



POLITECNICO
MILANO 1863

Le Parole dell'Acciaio

Flero, 23 marzo 2023



POLITECNICO
MILANO 1863

siderweb
LA COMMUNITY DELL'ACCIAIO

Le parole dell'acciaio

Innovazione

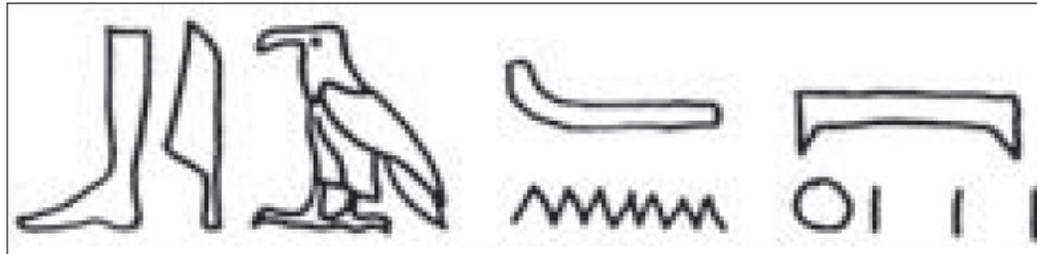
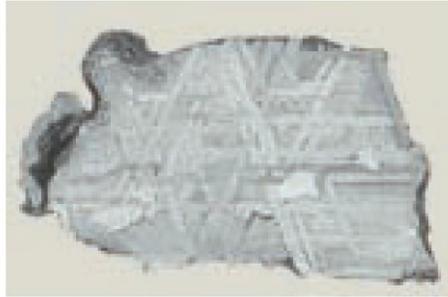
Prof. Ing. Carlo Mapelli



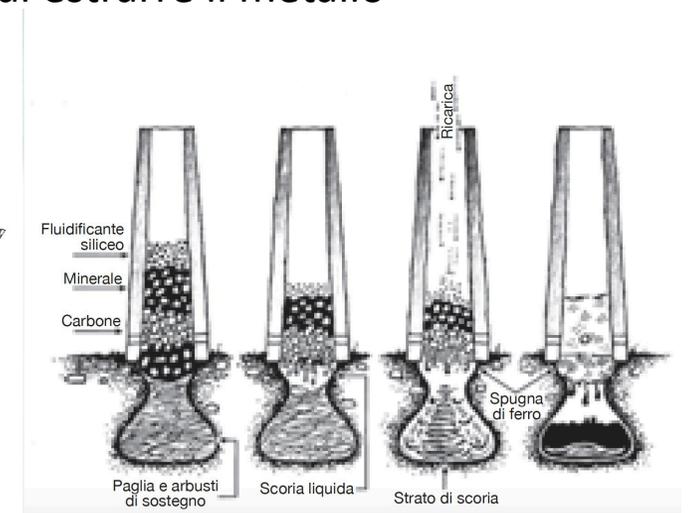
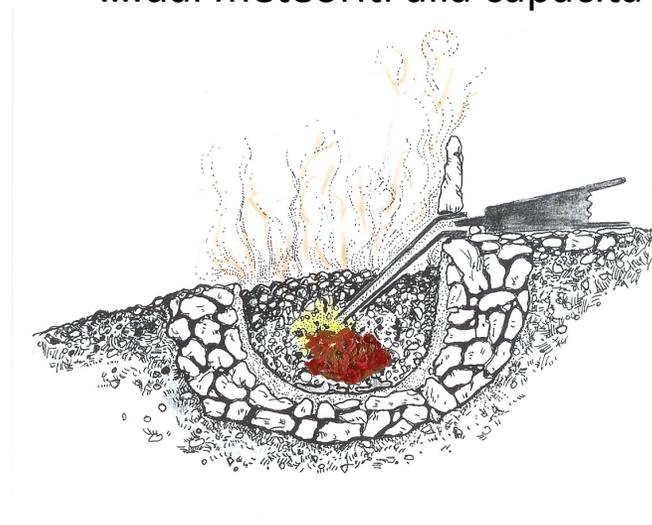
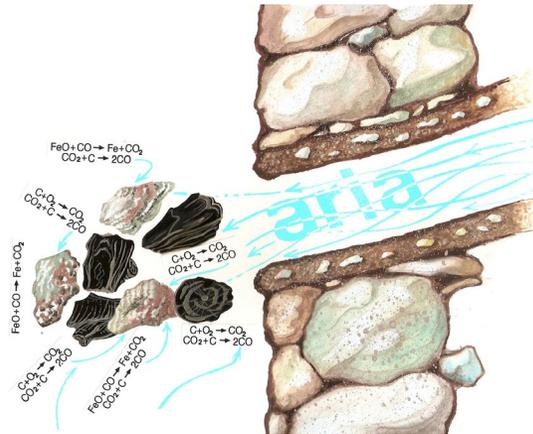
Le Pietre Miliari

Uno sguardo alla storia

Passare dalla sola capacità di lavorare il metallo alla tecnologia per estrarlo



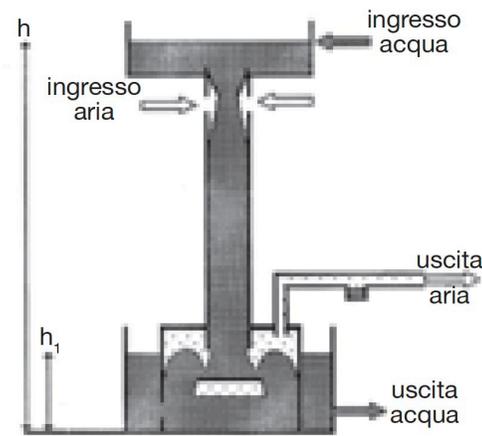
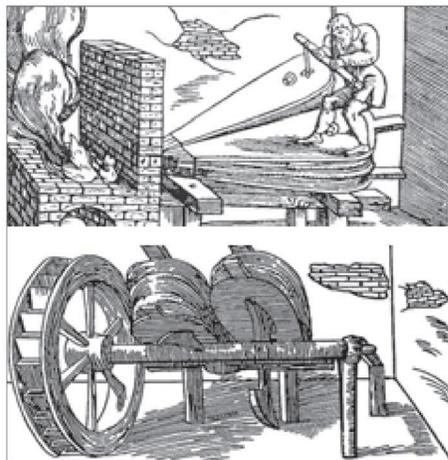
....dai meteoriti alla capacità di estrarre il metallo



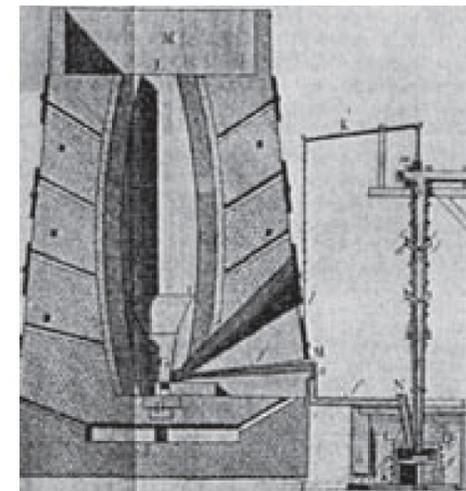
Verso l'altoforno... si impara a sfruttare la forza dell'acqua quasi 1000 anni dopo la siderurgia cinese (tra il 1100 e 1300)



