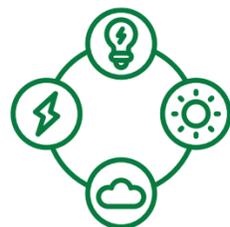




# Le Fonti Energetiche a confronto



Le **diverse fonti di energia** si differenziano non solo per la quantità di energia che possono produrre, ma anche per aspetti fondamentali come l'impatto ambientale, i costi di produzione e l'efficienza.

## Dov'è la diversità?



Ogni fonte, dalle rinnovabili ai combustibili fossili, presenta **vantaggi e limiti propri** che devono essere considerati per una valutazione seria e completa.

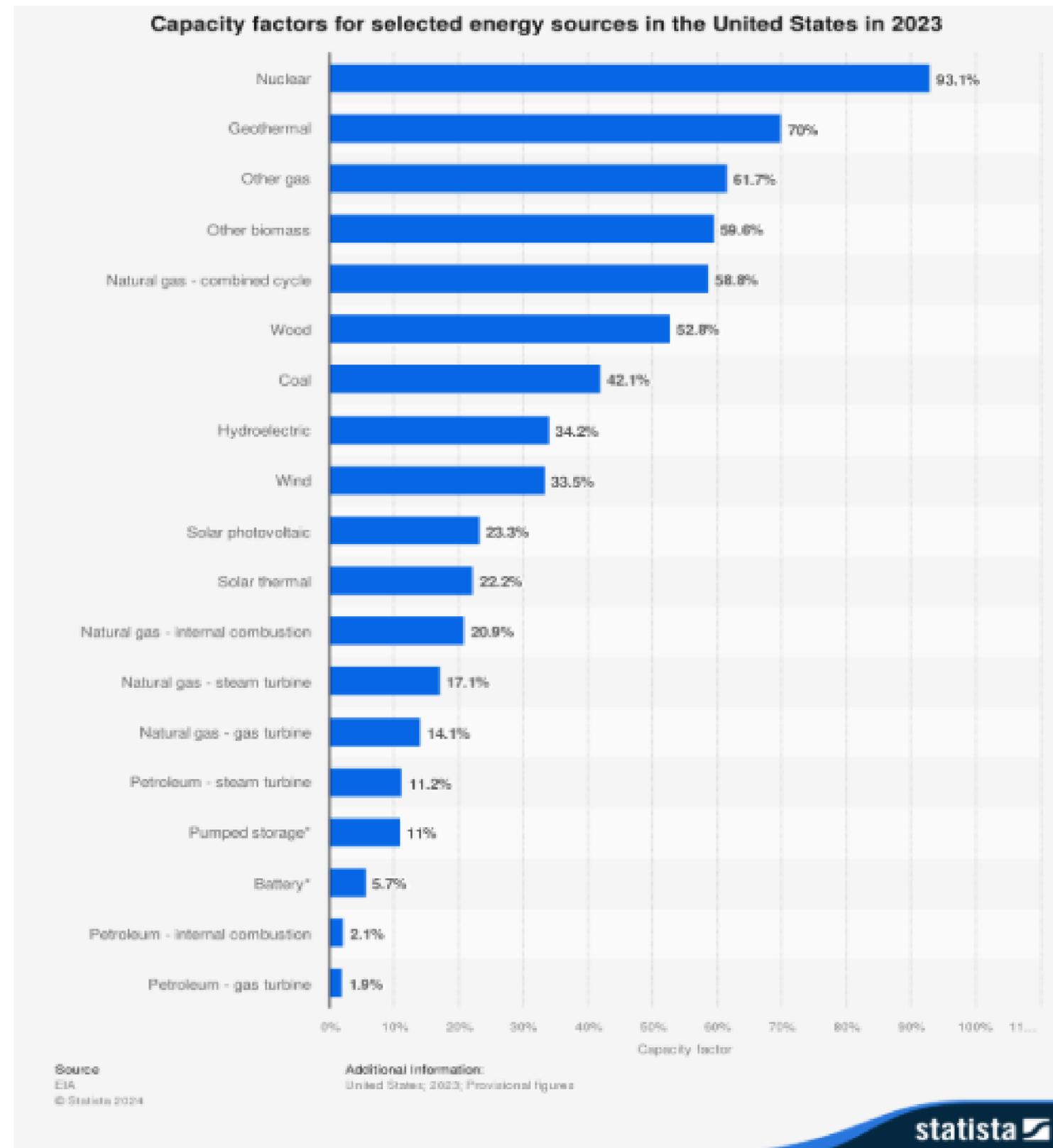


Per comprendere quale sia la scelta migliore, è necessario guardare oltre i costi di realizzazione e della produzione di energia e **considerare molti altri aspetti.**





