



**LO STOCCAGGIO GEOLOGICO DELLA CO<sub>2</sub>**  
**I ricercatori di CO<sub>2</sub>GeoNet – CGS Europe**  
**incontrano I giornalisti scientifici italiani di UGIS**

***PRINCIPI E CRITERI DI SICUREZZA***

**Salvatore Lombardi**



**SAPIENZA**  
UNIVERSITÀ DI ROMA  
**C.E.R.I**



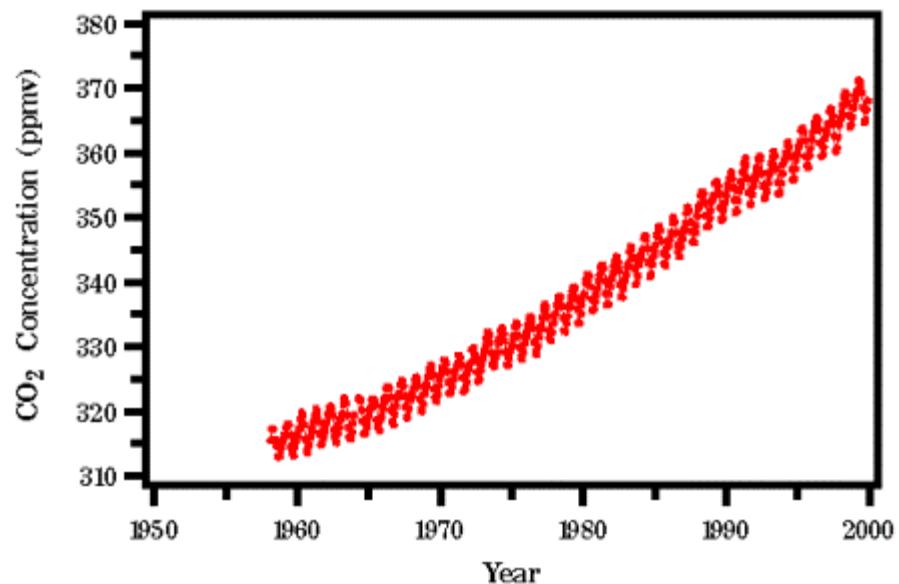
# Note introduttive



S. Arrhenius

Incremento della concentrazione di CO<sub>2</sub>  
nella atmosfera dal 1960 al 2000 -  
Osservatorio del Manua Loa, Hawaii

Mauna Loa, Hawaii



Source: Dave Keeling and Tim Whorf (Scripps Institution of Oceanography)