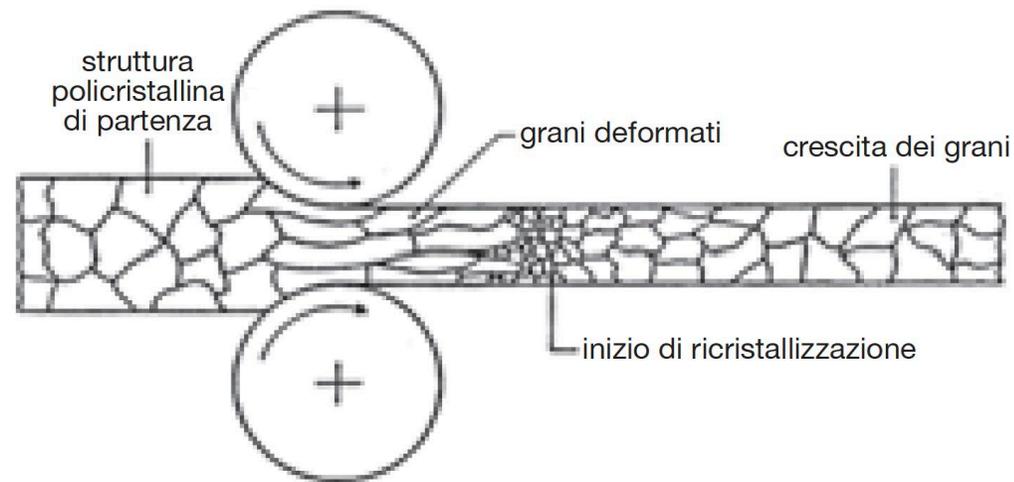
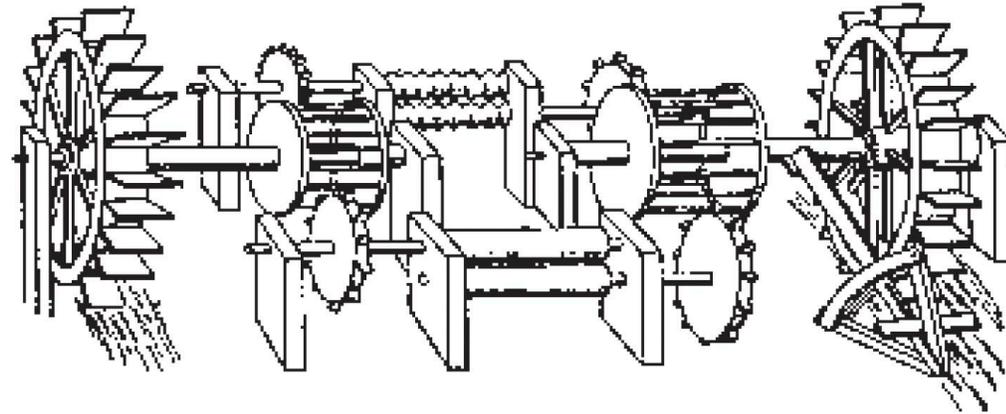
Clairvaux



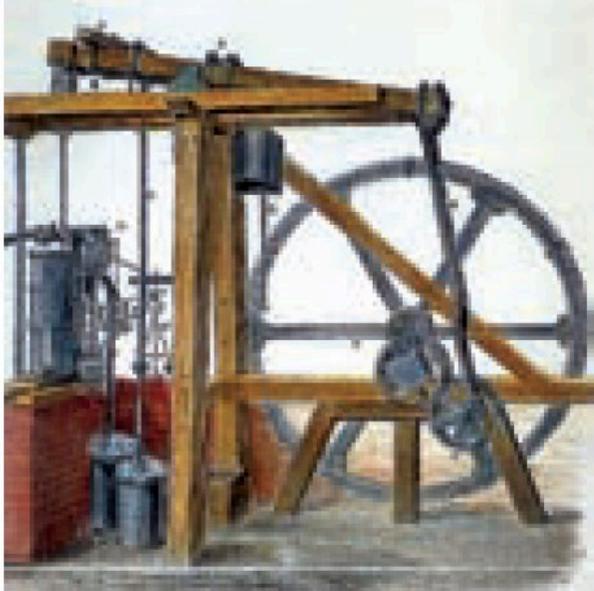
Tromba idroeolica



Dalla forgia al laminatoio (XVI-XVII secolo – Paesi Bassi/Vallonia)



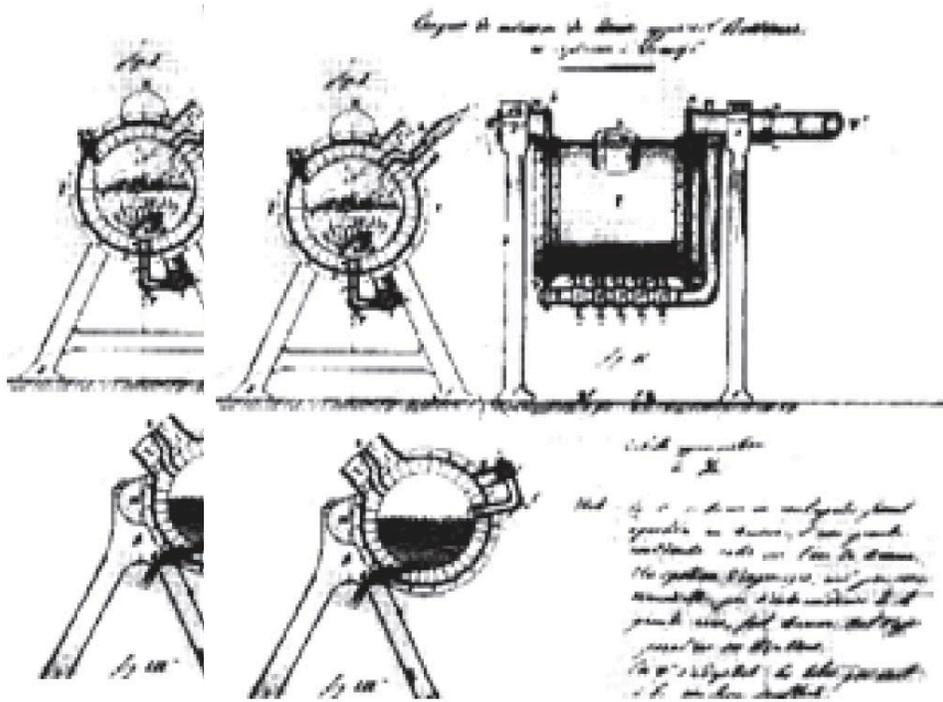
Introduzione della macchina a vapore per insufflare nel XVIII secolo (Inghilterra)



...arriva la prima crisi energetica, risolta da Abraham Darby III nel 1777 con la produzione di coke



