



**Regione Basilicata  
Provincia di Matera**

**STUDIO DI GIACIMENTO**

**PER LA CONVERSIONE IN  
STOCCAGGIO DI GAS NATURALE  
DEL CAMPO DI PISTICCI  
(CONC. SERRA PIZZUTA)  
- LIVELLO Q5 -**

- **Settembre 2002**

**GEOGAS SRL**

**STUDIO DI GIACIMENTO**

**PER LA CONVERSIONE IN**  
**STOCCAGGIO DI GAS NATURALE**  
**DEL CAMPO DI PISTICCI**  
**(CONC. SERRA PIZZUTA)**  
**- LIVELLO Q5 -**

**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 stoccaggio dei giacimenti di Grottole-Ferrandina e Pisticci.

Le numerose simulazioni sul giacimento di Pisticci (concessione Serra Pizzuta), utilizzando una pressione di iniezione inferiore o uguale alla pressione vergine di giacimento, hanno permesso di individuare la seguente soluzione:

- ✓ 4 pozzi (esistenti su cui eseguire Work-Over)
- ✓ 2 pozzi di monitoraggio (esistenti)
- ✓ Max Working Gas      105 M Smc      (Milioni di Standard metri cubi)
- ✓ Min Cushion Gas      38 M Smc
- ✓ Portata max di punta   0,738 M Smc/giorno
- ✓ Efficienza dello stoccaggio   73,4%

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:

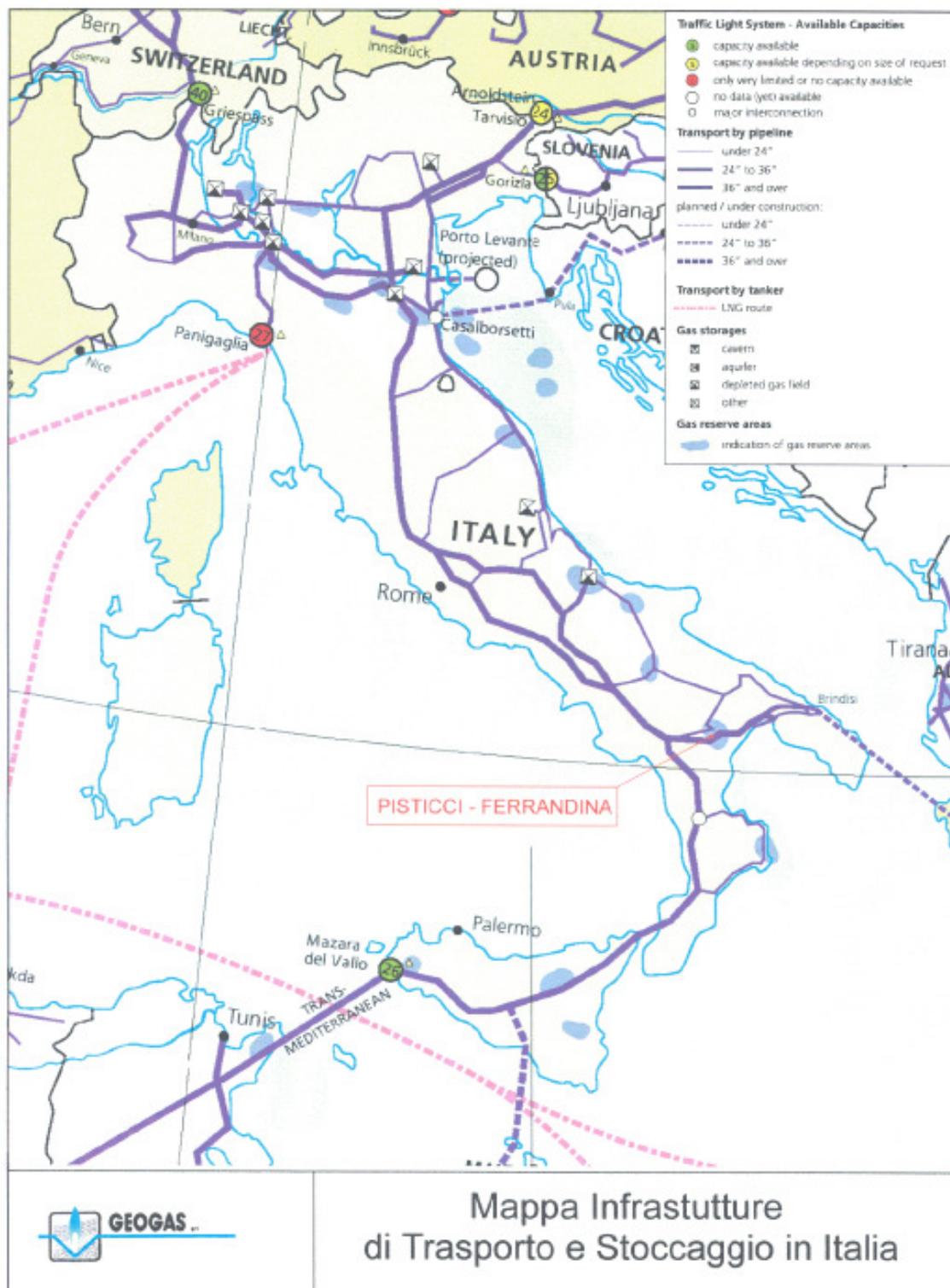
- ✓ 7 pozzi (4 esistenti sui effettuare il Work-Over e 3 da perforare)
- ✓ 2 pozzi di monitoraggio (esistenti)
- ✓ Max Working Gas 198MSmc
- ✓ Min Cushion Gas 72 M Smc
- ✓ Portata max di punta 1,484 M Smc/giorno
- ✓ Efficienza dello stoccaggio 73,3%

