

# PERCHÉ DOBBIAMO CAMBIARE

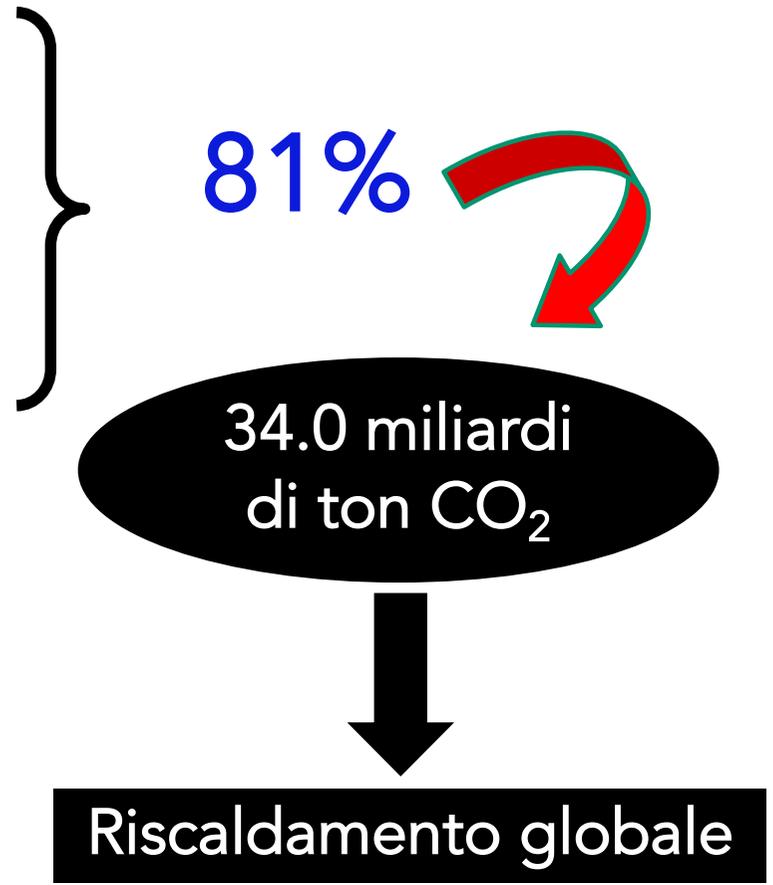
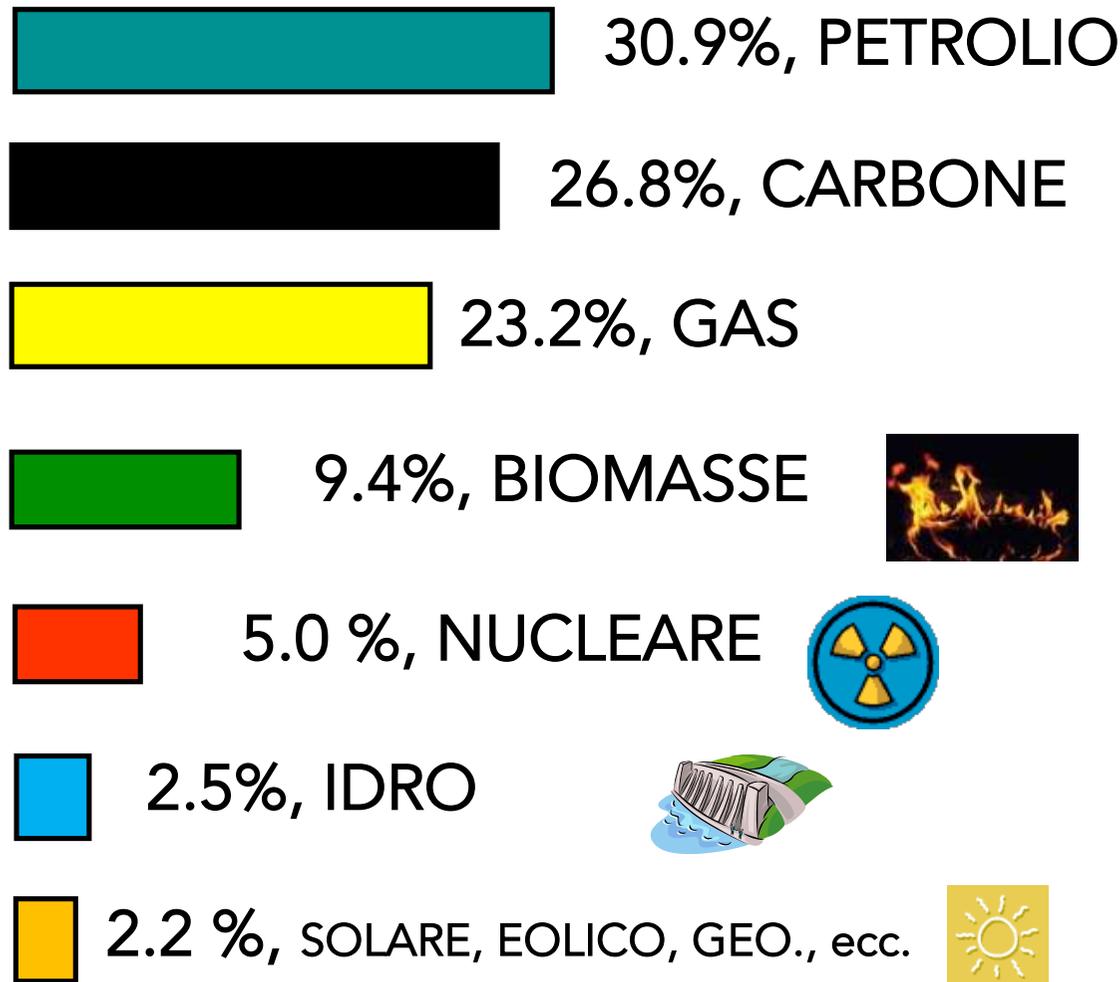
Nicola Armaroli

*nicola.armaroli@cnr.it — [www.isof.cnr.it/armaroli-nicola](http://www.isof.cnr.it/armaroli-nicola)*



