



Carlo Mapelli

Professore Ordinario **Politecnico di Milano**

La siderurgia verso un futuro ad emissioni zero

Un evento siderweb con il supporto di



Acciaieria **Arvedi**



ACCIAIERIE
VENETE SPA



DANIELI



Dufenco
TRAVI E PROFILATI



GRUPPO
gabrielli
STEEL SERVICE NETWORK

LACISA
Innovative Logistics



MARCEGAGLIA



MORANDI STEEL
OVER THE TUBES



**ORI
MARTIN**

PIPEXItalia



RICREA
CONSORZIO NAZIONALE RICICLO
E RECUPERO IMBALLAGGI ACCIAIO



Sideralba
The steel you need



SLINGOFER 60
YEARS
1961 - 2021



Zaninoni
INTERNATIONAL FORWARDING AGENT SPA

CO₂

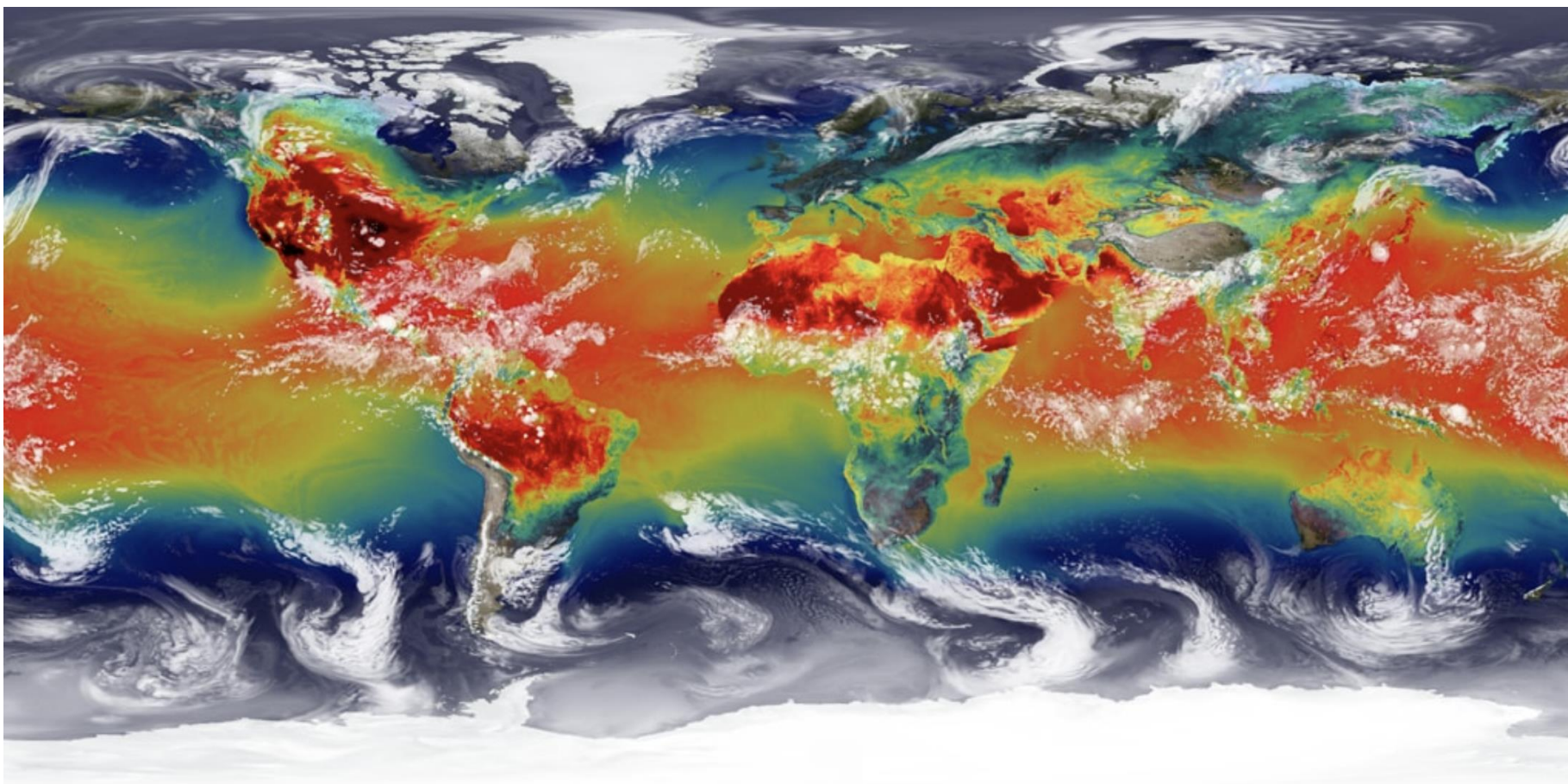
Emissioni Annuali

50 miliardi di tonnellate di CO₂

Contributo dell'industria siderurgica

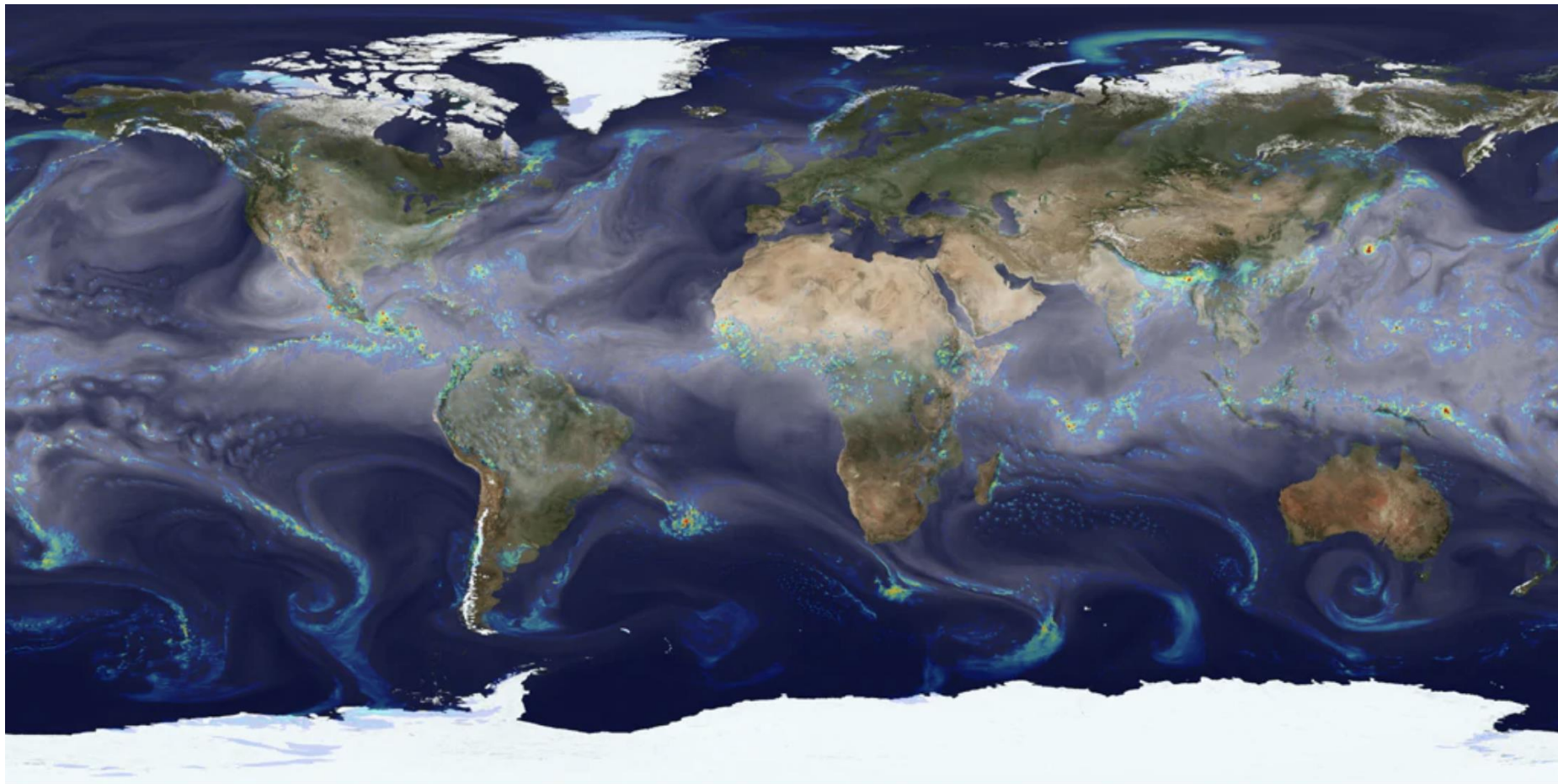
2.8 miliardi di tonnellate di CO₂
che corrispondono al 5-6% dell'emissione mondiale complessiva

