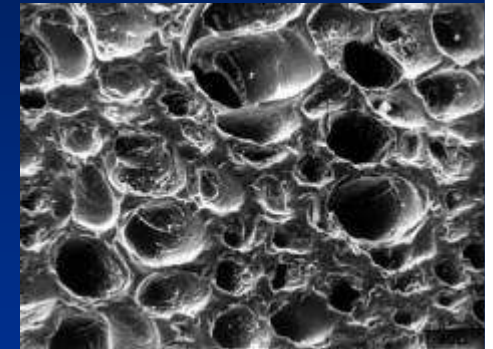


Il quadro nazionale ed internazionale sfruttamento del coal-bed methane (CBM ed ECBM con CO₂)



pozzi produzione CBM



struttura interna
del carbone dove risiede il CBM

F. Quattrocchi

(1) INGV, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Unità Funzionale “Geochemica dei Fluidi, Stoccaggio Geologico e Geotermia”, Sezione Sismologia e Tettonofisica, Roma 1

fedora.quattrocchi@ingv.it



COS'È CBM (COAL BED METHANE)

IL CBM È METANO
INTRAPPOLATO
STRATIGRAFICAMENTE
E
CHIMICO-FISICAMENTE
NEL
CARBONE E NELLA
LIGNITE

Figure: Rendering of a CBM Well

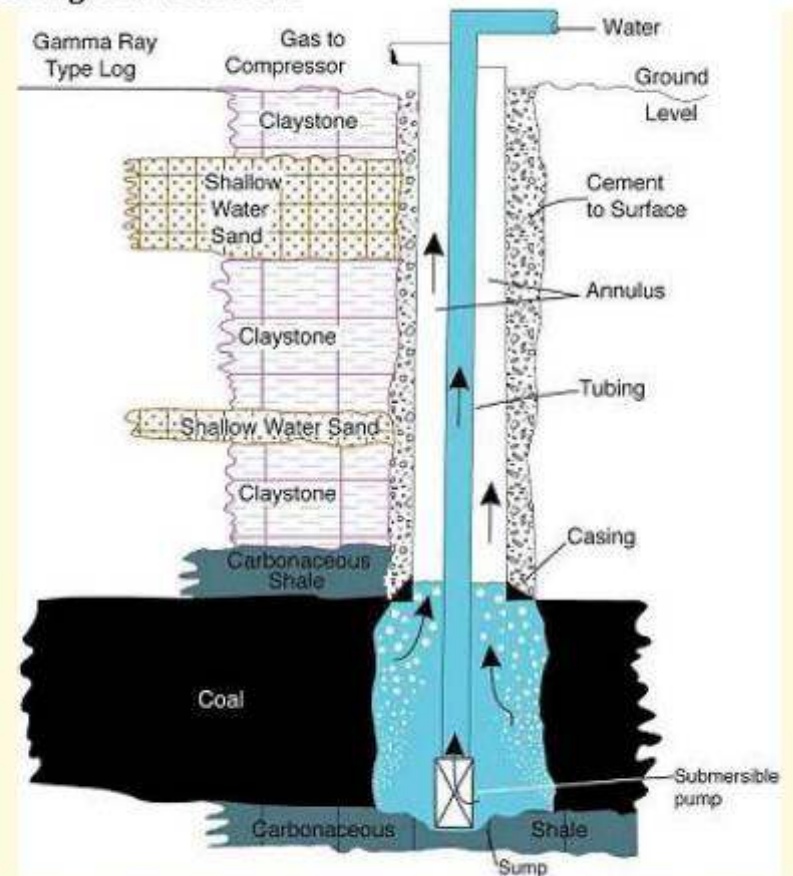
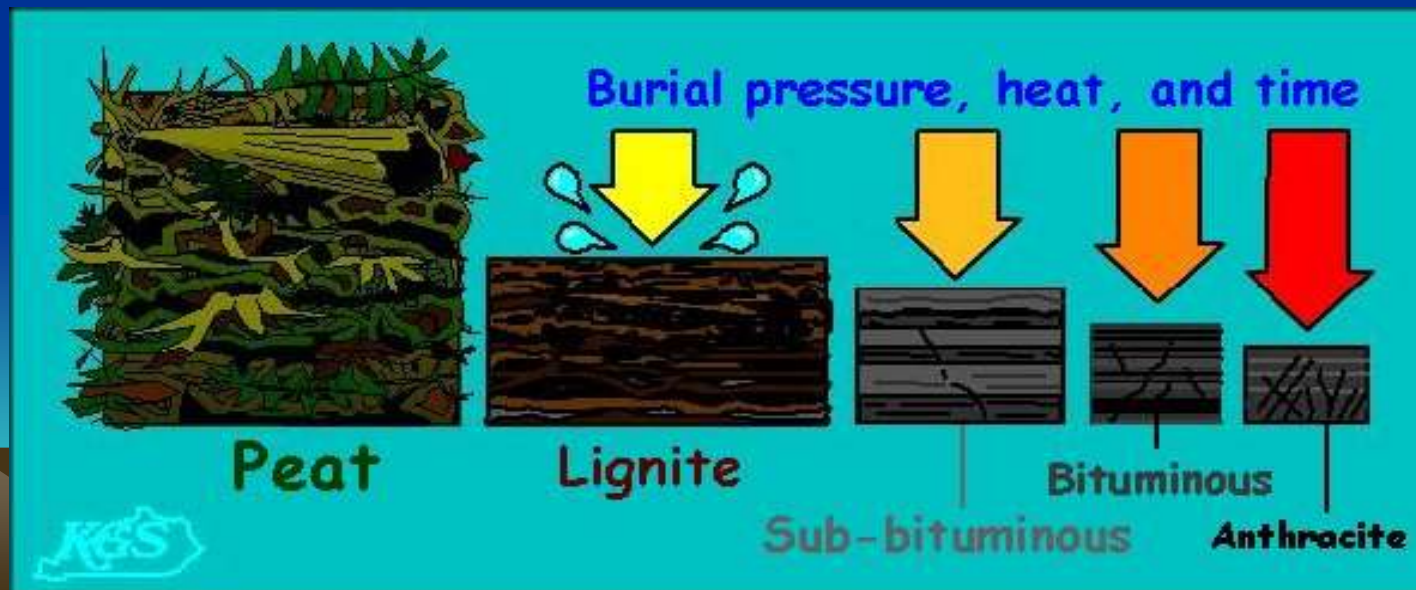
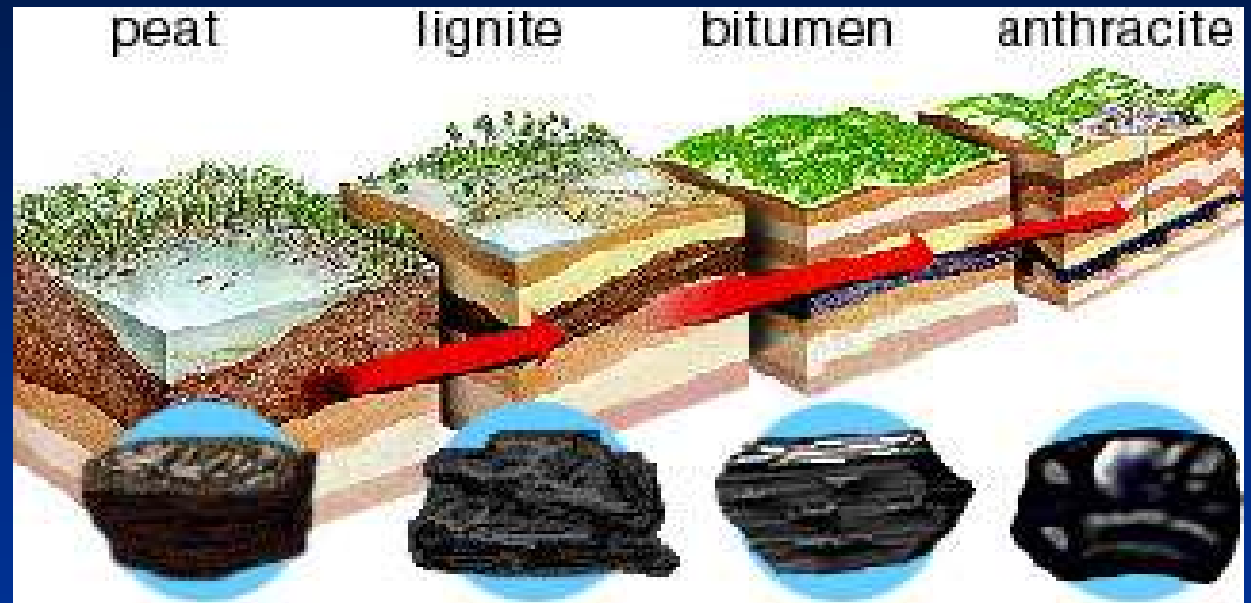


Diagram was furnished by the Wyoming State Engineers Office.

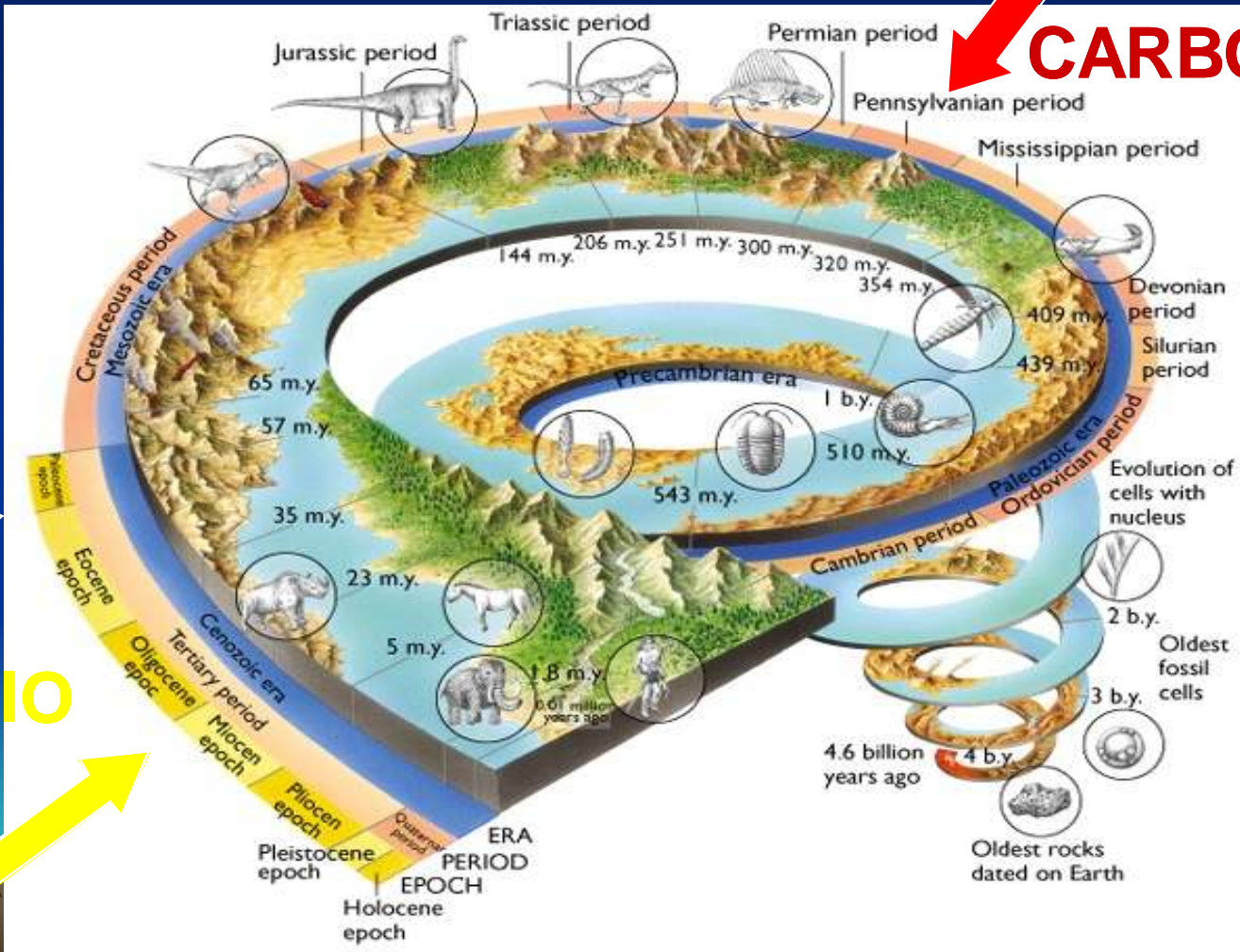
ORIGINE DEL CARBONE



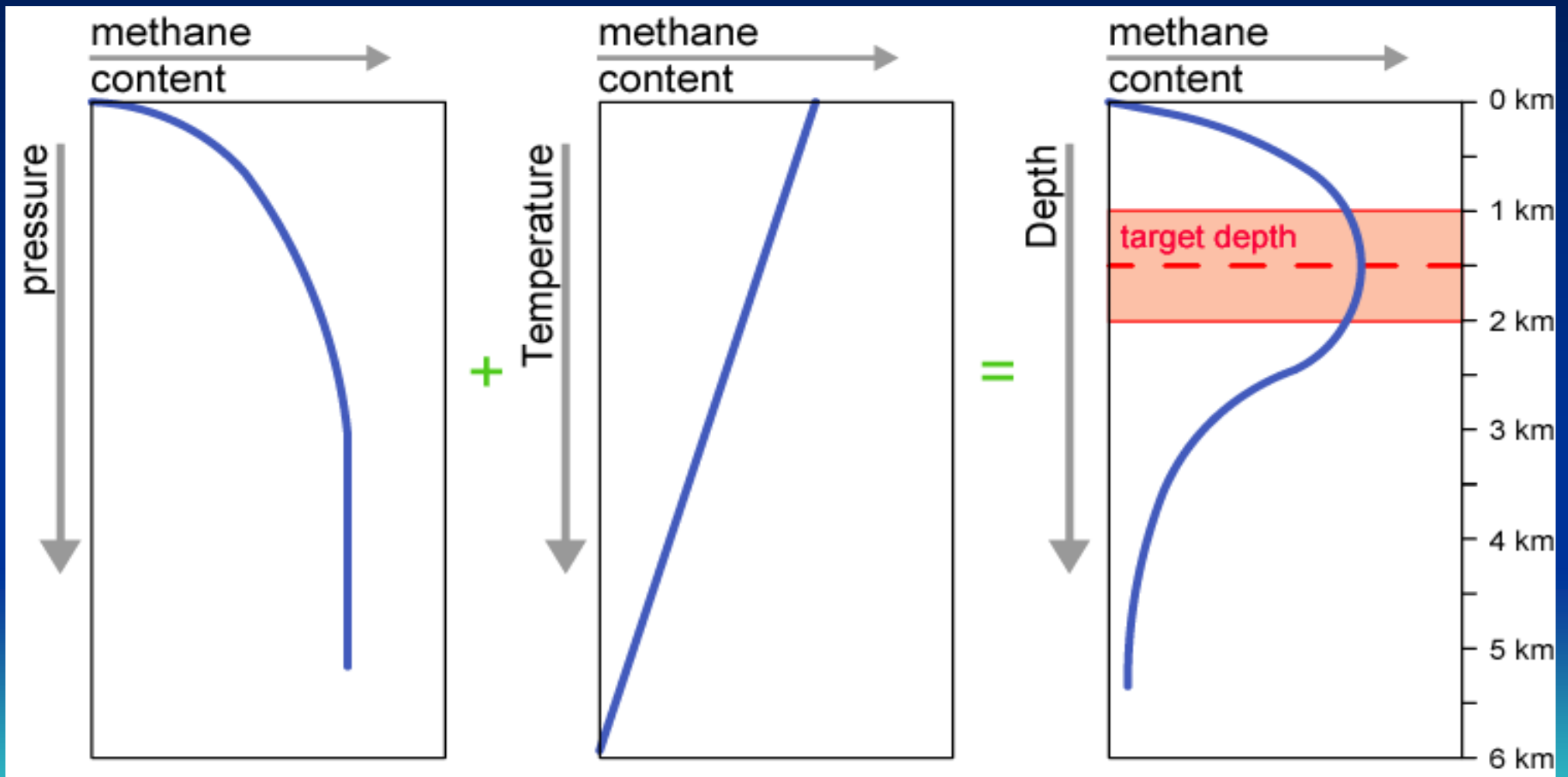
PRINCIPALI PERIODI DI FORMAZIONE DEL CARBONE