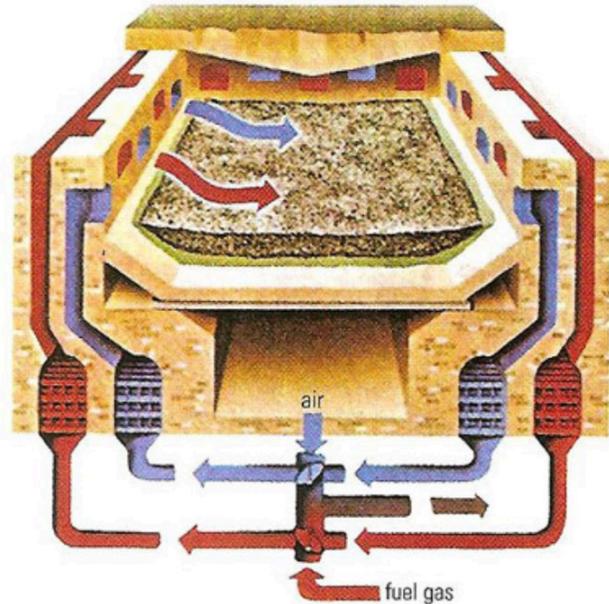
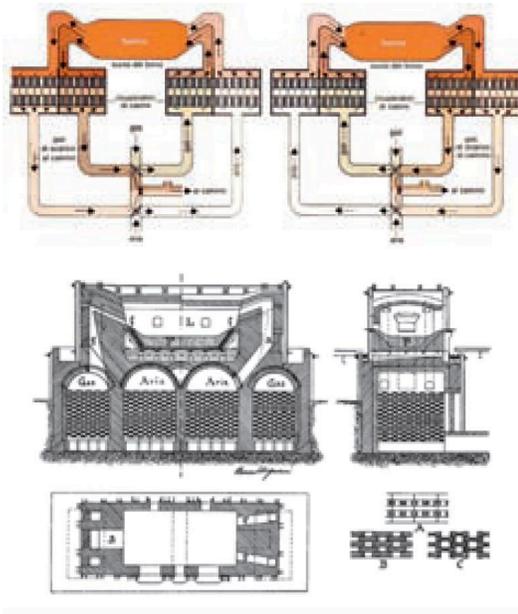
I forni convertitori Bessemer (1856) – Thomas (1888)



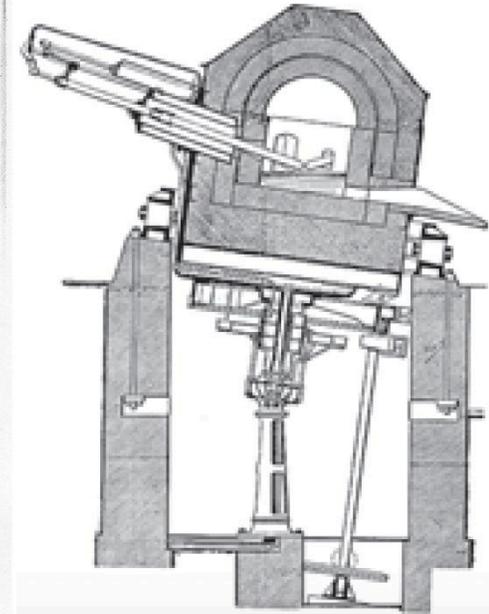
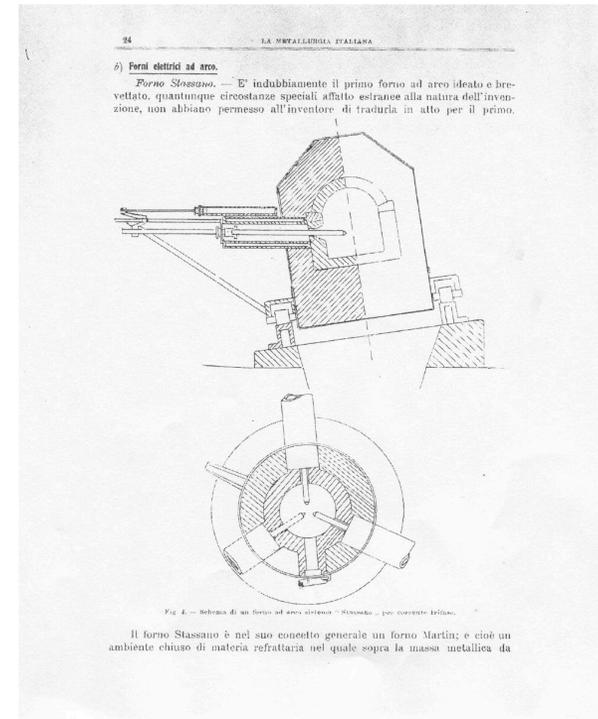
1892

...si comincia a riciclare su larga scala

Martin-Siemens
(1863-1865)



Ernesto Stassano
(1896-1900)



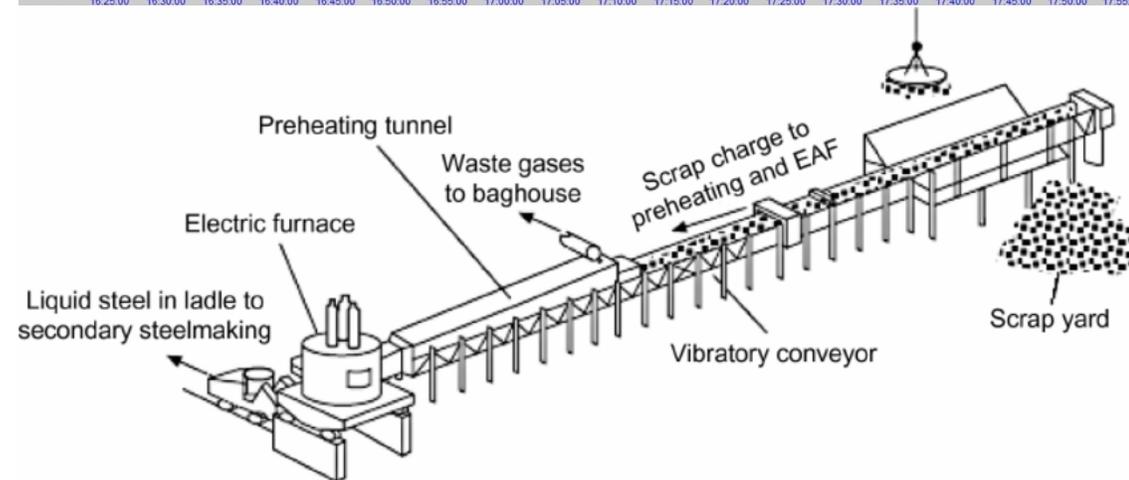
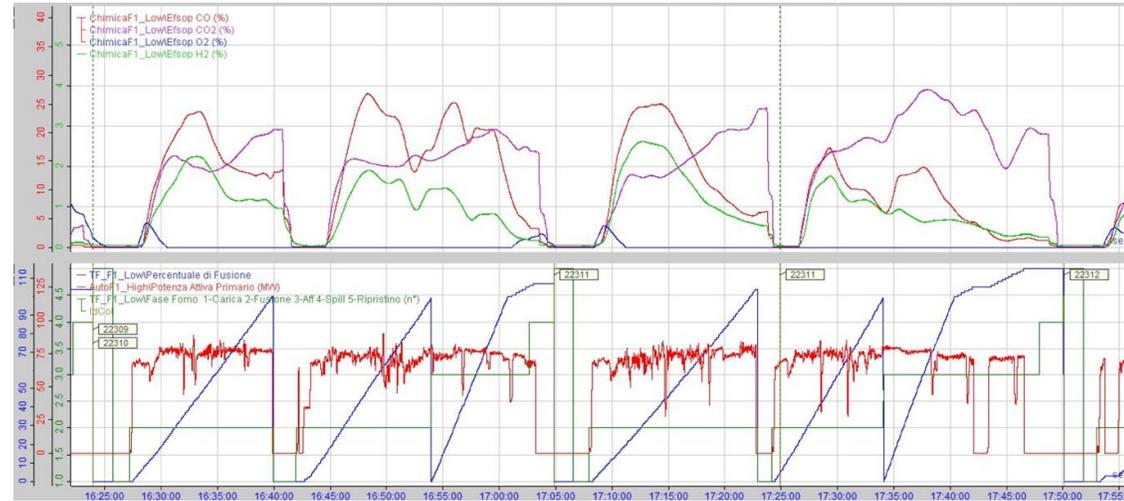
Il forno elettrico



