



# L'economia dell'idrogeno

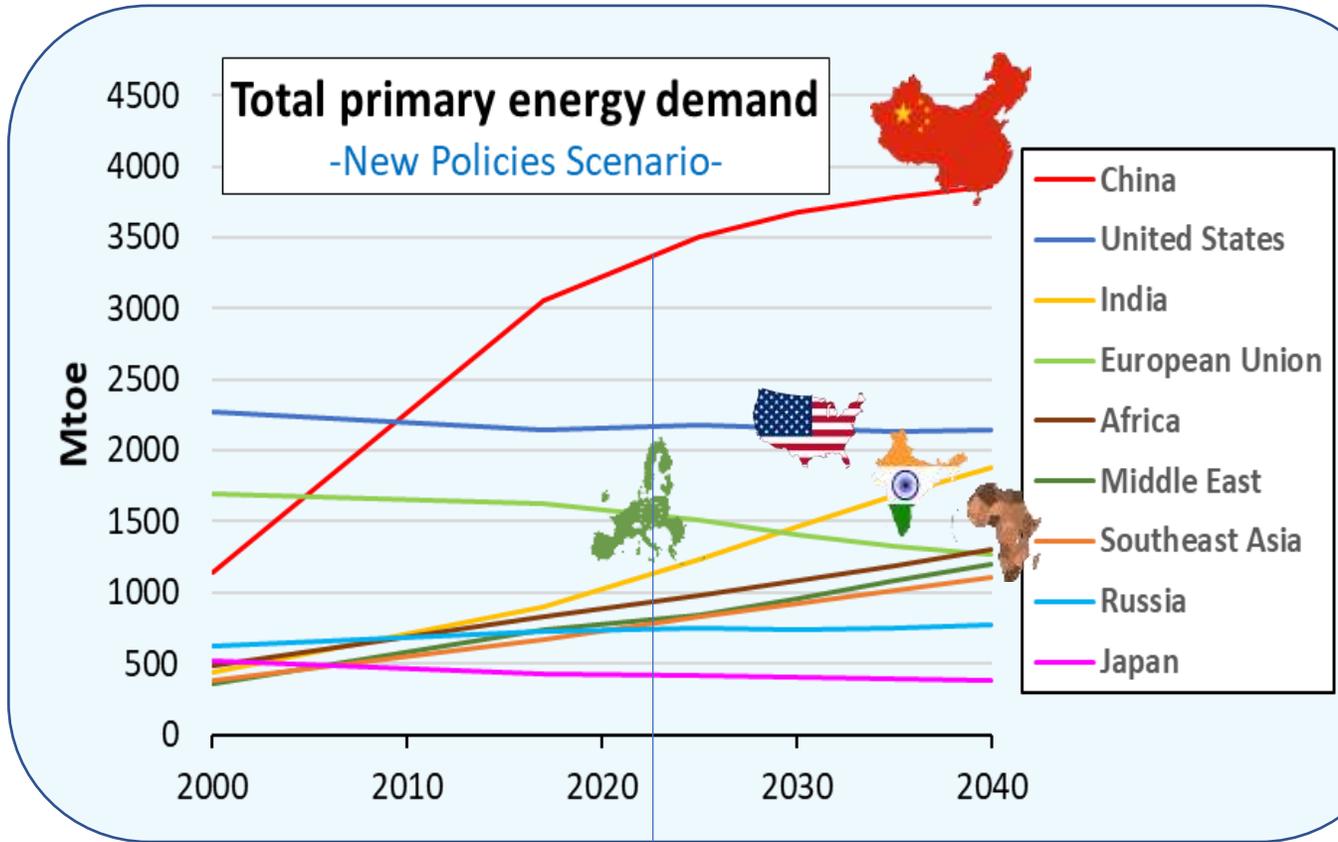
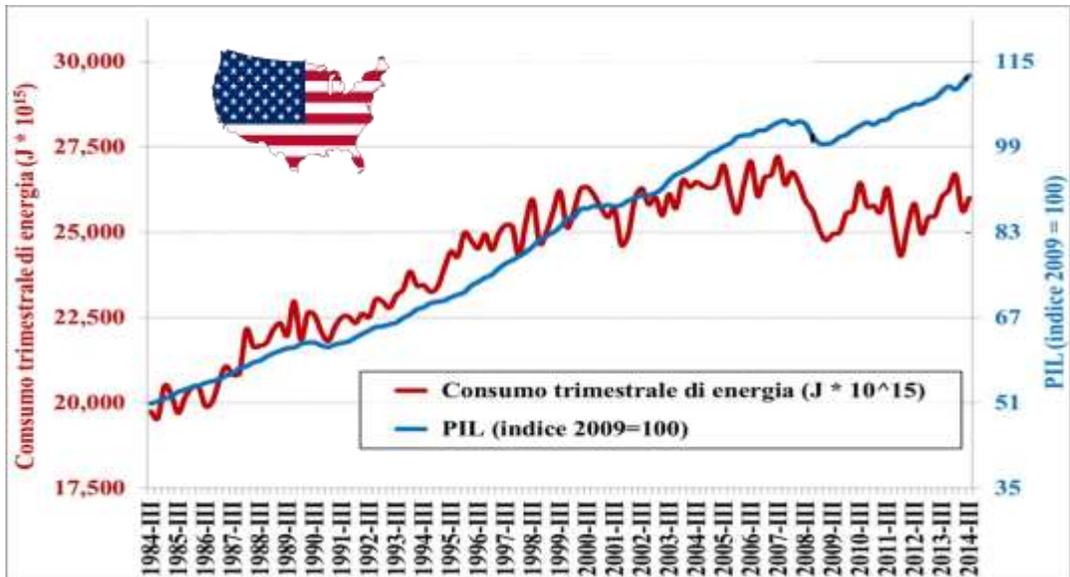
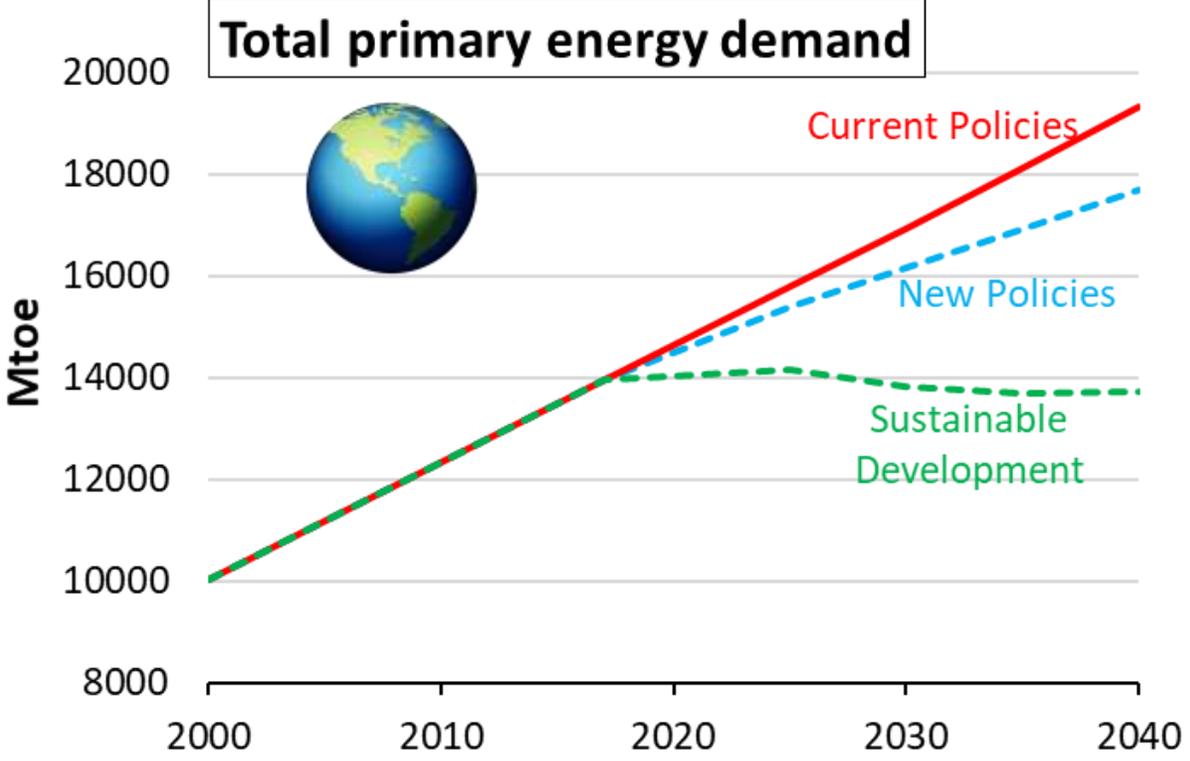
prof. Riccardo Amirante