CARBONIFERO

TERZIARIO



L'HABITAT DEL CBM



QUANTIFICAZIONE DEL CBM

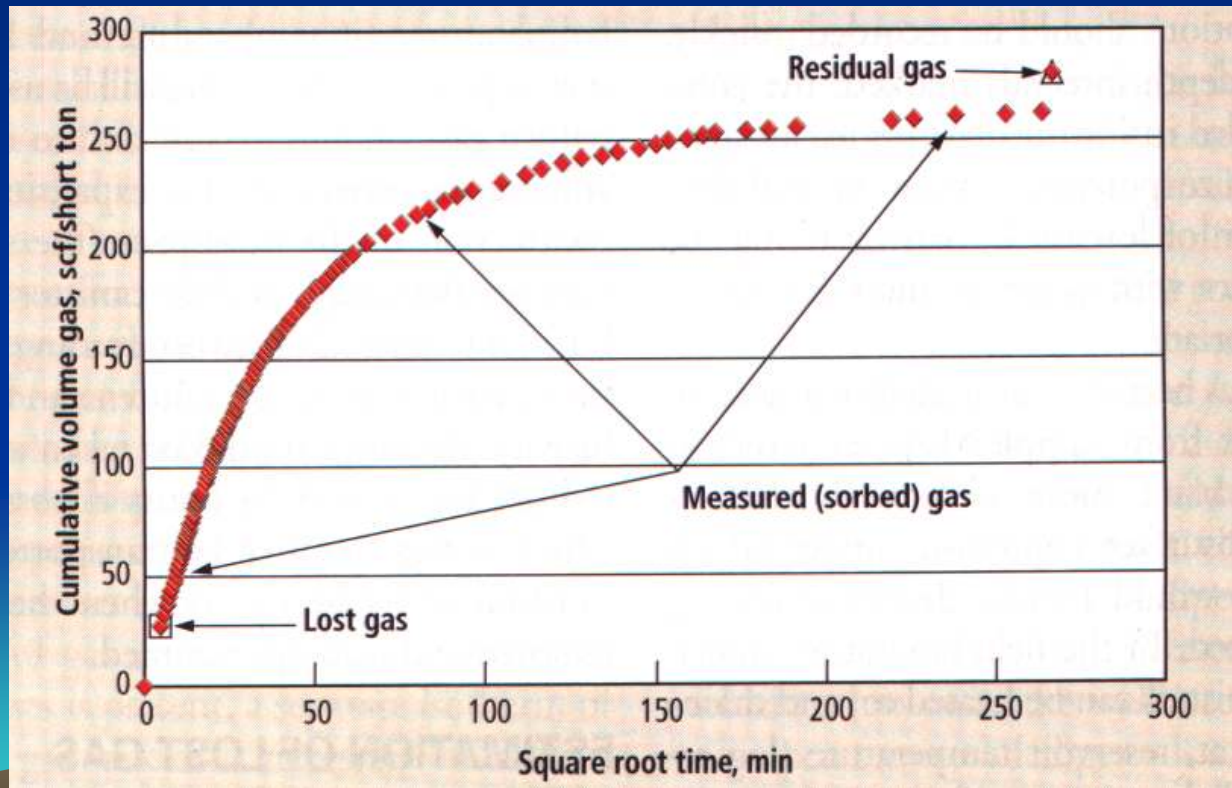
$$\text{CBM in situ} = A \times h \times \rho \times G_c$$

A = area produttiva

h = spessore netto del carbone (solo banchi >3 m)

ρ = densità del carbone

G_c = contenuto di metano nel carbone (per unità di peso)



Tipica curva di degassamento del carbone

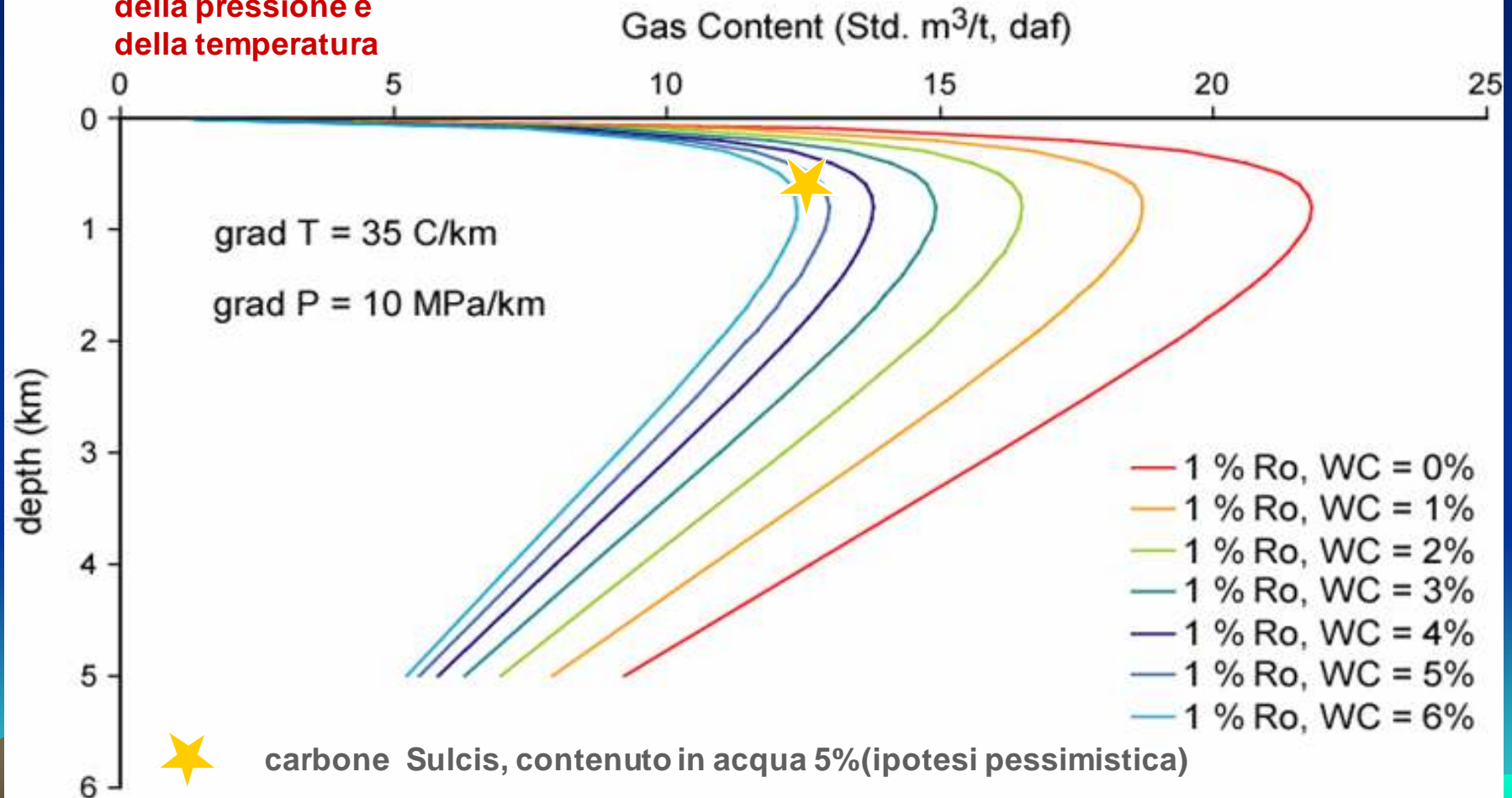


Apparato classico per la misura del CBM producibile

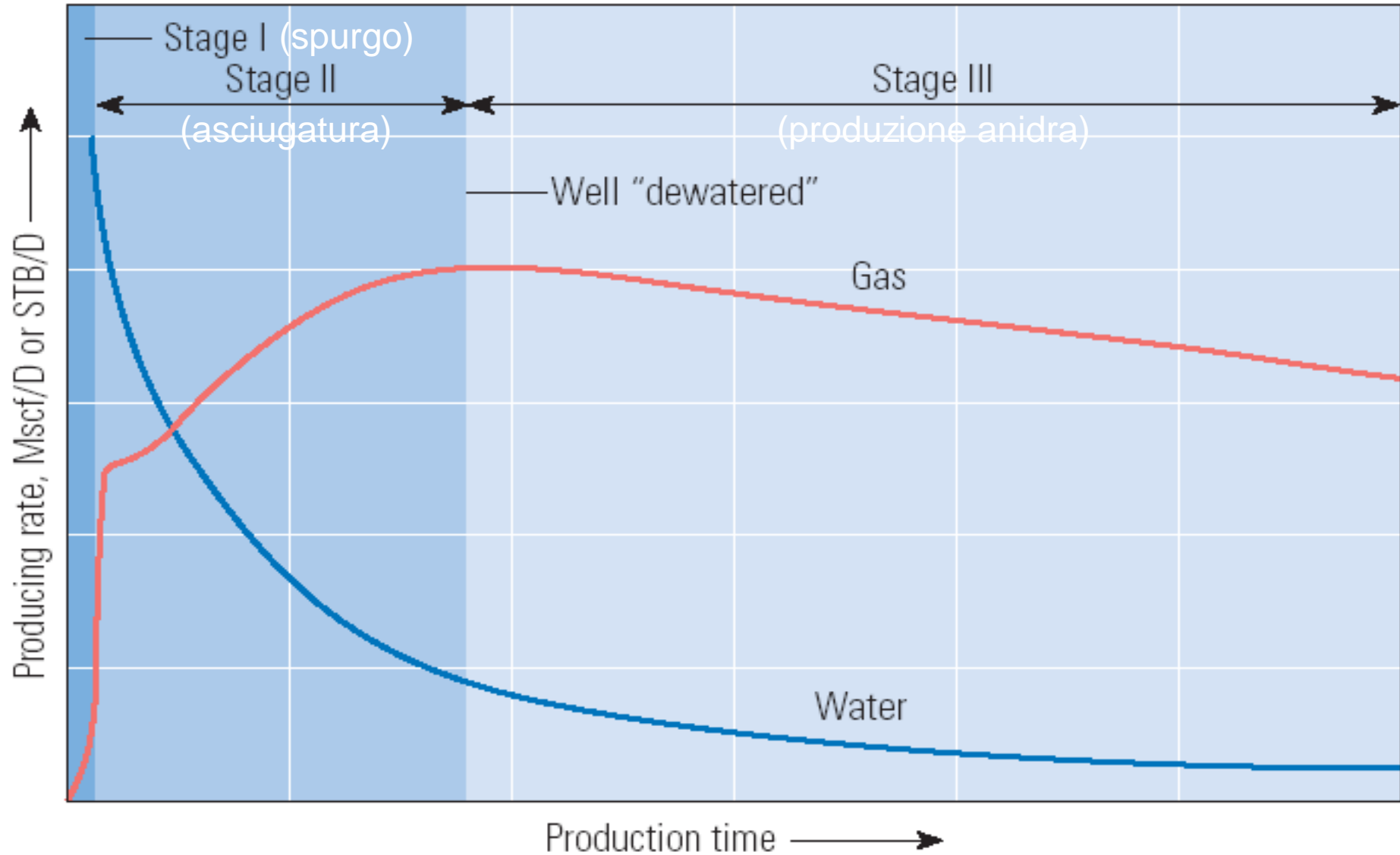
QUANTIFICAZIONE DEL CBM

Adsorption capacity as a function of p , T , R_0 and WC

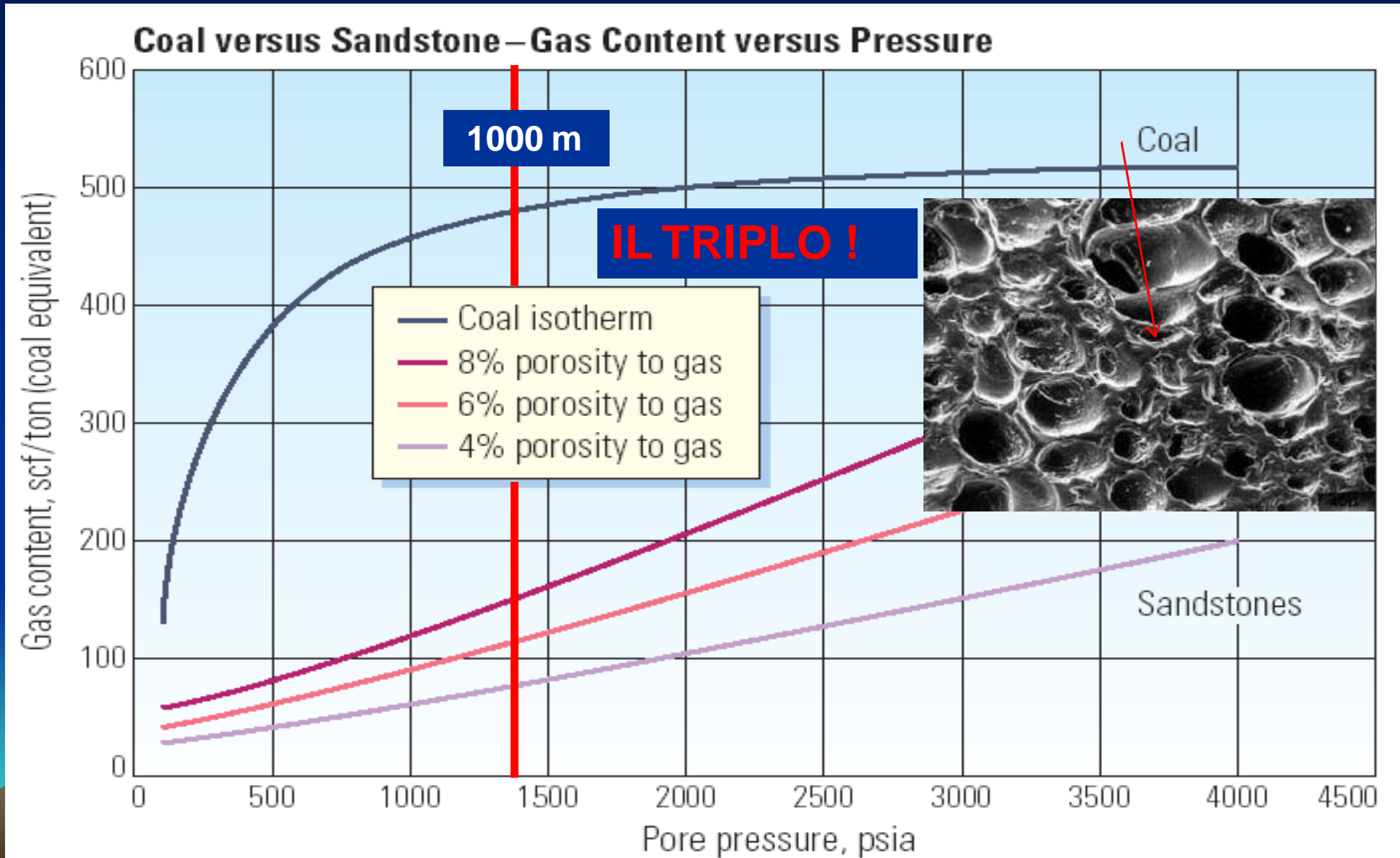
Effetto del contenuto in acqua,
della pressione e
della temperatura