# Fonti di emissione di CO<sub>2</sub>

**diffuse**

Riscaldamento invernale



Traffico automobilistico



# Fonti di emissione di CO<sub>2</sub>

Centrale termoelettrica



puntuali

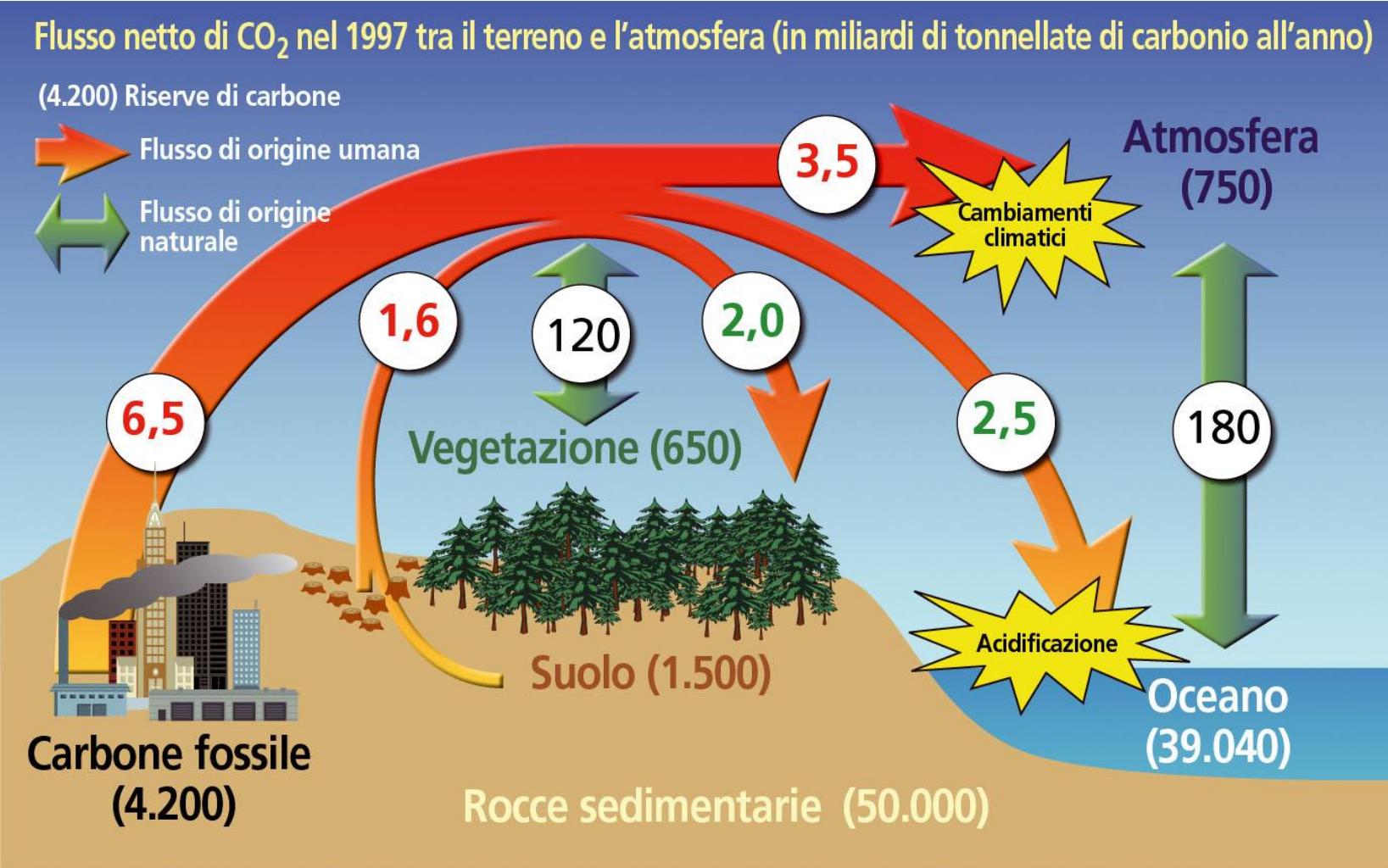
Industria dell'acciaio



Cementificio

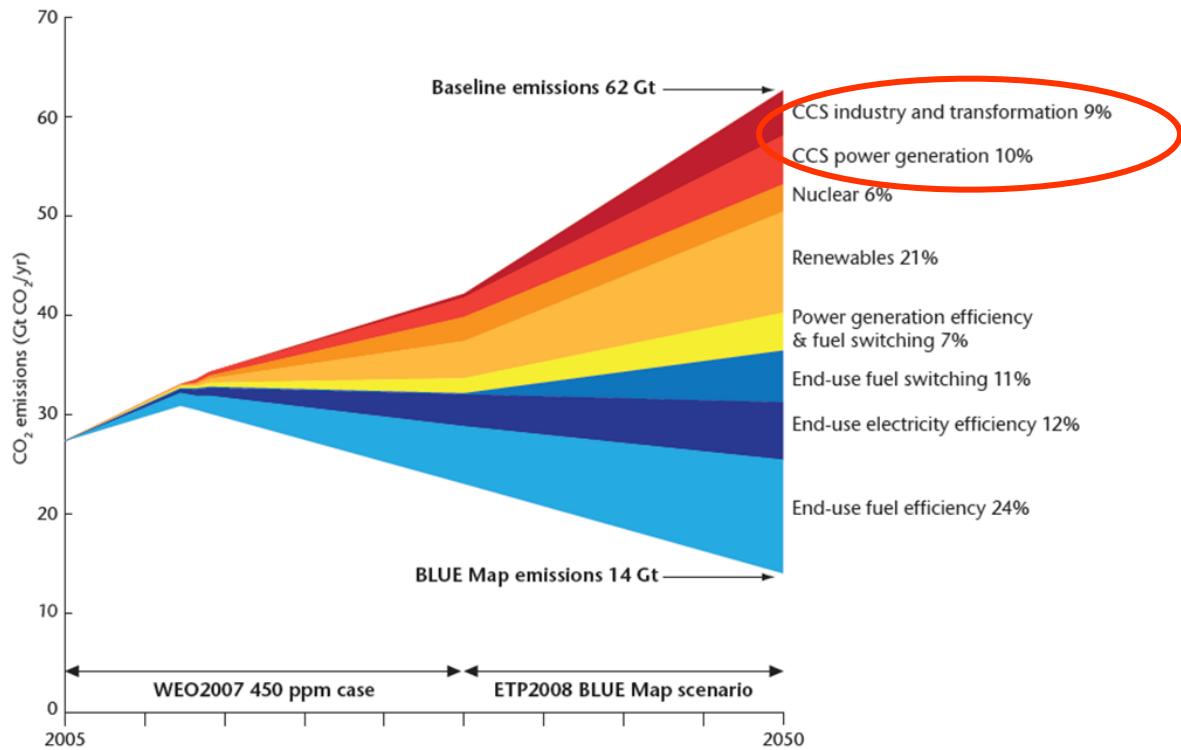


# Relazione tra CO<sub>2</sub> nell'atmosfera e gli ambienti naturali



# Come abbattere il tenore di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera

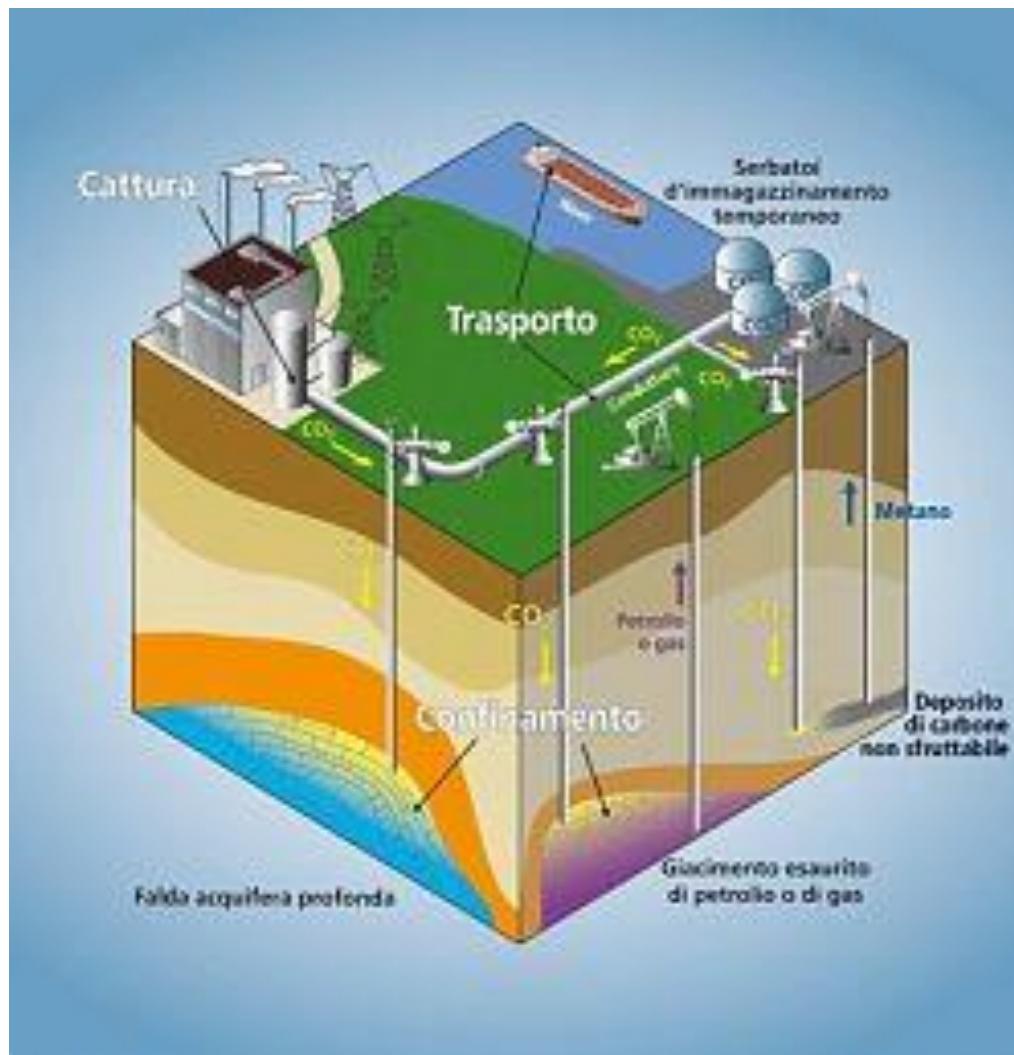
Figure 1: CCS delivers one-fifth of the lowest-cost GHG reduction solution in 2050