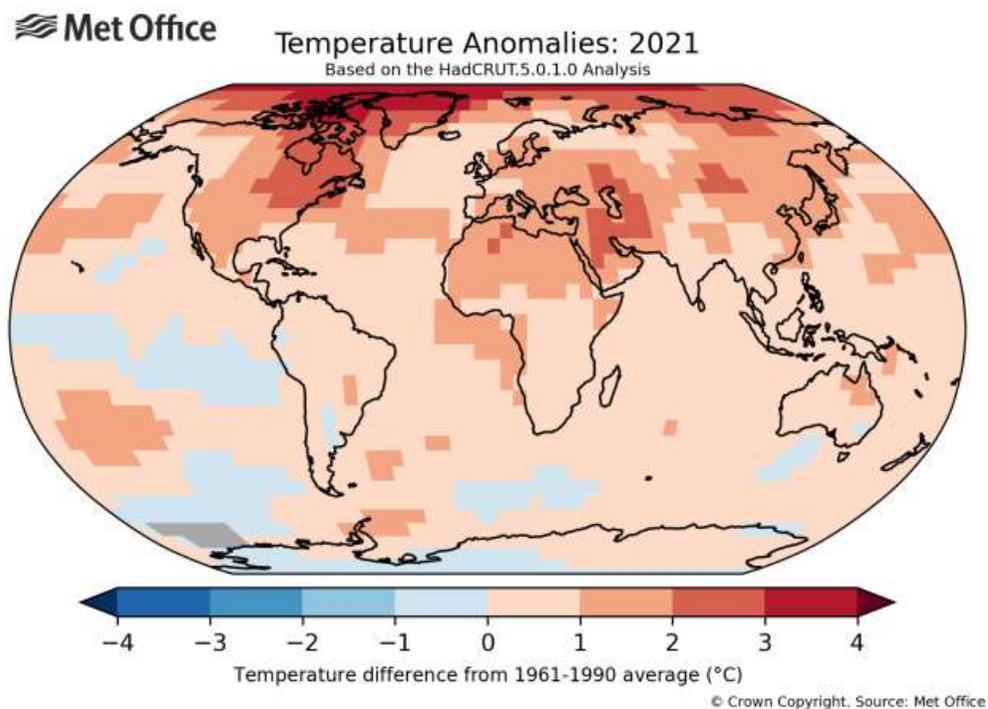
Modena, 3 Maggio 2023

# CONSUMO MONDIALE DI ENERGIA PRIMARIA



IEA, 2021

# PRESUPPOSTO BASE DELLA NOSTRA CIVILTÀ ED ECONOMIA: STABILITÀ CLIMATICA



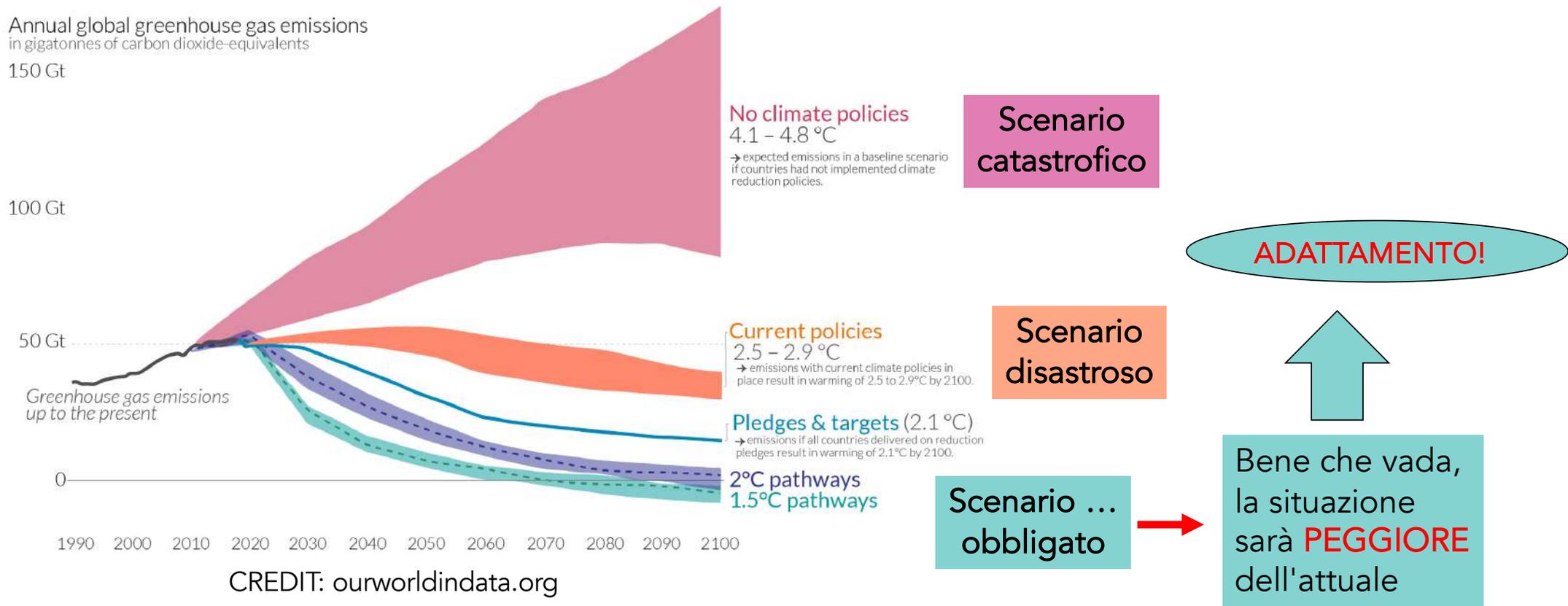
Aumento medio delle  
temperature indotto dalle attività  
umane: **+ 1.1 C**

*"L'aumento delle temperature in Emilia-Romagna è in forte accelerazione negli ultimi anni ed è parecchio superiore rispetto alla media del pianeta. "Non siamo al doppio della media globale, ma quasi"*

Federico Grazzini, metereologo Arpae  
Gennaio 2023

# EMISSIONI SERRA E SCENARI DI RISCALDAMENTO GLOBALE

Oggi: ca. + 1.1 ° C riscaldamento indotto dalle attività umane



# LA CATTIVA NOTIZIA: BRUCIAMO TROPPO

IERI



OGGI, LA NOSTRA CIVILTÀ MODERNA(?)



Muoverci



Scaldarci



Produrre  
elettricità

Consumi gas Italia 2021  
70 miliardi di m<sup>3</sup>, di cui  
Prod. Elettrica: 30 mld.  
Riscald. edifici: 20 mld.

# LA VIA DI USCITA PRINCIPALE: ELETRIFICAZIONE

Dalle molecole (es. idrocarburi come metano e benzina) agli elettroni

## Energy & Environmental Science

Cite this: *Energy Environ. Sci.*, 2011, **4**, 3193

[www.rsc.org/ees](http://www.rsc.org/ees)

### Towards an electricity-powered world

Nicola Armaroli<sup>\*a</sup> and Vincenzo Balzani<sup>\*b</sup>

Received 2nd March 2011, Accepted 21st April 2011

DOI: 10.1039/c1ee01249e

- I motori elettrici sono molto più **EFFICIENTI** dei motori a combustione
- Abbiamo già le **TECNOLOGIE** elettriche rinnovabili sul mercato. E sono le più **COMPETITIVE** sotto ogni aspetto (costi, tempi, ...)

IN BREVE: consumare meno e consumare meglio  
(a partire dai Paesi più ricchi...)

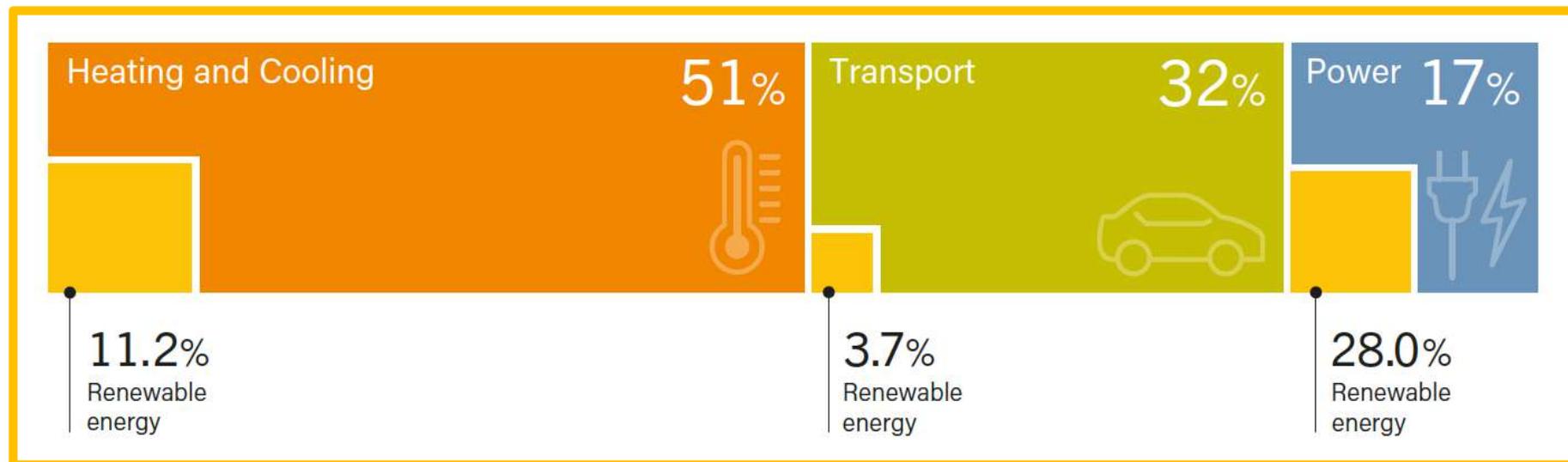
# PERCHE' LE RINNOVABILI ELETTRICHE?



