



LO STOCCAGGIO GEOLOGICO DELLA CO₂
I ricercatori di CO₂GeoNet – CGS Europe
incontrano I giornalisti scientifici italiani di UGIS

PRINCIPI E CRITERI DI SICUREZZA

Salvatore Lombardi



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA
C.E.R.I



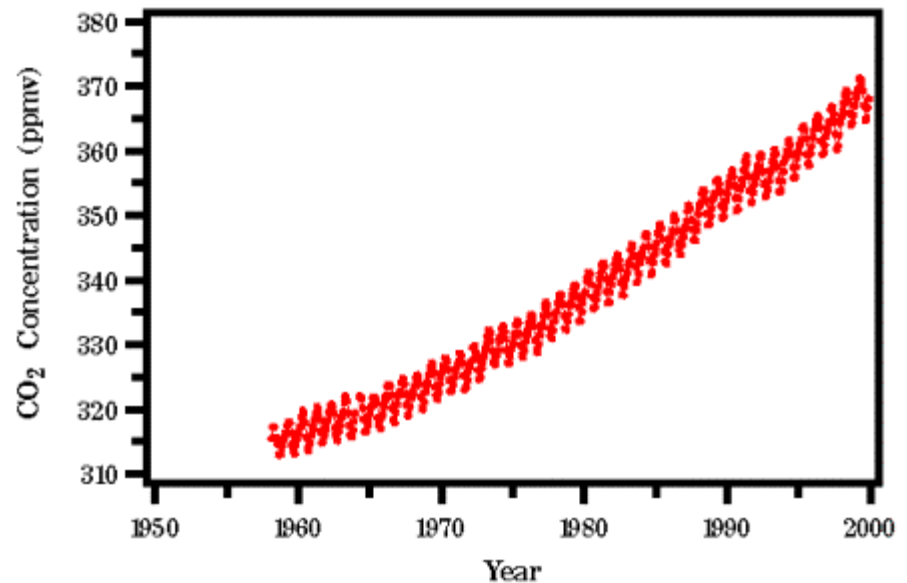
Note introduttive



S. Arrhenius

Incremento della concentrazione di CO₂
nella atmosfera dal 1960 al 2000 -
Osservatorio del Manua Loa, Hawaii

Mauna Loa, Hawaii



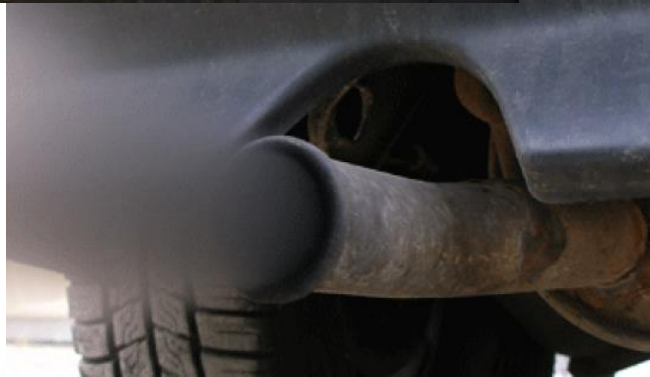
Source: Dave Keeling and Tim Whorf (Scripps Institution of Oceanography)

