



Regione Basilicata  
Provincia di Matera

## STUDIO DI GIACIMENTO

# PER LA CONVERSIONE IN STOCCAGGIO DI GAS NATURALE DEL CAMPO DI GROTTOLE-FERRANDINA (CONC. CUGNO LE MACINE) - LIVELLO Q1AQ

-  
-  
-  
-  
-  
-  
-  
-  
-  
-  
-  
-  
-  
-  
-  
-  
-  
-  
-  
-  
-  
-

Settembre2002

**GEOGAS SRL**

**STUDIO DI GIACIMENTO**

**PER LA CONVERSIONE IN  
STOCCAGGIO DI GAS NATURALE  
DEL CAMPO DI GROTTOLE-FERRANDINA  
(CONC. CUGNO LE MACINE)  
- LIVELLO Q1AQ-**

**Settembre 2002**

## PREMESSA E SINTESI

A seguito del comunicato del 31 ottobre 2001 in cui il Ministero delle Attività Produttive (MAP) elencava i giacimenti in fase avanzata di coltivazione, potenzialmente sfruttabili per l'attività di stoccaggio di gas metano, GEOGAS srl presentava il 31 Dicembre 2001 al MAP richiesta di poter prendere visione i dati dei campi di Grottole -Ferrandina (concessione Cugno Le Macine), Pisticci (concessione Serra Pizzuta) per potere effettuare uno studio di fattibilità.

La scelta è stata orientata soprattutto per la loro posizione strategica (fig. 1), infatti i campi di Grottole-Ferrandina e di Pisticci, ubicati nel sud d'Italia in un'area totalmente sprovvista di campi di stoccaggio, costituiscono un punto nodale sia per il gas proveniente dall'Algeria (e prossimamente dalla Libia) che per quello programmato in sede europea che dalla Grecia dovrebbe portare il gas dell'ex CIS, oltre a poter svolgere un ruolo fondamentale per i futuri terminali GNL in progetto (Puglia e Calabria) .

La documentazione è stata acquisita presso la Data Room della soc.ENI div. AGIP, presso il settore operativo di Ravenna nei giorni 8, 11 e 12 marzo 2002.

Gli studi di giacimento, condotti sulla base dei dati messi a disposizione dall'ENI, utilizzando un modello dinamico, hanno permesso di confermare la fattibilità di conversione in stoccaggi dei giacimenti di Grottole-Ferrandina e Pisticci.

Le numerose simulazioni sul giacimento di Grottole-Ferrandina (concessione Cugno le Macine), utilizzando una pressione di iniezione inferiore o uguale alla pressione vergine di giacimento, hanno permesso di individuare la seguente soluzione:

- ✓ 12 pozzi (esistenti su cui eseguire Work-Over)
- ✓ 2 pozzi di monitoraggio (esistenti)
- ✓ Max Working Gas      637 M Smc      (Milioni di Standard metri cubi)
- ✓ Min Cushion Gas      503 M Smc
- ✓ Portata max di punta    5,856 M Smc/giorno
- ✓ Efficienza dello stoccaggio    55,9%

Si è inoltre ipotizzato di utilizzare una pressione di iniezione del 10% superiore a quella vergine di giacimento, al fine di verificare l'aumento di prestazioni del campo di stoccaggio.

Questa soluzione, in corso di sperimentazione sul campo di Settala, potrebbe costituire una seconda fase di sviluppo del campo di stoccaggio, dopo avere verificato e monitorato l'efficienza di tenuta della copertura, il comportamento del reservoir e naturalmente previa autorizzazione delle Autorità preposte.

I risultati di questa simulazione sono i seguenti:

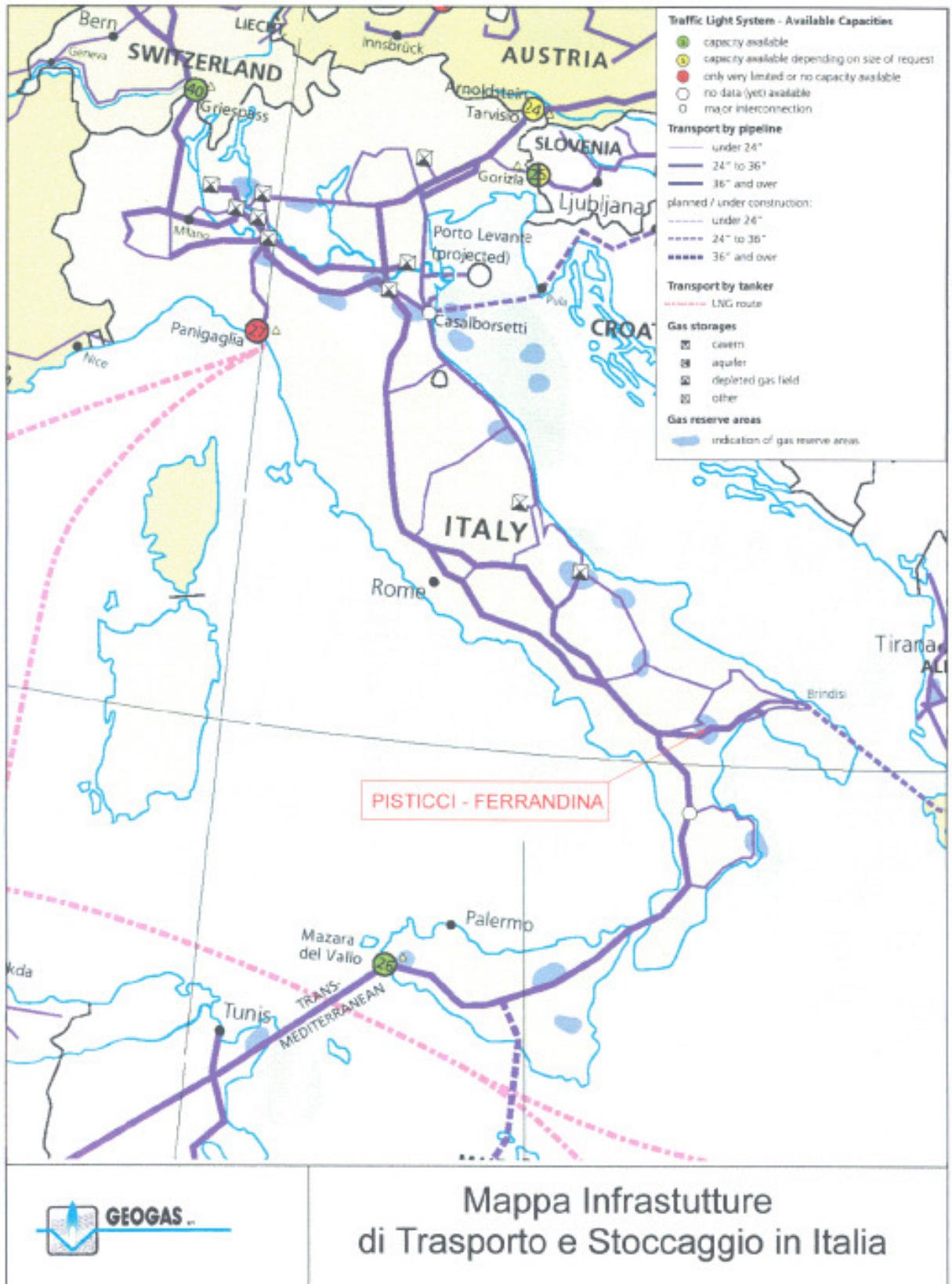
- ✓ 15 pozzi ( 12 esistenti su cui eseguire Work-Over e 3 da perforare)
- ✓ 2 pozzi di monitoraggio (esistenti)
- ✓ Max Working Gas        851 MSmc
- ✓ Min Cushion Gas        511 M Smc
- ✓ Portata max di punta   7,925 M Smc/giorno
- ✓ Efficienza dello stoccaggio   62,6%

In considerazione della vicinanza del campo di Pisticci (c.ca 20 Km), di un metanodotto che collega il campo di Ferrandina alla Centrale del campo di Pisticci, delle pressioni di giacimento simili, è stato ipotizzato lo sviluppo integrato dei due campi con un'unica Centrale di compressione/trattamento.