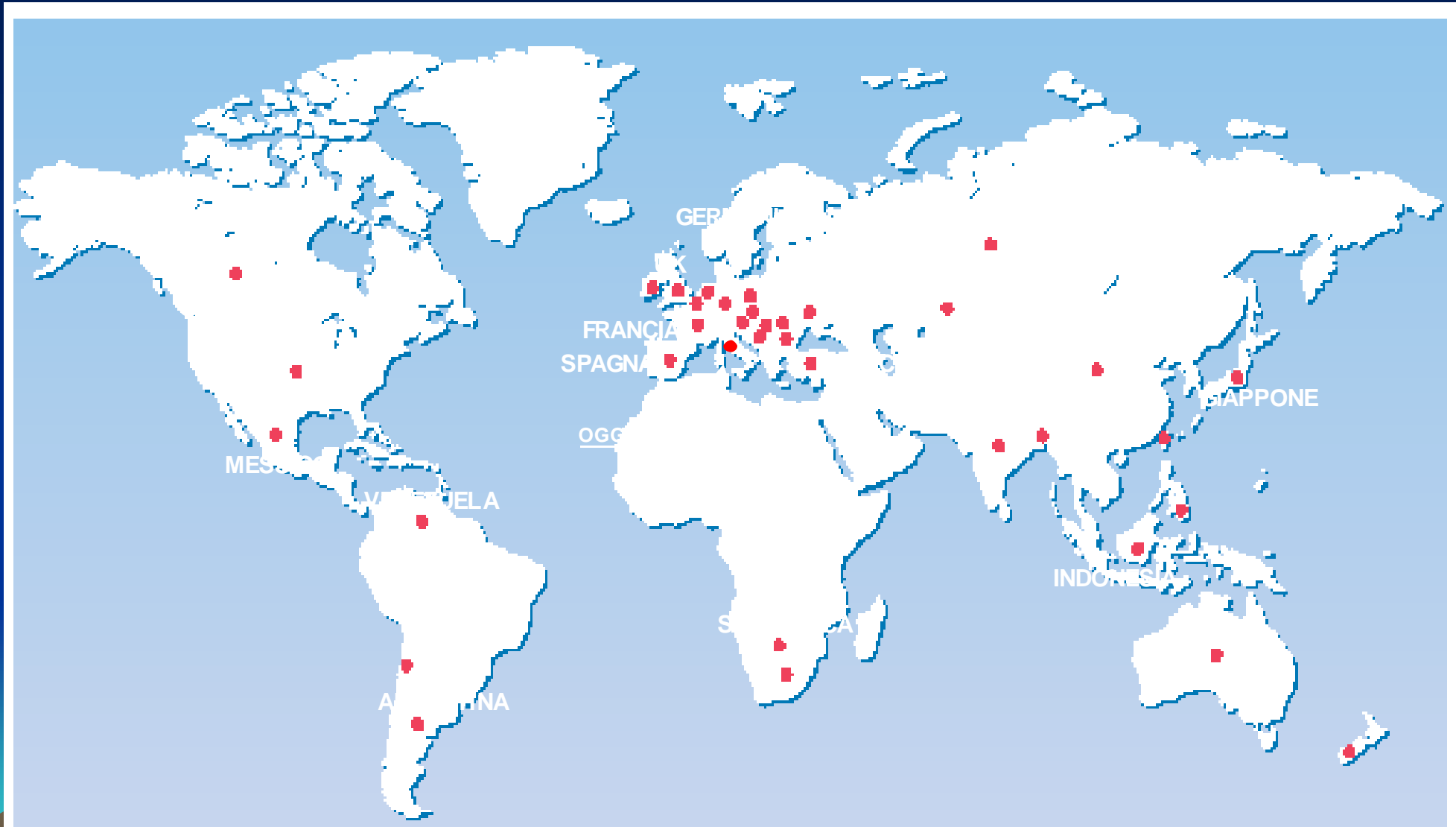
COME SI ESTRAE IL CBM



CBM E GAS CONVENZIONALE

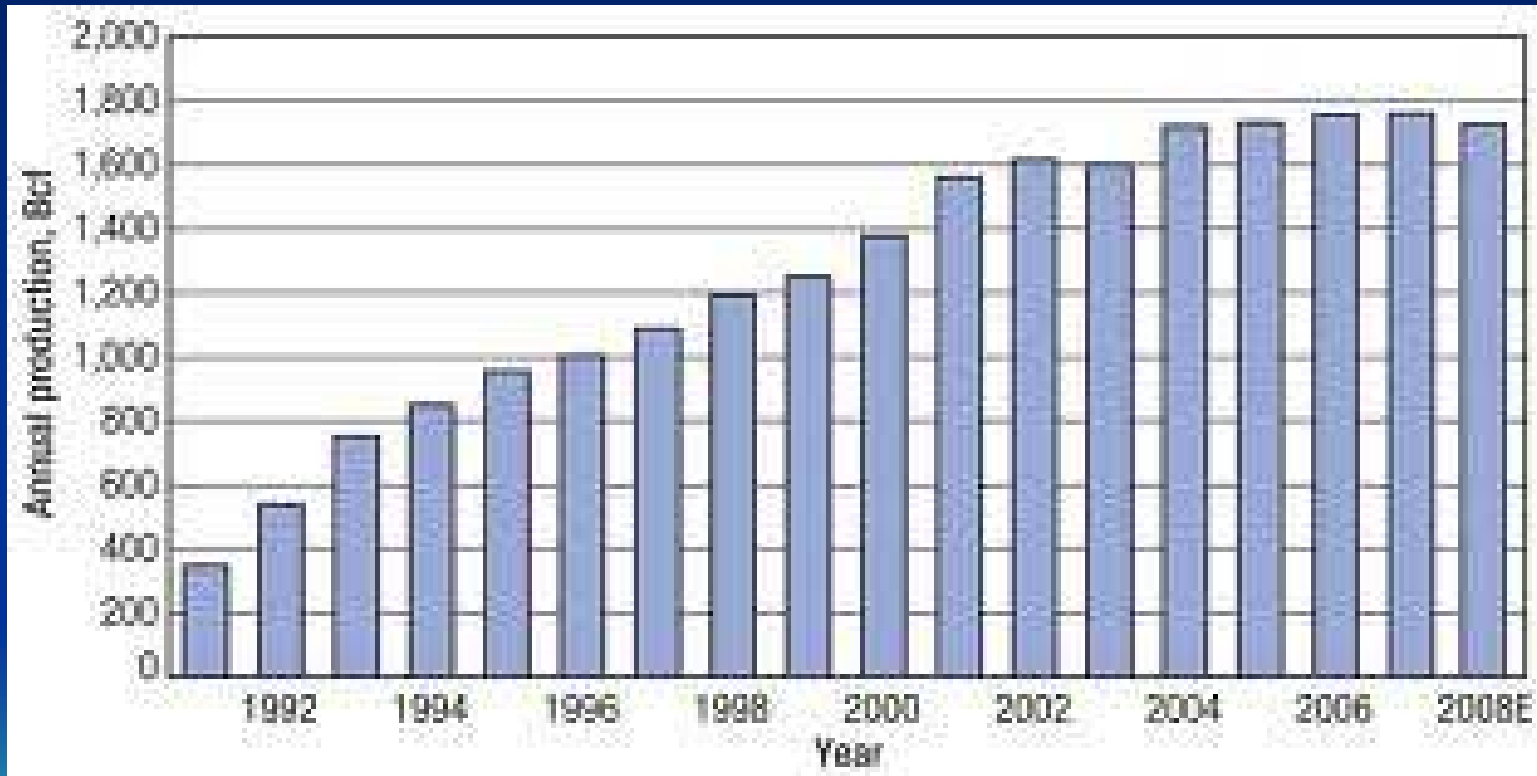


DOVE SI PUÒ ESTRARRE IL CBM



▲ Worldwide coalbed methane activity. By 2001, 35 (red dots) of the 69 coal-bearing countries had investigated CBM development.

INDUSTRIA DEL CBM NEGLI USA



Produzione CBM
in USA = 9% della
produzione nazionale
di metano

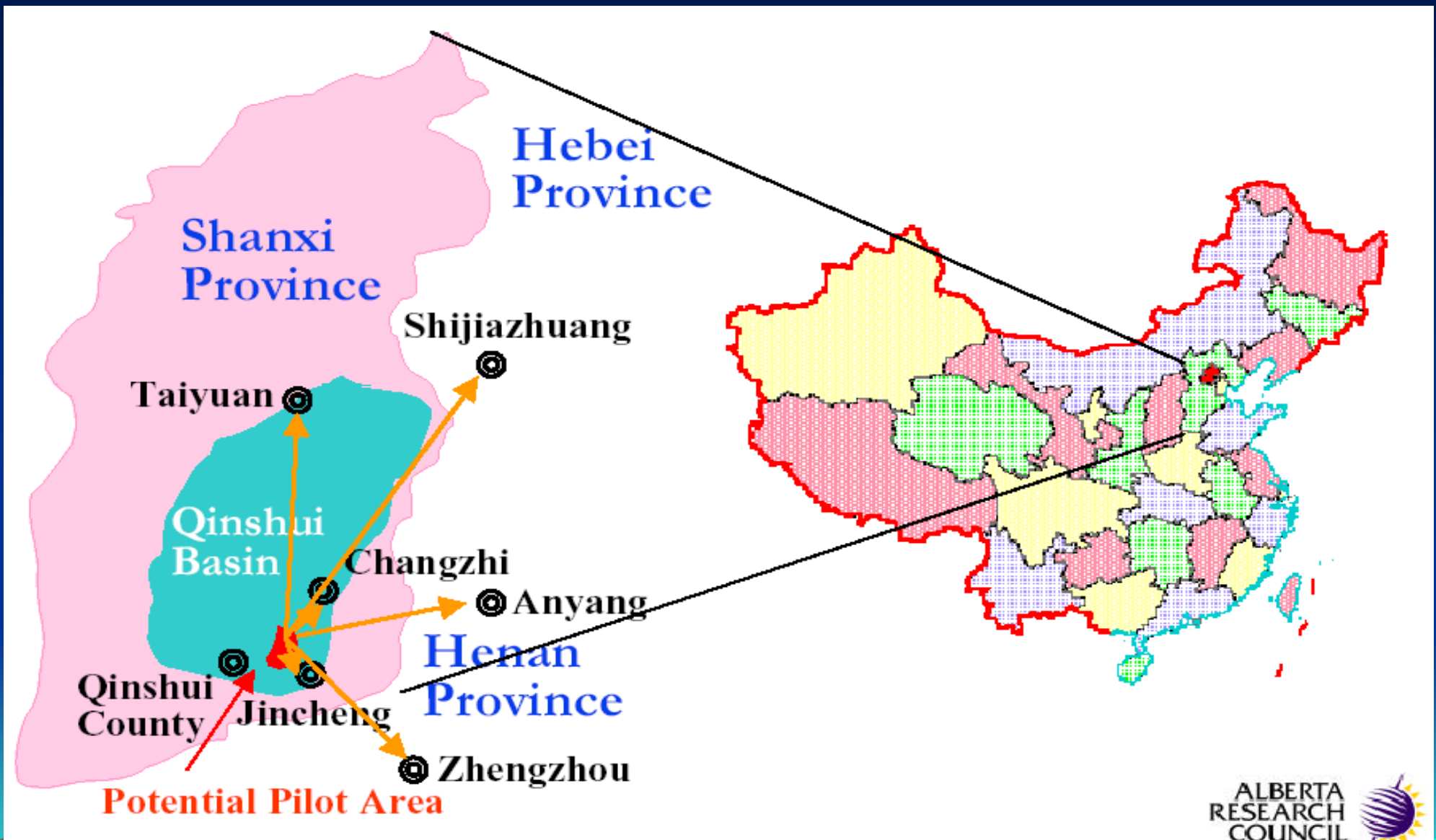
18.000 pozzi CBM
attivi in USA

4.300 pozzi CBM
perforati in USA
nel 2003

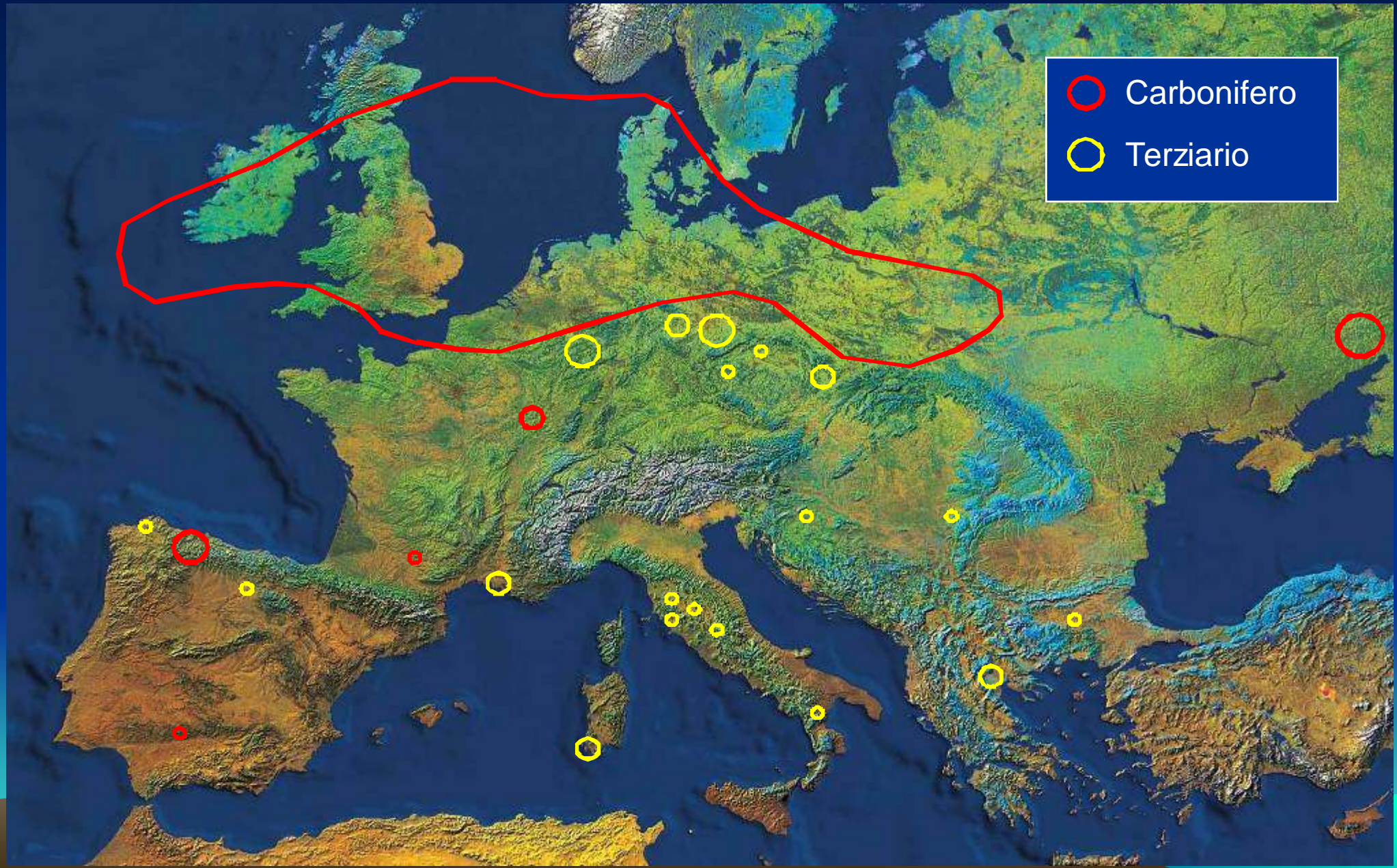
4.600 pozzi CBM
perforati in USA
nel 2004

Produzione annuale USA di CBM (Bcf)