Ordinario di Macchine e Sistemi per l'Energia e l'Ambiente

i *driver* dell'economia dell'idrogeno:

# Fabbisogno energetico

Nuove energie, Nuove disuguaglianze



Source:  
**World Energy Outlook 2018**  
International Energy Agency - IEA

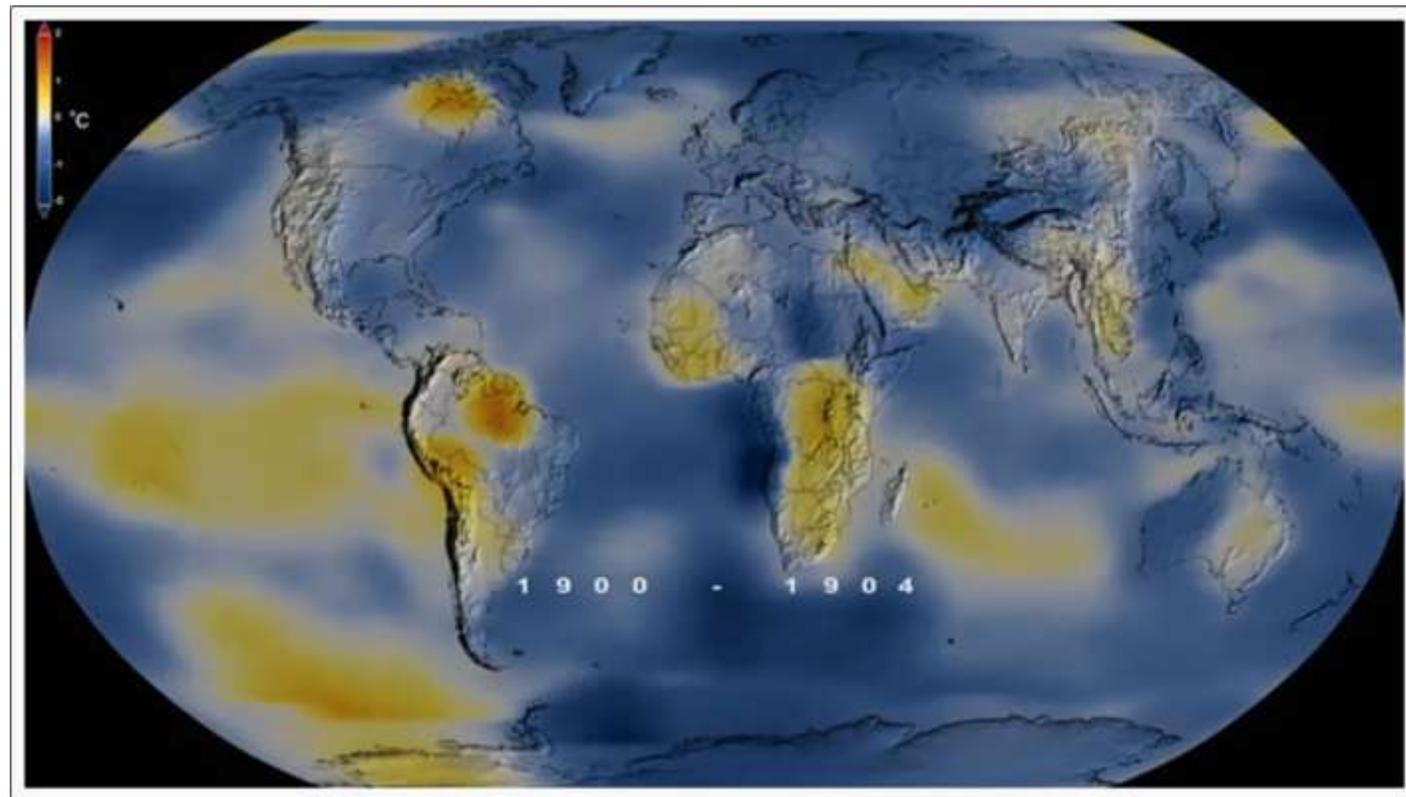
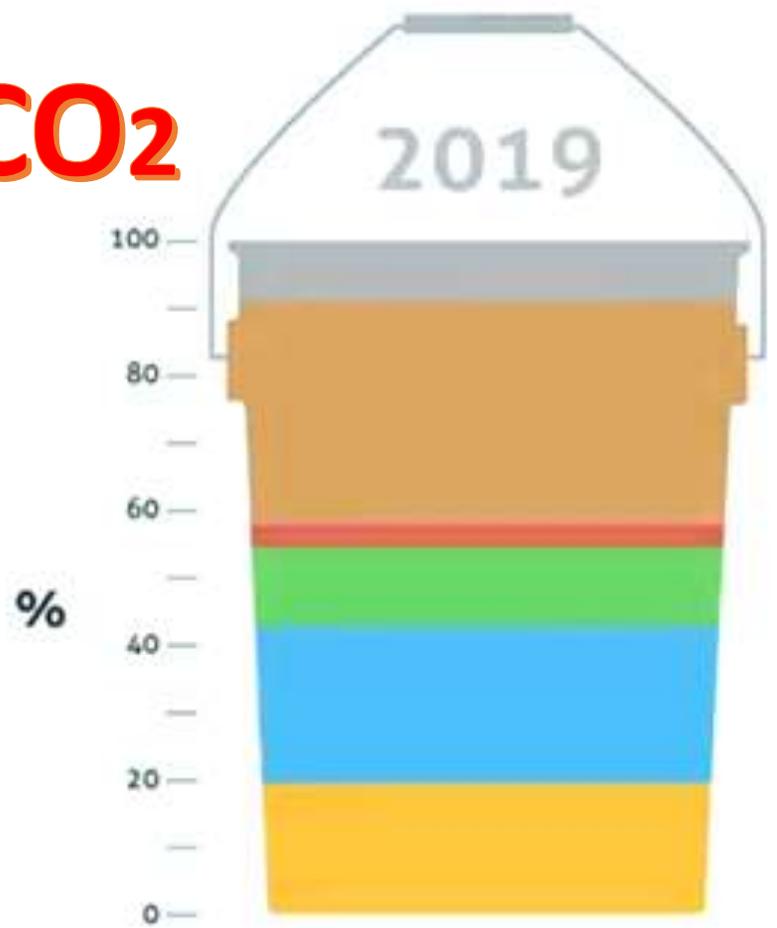
i *driver* dell'economia dell'idrogeno:

CO<sub>2</sub>

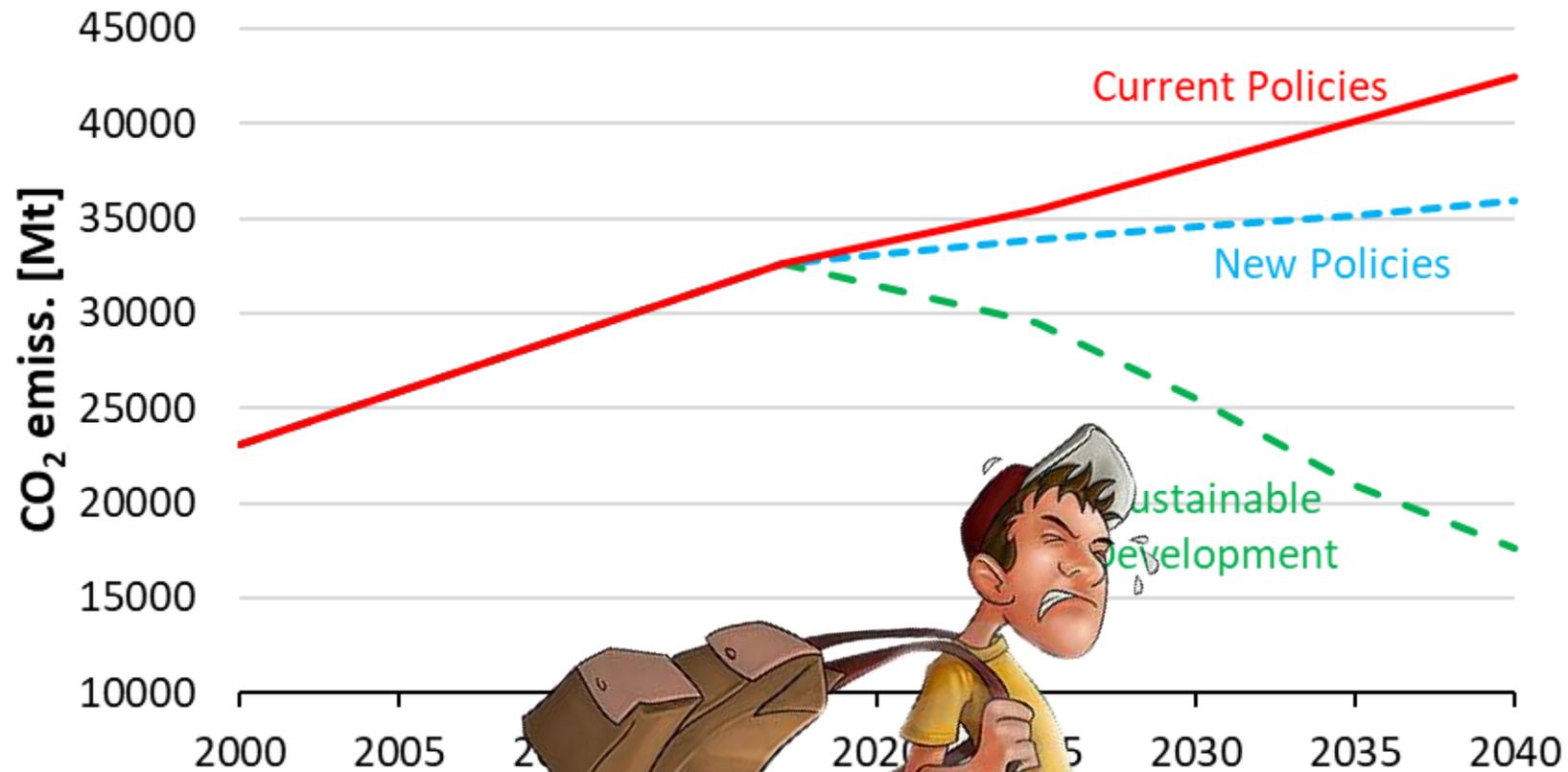
Improcrastinabilità della riduzione di azioni climalteranti

