



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



# Diversificare le fonti di produzione energetica per contrastare i cambiamenti climatici

Ordine degli Ingegneri, Venezia, 14 ottobre 2022

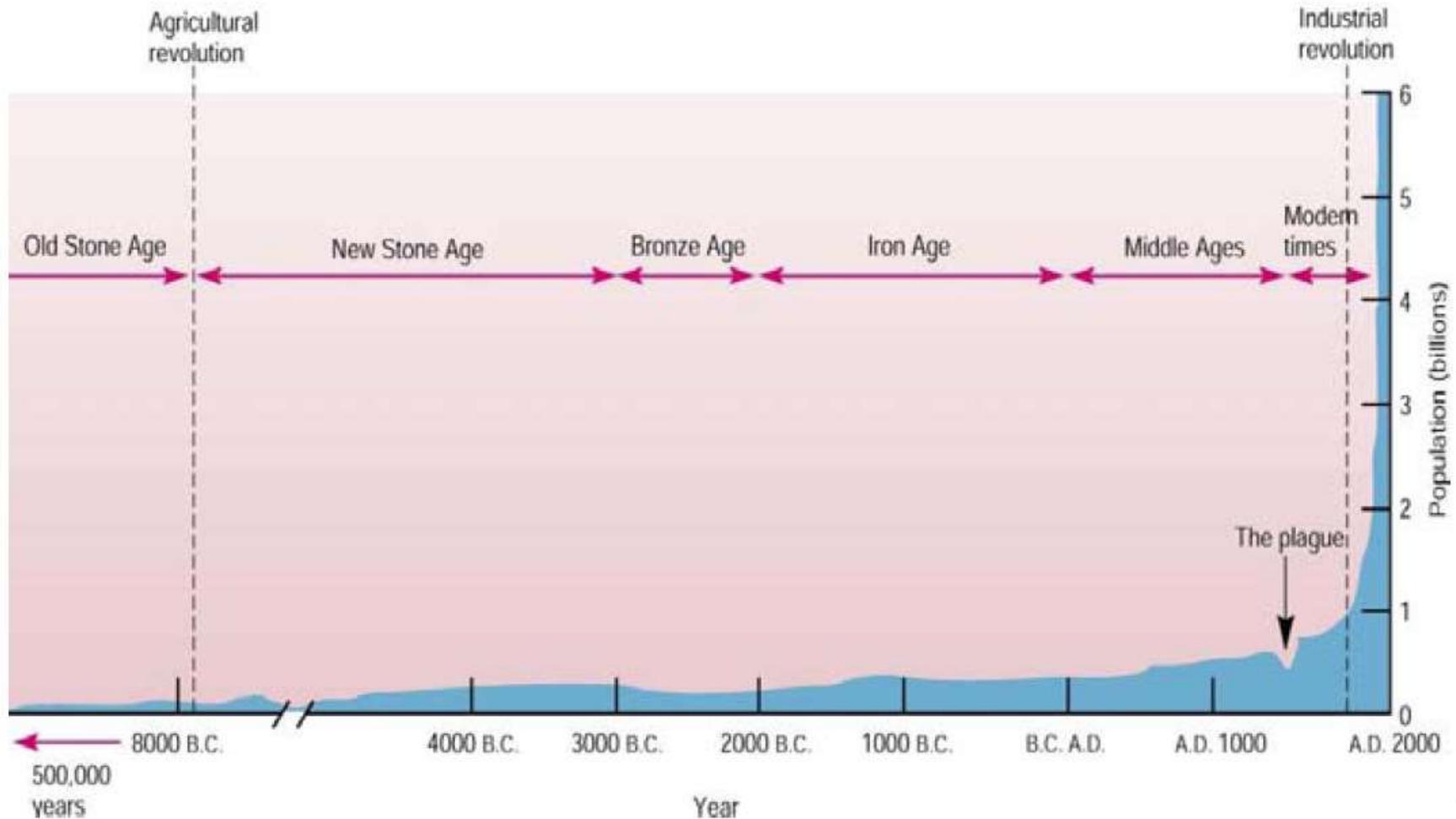
Arturo Lorenzoni

Università degli Studi di Padova



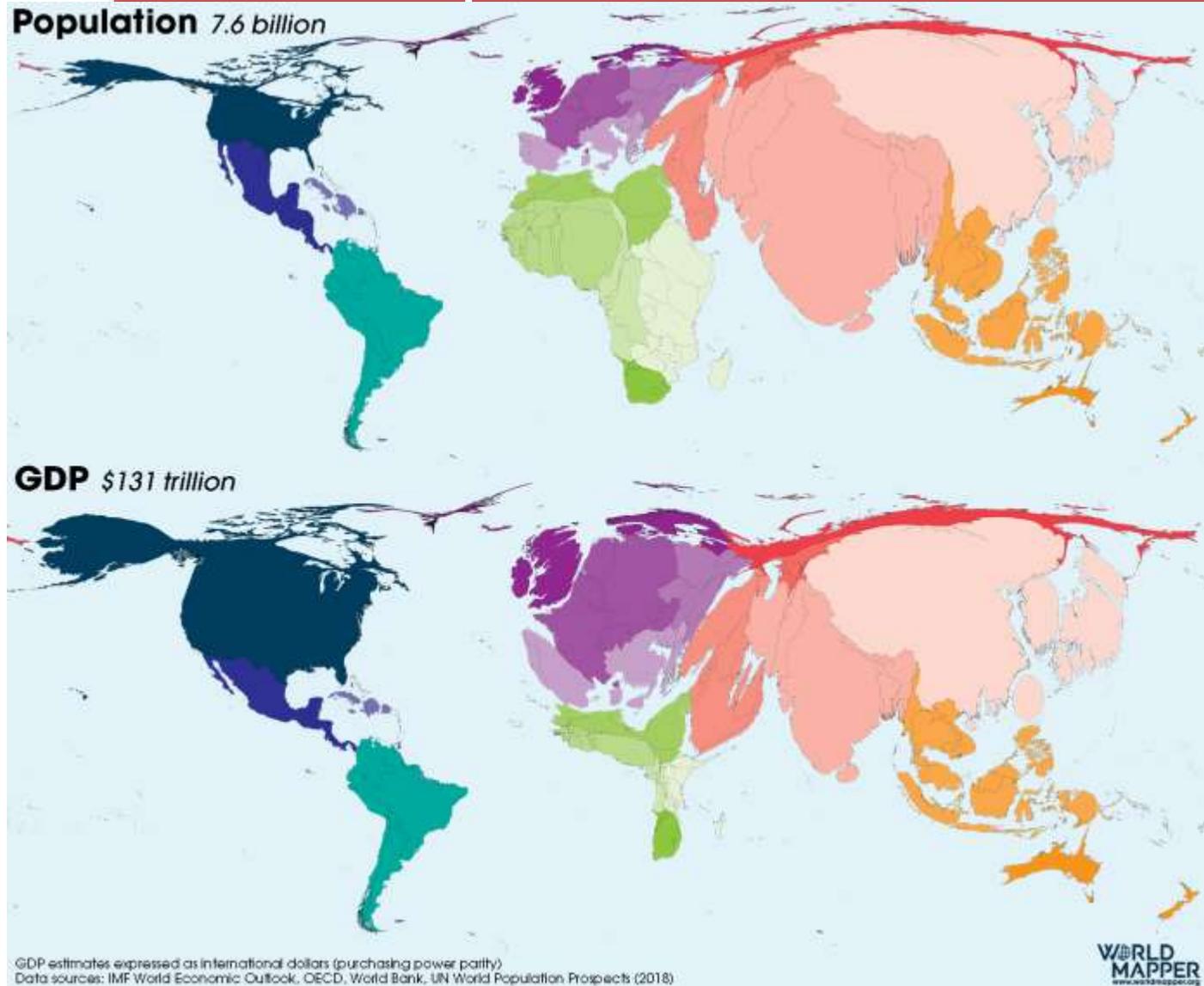


# L'andamento della popolazione





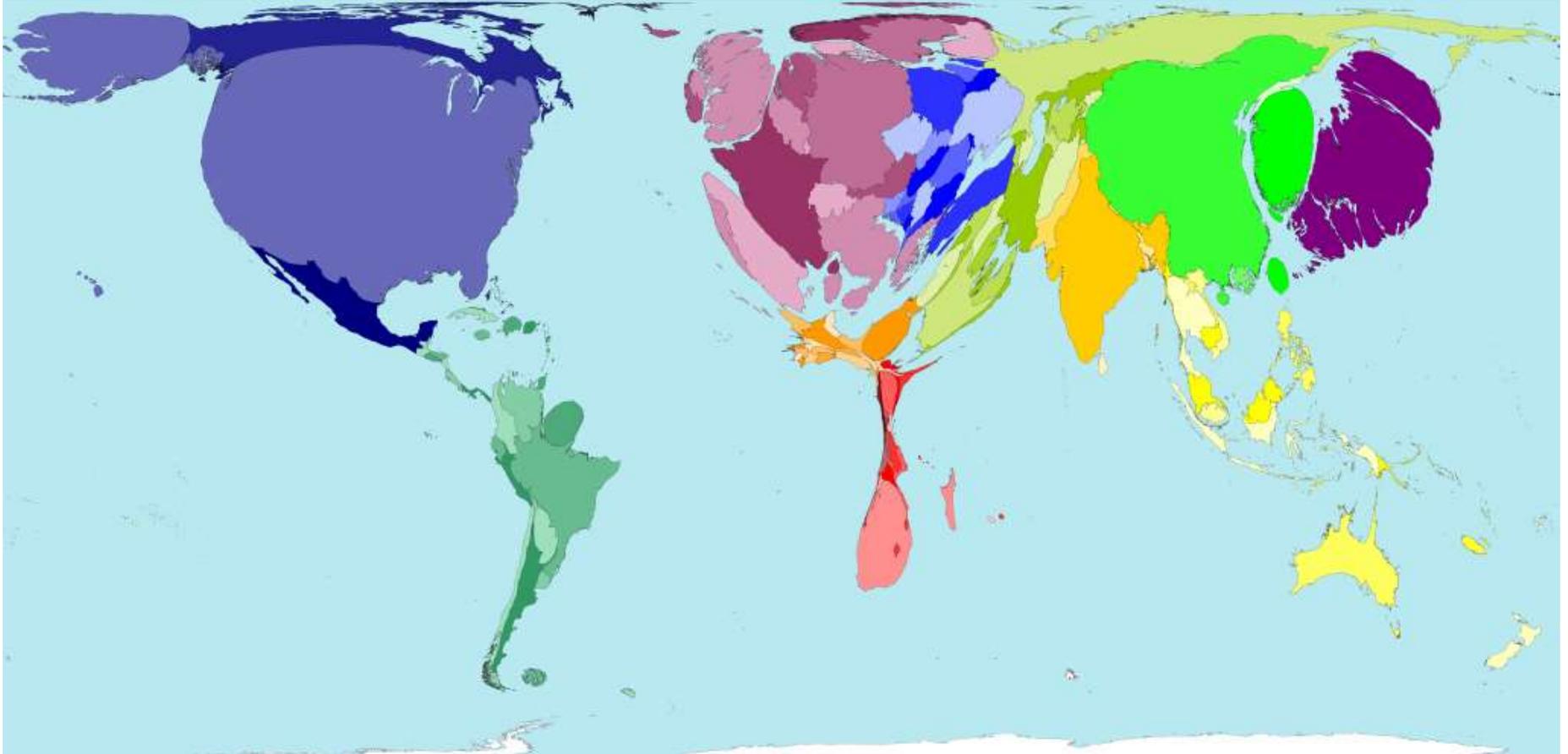
# Distribuzione della popolazione e della produzione di ricchezza





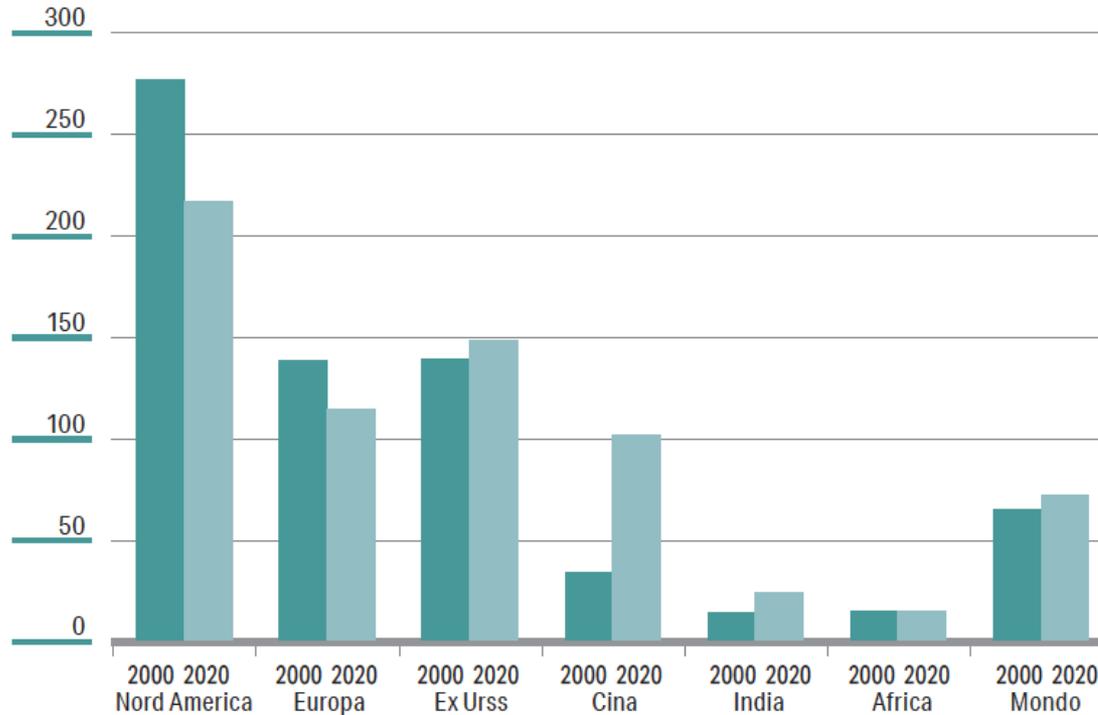
UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA

# Il consumo mondiale di energia elettrica





# Consumo di energia pro capite (Gj/capite)



Fonte: unem su dati BP Statistical Review per i consumi; Institut National d'Etudes Demographiques (Ined) per la popolazione