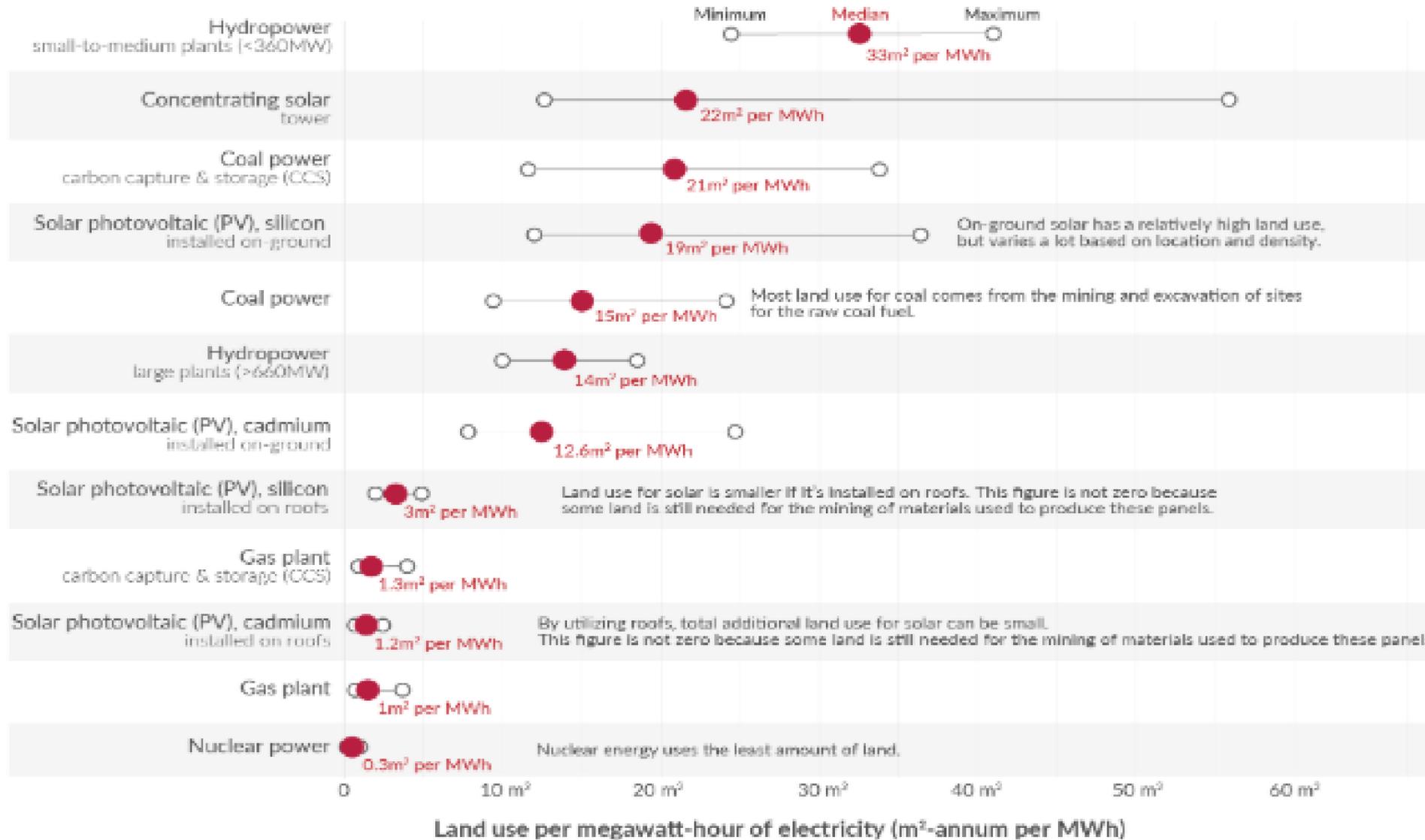
# Grafico Fattore di Capacità



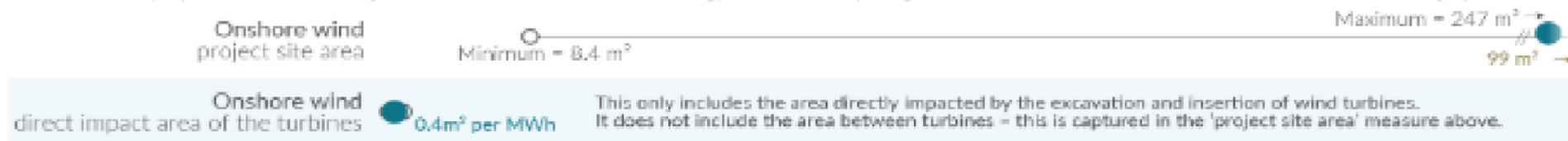


# Land use of energy sources per unit of electricity

Land use is based on life-cycle assessment; this means it does not only account for the land of the energy plant itself but also land used for the mining of materials used for its construction, fuel inputs, decommissioning, and the handling of waste.

