

**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II**



**FACOLTA' DI INGEGNERIA**

**TESI DI LAUREA TRIENNALE IN INGEGNERIA  
AMBIENTE E TERRITORIO**

**CO<sub>2</sub> CAPTURE AND STORAGE:  
Soluzioni e tecnologie adottabili**

**Relatore:  
Prof. Amedeo Lancia**

**Correlatore:  
Ing. Alessandro Erto**

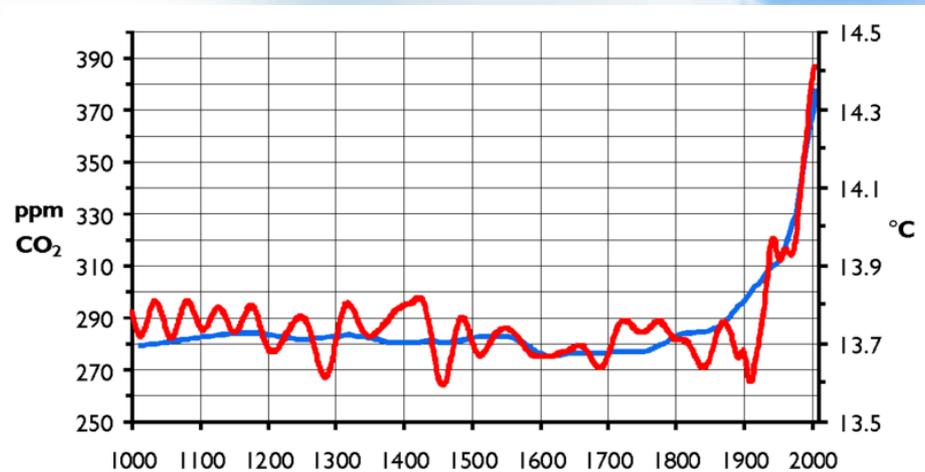
**Candidato:**

**Davide Esposito N49/14**

**Anno Accademico 2011/2012**

# Introduzione al problema $\text{CO}_2$

L'aumento della concentrazione di  $\text{CO}_2$  nell'atmosfera (linea blu) dagli anni della rivoluzione industriale (1880 ca.) fino ai giorni nostri, dovute principalmente allo sfruttamento massiccio dei combustibili fossili



ha causato, come notiamo dal grafico, un aumento di temperatura di circa  $1^\circ\text{C}$  negli ultimi 100 anni (linea rossa), contribuendo in maniera sostanziale al riscaldamento globale tramite l'aumento dell'effetto serra



# Ciclo del Carbonio

CO<sub>2</sub>

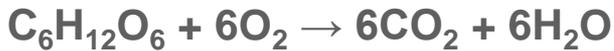
Gli organismi autotrofi producono i loro composti organici tramite la fotosintesi, in cui sfruttano l'anidride carbonica secondo la reazione