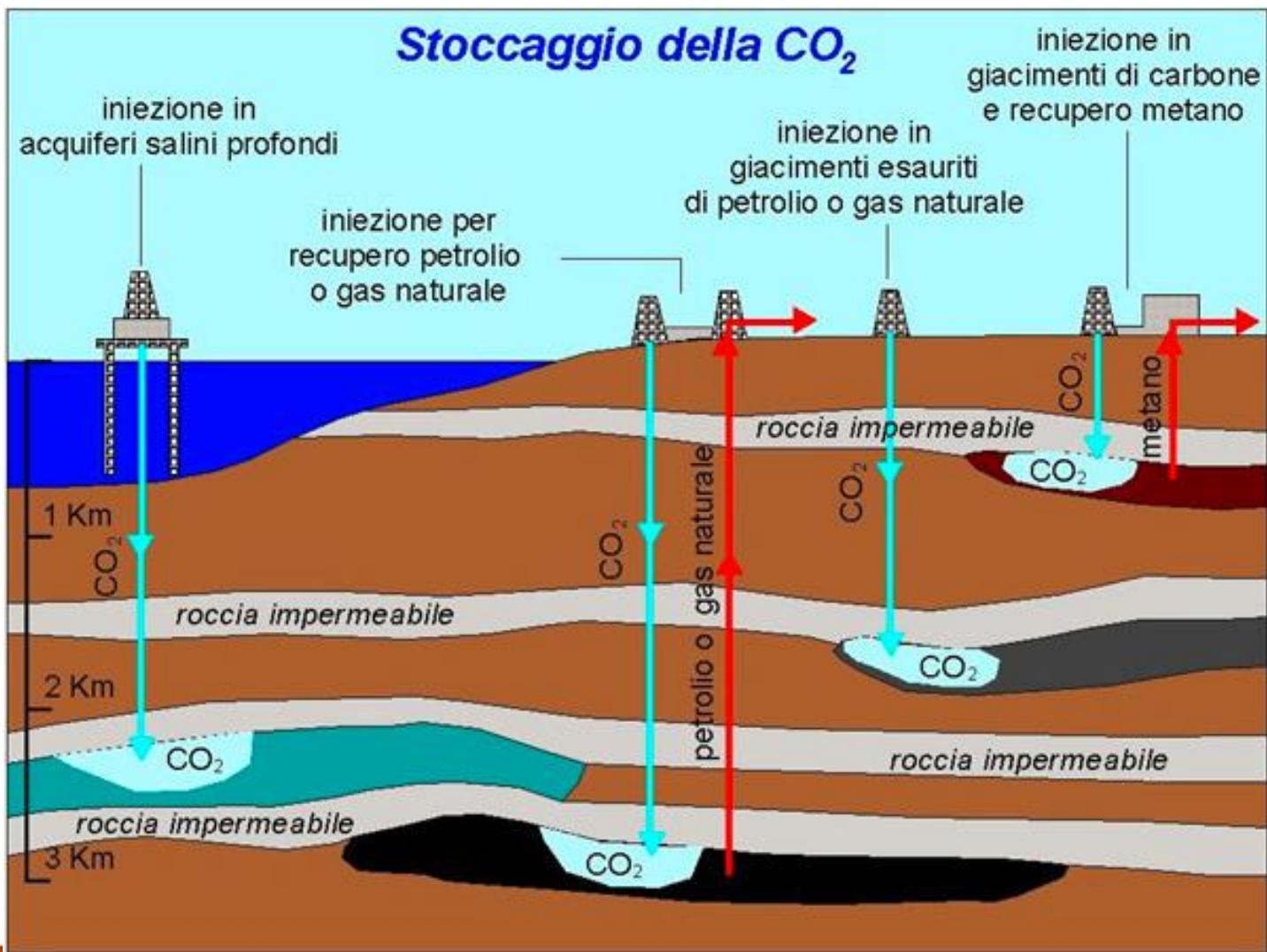
Source: IEA, *Energy Technology Perspectives* (2008a).

**KEY POINT:** Without CCS, overall costs to halve CO<sub>2</sub> emissions levels by 2050 increase by 70%.

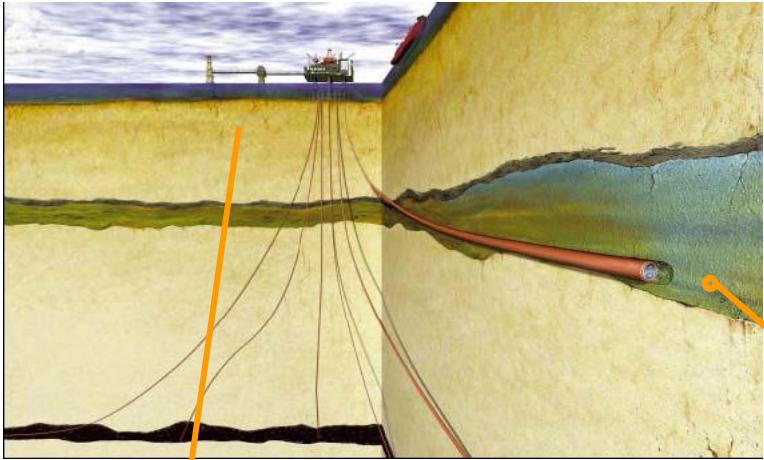
# Schema del processo di cattura, trasporto e stoccaggio



# Stoccaggio geologico della CO<sub>2</sub>



# Lo stoccaggio geologico della CO<sub>2</sub> in formazioni porose



Formazione sabbiosa  
Utsira - Sleipner



Courtesy  
CO<sub>2</sub>STORE

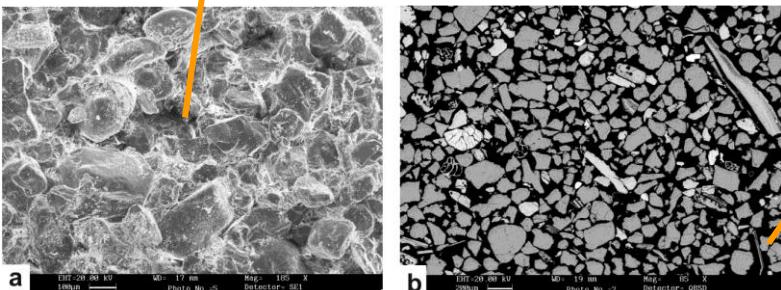
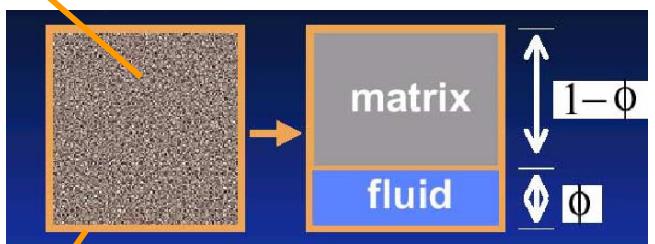