# The carbon budget for 1.5 °C (420 Gt di CO2 ancora “disponibili”)

**CO<sub>2</sub>**



# CO<sub>2</sub> emissions - projections

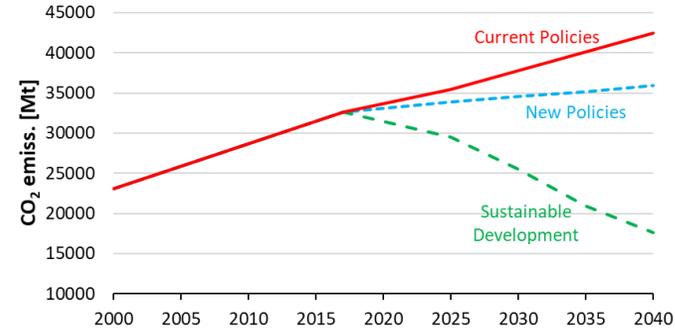


Source:  
**World Energy Outlook 2018**  
International Energy Agency - IEA

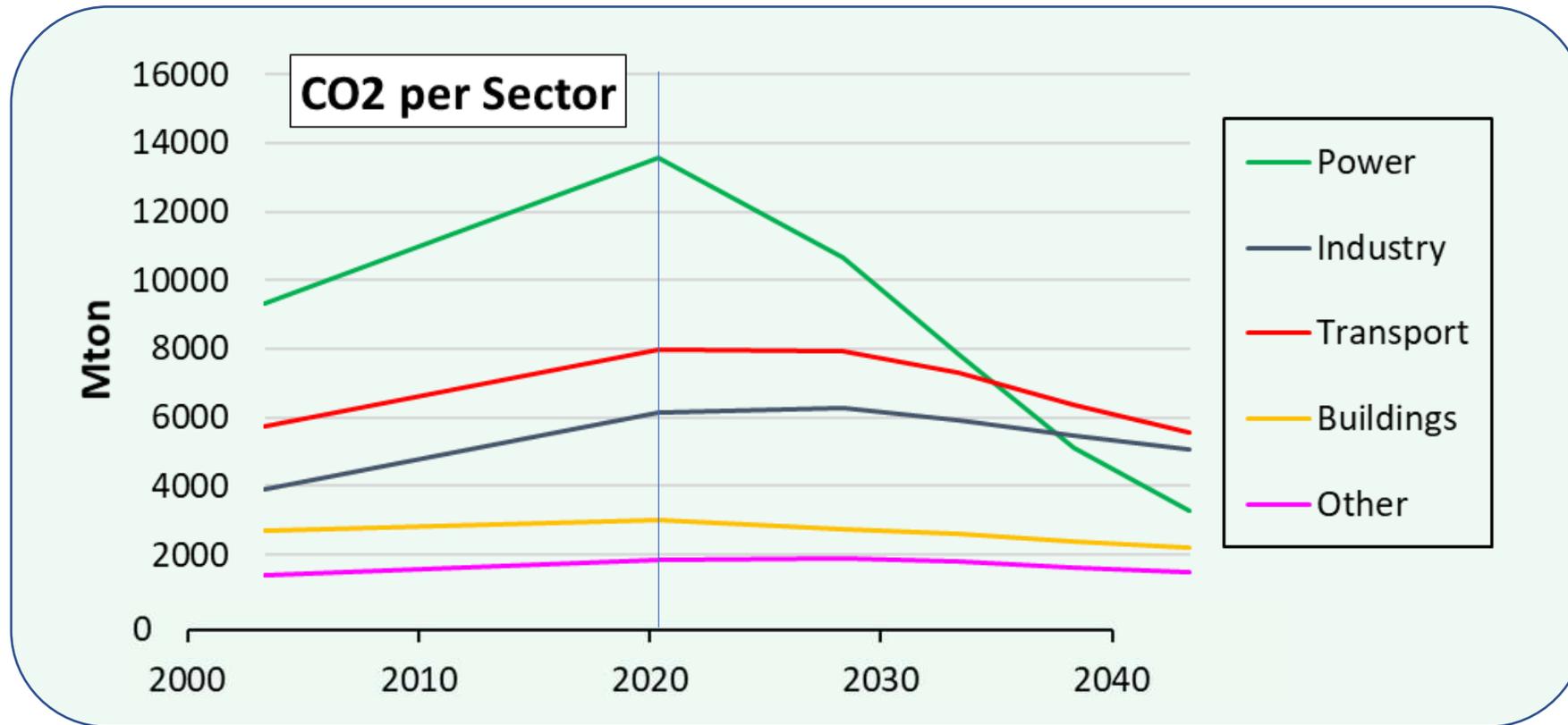


12 kg/day

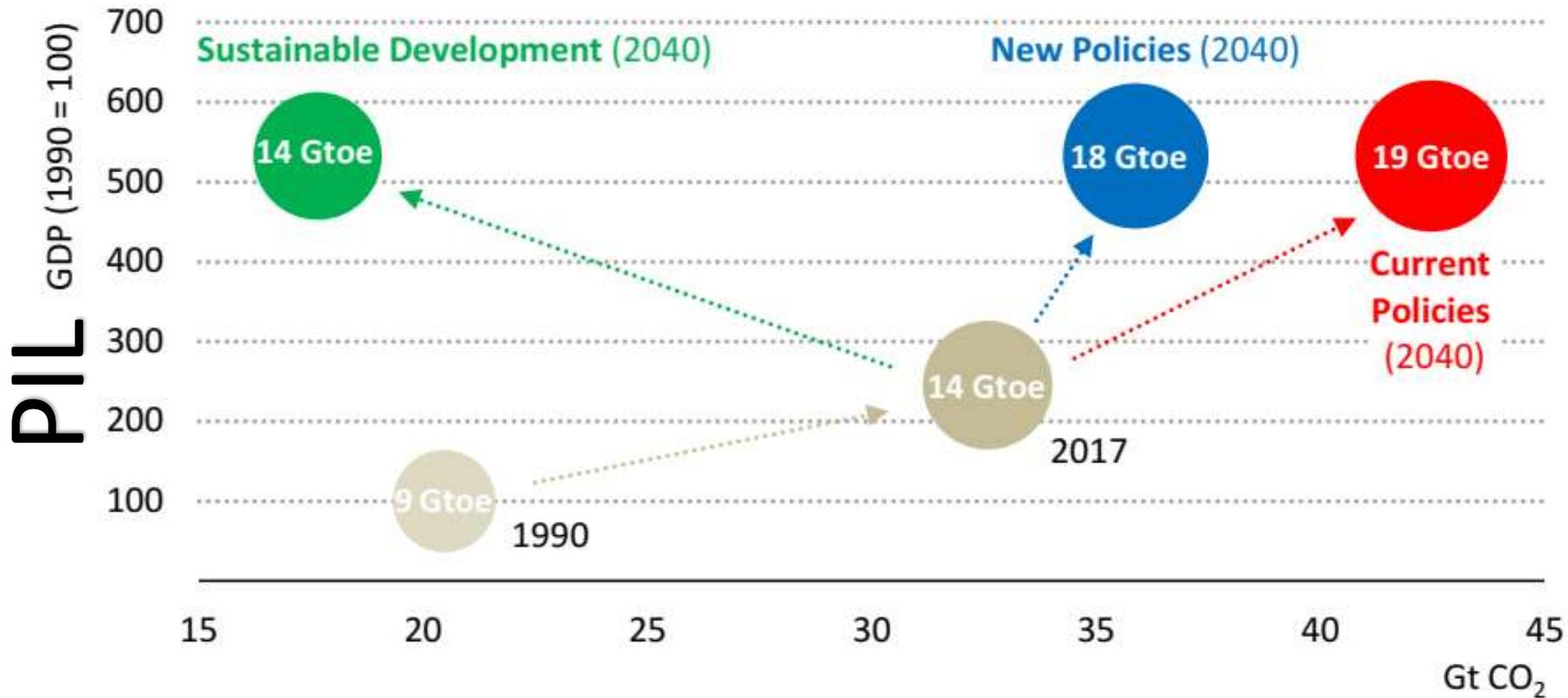
# CO<sub>2</sub> – projections



## Sustainable Development



Source:  
**World Energy Outlook 2018**  
International Energy Agency - IEA



*Achieving sustainable development goals requires a complete reversal of the historic relationship between economic growth, energy demand and emissions*

# Driving a new Hydrogen Economy



# COS'È L'IDROGENO



Periodic Table

Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	1 H																		
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	
4	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	
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	
6	55 Cs	56 Ba	* La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	
7	87 Fr	88 Ra	** Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Og	

*	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
**	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Elementi con Entalpia di ossidazione **>10 kJ/g**

Combustibile: Reazione altamente esotermica con O<sub>2</sub>

# Cosa è l'idrogeno

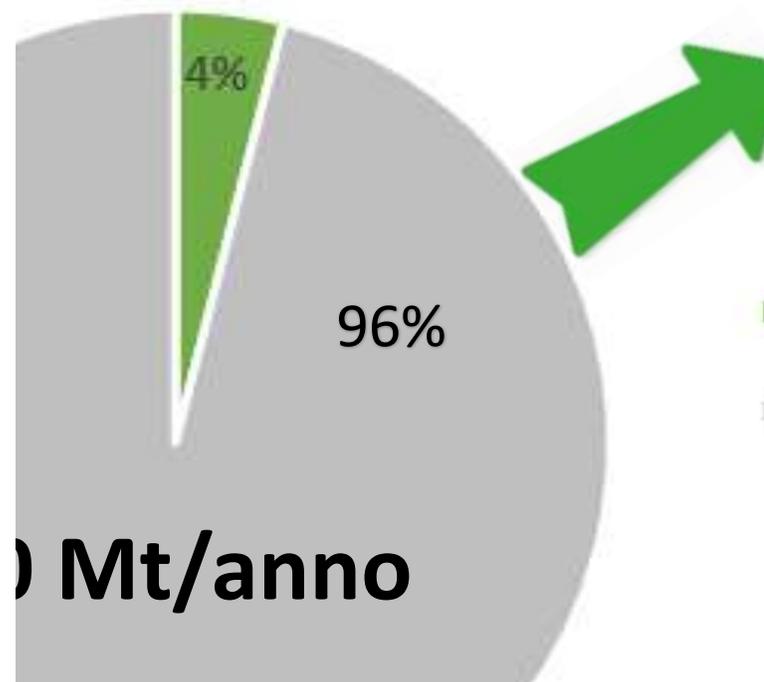
- Elemento chimico **più abbondante** nell'universo
- **Non presente** nello stato elementare