Fonte: Data Book Unem

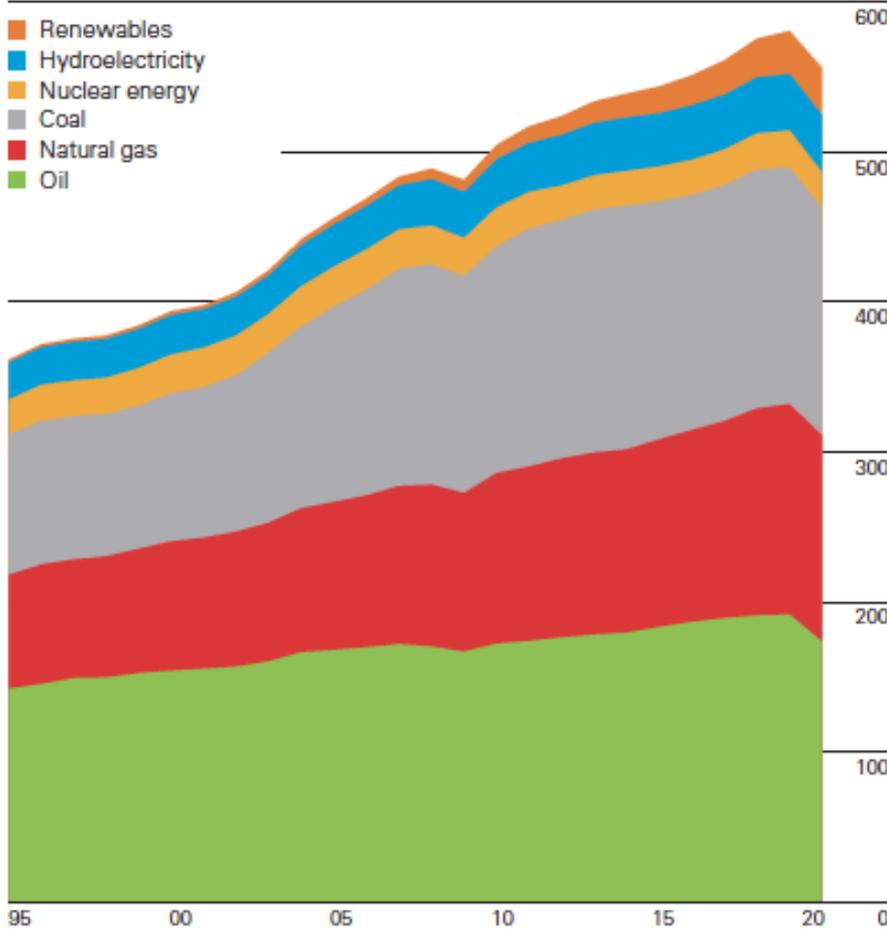




# Il consumo di energia nel mondo (Mtep): tantissimi fossili!

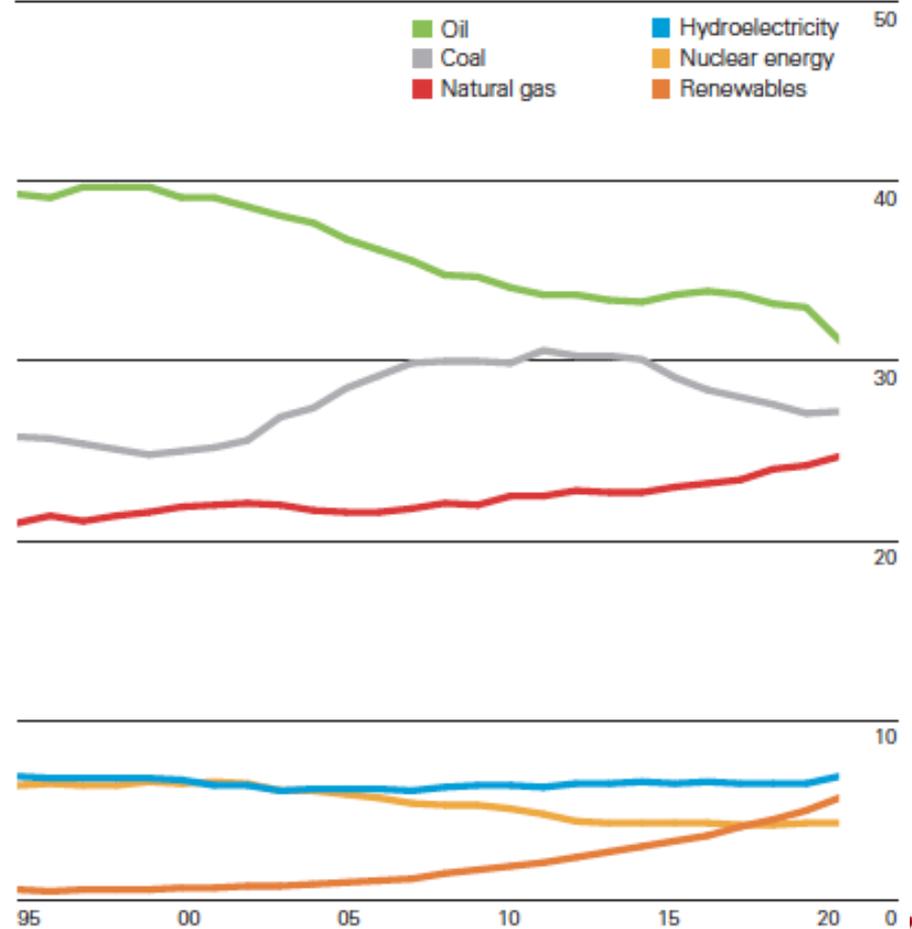
### World consumption

Exajoules



### Shares of global primary energy

Percentage



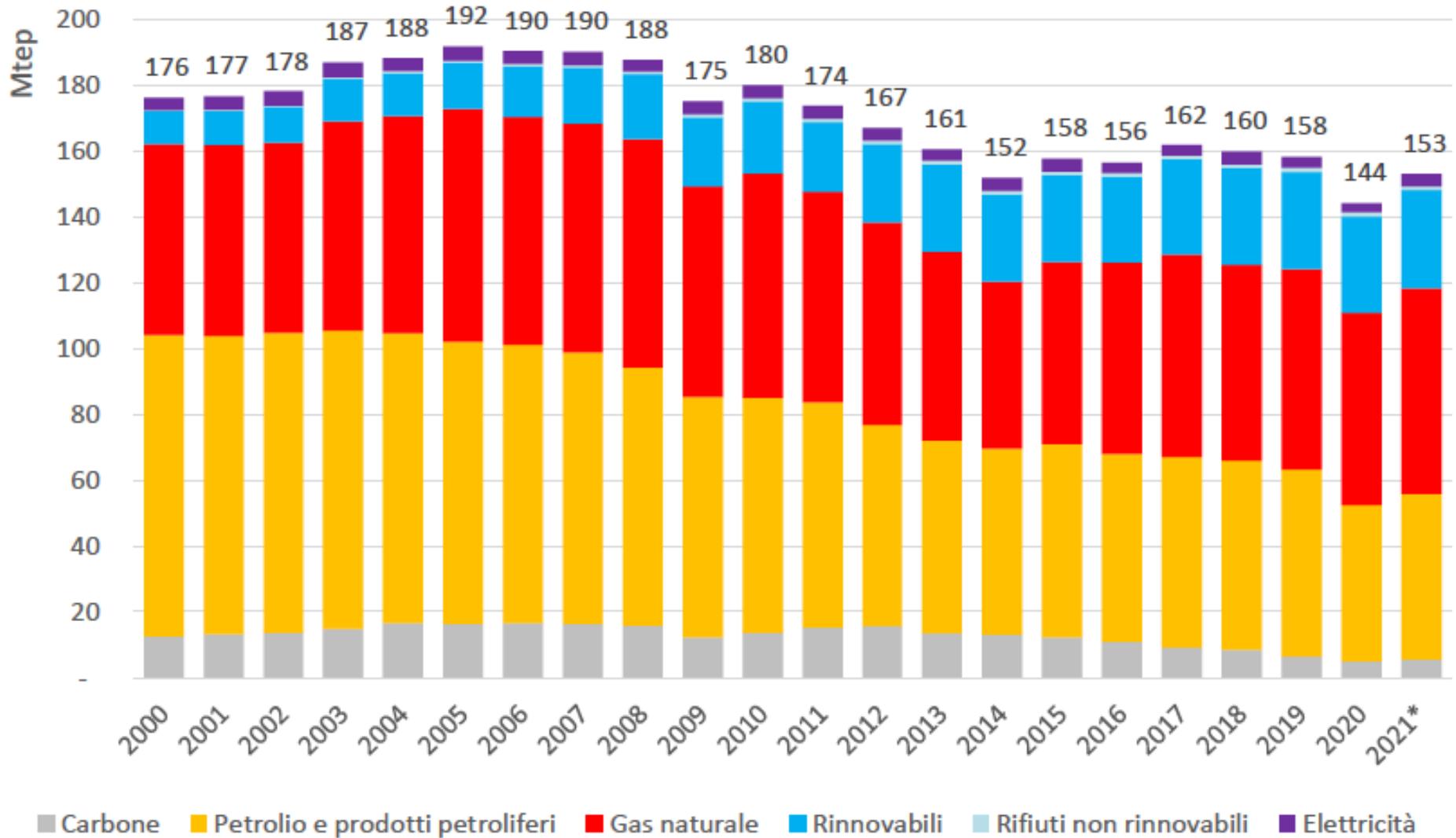
Fonte BP

Ogni cambiamento deve fare i conti con un'inerzia enorme del sistema





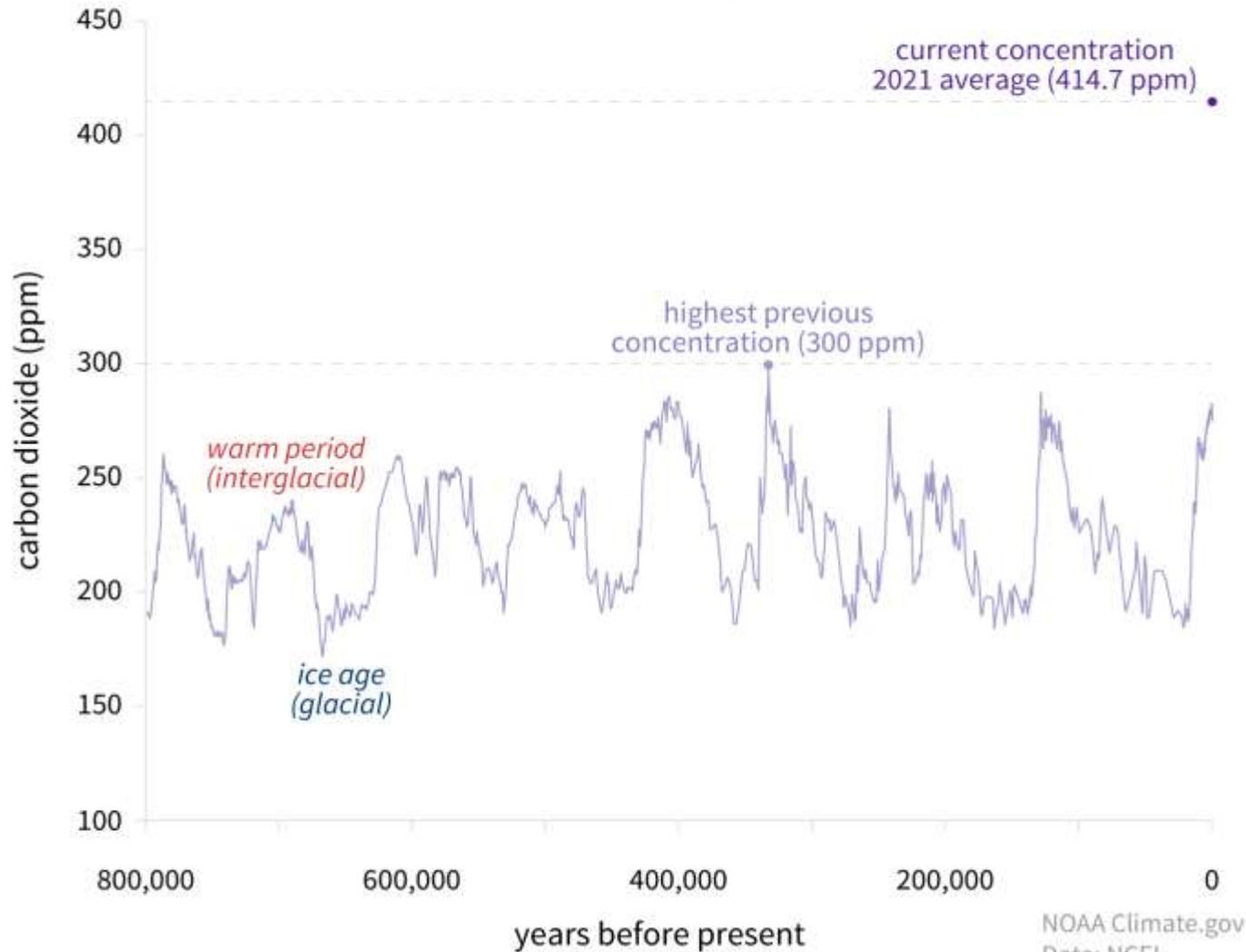
# La domanda di energia in Italia: in contrazione





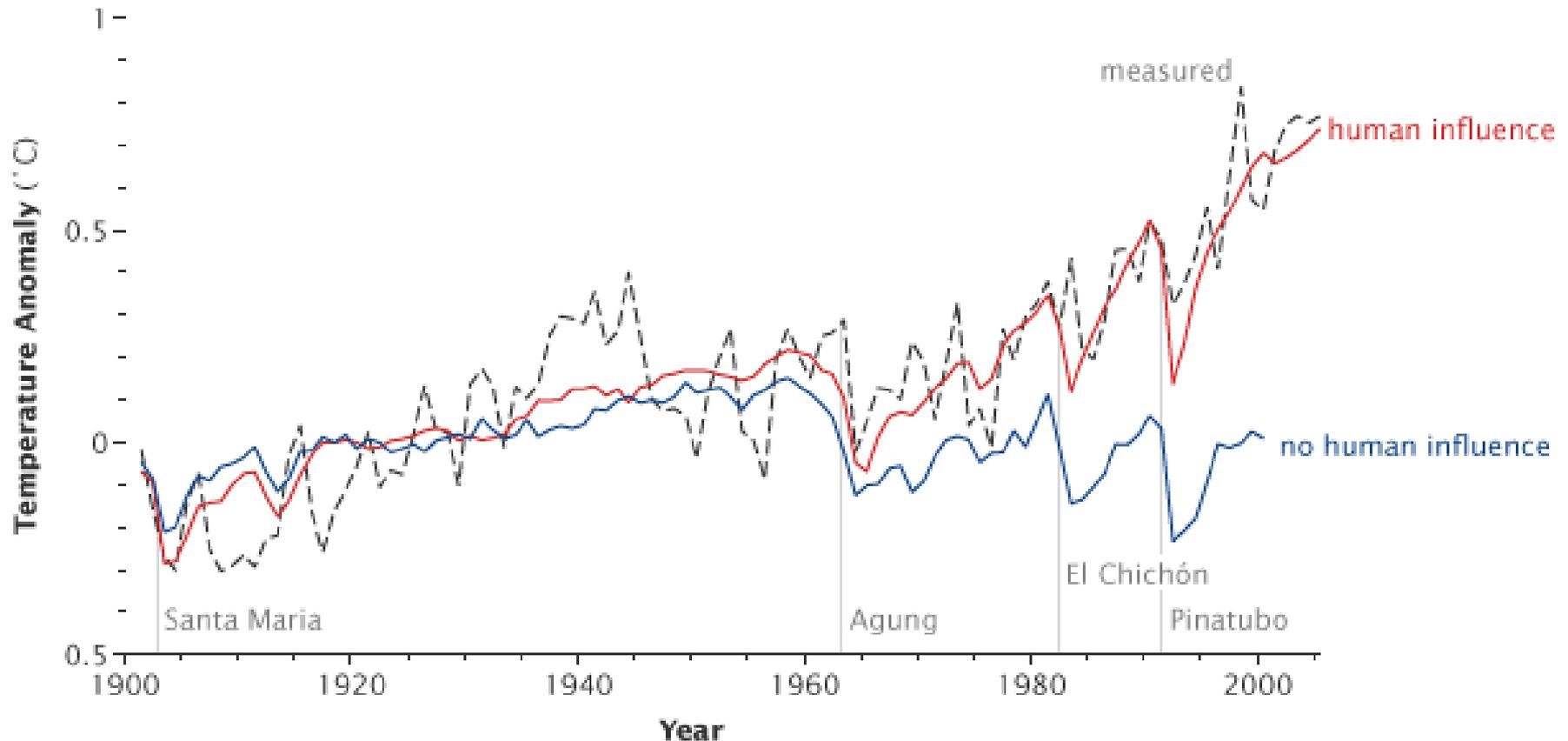
# L'andamento della CO<sub>2</sub> in atmosfera

## CARBON DIOXIDE OVER 800,000 YEARS





# Il contributo dell'uomo è mostrato chiaramente dai modelli



<https://earthobservatory.nasa.gov/blogs/climateqa/if-earth-has-warmed-and-cooled-throughout-history-what-makes-scientists-think-that-humans-are-causing-global-warming-now/>





## Due vincoli principali: una distribuzione delle risorse ineguale e il clima

- La prima sfida che il mondo deve affrontare è la scelta di tecnologie energetiche compatibili con una **ridistribuzione delle risorse**. Una disponibilità squilibrata di risorse non è sostenibile a livello sociale (il costo della sicurezza energetica è piuttosto elevato) e una disparità nell'accesso all'energia è all'origine di molti conflitti
- La crescita della domanda di energia nei prossimi decenni è quasi esclusivamente nei paesi con economie in sviluppo
- Allo stesso tempo, è necessario avviare il processo di sostituzione dei combustibili fossili, per salvaguardare l'equilibrio climatico

**La scelta delle filiere tecnologiche su cui investire non può prescindere dalla considerazione dei vincoli con cui si opera**





# Le fonti fossili: il doping della crescita economica del XX secolo

- Le fonti fossili rappresentano circa l'80% dell'energia commerciale nel mondo
- Il settore energetico ha un'inerzia al cambiamento molto elevata per la sua alta intensità di capitale (lock in)
- Ogni cambiamento richiede periodi lunghi (cicli di vita tecnologici di decenni)
- Le fonti fossili non sono scarse e l'equilibrio climatico richiede che una parte delle riserve già scoperte non vengano utilizzate (unburnable carbon)
- Le alternative sul piano tecnologico oggi ci sono. Per fortuna.
- I fondamentali economici dell'energia sono mutati in modo profondo negli ultimi 20 anni





# L'unica risposta: Unburnable carbon, lasciare il carbonio fossile dov'è

Global proven reserves of fossil fuels, 2016	3,641 Gt CO <sub>2</sub>
CO <sub>2</sub> equivalent of reserves in the existing and under-construction oil and gas fields, and coal mines in 2015	942 Gt CO <sub>2</sub>
Global carbon budget for a medium (50%) chance of 1.5°C	580 – 770 Gt CO <sub>2</sub>
Remaining global carbon budgets for a likely (66%) chance of 1.5°C	420 – 570 Gt CO <sub>2</sub>