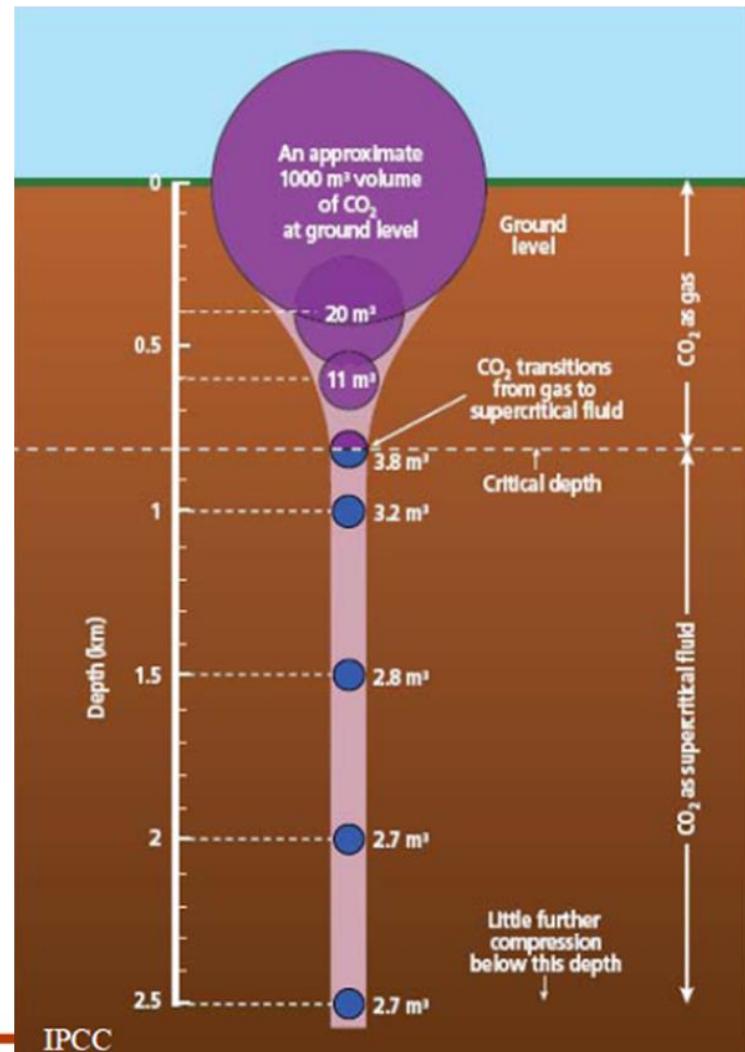
Immagine della roccia al Microscopio  
Elettronico (SEM)  
I pori nella roccia sono in nero

# Come si comporta la CO<sub>2</sub> nel sottosuolo ?

Come un gas o come l'acqua?

- Risposta:
  - Come un gas per la viscosità
  - Come l'acqua per la densità

T=100° C, P=280bar (2800m)	densità(kg/ m <sup>3</sup> )	viscosità (cP)
supercritica CO <sub>2</sub>	615	0.05
acqua	804	0.16
gas (metano)	150	0.02



# Lo stoccaggio geologico della CO<sub>2</sub> è sicuro?

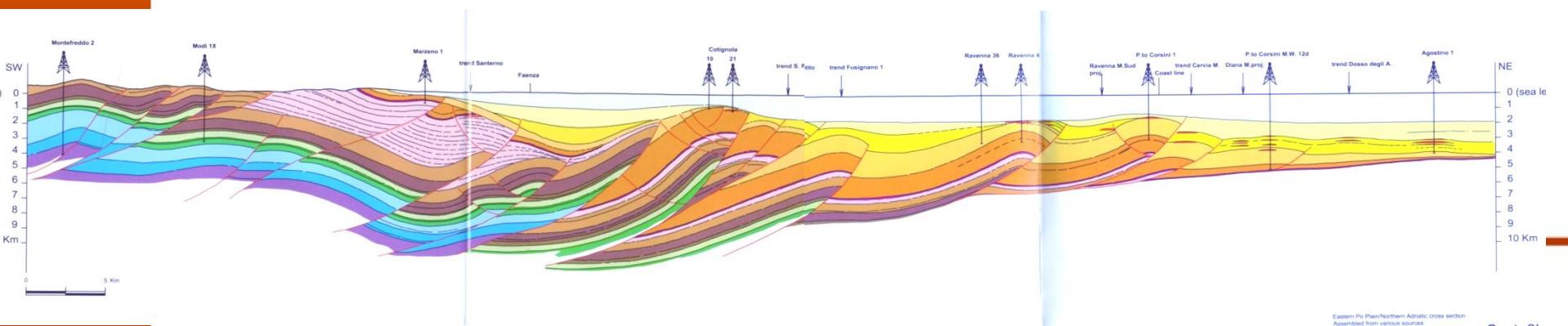
Possiamo affermare con buona certezza che lo stoccaggio geologico della CO<sub>2</sub> è in base a:

- Alle ricerche effettuate su numerosi giacimenti naturali di CO<sub>2</sub>
- ➔ Know How acquisito dalle compagnie petrolifere:
  - ➔ Utilizzo della CO<sub>2</sub> nei processi di EOR (Enhanced Oil Recovery)
  - ➔ Stoccaggio stagionale di gas (CH<sub>4</sub>)
- ➔ Ricerche internazionali e nazionali sul CGS sin dal 1993 (CE, fondi nazionali, ecc)
- ➔ Progetti industriali quali ad esempio Sleipner (Norvegia) dal 1996; Weyburn (Canada) dal 2000; In Salah (Algeria) dal 2004
- ➔ Progetti pilota di iniezione di CO<sub>2</sub>: Frio (USA), Nagaoka (Giappone), Ketzin (Germania), Otway (Australia), K12B (NL), Lacq (Francia), etc.
- ➔ Elaborazione di manuali tecnici (best practice)
- ➔ Creazione di reti di collaborazione e di ricerca a livello nazionale e internazionale



# Criteri di sicurezza

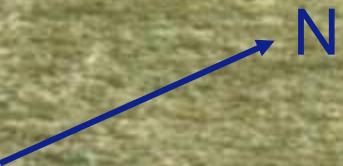
- **SELEZIONE DEI SITI IDONEI ALLO STOCCAGGIO**
  - Rilievo geologico strutturale
    - modelli di migrazione dei gas
  - Rilievo geofisico
  - Rilievo geochimico («baseline»)
- **MONITORAGGIO**
  - Monitoraggio geofisico
  - Monitoraggio geochimico
  - «Remote sensing»