# DIVERSE MOTIVAZIONI CI SPINGONO

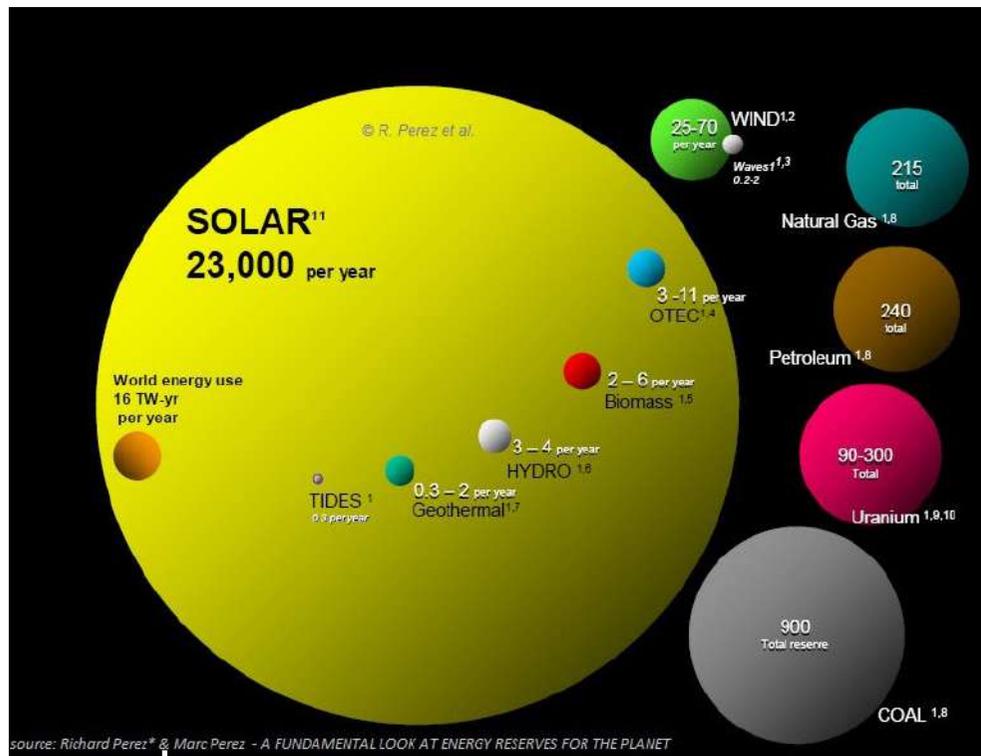
- Mitigare l'impatto su **clima, ambiente, salute**
- **Sicurezza**: ridurre la dipendenza energetica da altri Paesi / aree geografiche (e relativi conflitti)
- **Affidabilità**: problemi di intermittenza si possono affrontare (stoccaggio, reti)
- **Costi**: l'opzione oggi più economica

# UTILIZZO DI TECNOLOGIE RINNOVABILI: A CHE PUNTO SIAMO NEL MONDO?



REN 21, Global Status Report, 2022

# ABBIAMO ABBASTANZA ENERGIA SOLARE SULLA TERRA?



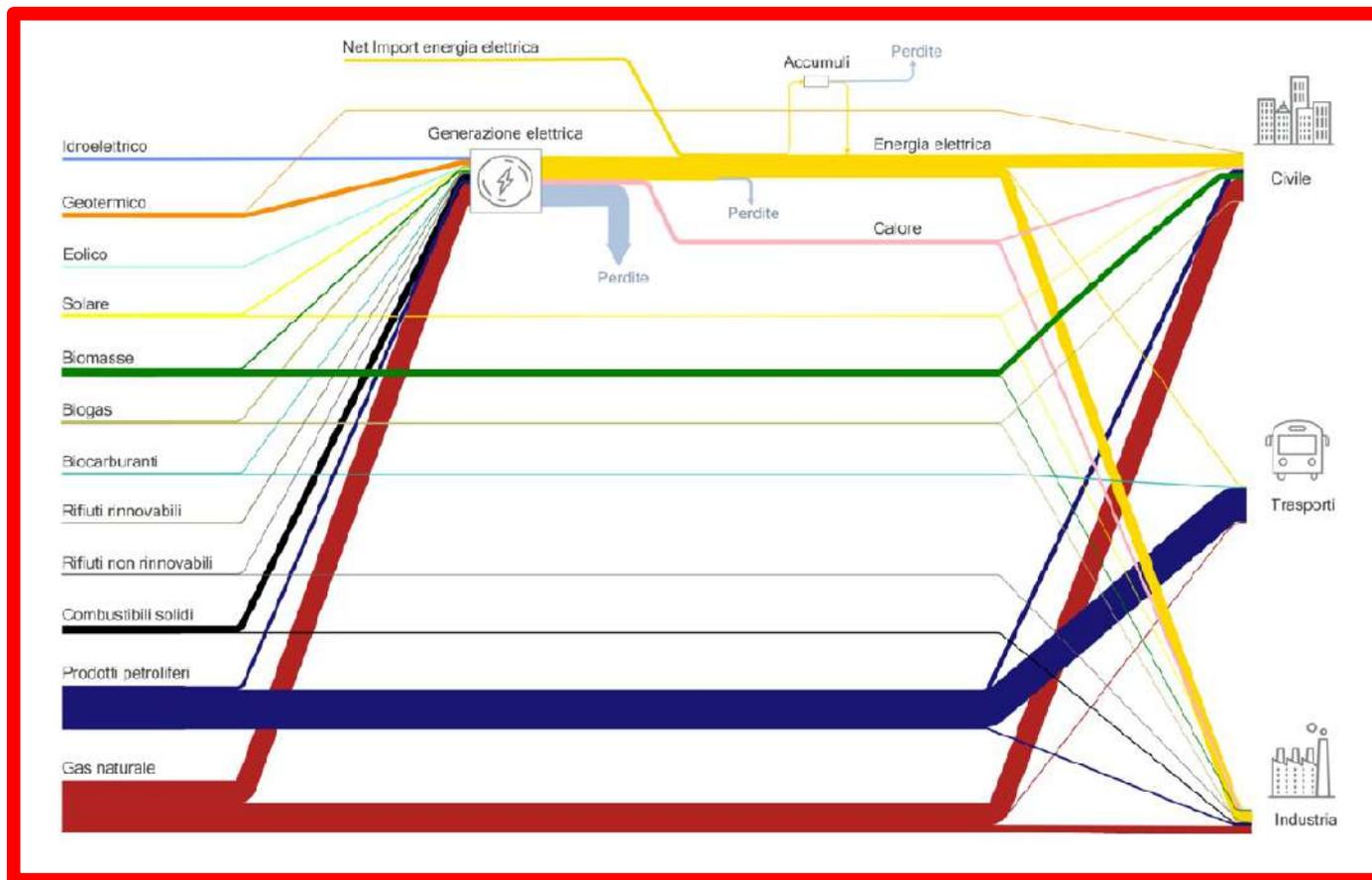
La maggior parte dell'energia che oggi usiamo è di **origine solare** diretta e indiretta