**ABSENT**

Dopo processo produttivo può divenire un

➤ **Vettore energetico**



830 milioni di  
tonnellate di  
CO<sub>2</sub> emesse  
annualmente

■ Renewable

■ No renewable



# GREEN Hydrogen production – Linee programmatiche

EU propone +6 GW entro il 2025



PNRR +1GW IT entro il 2025



In Italia il pv è cresciuto  
in un anno di 750 MW



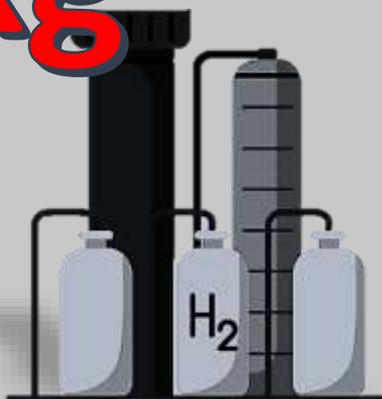
Serve dedicare  
altrettanta potenza ai  
soli impianti per  
elettrolizzatori



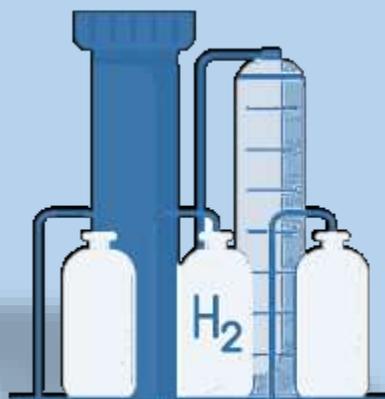
## Grey Hydrogen



**2€/kg**



## Blue Hydrogen



## Green Hydrogen



**5€/kg**



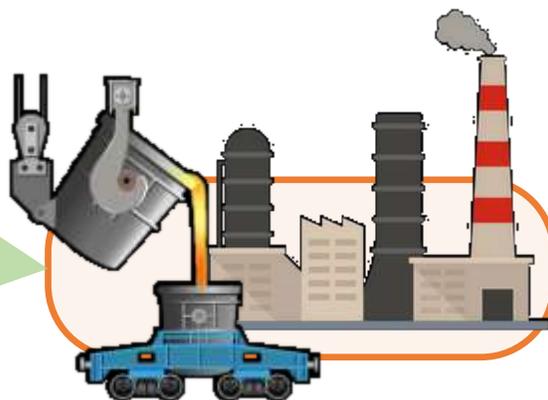
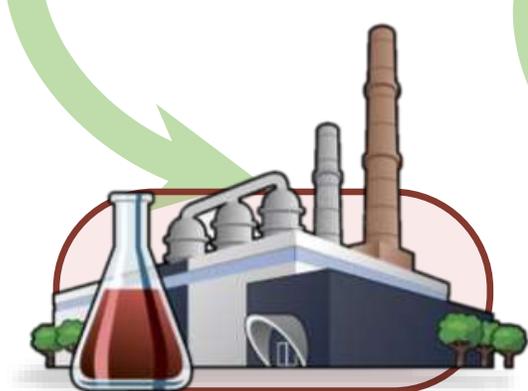
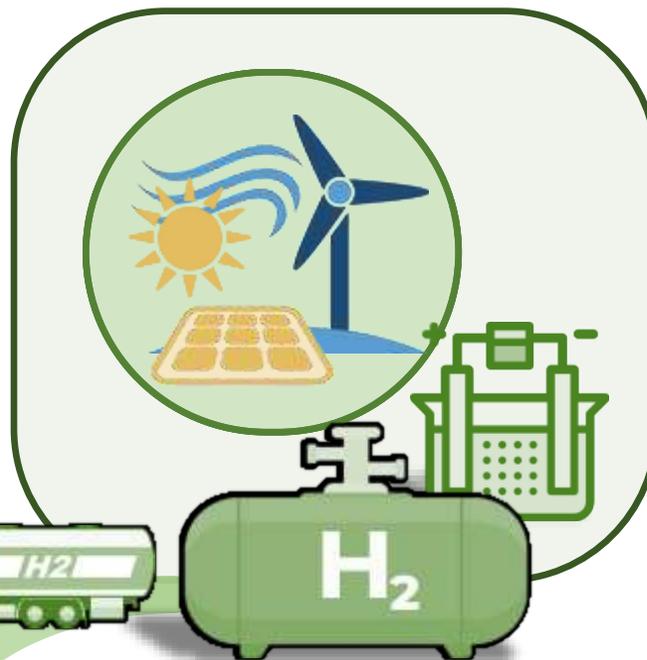
# Costo unitario di produzione di idrogeno vs CO2 cost