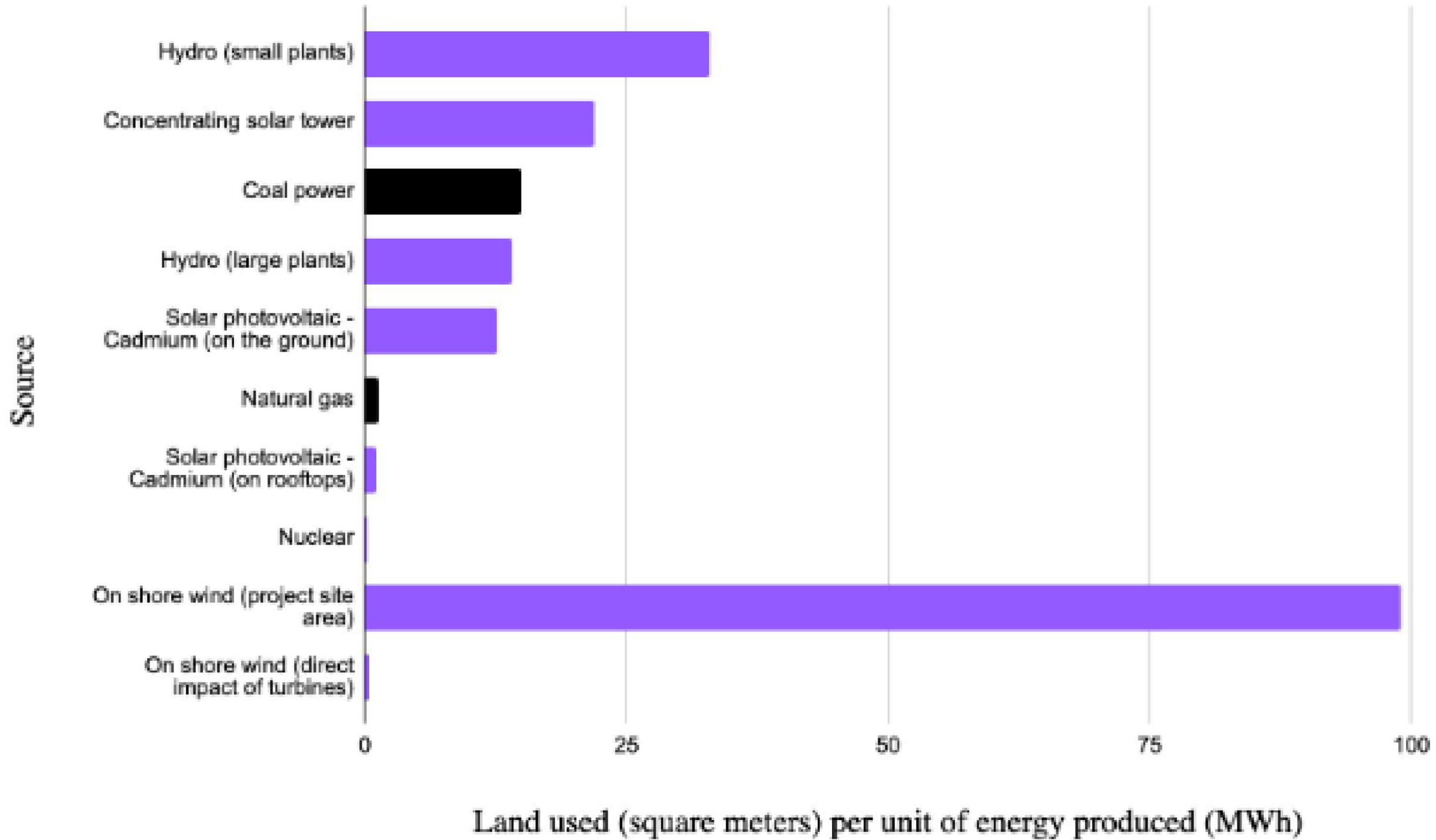


The land use of onshore wind can be measured in several ways, and is distinctly different from land use of other energy technologies. Land between wind turbines can be used for other purposes (such as farming), which is not the case for other energy sources. The spacing of turbines, and the context of the site means land use is highly variable.



<sup>1000</sup>Capacity factors are taken into account for each technology which adjusts for intermittency. Land use of energy storage is not included