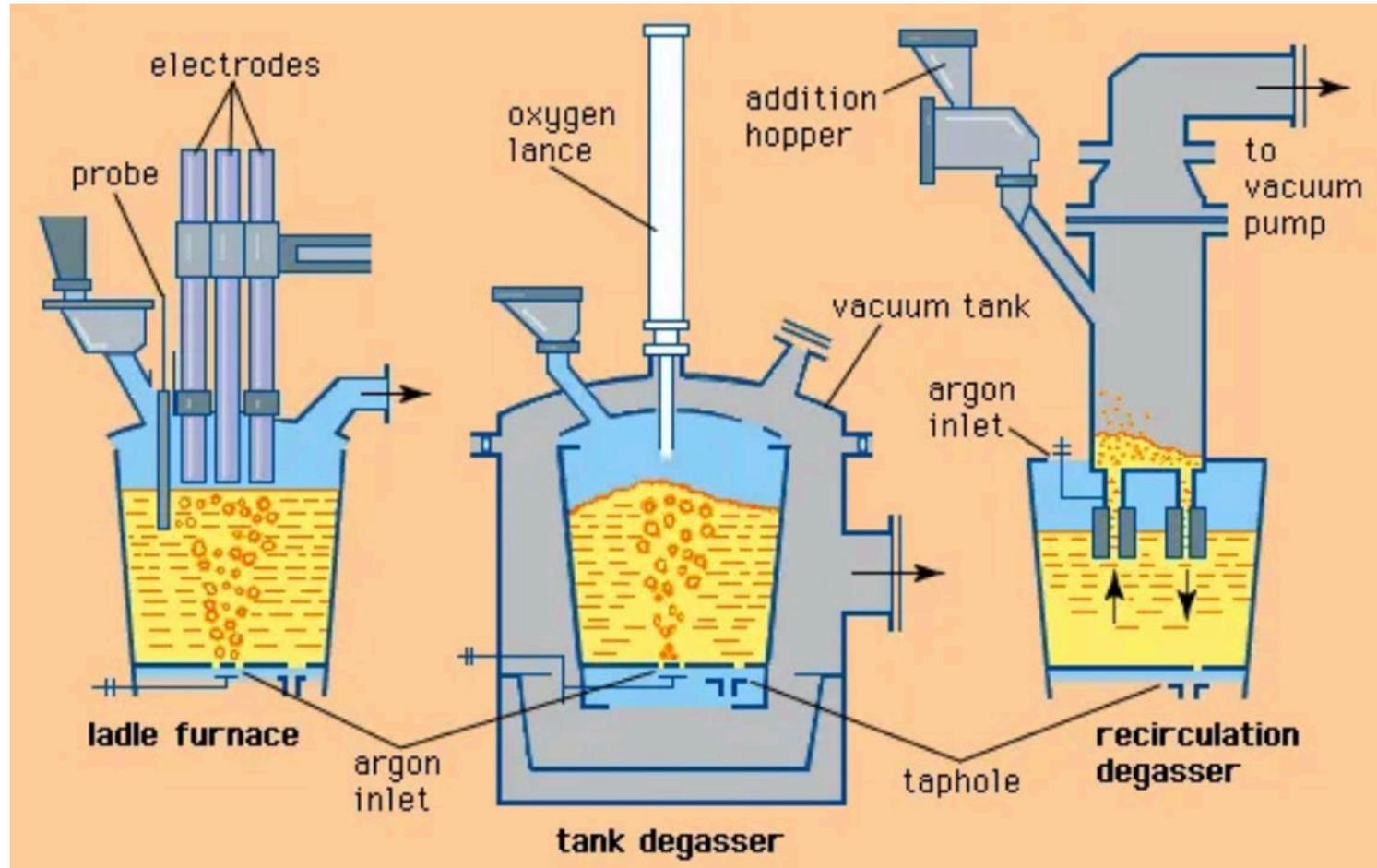


Le Innovazioni recenti

EAF + Carica Continua



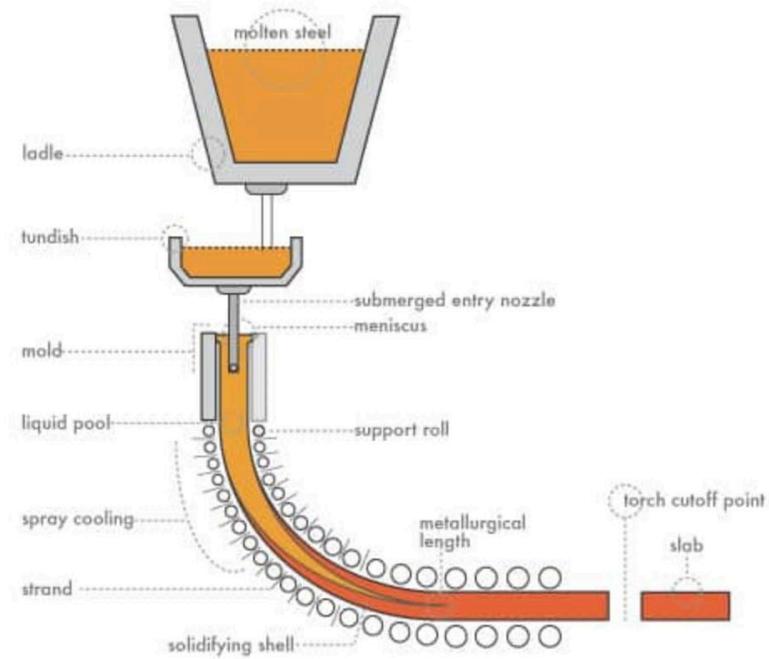
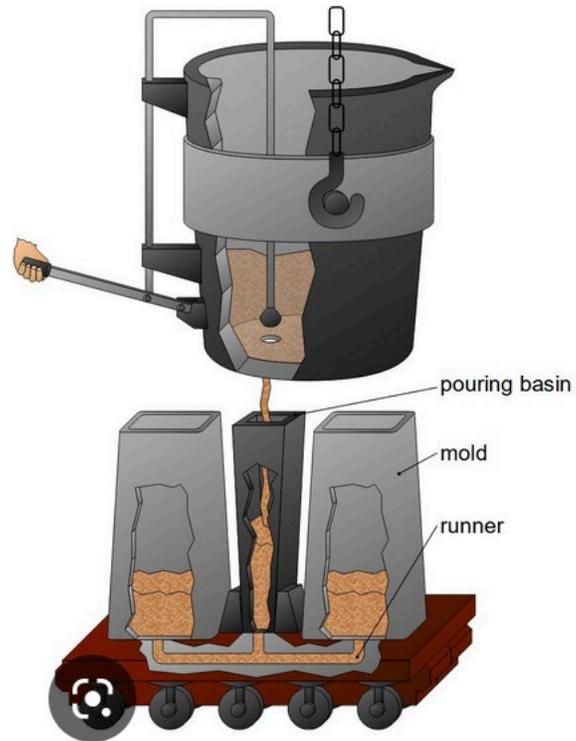
LF (Ladle Furnace)



Ha permesso di disossidare e desolfurare gli acciai in modo più spinto.