I principali vantaggi per questa ipotesi possono essere così sintetizzati:

- ✓ Maggiore flessibilità di gestione dello stoccaggio
- ✓ Minori investimenti
- ✓ Minor costo di esercizio.
- ✓ Minore impatto ambientale in quanto entrambi i campi possono essere gestiti realizzando una sola centrale

Fig. 1



# **Indice Testo**

## **1. - Introduzione**

## **2. - Geologia**

**2.1 Inquadramento geologico**

**2.2 Petrofisica**

## **3. - Studio di Giacimento**

**3.1 Comportamento e simulazione della produzione primaria**

**3.2 Simulazione della ricostituzione e dello stoccaggio**

**3.3 Tipologia e completamento dei pozzi di sviluppo e di monitoraggio**

**3.4 Prestazioni dello stoccaggio con  $P_{max} = 110\%P_i$**

**3.5 Ipotesi di sviluppo integrato dei campi di Grottole-Ferrandina e Pisticci con un'unica centrale**

## **4. - Conclusioni**

## **Indice Allegati**

### **Campo di Grottole-Ferrandina - Livello "Q1 A Q"**

- All. 1 Ubicazione geografica e rete nazionale metanodotti
- All. 2 Quadro geologico di sintesi
- All. 3 Parametri iniziali di giacimento, PVT e test
- All. 4 Distribuzione dei completamenti e status attuale
- All. 5 Comportamento storico della produzione e delle pressioni
- All. 6 Material Balance - grafico P/Z -vs- Gp
- All. 7 Simulazione della storia passata (History match)
- All. 8 Prestazioni del pozzo tipo
- All. 9 Schema di completamento del pozzo tipo
- All. 10 Simulazione dello stoccaggio
- All. 11 Prestazioni dello stoccaggio
- All. 12 Prestazioni dello stoccaggio per  $P_{max} = 110\%P_i$
- All. 13 Prestazioni complessive di Grottole-Ferrandina e Pisticci con centrale unica

# 1 - Introduzione

Il campo di Grottole-Ferrandina (Concessione Cugno le Macine) è ubicato in Basilicata in provincia di Matera. La scoperta risale al 1958 e in totale sono stati perforati 68 pozzi.

Il livello individuato dalle Autorità Minerarie come potenzialmente idoneo allo stoccaggio è il livello denominato "Q1A Q", costituito da sabbie all'interno della serie plio-quadernaria, già oggetto di stoccaggio da parte ENI nel periodo 1978-84 e in seguito abbandonato per ragioni di strategia aziendale.

Lo studio di giacimento è stato articolato come specificato qui di seguito:

- ✓ Studio geologico di giacimento
- ✓ Costruzione del modello dinamico, condotto con l'ausilio di un simulatore numerico e fase di history match,
- ✓ Definizione delle performances del pozzo tipo
- ✓ Simulazione della fase di forecast (riempimento e stoccaggio)
- ✓ Calcolo delle prestazioni dello stoccaggio (N.pozzi, tipologia dei completamenti, working gas, cushion gas, portata di punta ed efficienza)
- ✓ Caso di sensitivity dell'ipotesi di superare la pressione vergine di giacimento  $P_{max} = 110\% P_i$ , indicando le relative prestazioni dello stoccaggio.
- ✓ Ipotesi di sviluppo integrato con il campo di Pisticci utilizzando un'unica centrale di trattamento e compressione

Il livello "Q1AQ" è stato coltivato da 16 pozzi, 2 risultano chiusi minerariamente, 14 risultano disponibili.

La produzione cumulativa di gas del livello al 31-12-2001 è stata di circa 1985 M Smc.

I pozzi attualmente aperti alla produzione sono F17-G23-G29-G36, quelli chiusi per pareggio ma disponibili sono F13,G19,G25,G26,G28,G30,G33,G34,G35,G37.



## 2 - Geologia

### 2.1 - Inquadramento geologico

Il giacimento di Grottole-Ferrandina si trova in Basilicata nella provincia di Matera, ubicato a 20 km circa a SW del capoluogo, nonostante sia nella valle del Fiume Basento la sua collocazione geologica è da attribuire alla parte sudorientale della Fossa Bradanica (All.i).

Nell'area della Fossa Bradanica dal Triassico medio fino al Miocene permase le condizioni di un'unica estesissima piattaforma con la deposizione della potente successione carbonatica (Calcari di Cupello) che costituisce la Piattaforma Apula; essa si estendeva verso ovest fino al Bacino Lagonegrese-Molisano e verso est fino al Bacino Umbro-Marchigiano.

Alla fine del Cretacico ebbe inizio l'orogenesi appenninica e le aree più occidentali iniziarono a sollevarsi accavallandosi verso est provocando una instabilità nella sedimentazione carbonatica della Fossa Bradanica stessa. Una seconda fase tettonica a livello dell'Eocene bloccò la successione carbonatica ed alla fine di quello stesso periodo si ebbe un'emersione generale dell'area in cui si ha l'assenza generalizzata di depositi oligocenici.

Con il Miocene si ebbe nuovamente la presenza di sedimenti, il mare ricoprì la parte più occidentale della Fossa Bradanica che con il Pliocene venne a rappresentare l'avanfossa della catena appenninica; il carico della catena determinò l'abbassamento della Fossa e l'inarcamento delle Murge che assunse la struttura di un'ampia piega anticlinale a cui il sistema di faglie distensive con trend NO-SE dette l'aspetto di un ampio horst. Questa fase tettonica distensiva agì anche sulla Fossa Bradanica con faglie a prevalente andamento appenninico, favorendo l'instaurarsi di bacini stretti ed allungati in direzione NO-SE.

Durante il Pliocene inferiore il mare invase la fossa e vi rimase fino a tutto il Pleistocene. La serie plio-pleistocenica è caratterizzata alla base da depositi prevalentemente argillo-marnosi che sono in genere di età pliocenica inferiore, ma tendono a ringiovanire verso E e SE (fase pre-torbiditica); al di sopra si alternano intervalli in prevalenza sabbiosi intercalati da argille (fase torbiditica).

Le torbide provenivano in massima parte dal bordo occidentale del bacino dove affioravano i terreni alloctoni soggetti a movimenti tettonici. Le torbide deposte nel bacino venivano riprese dalle correnti che avevano generalmente direzione NO-SE ed i sedimenti venivano ridistribuiti nelle aree

più estese e depocentrali. L'origine occidentale degli apporti terrigeni ha determinato inoltre il passaggio graduale verso est da facies sabbiose a facies pelitiche.

La serie plio-pleistocenica ha subito spinte compressive con generazione di blande pieghe in prossimità del fronte sepolto dell'Alloctono; nella fascia centrale della Fossa Bradanica, in corrispondenza degli alti del substrato carbonatico, sono presenti nella serie clastica chiusure strutturali legati a fenomeni di tettonica distensiva e di compattazione differenziale.

Il campo di Grottole-Ferrandina ha i principali serbatoi proprio nella serie plio-pleistocenica e più precisamente nella Formazione Argille del Santerno. Infatti quest'ultima contribuisce contemporaneamente alla genesi degli idrocarburi gassosi ed alla copertura stessa dei serbatoi, costituiti dai potenti corpi sabbiosi torbiditici a limitato sviluppo areale presenti nella zona, inoltre la minima influenza tettonica che questa serie subì, ha consentito la formazione di ottime trappole minerarie.

Per il campo di Grottole-Ferrandina il livello preso in esame per una sua valutazione all'idoneità allo stoccaggio di gas è denominato Q1AQ, è di età pleistocenica, è da considerare una trappola stratigrafico-strutturale in quanto controllata da entrambi i fenomeni ed ha una tavola d'acqua indipendente individuata a 656 m s.l.m.. I litotipi sabbiosi sono generalmente puliti e con granulometrie variabili, va comunque segnalato che essendo le zone di apporto ubicate verso occidente i livelli sabbiosi tendono ad argillificarsi verso est; infatti nelle aree più orientali dei bacini i reservoir sono costituiti da sottili intercalazioni di silt e livelli prevalentemente argillosi.

La sedimentazione francamente pelitica comunque costituisce anche una efficace barriera idraulica per le trappole minerarie dal momento che con il suo spessore, talora prossimo al migliaio di metri, garantisce una ottima tenuta dei serbatoi gassosi.

## 2.2 – Petrofisica

La densità dei pozzi perforati nel campo di Grottole-Ferrandina è elevata e ciò ha permesso un controllo molto accurato delle mappe in profondità dei livelli mineralizzati.