since the quantity of storage depends on the composition of the electricity mix. Source: UNECE (2021). Lifecycle Assessment of Electricity Generation Options. United Nations Economic Commission for Europe for all data except wind. Wind land use calculated by the author. See [OurWorldinData.org/land-use-per-energy-source](https://OurWorldinData.org/land-use-per-energy-source) for more research on this topic. Licensed under CC-BY by the author Hannah Ritchie.











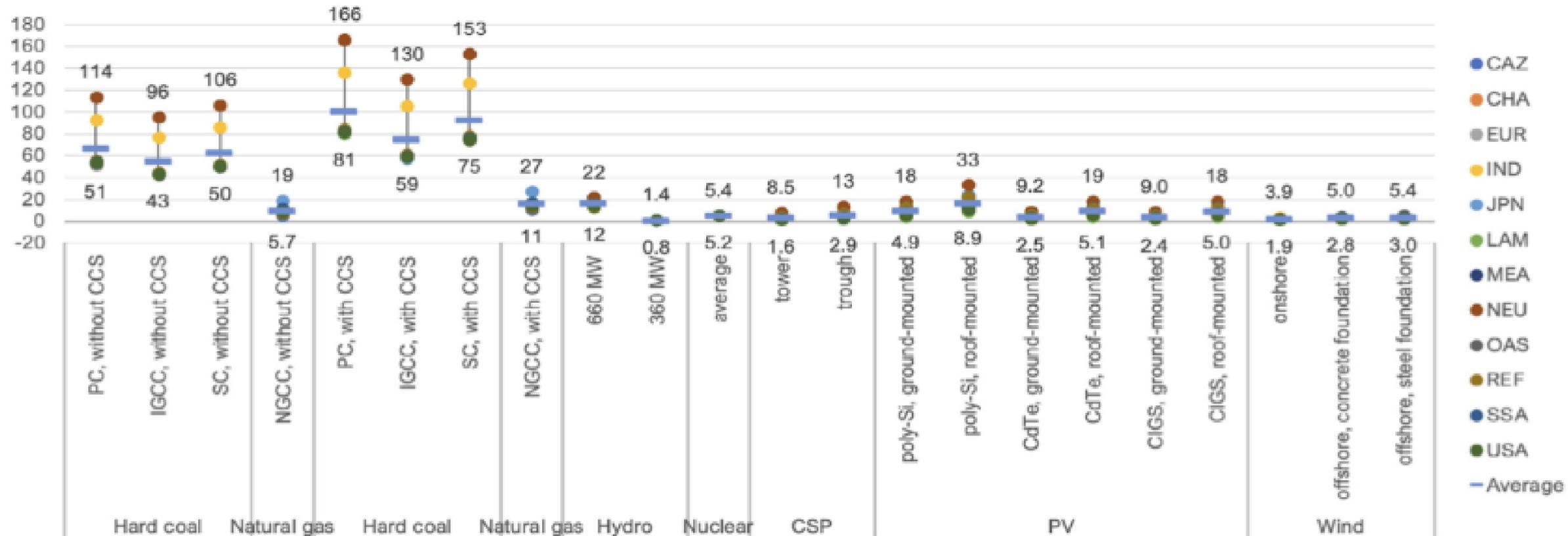
## Che vuol dire 'tossicità'?