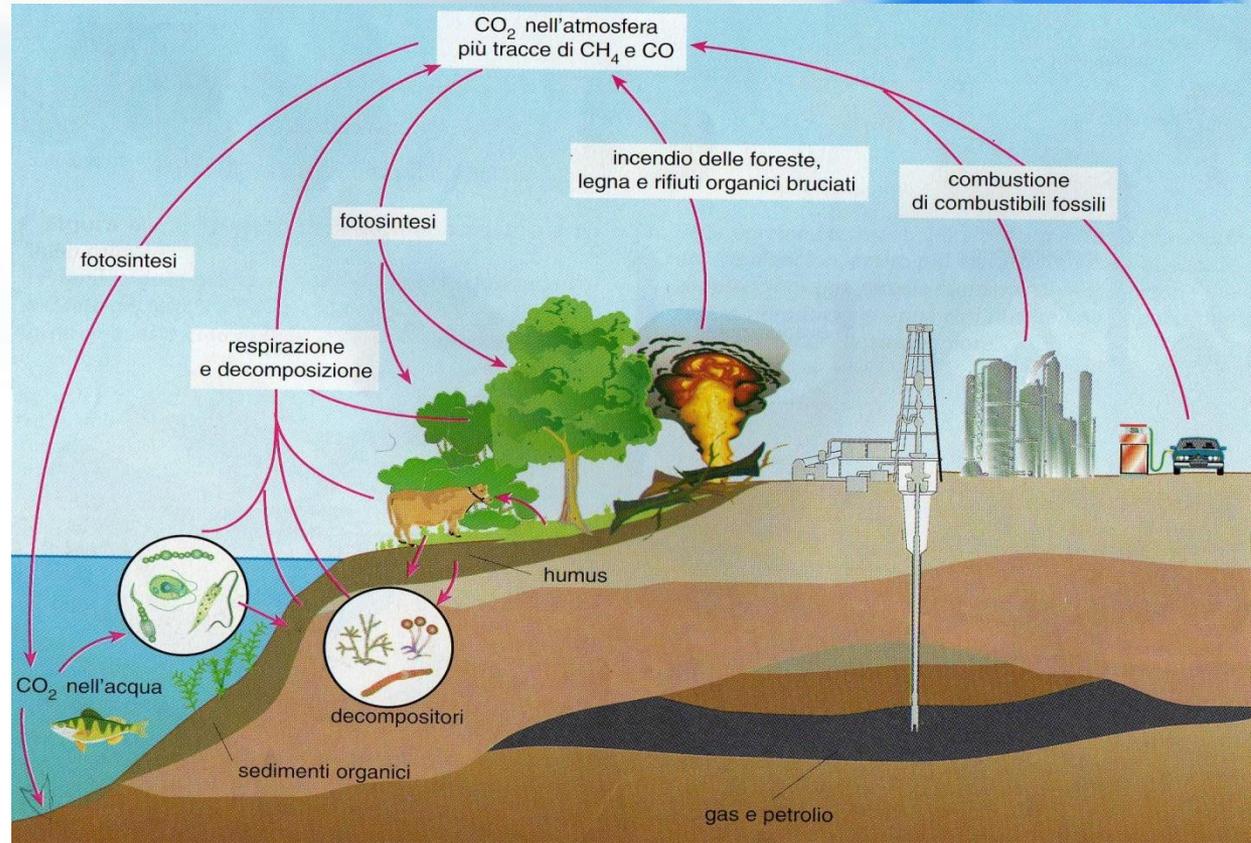
Il carbonio viene trasferito dalla geosfera alla biosfera quando gli organismi eterotrofi si nutrono di altri organismi o loro parti



Il carbonio lascia così la biosfera verso l'atmosfera tramite la respirazione aerobica, la cui reazione è la seguente



Inoltre il biossido di carbonio viene trasferito all'atmosfera soprattutto ad opera della combustione di combustibili fossili



# Normative ambientali

CO<sub>2</sub>



Il protocollo di Kyoto, sottoscritto nella città giapponese di Kyōto l'11 dicembre 1997, è un trattato che prevede l'obbligo in capo ai Paesi industrializzati di operare una riduzione delle emissioni di elementi inquinanti, in una misura non inferiore al 5% rispetto alle emissioni registrate nel 1990, nel periodo 2008-2012



Ad Ottobre 2009 gli stati che hanno aderito e ratificato il protocollo di Kyoto risultano 184 (in verde).

Tra i Paesi non aderenti figurano gli USA (in blu), cioè i responsabili del 36,2% del totale delle emissioni



Il pacchetto 20-20-20, in vigore nel giugno 2009, sarà valido dal gennaio 2013 fino al 2020.

Questo accordo ha come obiettivo la riduzione delle emissioni di gas serra del 20% entro il 2020, la riduzione del 20% del consumo energetico e di portare al 20% la quota di energia prodotta da fonti rinnovabili (da ciò il nome 20-20-20).