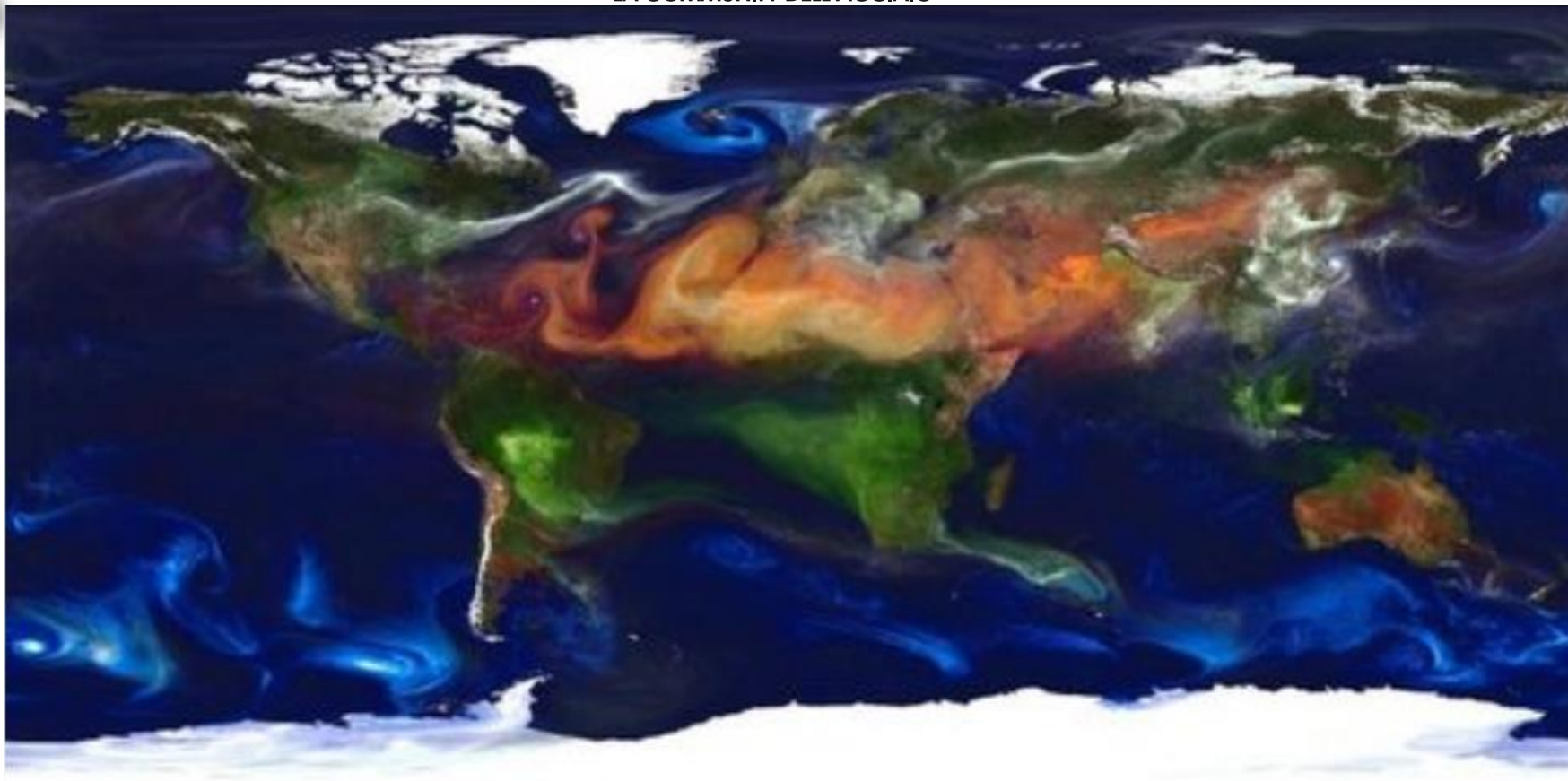
Il riscaldamento globale (-3°C a 37°C)



Fonte NASA

La distribuzione globale delle piogge tra il 2005 e il 2007 è indicata in questa mappa. I colori indicano l'intensità delle precipitazioni (da 0 a 15 millimetri all'ora): in rosso le aree più colpite



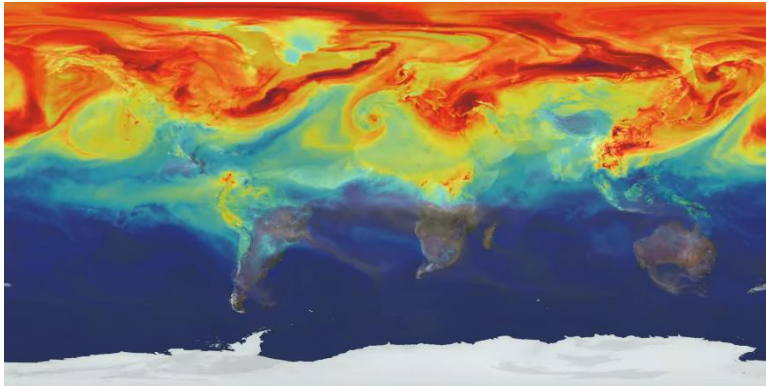


In rosso le particelle di polvere, in blu quelle di sale, in verde quelle di carbonio (organico o inorganico) e in bianco quelle di solfati disperse nell'atmosfera: l'intensità del colore indica la maggiore o minore distribuzione ottica dei vari aerosol.

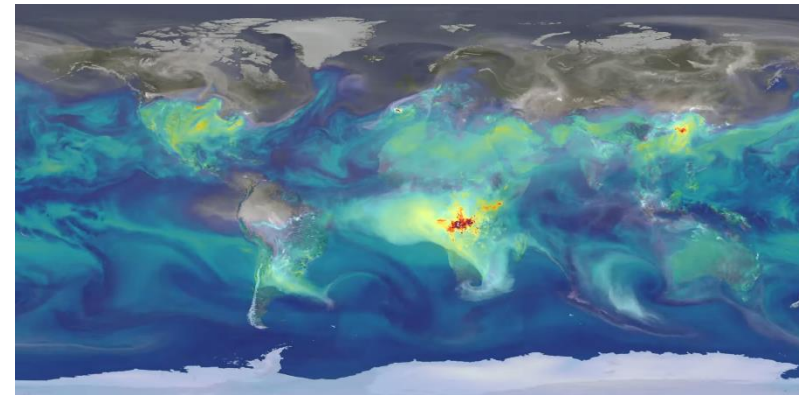
Fonte:Nasa

<https://www.youtube.com/watch?v=x1SgmFa0r04>

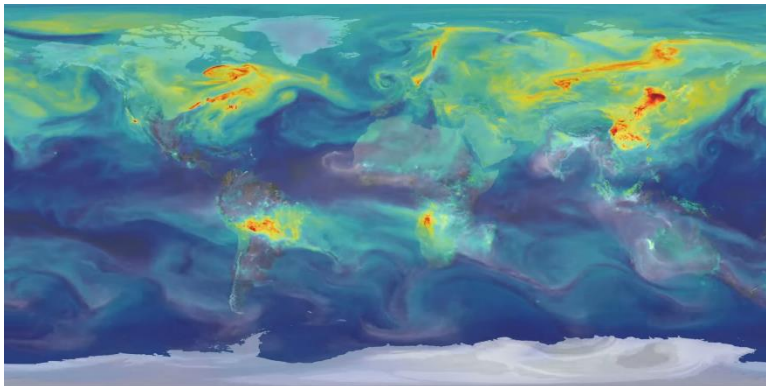
Primavera



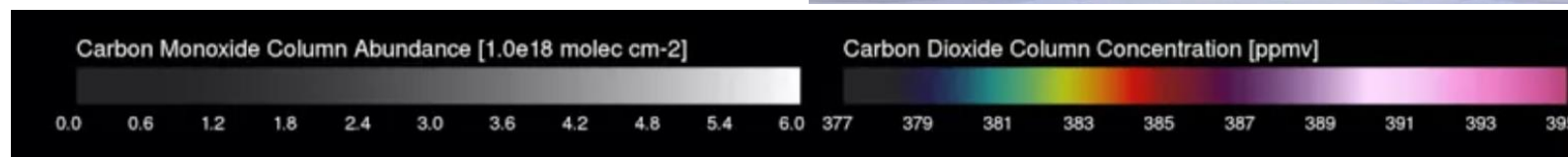
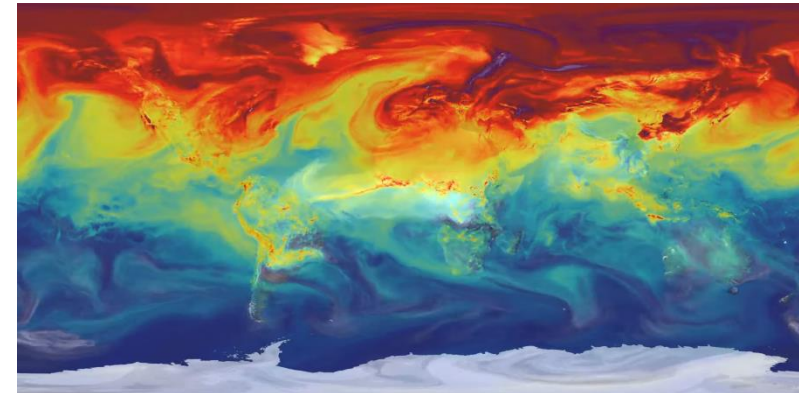
Estate