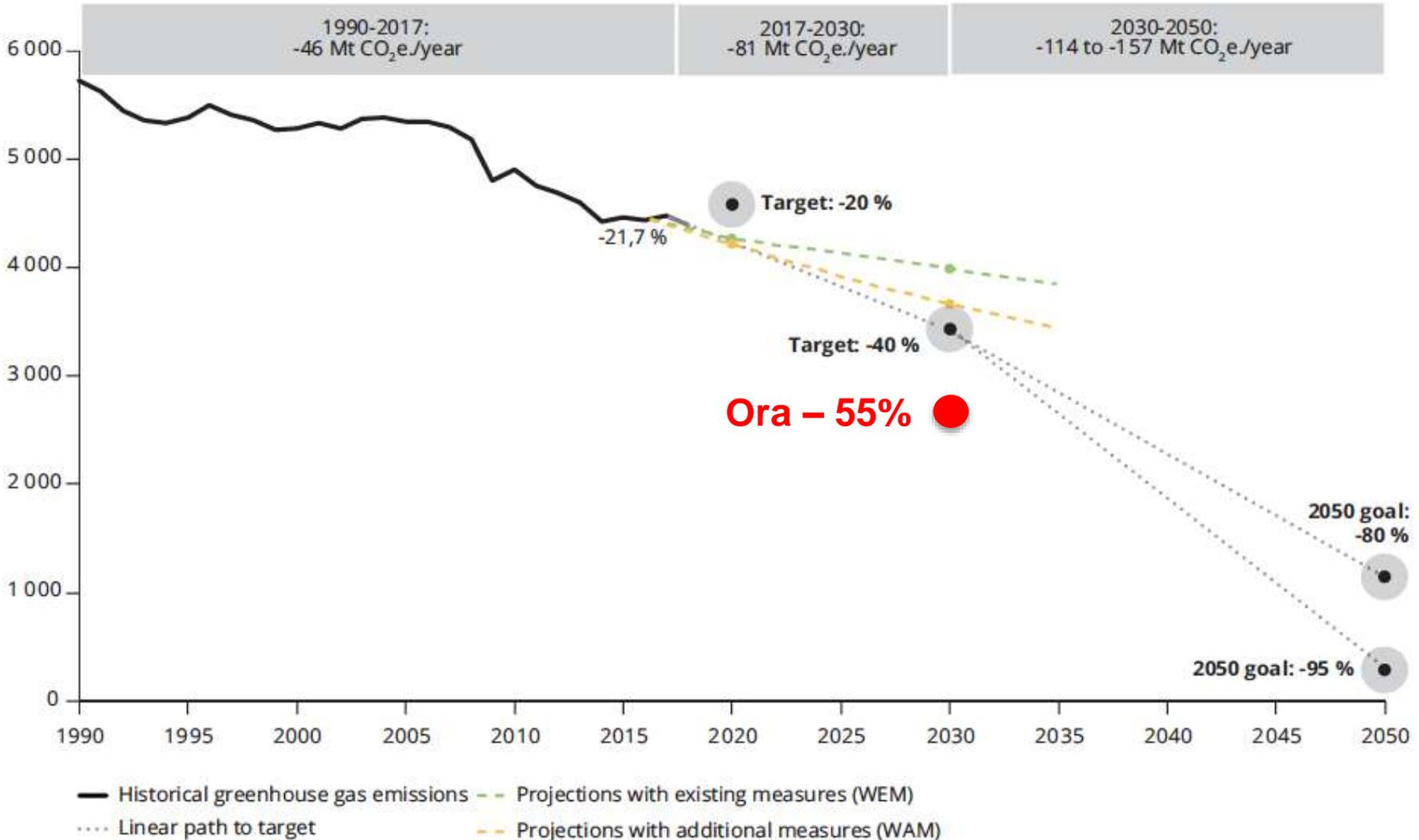
Source: Muttitt, 2016.; IPCC, 2018; Author's own calculations based on BP, 2018





# I target europei al 2030 e '50

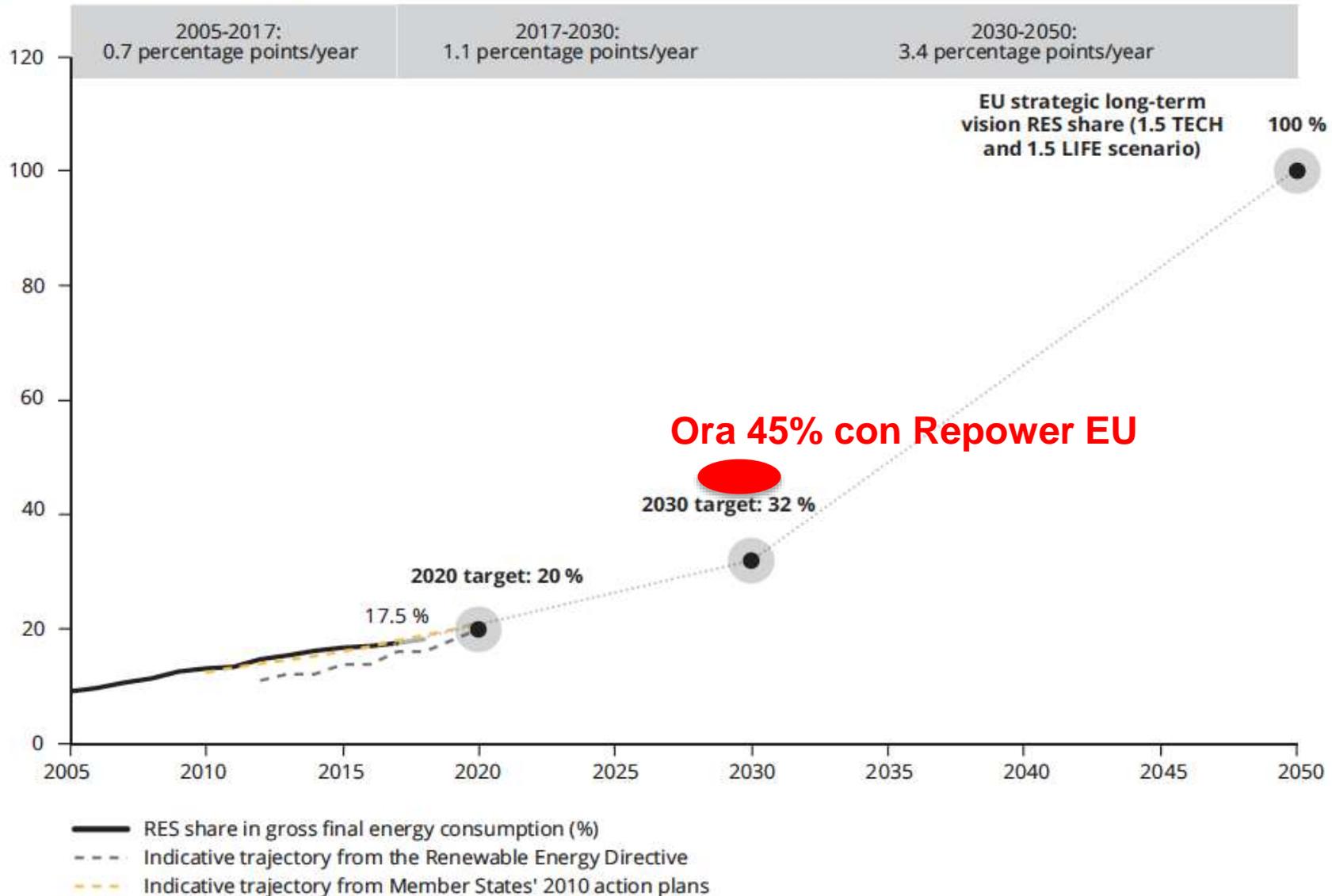
Million tonnes of CO<sub>2</sub> equivalent (Mt CO<sub>2</sub>e)





# La crescita delle fonti rinnovabili in EU

RES shares in gross final consumption (%)





# L'Europa si è mossa dapprima con il Clean Energy Package

The EU was an early mover on clean energy: it was the first major power in the world to set, in 2009, ambitious energy and climate targets for 2020 (20% greenhouse gas emission reduction, 20% in renewable energy and 20% energy efficiency). Ten years later, the EU is broadly on track to achieve these 2020 objectives, proving it is possible to reduce emissions and achieve GDP growth at the same time.