Fonti di emissione di CO₂

diffuse

Traffico automobilistico

Riscaldamento invernale



Fonti di emissione di CO2

Centrale termoelettrica



puntuali

Industria dell'acciaio



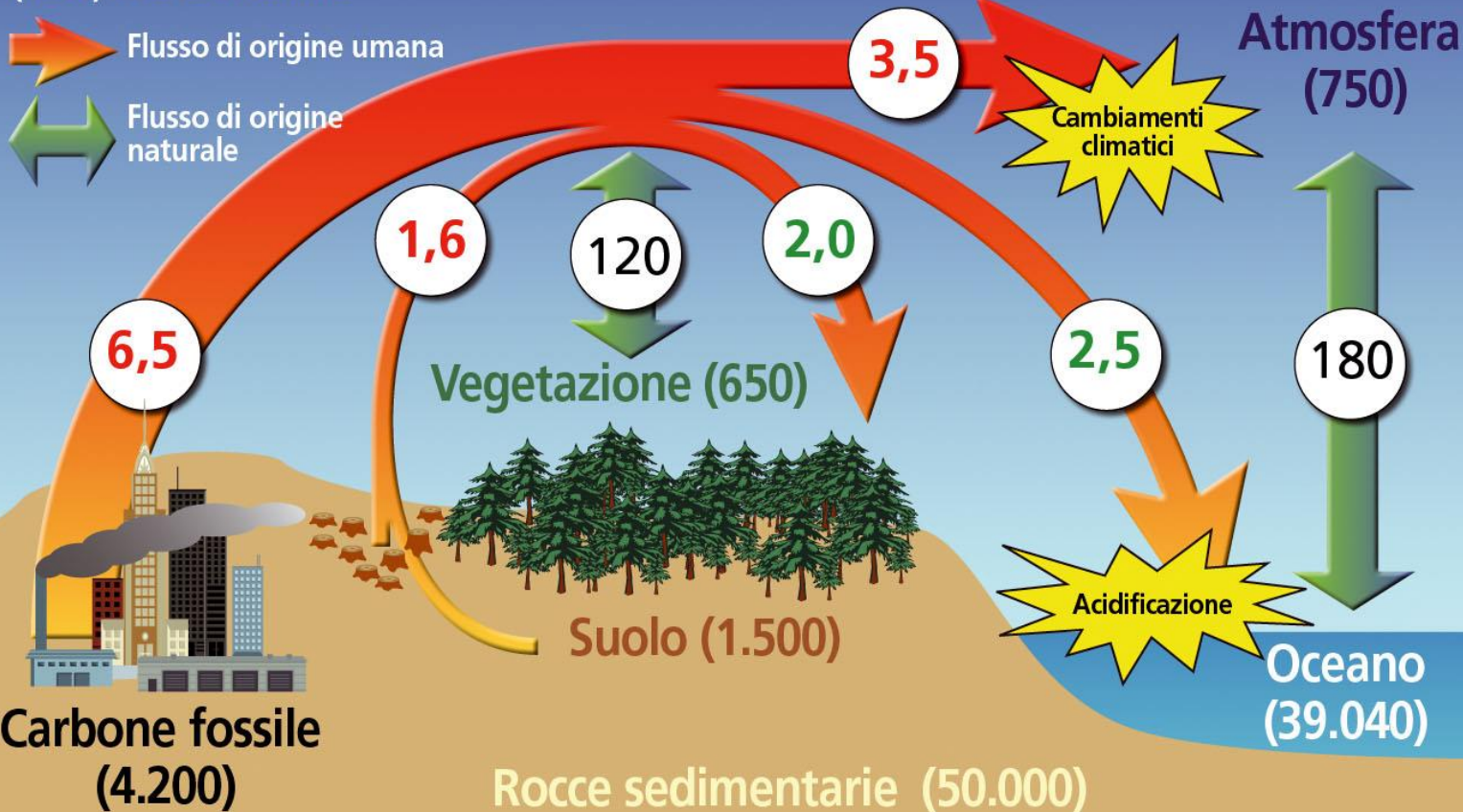
Cementificio



Relazione tra CO₂ nell'atmosfera e gli ambienti naturali

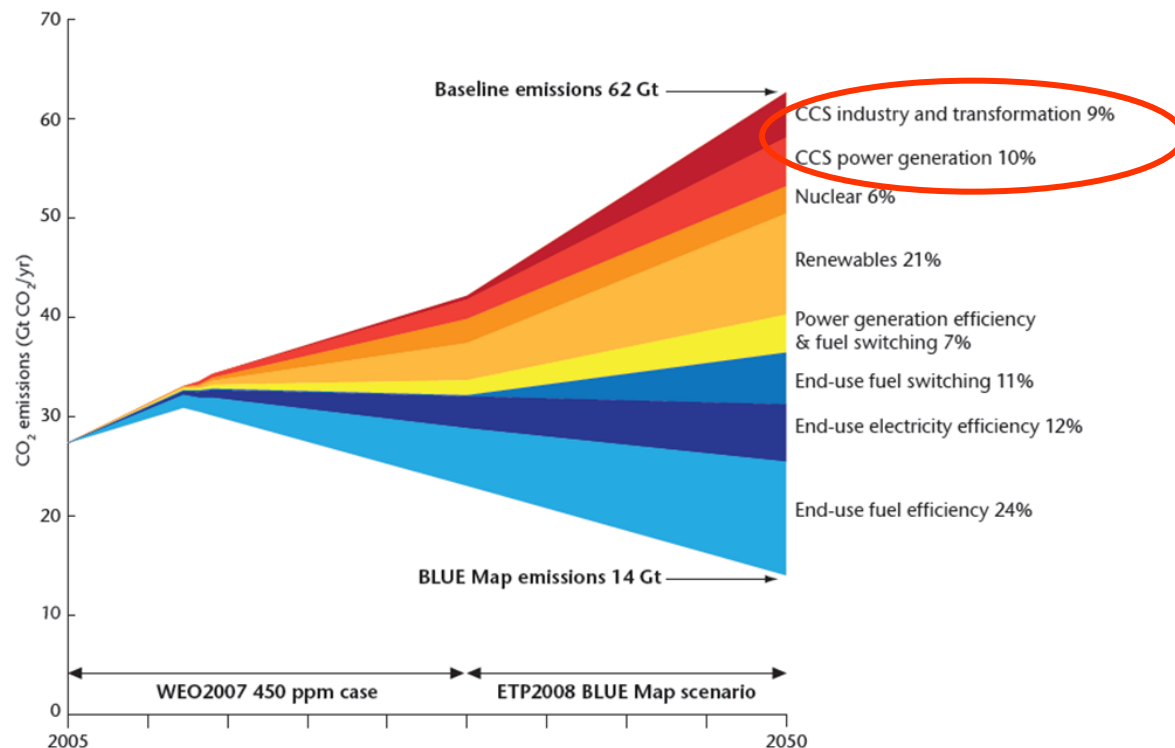
Flusso netto di CO₂ nel 1997 tra il terreno e l'atmosfera (in miliardi di tonnellate di carbonio all'anno)

(4.200) Riserve di carbone



Come abbattere il tenore di CO₂ nell'atmosfera

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

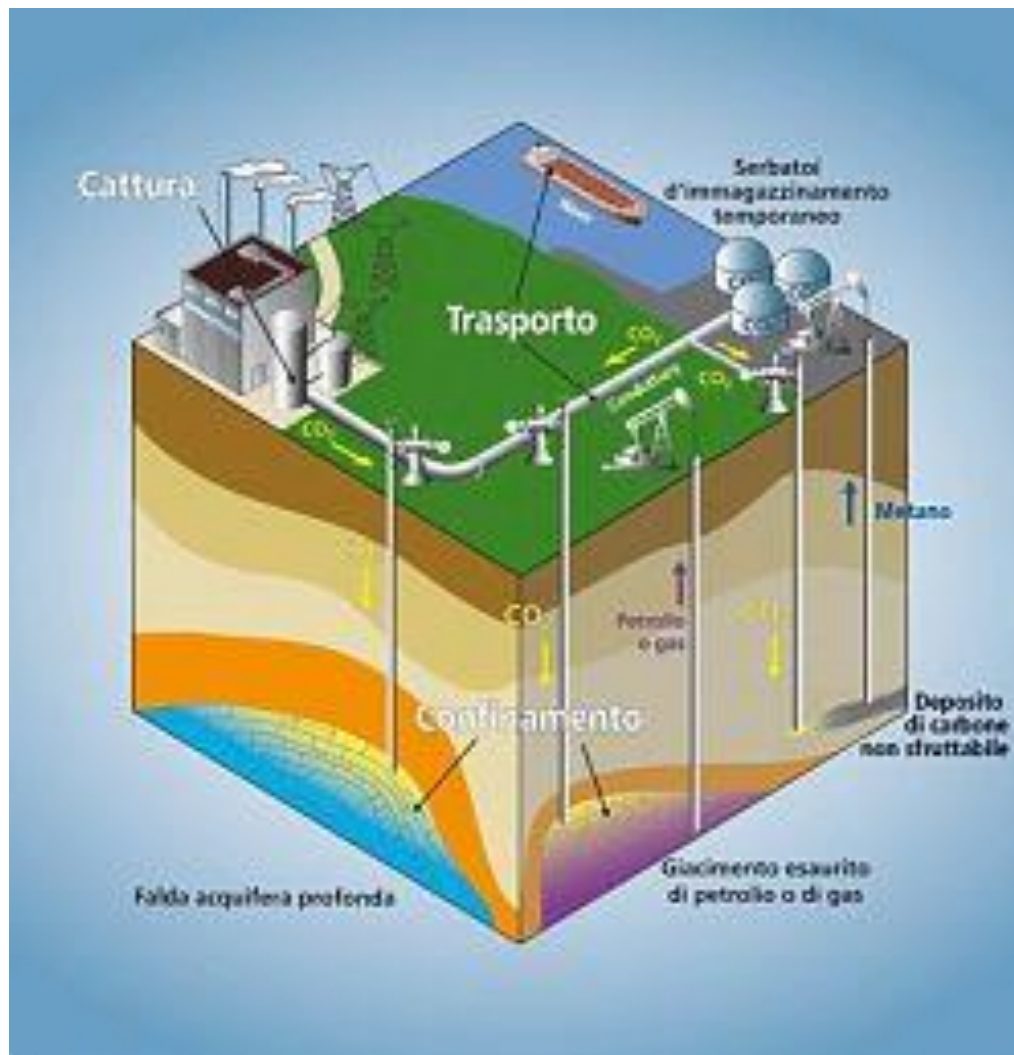


Source: IEA, *Energy Technology Perspectives* (2008a).