## Anticlinale del Cellino (Pliocene inferiore)

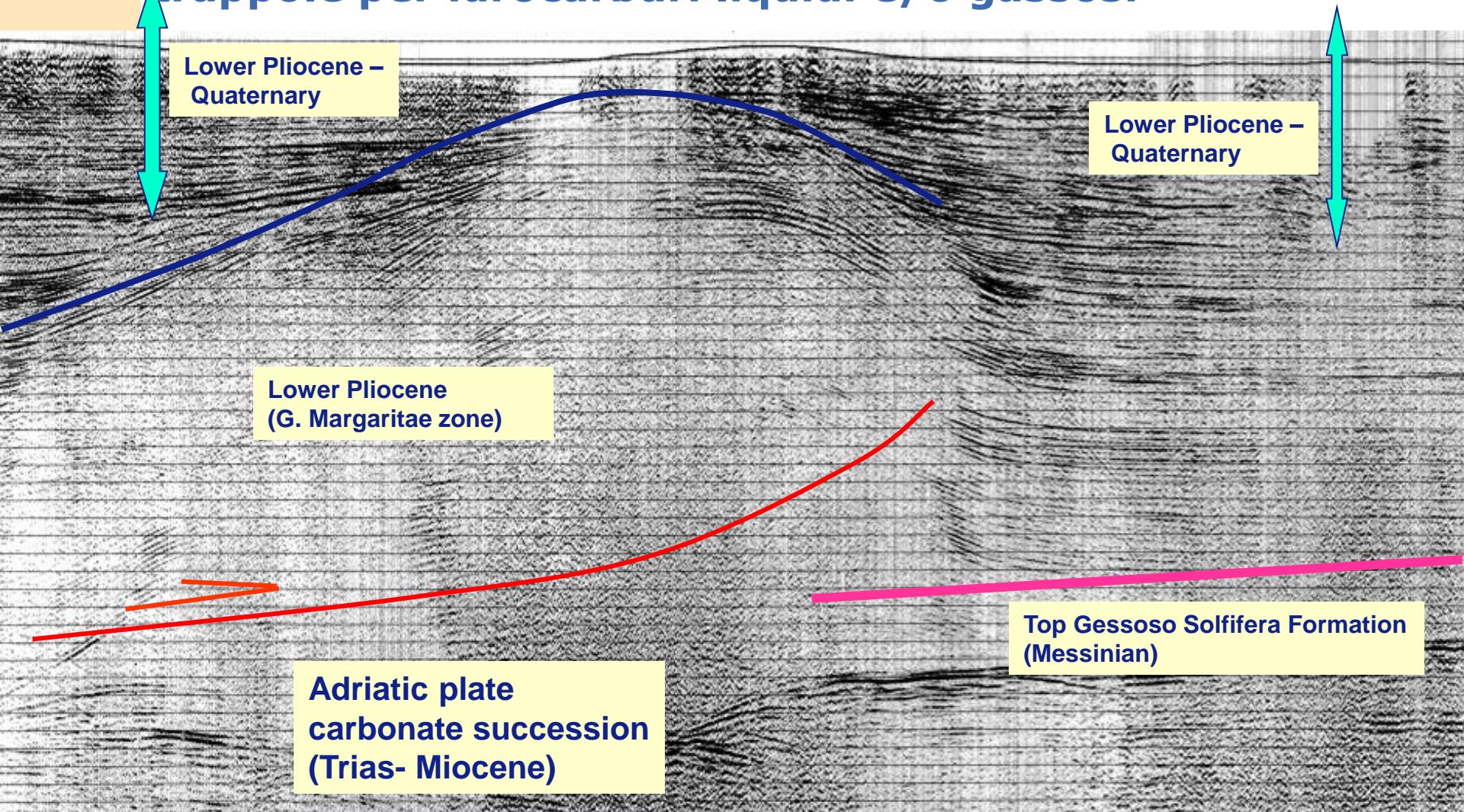
SW

NE



N

# Immagine sismica di una piega sepolta (Bacino periadriatico) queste strutture costituiscono potenziali trappole per idrocarburi liquidi e/o gassosi



# **La CO<sub>2</sub> stoccati nei serbatoi può migrare verso la superficie?**

- ➔ No, se la scelta del sito è corretta. La selezione dei siti è di importanza fondamentale
  
- ➔ Le potenziali vie di migrazione della CO<sub>2</sub> sono costituite prevalentemente da:
  - ➔ pozzi
  - ➔ faglie

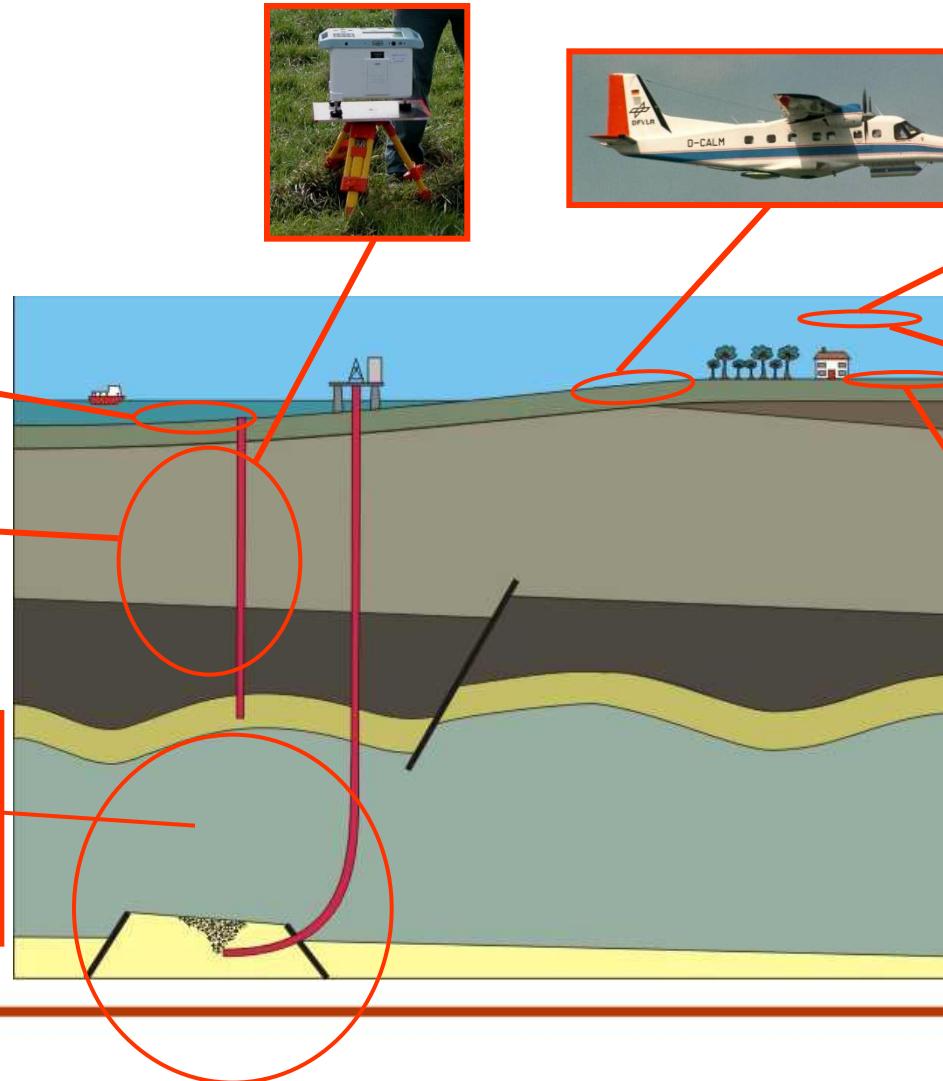


# Metodi di monitoraggio

- ➔ **Geofisica profonda**
  - ➔ Seismic, EM, Gravity
- ➔ **Geochimica profonda**
  - ➔ Water composition
- ➔ **Geofisica marina di superficie**
  - ➔ Side-scan sonar, hydroacoustics
- ➔ **Geochimica marina**
  - ➔ Spatial; Intermittent and continuous monitoring
- ➔ **Geochimica terrestre di superficie**
  - ➔ Soil gas, gas flux,
- ➔ **Geochimica dell'atmosfera**
  - ➔ eddy covariance, laser, groundwater
- ➔ **Rilevamento a distanza (Remote sensing)**
  - ➔ Airborne hyperspectral, Satellite INSAR