- La tossicità umana delle fonti energetiche viene misurata con il **valore CTUh/TWh**: Comparative Toxic Units for humans per TeraWatt-ora generato. Il valore CTUh quantifica il potenziale danno alla salute dovuto all'esposizione a sostanze tossiche rilasciate nell'ambiente dalla fonte energetica durante tutto il suo ciclo di vita. I dati ottenuti dall'ONU riportano i potenziali effetti non cancerogeni e gli effetti cancerogeni.
- Per quanto riguarda gli effetti non cancerogeni, l'energia da carbone presenta i valori più alti. La principale sostanza che più danneggia la salute è l'**arsenico** (in forma ionica), emesso in superficie e nelle falde acquifere, a seguito dell'estrazione del carbone e del trattamento delle ceneri di carbone fossile in discarica.



**Figure 41** Lifecycle human toxicity (non-carcinogenic)' regional variations for year 2020. Variability is explained by several factors: electricity mix (all regions), region of extraction rates (fossil fuels), load factors (renewables). Nuclear power is modelled as a global average except for back-end.

**Lifecycle human toxicity potential, non-carcinogenic, in CTUh per TWh, regional variation, 2020**



CAZ: Canada, Australia, Nuova Zelando / CHA: Cina / EUR: Unione Europea / IND: India / JPN: Giappone / LAM: America Latina / MEA: Medio Oriente, Africa del Nord / NEU: Nazioni non EU nel continente europeo / OAS: Asia / REF: Russia / SSA: Africa del Sud / USA: Stati Uniti



## Effetti cancerogeni

- Per quanto riguarda gli **effetti cancerogeni**, nessun punteggio medio supera 8,0 CTUh/TWh. Questo valore è raggiunto da impianti CSP (Concentrated Solar Power) dovuto alla quantità relativamente elevata di acciaio inossidabile richiesta per l'infrastruttura. La sostanza principale che contribuisce a questa tossicità nell'ambiente è il **cromo esavalente** (cromo VI)