**PARADOSSO**  
Continuiamo a definire il sole  
energia «alternativa»

# VENIAMO A NOI



# BILANCIO ENERGETICO ITALIA



Governo italiano, 2021

# PRODUZIONE ELETTRICA IN ITALIA

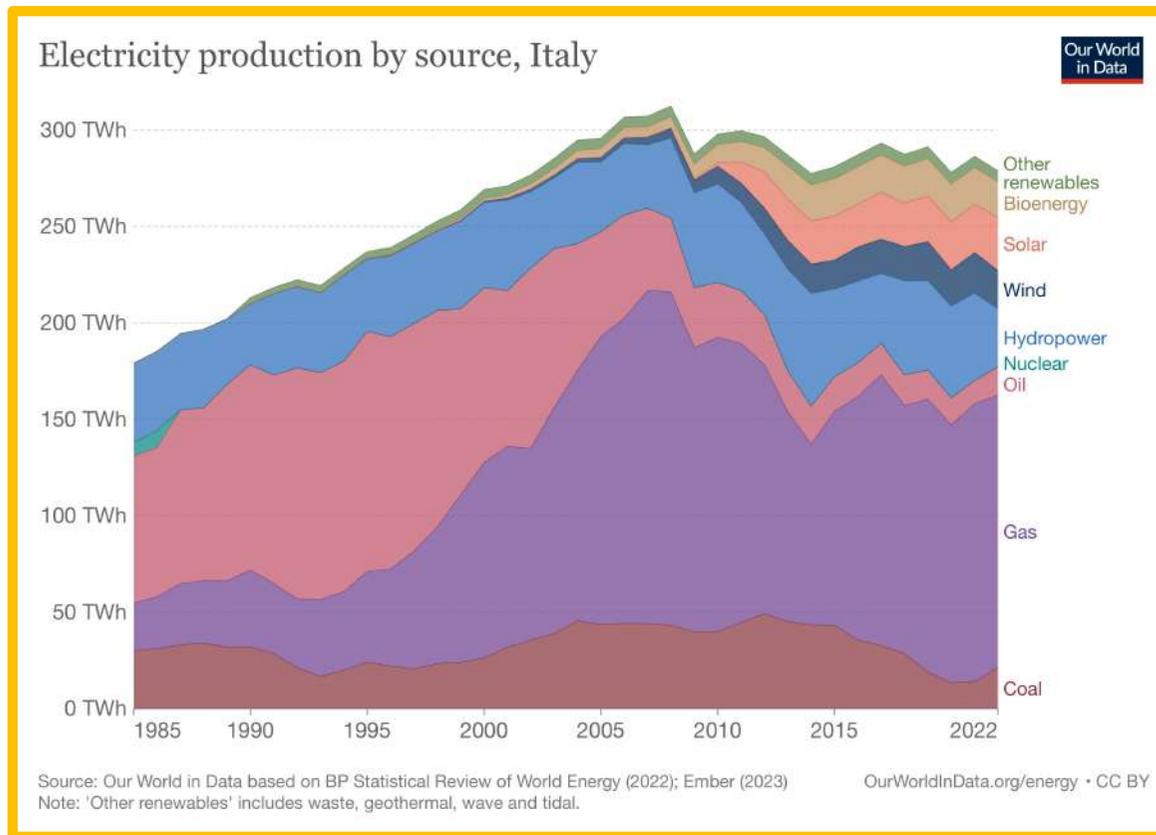
Dati presenti in tutte le bollette

**Composizione del mix iniziale nazionale utilizzato per la produzione dell'energia elettrica immessa nel sistema elettrico italiano nei due anni precedenti**

(dati forniti da GSE ai sensi del decreto MSE del 31/7/2009)

<b>Fonti primarie utilizzate</b>	<b>Anno 2020*</b>	<b>Anno 2021**</b>
- <u>Fonti rinnovabili</u>	44,31%	42,32%
- Carbone	4,75%	5,07%
- Gas Naturale	45,88%	48,13%
- Prodotti petroliferi	0,57%	0,88%
- Nucleare	0%	0%
- Altre fonti	4,49%	3,60%