CBM IN CHINA



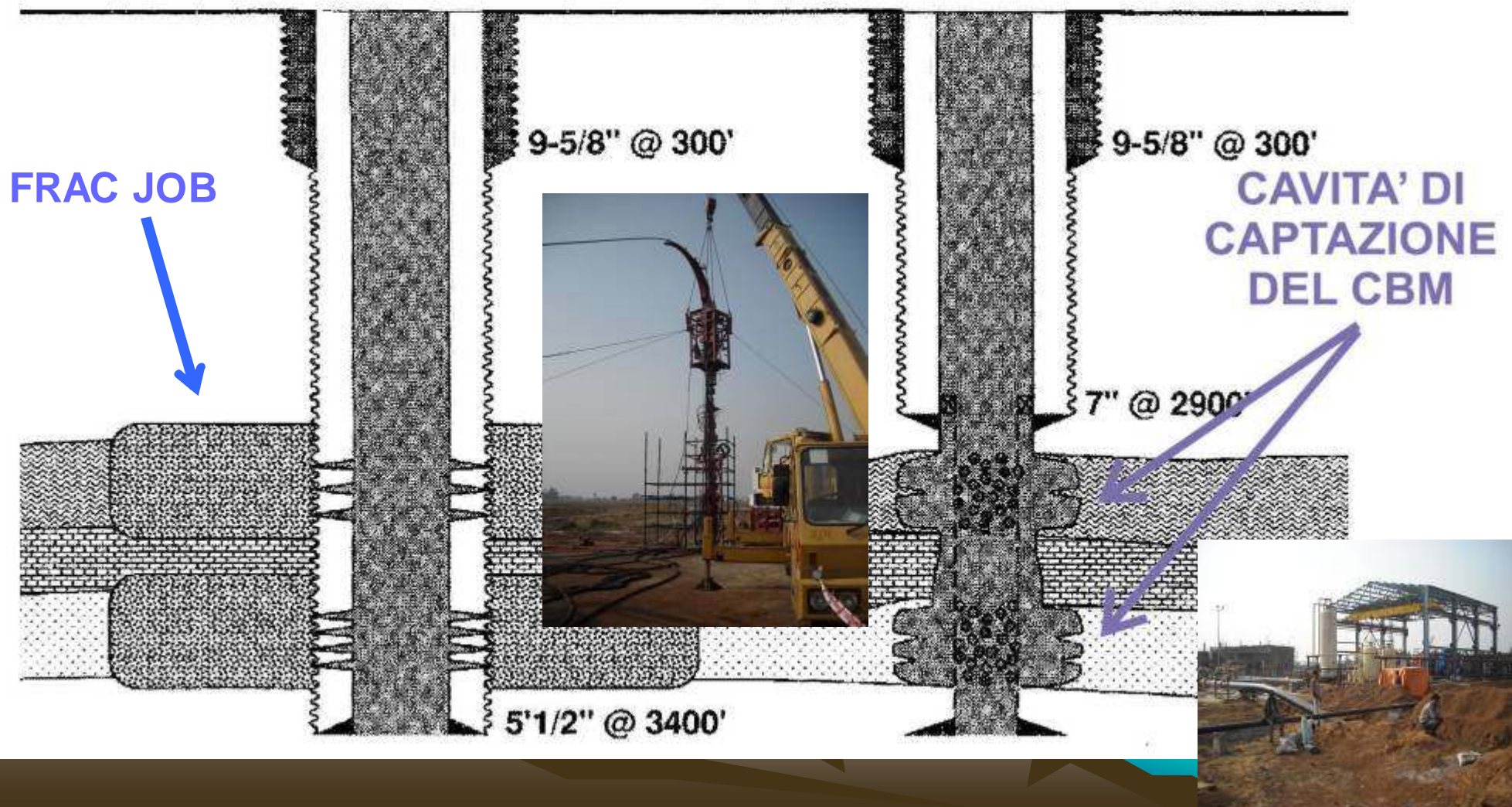
POSSIBILI SITI CBM IN EUROPA



Metodi per la produzione del CBM

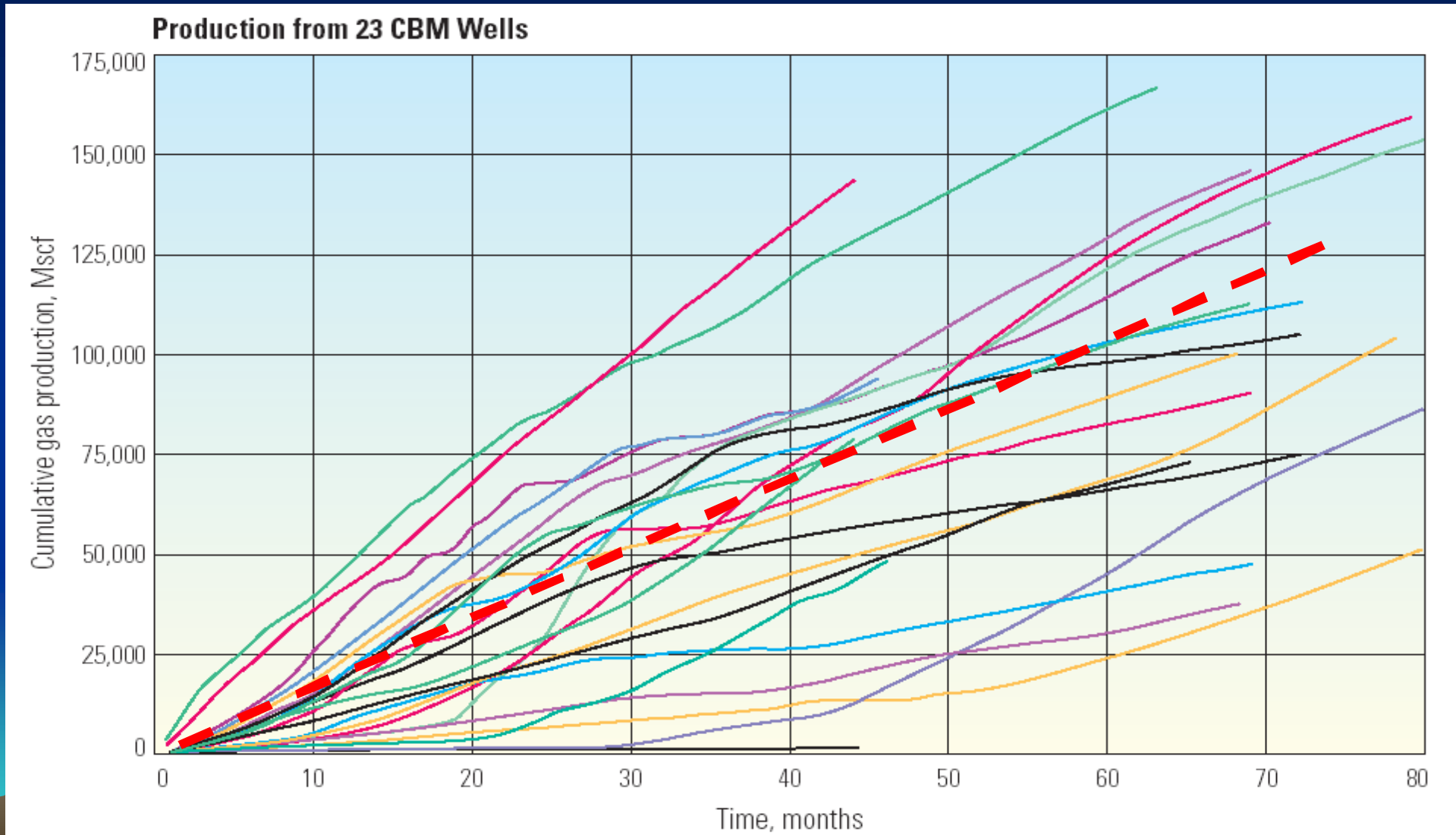
Cased Hole
w/Fracture Stimulation

Openhole Cavity
w/Optional Uncemented Liner

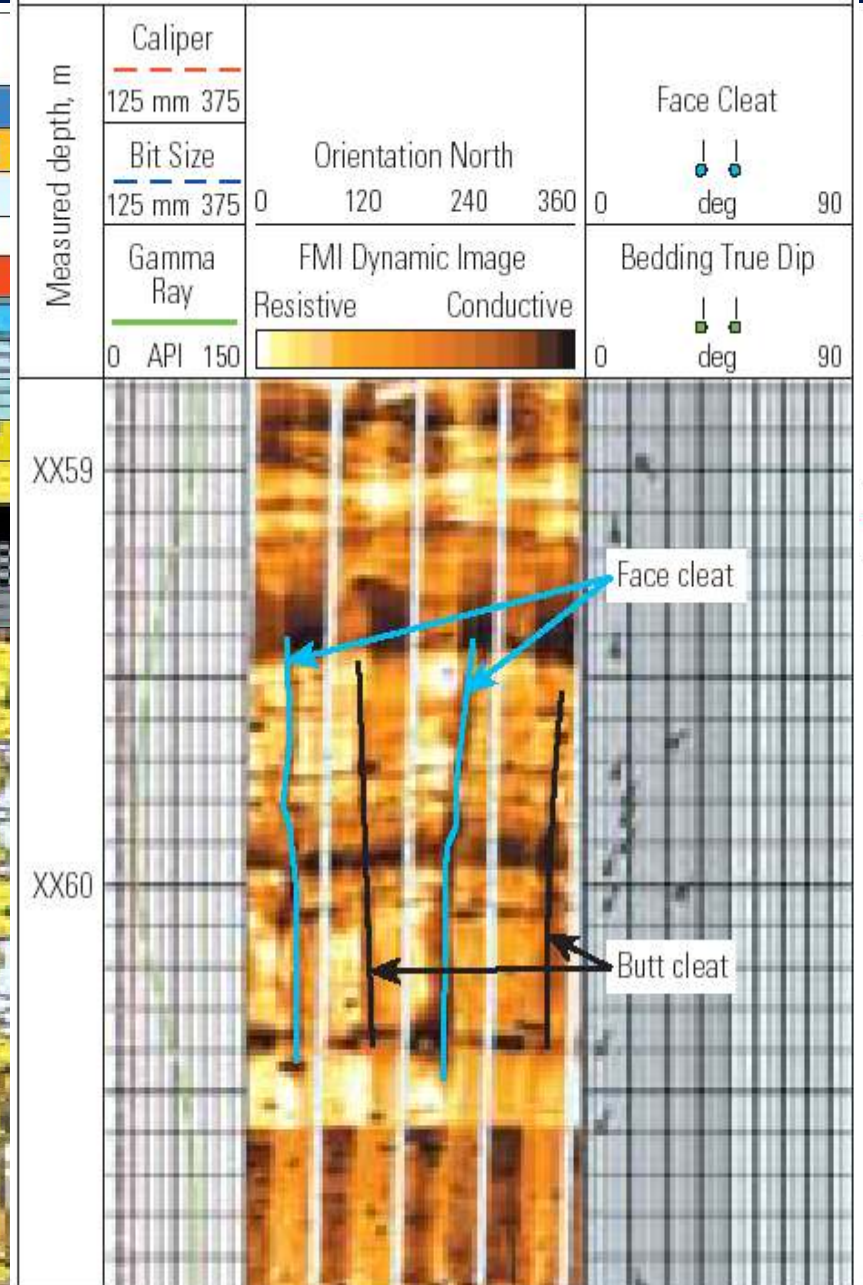
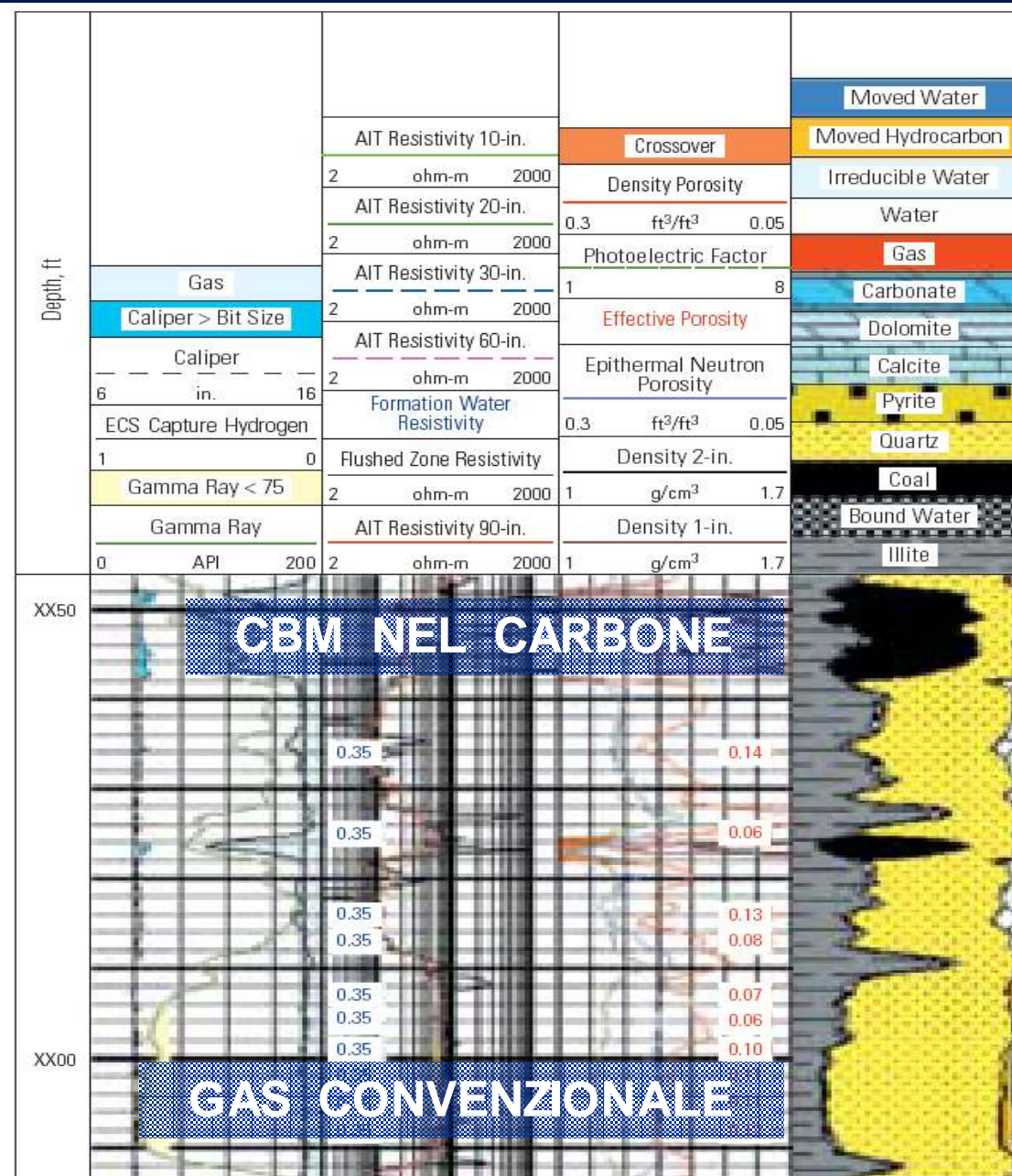


PRODUZIONE DI CBM

Produzione media = 3,7 milioni m³ in 6 ¼ anni
= 1630 m³/giorno



ANALISI SPECIALE DEI LOGS



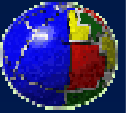
Rivoluzione CBM nello stato del Queensland in Australia



- In Australia negli ultimi 5 anni la tecnologia CBM per la produzione di metano, ha visto una crescita esponenziale con attualmente il 65% del CH_4 dello stato del Queensland prodotto con questa tecnologia;
- La produzione e gli impianti CBM sono solitamente accoppiati a produzione di energia elettrica da CH_4 -CBM e produzione di acqua da agricoltura/industria (e solo in parte potabile tramite impianti di osmosi inversa) con benefici enormi per un paese a così basse precipitazioni atmosferiche e mancanza di acqua per altri tipi di centrali elettriche;
- in vista anche dell'implemento CO_2 -ECBM con iniezione di CO_2 al momento tutti gli impianti prevedono questa aggiunta tecnologica dopo la fase di de-watering e produzione CBM.



Campi CBM della Arrow Energy



- 10 progetti Surat basin, Dalby, Moranbah Basin. Kogan North: contratti per produrre per 15 anni. Produzione 2.95 petaJ/anno. circa 100 pozzi in produzione da 6 anni, anche con soli 10 cm di spessore del carbone. I costi per singolo pozzo sono intorno ai 350.000 AU\$. Ha un proprio impianto di de-salinizzazione dell'acqua (Sali 1/6 dell'acqua di mare). Certif. riserve Malkewicz-Heuni & Associates: 240 petaJ. Acqua per piscicoltura, agricoltura, industria.



• 15635 BWPD (Barili acqua al giorno) per una produzione
• di 12574 MSCFD (Milioni di Metri cubi standard di CH4 al giorno)



Centrale elettrica da CH₄-CBM della Clarke Energy su



commissione di Arrow Energy (sistema integrato CBM)

- Si usa metano molto puro al 96-97% che proviene dai campi CBM. Al momento attuale 33 MW costruiti dalla Clarke Energy





Campi CBM della Queensland Gas Company

- Un campo da 160 pozzi in produzione, di cui alcuni già “de-waterd” (privati di acqua), altri ancora in “de-watering” ed altri con produzione CH₄ consistente tutta regolata da controllo remoto. Il pozzo è monitorato ogni 10 sec oer il Φ di acqua in bbls/day. Controllo Honeywell. Salinità acqua 2-3 mS/cm.
- Area di 12 x 14 km (750 m/well). Sub-bituminoso. Tecnica “site-completion” (locally fracture stimulation) Net-tickness: 24 metri in 350 m di pozzo. 20-45 anni/pozzo.