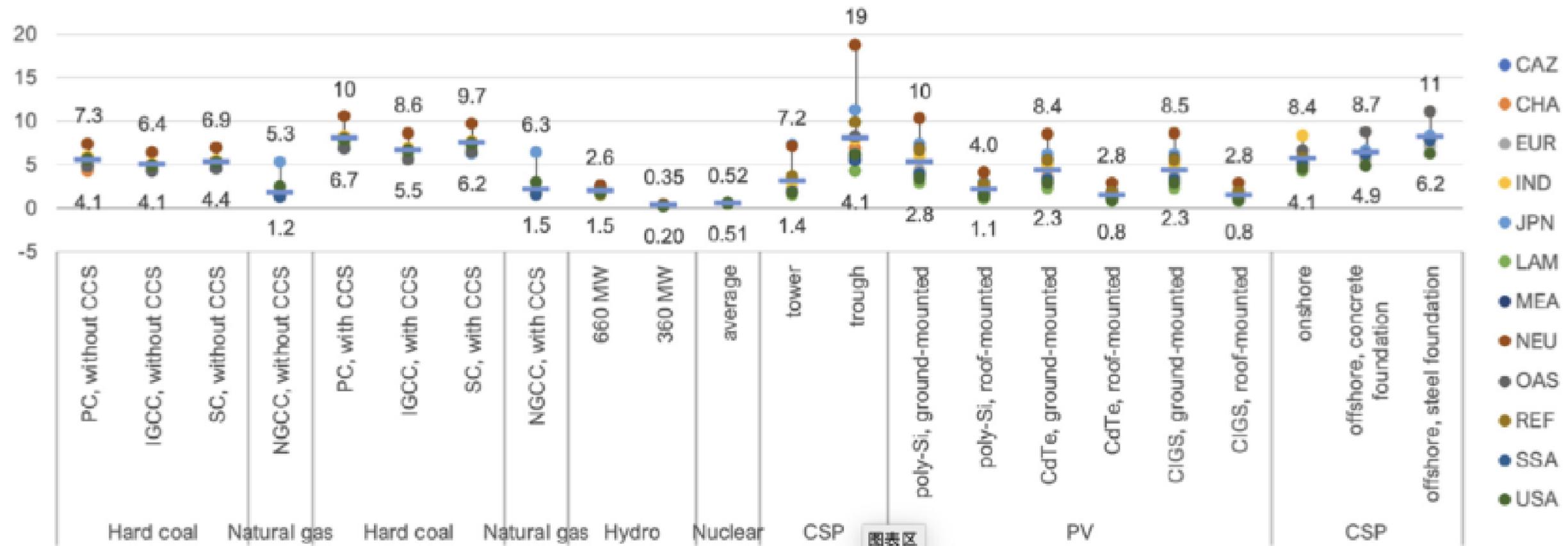
## Effetti cancerogeni

- Il **cromo VI** é l'impatto tossicologico umano comune a tutte le tecnologie e rilasciato nell'ambiente durante il loro ciclo di vita. Questo è legato all'uso di varie leghe di acciaio. Il trattamento di queste leghe di acciaio emette circa 6 g di Cr(VI) nell'acqua per ogni kg trattato.
- Altre emissioni residue di cromo nell'aria e emissioni di arsenico (ione) nell'acqua provengono poi dai processi di trattamento dei rifiuti e contribuiscono infine (<10%) a questa categoria di impatto.



**Figure 42** Lifecycle human toxicity (carcinogenic)' regional variations for year 2020. Variability is explained by several factors: electricity mix (all regions), region of extraction (fossil fuels), load factors (renewables). Nuclear power is modelled as a global average except for front-end.

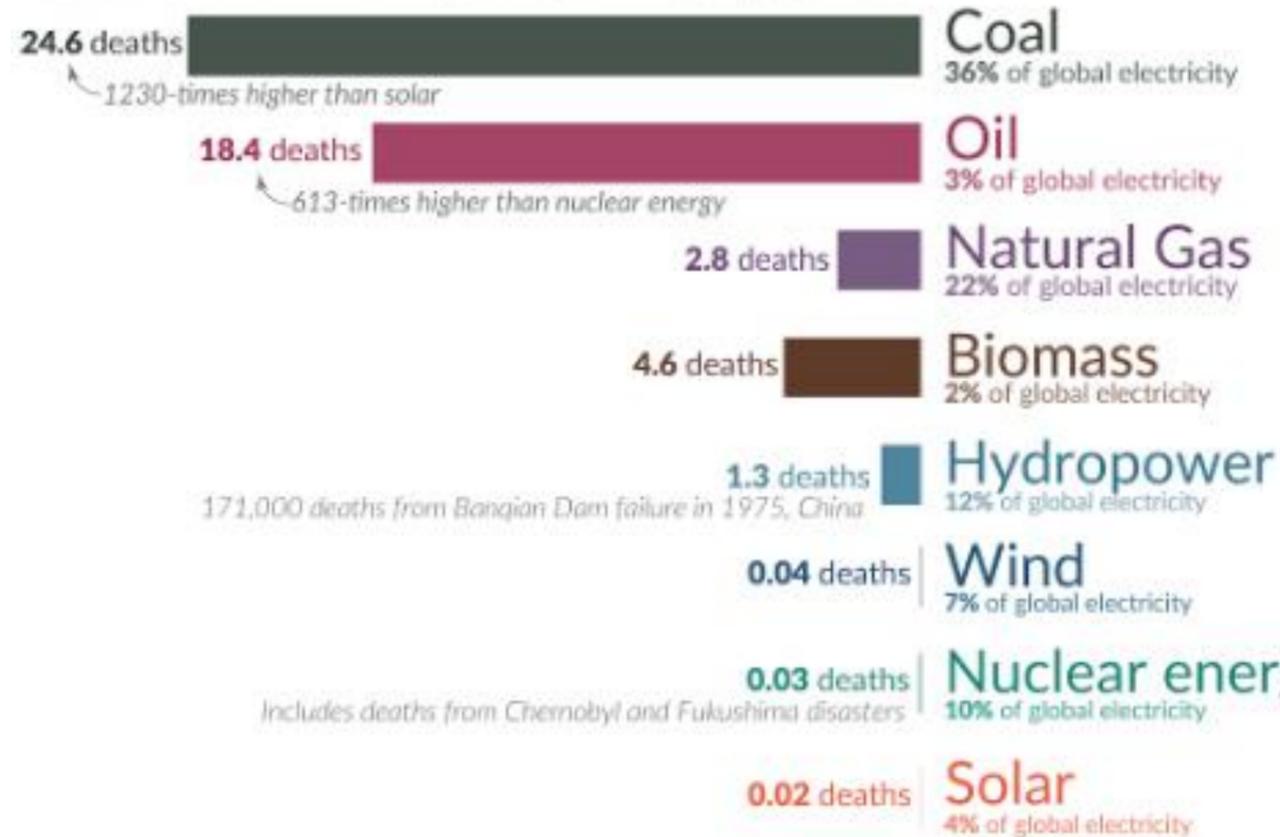
**Lifecycle human toxicity potential, carcinogenic, in CTUh per TWh, regional variation, 2020**