Ciò di cui non si dispone sono i dati petrofisici (porosità, Saturazione in acqua, Permeabilità..) provenienti da analisi di carote di fondo e/o da log elettrici specifici, pertanto questi valori sono stati mutuati dai numerosi campi presenti in zona e che dispongono di data base da cui attingere tali parametri.

Pertanto nel calcolo del gas in posto sono stati utilizzati una porosità del 26% ed una saturazione in acqua del 25%, mentre per il rapporto pay netto/pay lordo (41%) del serbatoio considerato ci si è avvalsi delle originarie registrazioni in foro scoperto (All.2).

Dalle mappe in isobate del livello Q1AQ sono stati calcolati i volumi lordi di roccia (531 M mc), costruiti i diagrammi superfici/altezze fino al GWC (-656 m s.l.m.) ed, utilizzando un fattore di volume di 0.001514 mc/Smc, si è giunti alla valutazione statica del gas originariamente in posto (GOIP Statico)) che risulta di **2804 M Smc**.

## 3 - Studio dinamico di giacimento

### 3.1 - Comportamento e simulazione della produzione primaria

La produzione cumulativa di gas al 31-12-2001 è di 1985 M Smc, il livello è attualmente in produzione attraverso i pozzi F17, G23, G29, G36.

Le chiusure alla produzione dei pozzi disponibili (non chiusi minerariamente) sono avvenute per sabbia e per pareggio pressione al collettore.

La distribuzione dei pozzi è presentata in All.2, i parametri iniziali e i test sono riportati in All.3 e la distribuzione dei completamenti in All.4.

La storia di produzione e i controlli di pressione sono presentati in All.5.

Dal grafico di Material Balance riportato in All.6 emergono i seguenti risultati:

- ✓ Il volume di gas in posto dinamico (GOIP dinamico) = **2700 M Smc**
- ✓ Il meccanismo di produzione è per debole spinta d'acqua

E' stato sviluppato un modello numerico di simulazione che ha verificato i risultati della produzione effettuata con un processo di "History Match".

La simulazione del comportamento produttivo passato ha dato una elevata congruenza tra modello e realtà produttiva (All.7) autorizzando una buona confidenza nei dati di previsione (forecast) da modello per la futura fase di stoccaggio.

Il contatto gas acqua si è innalzato da 656 m/ssl (GWC originario) a circa 619 m/ssl (GWC attuale).

Senza investimenti aggiuntivi (interventi di ricompletamento e/o nuovi pozzi) sono valutabili riserve ancora producibili alla data del 31-12-2001 di circa 108 M Smc in 3,5 anni.

In questa situazione il bilancio dei fluidi ha evidenziato quanto segue::

- ✓ Il volume di gas in posto attualmente = 715 M Smc
- ✓ Il volume come gas residuo dietro il fronte d'acqua (Sgr = 25%) = 204 M Smc
- ✓ Il volume di gas in testa (fra top e GWC attuale) = 511 M Smc

Il bilancio ha come ipotesi di base l'innalzamento omogeneo del contatto GWC in un sistema petrofisico omogeneo e isotropo.

Il volume di gas in testa, allo stato attuale, può essere considerato e utilizzato come parte del cuscino di gas.

La pressione attuale di giacimento prevista da modello risulta di circa 30 Kg/cm<sup>2</sup>.

La valutazione geologica ha indicato un volume di gas in posto statico (GOIP statico) = 2804 M Smc, volume che include anche l'area drenata dal pozzo 32 e pertanto in linea con la valutazione dinamica di 2700 M Scm essendo quest'ultima eseguita senza considerare il contributo del pozzo 32.

## 3.2 - Simulazione della ricostituzione e dello stoccaggio

Sulla base del modello numerico utilizzato per la simulazione della storia passata e in base alle caratteristiche di permeabilità desunte dai test (All.3) è stata ricostruita la produttività del pozzo tipo.

Ipotizzando di completare un pozzo con gravel pack (di tipo ICGP), assumendo un net pay di 20 m e una permeabilità media di 100 mD, assumendo infine un fattore di skin (fattore di danneggiamento) pari a 7 (completion factor = 50%) risulta un open flow a fondo pozzo di 1.183500 Smc/g (All.8).

Immaginando di completare il pozzo con tbg da 4" 1/2 è stata ottenuta la potenzialità a testa pozzo con un valore di AOF di testa pari a 729.140 Smc/g e non essendo a rischio di fenomeni di water coning è stata calcolata la portata max per il pozzo tipo di 488.000 Smc/g applicando un DP alla testa del 40% (All.8).

In All.9 viene proposto lo schema di completamento del pozzo tipo.

### Fase di ricostituzione

L'ipotesi fondamentale nella ricostituzione è stata quella di non superare la pressione vergine di giacimento pari a 72,3 Kg/cm<sup>2a</sup> e limitare per quanto possibile il tempo di riempimento.

La simulazione ha indicato quanto segue:

- 1- Interventi di W/O sui pozzi F17-G23-G29-G36-G19-G25-G26-G28-G33-G34-G35-G37, gli interventi dovranno escludere gli spari profondi in acqua con apertura al top in gravel pack, utilizzo di tbg da 4" 1/2.
- 2- Iniezione continua per 12 mesi (ricostituzione del cushion gas + working gas)
- 3- Iniezione primi 6 mesi 100 MSmc/mese x 6 mesi (volume iniettato = 600 MSmc).
- 4- Iniezione successivi 6 mesi 90 M Smc/mese x 6 mesi (volume iniettato = 540 MSmc).

Il volume iniettato complessivamente (working gas + cushion gas) in 12 mesi risulta di 1140 M Smc senza il superamento della pressione vergine e con pressione dinamica max di iniezione a testa pozzo di circa 76 Kg/cm<sup>2a</sup> (STHPi = 69,53 Kg/cm<sup>2a</sup>).

Si sottolinea che già dopo 5 mesi di ricostituzione (iniezione del cushion gas) il campo è operativo per l'immissione del working gas anche da parte di terzi (All.11).

## Fase di stoccaggio

Dopo il riempimento è stata simulata la fase ciclica di svaso (6 mesi invernali) - invaso (6 mesi estivi) con l'utilizzo di 12 pozzi dopo W/0.

Il ciclo stabile ha indicato i seguenti risultati:

- ✓ Max Working gas = 637 M Smc
- ✓ Min Cushion gas = 503 M Smc
- ✓ Q max di punta = 5.856.000 Smc/g
- ✓ Efficienza dello stoccaggio = 55.9%
- ✓ FTHP min a fine svaso = 35 Kg/cm<sup>2</sup>a
- ✓ FTHP max in iniezione = 76 Kg/cm<sup>2</sup>a

I profili di produzione e iniezione e le relative pressioni di testa e di fondo sono presentate in All.11, mentre in All. 10 è stato raffigurato il comportamento simulato della pressione di giacimento nelle diverse fasi e quello della tavola d'acqua.

### **3.3 Tipologia e completamento dei pozzi di sviluppo e di monitoraggio**

#### Pozzi di sviluppo

Il progetto di stoccaggio sul livello "Q1AQ" del campo di Grottole-Ferrandina può essere realizzato con 12 pozzi esistenti (F17-G23-G29-G36-G19-G25-G26-G28-G33-G34-G35-G37) sui quali saranno eseguiti interventi W/O.

Gli interventi prevedono:

- a- scompletamento dei pozzi
- b- esclusione spari profondi
- e- apertura spari al top del reservoir
- d- esecuzione di gravel pack
- e- ricompletamento con tbg da 4<sup>n</sup>1/2

Le operazioni di Workover saranno precedute da registrazioni di logs in foro tubato per verificare:

- 1- posizione del contatto GWC attuale
- 2- status del casing e cementazione

Lo schema di completamento del pozzo tipo dopo W/O è presentato in All.9.

#### Pozzi di monitoraggio

Sulla base dei pozzi disponibili sono stati scelti i pozzi F13 e G17 quali pozzi di monitoraggio durante le fasi di riempimento e successivi cicli di stoccaggio.

Su questi pozzi verranno registrati periodicamente pressioni e log per valutare sia la distribuzione di pressione all'interno del giacimento che il movimento dei fluidi.



### 3.4 - Prestazioni dello stoccaggio con $P_{max} = 110\%P_i$

E' stato simulato il caso in cui sia possibile superare la pressione vergine di giacimento, in particolare è stato ipotizzato di raggiungere una pressione di giacimento pari al 110% della pressione vergine.