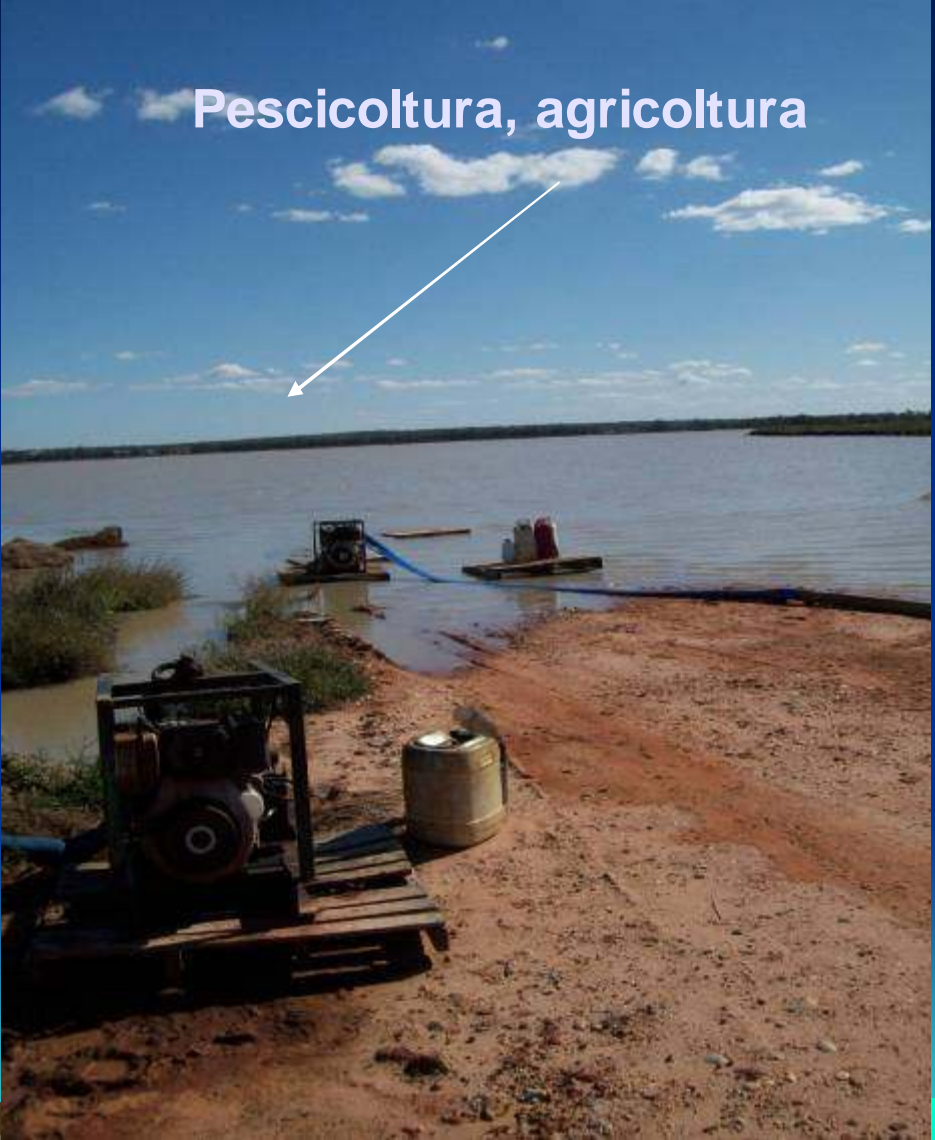


Campi CBM della Queensland Gas Company





CBM della Queensland Gas Company: uso acqua



Pescicoltura, agricoltura





CBM Queensland Gas Company: centrale elettrica

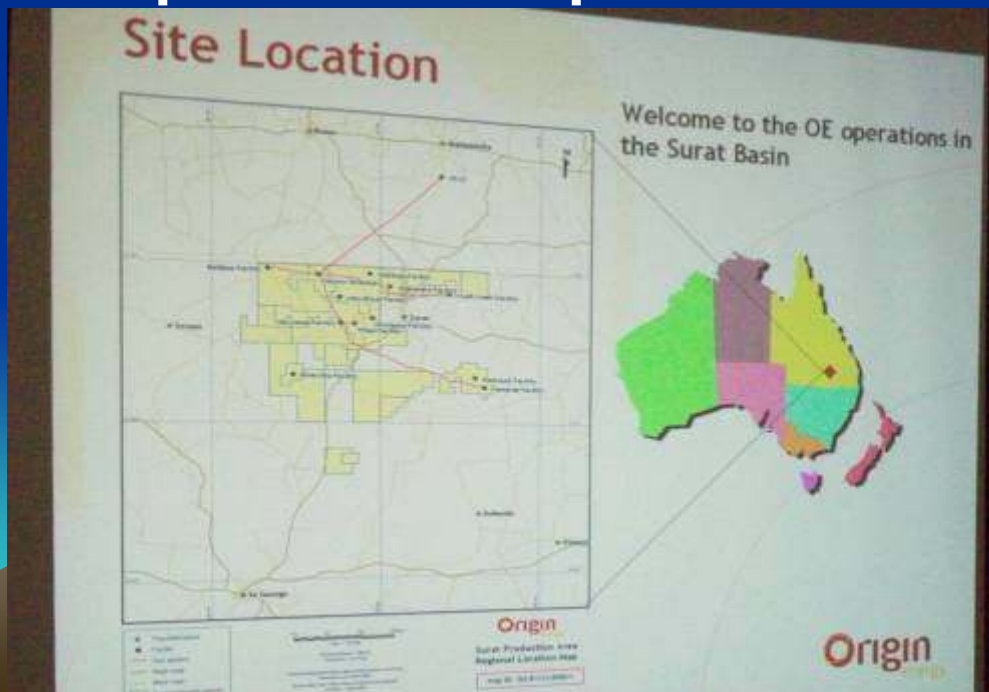


- **140 MW, 30 TJ/day da gas CBM completamente**

Campi di "Roma" CBM - Origin Energy



- 120 pozzi in produzione, verticali,
- con pompa per acqua e gas.
- De-watering può durare 3 anni o 3 giorni.
- Uso di chemicals alla piazzola per evitare precipitazione CaCO_3
- Sala controllo centrale costruita da Petrocarbon (L.P.G. e impianto di recupero del condensato).





Campi di "Roma" CBM - Origin Energy

torcia di sfogo CH_4



Separatore $\text{H}_2\text{O} - \text{CH}_4$



Impatto ambientale basso



Anti-precipitanti



Campi di "Roma" CBM - Origin Energy



Piazzola a basso impatto ambientale



Laghetto con acque CBM reflue



Osmosi Inversa 9 Milioni litri/giorno

-PALL Corporation® , Francia, BP5253

-Microfiltration Modula Micriza®

- feed strainer ARKAL SPLIN-KLIN

- Certificazione "Pentair Waters"

- 22 MI AU\$, costi manut. chimici



Sintesi della rivoluzione CBM nello stato del Queensland

- **Link industriali con i rigassificatori e LNG (Liquid Natural Gas); con industria acqua potabile e industriale, con agricoltura, con industria di produzione elettrica (18% nel solo Queensland da CBM da qui al 2020).**
- **Riserve tra probabili, provate e possibili (3P) circa 2700 PetaJ solo es. per Arrow Energy, che utilizza tecnologie particolarmente avanzate CBM tra i 300 ed i 500 m di prof.**
- **Una centrale elettrica come quella di Daandine della Clarke-Arrow Energy converte 2 PetaJ/anno in elettricità per 10.000 case. Il guadagno è stato es. Arrow Energy di 27.87 Milioni AU\$ nel solo 2007 (costo elettricità 3 AU\$/GigaJ) con permessi di 18.000 Km² (243 pozzi) Studi in corso per GTL (Gas to Liquid).**
- **Nel solo Queensland il coal seam gas (CSG=CBM) ha prodotto 80 PetaJ/anno**

Conclusioni sulla rivoluzione CBM nello stato del



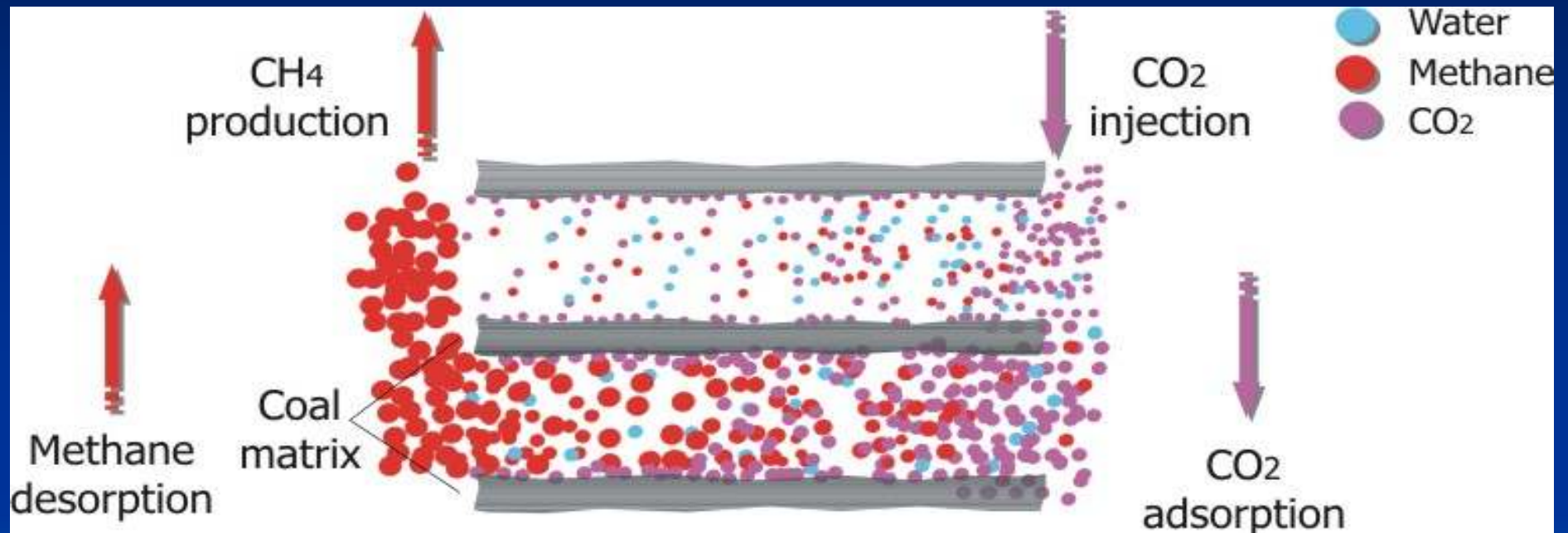
Queensland in Australia

- La Queensland Gas Company (QGC) ha registrato la massima produzione per singolo pozzo fino a 1.2 Milioni di SCFD (Standard cubic feet per day) (Berwyndale South, con 60 teraJ/giorno pari a 22 PetaJ/anno e che ora produce più CBM di qualsiasi parte dell'Australia). Oggi ha a che fare con 559 PetaJ di riserve provate e probabili nel Bacino di Surat, passando le azioni da 0.22 AU\$ a 4.67 AU\$ in 4 anni, con una produzione di gas aumentata di 17 volte fino a 191 MCFD (Millions Cubic Feet Day). Le riserve nel Surat Basin dovrebbero provvedere alla produzione del 20% del metano del Queensland. Ora QGC provvede al 15% di produzione dopo soli 16 mesi.
- La città di Miles sa sola riceve (2008) circa mezzo milione di litri di acqua potabile da acqua proveniente da bacini CBM (impianti di osmosi inversa, in paese a grande siccità).

Qualcosa può aiutare il CH_4 ad uscire ?

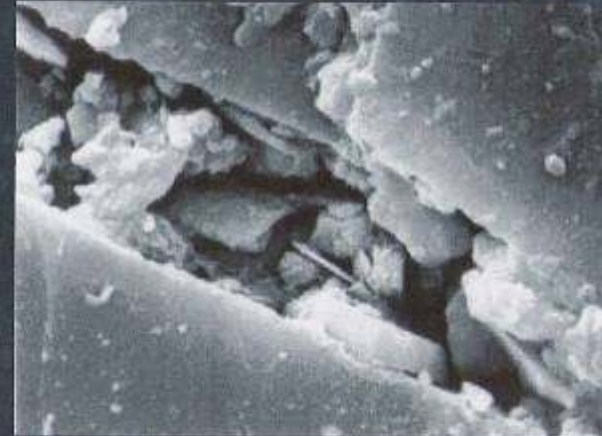
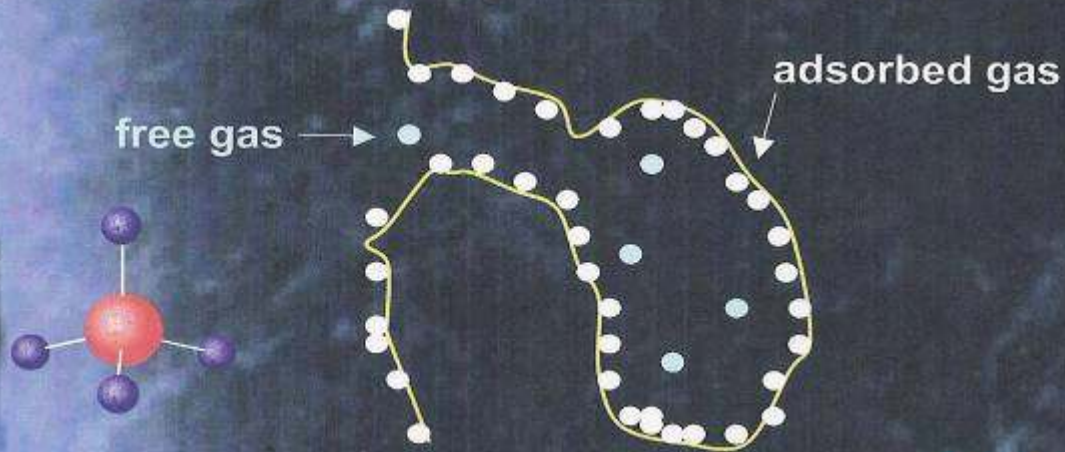


la CO₂ prende il posto del metano → ECBM

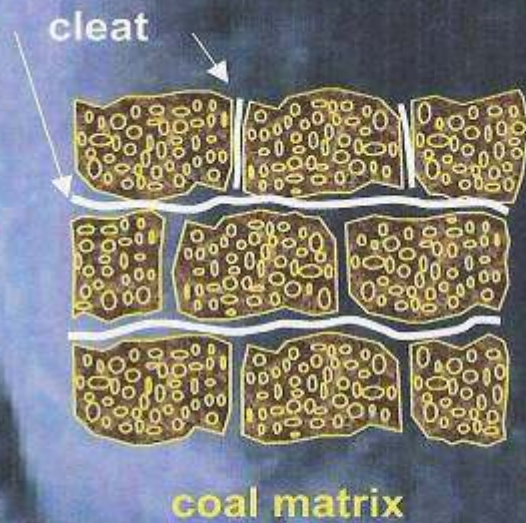


Grazie a questa tecnologia è possibile recuperare completamente una fonte energetica pregiata (metano)