# PRODUZIONE ELETTRICA IN ITALIA



**FOTOVOLTAICO 2022**  
**28,2 TWh**  
ca. 10% della  
produzione nazionale

Credit: Our World in Data, 2023

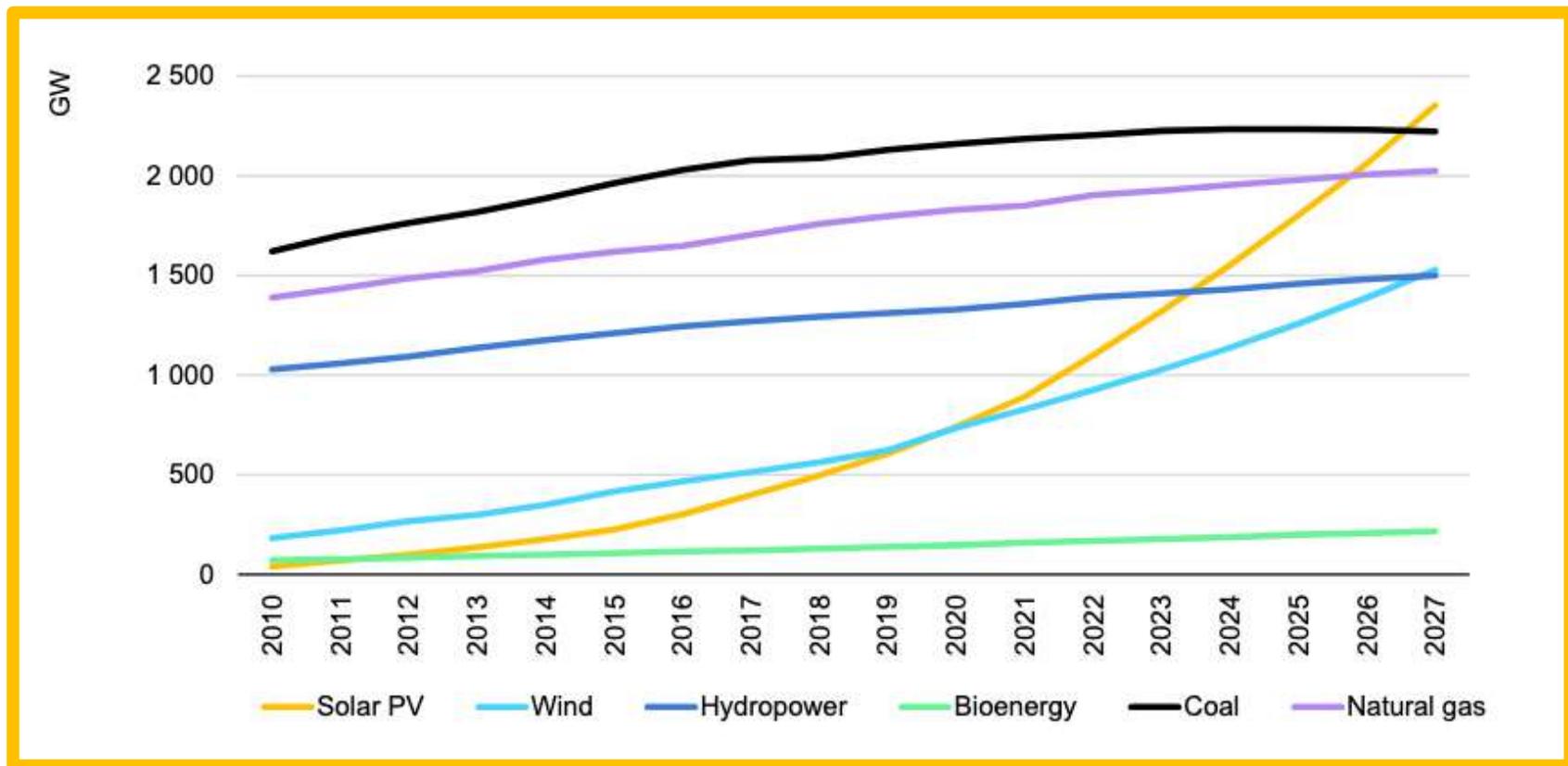
# FOTOVOLTAICO IN ITALIA, FINE 2022



GSE, 2023

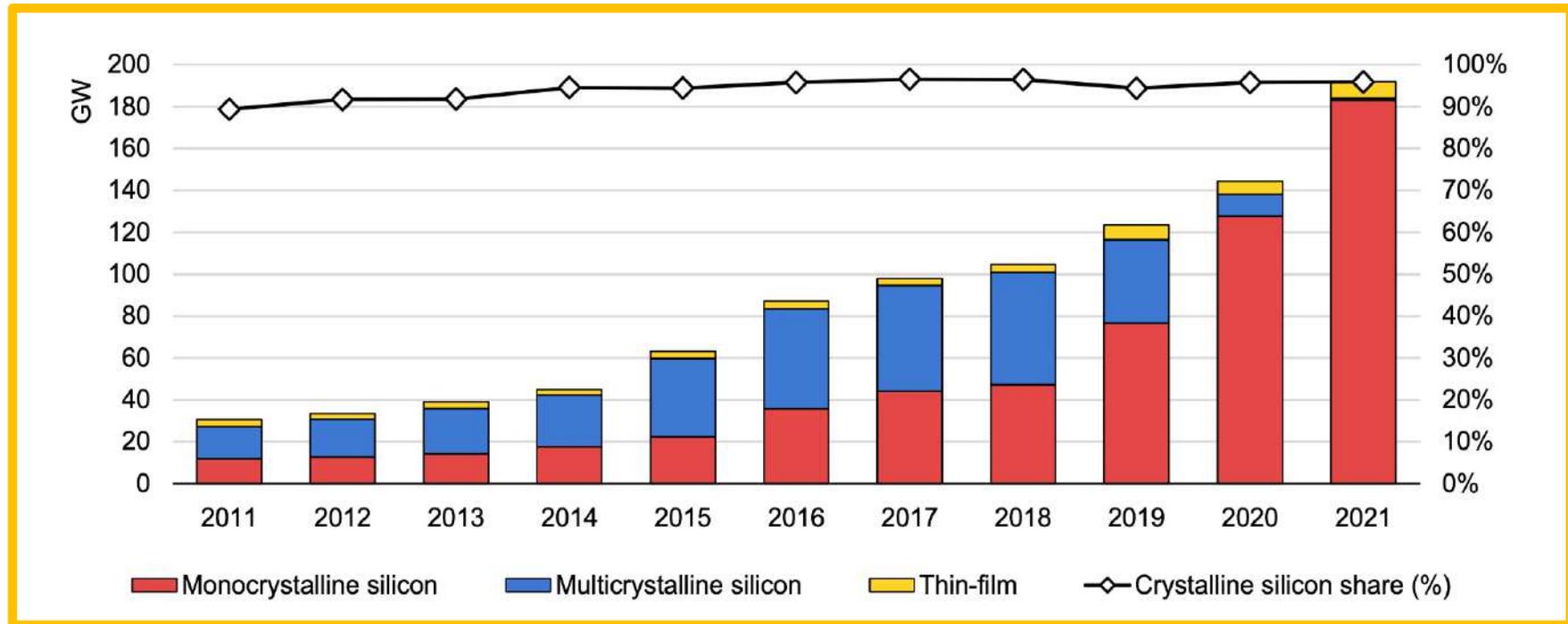
- 25 GW (+ 11% sul 2021)
- 28,2 TWh (+ 12,5%)
- 1,22 milioni di impianti
- Ind. 50%, res. 20%,  
terz. 19%, agri. 11%
- 34% a terra per 159 km<sup>2</sup>
- **AUTOCONSUMO**  
6,2 TWh (22.1%)

# NEL 2027, FV SARÀ LA TECNOLOGIA PIÙ INSTALLATA AL MONDO



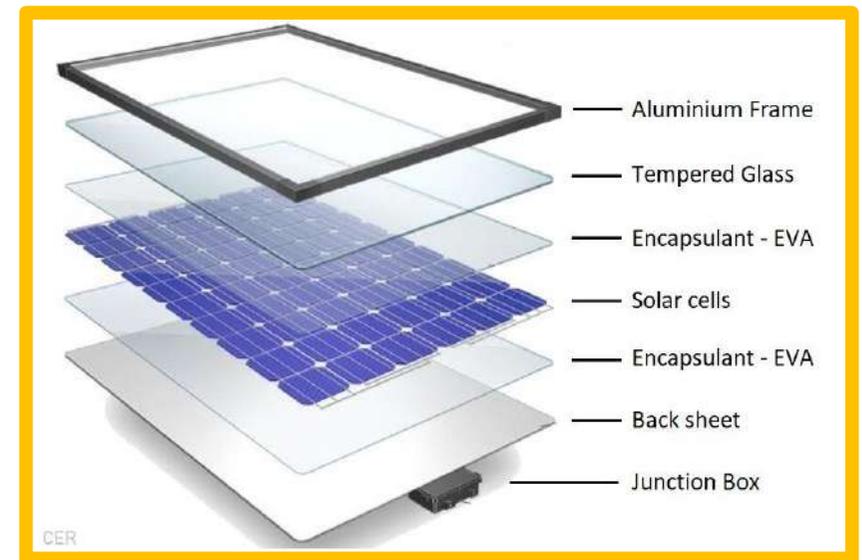
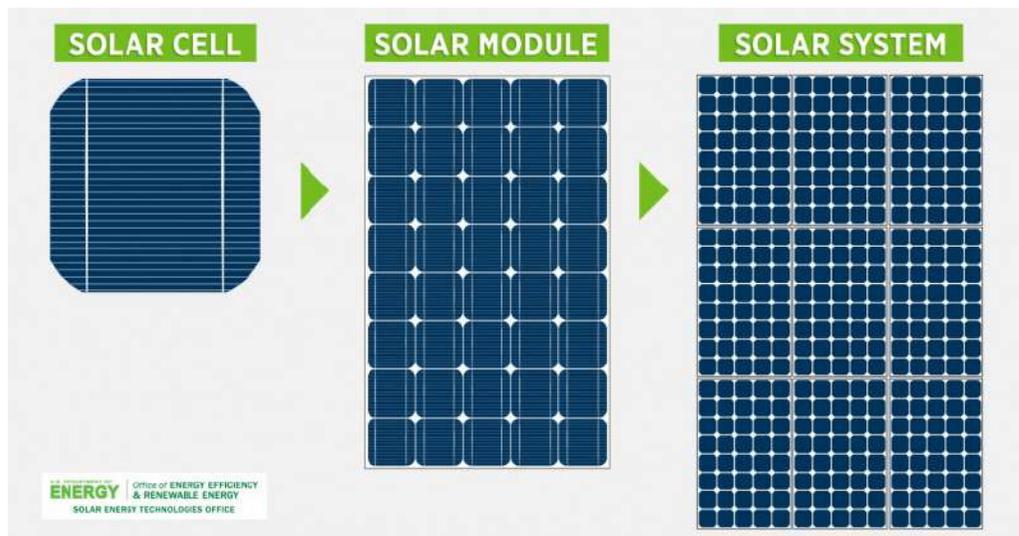
IEA, 2022

# MATERIALI FOTOVOLTAICI, TREND



Silicio monocristallino totalmente dominante

# COM'È FATTO UN PANNELLO? COSA MI METTO SUL TETTO?

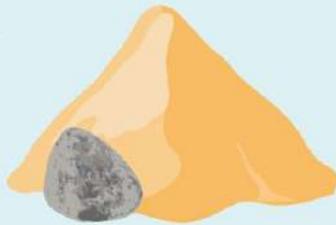


Inoltre: **INVERTER** e **BATTERIA**

# COME SI PRODUCE IL POLYSILICON (SILICIO CRISTALLINO PURISSIMO)

## Making polysilicon

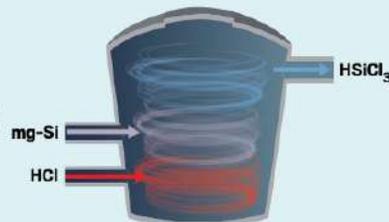
To create the polysilicon—a crystallized form of nearly pure silicon—needed for solar panels, manufacturers begin with quartzite gravel, a compound that contains silicon dioxide. The multistep process results in 99.9999% silicon.