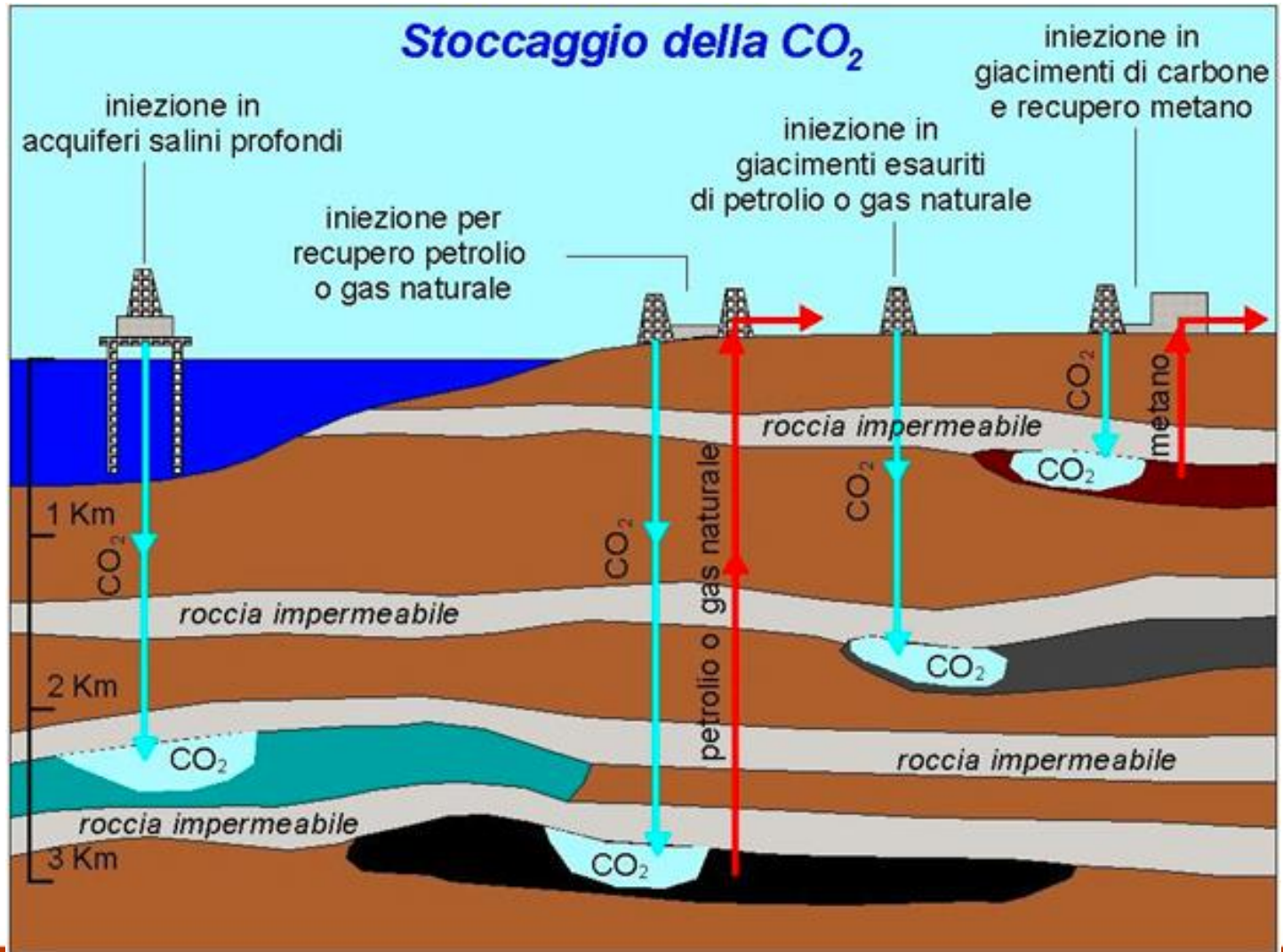
KEY POINT: Without CCS, overall costs to halve CO₂ emissions levels by 2050 increase by 70%.



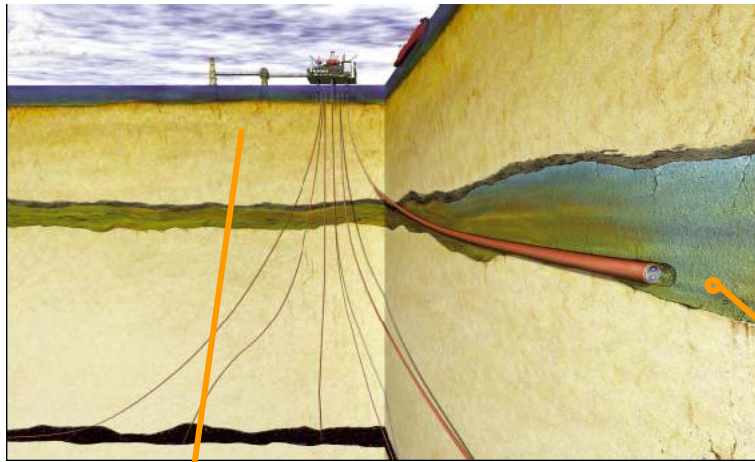
Schema del processo di cattura, trasporto e stoccaggio



Stoccaggio geologico della CO₂



Lo stoccaggio geologico della CO₂ in formazioni porose



**Formazione sabbiosa
Utsira - Sleipner**

Courtesy
CO₂STORE

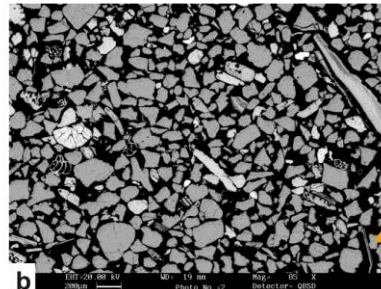
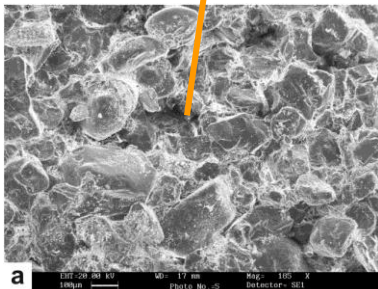
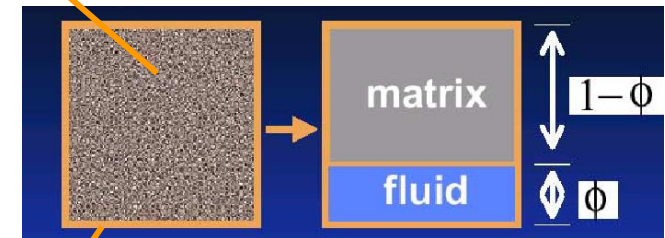