# CCS (Carbon Capture and Storage)

Il *CCS (Carbon Capture and Storage)* è l'insieme delle tecnologie atte a diminuire la concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera ed a ridurre così gli effetti che questo gas serra provoca. Sono disponibili diversi livelli di intervento:

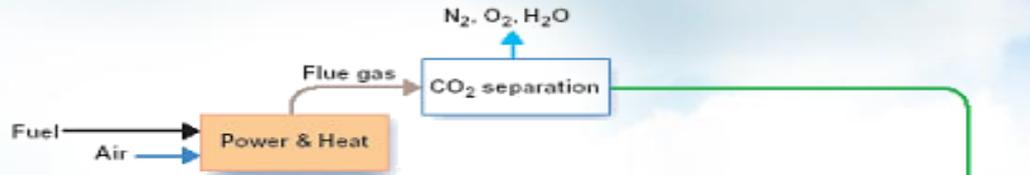


- **Cattura pre-combustione**
- **Cattura post-combustione**
- **Ossi-combustione**
- **Chemical Looping Combustion**

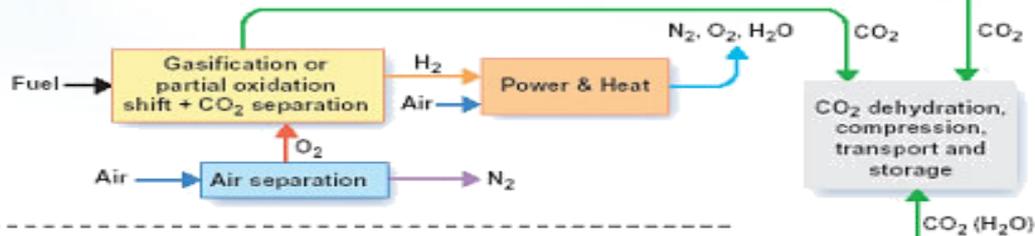
# CO<sub>2</sub> Capture

CO<sub>2</sub>

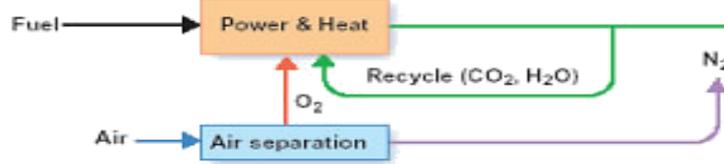
## Post-combustion capture



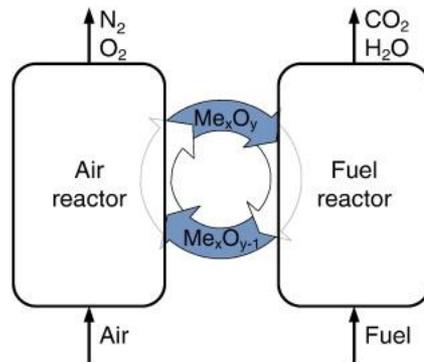
## Pre-combustion capture



## O<sub>2</sub>/CO<sub>2</sub> recycle (oxyfuel) combustion capture



## Chemical looping combustion



# CO<sub>2</sub> Capture

I metodi concernenti la rimozione della CO<sub>2</sub> sono i seguenti

- **Assorbimento (pre e post-combustione):**

La CO<sub>2</sub> viene catturata dai fumi mediante contatto con un solvente liquido. I processi adottati si basano sull'utilizzo di soluzioni acquose composte da alcanolammine, come la mono-etanolammina (MEA), di-etanolammina (DEA), metil-etanolammina (MDEA).

- **Adsorbimento (pre e post-combustione):**

La CO<sub>2</sub> viene catturata legandola alla superficie di un solido (carboni attivi, zeoliti, materiali silicatici mesoporosi, ecc.) con cui viene in contatto, grazie alla presenza di forze di attrazione di natura fisica (forze di London-Van Der Waals) o chimica (forze di legame chimico)

- **Separazione con membrane (pre e post-combustione):**

Le membrane sono strutture porose che lasciano passare alcune specie chimiche e ne trattengono altre. I meccanismi di separazione si basano su differenze di interazioni fisiche o chimiche tra i differenti gas che compongono la corrente da trattare e il materiale componente la membrana.