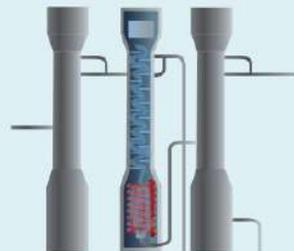
► **Step 1:** Quartzite gravel containing silicon dioxide is the starting material for polysilicon.



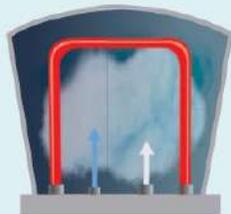
► **Step 2:** The quartz is melted down to silicon metal, which is at least 98% pure silicon.



► **Step 3:** Silicon metal is combined with hydrogen chloride to form liquid trichlorosilane.



► **Step 4:** Impurities are removed by distilling the trichlorosilane.



► **Step 5:** Trichlorosilane is pumped into horseshoe-shaped chambers that contain a thin filament of polysilicon. Electricity runs through the filament, heating it to 1,000 °C.

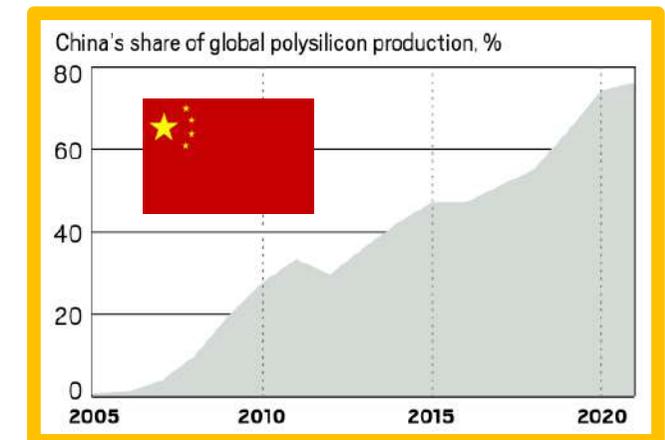


► **Step 6:** The silicon deposits onto the filament, turning it into a thick rod that is at least 99.9999% silicon.

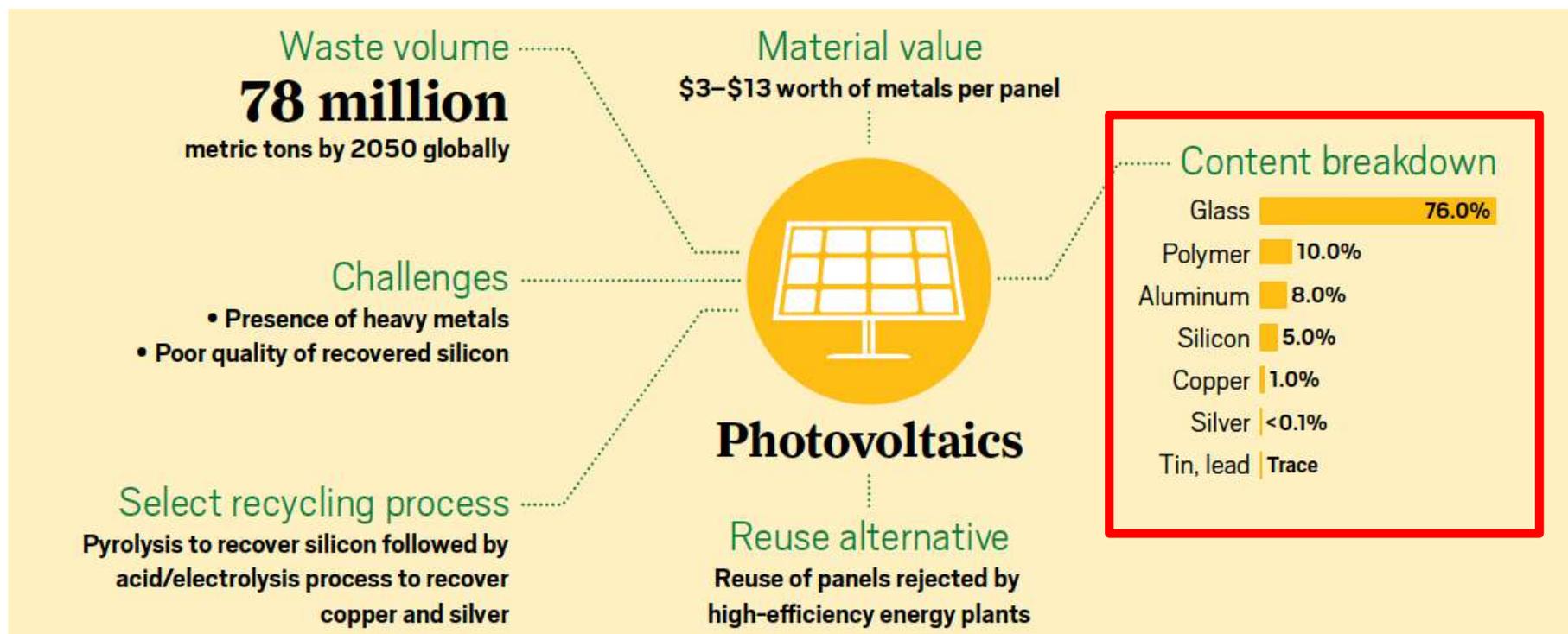


► **Step 7:** The rods are broken into chunks and sold to companies that make silicon wafers for solar panels.

Source: Adapted from Wacker Chemie.



# RICICLO: PANNELLI FV AL SILICIO



<https://pvcycle.org>

# SERVE TANTO "MATERIALE"! O NO...?



1 MW di pannelli FV al silicio  
richiede circa  
**200 ton di materiali**  
In 30 anni produce  
**40 000 MWh di elettricità**

