



Università degli Studi di Perugia
Facoltà di Ingegneria

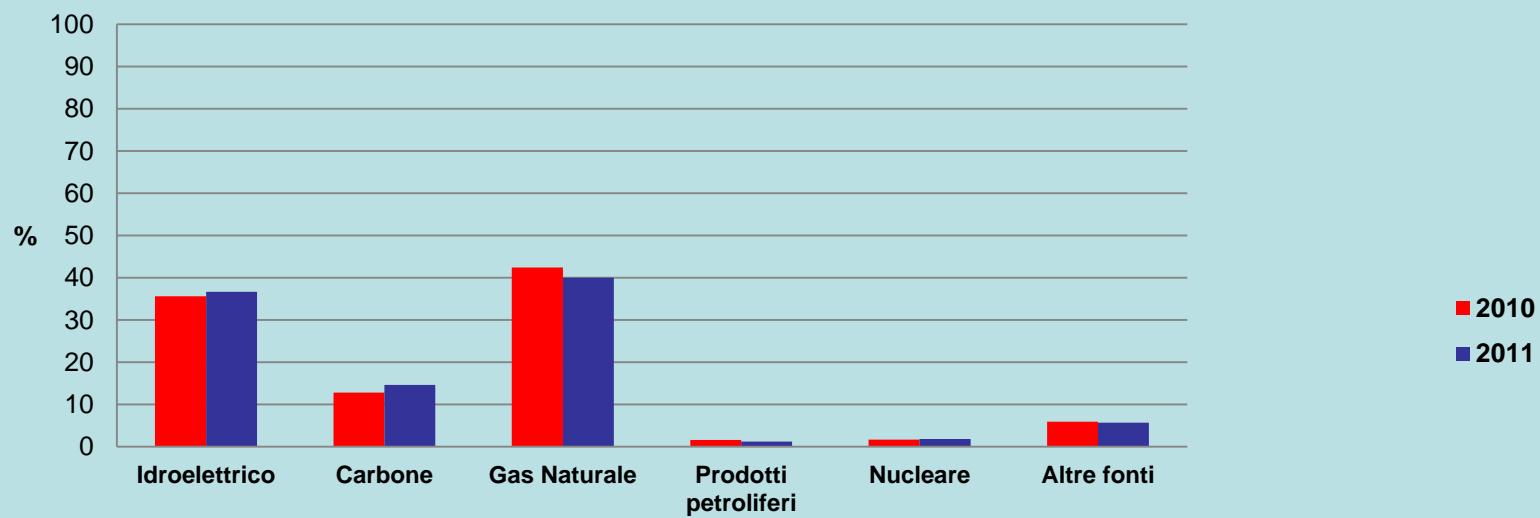
Corso di Pianificazione Energetica
Prof. ing. Francesco Asdrubali
a.a. 2012-13

CARBONE PULITO

Il ruolo del carbone nella generazione elettrica

- Si è già detto che il costo del kWh in Italia è il più alto d'Europa, e ciò dipende sostanzialmente da un mix energetico anomalo. Per le nostre centrali termoelettriche usiamo in maniera assolutamente preponderante il gas naturale (combustibile tra i più puliti ai fini delle emissioni, ma tra i più cari); non impieghiamo energia nucleare e teniamo la percentuale di carbone bruciato per produrre energia al 12%, mentre ancora non significativa è la quota dell'energia alternativa (pulita, ma anch'essa – incentivi a parte ed escluso l'idroelettrico – assai cara).
- In Europa circa il 30% dell'energia elettrica è prodotta da centrali a carbone; a livello mondiale la percentuale a carbone è del 38%, seguito dal gas 17%, idroelettrico 16%, petrolio e altro circa il 15% (dove sono compresi fotovoltaico ed eolico).
- Del resto la quota di produzione elettrica da carbone in Italia è di gran lunga inferiore a quella di due Paesi considerati “verdi” come la Germania (50%) e la Danimarca (46%).

Mix medio nazionale utilizzato per la produzione di energia elettrica immessa nella rete italiana