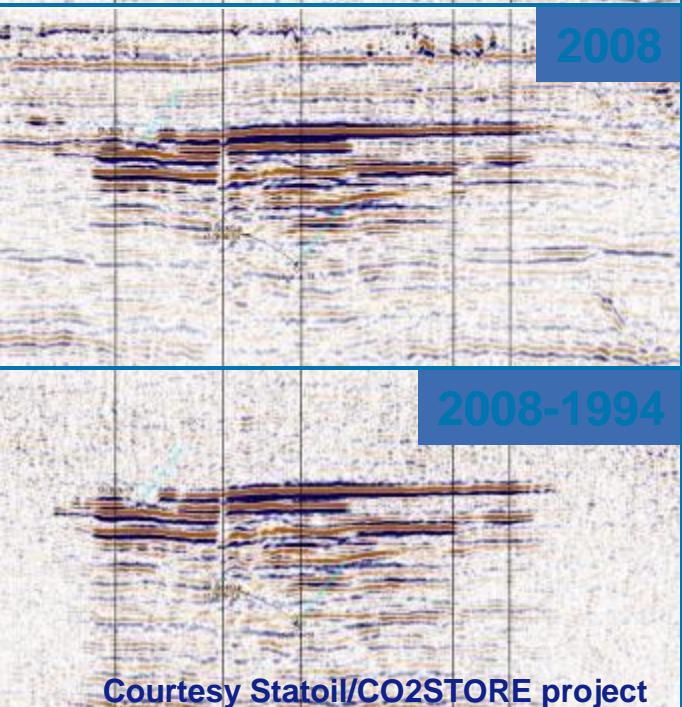
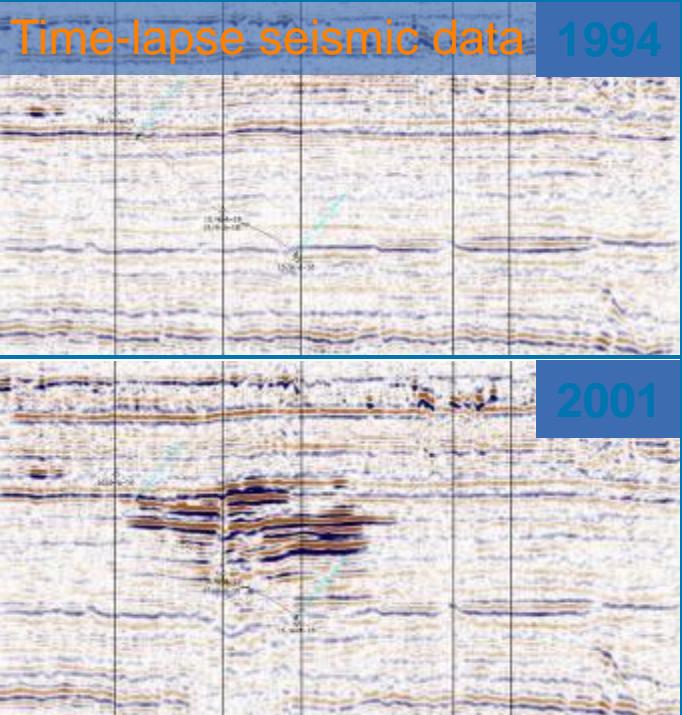
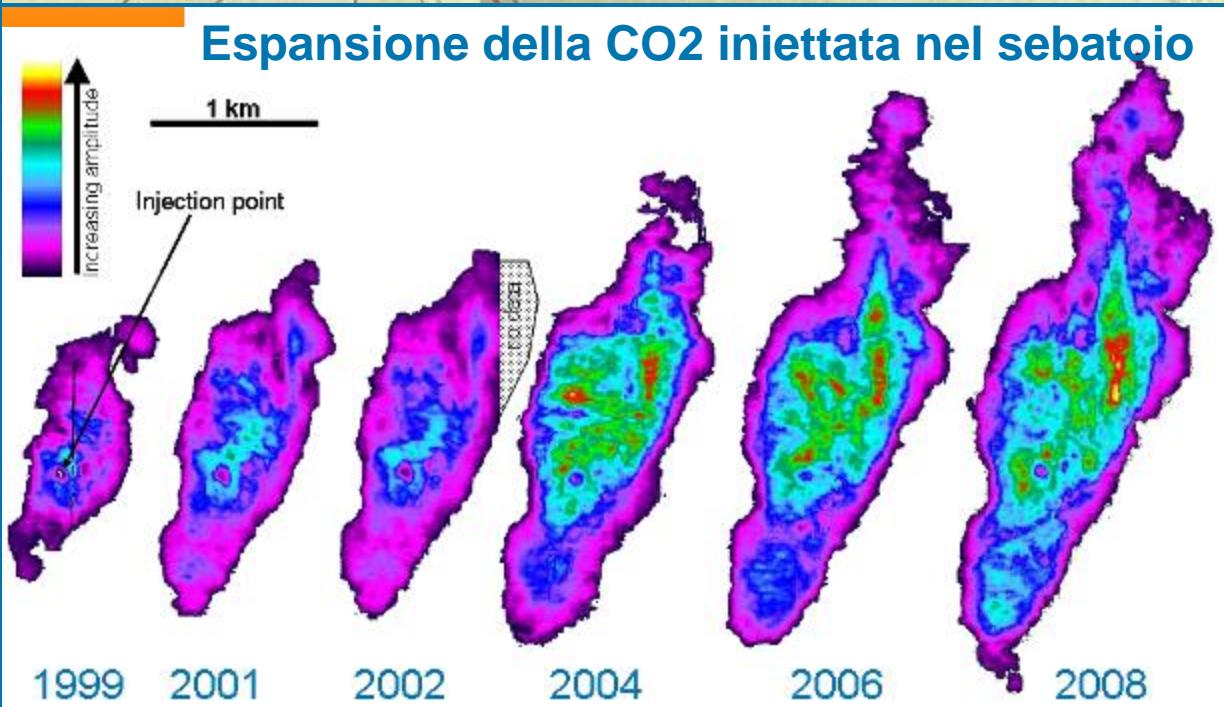