**Maggio 2022**

**-55%**

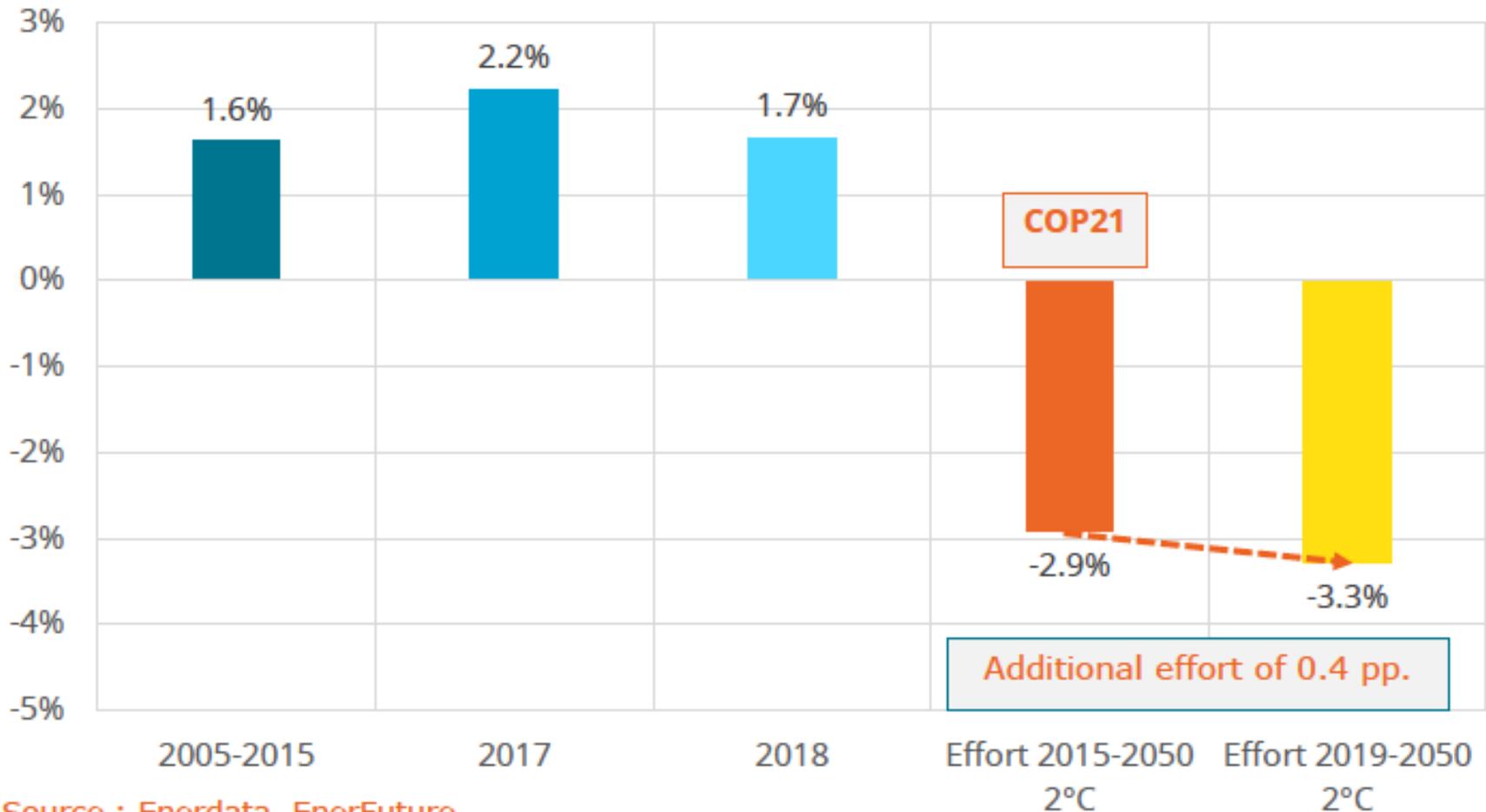
**45%**

**39%**



# Lontano dal target

Energy-related CO<sub>2</sub> Emissions Trend – G20

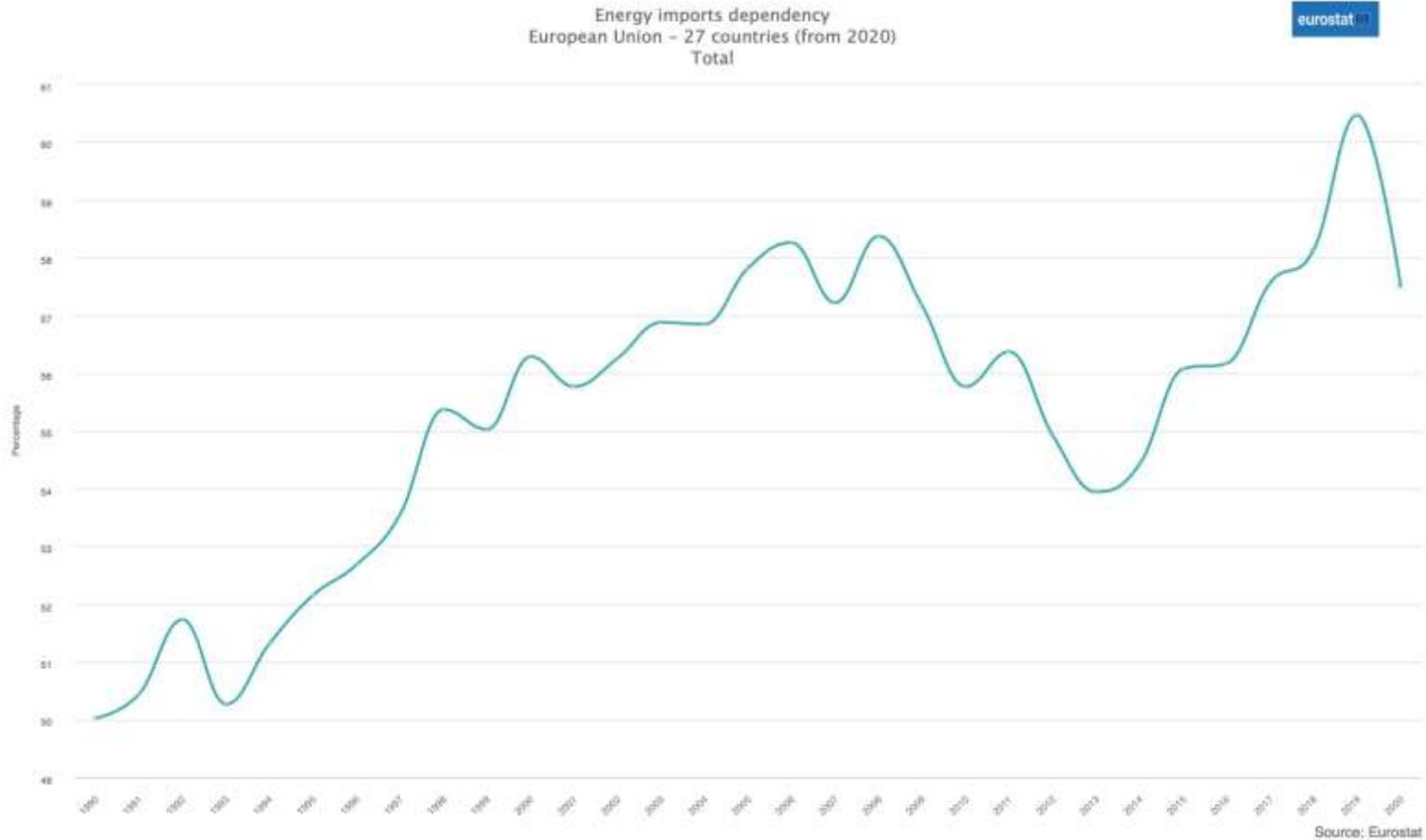


Source : Enerdata, EnerFuture

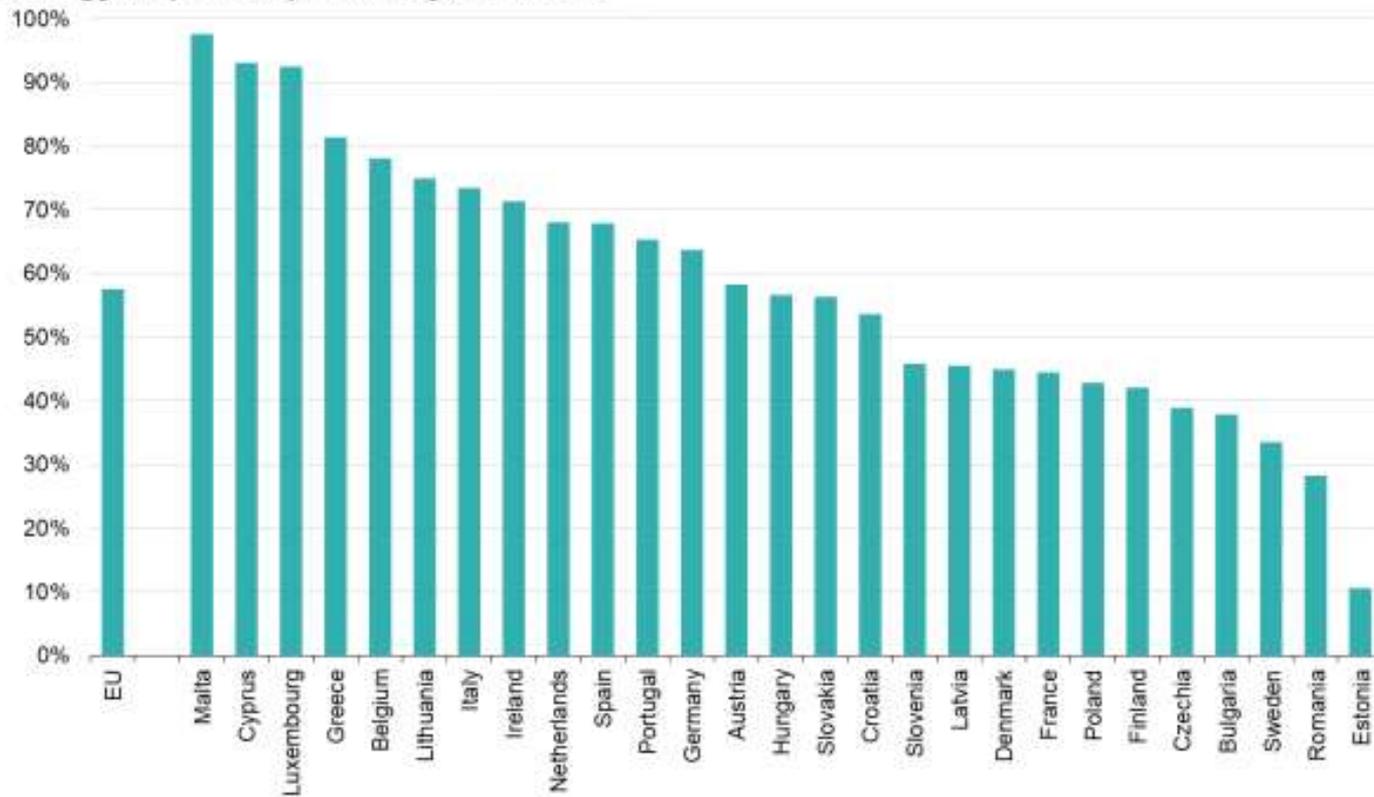




# Dipendenza energetica in Europa



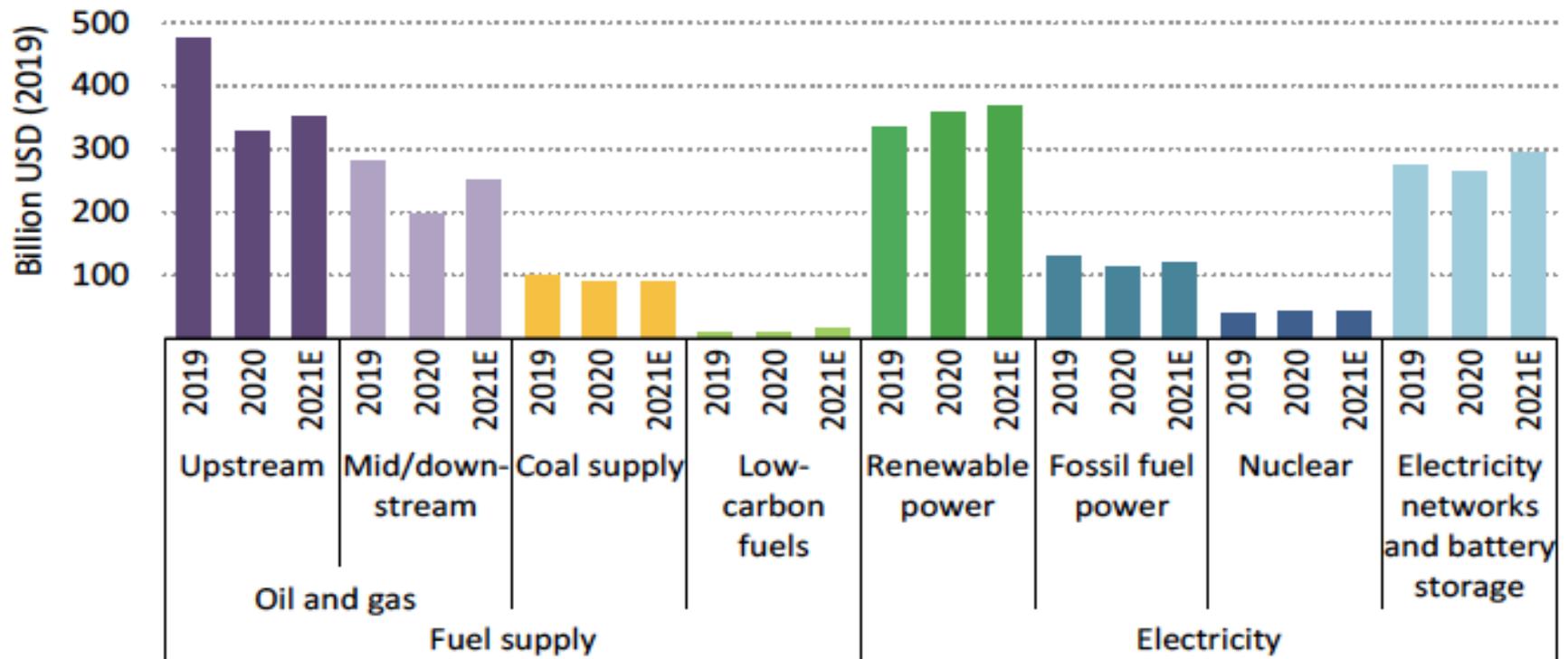
## Energy import dependency, EU, 2020



Source: Eurostat, calculation based on energy balances



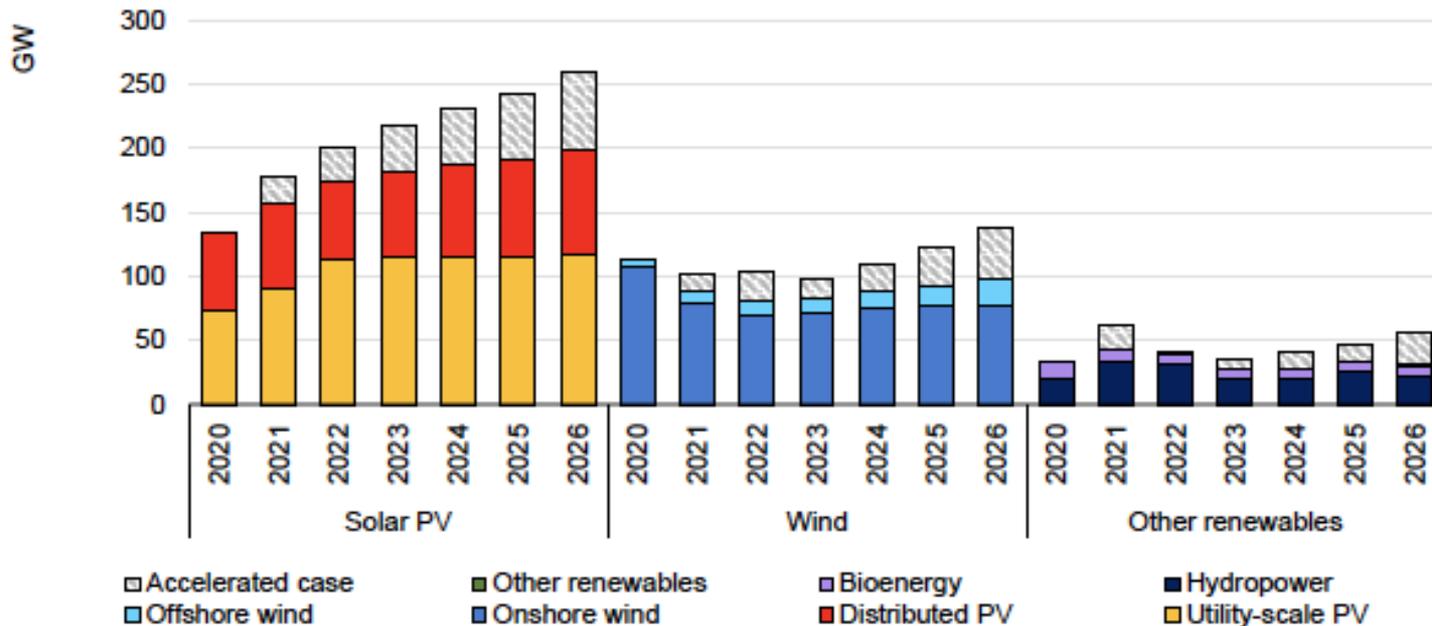
## Global energy supply investment by sector



IEA. All rights reserved.

# re ed eolico rappresentano

**Figure 1.6 Annual capacity additions of solar PV, wind and other renewables, main and accelerated cases, 2020-2026**

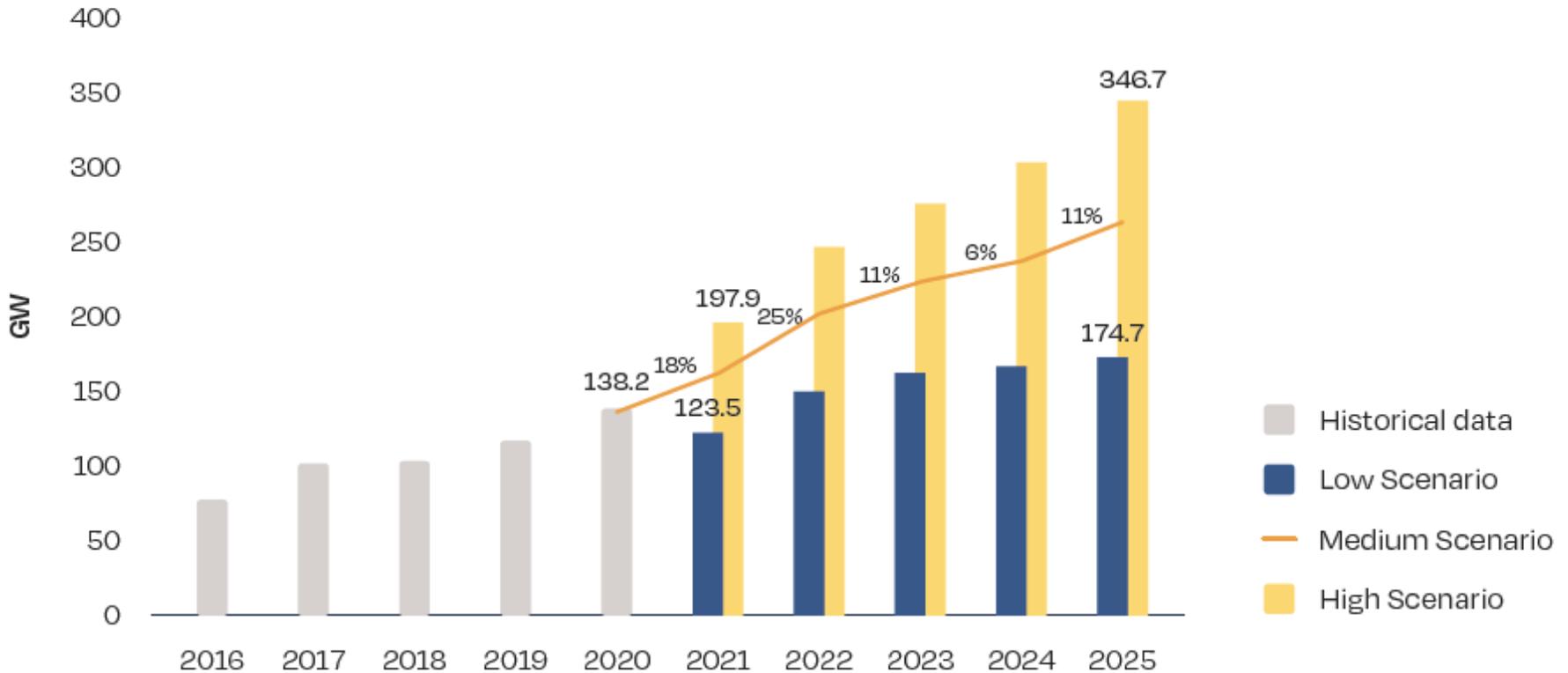


IEA. All rights reserved.





# Scenari di mercato FV 2021 - 2025





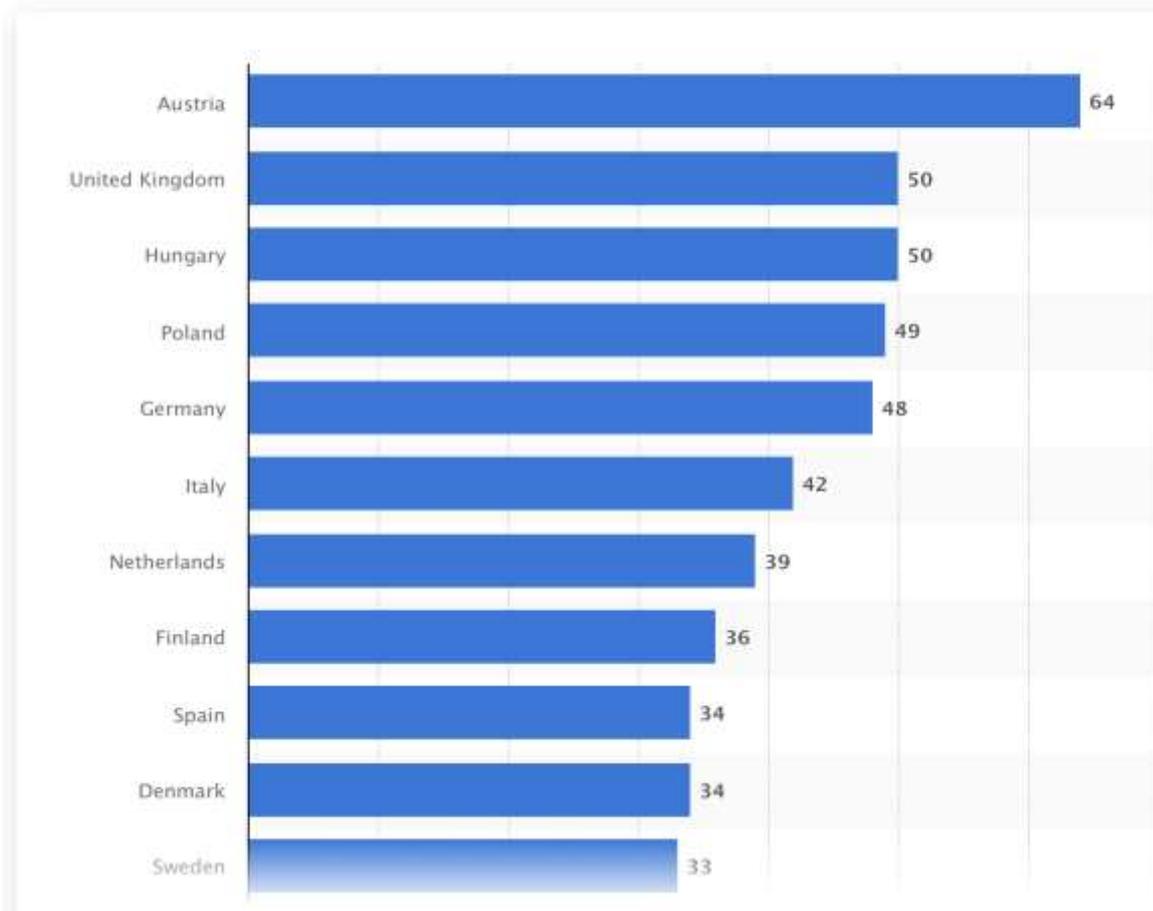
# I prezzi dei contratti di cessione del solare in EU

Energy & Environment › Energy

PREMIUM

**Average price of corporate power purchase agreements (PPAs) for solar projects in selected European countries in the first quarter of 2021**