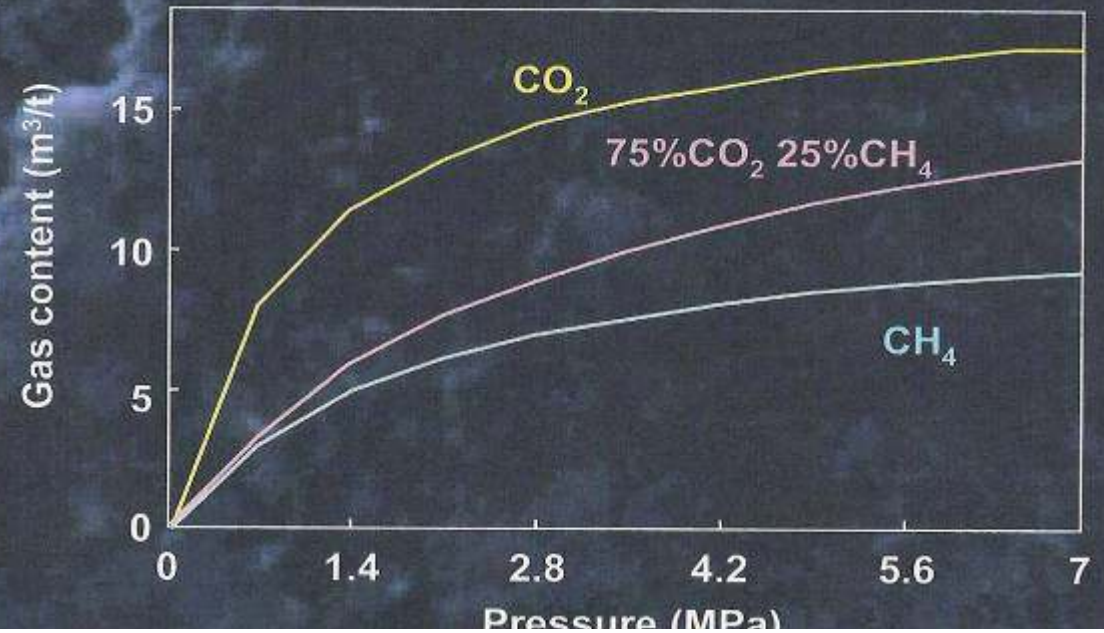
L'HABITAT DEL CBM



microcleat

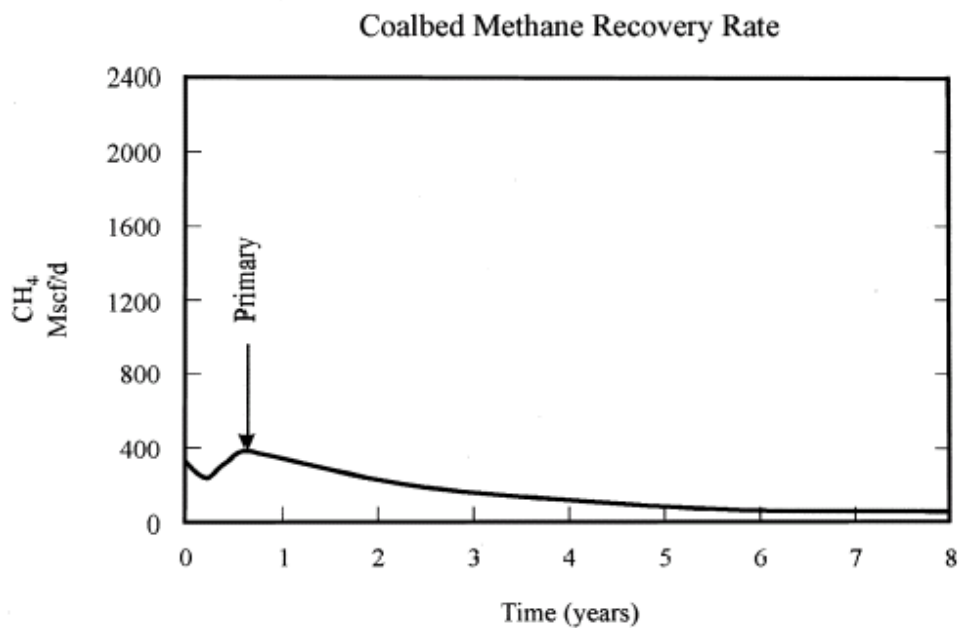


Adsorption isotherm

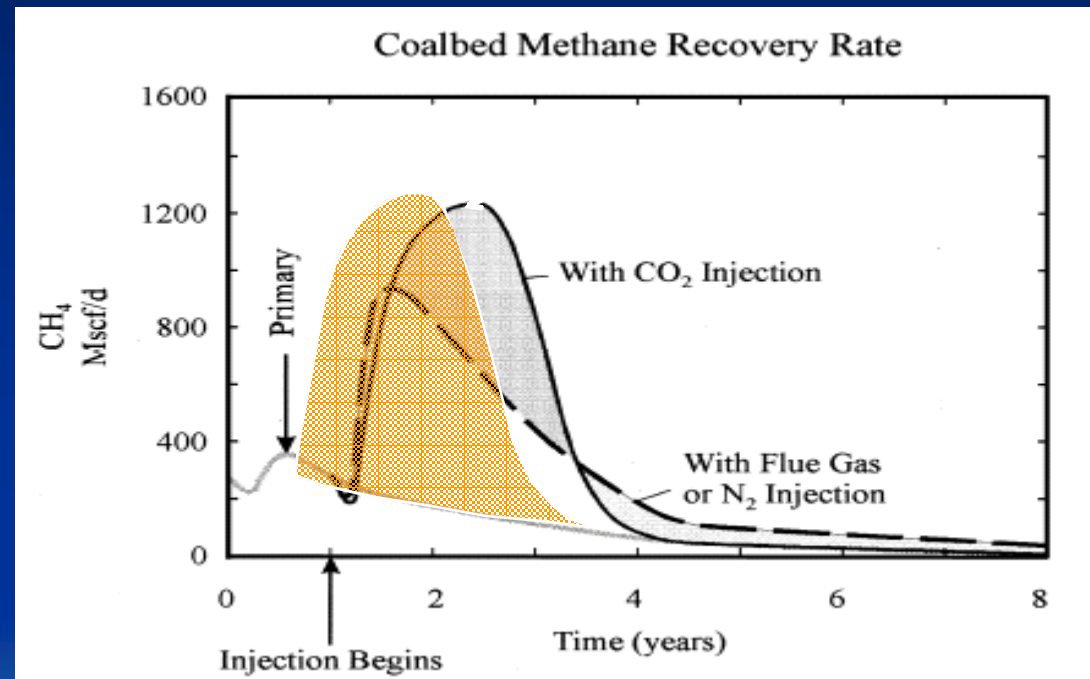


COS'È ECBM ? *ENHANCED CBM*

CBM



ECBM

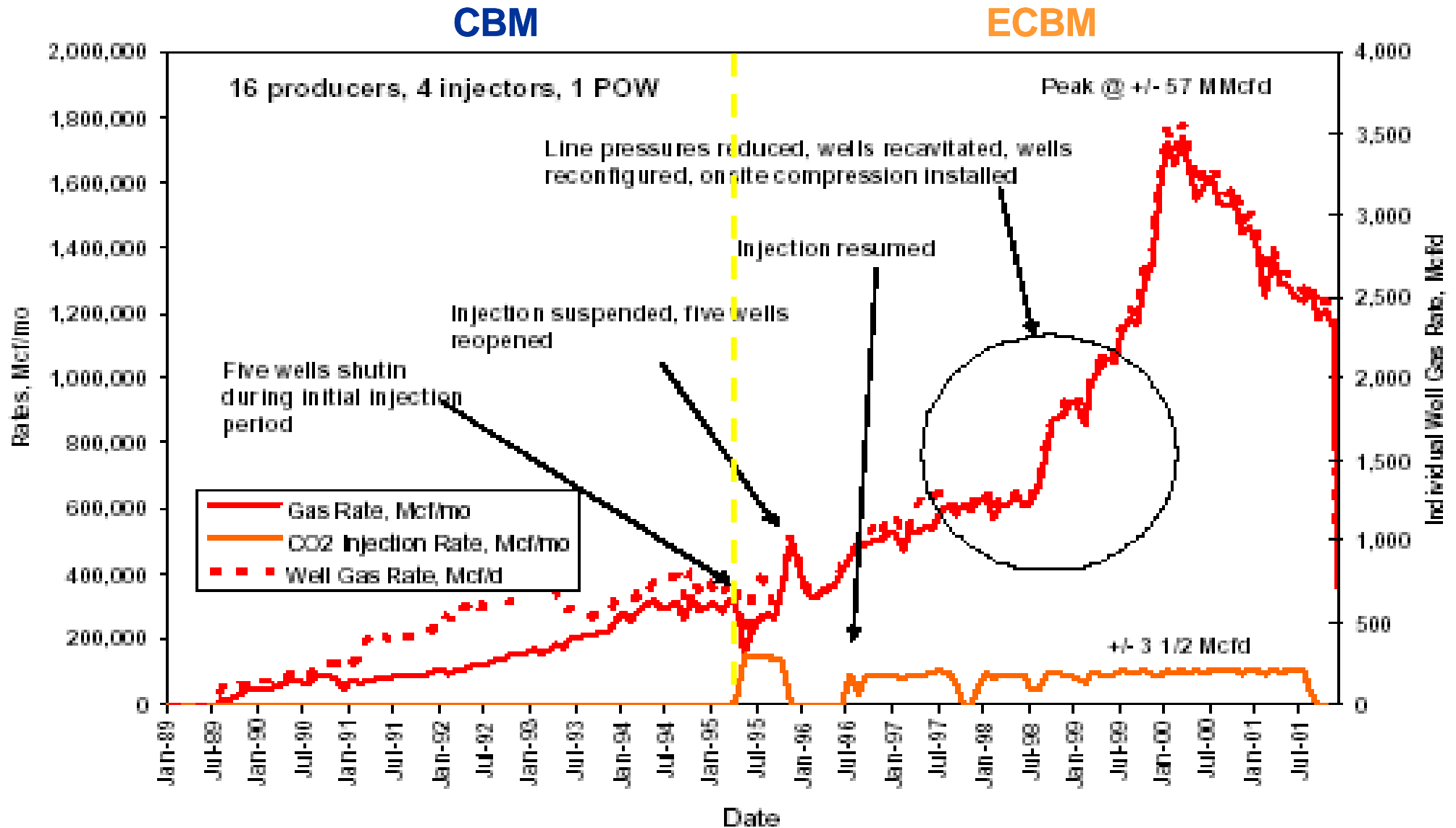


ECBM è una tecnica di recupero migliorato del CBM mediante iniezione di CO₂

ECBM è una tecnica già applicata negli USA, e già sperimentata in Polonia

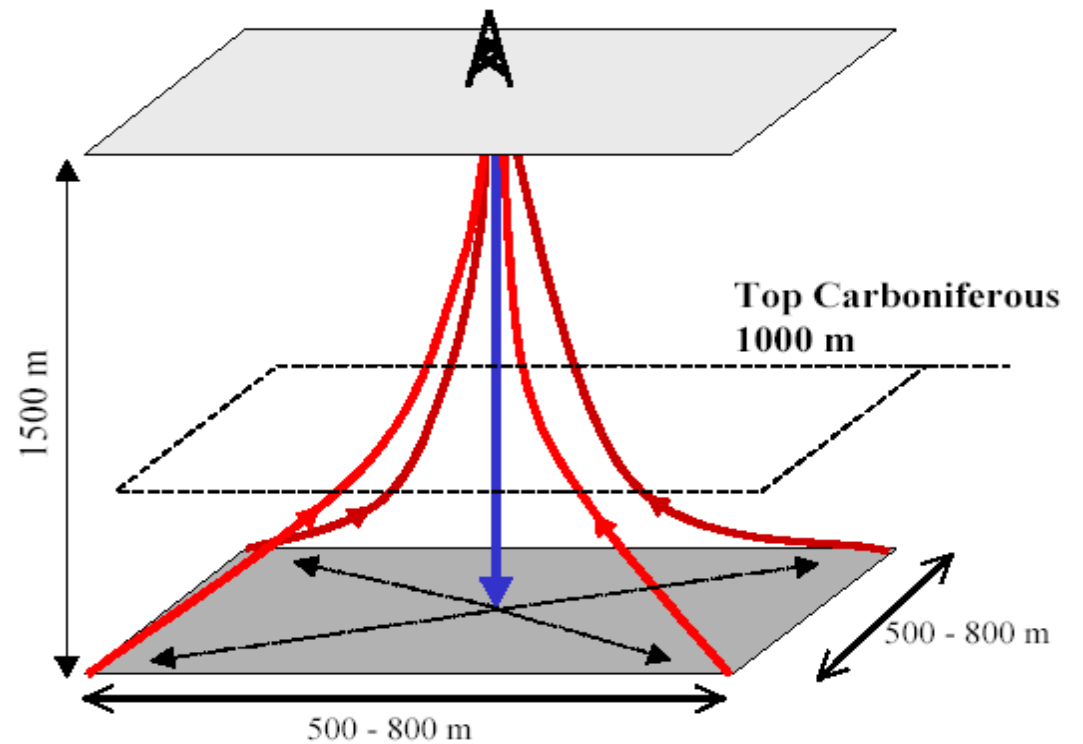
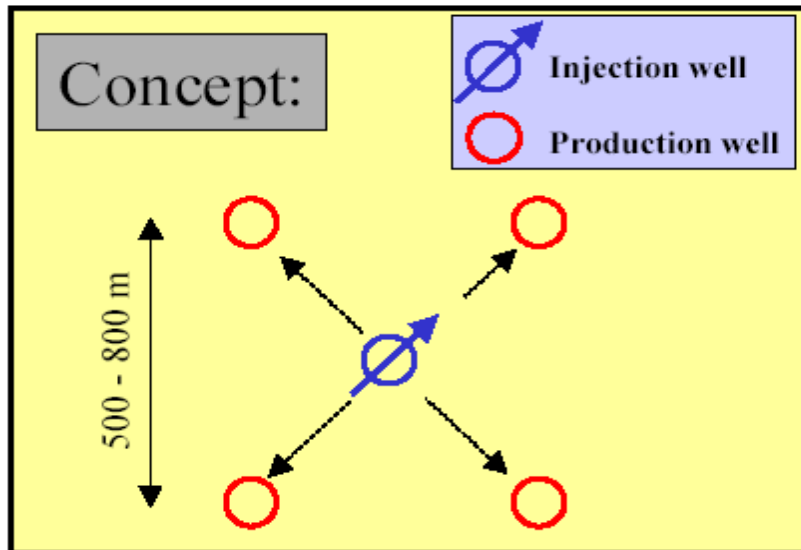


USA – ALLISON UNIT

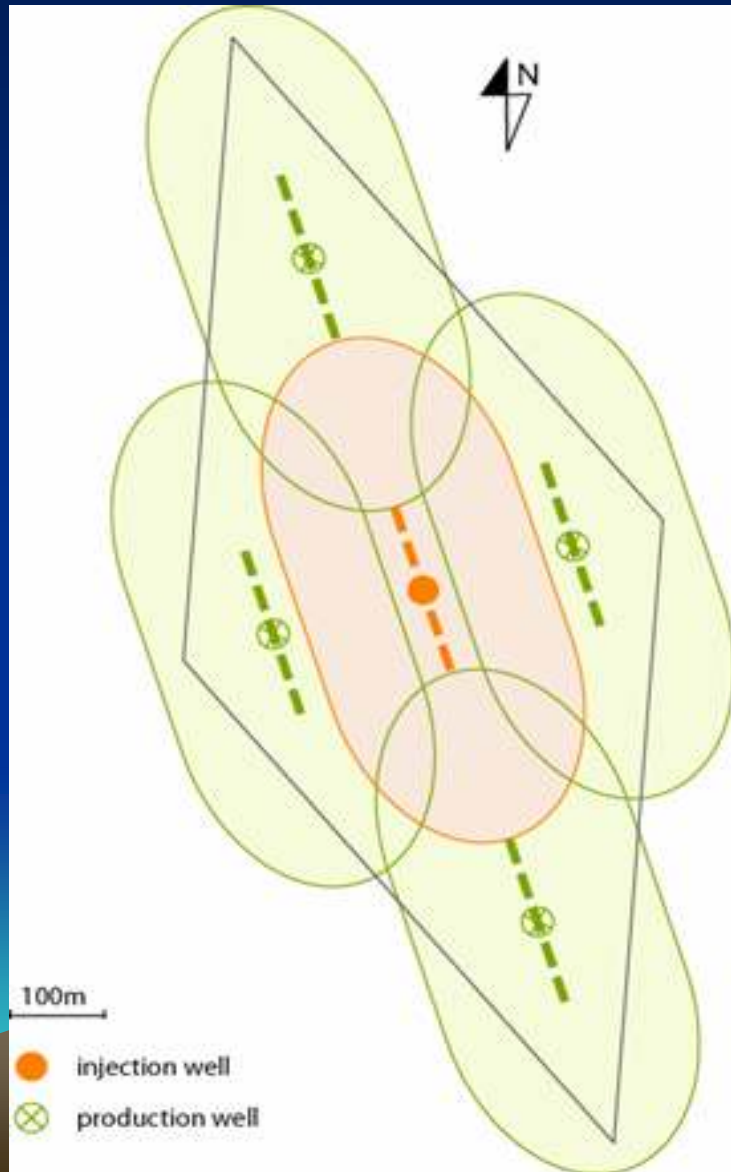


DISPOSIZIONE DEI POZZI

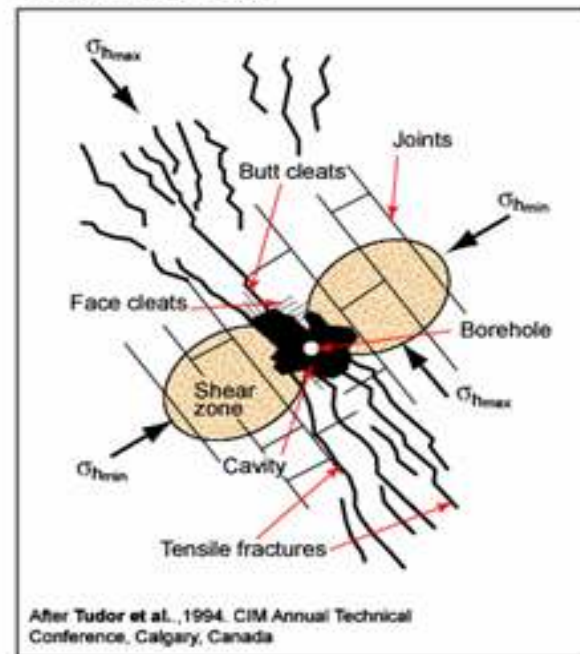
Schema a 5 pozzi, da una piazzola singola