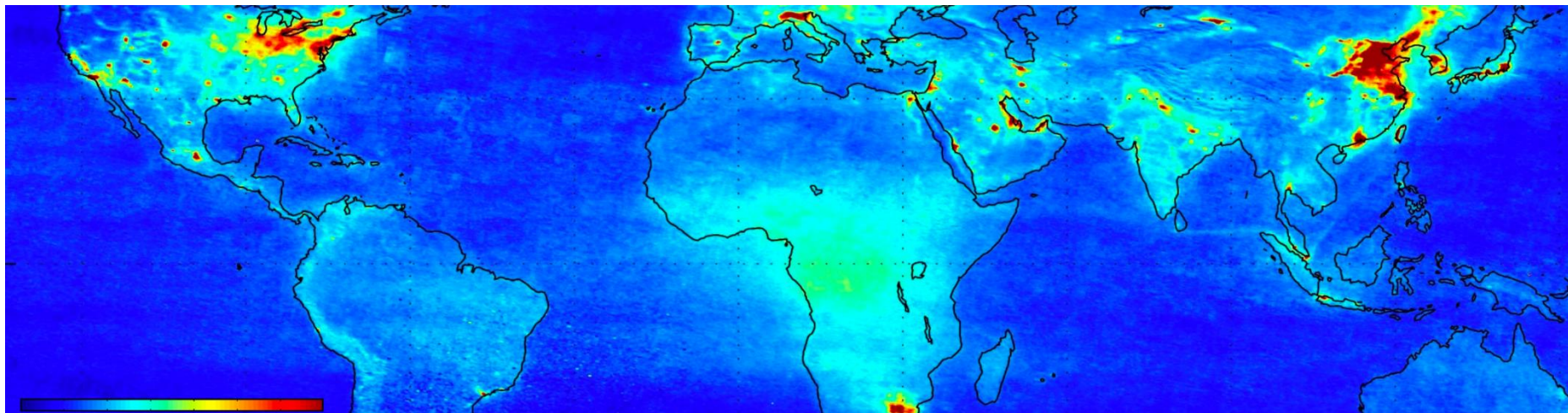


Autunno



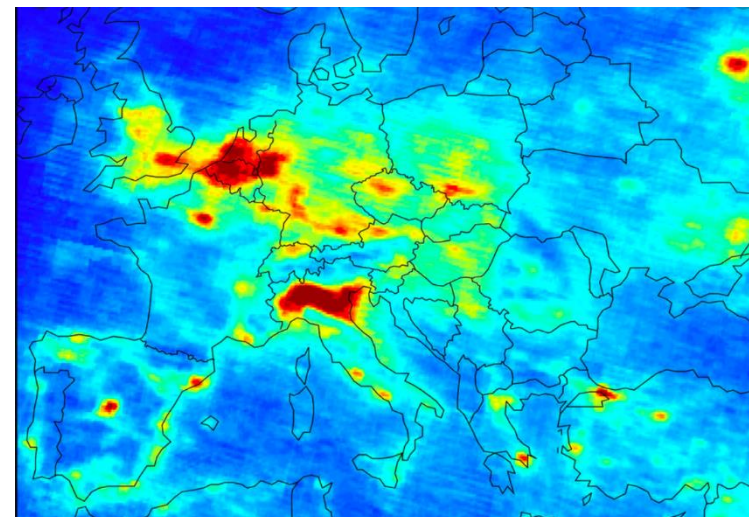
Inverno





Distribuzione del particolato

Fonte ESA



E' possibile rinunciare al carbonio nella filiera siderurgica?

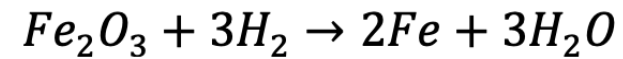
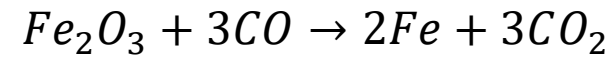
NO

L'acciaio è una lega (soluzione chimica) di Fe e C

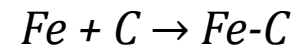
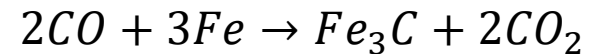
fonte: elaborazione siderweb su dati Eurostat

Perché C e H₂ sono coinvolti nel processo siderurgico?

Reazioni complessive di riduzione

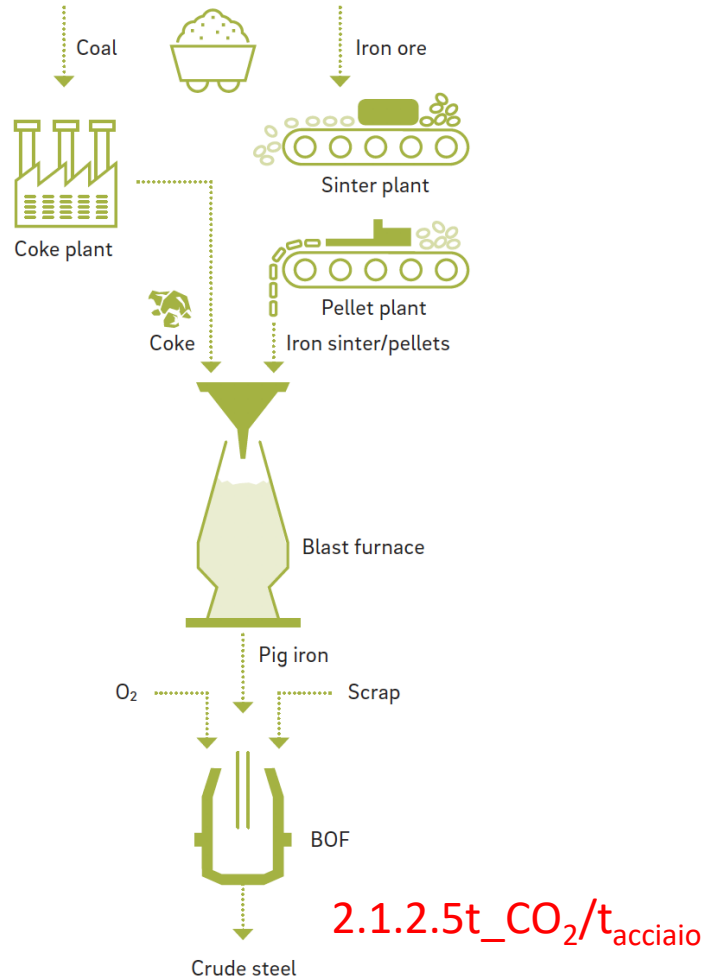


Carburazione del ferro

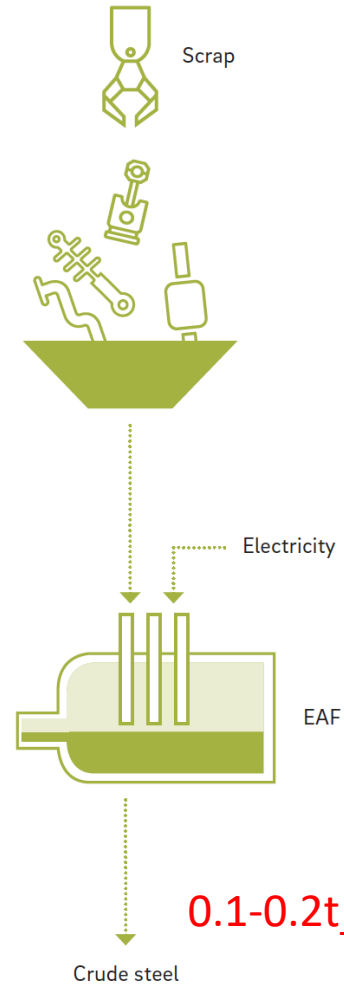


ITALIA

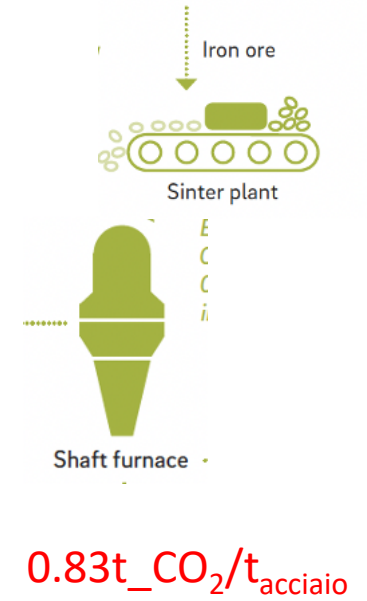
PRIMARY ROUTE 20%



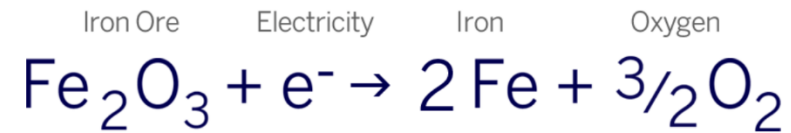
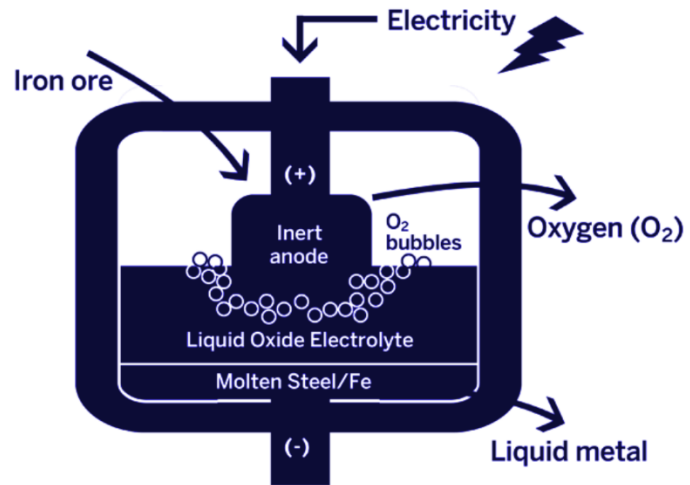
SECONDARY ROUTE 80%



**A livello mondiale 60% da ciclo primario – 40% da secondario



Elettrolisi del minerale di ferro?