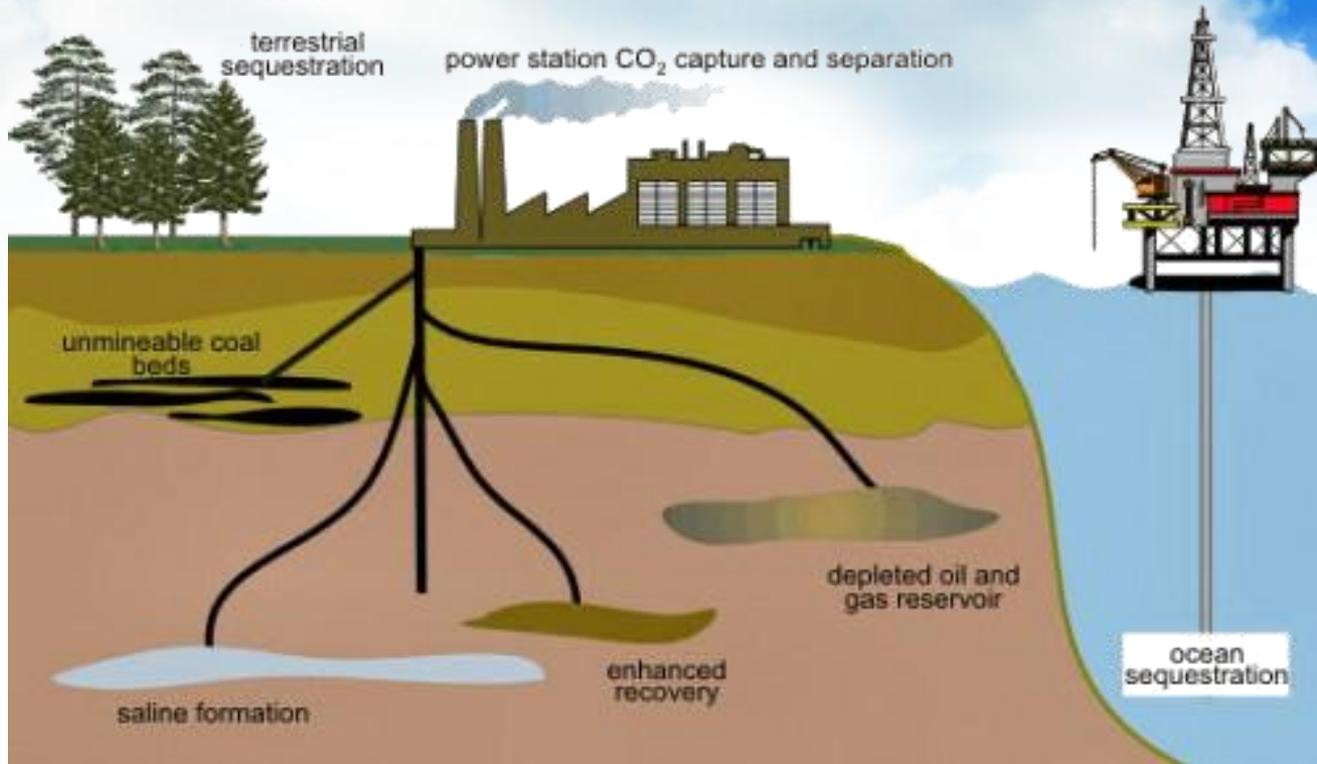
- **Separazione criogenica (post-combustione):**

Essa si basa sul raggiungimento di basse temperature per raffreddare e poi condensare selettivamente la CO<sub>2</sub>, secondo le diverse temperature di ebollizione

- **Impianti di gassificazione (IGCC) (pre-combustione):**

Il combustibile viene trasformato in un gas di sintesi (syngas) costituito principalmente da monossido di carbonio (CO) e idrogeno (H<sub>2</sub>); il CO poi reagisce con vapore acqueo per trasformarsi in CO<sub>2</sub> e idrogeno. Successivamente la CO<sub>2</sub> viene catturata in maniera selettiva

# CO<sub>2</sub> Storage



Le tecnologie di stoccaggio (*storage*) dell'anidride carbonica sono rappresentate da:

- Confinamento geologico
- Stoccaggio in oceani
- Stoccaggio industriale

# CO<sub>2</sub> Storage

CO<sub>2</sub>

I metodi concernenti lo stoccaggio della CO<sub>2</sub> sono i seguenti

## Confinamento geologico

Il confinamento più utilizzato è quello geologico, tramite la cosiddetta *trappola geologica* è o un vecchio giacimento di idrocarburi ormai esaurito o una formazione porosa permeabile saturata con acqua di mare, e detta acquifero.