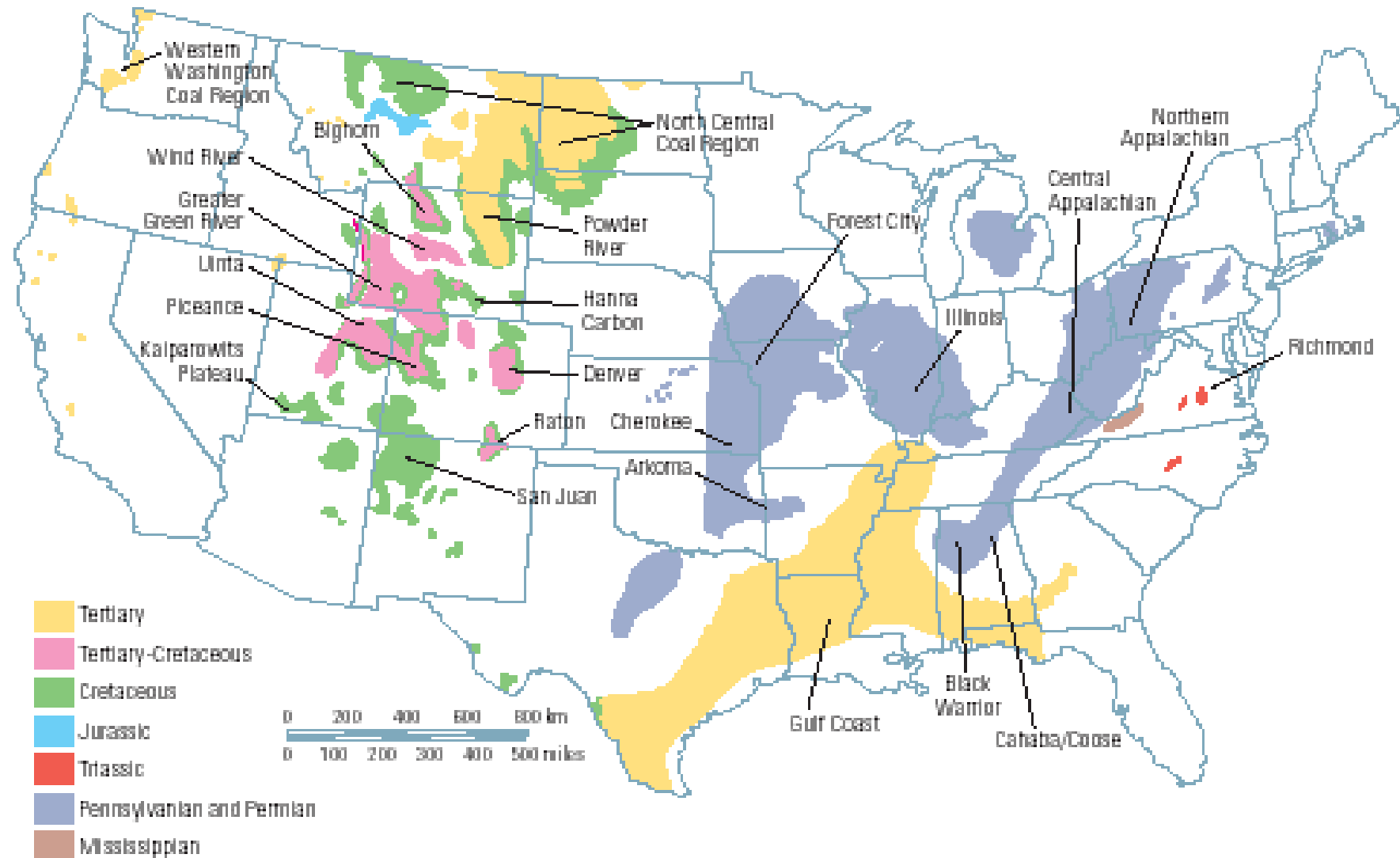
INFLUENZA DELLE FRATTURE



Stress field & fracs



RISERVE DI CBM NEGLI USA



^ US basins containing coalbed methane reserves. Major coal basins are shown with the associated periods of coal deposition.

RISERVE DI CBM NEGLI USA

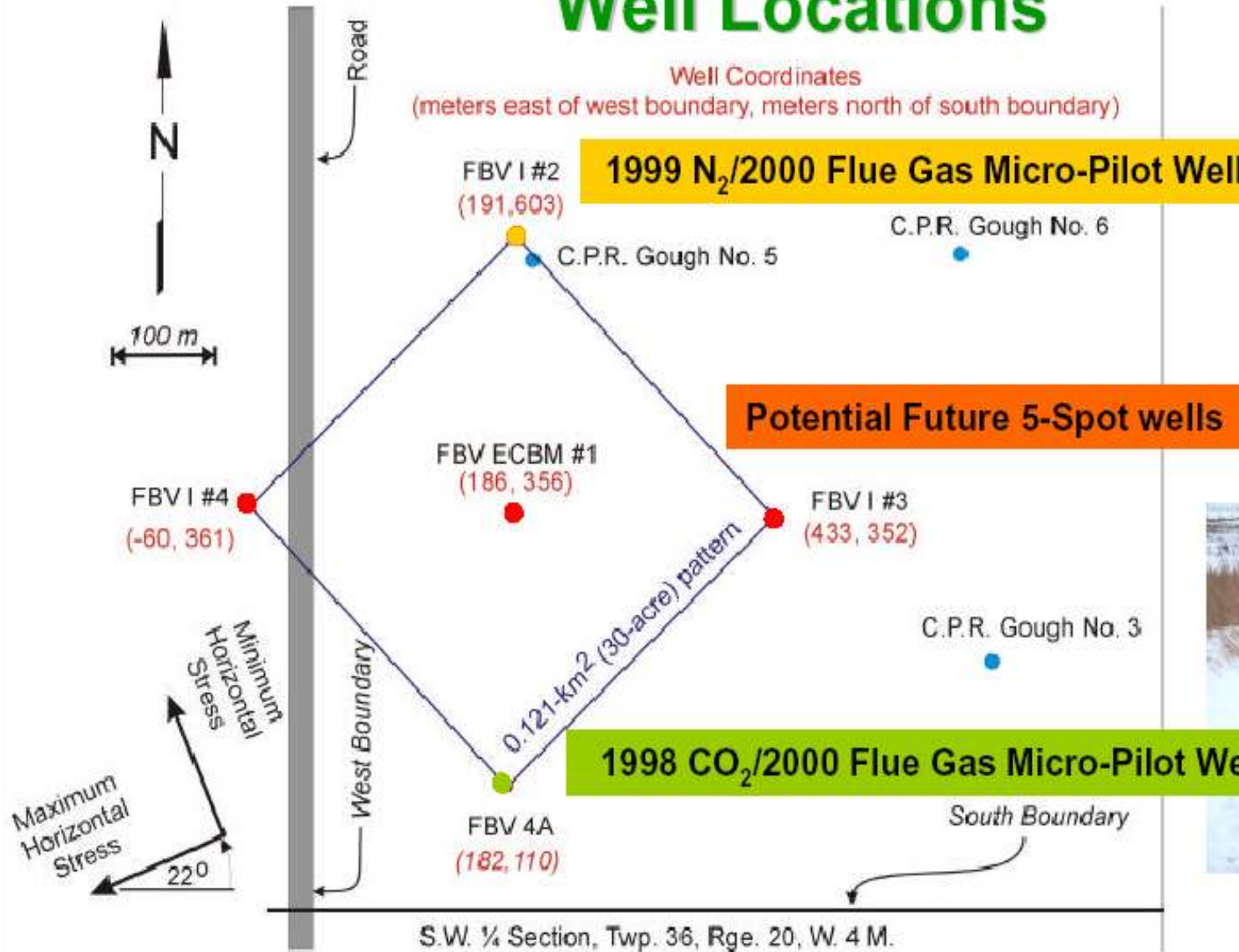
*Iniziata iniezione di CO₂ da parte della **CONSOL Energy Inc.**, West Virginia University, in collaborazione con il National Energy Technology Laboratory (NETL), il DOE, in un progetto da \$13 millions nel Marshall County, West Virginia.*

Caratteristiche principali:

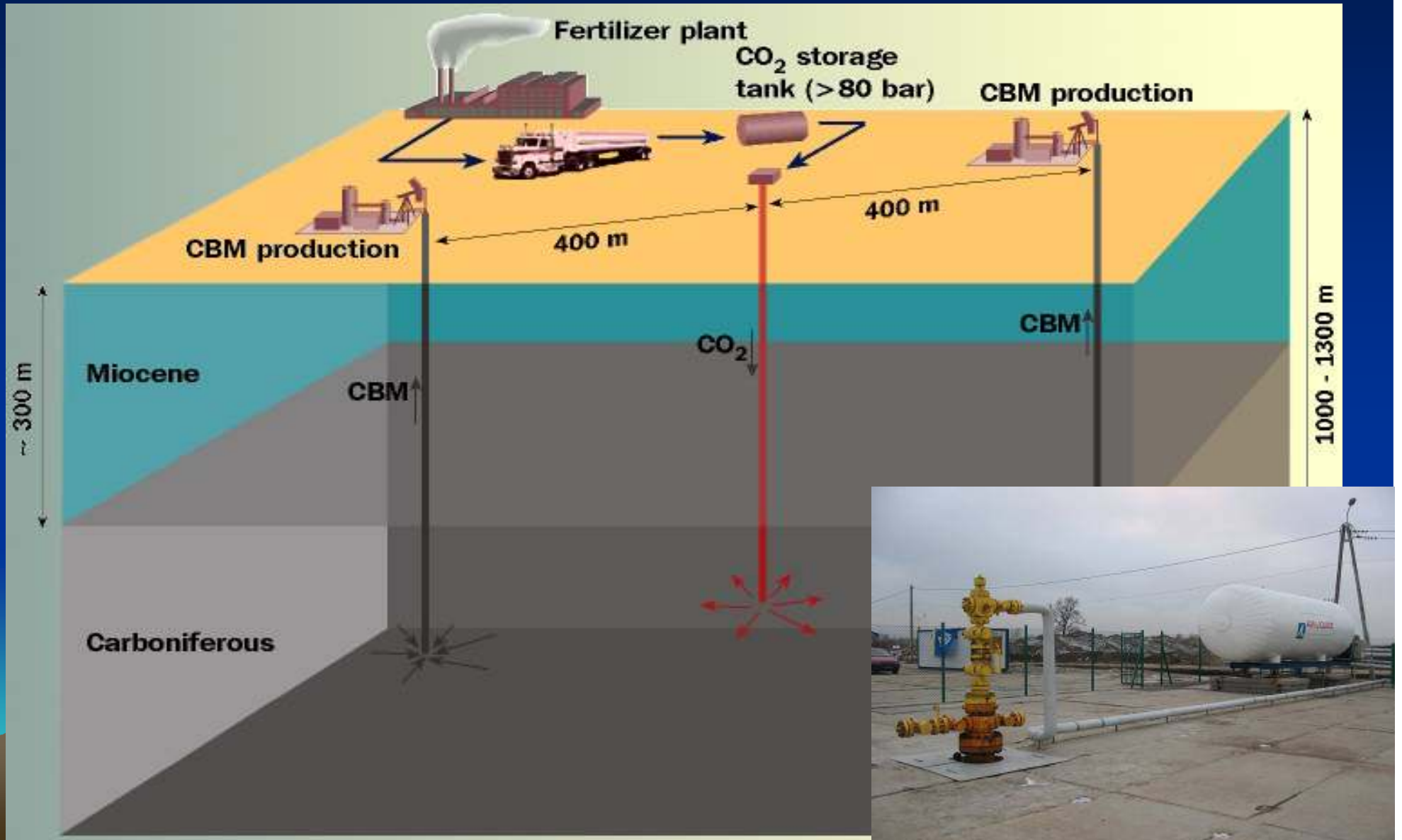
- **pozzi orizzontali** in spot da 5 pozzi alla profondità di 400-600 metri; il centrale è di iniezione di CO₂ (27 tonnellate/giorno, circa 30.000 sono state già iniettate per produrre meglio metano);
- **produzione di acqua e metano dal 2004**
- attività di **monitoraggio** prevede misurare i parametri chimici della fase gassosa e liquida (acquiferi, suoli, acqua prodotta dal carbone), prendendo in considerazione i pozzi abbandonati dell'area;
- si utilizzano **traccianti** (perfluoro-carbonio)
- si misurano le eventuali **deformazioni del reservoir**, incluso lo studio per escludere subsidenza;
- prove di **geomeccanica** sulle carote di reservoir di carbone ed altri strati. Si studia lo "**swelling**" (rigonfiamento che diminuisce la permeabilità del carbone a seguito della iniezione di CO₂), che viene ridotto dai pozzi orizzontali invece che verticali;
- si effettuano **simulazioni numeriche** per poi confrontarle con i dati sperimentali

CANADA (Alberta Research Council, ARC)