Nel caso  $P_{max} = 110\%P_i$  si ottengono i seguenti valori:

$$SBHP_{max} = 79,5 \text{ Kg/cm}^2, \quad STHP_{max} = 76,5 \text{ Kg/cm}^2.$$

Utilizzando lo stesso criterio di riempimento si avrebbe che in 18 mesi di iniezione continua sarebbe possibile iniettare 1362 M Smc (working gas + cushion gas) con  $FTHP_{max}$  in iniezione pari a circa 82 Kg/cm<sup>2</sup>a. Per l'iniezione del solo cushion sono sufficienti circa 5 mesi.

Dalla simulazione risulterebbero necessari 15 pozzi (12 dopo W/O e 3 nuove perforazioni).

Si otterrebbero le seguenti prestazioni:

$$\text{Max Working gas} = 851 \text{ M Smc}$$

$$\text{Min Cushion gas} = 511 \text{ M Smc}$$

$$Q \text{ max di punta} = 7.935.000 \text{ Smc/g}$$

$$\text{Efficienza dello stoccaggio} = 62,5\%$$

Le prestazioni in dettaglio, portate e pressioni nelle due fasi di svaso e invaso, sono riportate in All.12.

### **3.5 - Ipotesi di sviluppo integrato dei campi di Grottole-Ferrandina e Pisticci con un'unica centrale**

Il caso esaminato si basa sui seguenti dati:

- ✓ I due giacimenti appartengono alla stessa formazione, distano circa 20 Km e sono già collegati attraverso una condotta di 10".
- ✓ Le pressioni nei due giacimenti sono abbastanza simili e quindi non comportano particolari problemi di gestione.
- ✓ La gestione integrata da un'unica centrale comporta una migliore gestione delle potenzialità dei due campi ed una riduzione di costi.

I risultati complessivi dei due campi sono sintetizzati qui di seguito:

- N. pozzi di sviluppo = 16 (W/O di pozzi esistenti)
- N. 4 pozzi di monitoraggio esistenti
- Working gas totale = 742 M Smc
- Cushion gas totale = 541 M Smc
- Efficienza media = 57,8%
- Qgas di punta = 6.594.000 Smc/g

I profili di svaso e invaso complessivi sono riportati in All.13.

## 4. Conclusioni

Le principali conclusioni e i risultati emersi dal presente studio di giacimento condotto sul livello "Q1A Q" del campo di di Grottole-Ferrandina sono riassunti, in sintesi, qui di seguito:

1- Lo studio di giacimento ha dimostrato la possibilità tecnica di adibire a stoccaggio il livello "Q1A Q" del campo di Grottole-Ferrandina.

2- La simulazione del comportamento passato (history match) ha indicato un volume di gas in posto originario GOIPdinamico = 2700 M Smc in linea con la valutazione statica (GOIP statico = 2804 M Smc), il fattore di recupero in produzione primaria è stato del 73,5%. Il livello è caratterizzato da una debole spinta d'acqua.

3- La buona produttività della formazione può essere sfruttata pienamente per il basso rischio di water coning, infatti le portate max sono state calcolate applicando un DP elevato e pari al 40% di STHP.

4- La simulazione del riempimento e dei successivi cicli di stoccaggio, nel rispetto del vincolo di non superare la pressione vergine di giacimento e di erogare con pressione minima di testa superiore alla pressione di esercizio della rete per non ricomprimere il gas in fase di erogazione, ha indicato i seguenti risultati:

- N. pozzi= 12 (pozzi esistenti con interventi W/O per ricompletamento ICGP e Tbg singoli 4 1/2")
- N. pozzi di monitoraggio = 2 (pozzi F13 e G30)
- Volume di riempimento (working gas + cushion gas)= 1140 M Smc in 12 mesi di riempimento continuo
- Iniezione del cushion gas in 5 mesi
- Max Working gas stabilizzato = 637 M Smc (6 mesi di svaso)
- Min Cushion gas = 503 M Smc
- Max portata di punta = 5.856.000 Smc/g
- Efficienza dello stoccaggio = 55,9%
- FTHP min in erogazione a fine ciclo di svaso = 35 Kg/cm2a (pressione rete 32-35 Kg/cm2a)
- FTHP max in iniezione a fine ciclo di invaso = 76 Kg/cm2a

5- Il caso di sensitivity con  $P_{max} = 110\%P_i$  ha indicato un notevole miglioramento delle prestazioni a fronte di un maggior volume di gas necessario alla ricostituzione (vedi All.12)

6- L'ipotesi di sfruttare i campi di Grottole-Ferrandina e Pisticci attraverso un'unica centrale ha indicato il vantaggio di una più facile e logica gestione ed una maggior elasticità del sistema stoccaggio.

# Campo di Grottole-Ferrandina

## Ubicazione geografica, vincoli ambientali e rete nazionale metanodotti

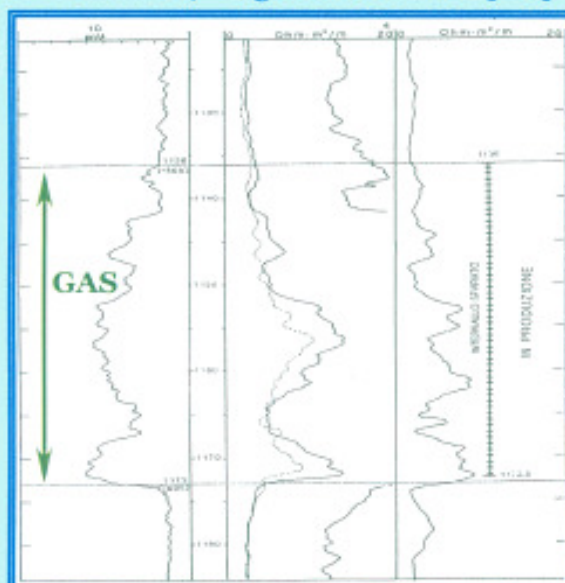


Campo di Grottole-Ferrandina – Progetto di fattibilità per la trasformazione in stoccaggio

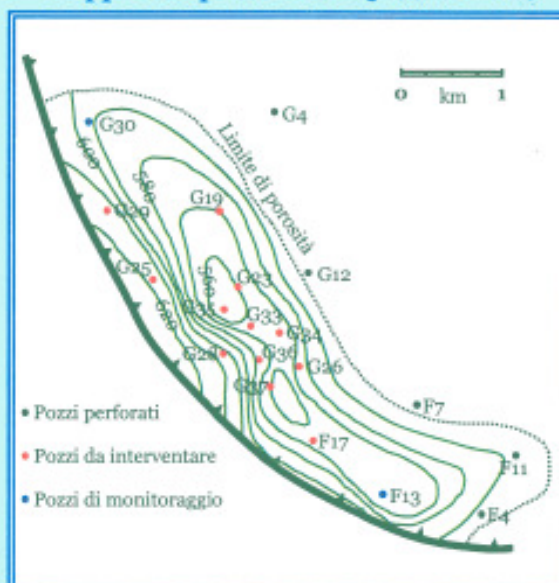
## Campo di Grottole-Ferrandina

### Quadro geologico di sintesi

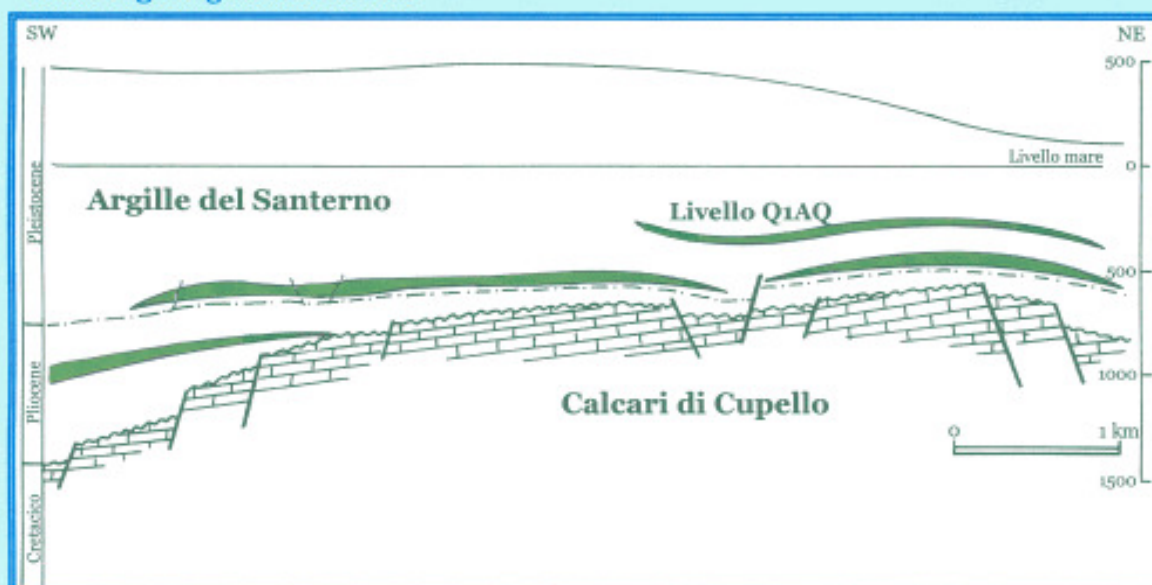
Ferrandina 17 - log elettrico livello Q1AQ




Mappa di top del livello Q1 (isobate da 1.m.)