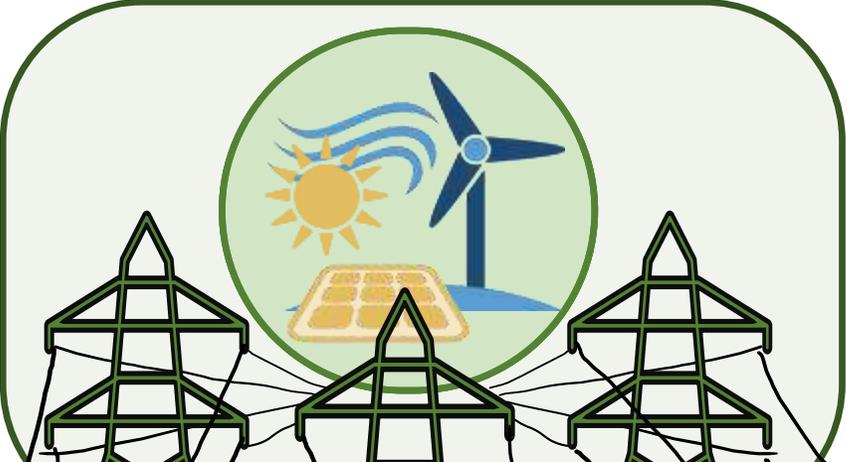
# Trasporto idrogeno

Costi compressione/liquefazione = **+30%**

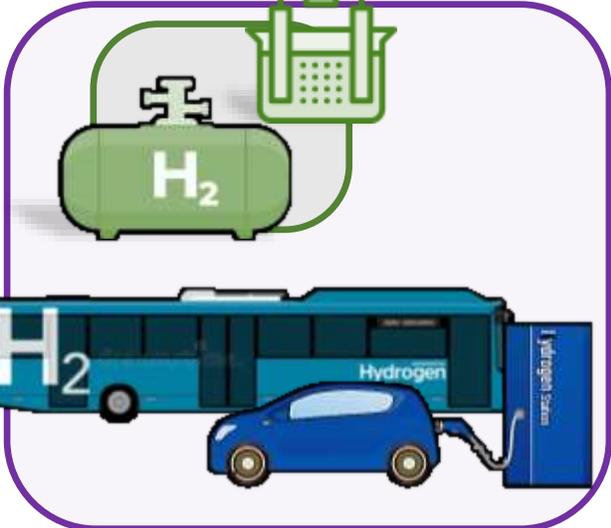
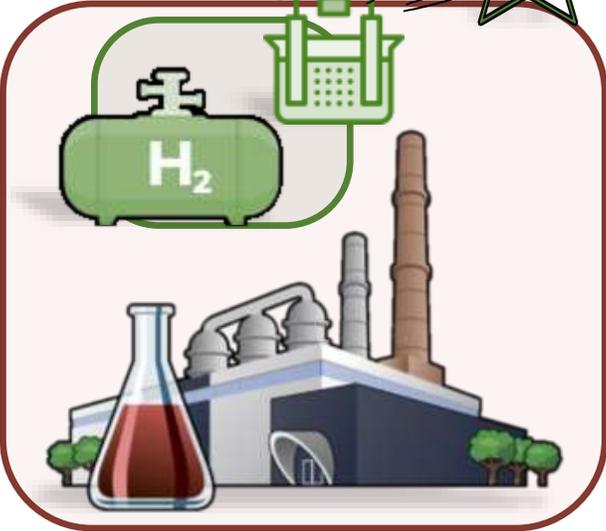
Infrastrutture H<sub>2</sub> = **1000 ÷ 2000 k€/km**



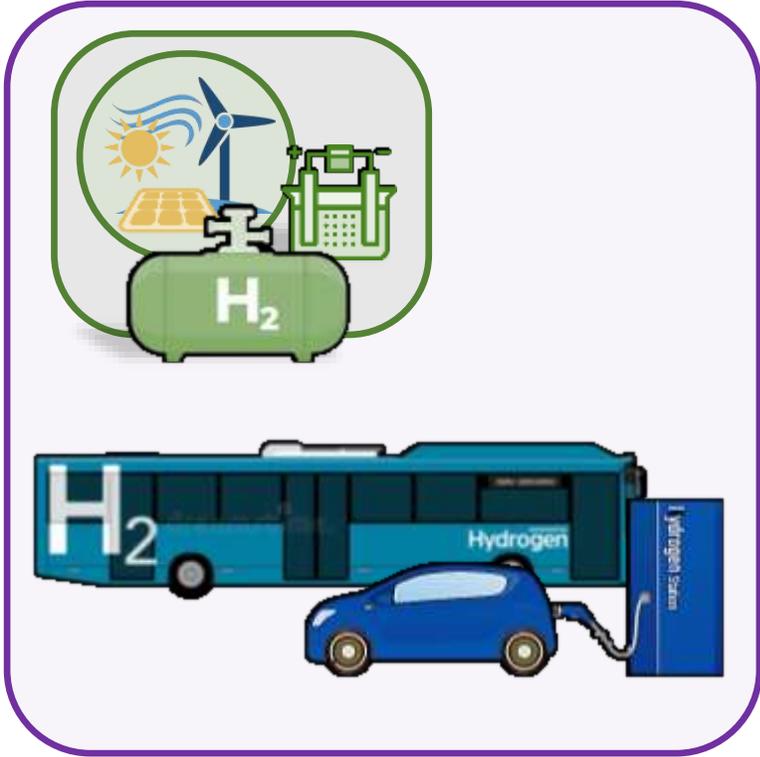
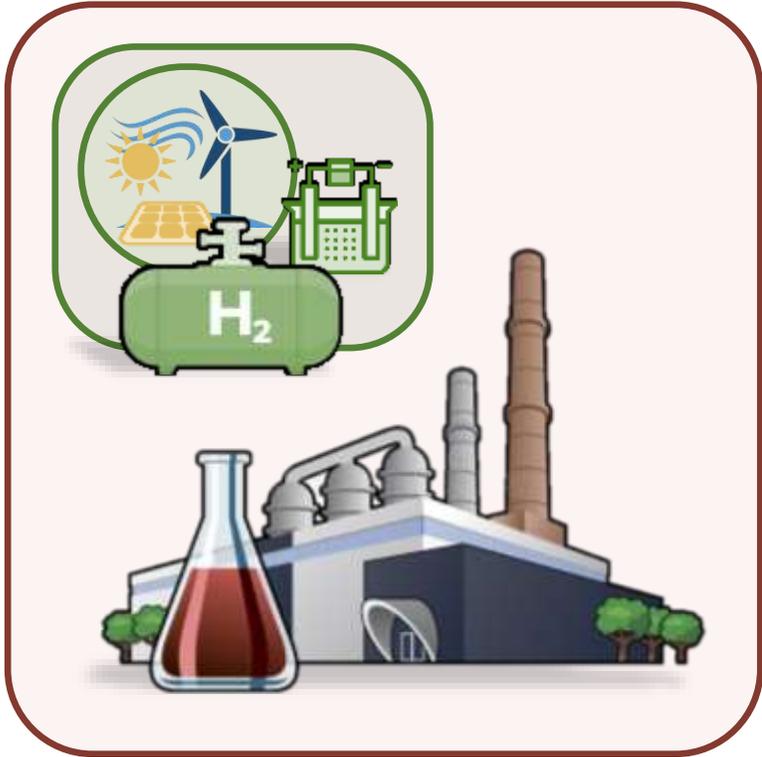
# Trasporto Elettricità



Adeguamento della rete

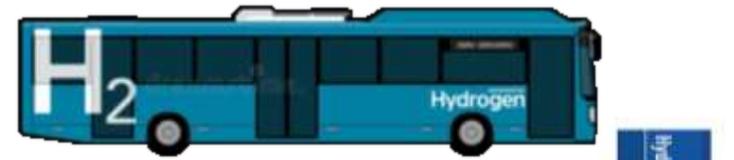
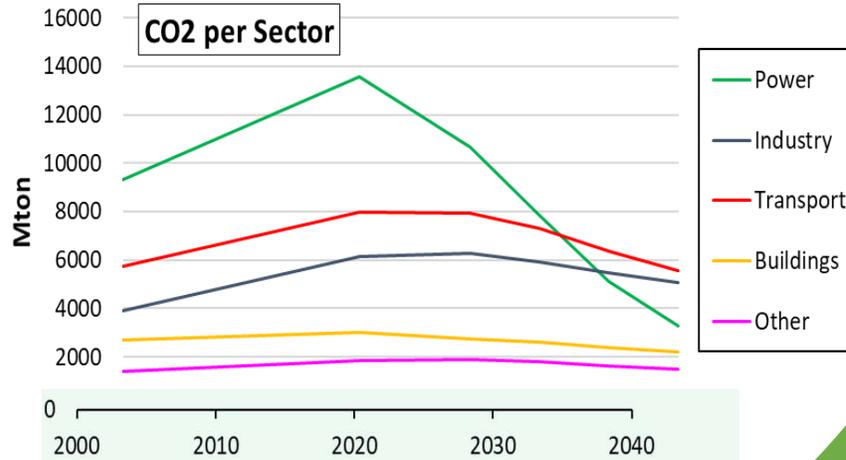