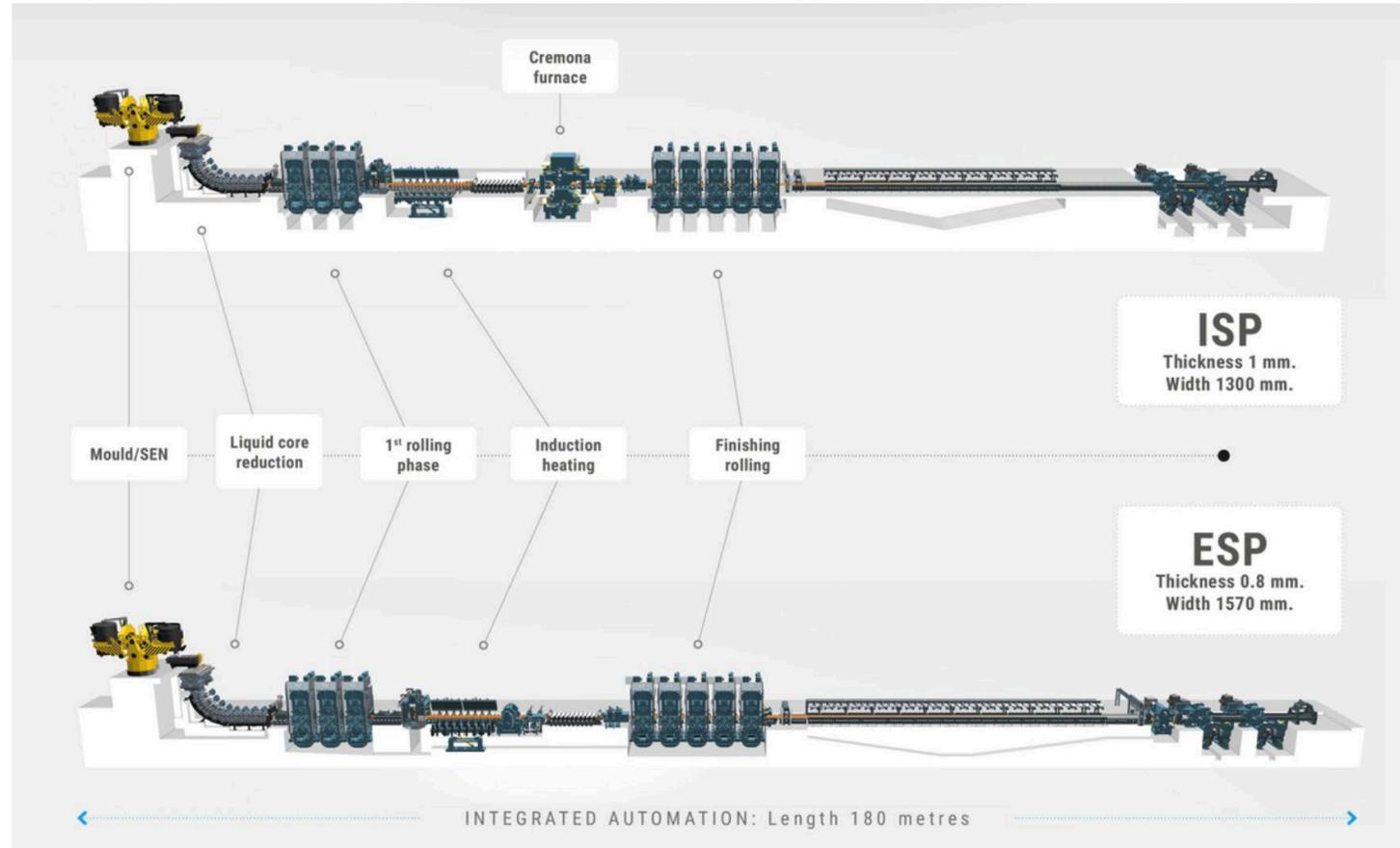
Il degasaggio ha consentito di diminuire le concentrazioni di azoto e idrogeno.

Dai lingotti alla colata continua



ISP-ESP by Arvedi

DALLA LAMINAZIONE IN CONTINUO ALLA COLATA CONTINUA IN SOTTILE



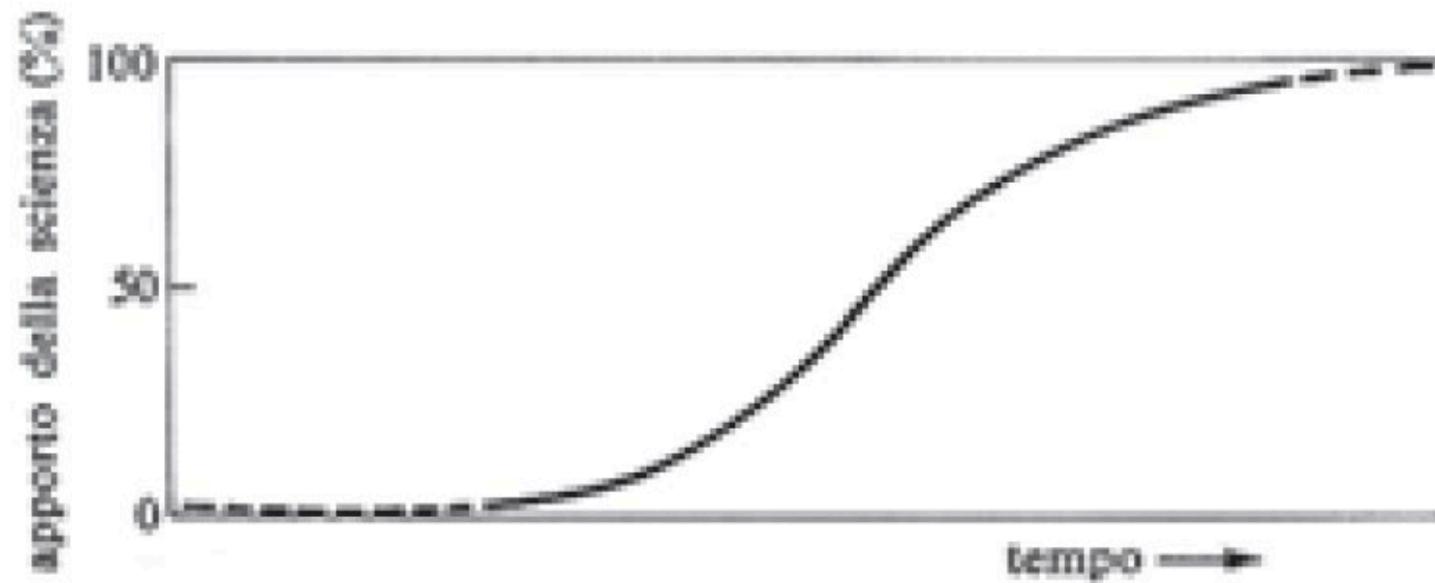
L'integrazione è stata resa possibile dallo sviluppo dei microprocessori