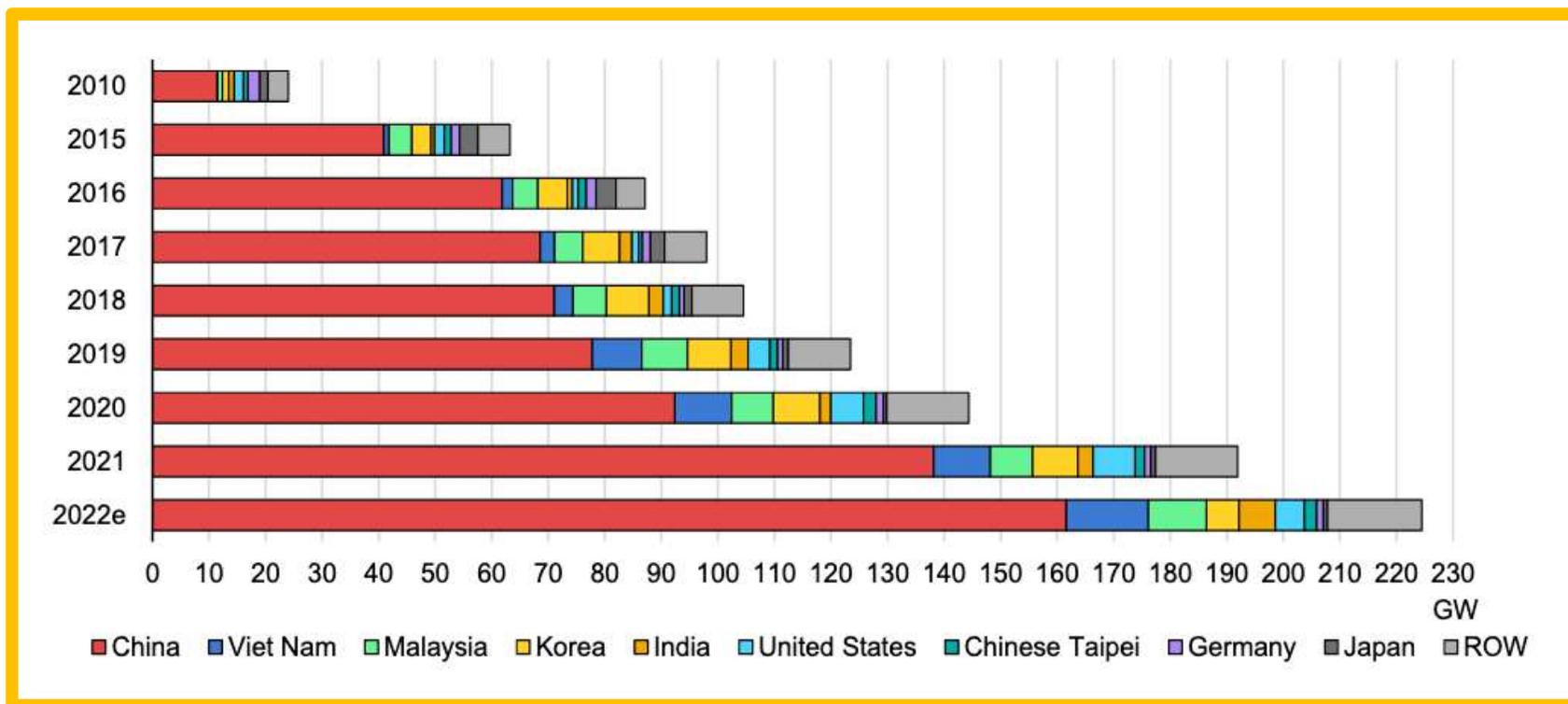
**MENO MATERIALE  
PIÙ COMPLESSITÀ**



Occorrono **14 000 ton di  
carbone** per produrre la stessa  
quantità di elettricità,  
**oltre 70 volte di più**

**PIÙ MATERIALE  
MENO COMPLESSITÀ**

# PRODUZIONE MONDIALE MODULI FV, 2010-2022, PER PAESE



CREDIT: Special Report on Solar PV Global Supply Chains, IEA, 2022

# INVERSIONE DI ROTTA IN CORSO

Accordo con la Commissione europea

## A Catania la gigafactory Enel Green Power di pannelli solari. Creerà mille posti di lavoro

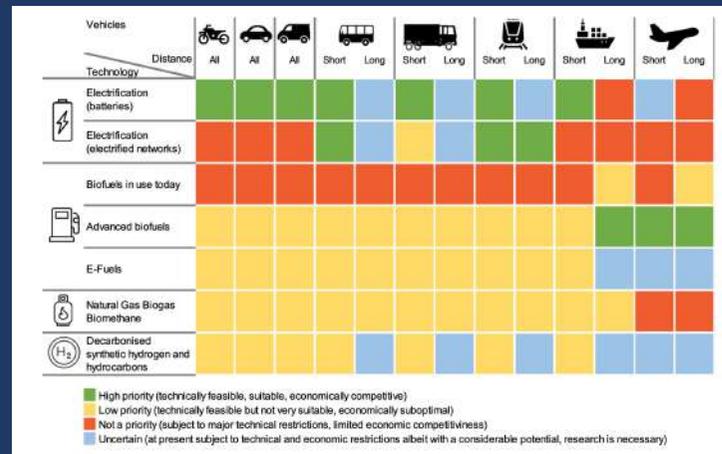
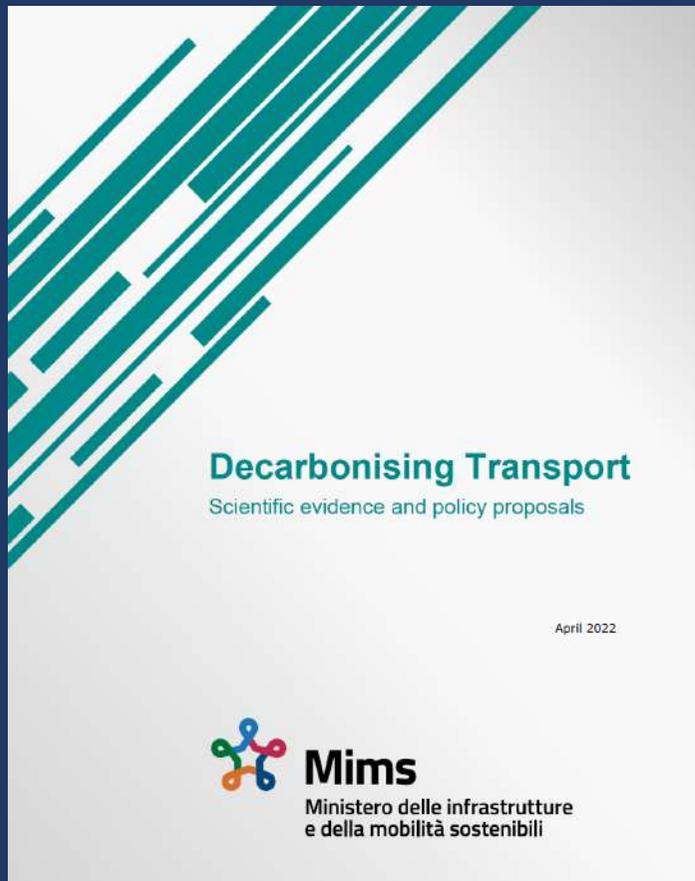
Enel Green Power ha firmato con la Commissione europea un accordo di finanziamento agevolato a fondo perduto da quasi 118 milioni di euro per sviluppo della gigafactory Tango presso la fabbrica 3Sun di Catania. La nuova fabbrica da 3 GW entrerà a pieno esercizio entro luglio 2024



## Otto tecnologie strategiche su cui punta l'Ue per un'industria verde 'Made in Europe'

La Commissione europea svela il piano per l'industria a emissioni zero 'Net-Zero Industry Act' per portare l'Ue a produrre il 40 per cento della tecnologia necessaria alla transizione entro il 2030. Permessi accelerati e progetti strategici per le tecnologie chiave

# L'ALTRA GAMBA DELLA TRANSIZIONE: I TRASPORTI



<https://www.mit.gov.it/comunicazione/news/decarboni-sing-transport-scientific-evidence-and-policy-proposals>

N. Armaroli, C. Carraro, P. Cazzola, E. Cherchi, M. Tanelli, M. Tavoni, A. Tilche, M. Torsello  
*Nat. Italy*, 2022, doi: 10.1038/d43978-022-00098-x

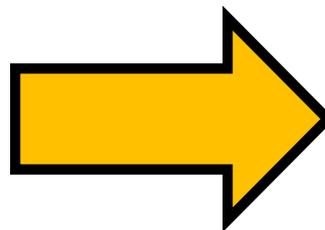
N. Armaroli, C. Carraro, P. Cazzola, E. Cherchi, M. Tanelli, M. Tavoni, A. Tilche, M. Torsello  
 Tecnologie e infrastrutture per una mobilità sostenibile  
*Il Mulino*, 2022, IN LIBRERIA