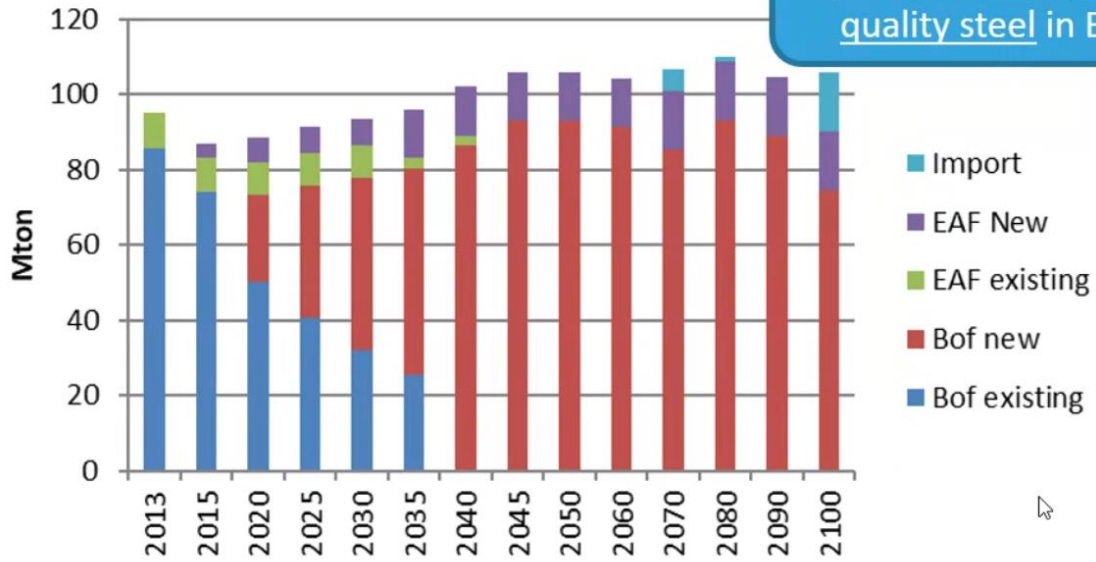


Reducing Agent	Electrons
Feedstock	Concentrates or pure oxides
Electrolyte	Molten oxides (CaO, MgO, etc.)
Containment	Refractory or frozen ledge
Temperature	Up to 2,000°C
Product	Pure metals or alloys

Via irrealistica per i costi energetici che superano i 4MWh/t_acciaio

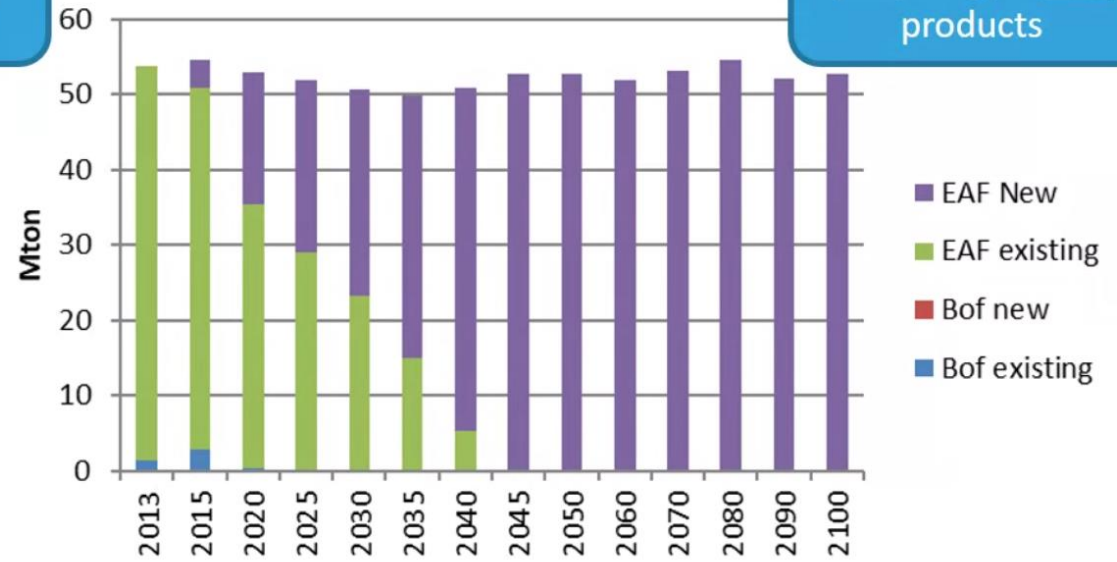
Flat products in Europe

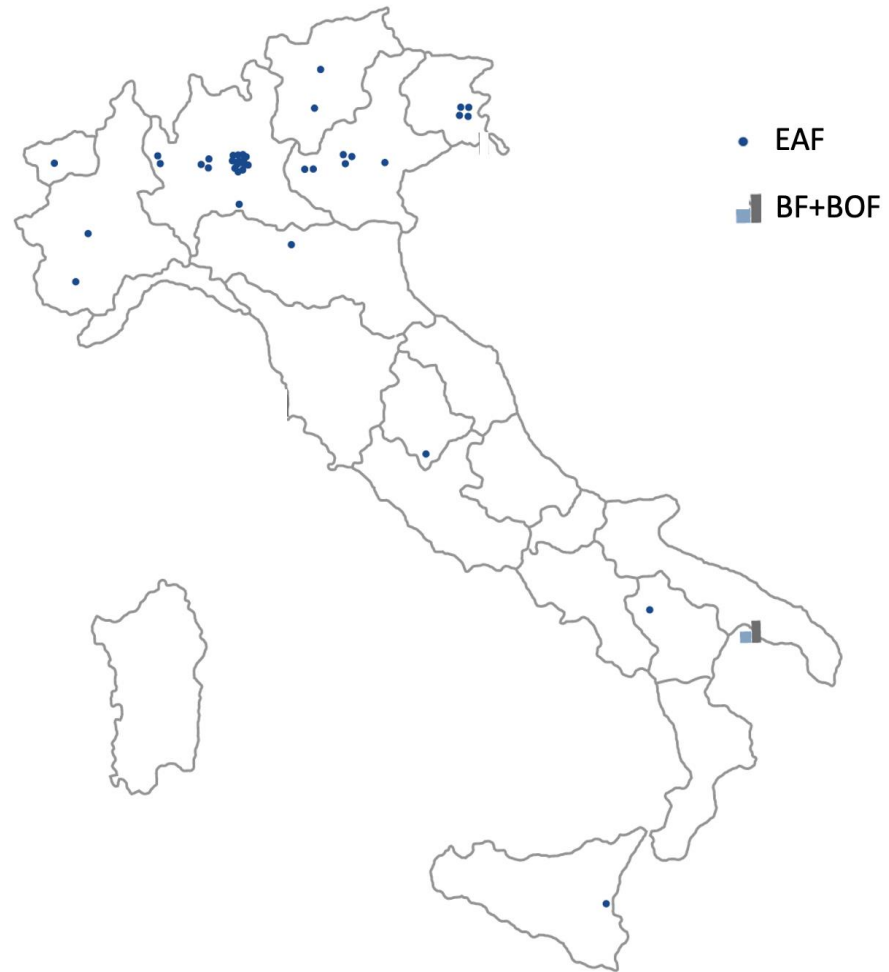
Stable demand & production for high quality steel in EU