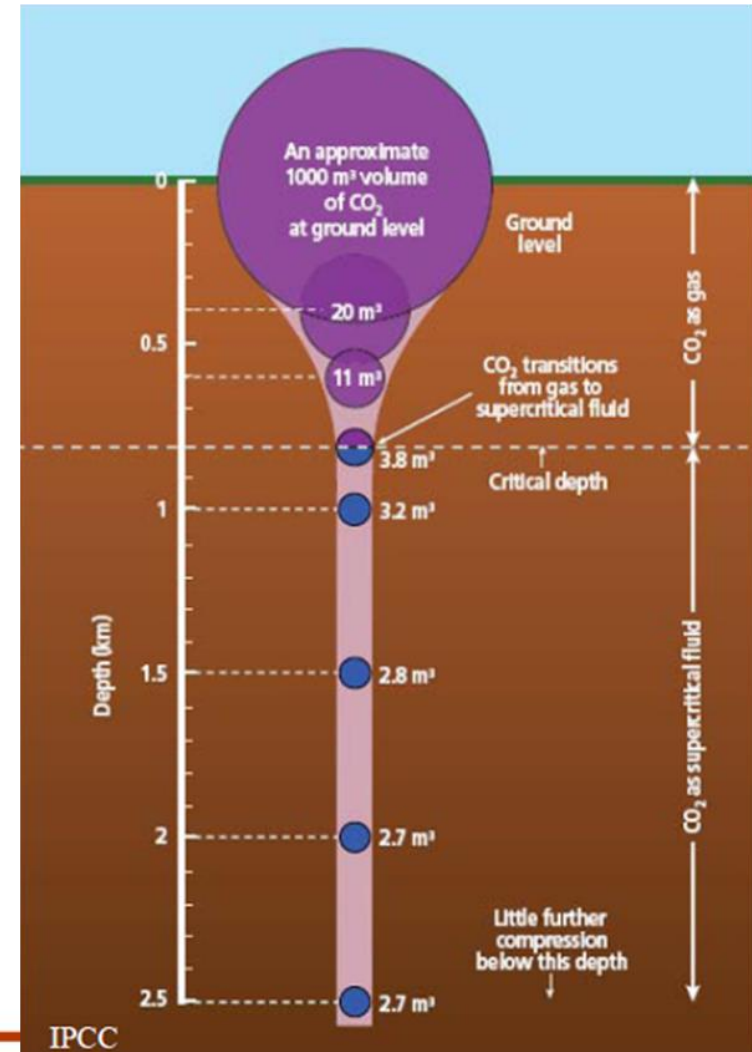
Immagine della roccia al Microscopio
Elettronico (SEM)
I pori nella roccia sono in nero

Come si comporta la CO₂ 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 ³)	viscosità (cP)
supercritica CO ₂	615	0.05
acqua	804	0.16
gas (metano)	150	0.02



Lo stoccaggio geologico della CO₂ è sicuro?

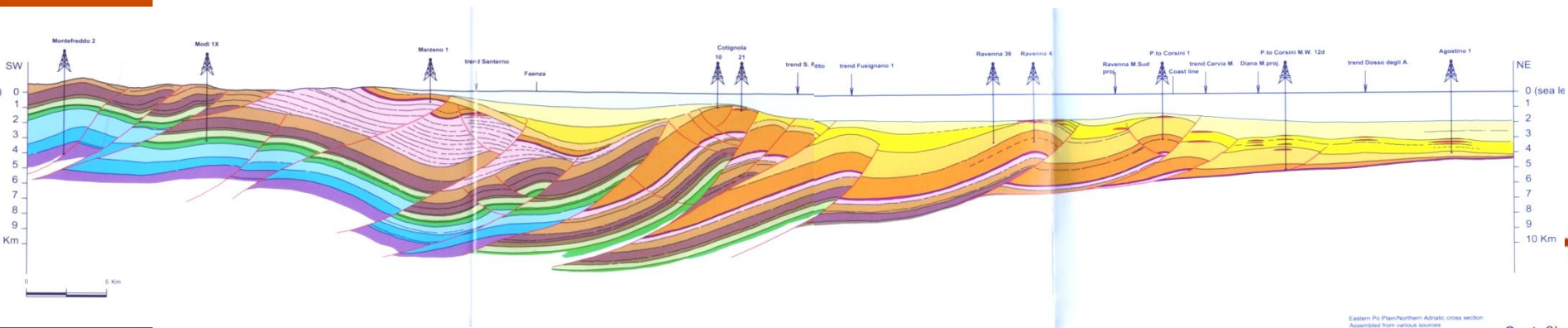
Possiamo affermare con buona certezza che lo stoccaggio geologico della CO₂ è in base a:

- Alle ricerche effettuate su numerosi giacimenti naturali di CO₂
- ➔ Know How acquisito dalle compagnie petrolifere:
 - ➔ Utilizzo della CO₂ nei processi di EOR (Enhanced Oil Recovery)
 - ➔ Stoccaggio stagionale di gas (CH₄)
- ➔ 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 CO₂: 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»



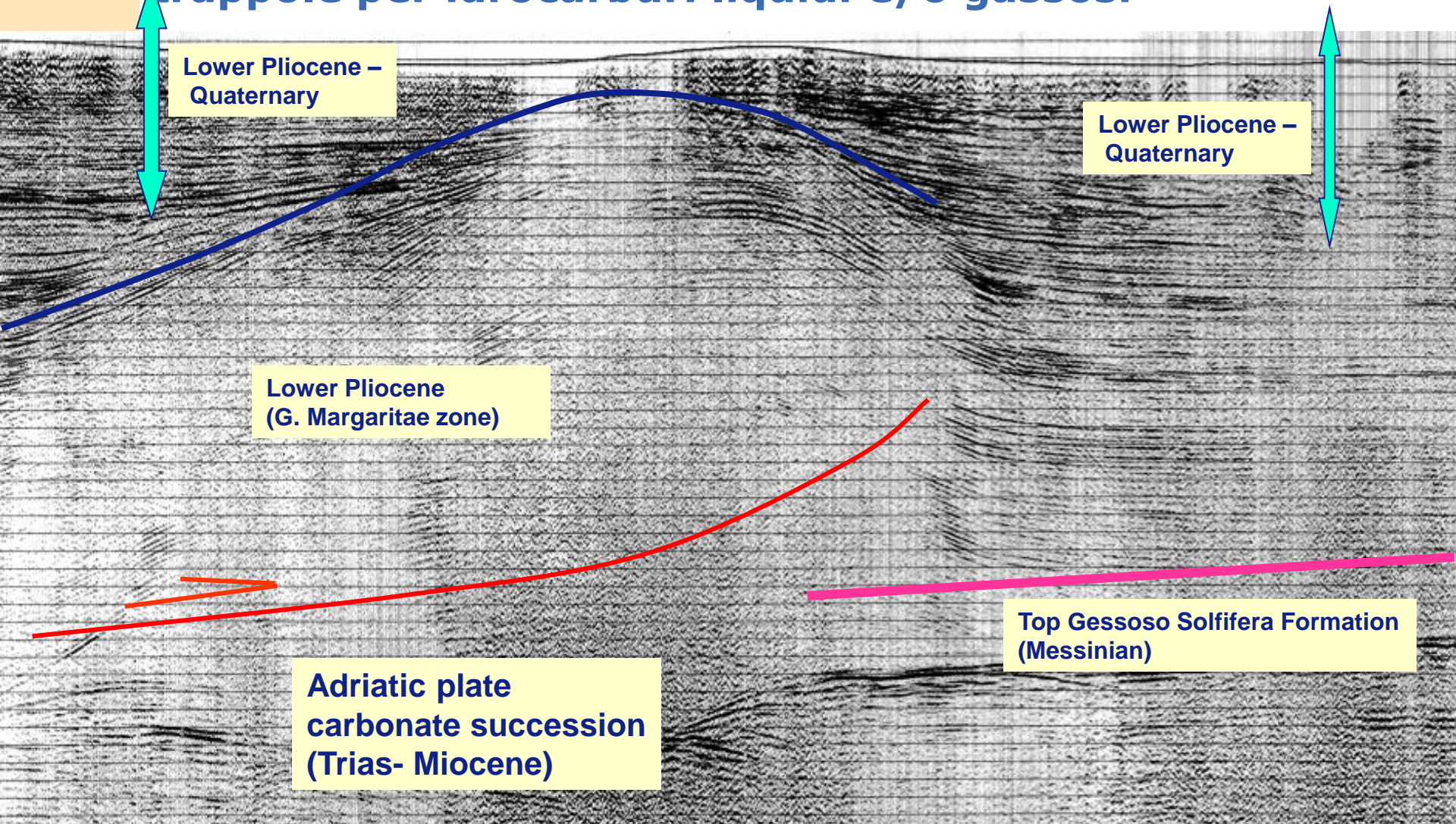
Anticlinale del Cellino (Pliocene inferiore)