# Sistemi di monitoraggio:

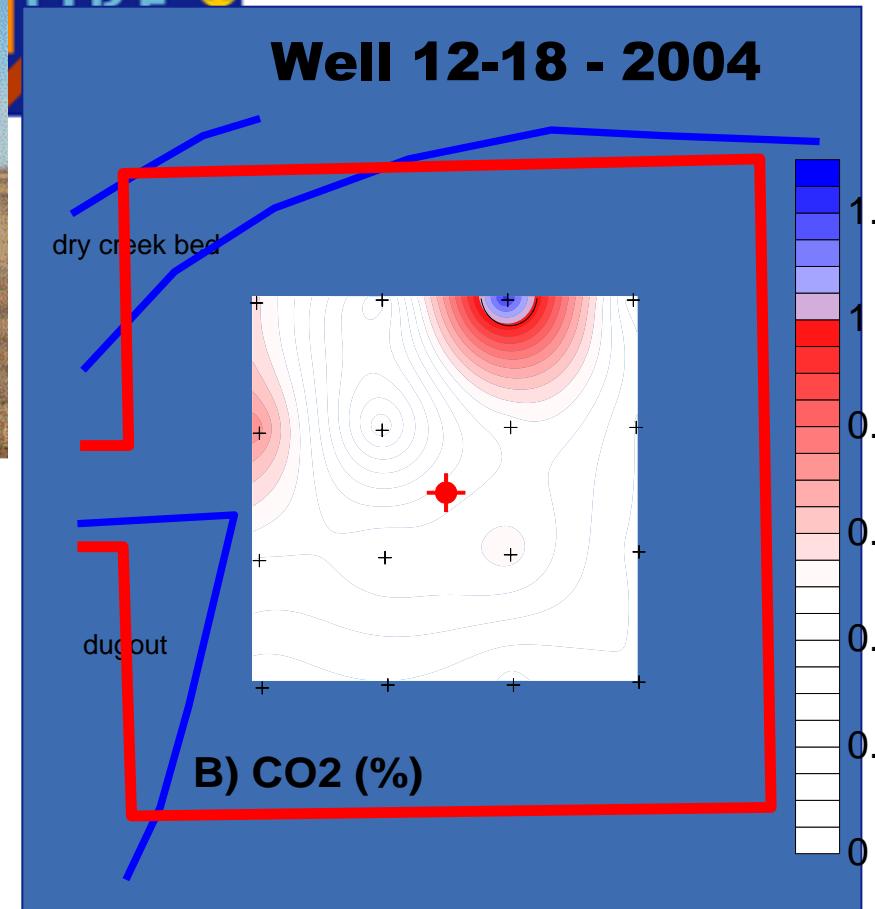




## «Monitoraggio» della migrazione della CO<sub>2</sub> nel serbatoio Sleipner (Norvegia)



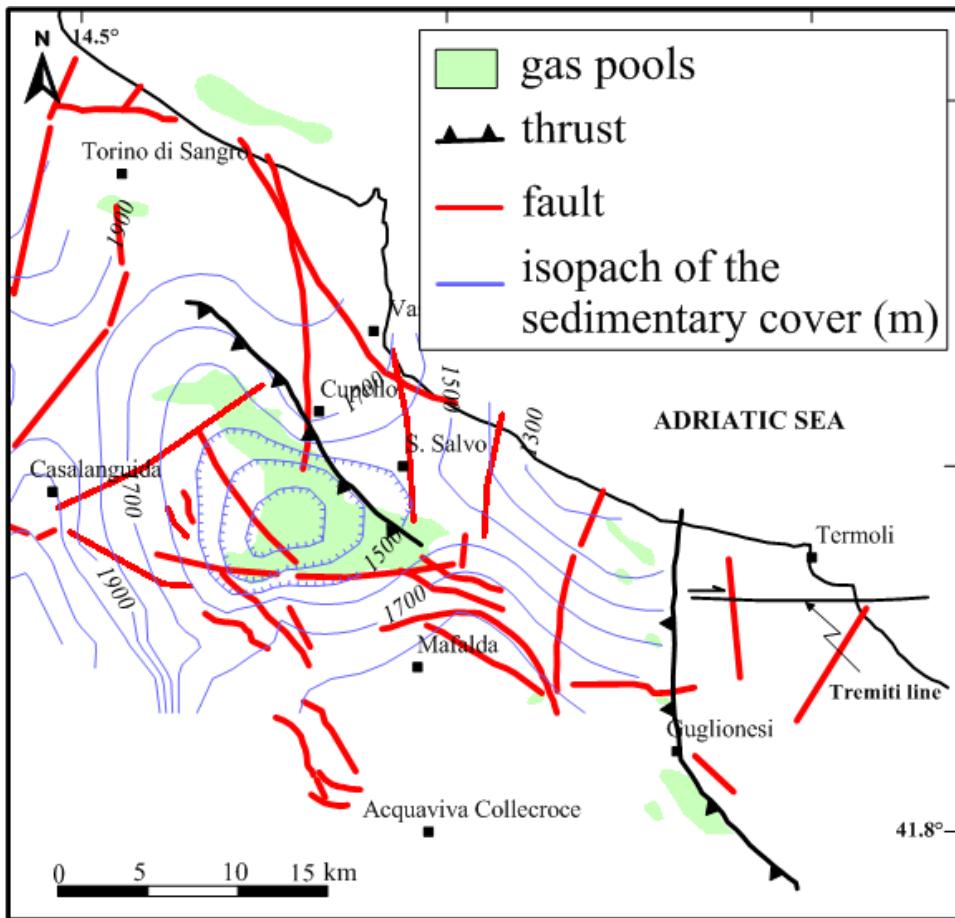
# Monitoraggio di pozzi (Weyburn, Canada)