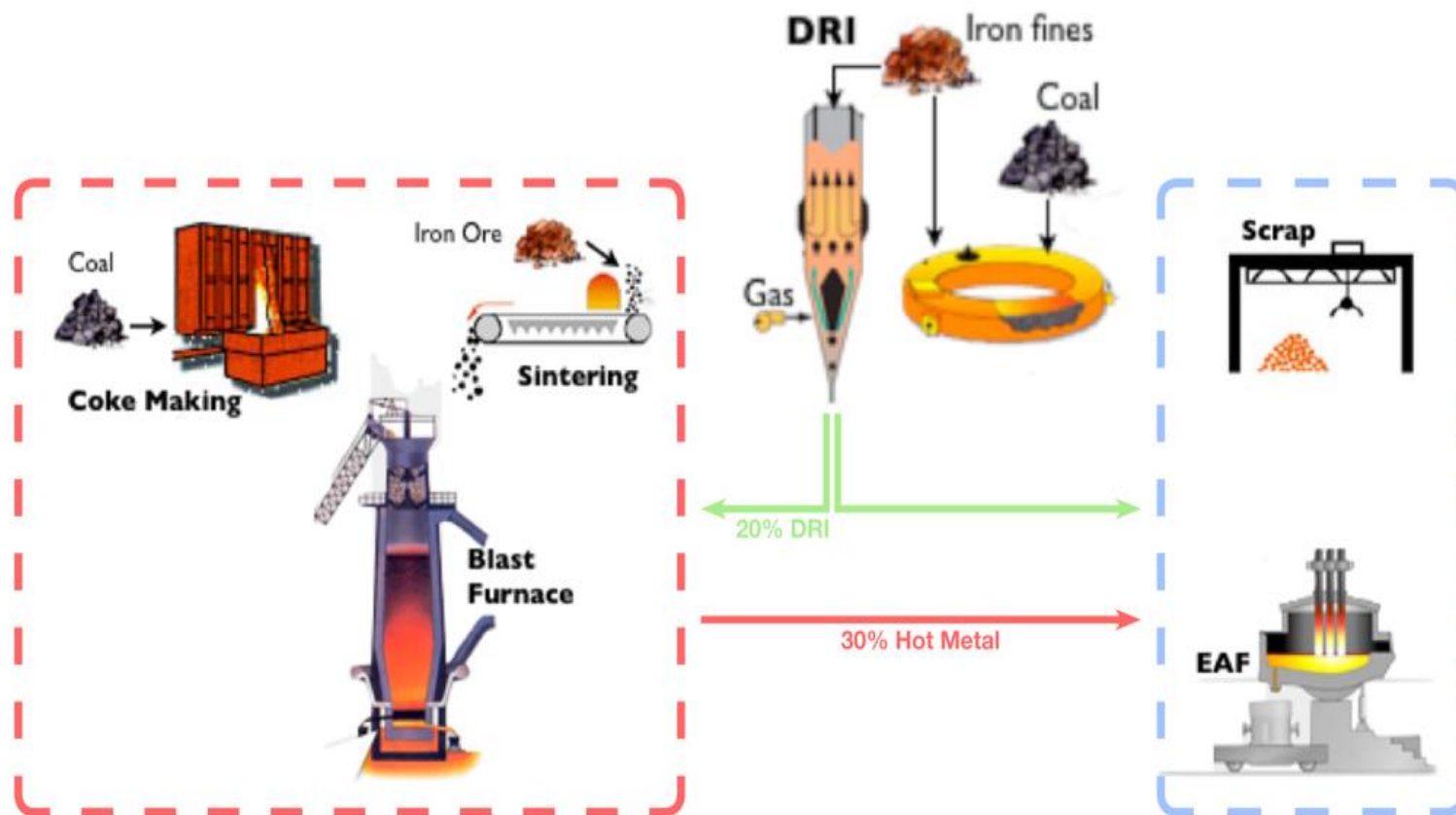
Long products in Europe

Steel scrap (recycling) in long products





Configurazione ibrida

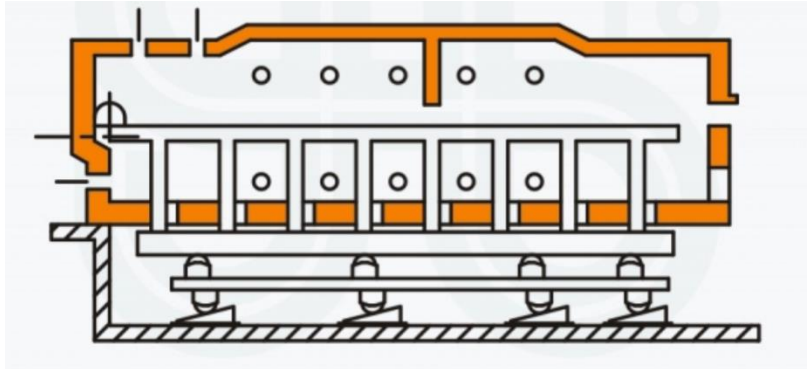


Forni di riscaldamento a gas naturale

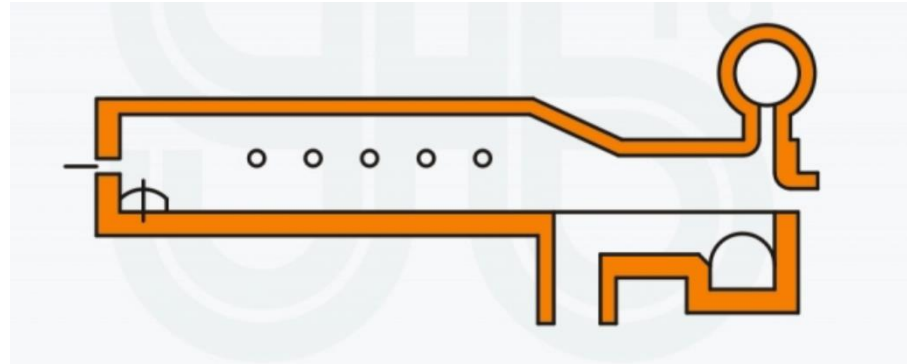
0.053t_CO₂/t_{acciaio}



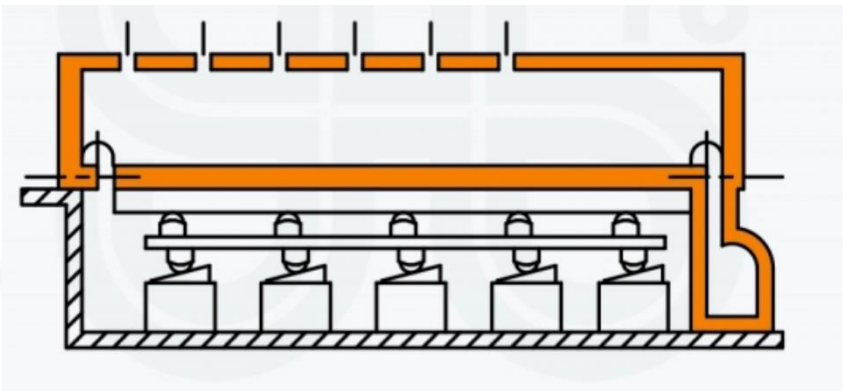
Walking Beam Furnace



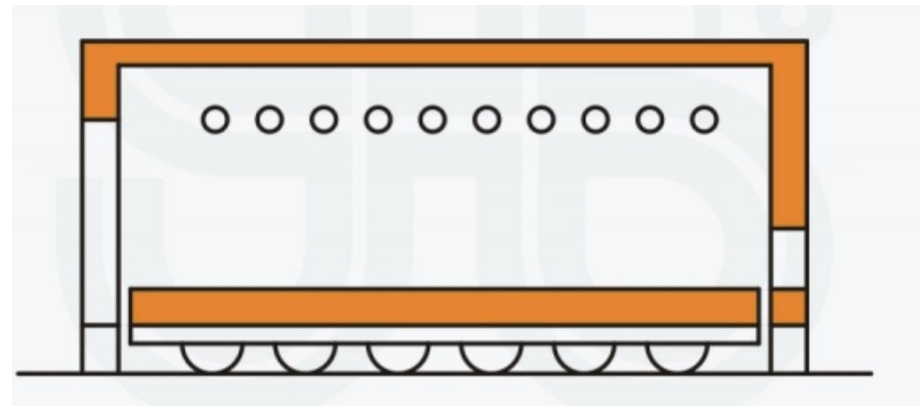
Pusher Furnace



Walking Hearth Furnace



Bogie Furnace






Metodi per diminuire ed eliminare l'emissione netta di CO₂

H₂

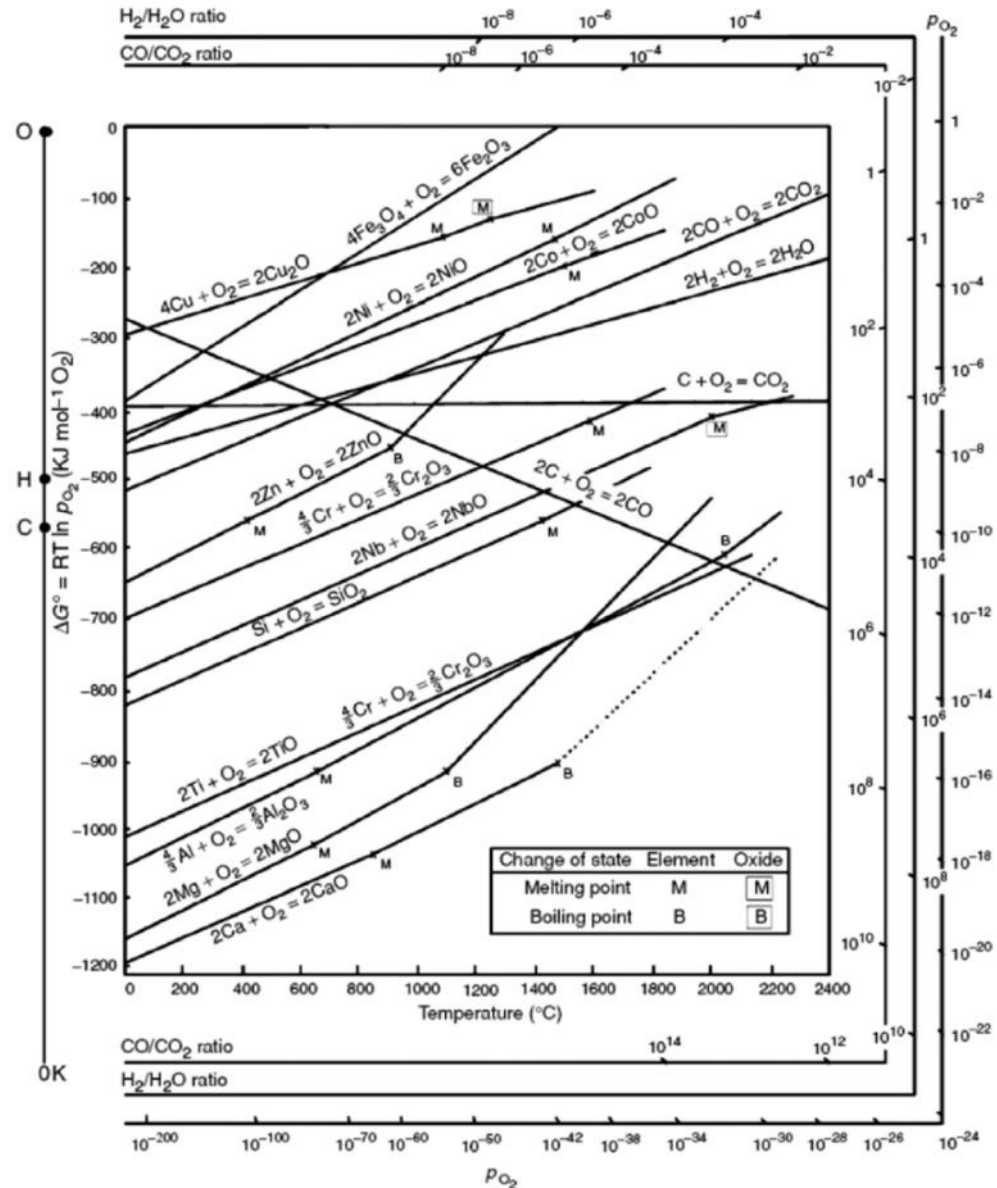
Sequestro della CO₂

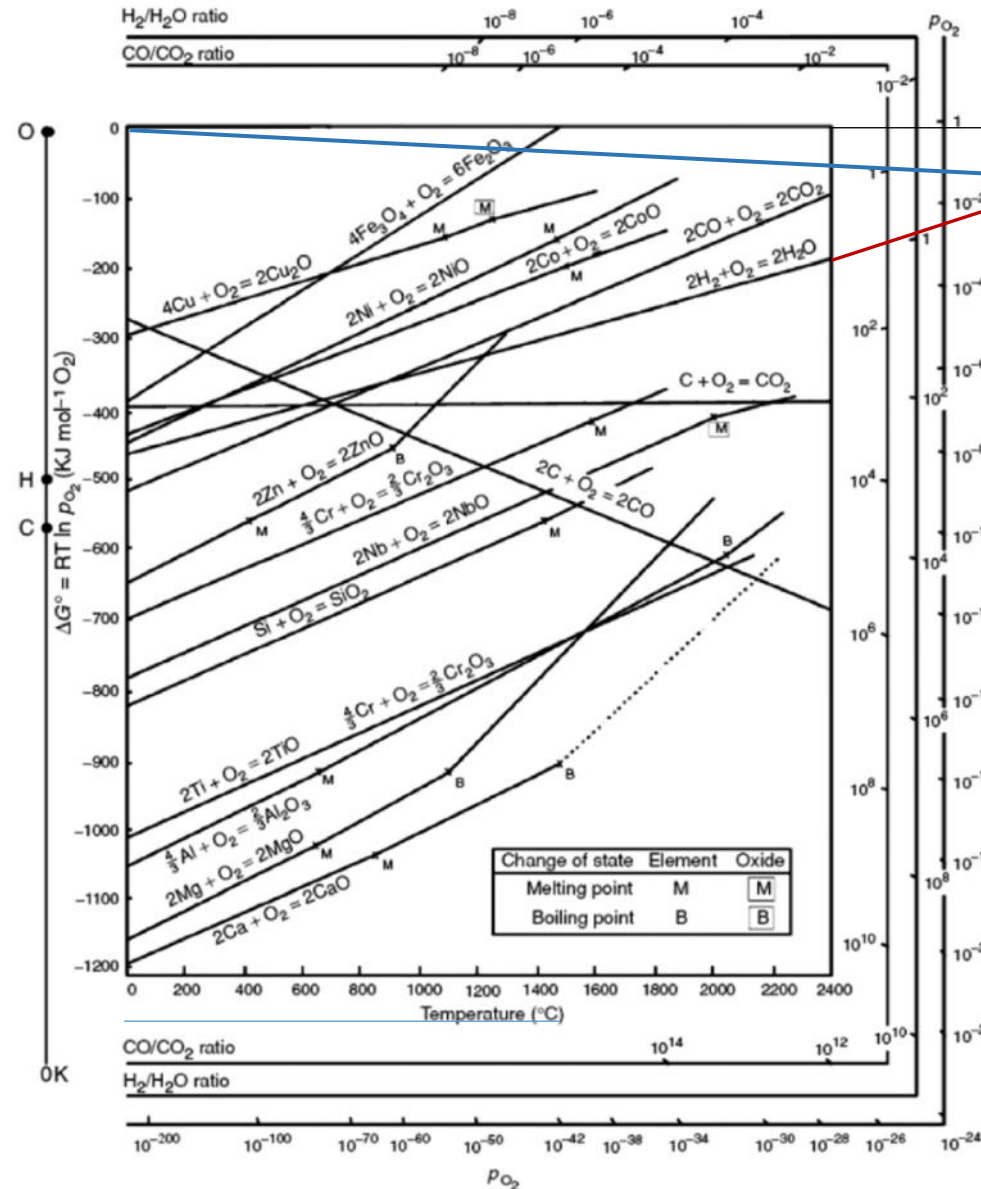
Utilizzo di C di origine biologica

Type of Hydrogen	Production	Considerations	Emission Factor
Grey	 <p>Produced from fossil fuels, most commonly from natural gas through the SMR process. Less commonly it uses the ATR process</p>	Although it is a mature technology, it involves notable disadvantages such as mass and heat transfer issues, as well as coke deposition during the reaction.	10 tCO ₂ /tH ₂ (IEA, 2019)
Blue	 <p>It is produced in the same way as brown or grey hydrogen, but its CO₂ is captured and stored or used.</p>	Depends on the availability of carbon storage (CCS) or carbon use (CCU).	0.64 – 0.99 tCO ₂ /tH ₂ (CE Delft, 2018)
Green	 <p>It is produced by electrolysis of water, using solely electricity from renewable energy sources.</p>	Availability of RES and water play a key role.	CO ₂ free

Affinità dell'ossigeno per gli elementi chimici

E' più semplice di quanto sembri:
più la linea è spostata verso il basso
più difficile è separare
l'elemento chimico
dall'ossigeno