Tecnologie Emergenti

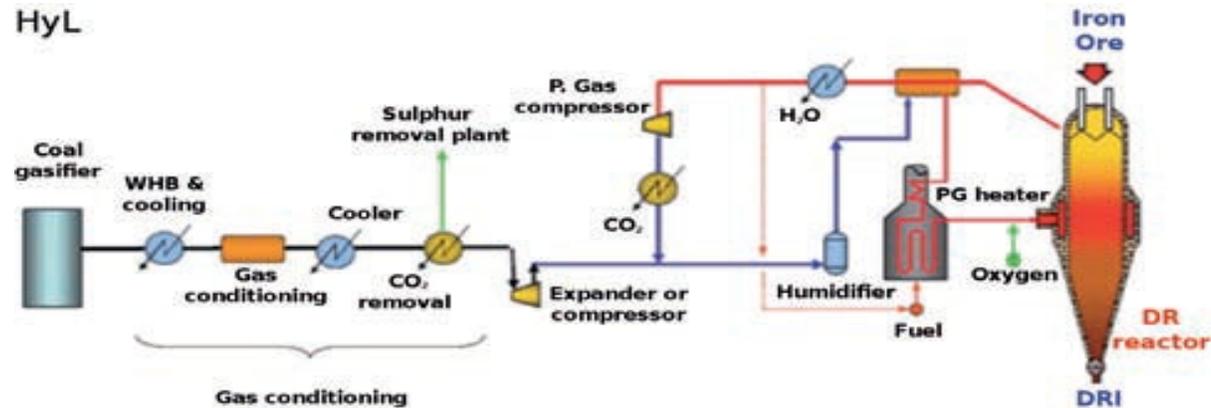
Motori che spingono verso l'evoluzione

- Carenza di Materie Prime
- Decarbonizzazione
- Digitalizzazione ed Intelligenza Artificiale

Innovazione & Maturazione Tecnologica

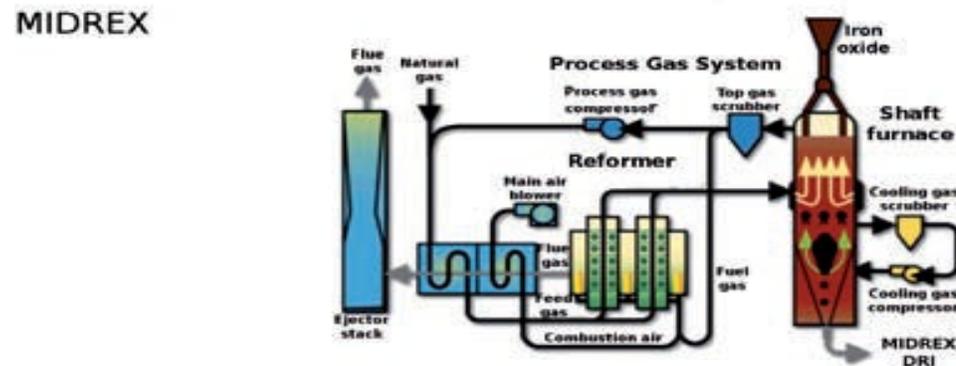


Processi di riduzione diretta a gas naturale/idrogeno

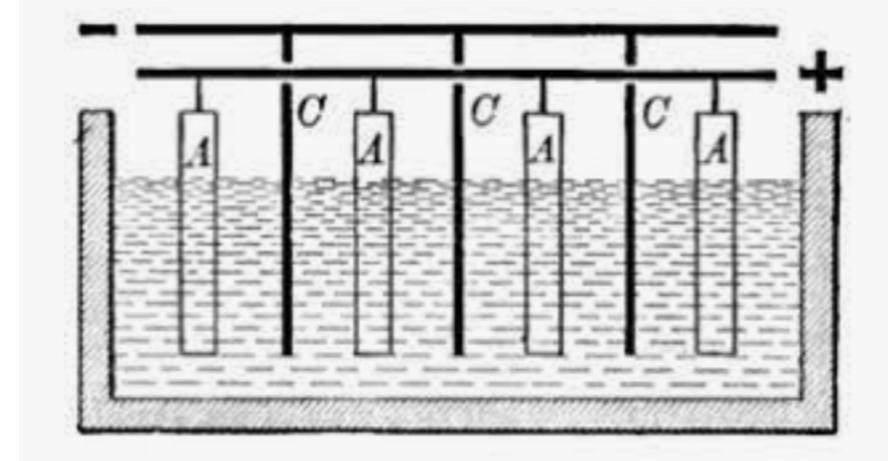
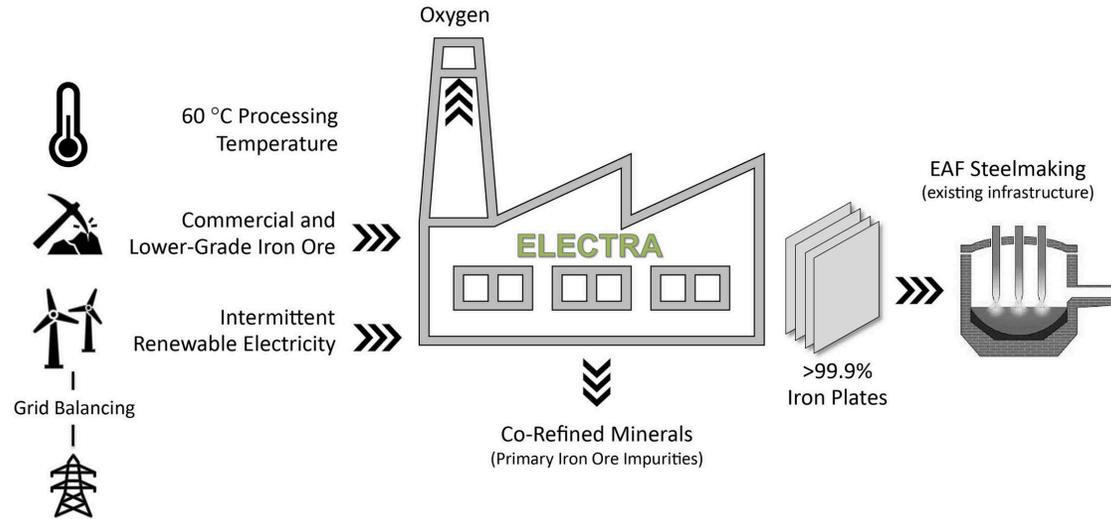


Freni

- approvvigionamento di minerale di qualità adeguata che non metta sotto stress i forni elettrici a causa degli elevati contenuti di silice;
- dinamiche del prezzo del rottame;
- costi di investimento: 200€/t_{acciaio} anno.



Electrochemical Reduction electra.earth

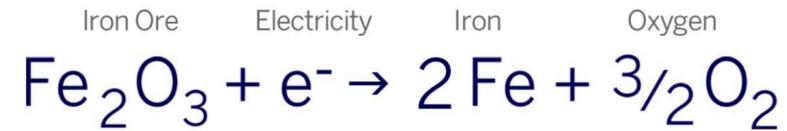
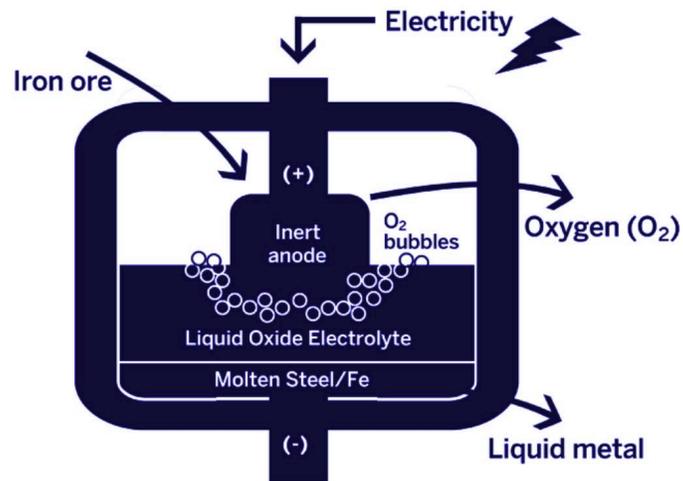


Low-Grade Iron Ore Opportunity

We've cracked the code of dissolving iron ore and removing impurities while retaining iron in aqueous solution, thereby unlocking immense opportunity to use low-grade ores. These ores are treated as waste today because of high levels of phosphorus, silica, and alumina impurities. Using low-grade ores decreases our operating costs and creates economic value.

