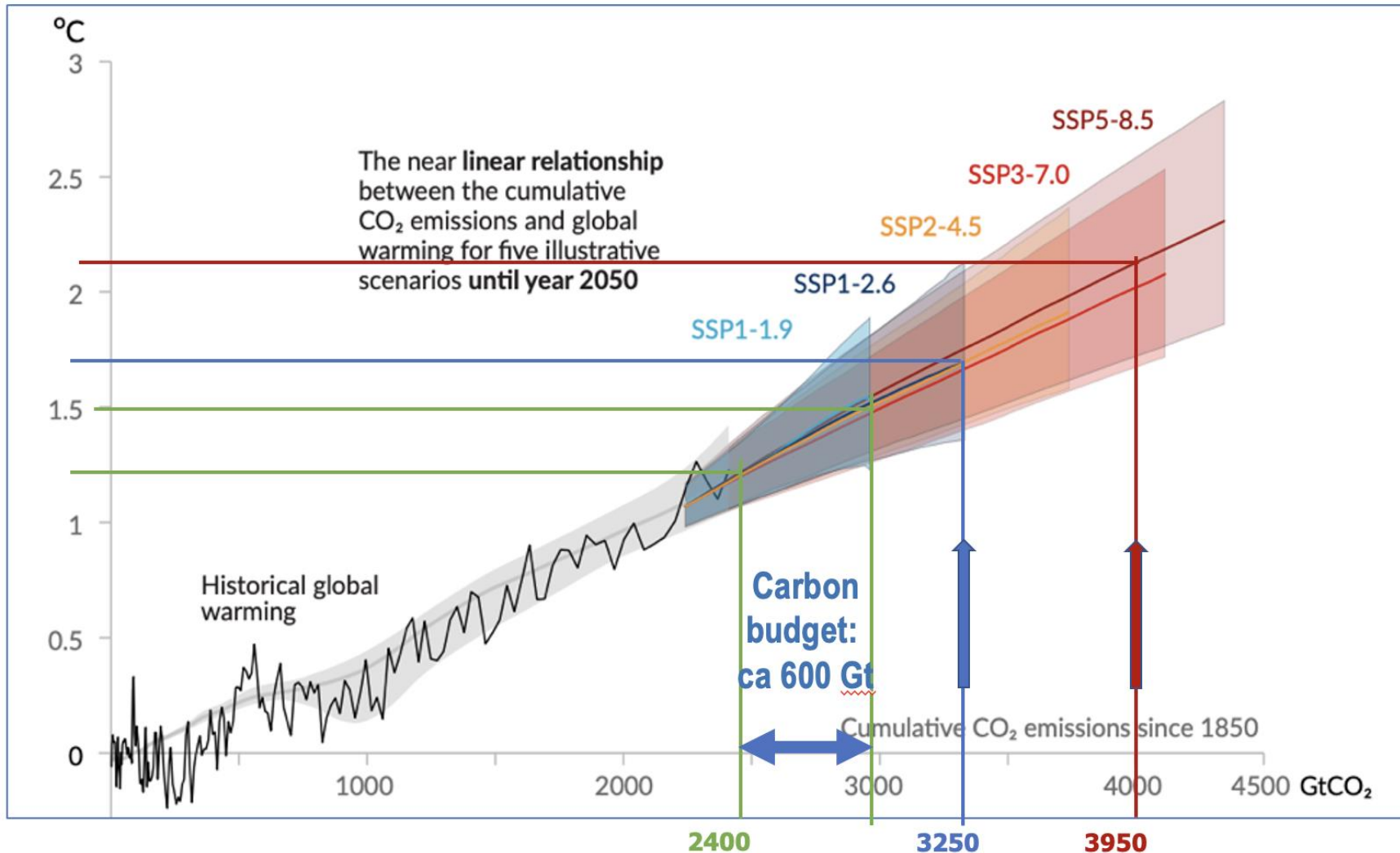
Altman, amministratore delegato di OpenAI, in un evento organizzato da Bloomberg durante il World Economic Forum a Davos a gennaio 2024, ha dichiarato: “Non possiamo riuscirci senza una svolta scientifica”.

Ma cosa significa in pratica?

Accordi di Parigi sul clima

- L'accordo di Parigi è un trattato internazionale, **stipulato nel 2015 tra gli Stati membri della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC)**, riguardo alla riduzione di emissione di gas serra e riguardante il periodo a decorrere dal 2020
- L'obiettivo generale è contenere l'aumento medio delle **temperature sotto i 2 °C rispetto ai livelli preindustriali e, preferibilmente, entro 1,5°C**, raggiungendo il picco delle emissioni al più tardi entro il 2025 e **diminuendole di almeno il 43% entro il 2030**, fino ad **azzerarle entro il 2050**. Un aggregato dei contributi nazionali.
- **Calendario per diminuire le emissioni climalteranti**