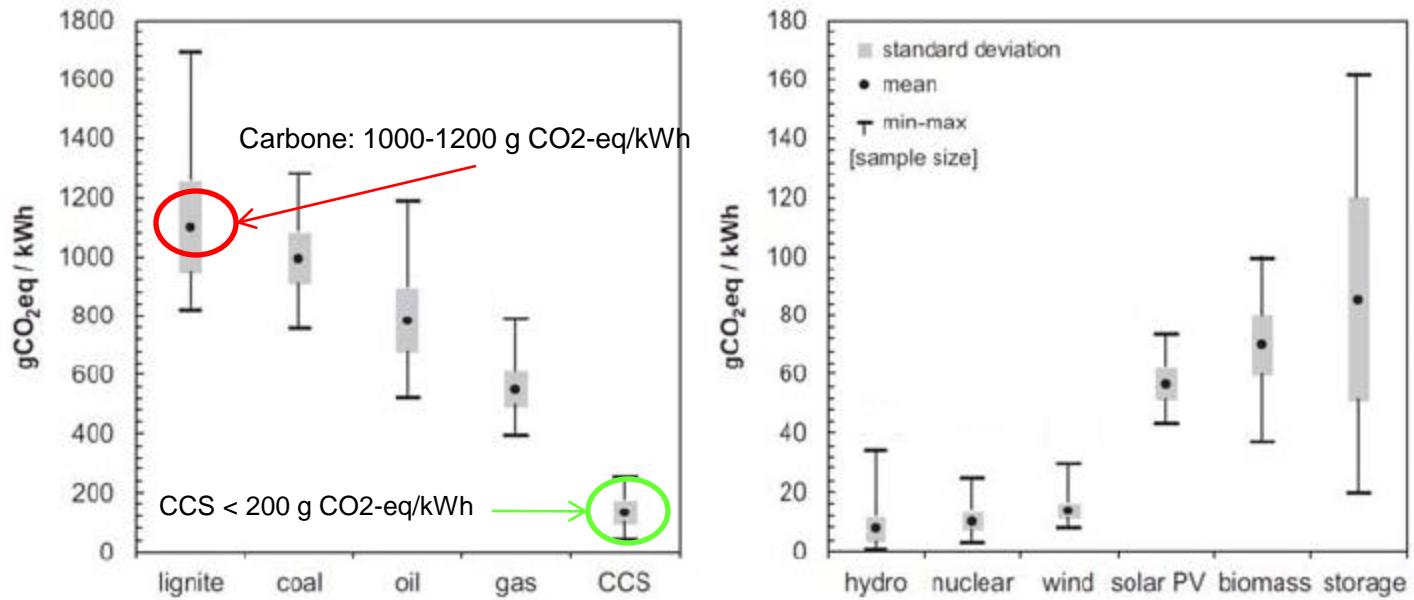
Fonte: Enel

Il ruolo del carbone nella generazione elettrica

- Se in molti Paesi occidentali il carbone ha subito negli ultimi tempi una battuta d'arresto, altrettanto non avviene in Paesi ad economia pianificata o in via di sviluppo.
- A tale proposito si citano solo due notizie. La prima: il Presidente Putin ha recentemente dichiarato di voler portare il carbone dal 15% al 35% della produzione elettrica, in modo da lasciare libera per l'esportazione una parte considerevole del gas già consumato. Seconda notizia: la Cina (ove oggi il 77% del mix energetico è basato sul carbone) per supportare l'incredibile sviluppo economico ha fatto entrare in funzione nel solo 2005 nuove centrali per circa 60.000 MW, di cui oltre 50.000 MW a carbone.
- La IEA nel rapporto WEO 2011 prevede un aumento del 65% nel consumo del carbone entro il 2035 .

- Il carbone è quindi un combustibile fossile che non si può ignorare, perché economico, di facile trasporto via mare e con riserve accertate molto importanti, oltretutto abbastanza uniformemente distribuite sulla crosta terrestre.
- Purtroppo, come è noto, bruciando emette una quantità di CO₂ e di altri inquinanti di gran lunga superiore a quella emesse dalle centrali a gas, e con un rendimento di centrale piuttosto basso

Figure 2.1: Range of GHG emissions for indicated power plants



Source: Weisser, 2007, reprinted with permission from Elsevier.

Clean coal technologies

- Quasi tutti i Paesi del mondo sono in questo momento impegnati a mettere a punto tecnologie per la cattura e lo stoccaggio della CO₂ (CCS Technologies), tecnologie, che tra l'altro, allargando la finestra di osservazione, potrebbero essere messe a disposizione di altre sorgenti d'inquinamento, come acciaierie e cementifici. Si è ormai vicini ad ottenere emissioni e rendimenti paragonabili con quelli di una centrale a ciclo combinato alimentata a gas.