# Produzione in situ

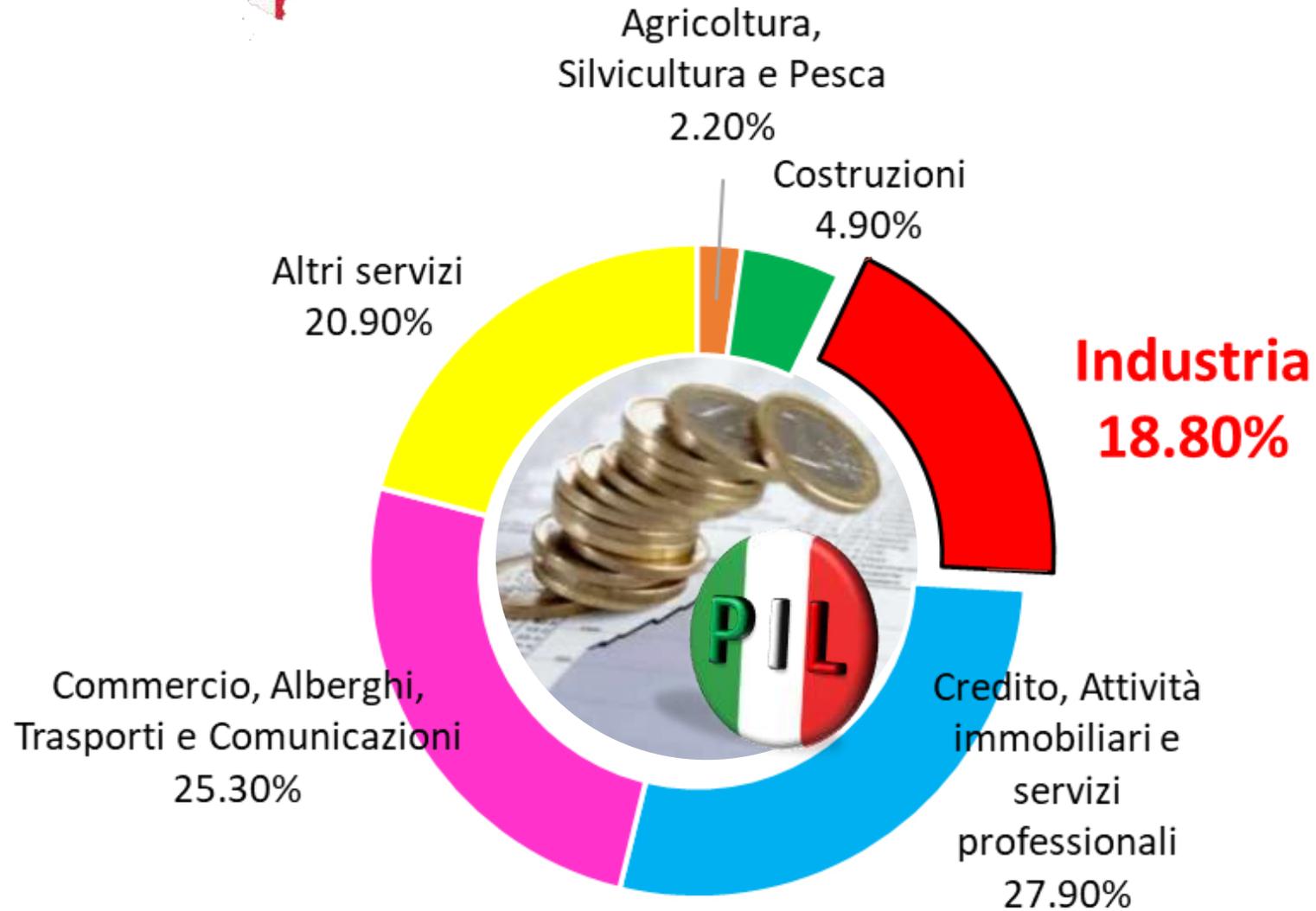


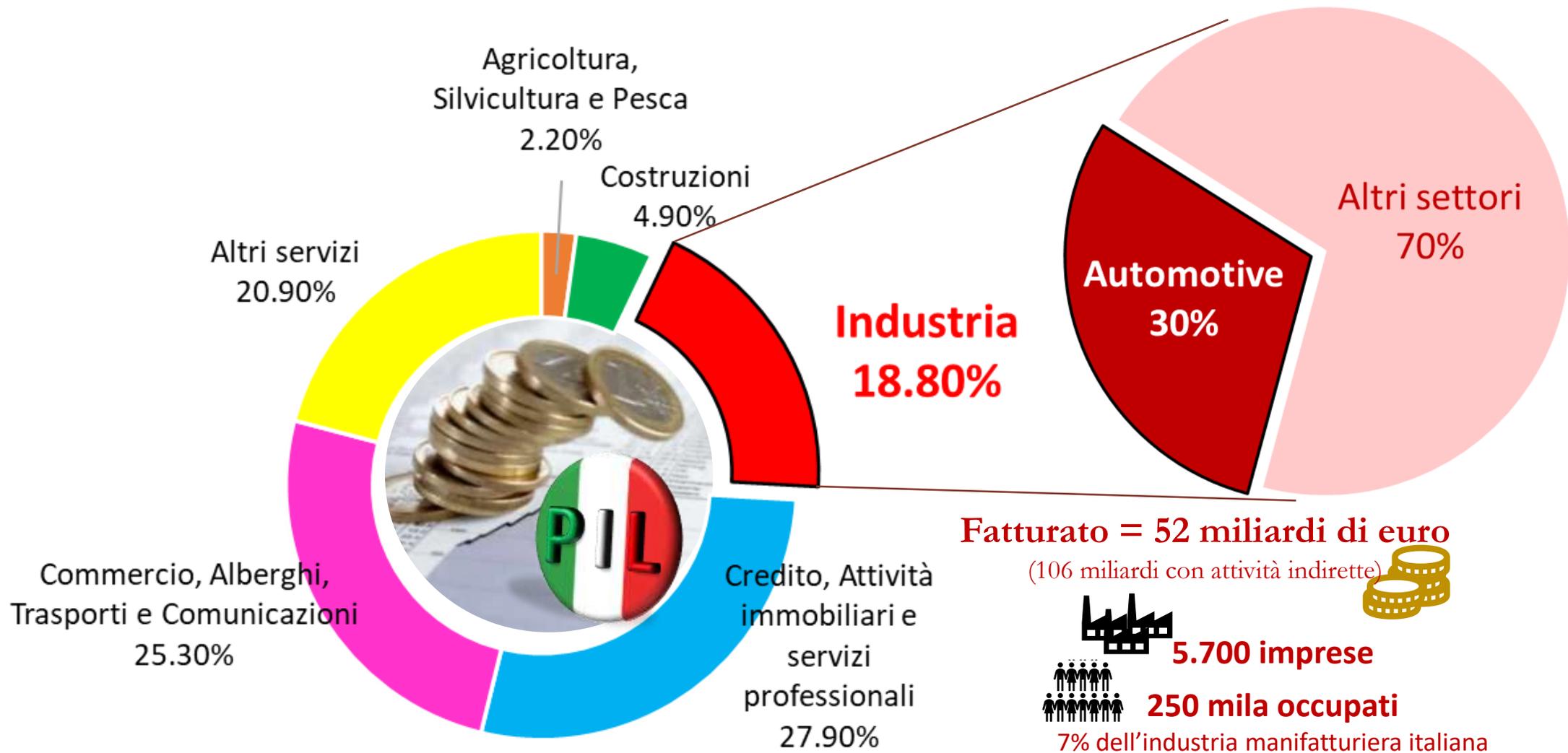
Dinamiche di domanda

# Green Hydrogen



# Automotive ( +1000 H2 charger, 4% del totale al 2030)





# Automotive



$H_2$   
FOSSIL FUEL

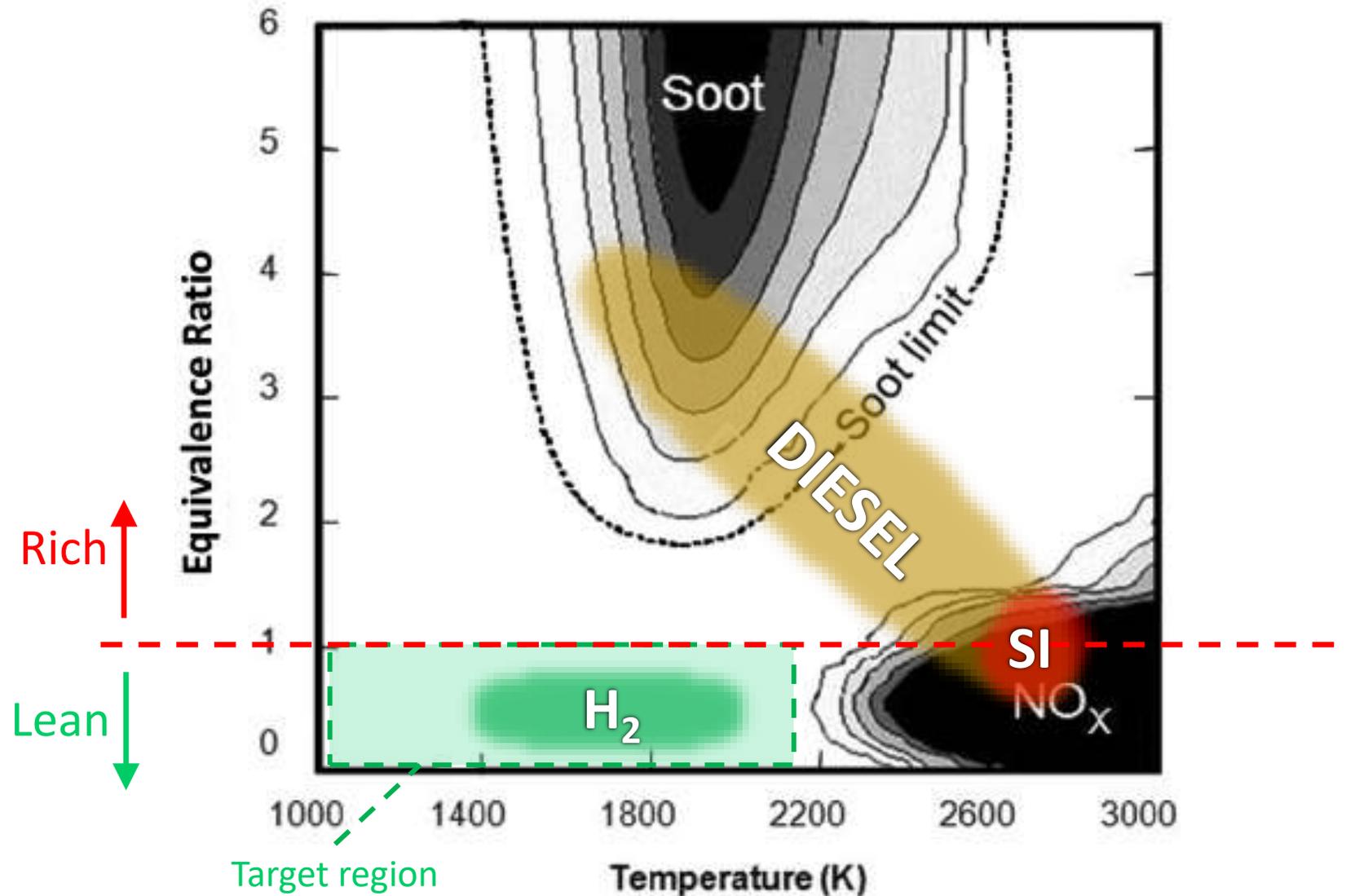


H  
CO  $2$

# Automotive



# Automotive



# La redistribuzione del valore

Gran parte degli utili in mano a pochi

# Hydrogen valley, le opportunità per i territori



- perché di una radicalizzata percezione pregiudizievole
- riluttanza nelle stesse amministrazioni territoriali autorizzanti
- procedura abilitativa semplificata, la giusta soluzione?

# Questioni strategiche da affrontare urgentemente

- Fonti rinnovabili dedicate alla produzione dell'idrogeno verde
- Garanzie d'origine per l'idrogeno
- Avviare progetti per idrogeno verde e rafforzare la filiera nazionale di produzione di elettrolizzatori
- Ristrutturare i meccanismi autorizzativi degli impianti rinnovabili
- Fornire elementi alle istituzioni territoriali per motivare bandi di messa a disposizione di siti per rinnovabili
- Definire i termini di servizio per il bilanciamento di rete e degli oneri di dispacciamento e trasporto sull'energia elettrica, abilitando il P2G ai servizi del MGP e del MSD.