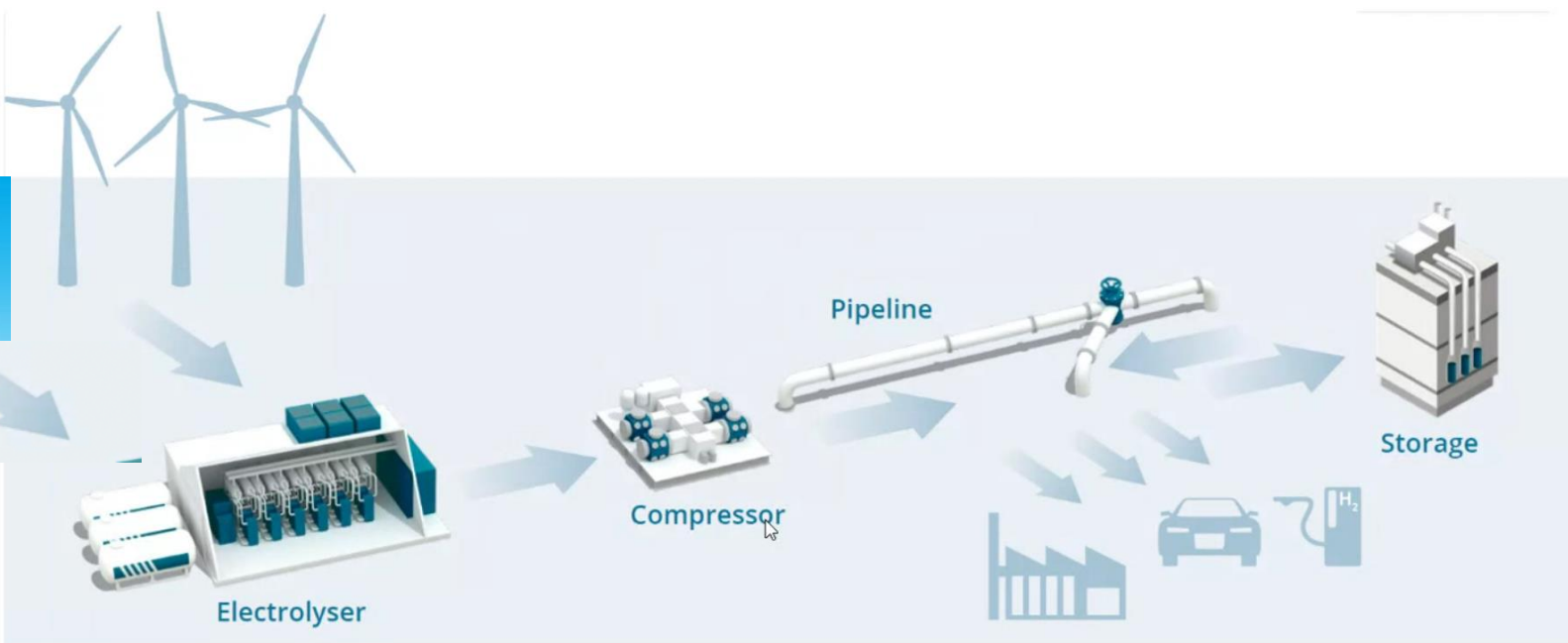




Dissociazione termica H₂O
3900°C

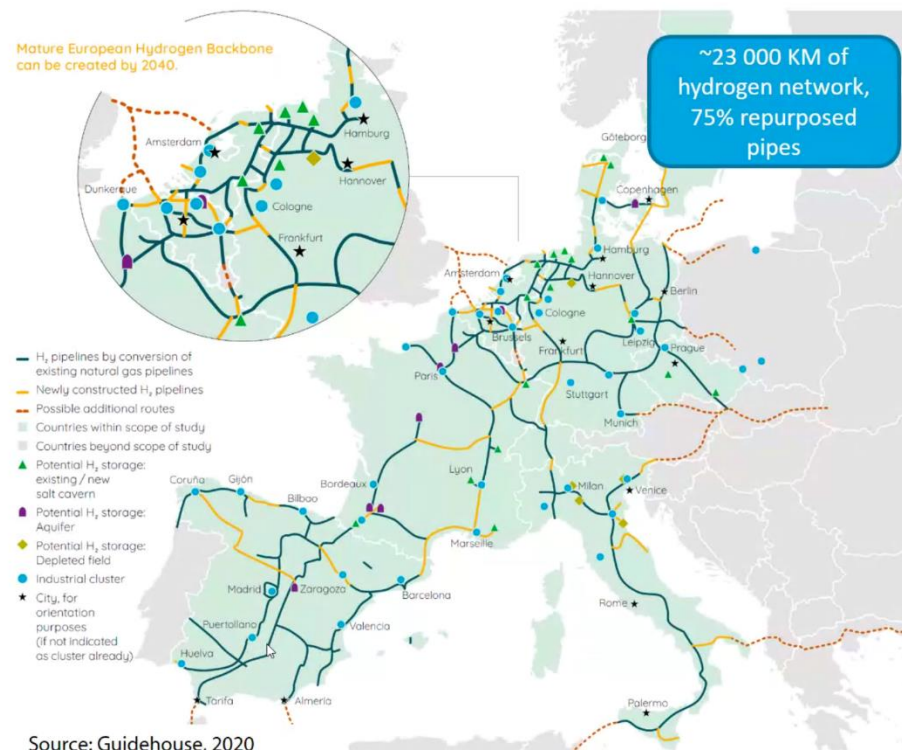
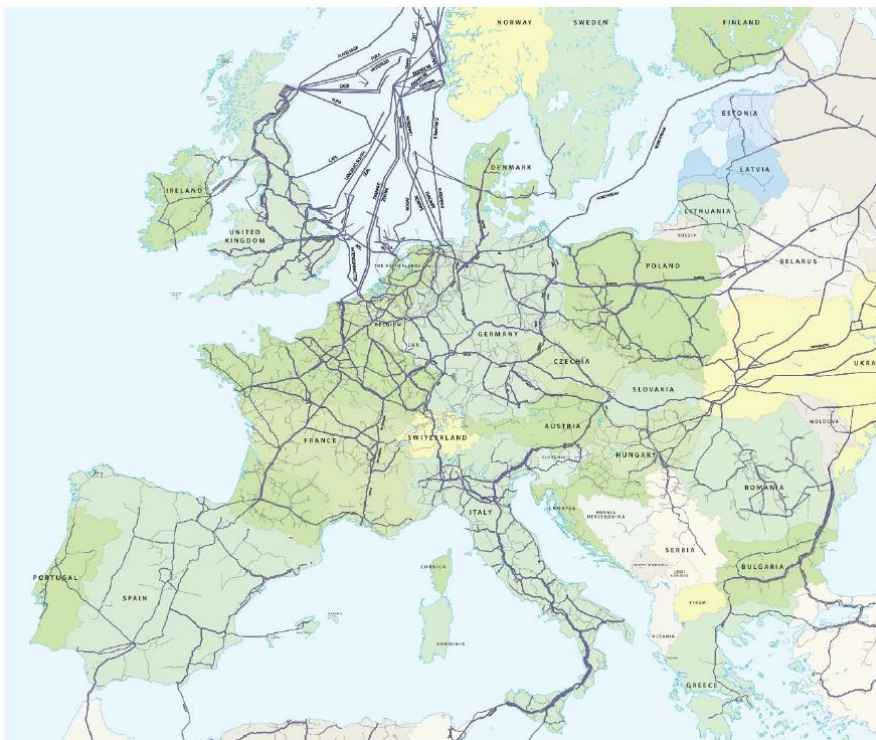
Energia necessaria (senza dissipazione)
per ottenere 1kg di H₂
113,727MJ
31,6kWh

Teorici 2.71k113Wh/m³
ma considerando efficienza di processo
4.64kWh/m³



Si può azzerare l'emissione di CO₂, ma è conveniente lavorare con l'idrogeno «verde»?

1. L'investimento per gli elettrolizzatori è elevato e sarà economicamente sostenibile solo con una discesa del costo per m³ di idrogeno prodotto pari a 5-6 volte rispetto all'attuale (Fonte ENEL);
2. la reattività dell'idrogeno è più elevata rispetto al gas naturale ed il consumo è consigliato nei pressi del sito di produzione;
3. per produrre 1t di acciaio dal minerale sono necessari 627m³H₂ con un uso di energia elettrica pari 3.200kWh/t_{acciaio}
sostituire il gas naturale nei forni elettrici ad arco incrementare il consumo elettrico di 200-220kWh/t_{acciaio}
per alimentare i forni di riscaldamento sono necessari 368kWh_{elettrici}/t_{acciaio}
4. si devono prelevare 500kg_{acqua_dolce}/t_{acciaio} e quindi almeno 25kg verranno persi;
5. con produzione da fotovoltaico per ogni t_{acciaio_anno} da produrre da minerale vanno impegnati 3.32m² di suolo, per un forno di riscaldamento il consumo di suolo è stimabile annualmente in 0.5m²/t_{acciaio_anno}

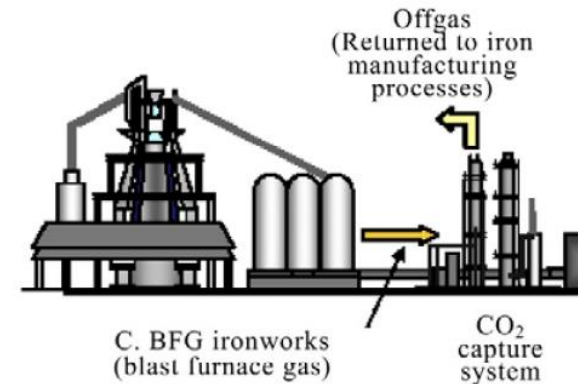


Sequestro della CO₂

- Ammine
- Ammoniaca Raffreddata

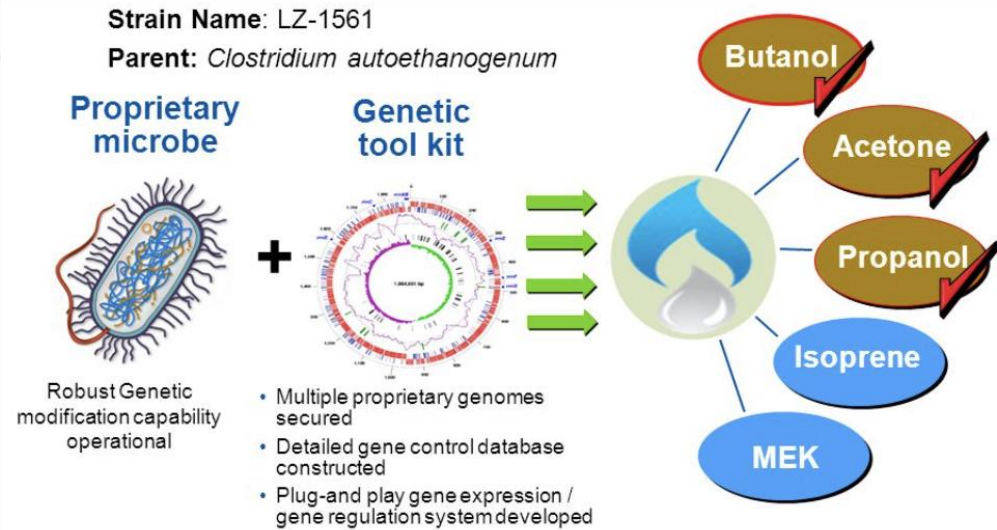
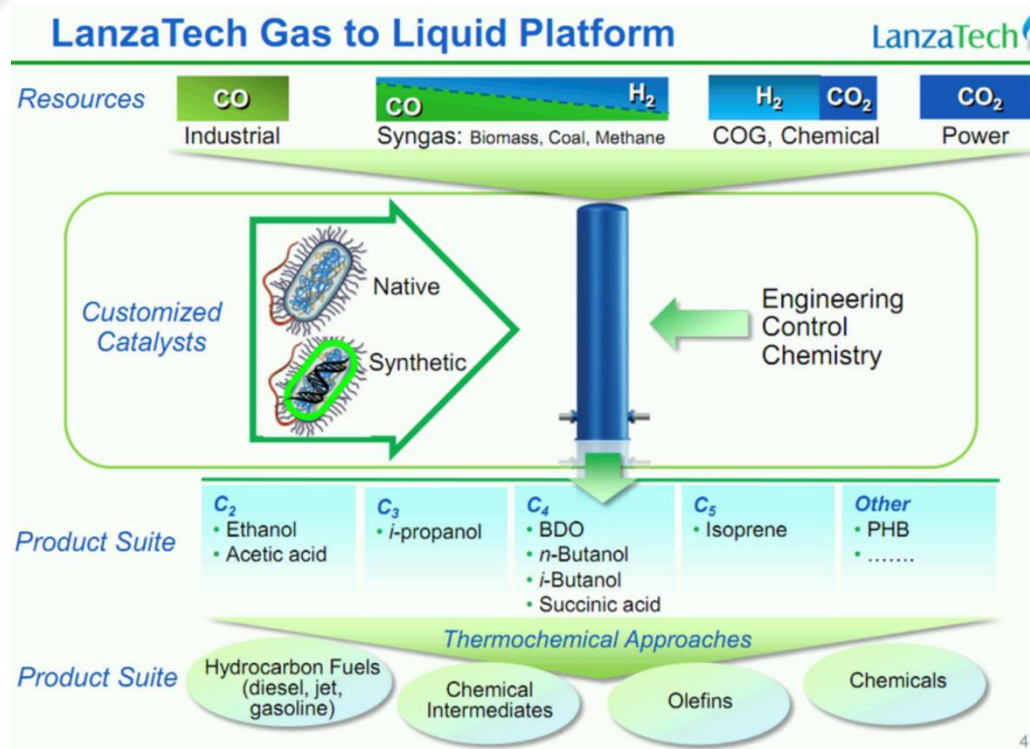