Sezione geologica schematica




 Campo di Grottole-Ferrandina – Progetto di fattibilità per la trasformazione in stoccaggio



**Campo di Grottole-Ferrandina - Livello "Q1AQ"  
Parametri iniziali di giacimento, PVT e Test**

Datum = 620 m/ssl  
 Pi = 72,3 Kg/cm2a  
 Ts = 59 °C  
 γ gas = 0,56 (aria = 1)  
 Bgi = 0,01514 mc/Smc

STHPi = 69,54 Kg/cm2a  
 Z(STHPi) = 0,9237  
 STHP = 0,9625 Ps  
 Z = 2E-06Ps<sup>2</sup>-0,0012Ps+1

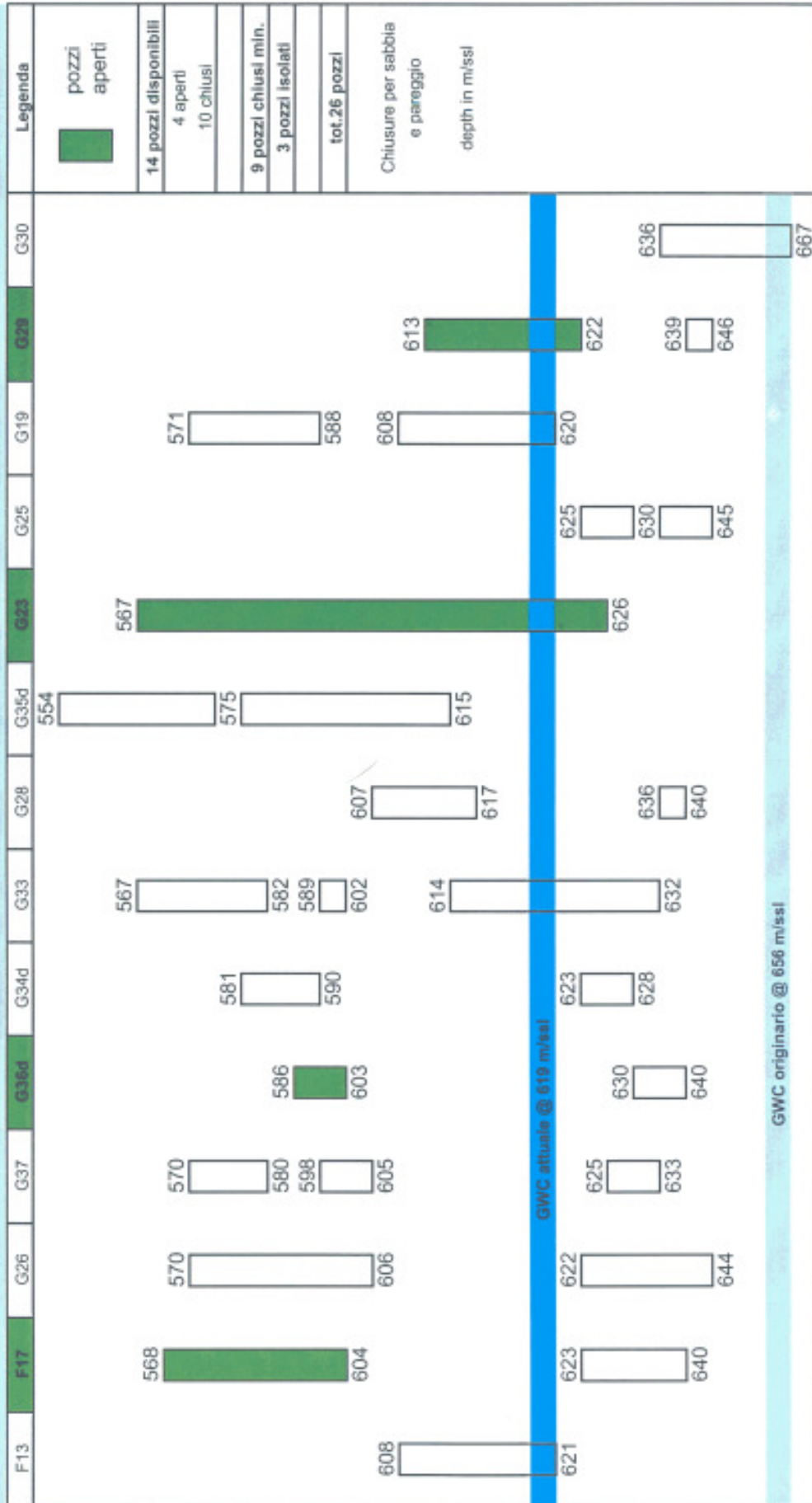
GWC iniziale di fondo = 656 m/ssl  
 Swi = 25%

Pozzo	compl.	Livello	Spari (m/RT MD)	Spari (m/ssl)	Kh (mDm)	k (mD)	CF (%)
FE-13	conv.	Q+A	1113,5-1127	808-821,5	2158	198	43
FE-17	conv.	Q1+Q	1136-1223	568-655	3989	111	68

Pozzo	qgas (Smc/g)	THP (Kg/cm2a)	BHP (Kg/cm2a)	Dp testa (%)	data
FE-13	49416	66,1	70,95	1,71	15/10/1961
	79320	64,7	69,65	3,79	
	0	67,25	72,28		

Il livello è caratterizzato da buona capacità produttiva, la trasmissibilità fra i pozzi è assicurata dalla omogeneità nelle pressioni statiche misurate durante la vita produttiva.  
 I pozzi GR-32-35-37 hanno un comportamento anomalo.

**Campo di Grottole-Ferrandina - Livello "Q1AQ"**  
**Distribuzione dei completamenti e status attuale**



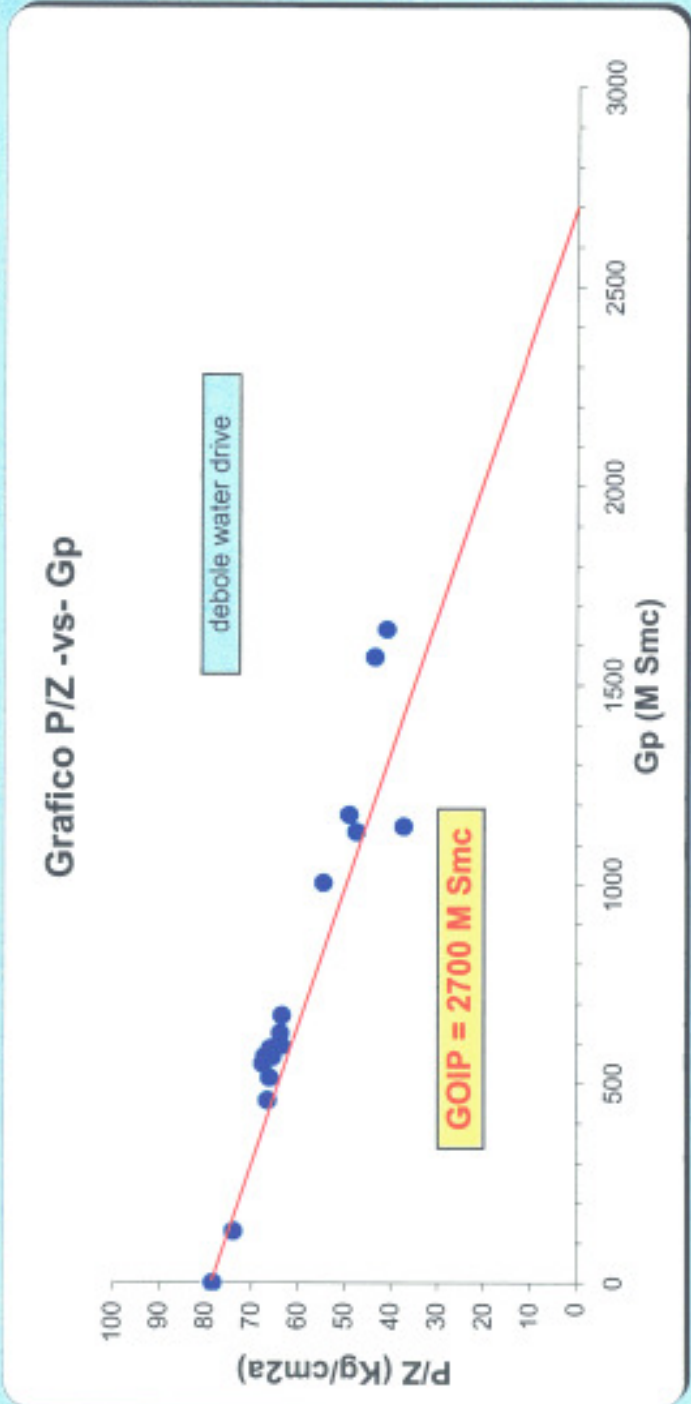
**Campo di Grottole-Ferrandina - Livello "Q1AQ"**  
**Comportamento storico della produzione e delle pressioni**