No one information have been revealed about cost of solvent for iron iron and energy consumption.

Smelting & Electrowinning Boston Metals

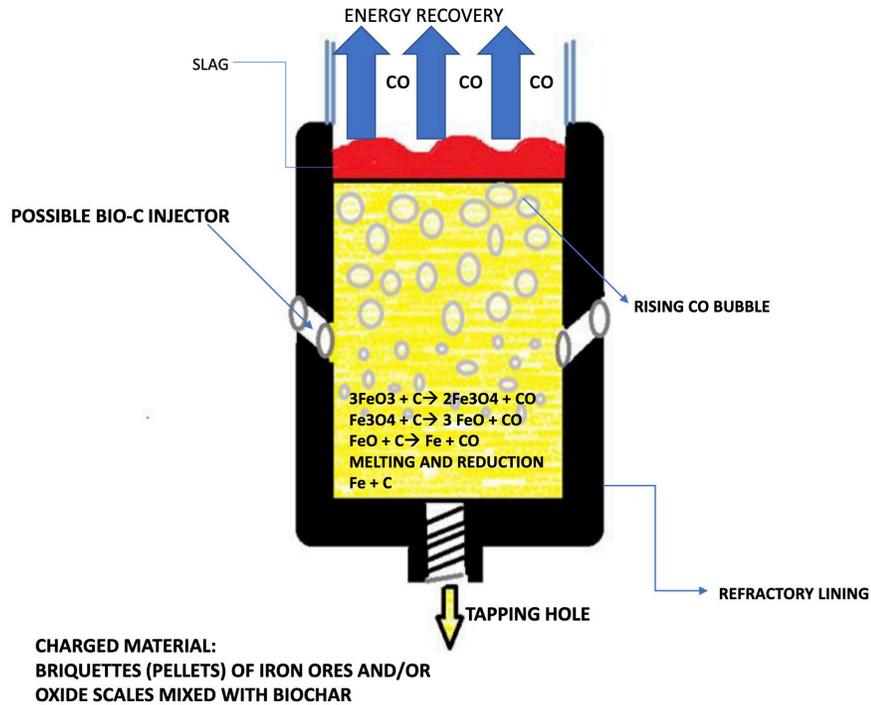


Reducing Agent	Electrons
Feedstock	Concentrates or pure oxides
Electrolyte	Molten oxides (CaO, MgO, etc.)
Containment	Refractory or frozen ledge
Temperature	Up to 2,000°C
Product	Pure metals or alloys

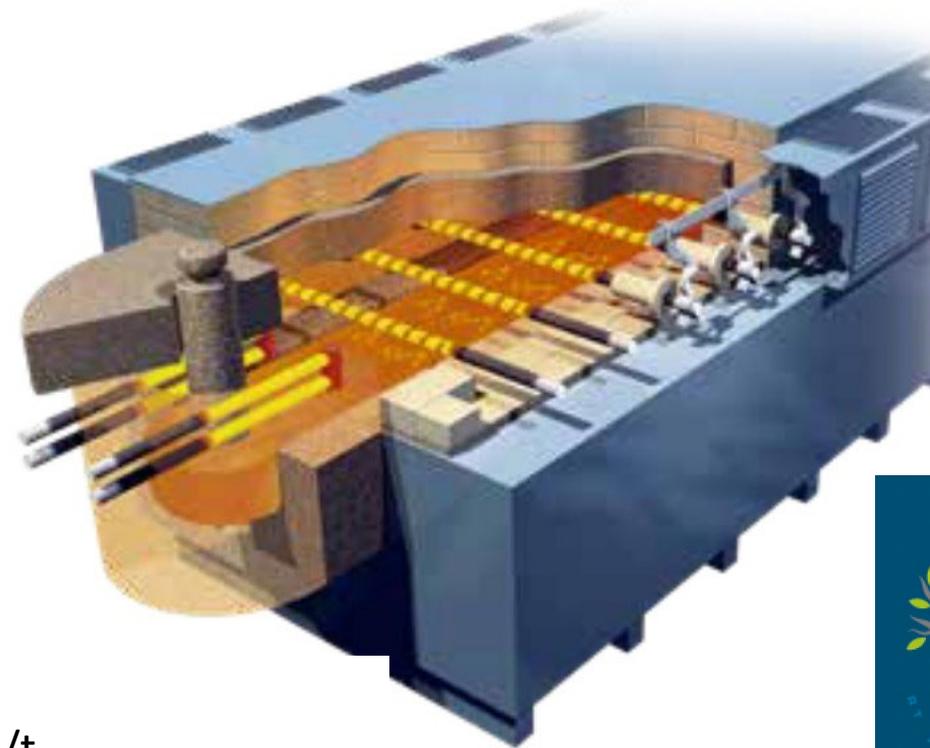
Unrealistic way to energy costs: 4MWh/t_{steel} Capex: 1250€/t_{acciaio} anno

I-SMELT

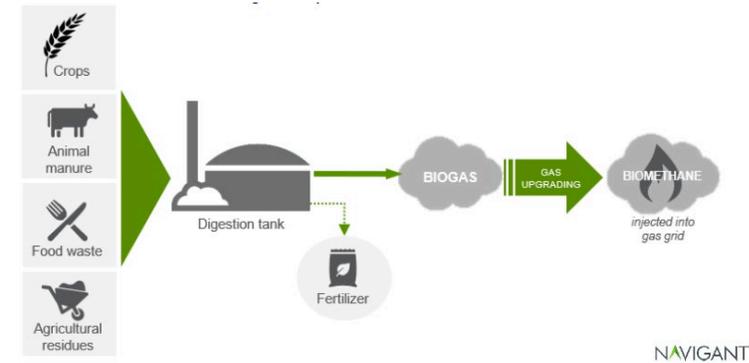
Combinazione elettricità e biocarbone (up to 1400°C)



$$0.35t_{\text{biochar}} - 605\text{kWh}/t_{\text{Fe}}$$



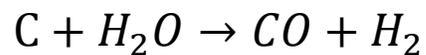
Uso di biometano (risorsa scarsa caratterizzata da elevati consumi di acqua a monte e dalla scarsità di allevamenti –bovini- adeguati) e biocarbone



CH₄



Per REDD2 se si producono biometano e biochar da scarti agricoli e zootecnici senza sottrarre suolo alla produzione alimentare, emissioni di CO₂ alla produzione e il consumo non dovrebbero essere conteggiati tra le emissioni nette, perché si presume che nel ciclo stagionale le colture e le risorse forestali saranno in grado di riassorbire il carbonio.



Lo spreco di biomasse deve essere combattuto



Integrazione della filiera agricola con quella industriale nell'ottica della circolarità

CIRCULAR ECONOMY



Le trappole in cui non cadere

- **Consumare più energia di quella attualmente consumata;**
- **consumare più risorse di acqua dolce;**
- **consumare maggiori quantità di suolo rispetto a quella attualmente utilizzate;**

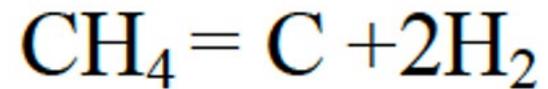
...scegliere linee tecnologiche con costi di investimento insostenibili.