*Bisogna considerare che per ogni t di CO₂ sequestrata si reimmettono circa 80-100kgCO₂ per il funzionamento dell'impianto di sequestro (rigenerazione delle ammine ecc.)



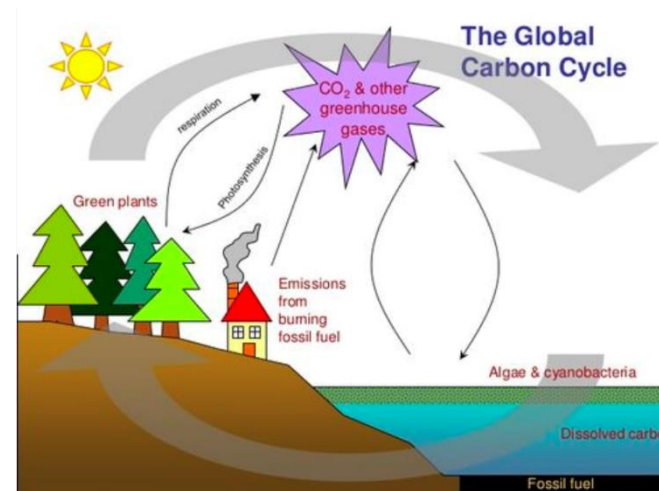
- Mineralizzazione per formare carbonati a partire da ossidi (è un processo cineticamente lento e di solito gli ossidi – es. CaO – vengono estratti dai carbonati per altre finalità differenti dal sequestro)
- Liquidi ionici

Via Biotecnologica all'utilizzo (purtroppo non è del tutto consolidata e soffre la variabilità di composizione dei gas così come la presenza di S)



LanzaTech bacteria have been successfully modified to allow Butanol, Acetone and Propanol to each be separately produced from gases.

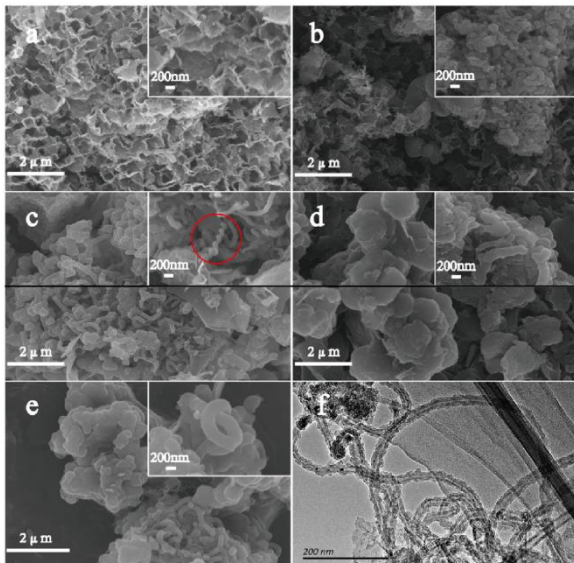
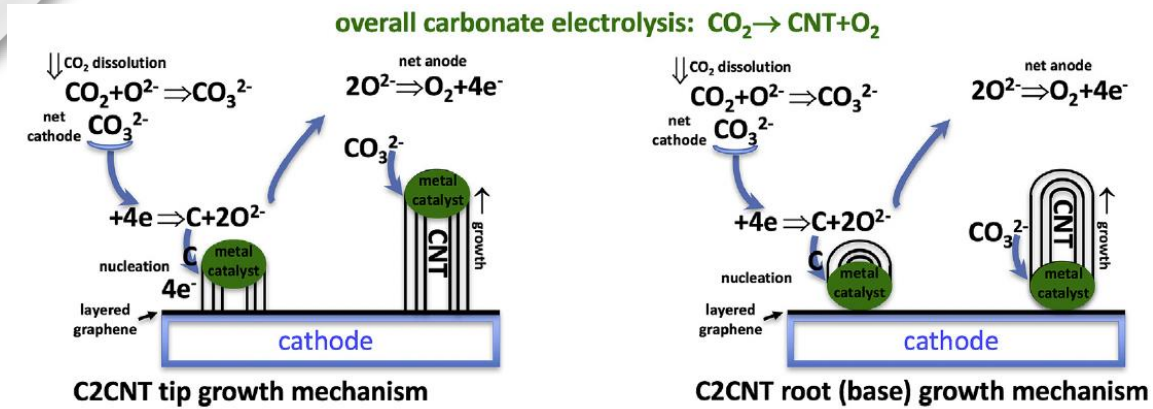
Via biologica con utilizzo di alghe spiruline che possono essere utilizzate come nutrimento nella zootecnia.



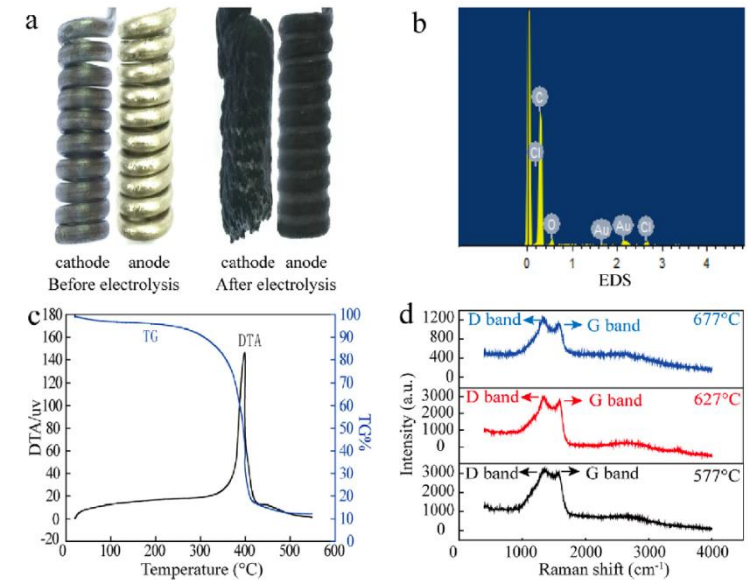
Si produce artificialmente un ciclo naturale.

Elettrolisi della CO₂

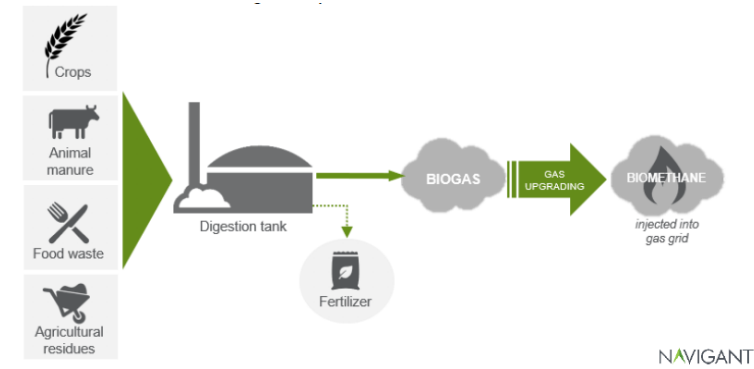
Almeno 750-800°C



Grafite
Grafene
Nanotubi di carbonio



Utilizzo di Biocarbone e Biometano



CH_4



Per la REDD2 se bio-metano e bio-char vengono prodotti da scarti agricoli e di allevamento senza sottrarre suolo alla produzione alimentare le emissioni di CO_2 alla produzione e al consumo non vanno computate tra le emissioni nette, perché si suppone che nel ciclo stagionale le coltivazioni e le risorse boschive saranno in grado di riassorbire carbonio.