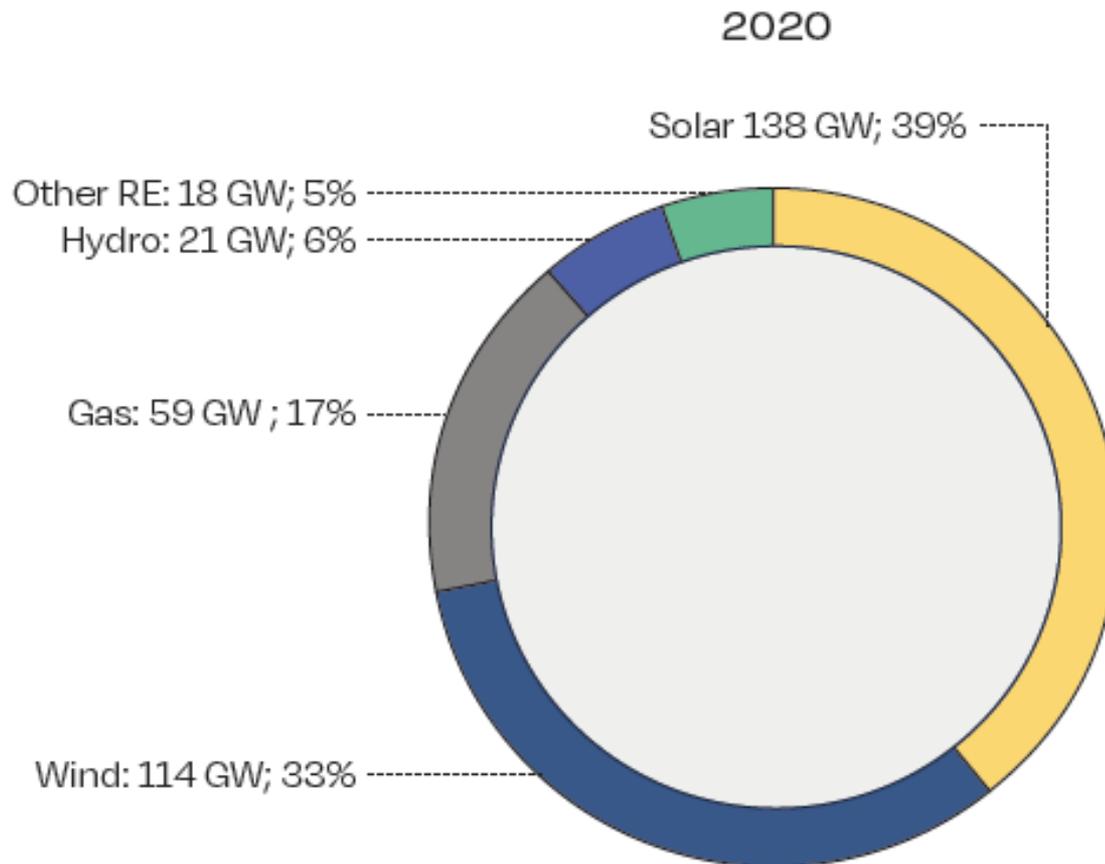
*(in euros per megawatt hour)*





# Dove si investe?

FIGURE 1 NET POWER GENERATING CAPACITY ADDED IN 2020 BY MAIN TECHNOLOGY

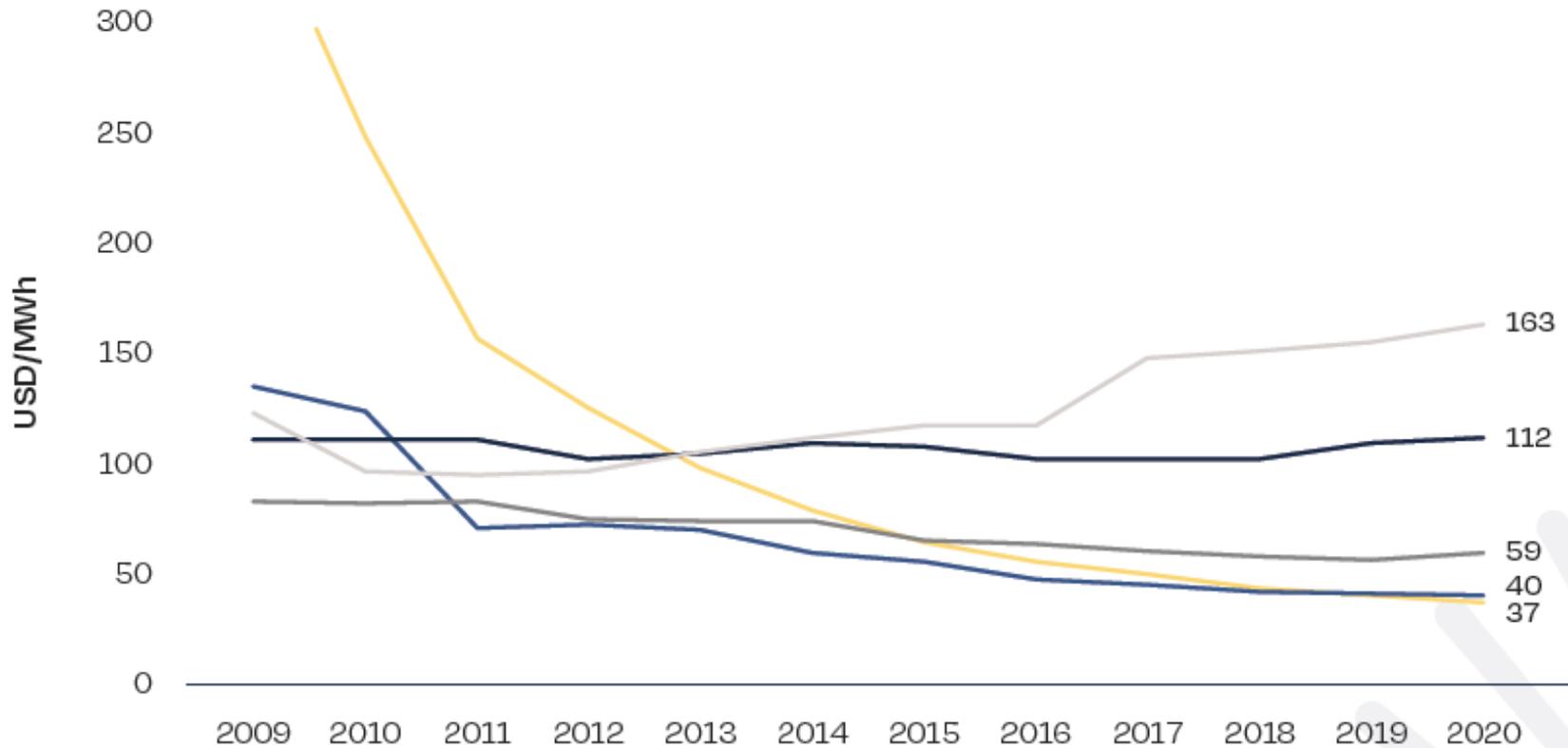


Fonte: Solar power Europe





# Le rinnovabili sono l'opzione più economica



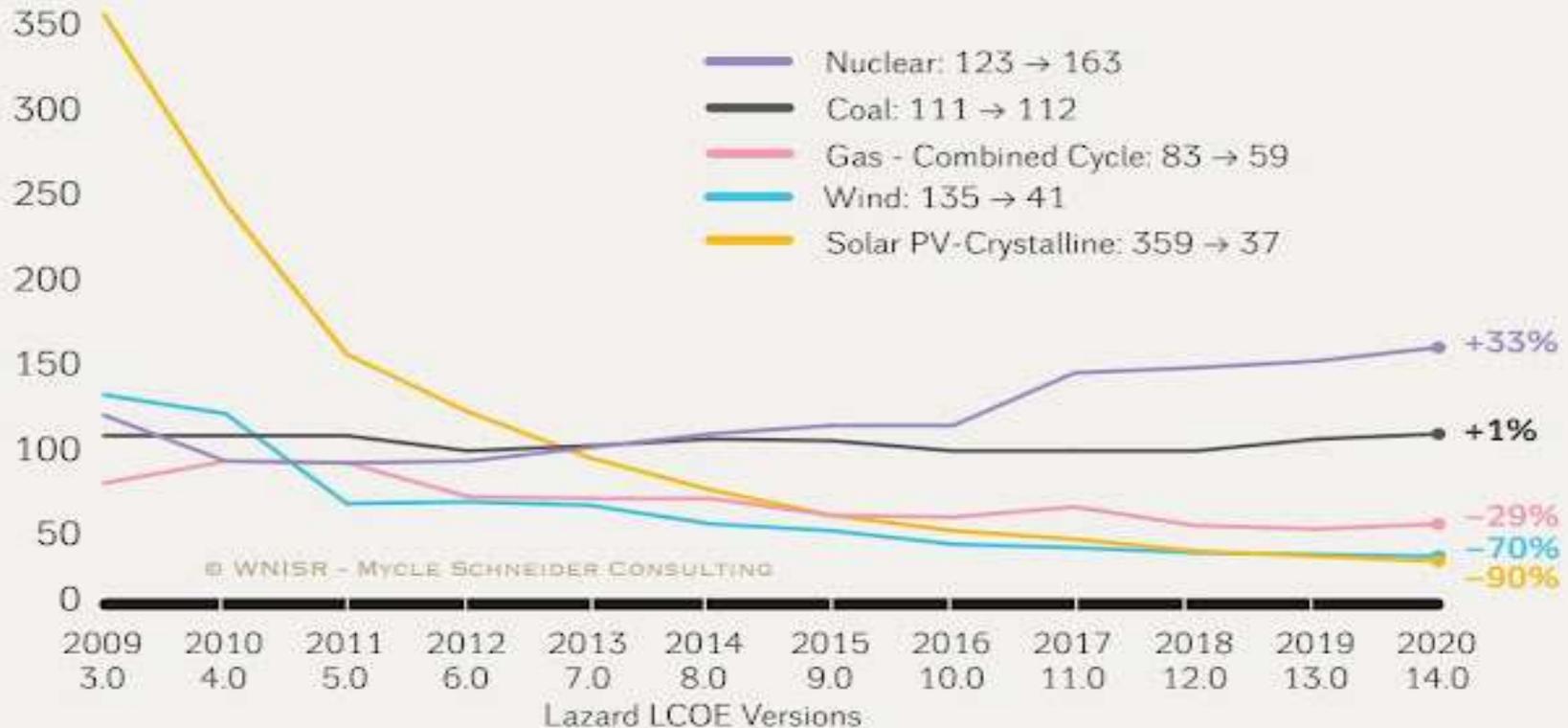


# L'idea che la svolta energetica sia un costo insostenibile va rivista. Velocemente

Figure 44 · The Declining Costs of Renewables vs. Traditional Power Sources

## Selected Historical Mean Costs by Technology

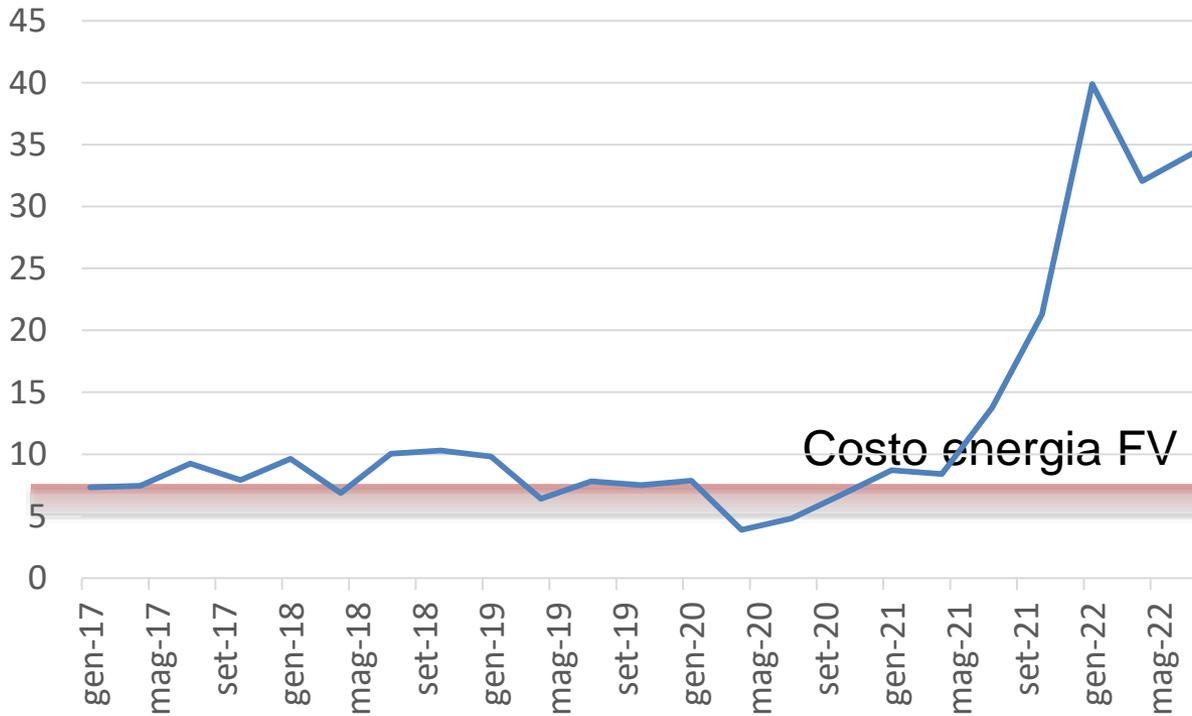
LCOE values in US\$/MWh \*





# Il prezzo dell'energia elettrica per un

€/kWh Componente energia consumatore non domestico >  
16 kW





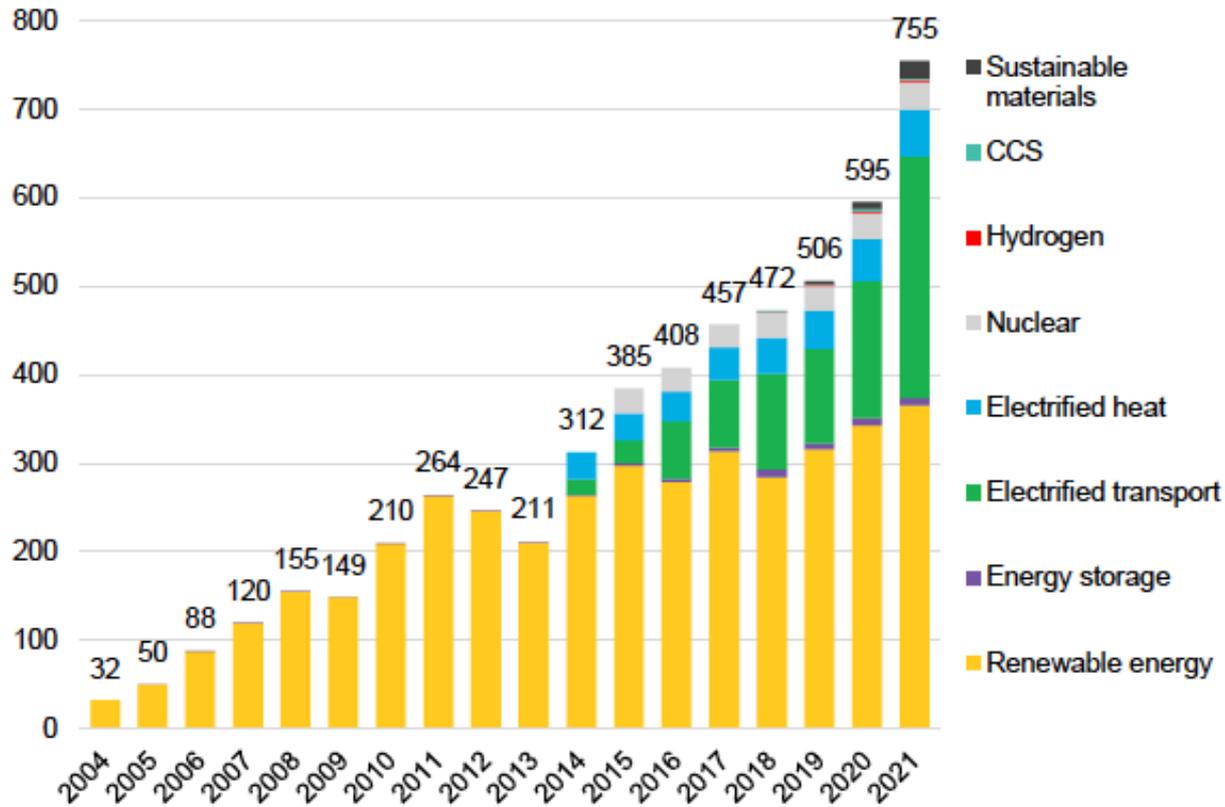
	Total Installed costs			Capacity factor			Levelised cost of electricity		
	(2021 USD/kW)			(% )			(2021 USD/kWh)		
	2010	2021	Percent change	2010	2021	Percent change	2010	2021	Percent change
Bioenergy	2 714	2 353	-13%	72	68	-6%	0.078	0.067	-14%
Geothermal	2 714	3 991	47%	87	77	-11%	0.050	0.068	34%
Hydropower	1 315	2 135	62%	44	45	2%	0.039	0.048	24%
Solar PV	4 808	857	-82%	14	17	25%	0.417	0.048	-88%
CSP	9 422	9 091	-4%	30	80	167%	0.358	0.114	-68%
Onshore wind	2 042	1 325	-35%	27	39	44%	0.102	0.033	-68%
Offshore wind	4 876	2 858	-41%	38	39	3%	0.188	0.075	-60%