SW

NE



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



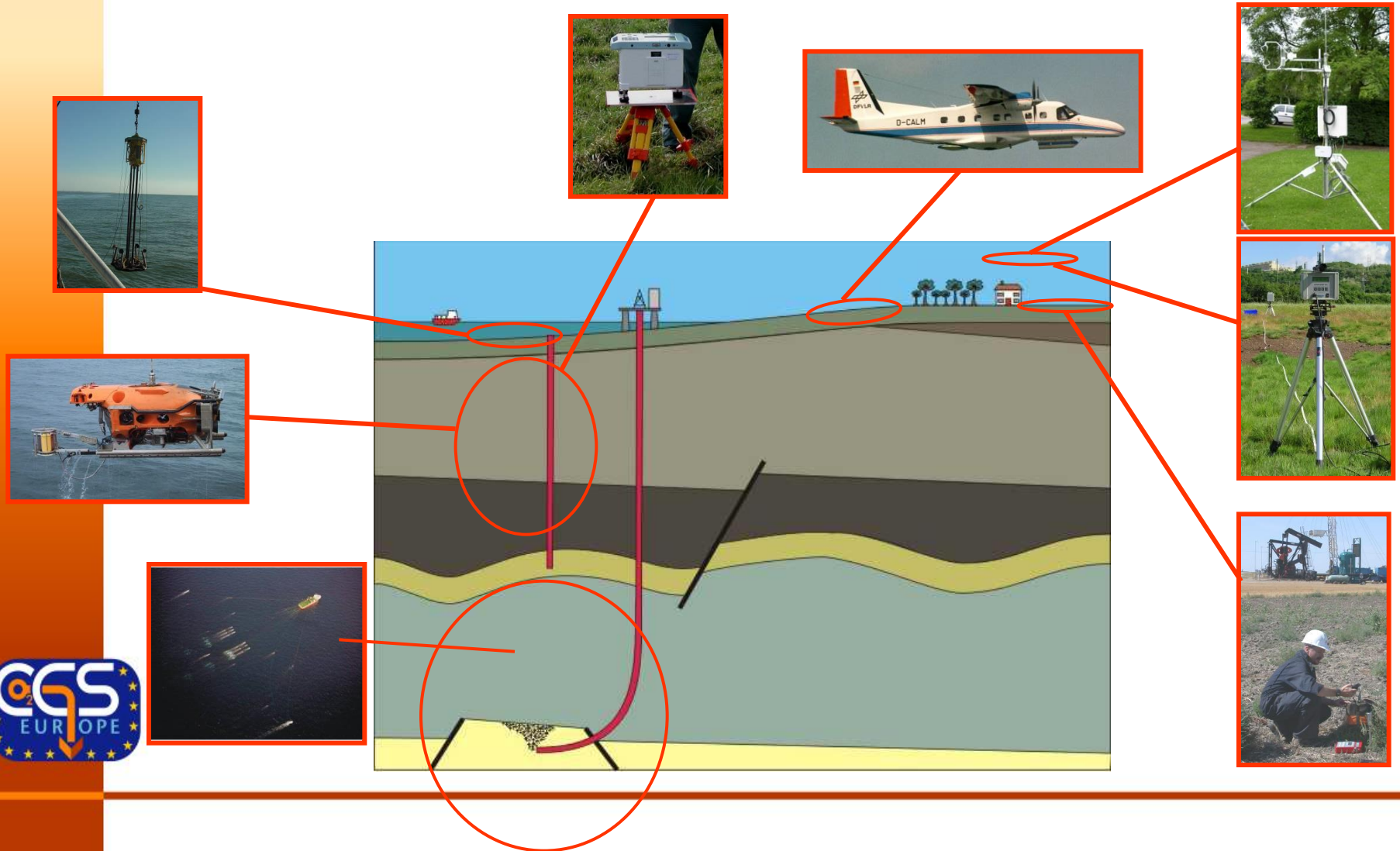
La CO₂ stoccata nei serbatoi può migrare verso la superficie?

- ➔ No, se la scelta del sito è corretta. La selezione dei siti è di importanza fondamentale
- ➔ Le potenziali vie di migrazione della CO₂ 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

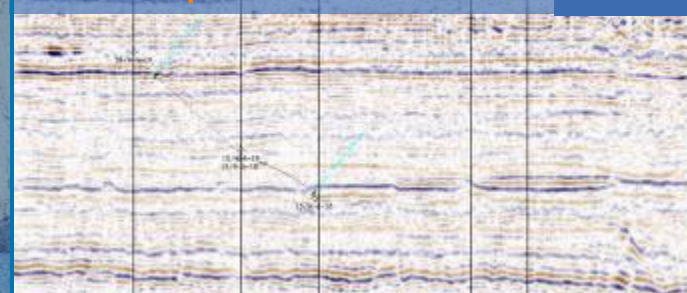
Sistemi di monitoraggio:



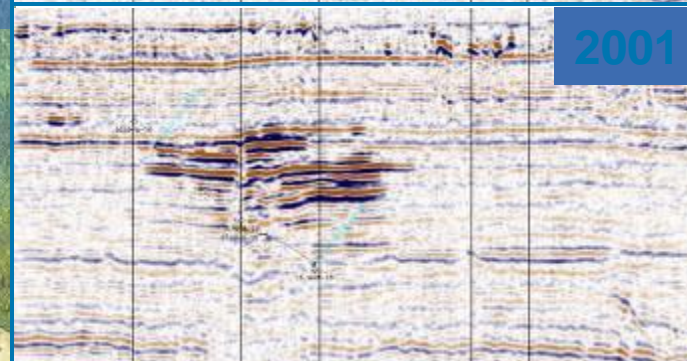
«Monitoraggio» della migrazione della CO₂ nel serbatoio Sleipner (Norvegia)



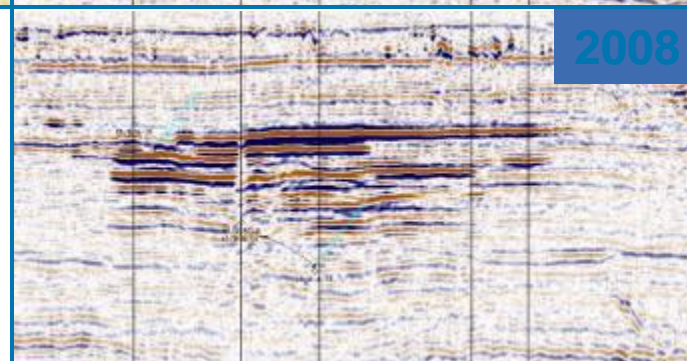
Time-lapse seismic data 1994



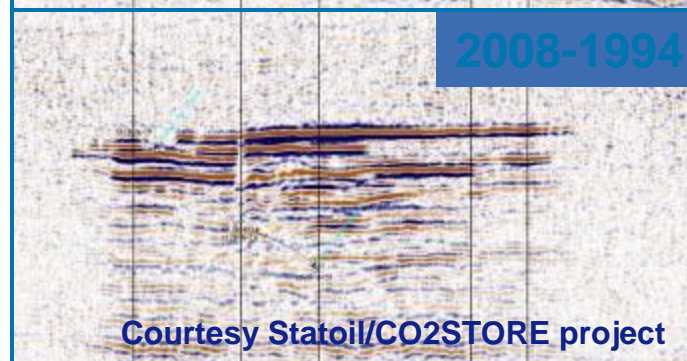
2001



2008

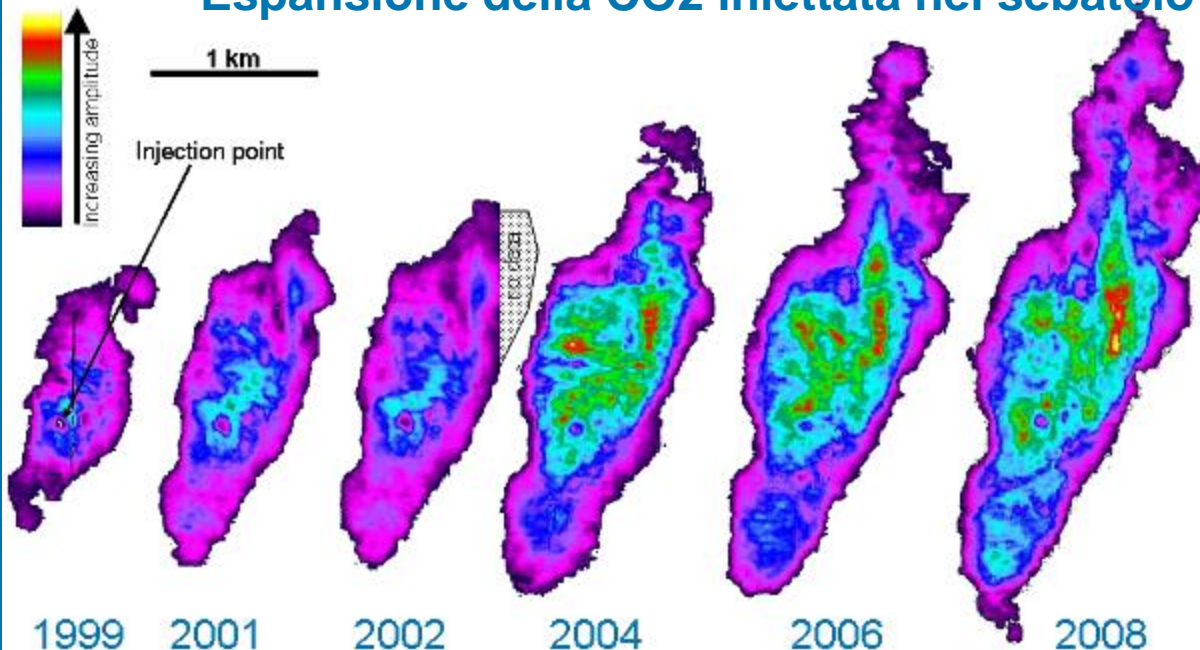


2008-1994



Courtesy Statoil/CO₂STORE project

Espansione della CO₂ iniettata nel serbatoio

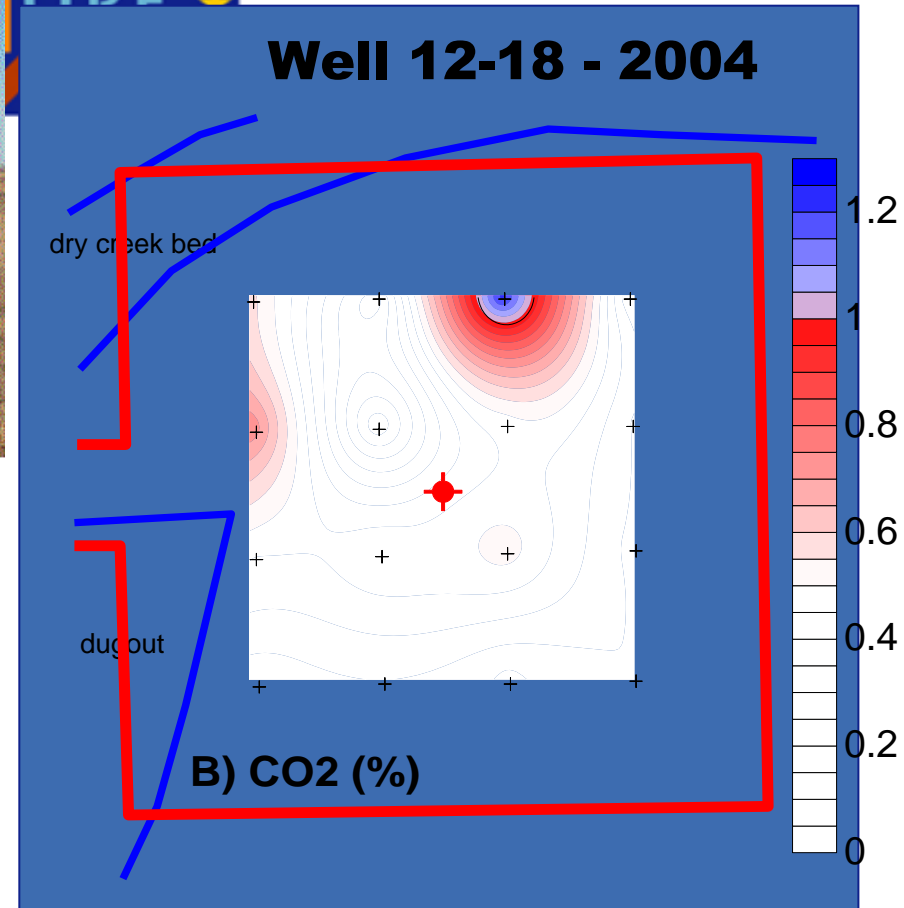


Monitoraggio di pozzi (Weyburn, Canada)