La pirolisi degli idrocarburi

La pirolisi degli idrocarburi con sequestro preventivo del carbonio è più conveniente della produzione di idrogeno dall'acqua dolce e quindi la fine dello sfruttamento degli idrocarburi non è così vicina.

La pirolisi degli idrocarburi

Pirolisi consiste nella scissione del gas naturale per via termica a temperature tra 750°C e 1200°C a seconda del catalizzatore metallico che viene utilizzato.



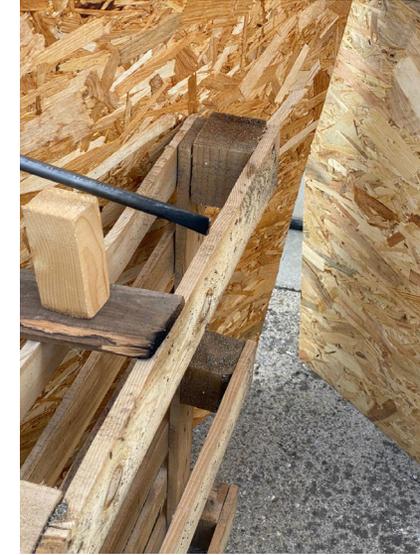
Il sequestro del carbonio avviene preventivamente e il carbonio solido che viene prodotto può essere utilizzato come materia prima.

Esperimenti e Risultati

Formazione di H_2 (la fiamma scompare progressivamente all'innalzarsi della temperatura perché l'idrogeno emette nella frequenza dell'ultravioletto)

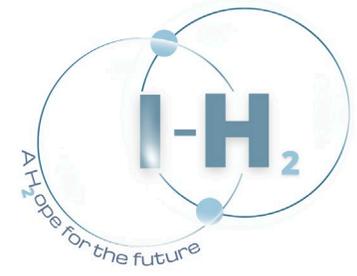
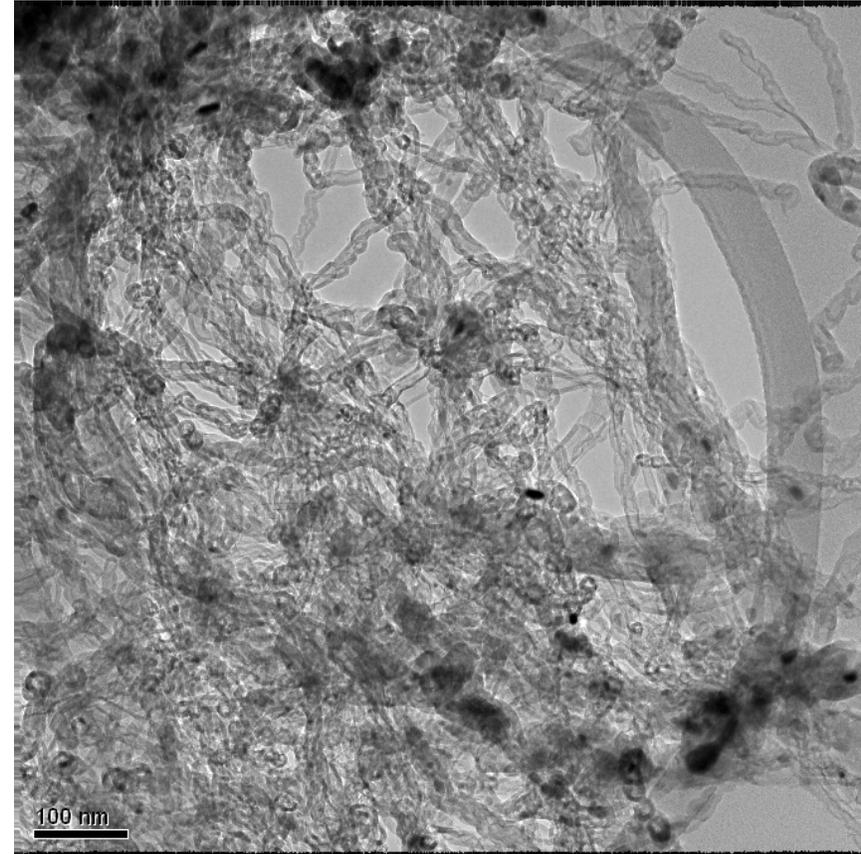
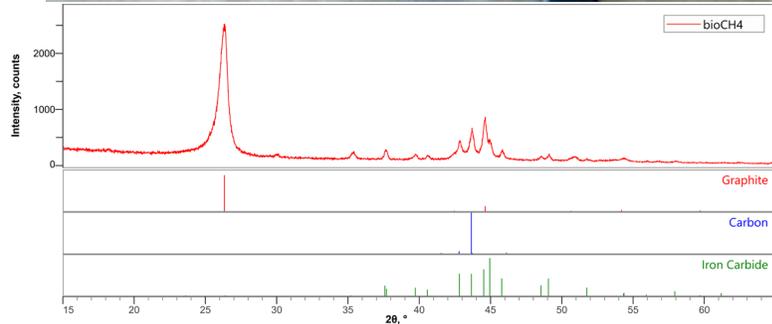


Bassa T



Alta T

Il carbonio prodotto / Grafite cristallina con presenza di nanotubi (0.47kg/m³_H₂)



Bilanci Energetici

dalle prove sperimentali effettuate:

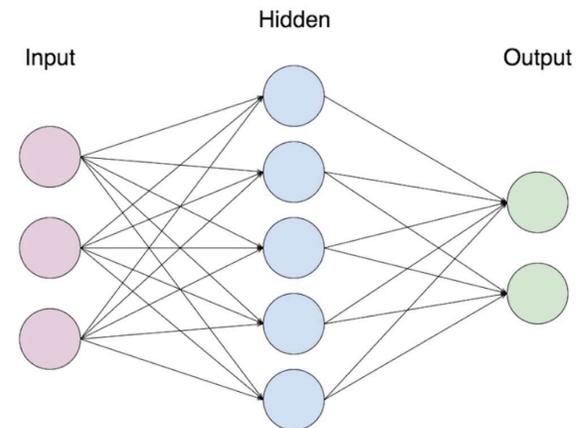
$$1.6\text{kWh}_e / \text{m}^3_{\text{H}_2}$$



Termine di paragone (elettrolisi dell'acqua)

$$5\text{kWh}_e / \text{m}^3_{\text{H}_2}$$

Intelligenza Artificiale



La procedura di calcolo che permette di legare i nodi di input a quelli di output. Di fatto è una procedura di regressione statistica avanzata. Possono essere reti:

- Supervisionate
- Non-supervisionate

Vantaggi & Rischi... qualche raccomandazione

- Incremento dell'efficienza nei sistemi produttivi, di manutenzione e gestione delle energie... ma:
- l'intelligenza artificiale non è creativa e non sa stabilire priorità:
 - se ci sembra che l'intelligenza artificiale abbia realizzato qualche cosa di originale è dovuto al fatto che non siamo sufficientemente aggiornati sul tema o non siamo stati in grado di formarci un'opinione sufficientemente originale;
 - se percepiamo che l'intelligenza artificiale stia stabilendo delle priorità, dobbiamo ricordarci che quella lista gerarchica di priorità non è stabilita dalla macchina, ma da chi ha scritto il codice per far funzionare la macchina.
- Protezione serrata di molti dati sperimentali e industriali (anche attraverso crittografia), perché l'intelligenza artificiale senza dati a cui attingere è un veicolo con le ruote sgonfie.