Data	qgas media (Smc/g)	Gp anno (M Smc)	Gp cum (M Smc)	Note
31/12/62	8.400	0	0	start-up 11-1962 pozzi grottole
31/12/63	12.910	1	1	
31/12/64	21.735	8	9	
31/12/65	237.073	84	93	start-up 03-1965 pozzi ferrandina
31/12/66	370.679	132	225	
31/12/67	440.563	156	381	
31/12/68	207.158	74	455	
31/12/69	77.127	27	482	
31/12/70	39.493	14	496	
31/12/71	83.273	30	526	
31/12/72	145.555	52	577	
31/12/73	69.166	25	602	
31/12/74	109.397	39	641	
31/12/75	79.006	28	669	
31/12/76	89.614	32	701	
31/12/77	11.268	4	705	
31/12/78	-140.845	-50	655	Esercizio di stoccaggio periodo 1978-1984 Volume iniettato netto = 103 M Smc
31/12/79	-174.648	-62	593	
31/12/80	2.817	1	594	
31/12/81	-70.423	-25	569	
31/12/82	-2.817	-1	568	
31/12/83	-22.535	-8	560	
31/12/84	-132.394	-47	513	
31/12/85	400.000	142	655	status attuale aperto
31/12/86	194.366	69	724	
31/12/87	425.327	151	875	
31/12/88	535.045	190	1.065	
31/12/89	436.020	155	1.220	
31/12/90	370.459	132	1.351	
31/12/91	275.338	98	1.449	
31/12/92	239.437	85	1534	
31/12/93	214.085	76	1610	
31/12/94	177.465	63	1673	
31/12/95	123.944	44	1717	
31/12/96	95.775	34	1751	
31/12/97	95.775	34	1785	
31/12/98	174.648	62	1847	
31/12/99	166.197	59	1906	
31/12/00	129.577	46	1952	
31/12/01	92.958	33	1985	

datum @ 620 m/ssl		
Data	Gp cum (M Smc)	Ps avg. (Kg/cm2a)
01/11/62	0	72,3
31/05/66	129	68,6
28/02/69	457	62,2
18/07/71	513	61,8
22/05/73	594	59,5
24/02/76	670	59,4
26/03/81	587	61,6
30/11/82	567	62,7
20/04/83	565	61,2
27/03/85	548	63,1
15/10/85	625	59,7
25/08/88	1004	51,5
24/05/89	1132	45,1
05/07/89	1146	35,8
16/09/89	1175	46,5
20/05/93	1570	41,5
20/05/94	1640	39,2



Campo di Grottole-Ferrandina - Livello "Q1AQ"  
Material balance - grafico P/Z - vs- Gp