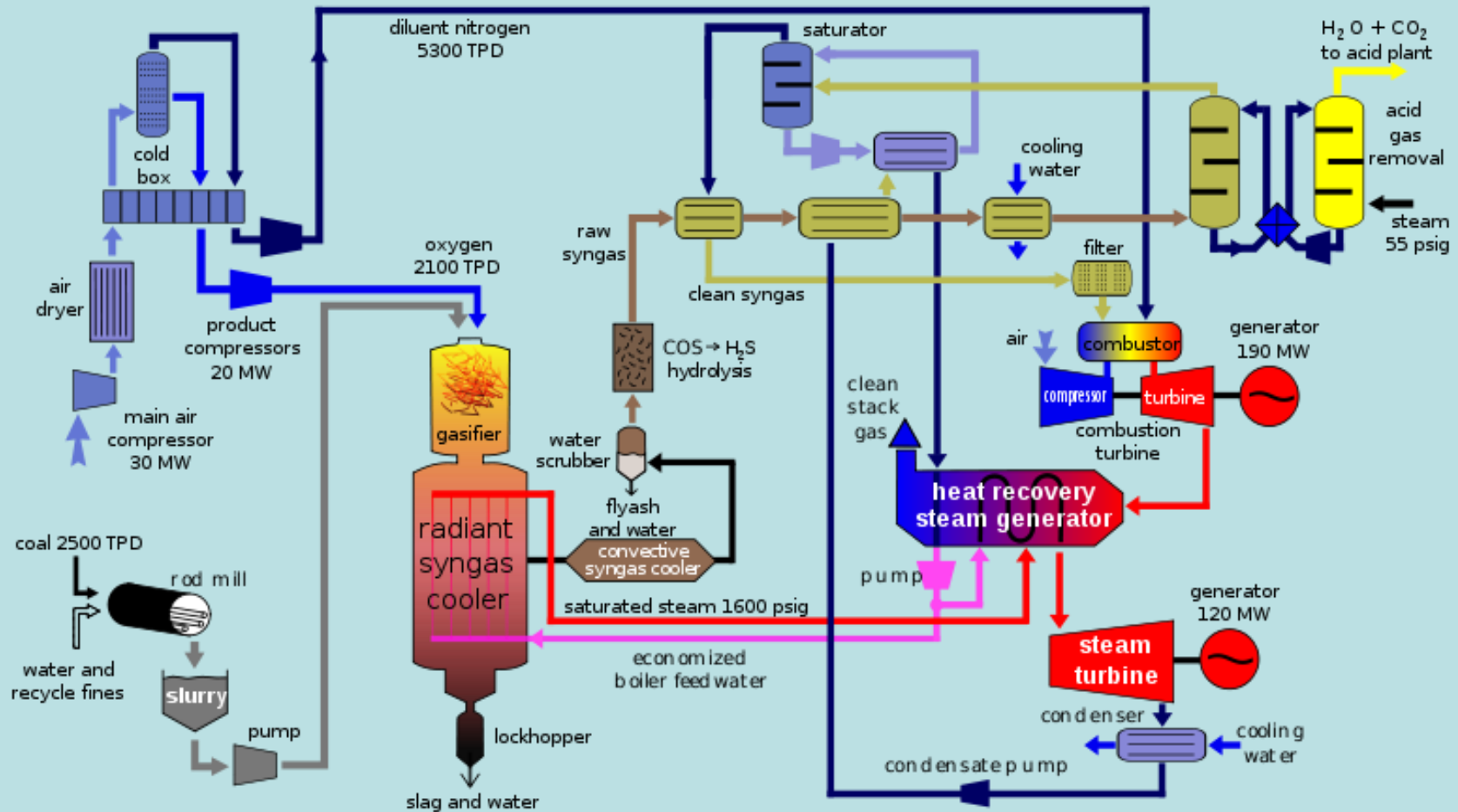
- La ricerca coordinata dal Dipartimento dell'Energia degli Stati Uniti (DOE) ha avuto come obiettivo quello di pervenire entro il 2012 a tecniche di abbattimento della CO₂ del 90% e il suo immagazzinamento permanente in formazioni geologiche sotterranee al 99%, con un incremento finale del costo dell'energia non superiore al 10%,

- Le tecnologie innovative oggi utilizzate per ottenere carbone pulito, atte ad evitare la grande produzione di inquinanti che si aveva nelle centrali tradizionali, sono molte: dalla combustione a letto fluido (FBC), alla gassificazione del carbone (IGCC), alla gassificazione Fuel Cell System (IGFC), che prevede la contemporanea produzione di idrogeno in fuel-cell a ossidi solidi

Gassificazione (IGCC), Integrated Gasification Combined Cycle

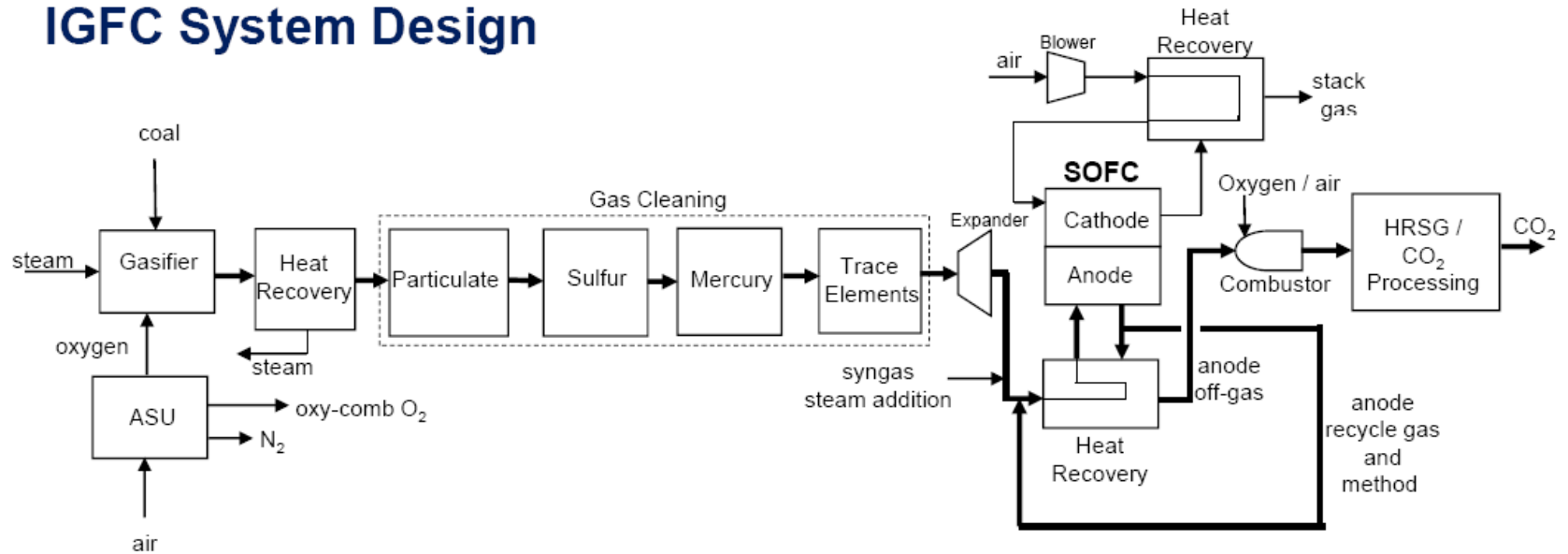
- Il ciclo ha inizio con il carbone che giunge in centrale contenendo impurità; tali impurità vengono eliminate con un primo trattamento di “lavaggio” (coal washing), che comprende la frantumazione del carbone in piccoli pezzi, il passaggio attraverso filtri a gravità e una flottazione dove sono separati i materiali più pesanti.
- Nei processi IGCC il carbone non è poi bruciato direttamente, ma viene fatto reagire nei combustori con ossigeno e vapor d'acqua ad alta temperatura (mediamente 650°C) per produrre il Syngas (principalmente idrogeno ed ossido di carbonio). Si sta studiando la separazione dell'idrogeno, a mezzo di particolari membrane, per usarlo direttamente o per avviarlo a fuel-cells, con produzione di energia elettrica ed emissioni vicine allo zero. Il Syngas depurato alimenta una turbina a gas (a temperatura di circa 1.000°C) per produrre energia elettrica, ed i fumi di scarico di questa sono nuovamente utilizzati per produrre vapore atto ad alimentare una turbina a vapore (di qui il nome di ciclo combinato).

Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC)



Integrated Gasification Fuel Cell (IGFC)

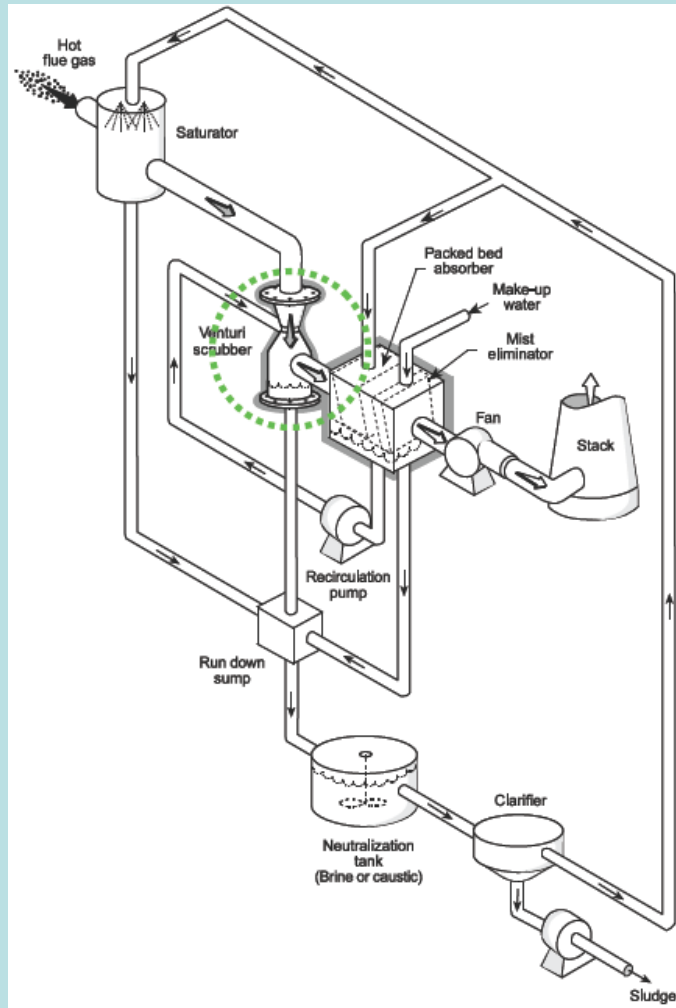
IGFC System Design



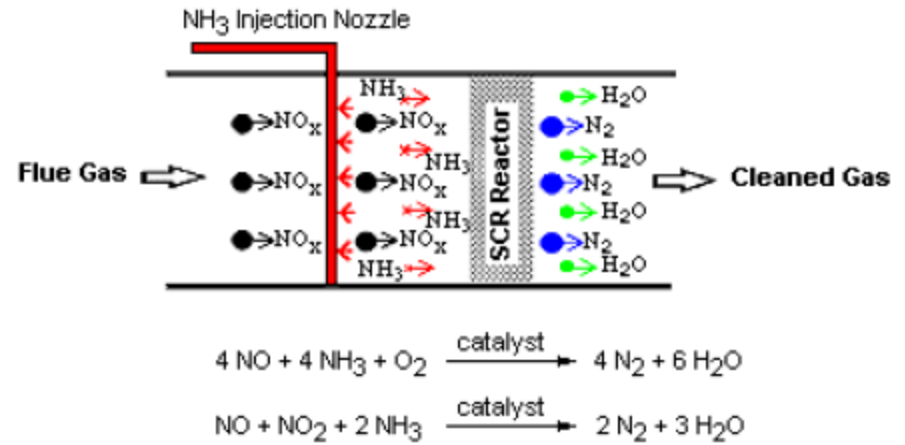
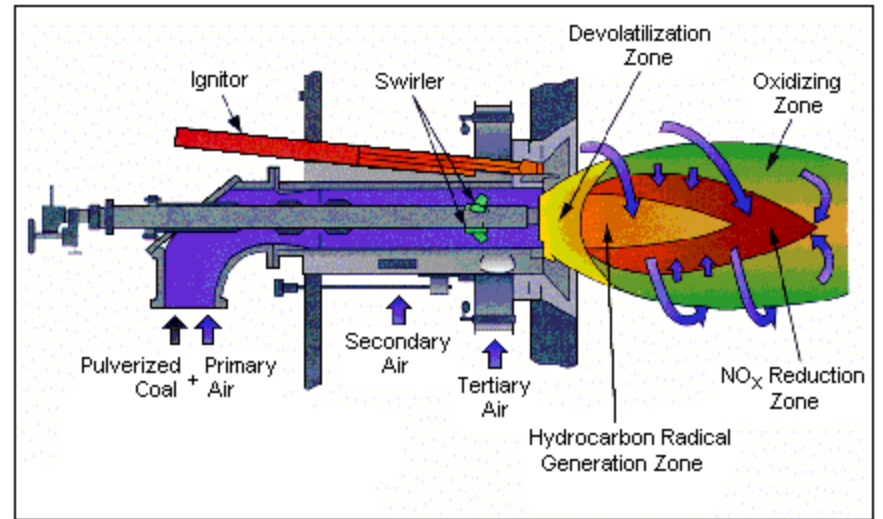
Abbattimento degli inquinanti:

- Per l'SO₂ i desolforatori più impiegati sono degli scrubber a umido; una miscela di soda ed acqua viene poi spruzzata nei fumi di scarico, formando solfato di calcio (gesso), poi rimesso e usato nell'industria edilizia. Il rendimento di abbattimento può arrivare al 99%.
- Per la riduzione degli NO_x si possono impiegare speciali bruciatori (low NO_x burners) che diminuiscono l'impiego dell'ossigeno nelle parti più calde della camera di combustione, minimizzando quindi la produzione di tali gas e permettendo interventi più modesti in sede di post-combustione. Con tali accorgimenti e l'eventuale impiego di ammoniaca ed appositi catalizzatori (Selective Catalytic Reduction), si può giungere alla riduzione del 90% di NO_x.
- Precipitatori elettrostatici, filtri meccanici e scrubber ad umido riescono a rimuovere dai fumi di scarico più del 99% del particolato (PM₁₀).

Scrubber a umido (wet scrubber)