Fonte: Irena, Renewable power generation costs, 2021





\$ billion



Fonte: New energy finance

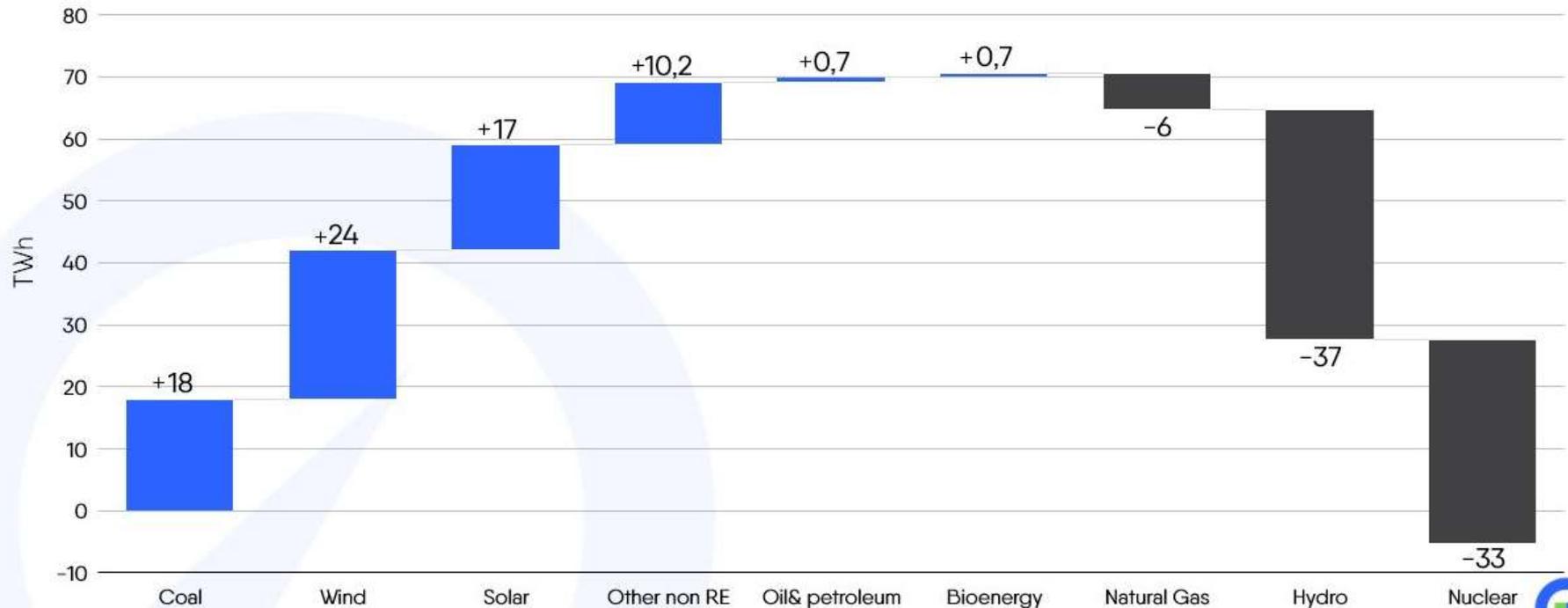




# Avanti o indietro?

## Electricity generation under pressure

Change in net electricity generation between Jan-May 2021 and Jan-May 2022

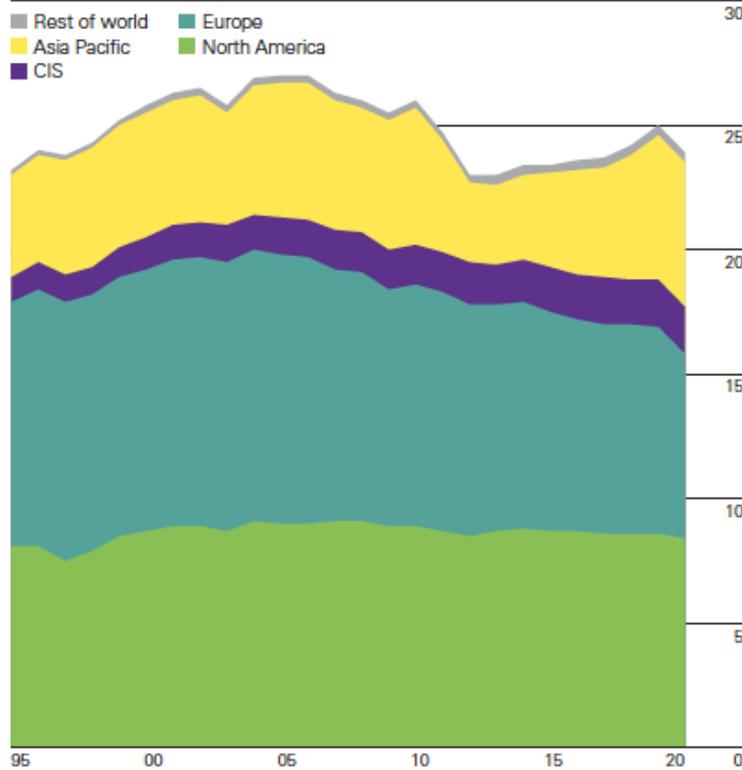




# Hydroelectricity and Nuclear consumption by region Million tonnes oil equivalent

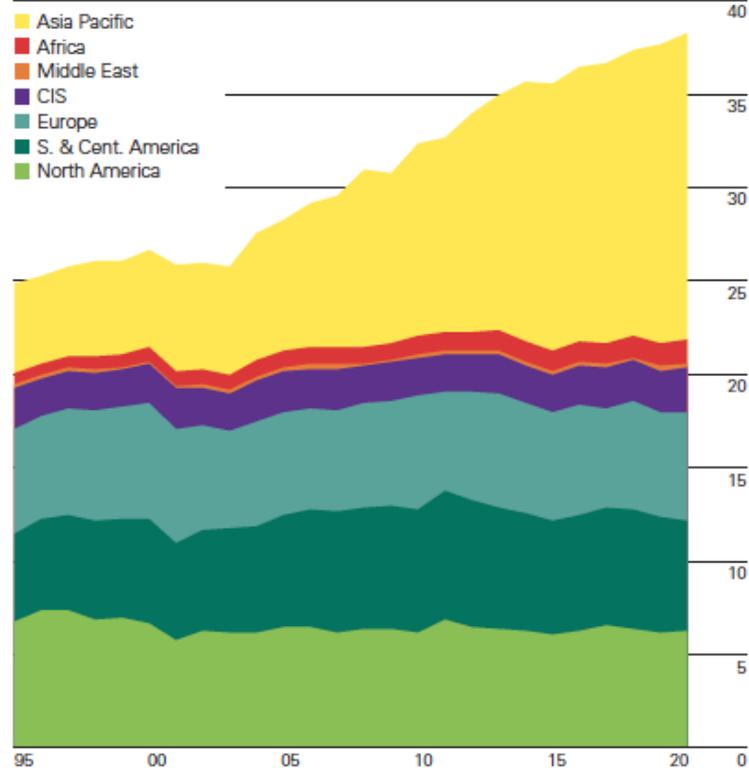
### Nuclear energy consumption by region

Exajoules



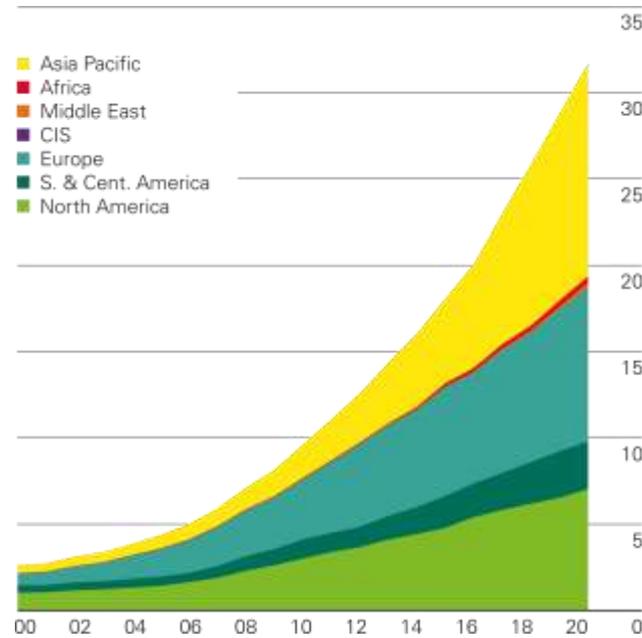
### Hydroelectricity consumption by region

Exajoules

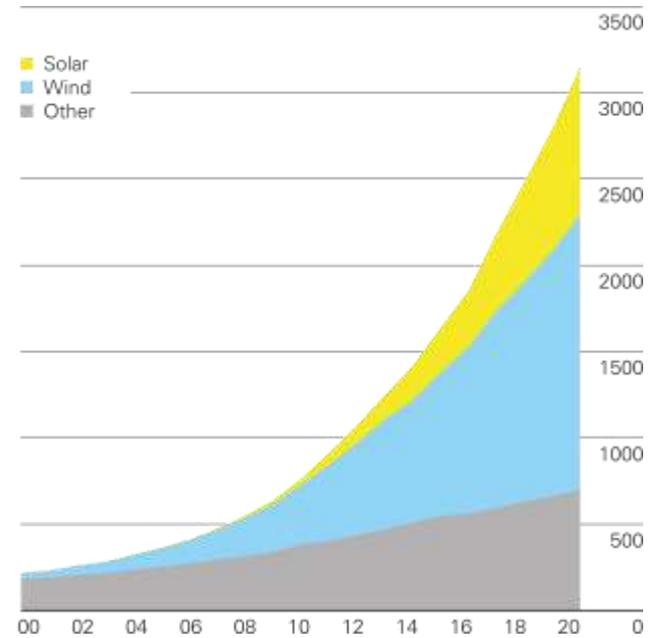


# Renewable energy consumption by region/ generation by source

Renewables consumption by region  
Million tonnes oil equivalent

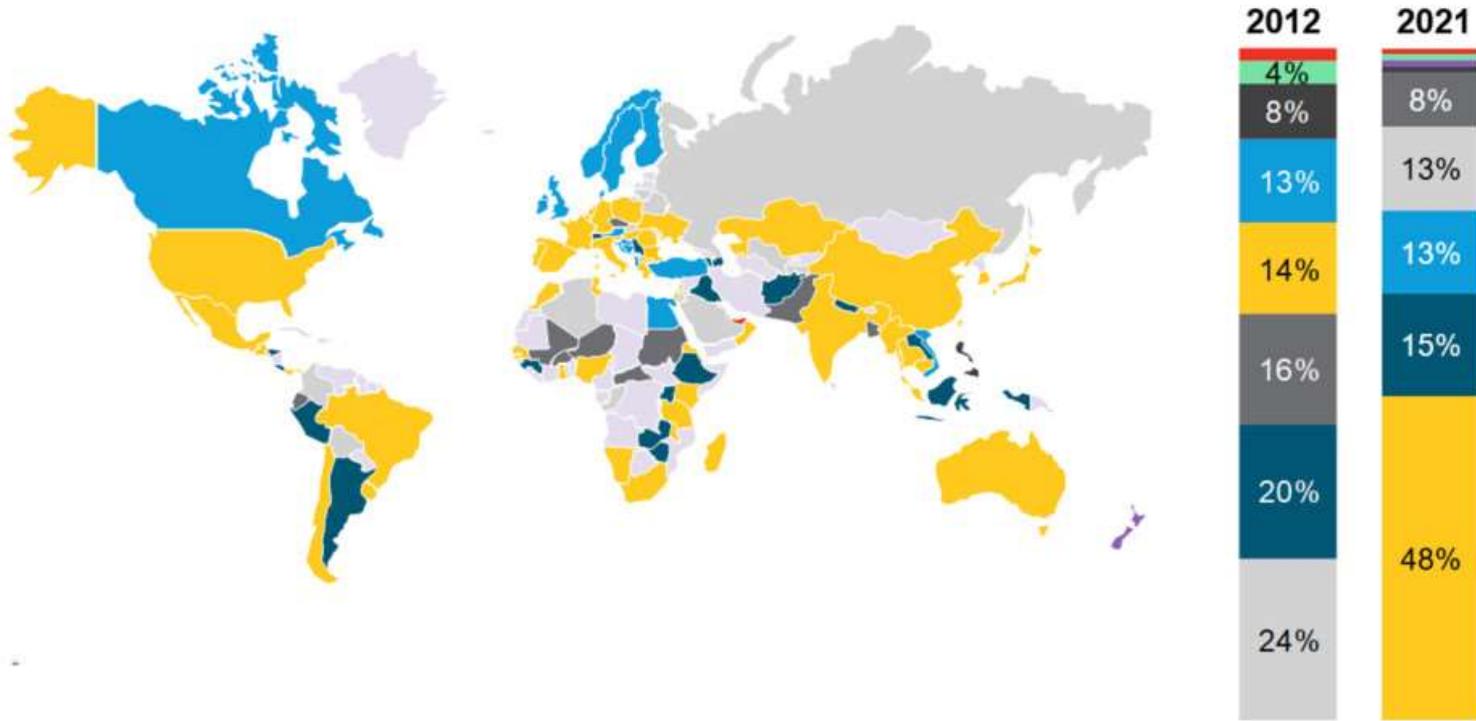


Renewables generation by source  
Terawatt-hours





## Most popular new power-generating technology installed, 2021



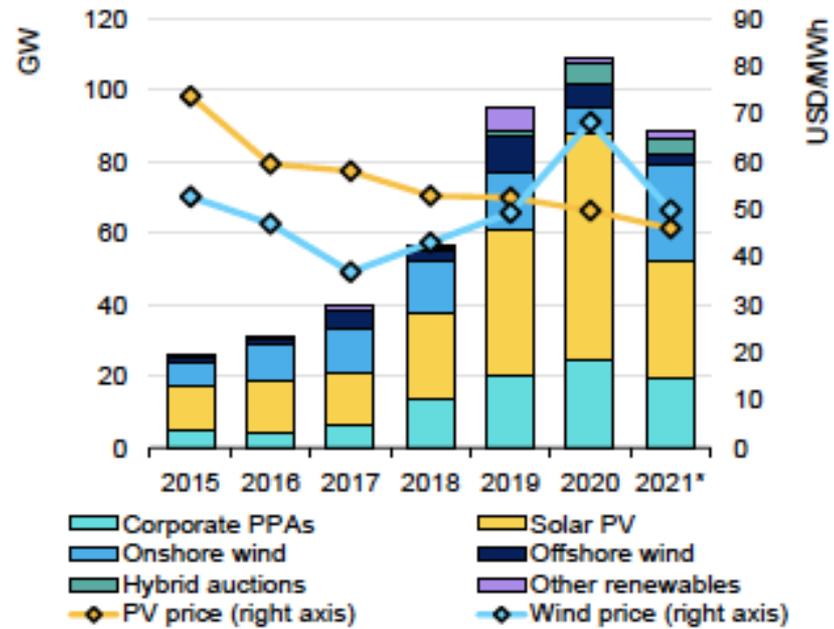
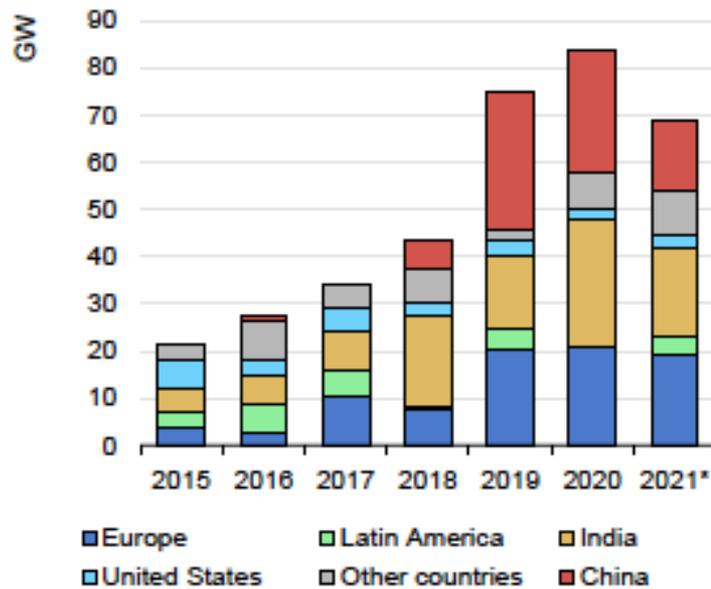
■ Solar ■ Wind ■ Hydro ■ Geothermal ■ Biomass ■ Coal ■ Gas ■ Oil ■ Nuclear ■ No additions available

Source: BloombergNEF. Note: Map colored by which technology was most installed in 2021 alone. Depicts the percentage of nations that installed the most MW of each technology. It is based on country-level data for 136 countries but excludes countries that have not recorded any capacity additions. Solar includes small-scale PV.



# Le rinnovabili: una crescita che ha superato anche i pronostici più ottimisti

**Figure 1.3 Renewable electricity auctioned capacity by country/region, 2015-2021 (left) and by technology and corporate PPAs, 2015-2021 (right)**

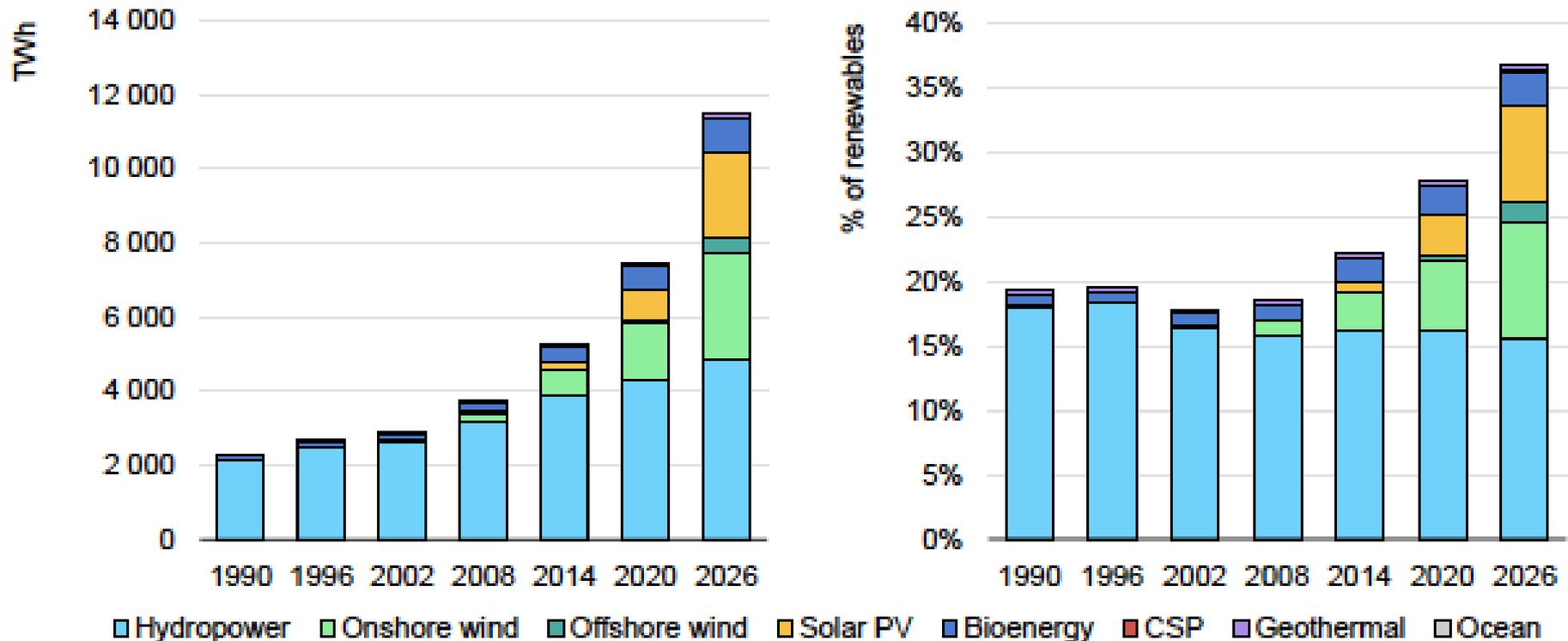


IEA. All rights reserved.