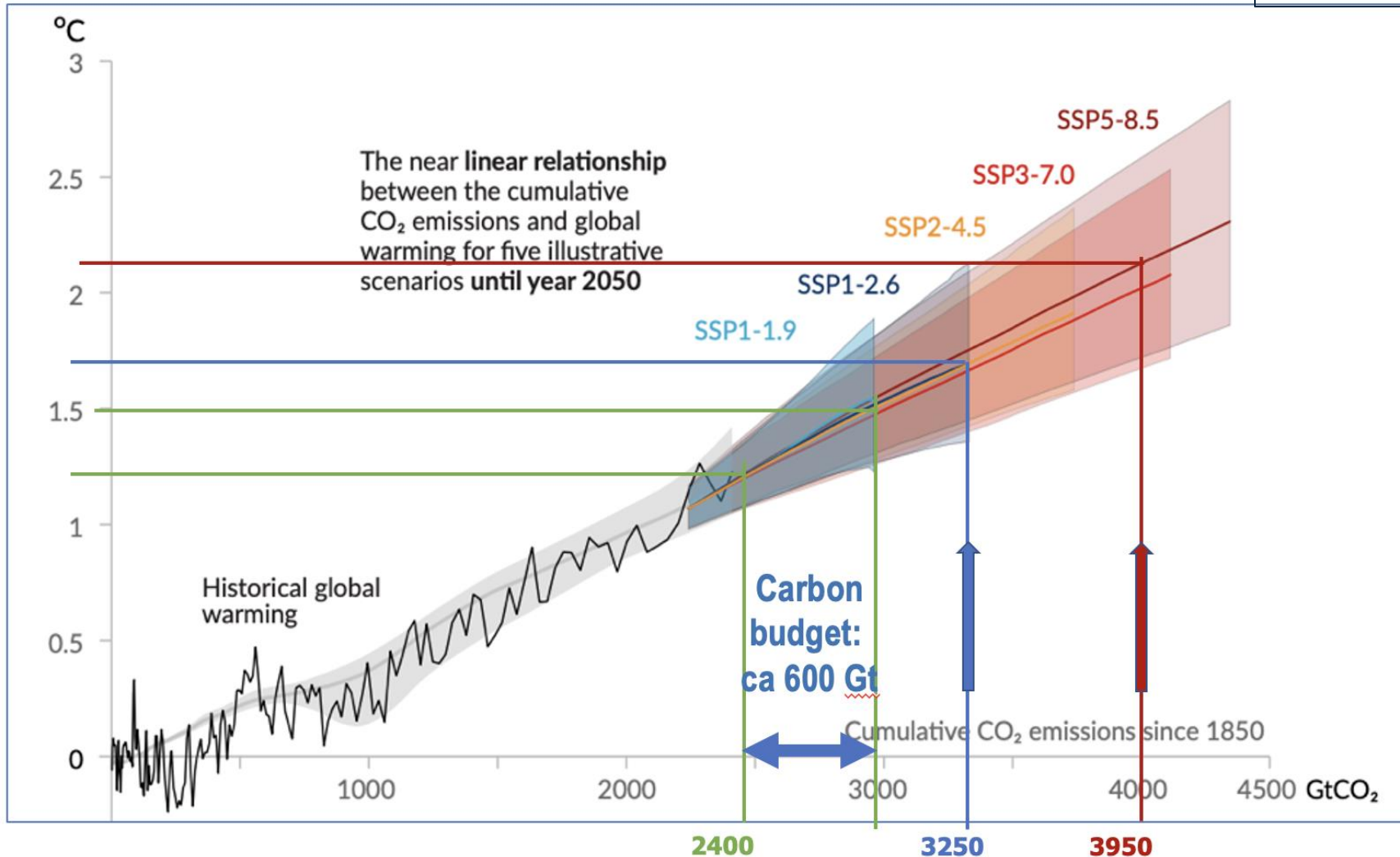
Carbon budget residuo per stare nei 1,5°C: 600 Gt di emissioni



- La temperatura è proporzionale alla CO₂eq.
- **Oggi ci sono 2,4 Gt di CO₂eq in atmosfera.**
- Per stare nei 1,5°C possiamo emettere **in futuro** solo 600 Gt circa.
- Se si emette di più la temperatura salirà DI CERTO
- E' imperativo ridurre **RADICALMENTE** tutte le emissioni.

Carbon budget residuo per stare nei 1,5°C: 600 Gt di emissioni

SSP, Shared Socioeconomic Pathways



- La temperatura è proporzionale alla CO₂eq.
- **Oggi ci sono 2,4 Gt di CO₂eq in atmosfera.**
- Per stare nei 1,5°C possiamo emettere **in futuro** solo 600 Gt circa.
- Se si emette di più la temperatura salirà DI CERTO
- E' imperativo ridurre **RADICALMENTE** tutte le emissioni.

Soluzionismo tecnologico: il nucleare?

- Le industrie del settore sono orientate a soluzioni che non sembrano dotate di realismo temporale.
- Progetti sperimentali, come piccoli reattori nucleari installati nei singoli data center, che hanno poche possibilità di successo in tempi brevi.
- Microsoft sta puntando sulla capacità di generare energia dalla fusione nucleare, sostenendo di ottenere la fusione entro il 2028. Il progetto che l'azienda sta portando avanti nella contea di Chelan, nello stato di Washington, in collaborazione con la start-up Helion, specializzata in fusione nucleare, sembra avere però tempi attuativi assai diversi rispetto alle dichiarazioni.
- Nella comunicazione delle big tech sulla soddisfazione della richiesta energetica dell'IA mediante il nucleare si tendono **a confondere studi di fattibilità e ipotesi prototipali con la disponibilità massiccia di elettricità per l'industria ICT.**

Un altro approccio: Green software

- Non esiste un modo di produrre energia totalmente privo di emissioni: l'unica elettricità davvero totalmente green è quella che risparmiamo, non quella che utilizziamo.
- La progettazione (e adozione massiccia) di architetture hardware/software che vedano **by design i requisiti di riduzione dei consumi elettrici** e delle emissioni di carbonio è sempre stata scartata come troppo costosa dal mondo ICT.
- Tale approccio rischia invece di essere l'unica possibilità realistica di riduzione delle emissioni del settore.

Grazie dell'attenzione

giovanna.sissa@edu.unige.it