## Stoccaggio in oceani

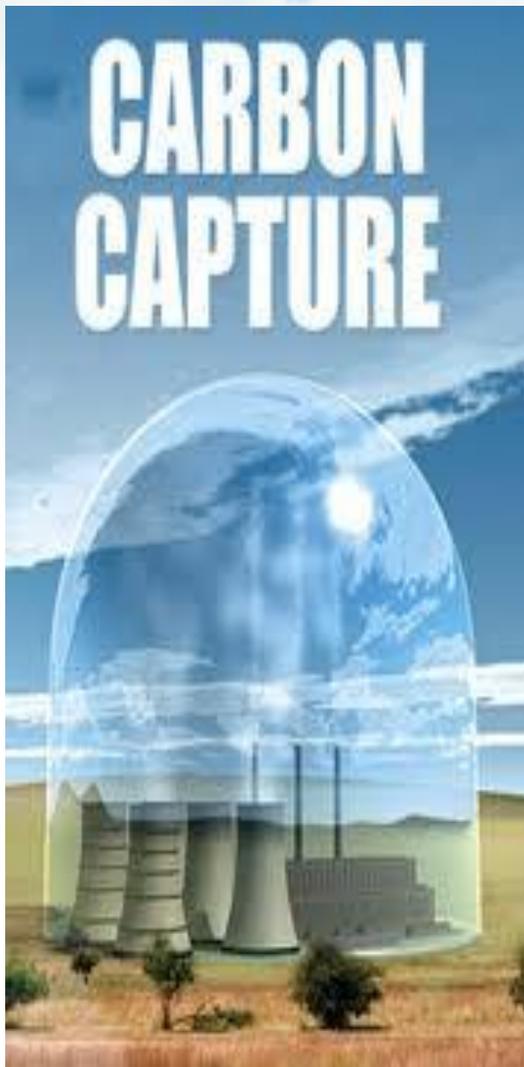
Il confinamento oceanico consiste nell'iniettare l'anidride carbonica in mare. L'idea di base è quella di sciogliere la CO<sub>2</sub> in acqua, immettendola ad elevate profondità come liquido o solido. E il metodo forse più promettente in termini di possibilità complessive di stoccaggio

## Stoccaggio industriale

L'anidride carbonica separata può essere reimpressa nel ciclo produttivo ed impiegata in diverse realtà industriali (es. ghiaccio secco, estintori, bibite gassate)

# CONCLUSIONI

CO<sub>2</sub>



L'interesse crescente al problema del riscaldamento globale e le conseguenze sul clima, ha determinato l'esigenza di ridurre le emissioni di CO<sub>2</sub>, attraverso strumenti legislativi e tecnologici.

- La CO<sub>2</sub> è naturalmente presente in atmosfera e svolge un ruolo importante all'interno del ciclo del carbonio
  - Per arginare l'aumento delle emissioni e quindi delle concentrazioni in atmosfera sono stati definiti degli accordi internazionali (Protocollo di Kyoto e Direttiva 20-20-20)
- Il *CCS (Carbon Capture and Storage)* è l'insieme delle tecnologie atte a diminuire la concentrazione di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera ed a ridurre così gli effetti che questo gas serra provoca.
- Le tecnologie di cattura possono essere post-combustione, pre-combustione, ossi-combustione e chemical looping combustion
  - Le tecnologie di immagazzinamento comprendono il confinamento geologico, stoccaggio oceanico e usi industriali della CO<sub>2</sub>