# Tutti gli scenari prevedono una crescita forte delle fonti rinnovabili

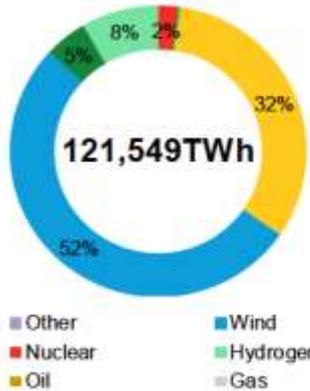
**Figure 1.9 Renewable electricity generation by technology, 1990-2026 (left) and share by technology, 1990-2026 (right)**





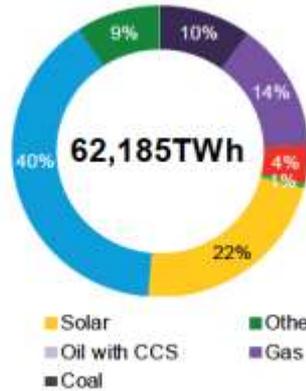
# Gli scenari di Bloomberg NEF: tante traiettorie possibili. Quale più desiderabile?

Figure 4: Electricity generation by technology in the Green Scenario, 2050



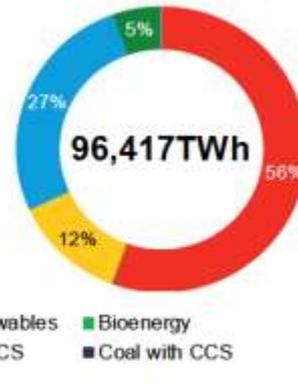
Source: BloombergNEF Note: includes both power for end-use economy and hydrogen manufacturing.

Figure 5: Electricity generation by technology in the Gray Scenario, 2050



Source: BloombergNEF

Figure 6: Electricity generation by technology in the Red Scenario, 2050



Source: BloombergNEF Note: includes both power for end-use economy and hydrogen manufacturing.

Figure 13: Total primary energy Green Scenario

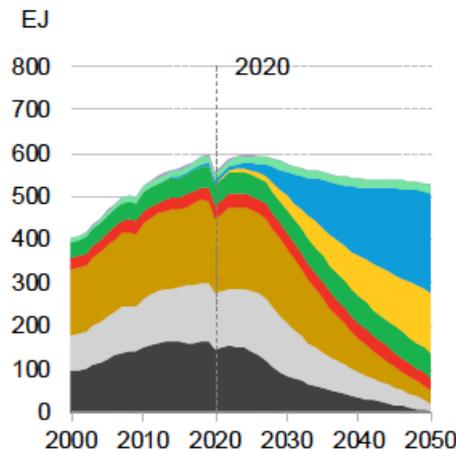


Figure 14: Total primary energy Gray Scenario

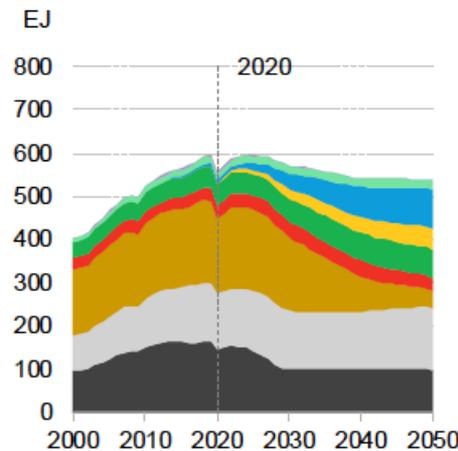
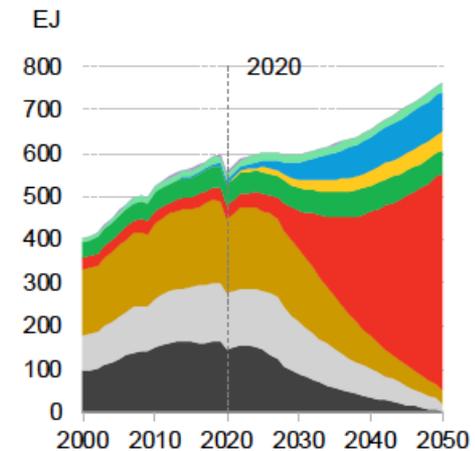
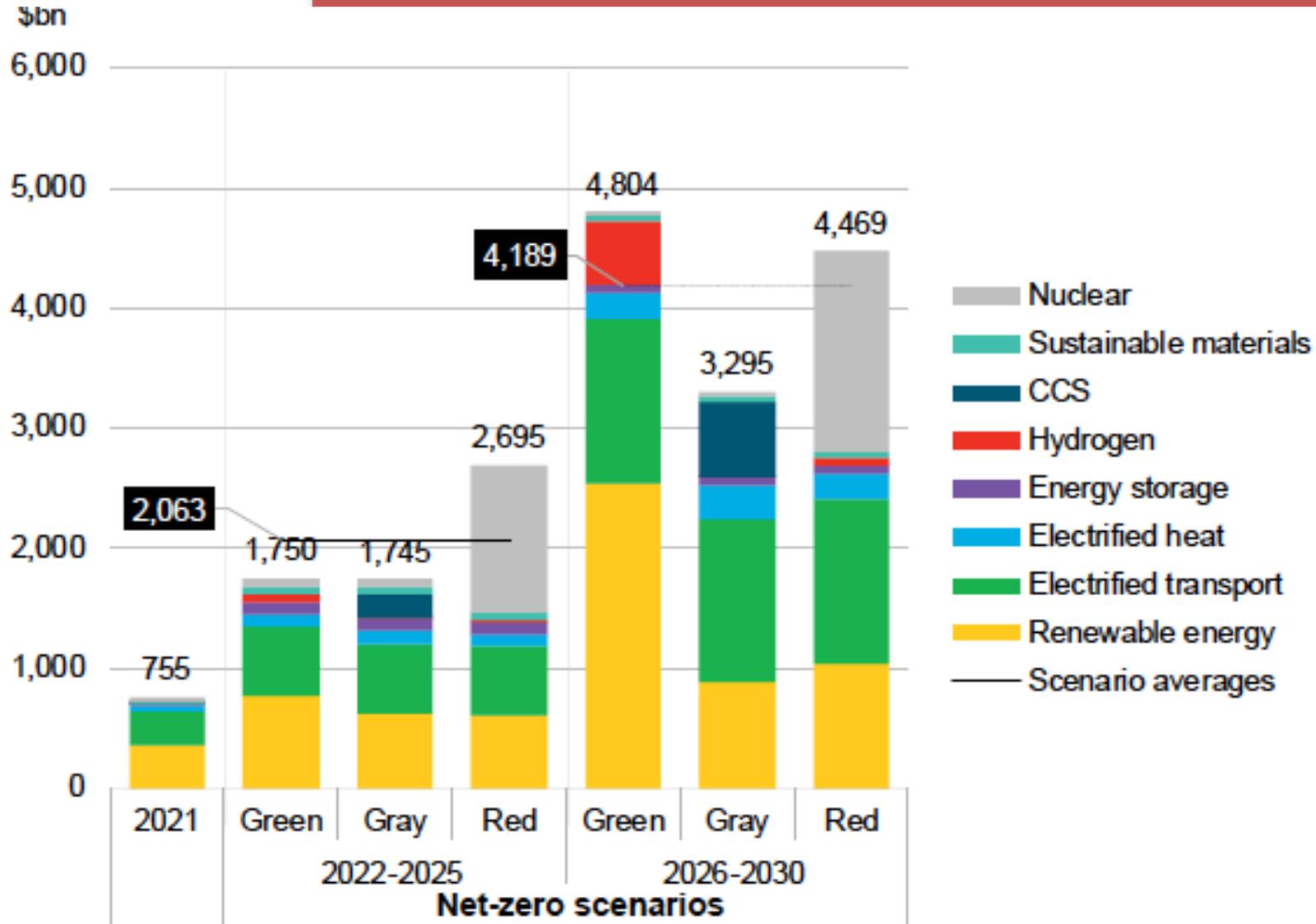


Figure 15: Total primary energy Red Scenario



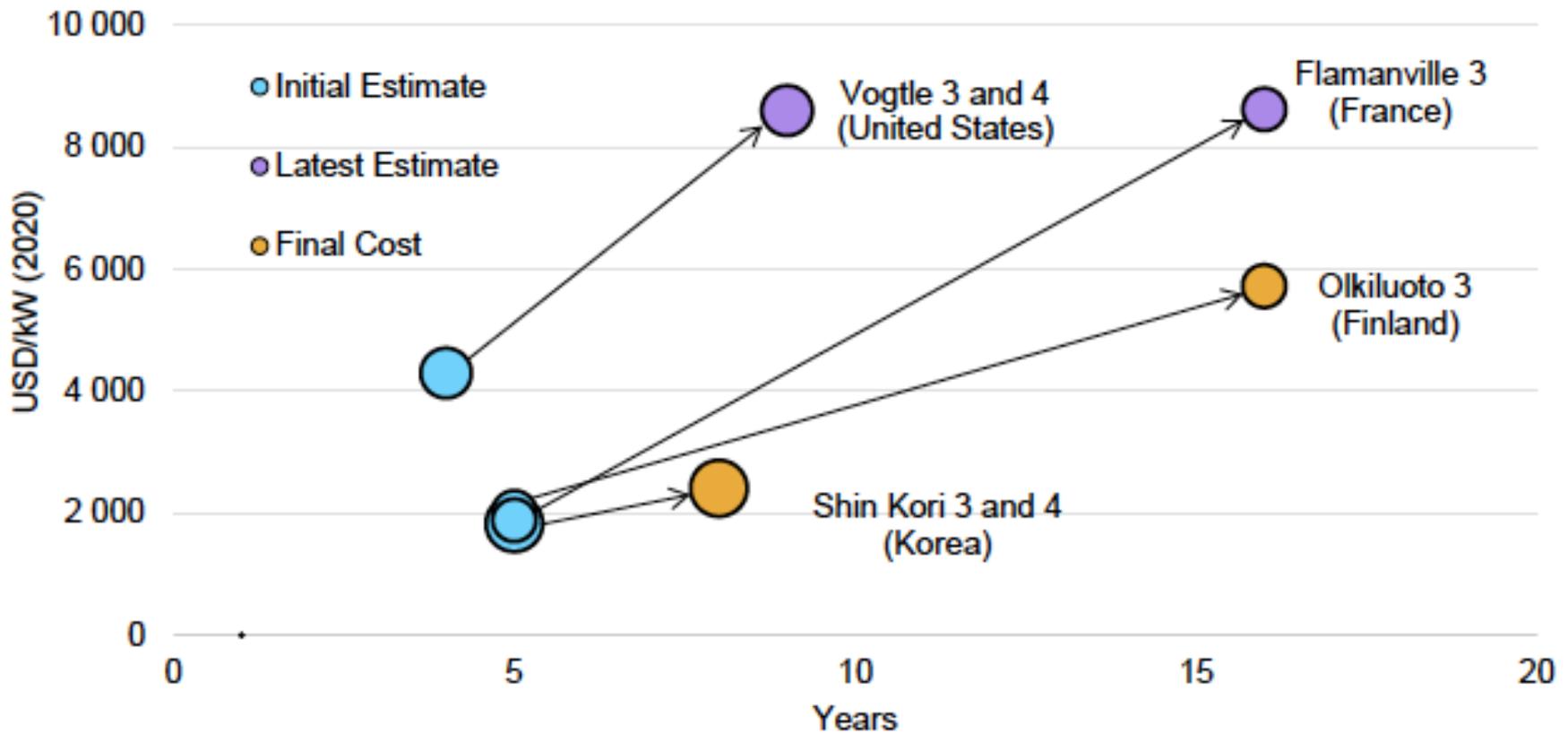


# Gli investimenti devono triplicare fino al 2025, quindi raddoppiare fino al 2030



# Quanti mal di pancia con il nucleare

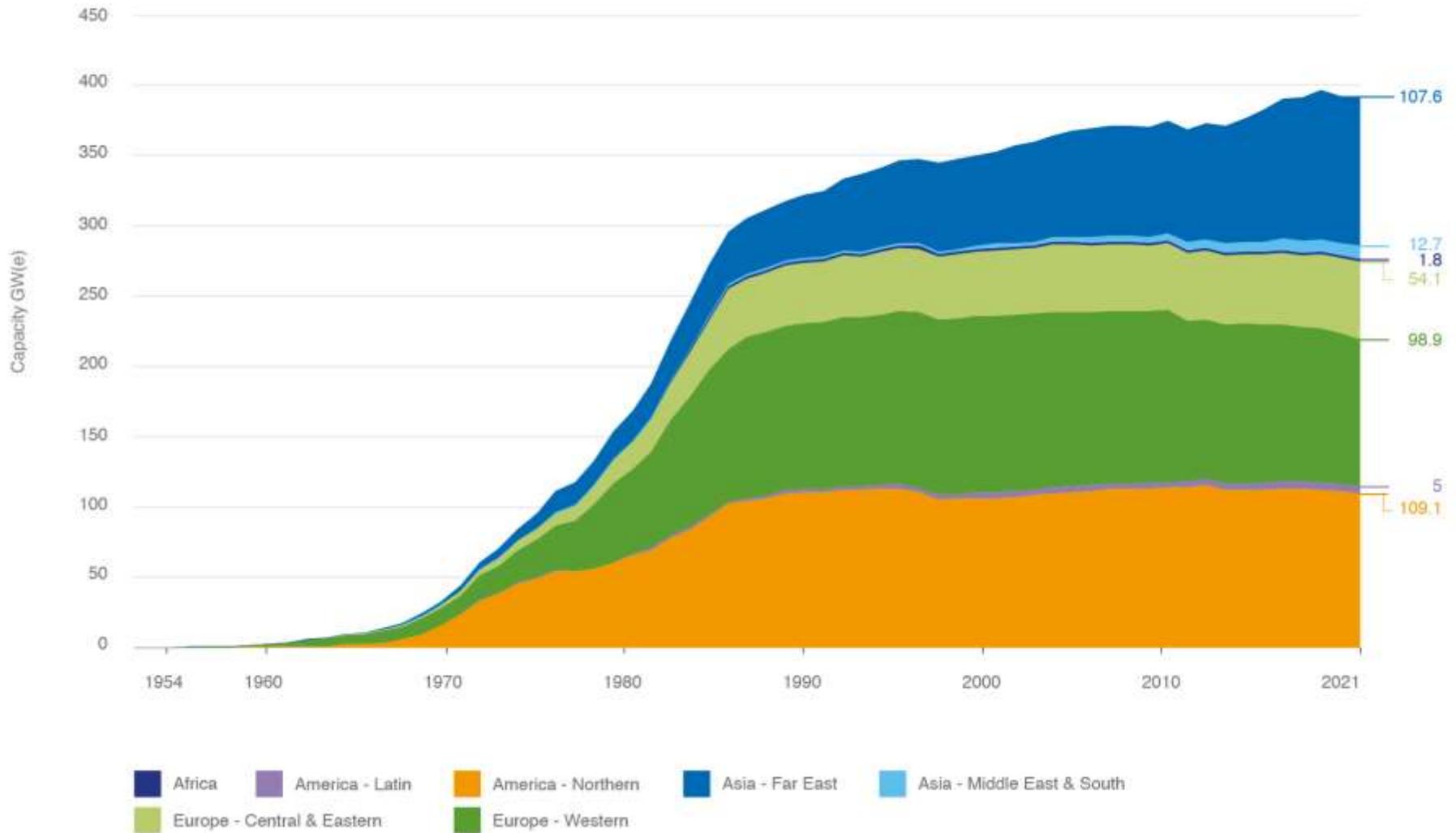
Overnight cost and construction times for selected recent nuclear projects



IEA. All rights reserved.

Source: Nuclear Energy Agency (2020), [Unlocking Reductions in the Construction Costs of Nuclear](#).