## R&S temi non procrastinabili

- Problemi di accumulo
- Trasporto di H<sub>2</sub> in condotta dedicata, su gomma
- Aspetti legati alle infrastrutture di rifornimento
- Usi finali legati alla microgenerazione e alla combustione



**Concludendo...**

«La Scienza è sempre in torto.

Non risolve mai un problema senza crearne altri dieci!» George Bernard Shaw

*“Come vuoi essere ricordato  
nelle mie cronache:  
come l’inventore del fuoco,  
o come il primo uomo che ha  
inquinato l’atmosfera?”*

Grazie per l’attenzione  
prof. [Riccardo Amirante](#)







i **3 driver** dell'economia dell'idrogeno:

# 1. SOSTENIBILITÀ

“Today’s energy transition is a complex, uneven, multi-speed process in a system that is under pressure to meet rising demand for energy services”



# Un suicidio ecologico



# Un suicidio ecologico



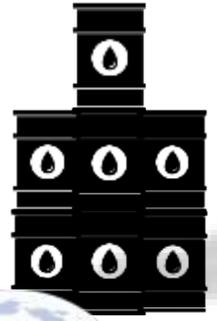
Jacob Roggeveen, 1722

# Total Primary Energy Consumption

Resto del Mondo (Sud del Mondo)  
38%



Paesi Sviluppati (Nord del Mondo)  
62%



# Popolazione

Paesi Sviluppati (Nord del Mondo)  
19%



Resto del Mondo (Sud del Mondo)  
81%

# 4,5 miliardi