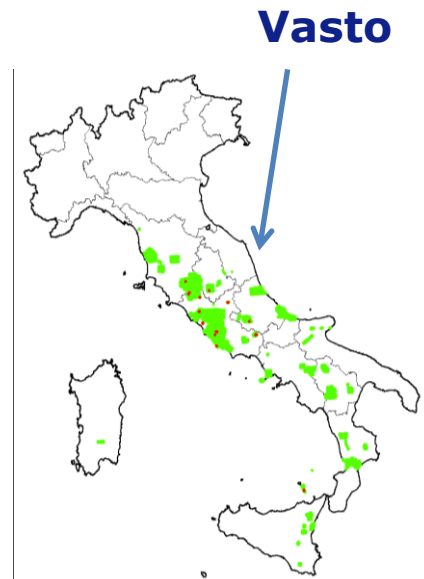
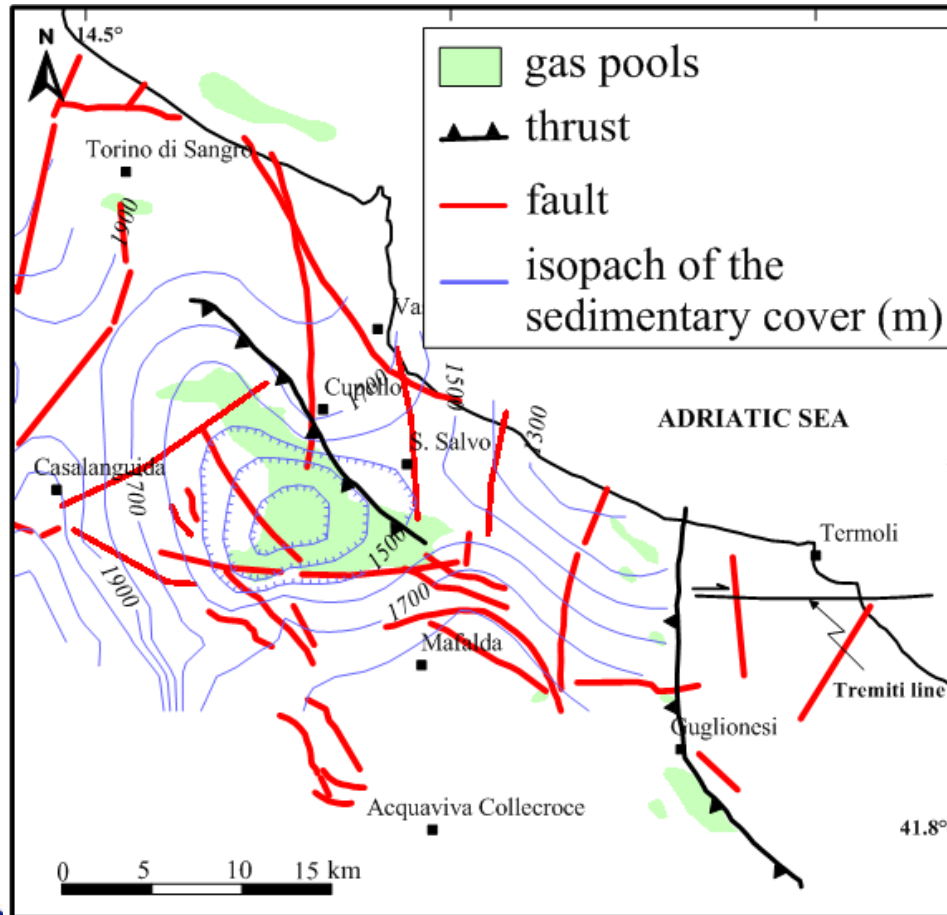


Monitoraggio geochimico

- In alto, prelievo di gas del suolo
- Di lato, mappa di distribuzione della CO₂ intorno ai pozzi di Weyburn