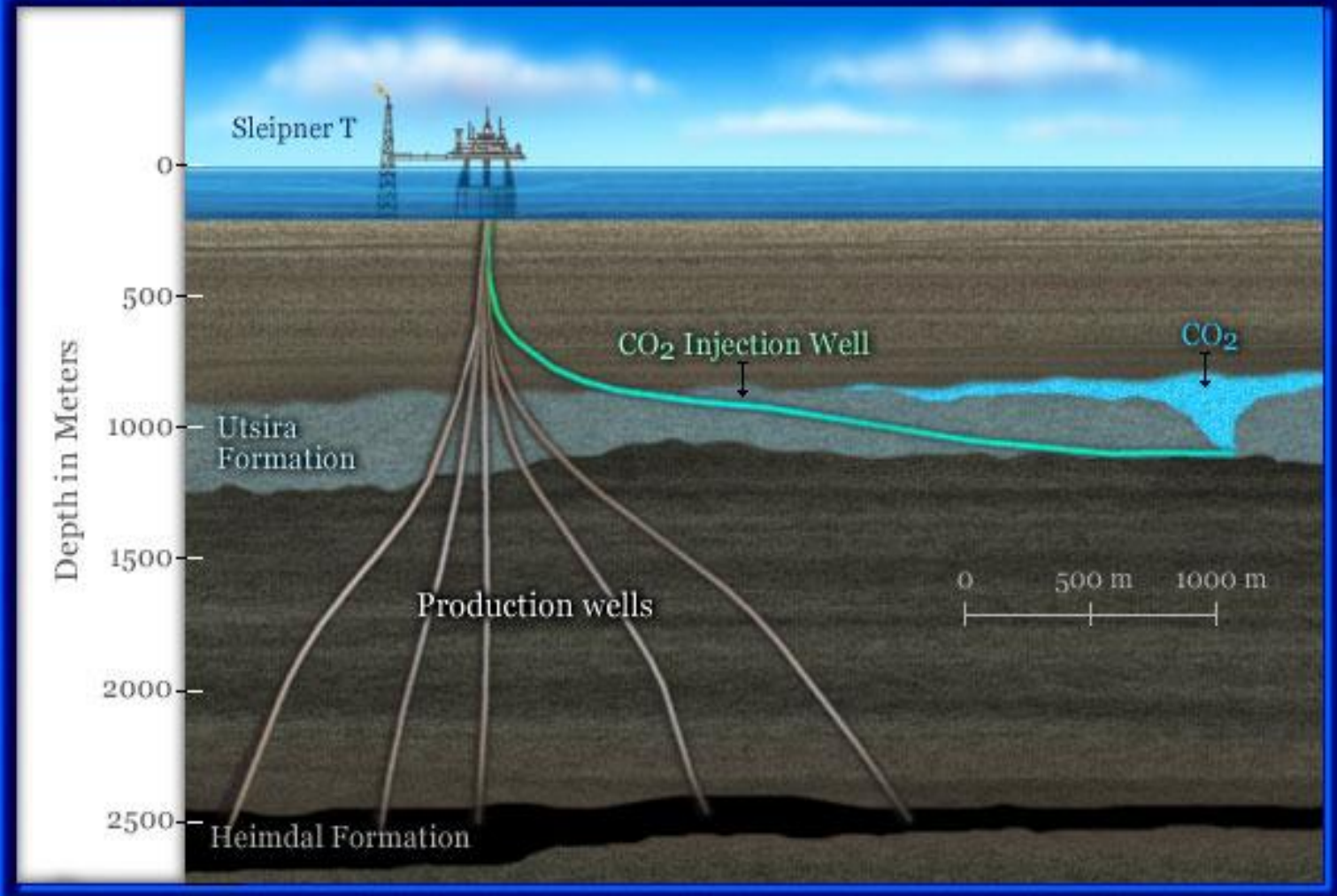
Low NOx Burners e SCR

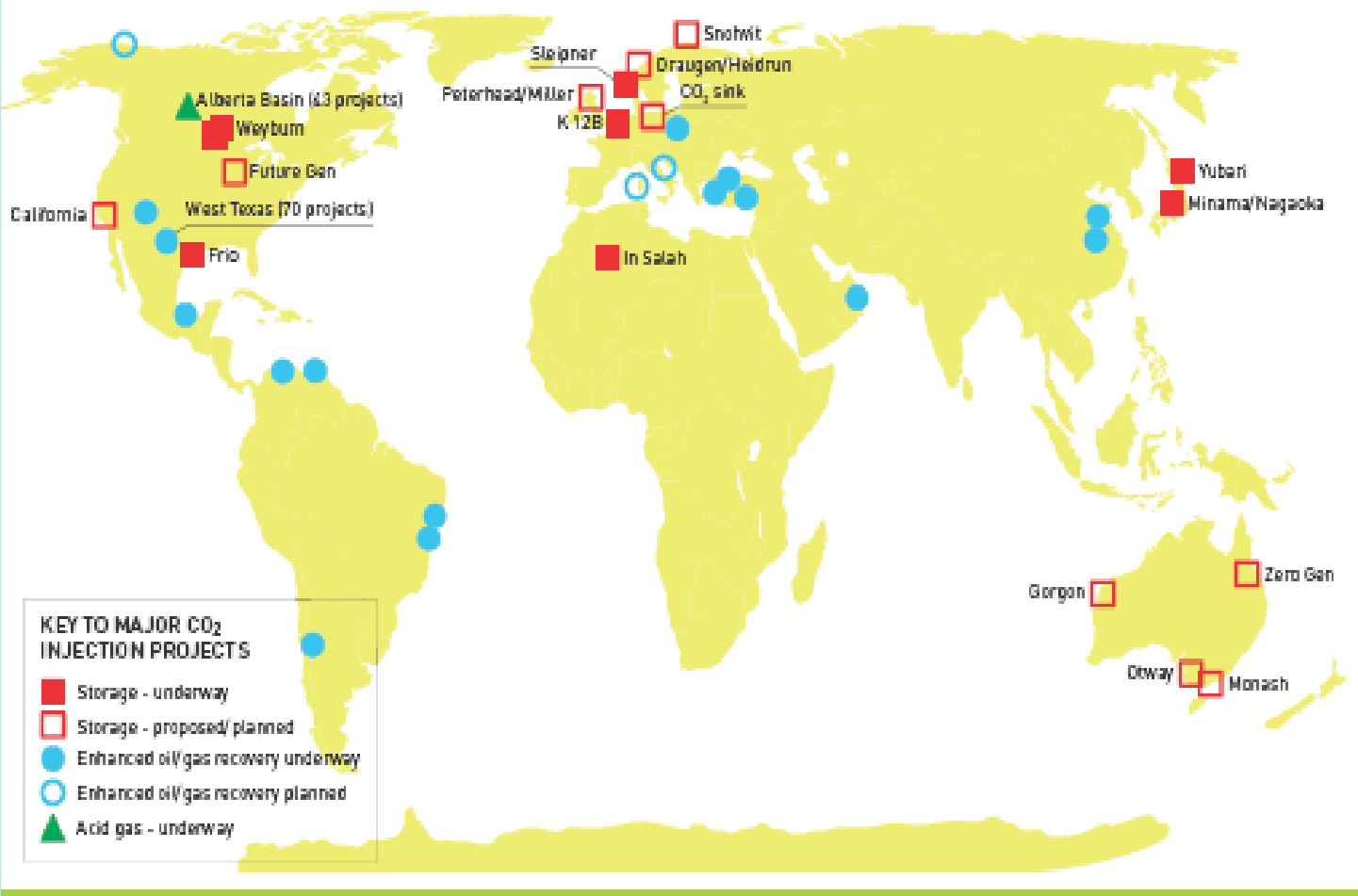


Sequestro dell'anidride carbonica

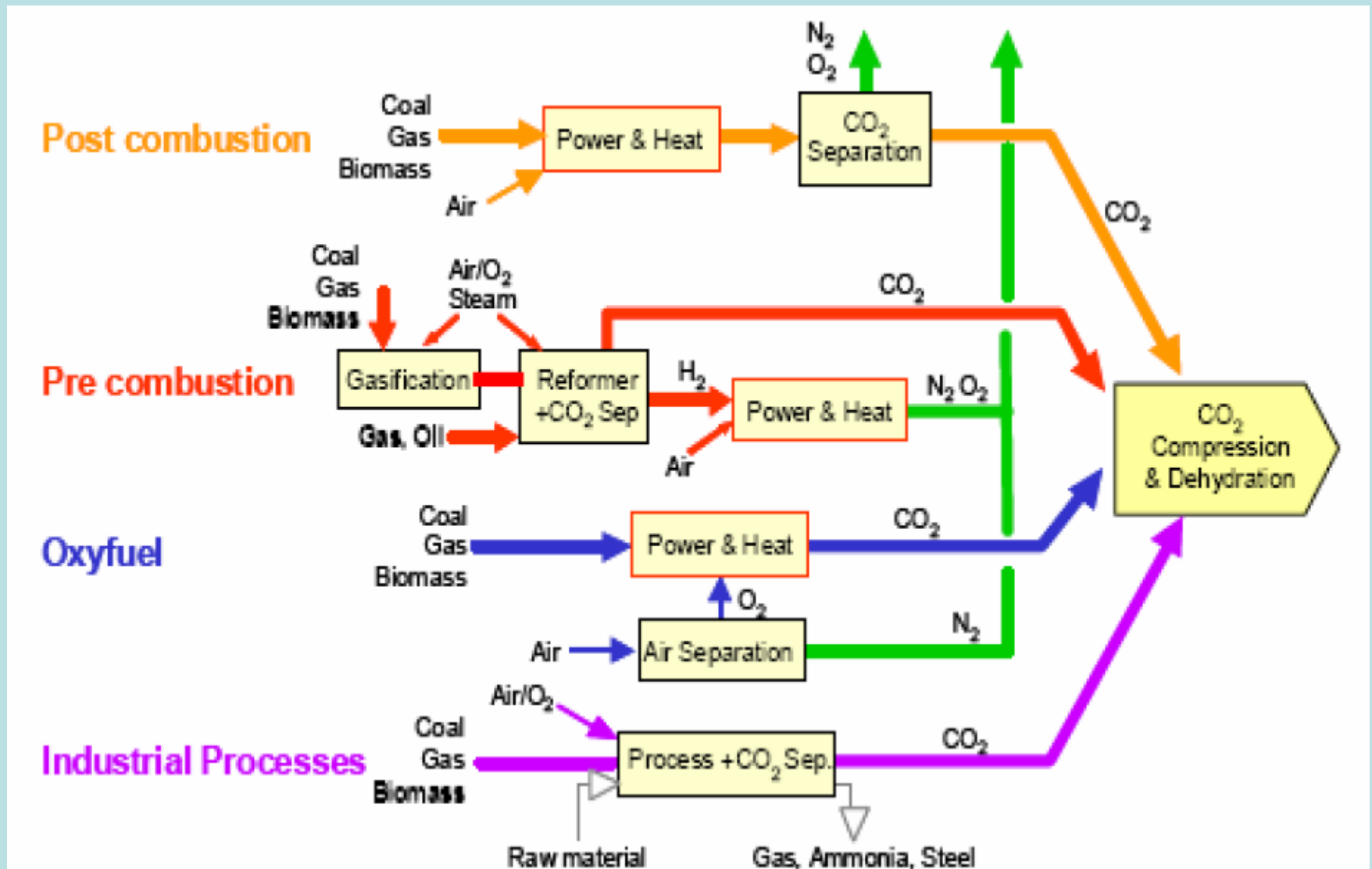
- Con questo nome viene individuato il problema dell'immagazzinamento definitivo della CO₂, che comunque occorre creare dopo tutti gli abbattimenti effettuati durante i cicli tecnologici. Sull'argomento del sequestro geologico ottenuto reiniettando CO₂ in serbatoi sotterranei, molti scienziati hanno avanzato dubbi. Ma esistono studi e ricerche, in vari Paesi, che si muovono in questo senso.
- A Sleipner, una piattaforma al largo della Norvegia, è dal 1996 che al ritmo di un milione di tonnellate l'anno, viene pompata anidride carbonica nel profondo della terra, in una formazione geologica costituita da un acquifero salino, che incamera la CO₂ nelle sue rocce porose. I ricercatori della Statoil, la compagnia petrolifera norvegese, stanno monitorando da oltre 10 anni il serbatoio di stoccaggio ed il sito è diventato un vero caso di studio, al punto che l'IEA (International Energy Agency) ne ha tratto le sue linee-guida per il seppellimento a lungo termine dei gas-serra.