# PERCHE' AUTO E FURGONI A BATTERIA?



51 kWh  
equivale a  
**5,7 litri**  
di benzina



Auto analoga endotermica  
(da Via Michelin)

**30-45 litri**  
di benzina  
(5-7 X)

**QUESTA È LA RAGIONE**

# UNA RADICALE DIFFERENZA

## AUTO TERMICA

Alimentata da un flusso **materiale**



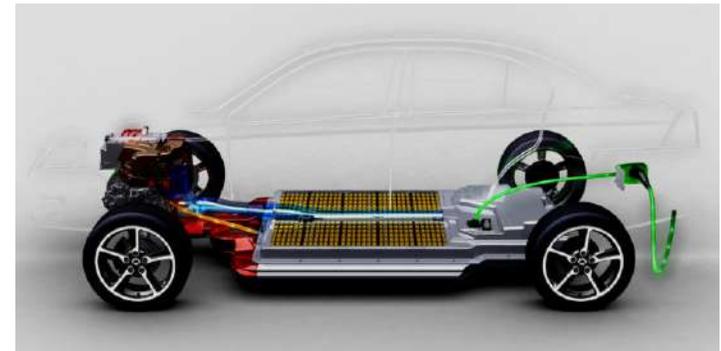
Un solo prodotto, semplice (benzina)  
Rifiuto disperso in atmosfera

## ECONOMIA LINEARE



## AUTO A BATTERIA

Alimentata da un flusso **immateriale**



Diversi prodotti, complessi (batteria)  
Nessuna dispersione



ECONOMIA  
CIRCOLARE

# SI PUÒ FARE?



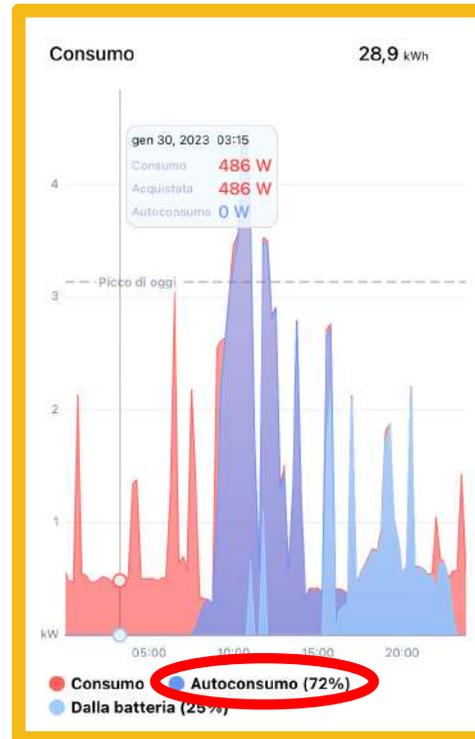
# ESEMPIO PRATICO: UN EDIFICIO COMPLETAMENTE ELETTRICO



Batteria



Pompa di calore Geot.



30 Gennaio 2023  
T Notte : - 2 C

Cons. Energetico TOTALE  
29 kWh

RISCALDAMENTO 13 kWh  
(eq. a 1,2 SMC GAS)

CASA VECCHIA (gas, classe D)  
10 SMC GAS al giorno

Un fattore 8X!

# BILANCIO A OGGI DA INIZIO ANNO, 2023



**AUTOCONSUMO: 74%**  
(pieno inverno incluso ...)

## PAREGGIO RAGGIUNTO

Tra prelievi e immissioni in rete

Nel corso dei 12 mesi l'edificio  
produce più energia  
di quella che consuma

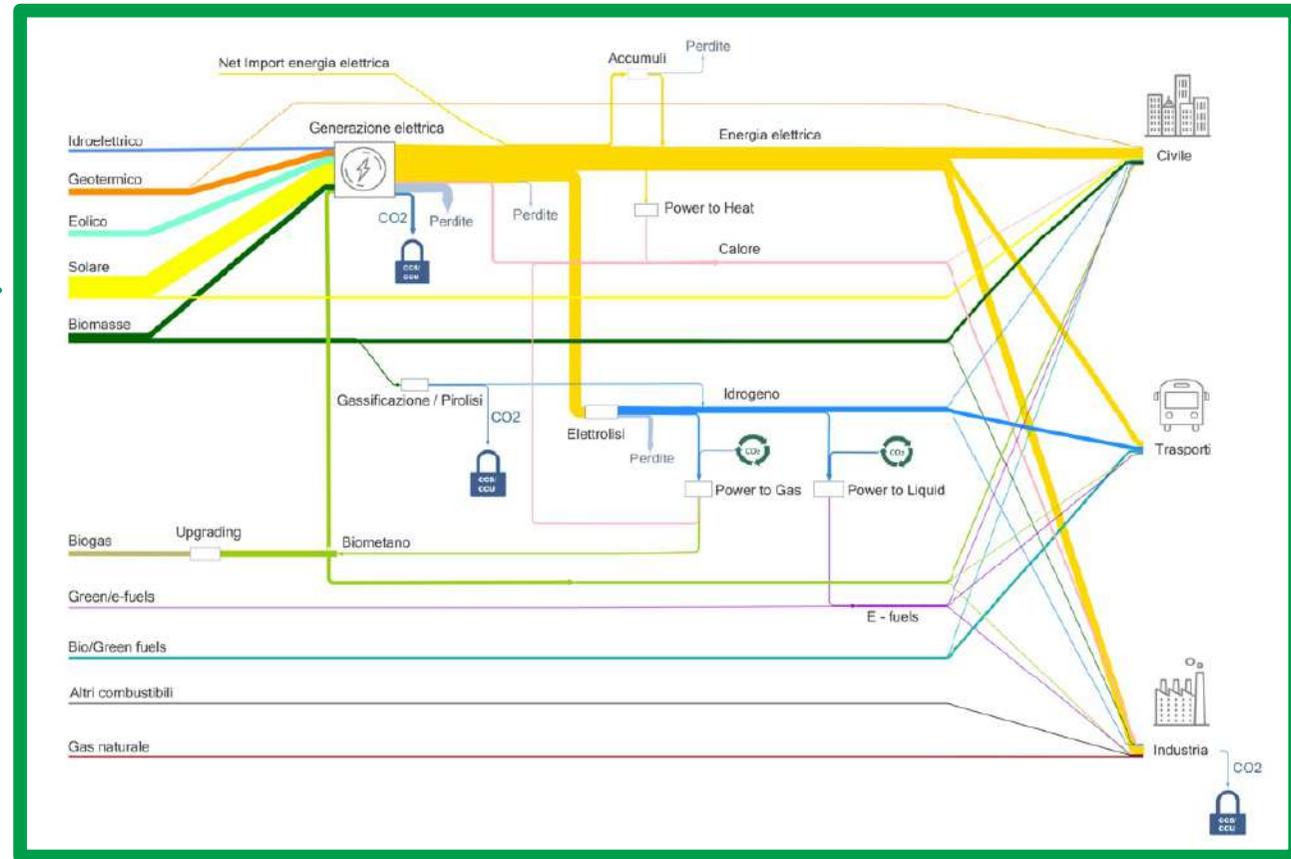
(pronto per una comunità energetica...)

# SI DEVE FARE!



# BILANCIO ENERGETICO ITALIA, 2050

Non è più  
l'obiettivo  
dei sognatori



Governo italiano, 2021

# CE LA FAREMO?

*La nostra stessa sopravvivenza dipende dalla nostra capacità di rimanere svegli, di adattarci alle nuove idee, di rimanere vigili e di affrontare la sfida del cambiamento.*

Martin Luther King Jr.