## Monitoraggio geochimico

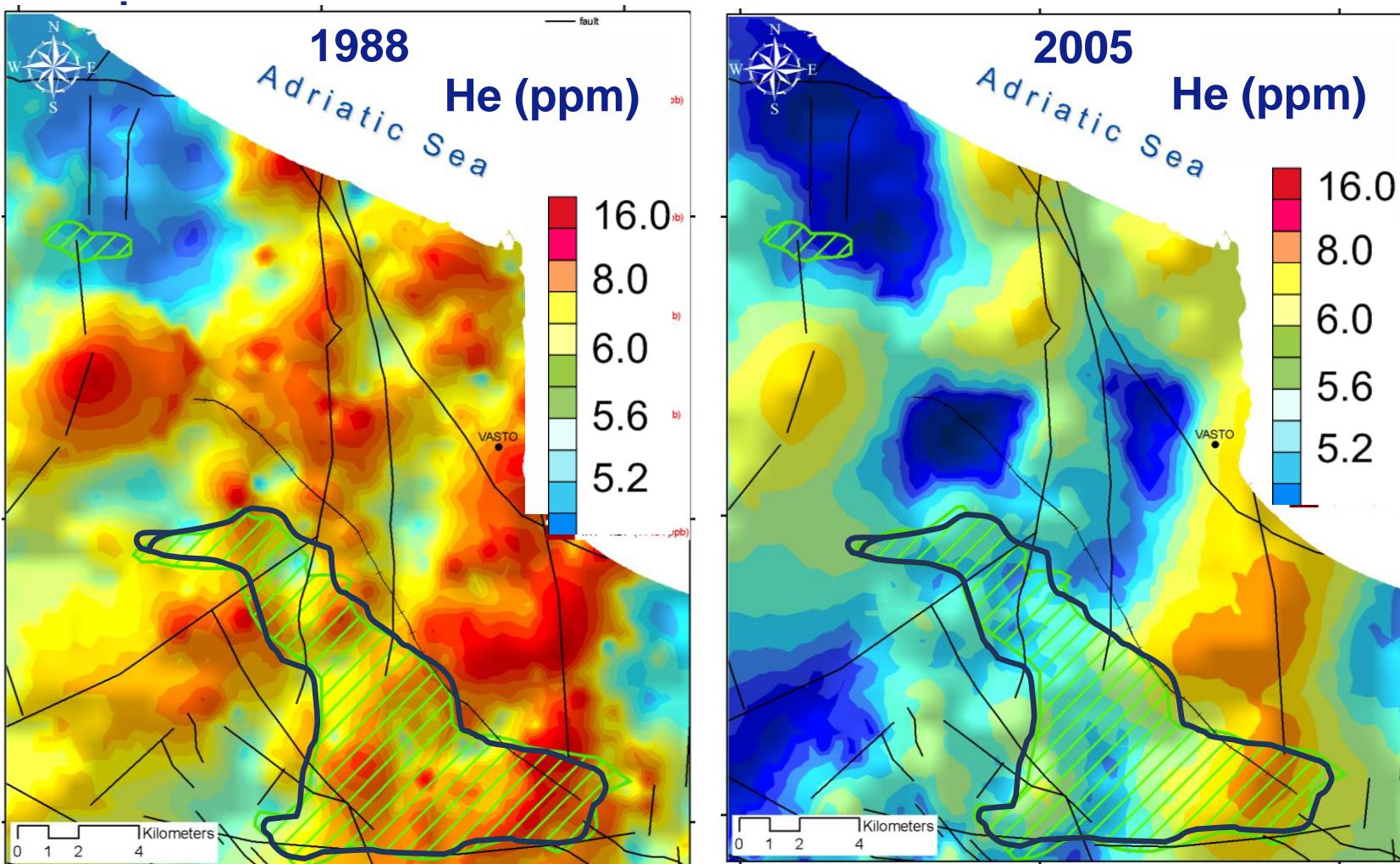
- In alto, prelievo di gas del suolo
- Di lato, mappa di distribuzione della CO<sub>2</sub> intorno ai pozzi di Weyburn

# Giacimento a gas San Salvo - Cupello

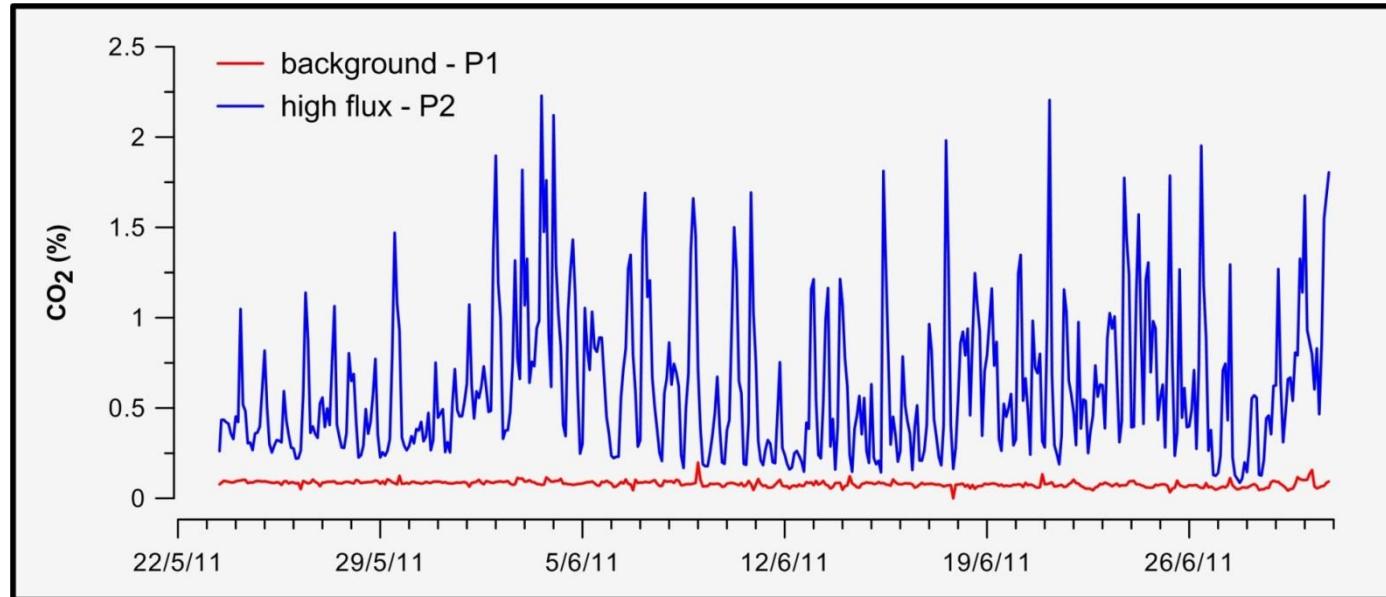
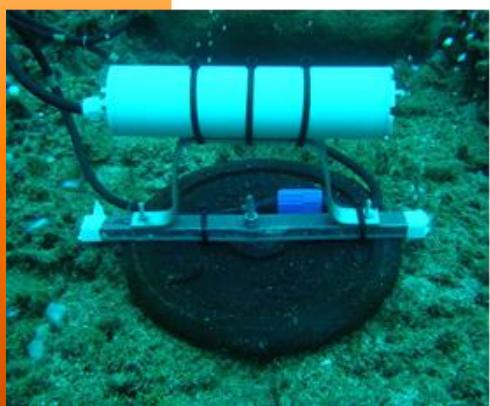


# Giacimento a gas San Salvo - Cupello

In superficie non sono stati trovati valori anomali di CO<sub>2</sub> e/o CH<sub>4</sub> in corrispondenza del giacimento. La presenza di faglie è stata messa in evidenza da traccianti gassosi (i.e., He and Rn) in tracce presenti in



# Monitoraggio geochimico in mare



→ Monitoraggio geochimico a Panarea (Italia): sei stazioni di monitoraggio sono state utilizzate per misurare la CO<sub>2</sub> disciolta nelle acque marine in prossimità di una emissione gassosa

# CONSIDERAZIONI FINALI

- ➔ La migrazione dei fluidi profondi avviene prevalentemente attraverso pozzi e/o faglie.
- ➔ Esistono numerosi metodi di monitoraggio che permettono:
  - ➔ di capire I meccanismi di migrazione della CO<sub>2</sub>,
  - ➔ di individuare precocemente le potenziali vie di migrazione
  - ➔ di monitorare la migrazione della CO<sub>2</sub> sia nei serbatoi che verso la superficie durante l'iniezione della stessa e in seguito all'abbandono del sito
- ➔ L'insieme di tali conoscenze permettono di rendere il CGS quanto più possibile sicuro e ci forniscono i criteri per la valutazione del rischio e la strategia di monitoraggio

# Grazie per l'attenzione

[salvatore.lombardi@uniroma1.it](mailto:salvatore.lombardi@uniroma1.it)

+ 39 06 49914919

+ 39 347 4169409