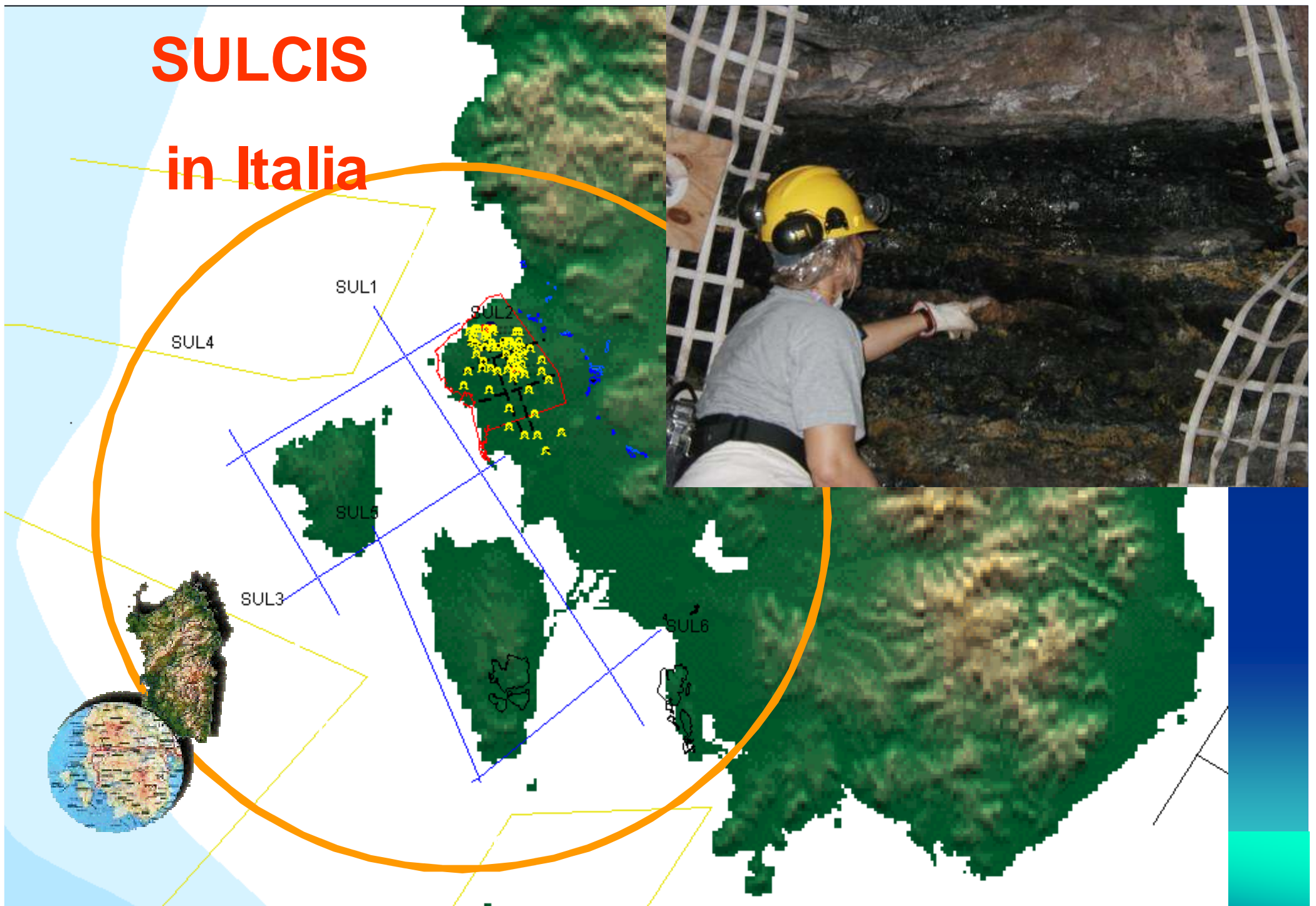
Well Locations



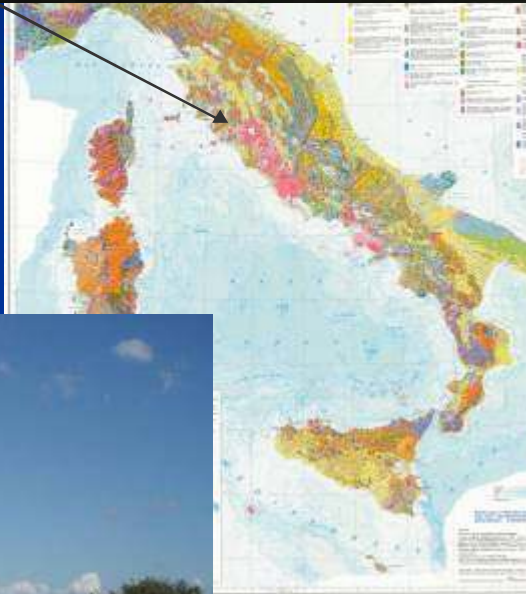
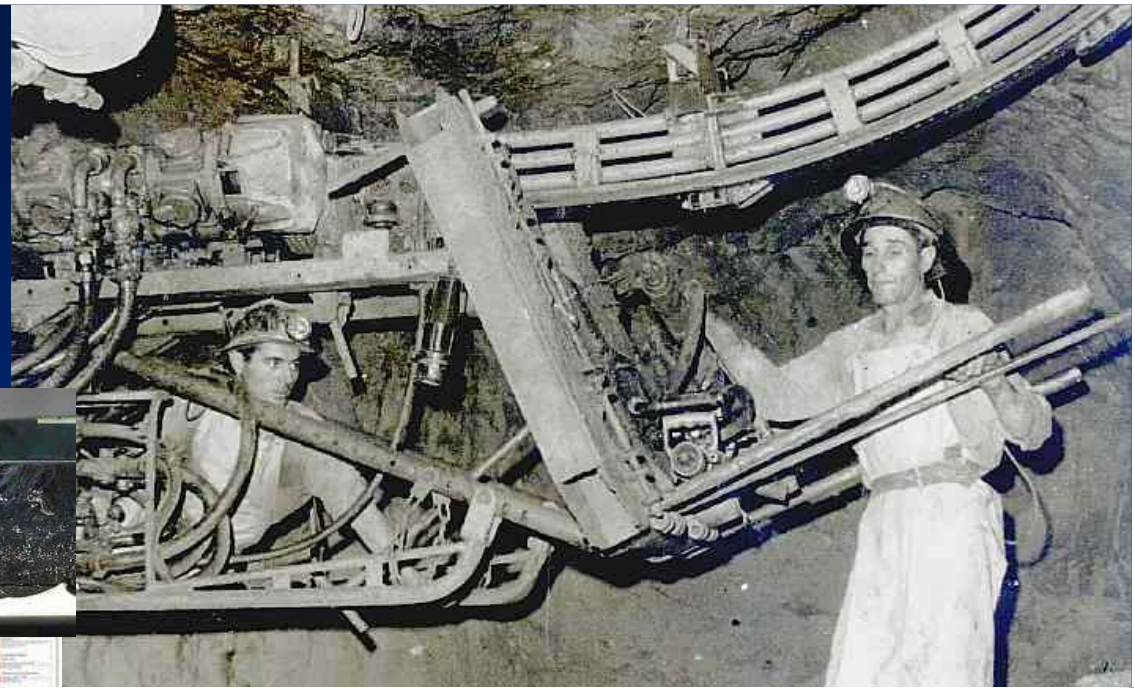
Anche in Europa abbiamo iniziato: il primo è stato il progetto RECOPOL in POLONIA



SULCIS in Italia



CBM RIBOLLA è il progetto più avanzato (IR plc)



**PIANETA
AMBIENTE**

Le miniere salvano il clima

Ecco come il gas serra verrà iniettato nei cunicoli

GROSSETO. All'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia si parla già di Ribolla come del primo laboratorio italiano salvaclima. Un'operazione senza il minimo rischio per la salute dei cittadini (che anzi, avranno in questa zona «un'aria completamente ripulita da emissioni nocive»), con un impatto ambientale nullo. Attualmente, nel mondo, sono tre i maggiori impianti salvaclima.

Sono quelli di Weyburn in Canada, Sleipner in Norvegia e In Salah in Algeria. Ciascuno di essi riesce a disfarsi, ogni giorno, di quasi cinquecento tonnellate di CO₂.

In Italia, come annunciato nei giorni scorsi, il primo impianto pilota per la cattura e lo stoccaggio dell'anidride carbonica sarà realizzato dall'Ingv, in collaborazione con Enel Ricerca, a Ribolla, nel comprensorio di Roccastrada.

Il magazzino di stoccaggio sarà il deposito carbonifero profondo di Ribolla, in pratica l'ex miniera, dove si stanno valutando le potenzialità di estrazione, proprio con l'immissione di CO₂ del cosiddetto metano residuo.

L'anidride carbonica di origine industriale, quella cioè che viene dall'uso di tutti i combustibili fossili, contribuirà in modo sostanziale ai cambiamenti climatici accumulando-

si in atmosfera e provocando il surriscaldamento o effetto serra. La cattura e lo stoccaggio geologico (in inglese *carbon capture and storage*) è quindi uno strumento importante per la lotta ai cambiamenti climatici ormai in corso, in quanto risolve alla radice il problema delle emissioni del dannoso gas serra, evitandone l'immissione in aria e rispedendolo al mittente, sottoterra, dove nel tempo si autosigilla diventando roccia.

Presto, assicurano dall'Istituto nazionale di geofisica e vulcanologia, questo metodo sarà incluso fra le misure di contenimento delle emissioni di CO₂ del plurilaterale Protocollo di Kyoto. In Italia, ovviamente, l'interesse per la materia è grande al punto che il Ministero per lo Sviluppo Economico sta finanziando le indagini conoscitive sui siti più interessanti così da ridurre alla fine



Una vecchia immagine della miniera di Ribolla

un elenco di zone ad hoc.

Tre sono i principali metodi per lo stoccaggio: l'iniezione in giacimenti semioscurati di petrolio, l'iniezione in acquiferi salini profondi e l'iniezione in serri profondi di carbone. Ovviamente la scelta di siti consi-

gliati per quest'ultimo metodo risulta in qualche modo facilitata sia dalla sicurezza intrinseca del metodo (la CO₂ si lega subito con il carbone al posto del metano residuo, e il sigillamento risulta immediato), sia dal numero limitato di giaci-

menti di carbone esistenti in Italia, i maggiori dei quali sono quello del bacino del Sulcis, in Sardegna, e quello di Ribolla.

Ma perché è stata scelta proprio Ribolla come area sperimentale? In primo luogo per la vicinanza con l'area chimico-industriale del Casone e con il campo geotermico di Larderello, dove si usa vapore naturale (con molteplici impurità di CO₂, poi perché nei giacimenti di carbone si trovano di solito quantitativi commerciali interessanti di gas metano, che si spera prima di poter estrarre e utilizzare.

«L'Italia», ha ricordato Enzo Boschi, dopo aver attivamente partecipato al grande progetto internazionale dei canadesi, passerà a sperimentare direttamente le tecnologie di sequestrazione e di stoccaggio geologico di questo gas serra, a tutto vantaggio dell'ambiente. Il progetto Echm di Ribolla si propone di catturare le emissioni prodotte nei dintorni e spingerle a 800 metri di profondità. Adesso la palla passa alle istituzioni locali i cui massimi rappresentanti, vista anche la scarsa quantità di informazioni, sono giustamente scettici.

18/12/2006

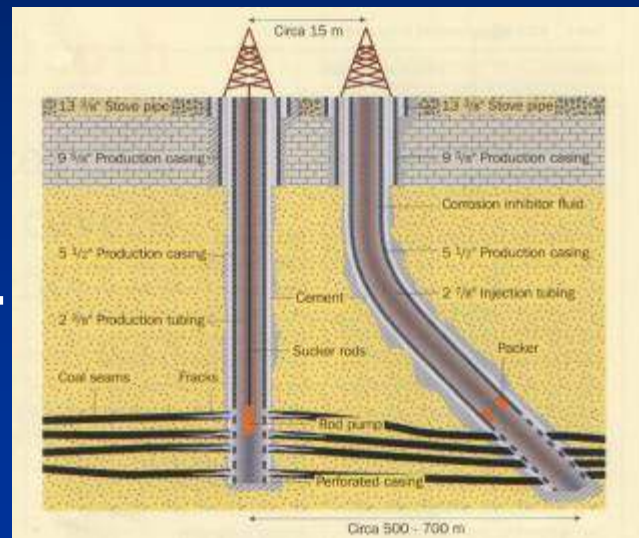
**Il Tirreno
GROSSETO**

Conclusioni ancora preliminari su CBM-ECBM nel SULCIS

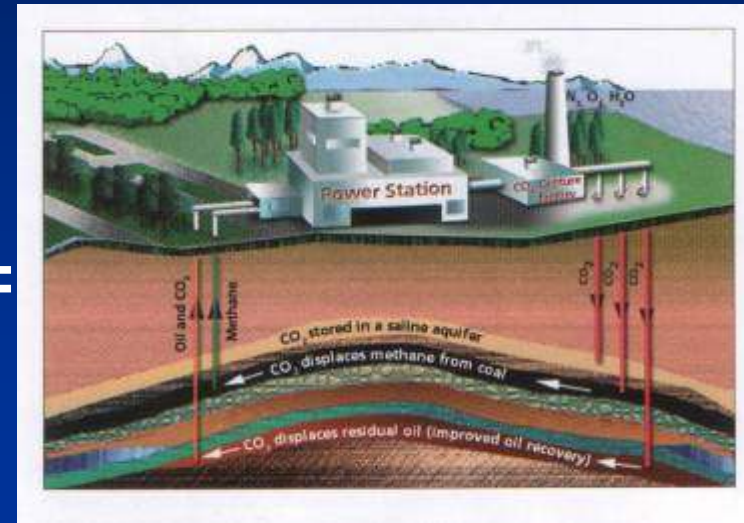
STEPS: Dewatering → CBM → ECBM → Saline Aquifer CO₂ storage



+



=



The forecasting for ECBM exploitation
is relatively encouraging

Injected gas: pure CO₂ (tank) → ENEL SU3 true flue gas (CO₂, N₂, etc...) → post-combustion captured CO₂ → Oxyfuel pre-combustion & CO₂

INGV ha già contribuito con varie attività



Adsorption of Pure Carbon Dioxide and Methane on Dry Coal from the Sulcis Coal Province (SW Sardinia, Italy)

Stefano Offici,¹ Ronny Pini,² Giuseppe Storti,³ Marco Mazzotti,⁴ Roberto Benini,⁵ Federa Quattrocchi,⁶ Giorgio Sarda,⁷ and Giuseppe Deriu⁸
¹ITE Zurich, Institute of Process Engineering, Säuggstrasse 3, 8900 Zurich, Switzerland
²ITE Zurich, Institute for Chemical and Environmental Engineering, Wolfmühlstr. 10, 8963 Zurich, Switzerland
³ISE, Independent Energy Solutions S.r.l., Rome, Italy
⁴INGV, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Via di Vigna Marzia 605, 00165 Rome, Italy
⁵Scienzele SPA, Viale Matteotti 20, 19010 Cortina (Trento), Italy

Received on the 14 November 2006 in final form on the 14 November 2006 (www.interscience.wiley.com) DOI: 10.1002/eqe.1019

Abstract: Adsorbed methane reserves (GDMR) increase the reserves of the methane present in a coal seam by capturing CH_4 at high pressure. It is estimated that the storage of the greenhouse gas CO_2 for geological times in the framework of a feasibility study for the industrial sector in Italy, the adsorption of pure CO_2 and CH_4 on dry coal has been measured at 45 and 50°C using a rigorous suspension technique with a new density measurement. The results show that the CO_2 adsorption increases on coal and methane on coal for various systems compared with rock or other gel and cellulose carbon. From the above adsorption outcomes, the adsorption isotherm is calculated using the assumption of constant volume of the adsorbent phase. An expected CO_2 gel adsorption more than CH_4 is at all cases. The Sulcis coal can uptake CO_2 at the service conditions at an amount of about 19% of its mass. © 2007 The Authors. Journal of Chemical Engineers. *J. Chem. Eng. 25*, 225–234, 2007

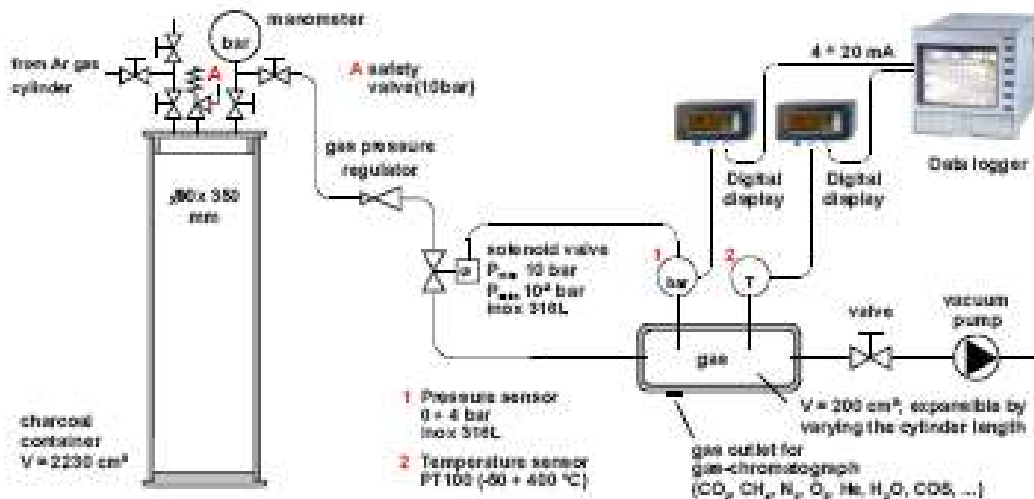
Keywords: adsorption; adsorbed CO_2 ; CH_4 ; coal; GDMR

© 2007 Authors. Journal of Chemical Engineers

INTRODUCTION

The world's average temperature has been increasing in the last years, an effect called global warming. Its part responsible for that through the greenhouse effect are the anthropogenic gas emissions, among which carbon dioxide plays a major role. The concentration of carbon dioxide in the atmosphere has been increasing significantly for the past 150 years mainly due to combustion processes for electricity production, transportation and heating systems. Its concentration has increased by more than 30% since the pre-industrial era and has reached 380 ppm in the year 2000 (IEA). To stabilize the CO_2 concentration in the atmosphere, it is therefore critical to reduce its emissions by using other technologies capturing and storing it for an amount of time long enough (2).

One of the possible approaches for underground CO_2 storage is its injection in unminable coal seams where large amounts of coal bed methane are present and can be recovered and exploited. The conventional method to recover the coalbed methane (mainly recovered) is by reducing the hydrostatic pressure of the seam through dewatering thus producing through production without water whose amount declines in time and gas. The main disadvantage of



charcoal container
 $V = 2230 \text{ cm}^3$

- 1 Pressure sensor
 $0 - 4 \text{ bar}$
 inox 316L
- 2 Temperature sensor
 PT 100 (-50 + 400 °C)



Grazie dell'attenzione