# What are the **safest** and **cleanest** sources of energy?

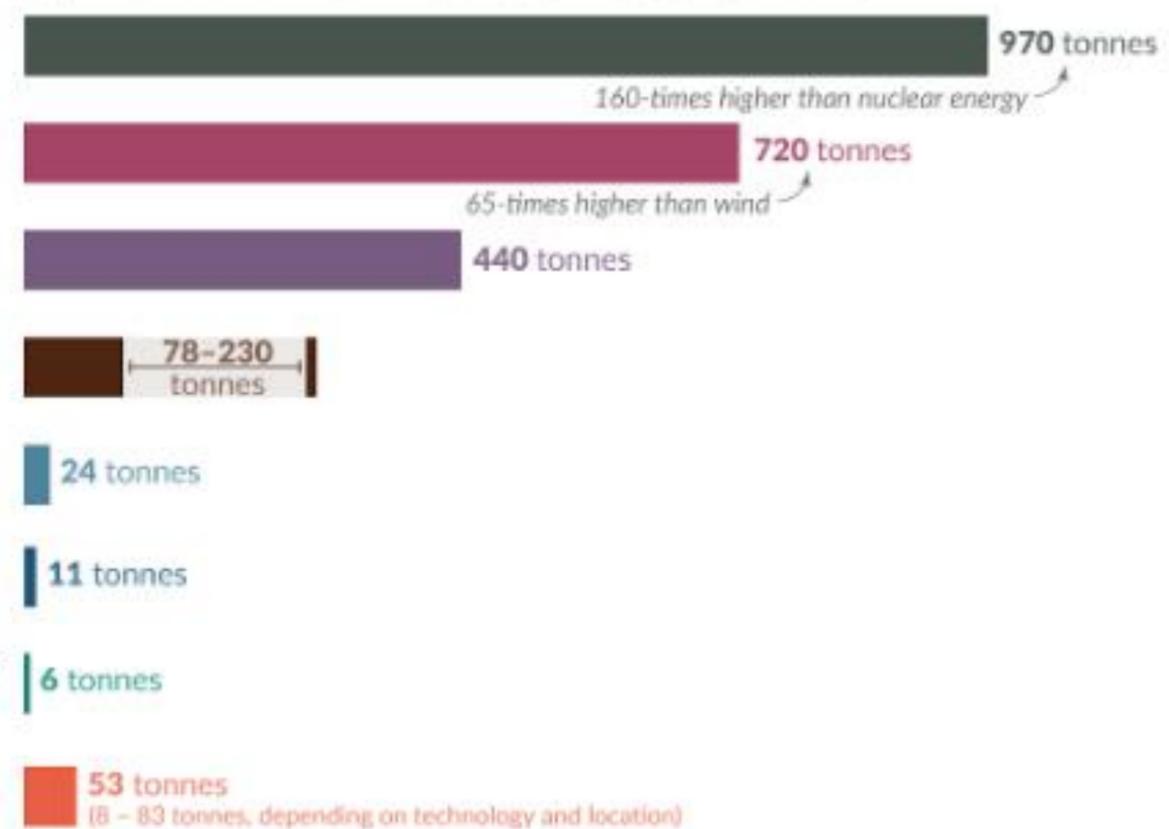
## Death rate from accidents and air pollution

Measured as deaths per terawatt-hour of electricity production. 1 terawatt-hour is the annual electricity consumption of 150,000 people in the EU.