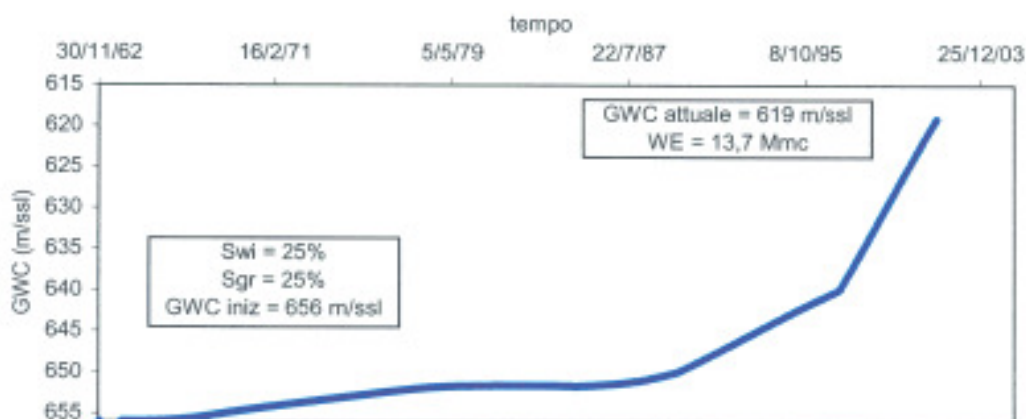


**Campo di Grottole-Ferrandina - Livello "Q1AQ"**  
**Simulazione della storia passata (History match)**

**Simulazione pressione misurata**

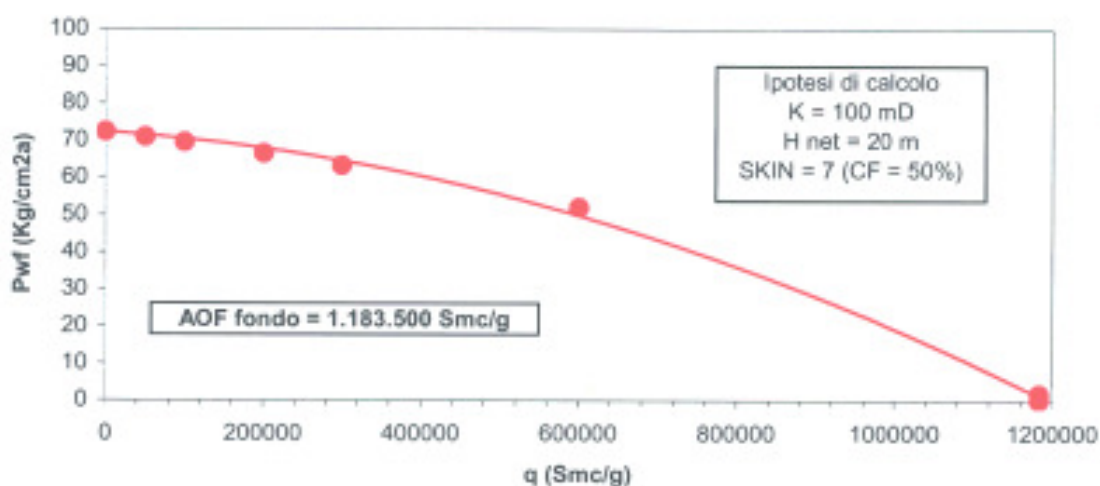


**Simulazione Innalzamento GWC -vs- tempo**

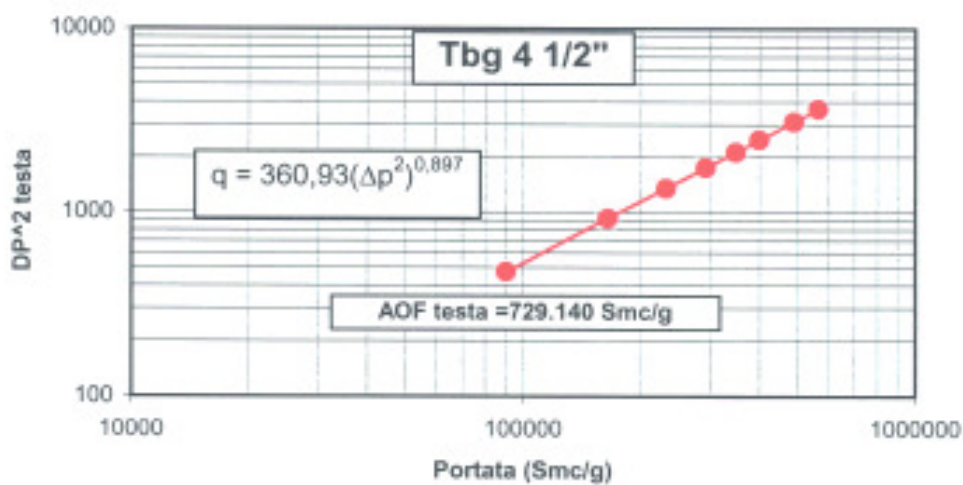


**Campo di Grottole-Ferrandina - Livello "Q1AQ"**  
**Prestazioni del pozzo tipo**

**IPR di fondo**



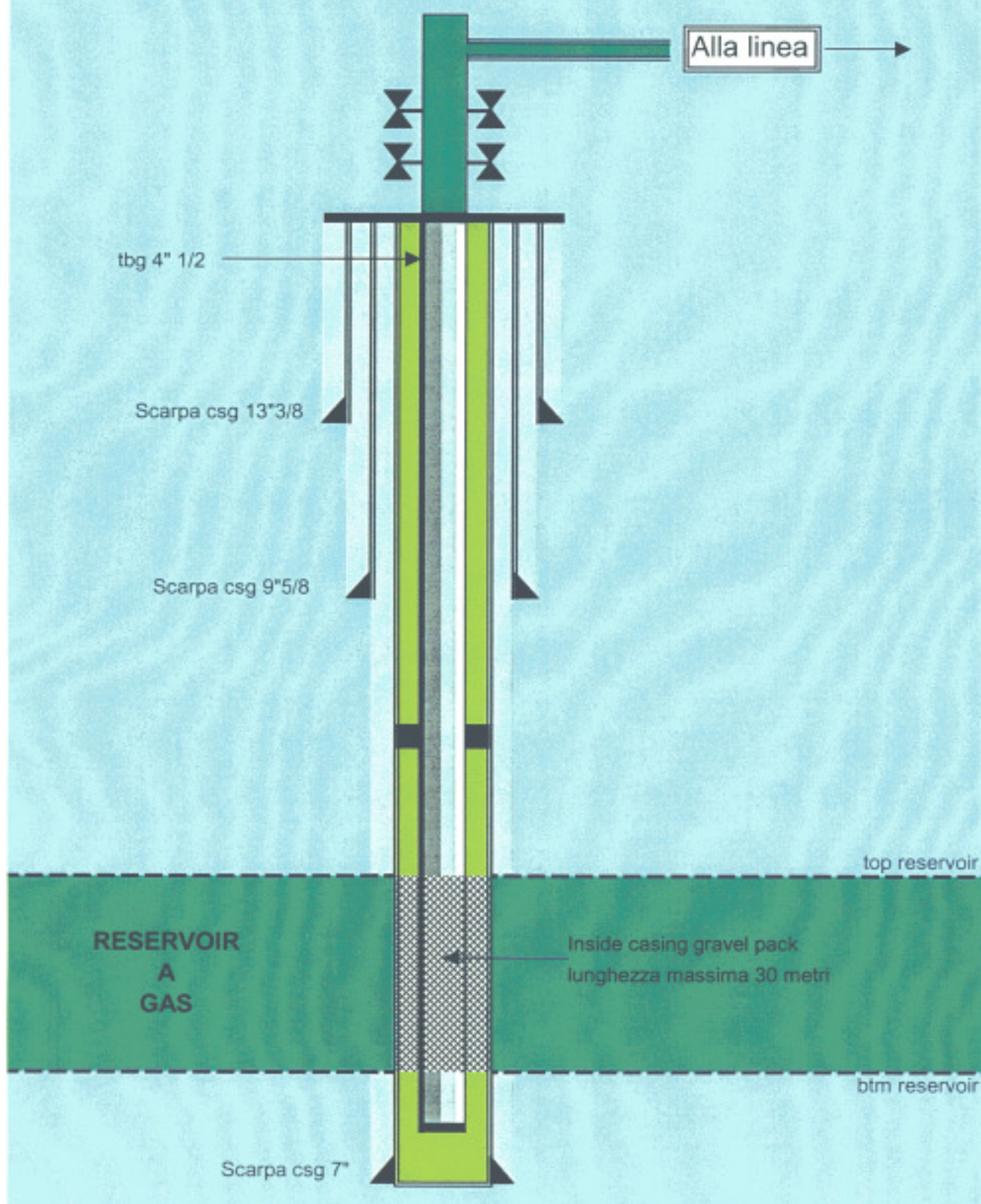
**IPR di testa**



**Portata max per pozzo = 488.000 Smc/g con DP testa = 40%STHP**  
**Completamento pozzo tipo : singolo tbg 4 1/2" di tipo ICGP**