# REGIONAL NUCLEAR POWER CAPACITY OVER TIME





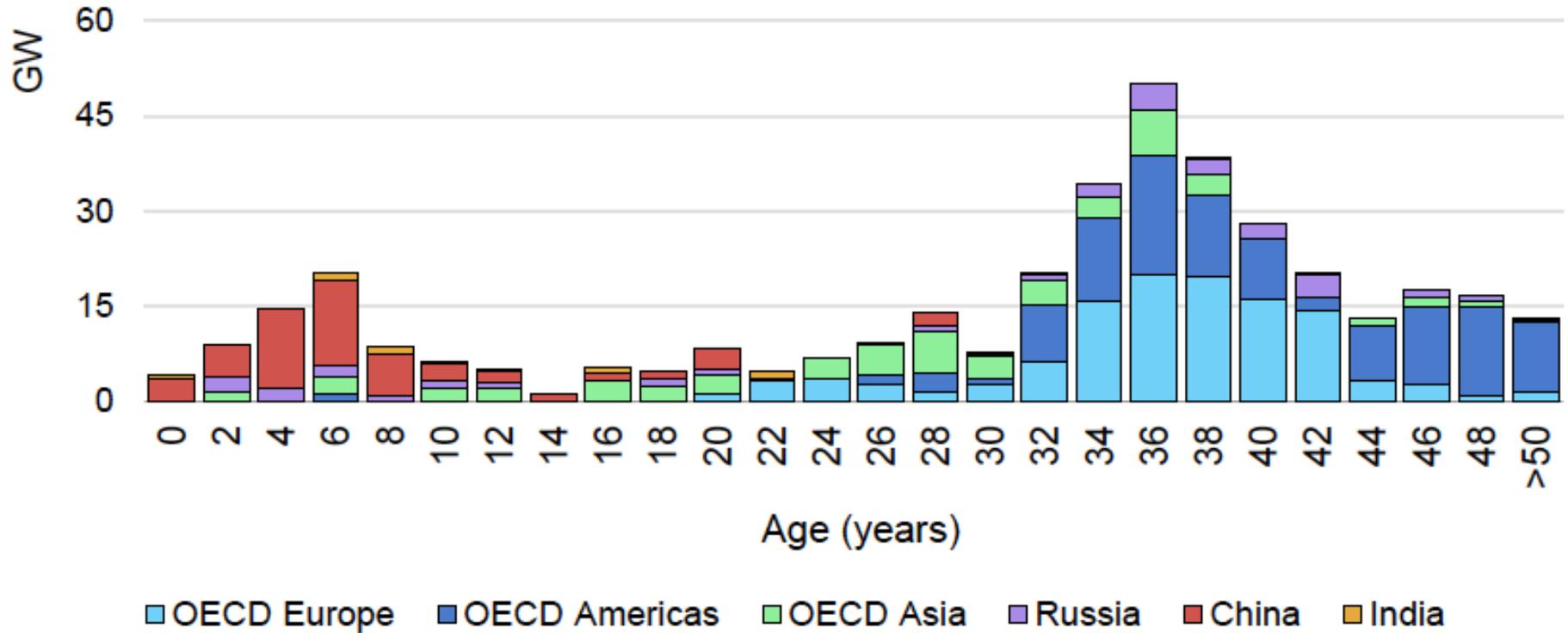
Sebbene le economie avanzate abbiano quasi il 70% della capacità nucleare globale, gli investimenti sono in stallo e gli ultimi progetti sono andati ben oltre il budget e in ritardo. Di conseguenza, le pipeline di progetto e i progetti preferiti si sono modificati. Dei 31 reattori che hanno iniziato la costruzione dall'inizio del 2017, tutti tranne 4 sono di progettazione russa o cinese.

Fonte: IEA Nuclear Power and Secure Energy Transitions, 2022



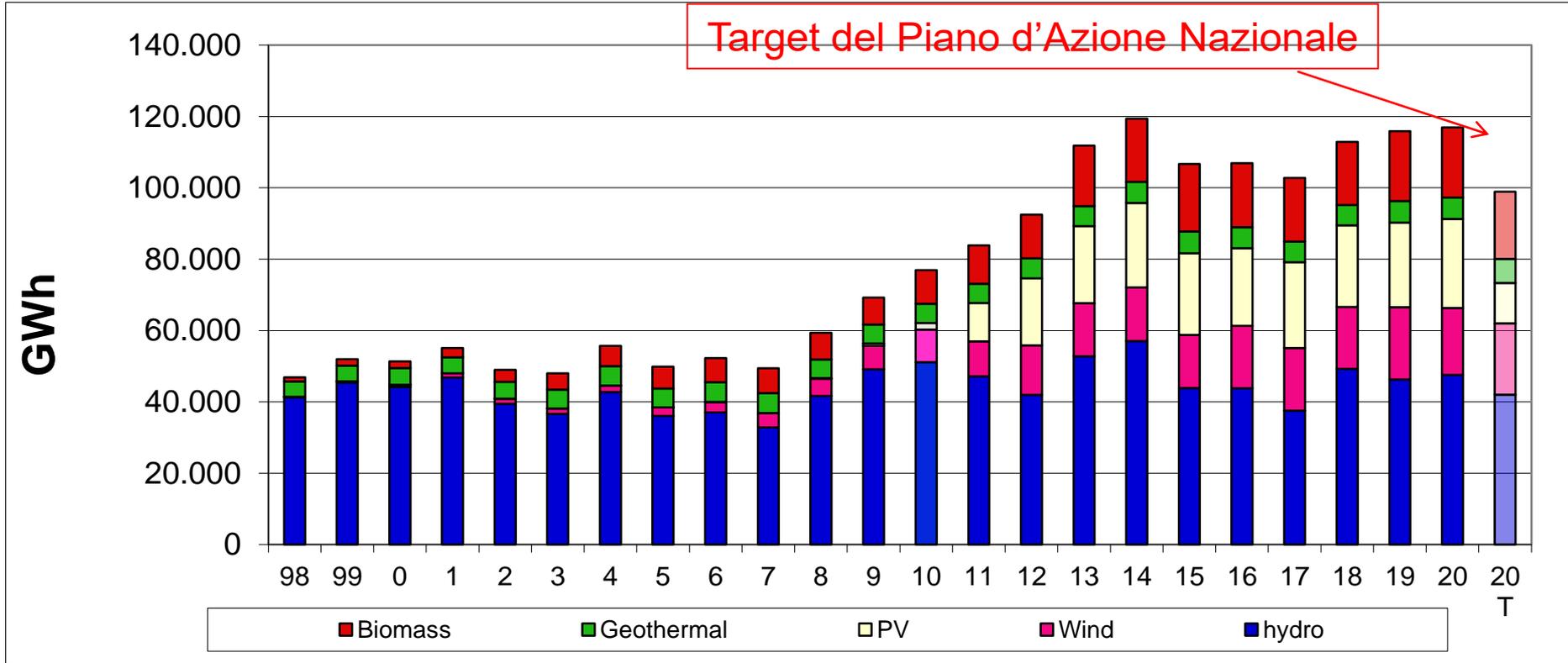


# Manca l'Europa nella seconda ondata





# La produzione rinnovabile in Italia



Negli ultimi 5 anni la dinamica di crescita delle F.R. si è fermata.  
È il momento di ripartire!



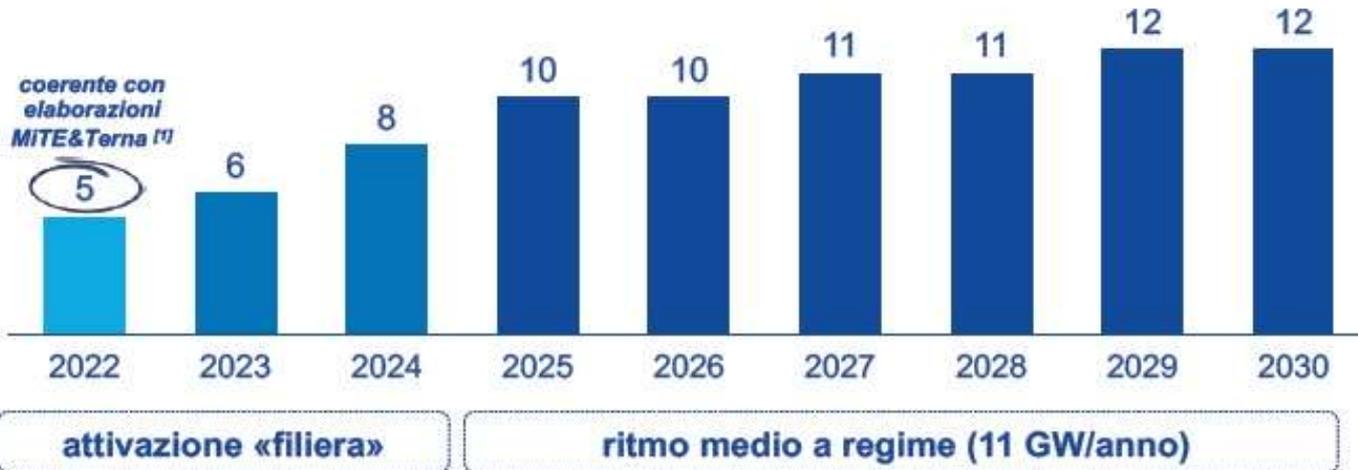


# Il piano di Confindustria per la transizione

TAB. 2

**RePowerEU per l'Italia. Serve un piano di deployment modulare per arrivare in 3 anni ad un media di installazione di 10 GW per anno (vs. ~1GW/anno attuale)**

Un possibile piano di deployment  
(capacità FER installata per anno in GW)



**+85 GW**

CAPACITÀ FER INCREMENTALE CUMULATA 2022-2030 «REPowerEU per l'Italia @2030»





# Il dividendo multiplo dell'energia rinnovabile

Le fonti rinnovabili hanno delle caratteristiche interessanti:

- Costo conosciuto per tutta la vita tecnica degli impianti,
- Coinvolgimento di manodopera, finanza e conoscenze locali,
- Integrazione con la domanda, con nuovo ruolo delle reti e dei consumatori,
- Massimo grado di indipendenza (anche con l'acquisto di tecnologia estera poi non ci sono vincoli per la durata tecnica degli impianti)
- Alto grado di qualità ambientale dei processi di conversione
- Adattabilità a contesti sociali ed industriali diversi
- **Molto lavoro per gli ingegneri!**





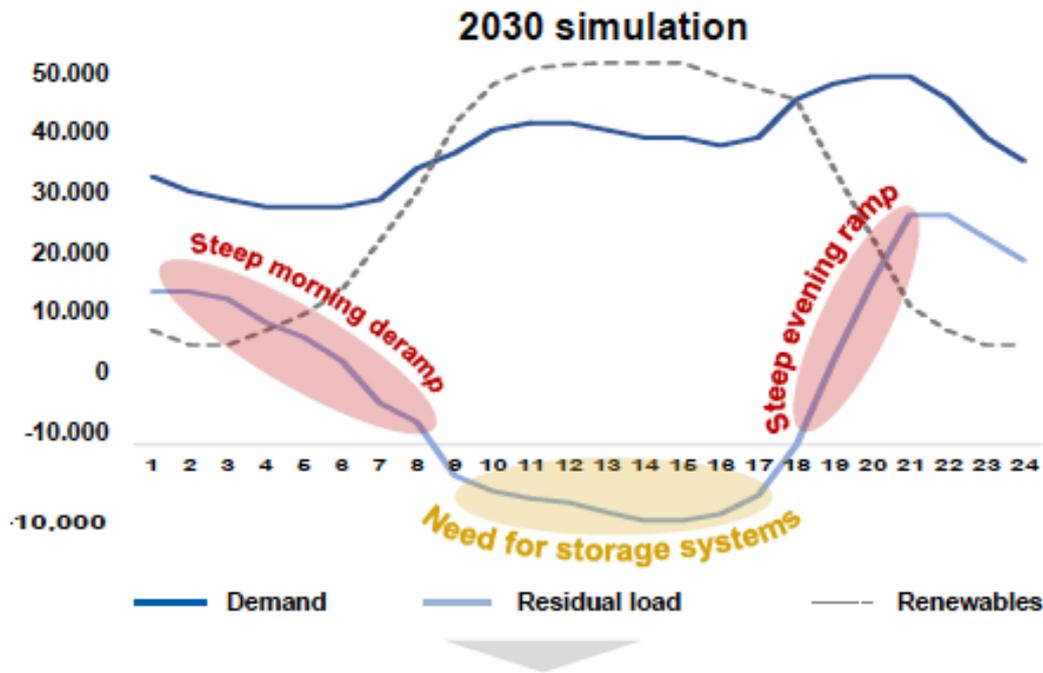
# Electrification of Everything (EoE)?

- I vincoli climatici spingono per la decarbonizzazione e la sostituzione dei combustibili fossili, ma c'è anche un fattore legato all'innovazione.
- L'uso delle tecnologie ICT nella fornitura di energia rende l'energia elettrica competitiva in molti utilizzi (riscaldamento, cottura cibi, mobilità, ...)
- La penetrazione dell'energia elettrica cresce in tutti i paesi, anche i più avanzati. In Italia:  
38,7% nel 2014, contro il 35,9% nel 2000 e il 33,2% nel '90)
- Stiamo evolvendo verso una società ALL ELECTRIC?  
Si pensi ai processi produttivi (stampa 3D, forni ad induzione ...), ai nuovi edifici (pompe di calore, cottura a induzione, ...) alla mobilità con i veicoli elettrici e la logistica autonoma)
- Le fonti rinnovabili si candidano con esuberanza a divenire la prima fonte energetica della società del XXI secolo



# Una sfida per i gestori delle reti

## Consumption and 'residual load' curves



L'affermazione delle FER dipende molto dagli investimenti nelle reti e negli accumuli (di breve e di lungo periodo), senza i quali non si è in grado di utilizzare in modo adeguato i nuovi impianti

Increased need of **flexible resources** (gas-fired turbines, pumped hydro storage and batteries, industrial & households demand response, interconnectors, active grid management, e-vehicles, power-to-gas, power-to-heat, etc.), and **market options** to unlock flexibility.

Fonte: Terna





# Naturalmente le nuove fonti richiedono un nuovo modello organizzativo

- Nuovo ruolo delle reti di trasmissione e distribuzione
- Forte integrazione tra domanda termica ed elettrica
- Presenza degli accumuli giornalieri e stagionali
- Digitalizzazione dei consumi e del controllo
- Elettificazione diffusa (ma la competizione elettrone molecola è tutta da giocare, soprattutto in alcuni settori ad alta intensità energetica)
- Integrazione tra trasporti-termico-elettrico





# Svolta energetica, indipendenza e nuove opportunità

- La svolta energetica non rappresenta un “bagno di sangue” come sostenuto nel 2021 da un rappresentante del governo italiano
- I nuovi investimenti mirati a sostituire i combustibili fossili rappresentano una opportunità per l’economia locale
- La costruzione di nuove filiere legate al territorio può generare reddito e migliorare la sicurezza del sistema energetico ed economico
- E’ imperativo fare delle scelte
- Le fonti rinnovabili di energia oggi presentano una serie di fattori di valore per l’economia italiana che non possono essere trascurati
- Soluzioni tagliate su misura per l’economia del Veneto possono portare grande soddisfazione con la crescita della domanda mondiale delle nuove tecnologie





# Dalla fornitura del bene al servizio

- Con la diffusione della generazione distribuita e il coinvolgimento dei consumatori nella produzione di energia, si diffonda un nuovo modello di business, il cui obiettivo è il **SERVIZIO**, non la fornitura di un bene (kWh o mc di gas)
- In questo quadro assumono rilevanza le **Comunità Energetiche**, le Green Communities e gli aggregatori, nuovi soggetti capaci di fornire servizi economici per i consumatori: ENEL X, ma anche CERL





# Un paradigma tecnologico radicalmente nuovo

- Edifici a consumo nullo, uso dell'intelligenza digitale per controllare in modo efficiente, una nuova mobilità creano condizioni di consumo radicalmente nuove, con fabbisogni molto differenti da quelli storici
- La penetrazione dell'energia elettrica continua a crescere, e soprattutto nelle economie più avanzate
- L'utilizzo delle fonti rinnovabili è già oggi l'opzione a minimo costo per la produzione elettrica in molti paesi e i modelli di sviluppo delle reti sono oggi basate su reti intelligenti locali, integrate solo successivamente
- La transizione sarà più rapida di quanto possiamo immaginare, ma dipende dalla reale volontà di superare un'economia centrata sull'uso dei combustibili fossili (si pensi alla riapertura dei pozzi di gas in Adriatico)





# L'energia di domani

- Fonti rinnovabili ed efficienza energetica sono l'opzione preferibile sul piano economico, ambientale, sociale.
- Le innovazioni in atto nel settore dell'energia stanno cambiando radicalmente gli equilibri economici e sociali
- Le alternative sul piano tecnologico sono disponibili e accessibili, è sul piano culturale che siamo deboli
- Modificare l'industria più capitalizzata del mondo è un'impresa delicata, ma i benefici sono concreti
- La trasformazione avviata non appare reversibile, perché offre risposte adeguate ai temi da cui è partita la mia introduzione
- L'Europa ha assunto un ruolo di leadership nella lotta al cambiamento climatico. L'Italia ha fatto enunciati importanti, ma gli investimenti sono al palo. Necessaria un'azione immediata per accelerare gli investimenti





UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PADOVA



# Diversificare le fonti di produzione energetica per contrastare i cambiamenti climatici

Ordine degli Ingegneri, Venezia, 14 ottobre 2022

[arturo.lorenzoni@unipd.it](mailto:arturo.lorenzoni@unipd.it)