Sleipner Field





Sistemi di cattura

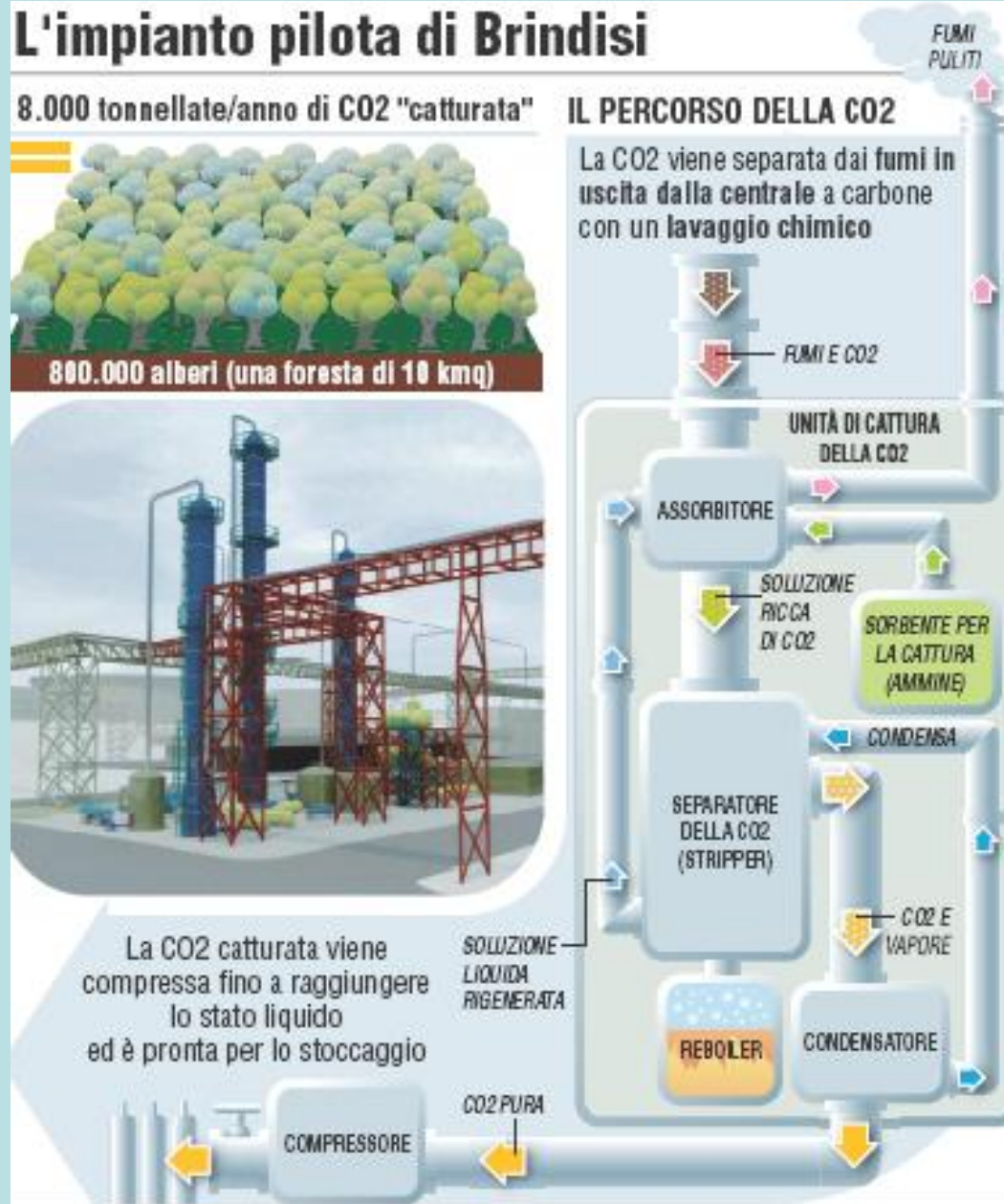


Fonte: ENEA

Sequestro dell'anidride carbonica

- Il Dipartimento per l'Energia degli USA, nel suo "Carbon Sequestration Technologies Roadmap and Program Plan 2007", individua cinque tipi di formazione geologica, ognuna delle quali sembra presentare caratteristiche ottimali per l'impiego sopradescritto: pozzi di petrolio o di gas non più sfruttati (che però con l'emissione di CO₂ potrebbero dare altro prodotto); formazioni saline incapsulate tra formazioni di rocce impermeabili; miniere di carbone abbandonate perché sfruttate fino a profondità non più commerciali (i filtri di carbone potrebbero assorbire CO₂ e desorbire metano); scisti che sono poi il più comune tipo di rocce sedimentarie; formazioni basaltiche, geologicamente formazioni di lava solidificata.
- Ognuna di queste soluzioni presenta dei problemi fisici e soprattutto costi non indifferenti, per cui si pensa che i primi risultati sul campo non si avranno prima del 2025. Se le cose dovessero evolversi in questo modo e se cioè l'immagazzinamento della CO₂ sotterranea dovesse rivelarsi fattibile e conveniente, si arriverebbe ad ottenere centrali termiche a carbone ad "emissione zero".

Schema concettuale di impianto pilota CCS realizzato dall' Enel



Fonte: Enel