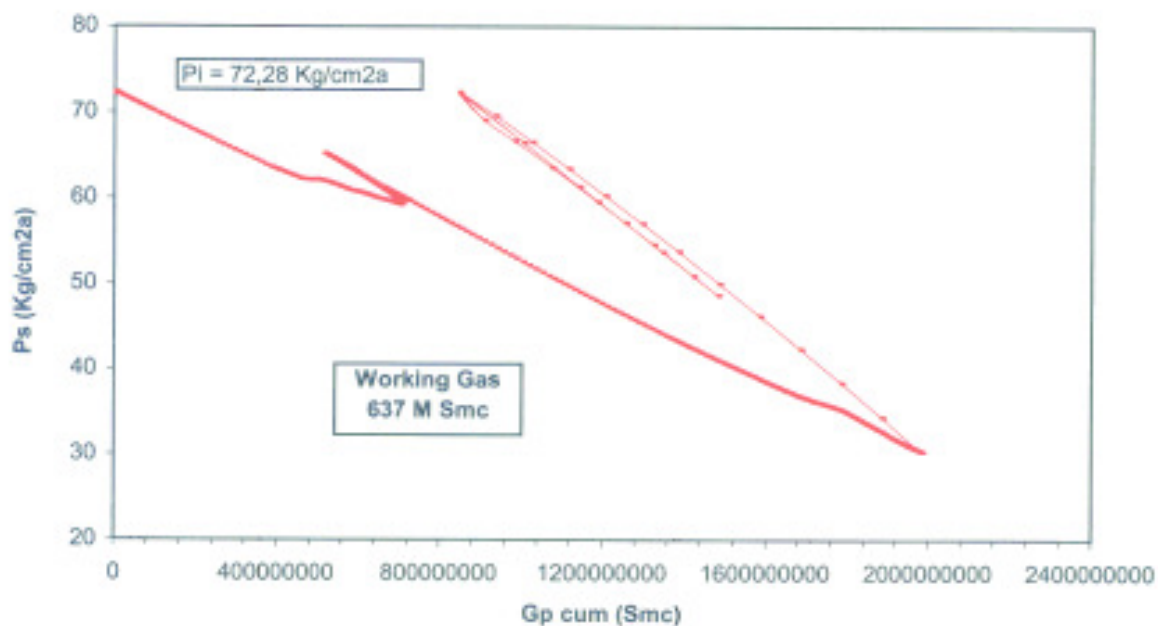


**Campo di Grottole-Ferrandina - Livello "Q1AQ"**  
**Schema di completamento del pozzo tipo**

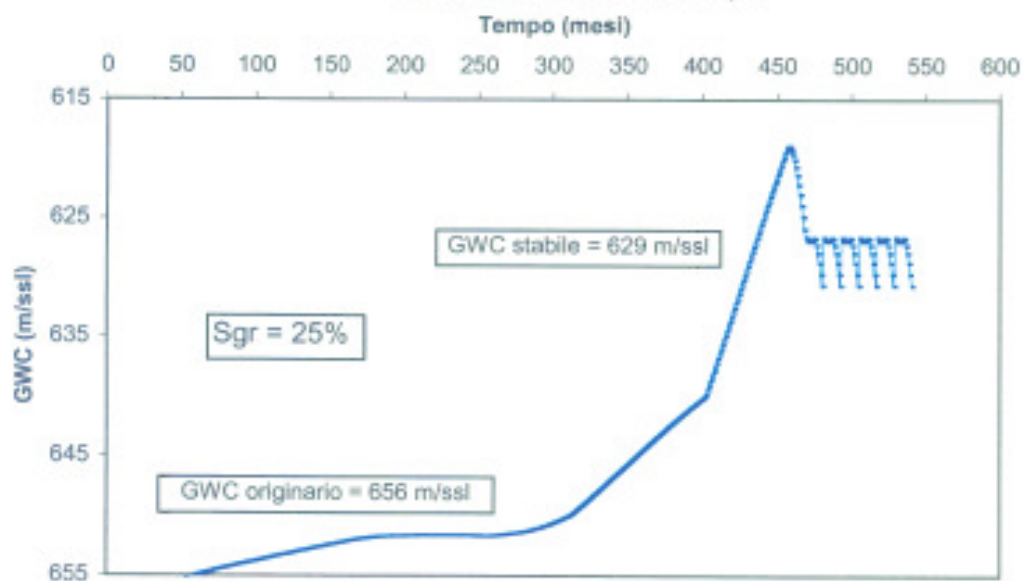


**Campo di Grottole-Ferrandina - Livello "Q1AQ"**  
**Simulazione dello stoccaggio**

**Pressione di giacimento -vs- cumulativa**



**Simulazione GWC -vs Tempo**





**Campo di Grottole-Ferrandina - Livello "Q1AQ"**  
**Prestazioni dello stoccaggio**

**Ipotesi di calcolo**

N.pozzi = 12 dopo W/O (tbg 4 1/2" ICGP)

Pmax = Pi = 72,28 Kg/cm2a @ 620 m/ssl

STHP max = STHPi = 69,53 Kg/cm2a

Dp cost = 40%

qgas max iniziale = 488.000 Smc/g per pozzo

ciclo svasso (mesi)	qgas (Smc/g)	Gp mese (M Smc)	Gp cum (M Smc)	Ps (Kg/cm2a)	STHP (Kg/cm2a)	FTHP (Kg/cm2a)
<b>iniziale</b>	<b>5.856.000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>72,28</b>	<b>69,53</b>	<b>69,53</b>
1	5.234.295	159	159	66,46	63,97	38,07
2	4.505.694	137	296	61,33	59,03	35,07
3	3.720.621	113	409	57,11	54,97	35,00
4	3.012.286	92	501	53,7	51,69	35,00
5	2.459.439	75	576	50,92	49,01	35,00
6	2.021.452	61	637	48,63	46,81	35,00

ciclo invaso (mesi)	qgas inj. (Smc/g)	Gp mese inj. (M Smc)	Gas cum inj. (M Smc)	Ps (Kg/cm2a)	STHP (Kg/cm2a)	FTHP inj. (Kg/cm2a)
<b>iniziale</b>	<b>-5.856.000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>48,63</b>	<b>46,81</b>	<b>46,81</b>
1	-5.234.295	-159	-159	54,59	52,54	74,10
2	-4.505.694	-137	-296	59,55	57,32	74,80
3	-3.720.621	-113	-409	63,54	61,16	74,87
4	-3.012.286	-92	-501	66,65	64,15	74,77
5	-2.459.439	-75	-576	69,08	66,49	74,81
6	-2.021.452	-61	-637	72,3	69,59	76,08

**Risultati di calcolo**

GIP attuale = 715 M Smc

Existing cushion = 541 M Smc (gas libero in testa)

GIP dietro il fronte d'acqua = 204 M Smc (Sgr=25%)

Ricostituzione = 1140 M Smc in 12 mesi

Max Working gas = 637 M Smc

Min Cushion gas = 503 M Smc

qmax di punta = 5.856.000 Smc/g

Efficienza dello stoccaggio = 637/1140 = 55,88%

**Campo di Grottole-Ferrandina - Livello "Q1AQ"**  
**Prestazioni dello stoccaggio per Pmax = 110%Pi**

**Ipotesi di calcolo**

Pmax = 110%Pi = 79,5 Kg/cm<sup>2a</sup> @ 620 m/ssl

STHP max = 110%STHPi = 76,5 Kg/cm<sup>2a</sup>

N.pozzi = 15 (12 dopo W/O)+3 nuovi (tbg 4 1/2" ICGP)

$\Delta p$  cost.max = 40%

qgas max iniziale = 529.000 Smc/g per pozzo

ciclo svasso (mesi)	qgas (Smc/g)	Gp mese (M Smc)	Gp cum (M Smc)	Ps (Kg/cm <sup>2a</sup> )	STHP (Kg/cm <sup>2a</sup> )	FTHP (Kg/cm <sup>2a</sup> )
<b>iniziale</b>	<b>7.935.000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>79,50</b>	<b>76,52</b>	<b>76,52</b>
1	7.533.333	226	226	70,31	67,67	40,71
2	6.233.333	187	413	63,59	61,21	37,15
3	5.100.000	153	566	58,07	55,89	35,10
4	3.966.667	119	685	53,80	51,78	35,38
5	3.100.000	93	778	50,45	48,56	35,66
6	2.433.333	73	851	47,82	46,03	35,91

ciclo invaso (mesi)	qgas inj. (Smc/g)	Gp mese inj. (M Smc)	Gas cum inj. (M Smc)	Ps (Kg/cm <sup>2a</sup> )	STHP (Kg/cm <sup>2a</sup> )	FTHP inj. (Kg/cm <sup>2a</sup> )
<b>iniezione</b>	<b>-7.935.000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>47,82</b>	<b>46,03</b>	<b>46,03</b>
1	-7.533.333	-226	-226	55,00	52,94	75,66
2	-6.233.333	-187	-413	61,00	58,71	76,25
3	-5.100.000	-153	-566	67,00	64,49	77,79
4	-3.966.667	-119	-685	72,00	69,30	78,94
5	-3.100.000	-93	-778	76,00	73,15	80,23
6	-2.433.333	-73	-851	79,50	76,52	81,76

**Risultati di calcolo**

GIP attuale = 715 M Smc

Existing cushion = 541 M Smc (gas libero in testa)

GIP dietro il fronte d'acqua = 204 M Smc (Sgr = 25%)

Ricostituzione = 1362 M Smc in 18 mesi

Max Working gas = 851 M Smc

Min Cushion gas = 511 M Smc

qmax di punta = 7.935.000 Smc/g

Efficienza dello stoccaggio = 851/1362 = 62,5%

**Sviluppo integrato Campi di Pisticci e Grottole-Ferrandina  
Prestazioni complessive dei due campi nel caso  
di centrale unica**

(Pmax = Pi)

<b>Ciclo di svaso totale</b>			
qgas (Smc/g)	Gp mese (M Smc)	Gp cum (M Smc)	FTHPmin. (Kg/cm2a)
6.594.000	0	0	
5.924.927	180	180	38,07
5.138.615	156	337	35,07
4.307.729	131	468	35,00
3.560.536	108	576	35,00
2.974.073	90	666	35,00
2.507.731	76	742	35,00

**Campo di Pisticci livello "Q5"**

N.4 W/O (Tbg 3 1/2")  
 Ricostituzione = 143 M Smc in 30 mesi  
 Max Working gas = 105 M Smc  
 Min Cushion gas = 36 M Smc  
 Efficienza = 73,4%  
 q max di punta = 738.000 Smc/g

<b>Ciclo di invaso totale</b>			
qgas inj. (Smc/g)	Gp mese inj. (M Smc)	Gas cum inj. (M Smc)	FTHPinj,max (Kg/cm2a)
-6.594.000	0	0	
-5.924.706	-180	-180	79,88
-5.143.502	-156	-337	81,57
-4.312.402	-131	-468	83,03
-3.567.902	-109	-576	84,39
-2.978.891	-90	-667	85,39
-2.514.603	-76	-742	86,31

**Campo di Grottole-Ferrandina livello "Q1AQ"**

N.12 W/O (Tbg 4 1/2")  
 Ricostituzione = 1140 M Smc in 12 mesi  
 Max Working gas = 637 M Smc  
 Min Cushion gas = 503 M Smc  
 Efficienza = 55,8%  
 q max di punta = 5.856.000 Smc/g

**Risultati sviluppo integrato dei due campi**

N.16 W/O su pozzi esistenti  
 Ricostituzione = 1283 M Smc  
 Max Working gas = 742 M Smc (FTHPmin = 35 Kg/cm2a)  
 Min Cushion gas = 541 M Smc  
 Efficienza media = 57,8%  
 q max di punta = 6.594.000 Smc/g