## Greenhouse gas emissions

Measured in emissions of CO<sub>2</sub>-equivalents per gigawatt-hour of electricity over the lifecycle of the power plant. 1 gigawatt-hour is the annual electricity consumption of 150 people in the EU.



Death rates from fossil fuels and biomass are based on state-of-the-art plants with pollution controls in Europe, and are based on older models of the impacts of air pollution on health. This means these death rates are likely to be very conservative. For further discussion, see our article: [OurWorldinData.org/safest-sources-of-energy](https://ourworldindata.org/safest-sources-of-energy). Electricity shares are given for 2021. Data sources: Markandya & Wilkinson (2007); UNSCEAR (2008; 2018); Sovacool et al. (2016); IPCC AR5 (2014); UNECE (2022); Ember Energy (2021).

OurWorldinData.org - Research and data to make progress against the world's largest problems.

Licensed under CC-BY by the authors Hannah Ritchie and Max Roser.



# Cosa abbiamo imparato?

## Capacità

- L'**energia nucleare** ha il più alto fattore di capacità tra le fonti energetiche, con oltre il 93% nel 2023 negli USA. Inoltre, le moderne centrali nucleari possono operare anche per 80 anni e più senza perdere in efficienza e capacità con una quantità totale di energia prodotta nel ciclo di vita 4 a 5 volte superiore ad altre tecnologie.
- Gli impianti di produzione di **energia geotermica** hanno il più alto fattore di capacità tra le fonti rinnovabili con il 70%. Al contrario, il gas naturale e il petrolio si classificano al livello più basso.



# Cosa abbiamo imparato?

## Capacità

- Nonostante l'elevato fattore di capacità, le centrali nucleari hanno un costo iniziale più alto. Le spese operative delle nucleari sono però quasi il 50% inferiori a quelle di centrali elettriche a combustibili fossili, e il loro costo si ammortizza meglio durante una durata di vita molto più lunga.
- Escludendo l'energia geotermica, il fattore di capacità degli impianti di energia rinnovabile (Stati Uniti) era del 34% per l'energia idroelettrica ed eolica e del 23% per l'energia solare fotovoltaica e quella solare termica. Secondo i dati di mercato globali, il fattore di capacità dell'energia eolica offshore in tutto il mondo si attesta intorno al 40%, mentre quello del solare fotovoltaico su scala di utilità a circa il 17%.



# Cosa abbiamo imparato?

## Uso del territorio

- L'**energia solare** è un esempio in cui il contesto e il tipo di materiale sono molto importanti. I pannelli solari realizzati in cadmio utilizzano meno energia e materiali rispetto ai pannelli in polisilicio, e occupano meno terreno per unità. Una differenza importante poi é se si montano questi pannelli sui tetti o a terra.
- I **costi dell'uso del territorio** variano molto a seconda di dove vengono costruite le fonti energetiche e quali sarebbero stati gli usi alternativi di quel territorio. Una fonte energetica che si espande in habitat naturali o foreste non comporta lo stesso impatto che costruire l'impianto in un terreno improduttivo.
- La transizione verso tecnologie energetiche a basse emissioni di CO<sub>2</sub> eviterebbe milioni di morti premature ogni anno dovute all'inquinamento atmosferico e ridurrebbe il cambiamento climatico derivato.

# Cosa abbiamo imparato?

## Tossicità

- Il primo punto importante é che purtroppo **non esistono fonti energetiche assolutamente pulite e sicure** per la salute delle persone e dell'ambiente.
- La costruzione e lo smaltimento di impianti di produzione energetica condividono materiali e **risorse che di per sé sono inquinanti** e che sono rilasciati durante tutta la loro attività (ciclo di vita).
- Le risorse che utilizzano la **combustione** per produrre l'energia sono in genere le più inquinanti (carbone, petrolio, gas)







Massimo Marino