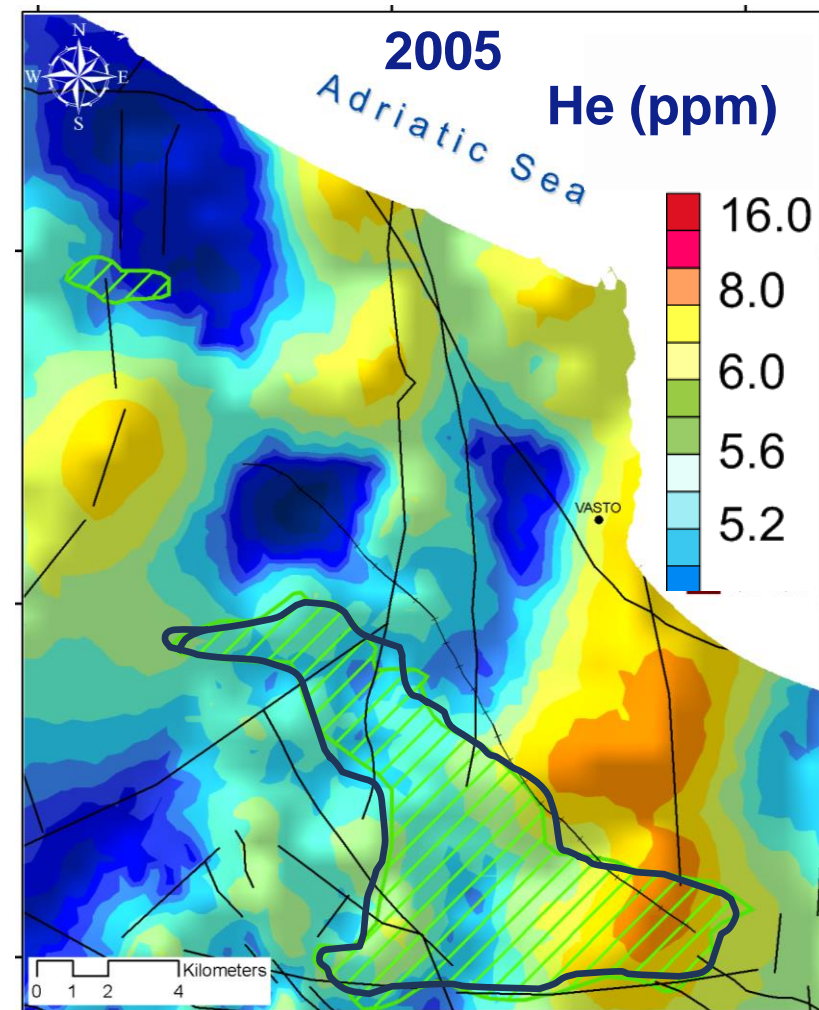
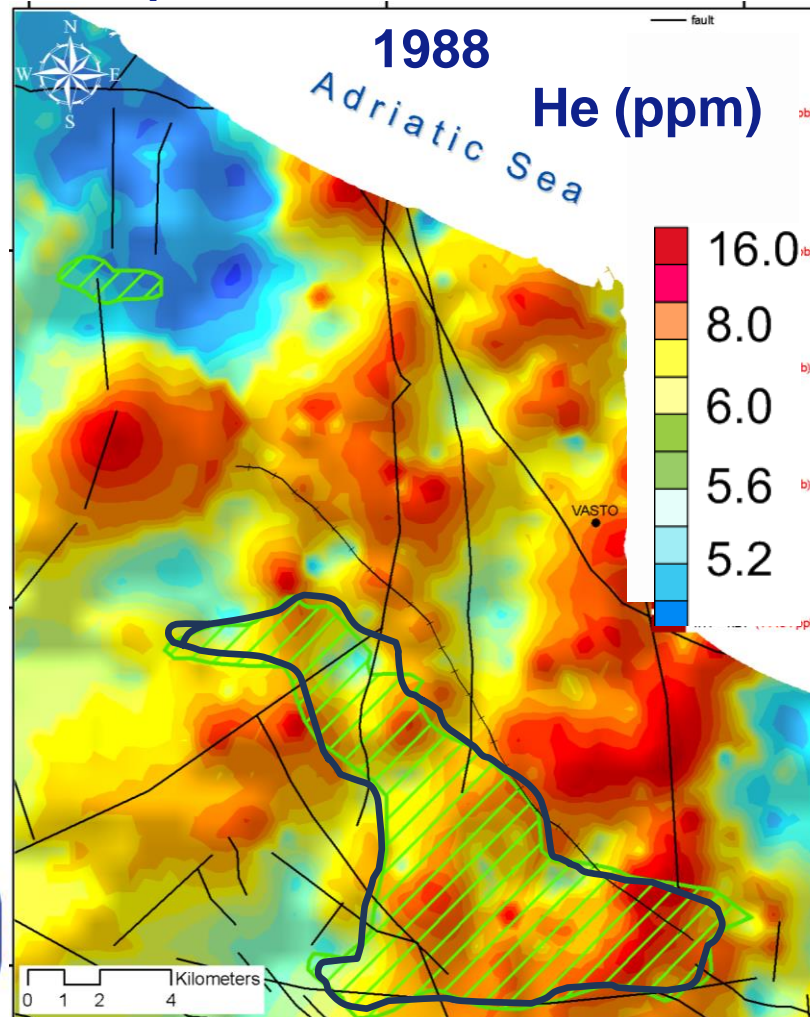


Giacimento a gas San Salvo - Cupello

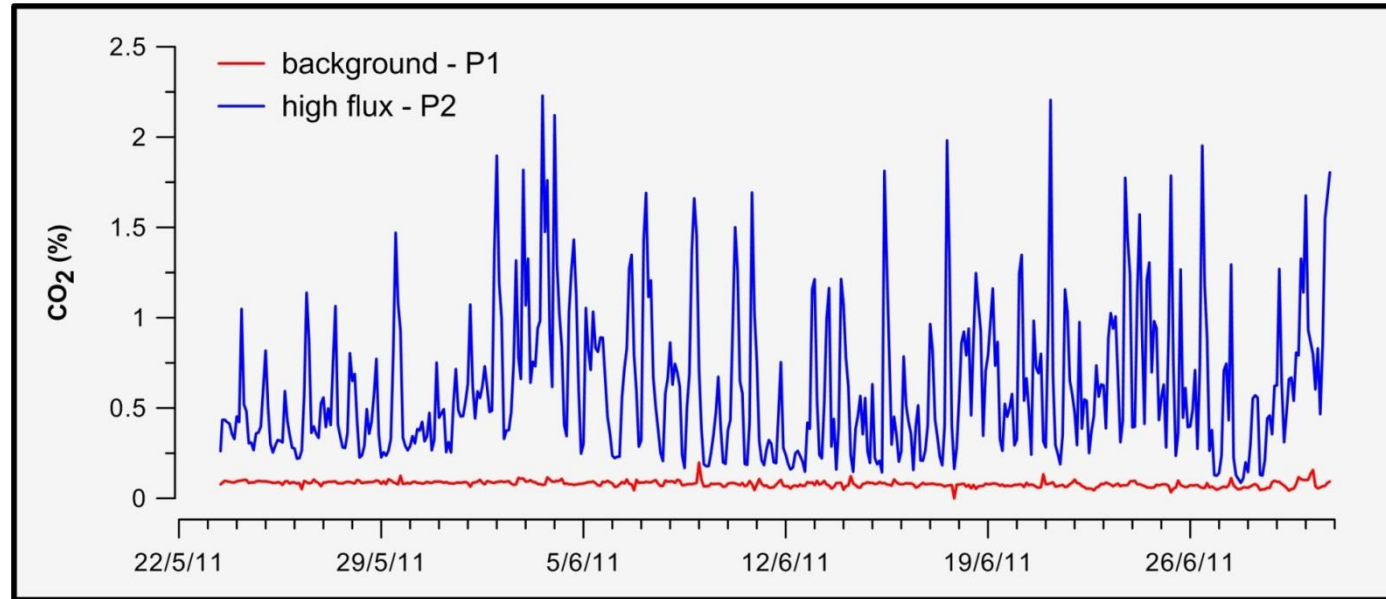
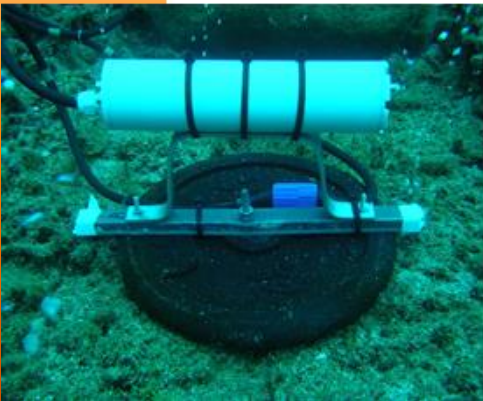


Giacimento a gas San Salvo - Cupello

In superficie non sono stati trovati valori anomali di CO₂ e/o CH₄ 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 CO₂ 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 CO₂,
 - ➔ di individuare precocemente le potenziali vie di migrazione
 - ➔ di monitorare la migrazione della CO₂ 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

+ 39 06 49914919

+ 39 347 4169409