In considerazione della vicinanza del campo di Ferrandina (c.ca 20 Km), di un metanodotto che collega il campo di Ferrandina alla Centrale del campo di Pisticci, delle pressioni di giacimento similari, 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 Pisticci e Grottole- Ferrandina con un'unica centrale**

## **4. - Conclusioni**

# Indice Allegati

## **Campo di Pisticci - Livello "Q5"**

- 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 Pisticci e Grottole-Ferrandina con centrale unica

# 1 - Introduzione

Il campo di Pisticci (Concessione Serra Pizzuta) è ubicato in Basilicata in provincia di Matera. La scoperta risale al 1960 e in totale sono stati perforati 44 pozzi.

Il livello individuato dalle Autorità Minerarie come potenzialmente idoneo allo stoccaggio è il livello denominato "Q5", 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 Grottole-Ferrandina utilizzando un'unica centrale di trattamento e compressione

Il livello "Q5" è stato coltivato da 9 pozzi tutti chiusi dal 1991 per autocolmatamento (acqua di strato e sabbia), di questi il pozzo 20 è in un blocco separato idraulicamente, il pozzo 10 è chiuso minerariamente risultano pertanto esercibili 7 pozzi (3-12-17-23-25d-26d-27d).

La produzione cumulativa di gas alla chiusura del livello è stata di circa 573 M Smc.

## 2 - Geologia

### 2.1 - Inquadramento geologico

Il giacimento di Pisticci si trova in Basilicata nella provincia di Matera, ubicato a 25 km circa a S del capoluogo, nonostante sia nella valle del Fiume Basento la sua collocazione geologica è da attribuire alla parte sudorientale della Fossa Bradanica (All.1).

Nell'area della Fossa Bradanica dal Triassico medio fino al Miocene permaseo 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 Pisticci 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 Pisticci il livello preso in esame per una sua valutazione all'idoneità allo stoccaggio di gas è denominato Q5, 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 771 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

Nel campo di Pisticci sono stati perforati 44 pozzi e nonostante ciò sia avvenuto qualche decennio fa, con le possibilità ed i mezzi tecnologici disponibili al tempo, oggi siamo in grado di disporre di moderni set di log elettrici tali da fornire una completa valutazione dei parametri petrofisici dei livelli mineralizzati, in quanto successivi interventi di work-over hanno consentito l'esecuzione di nuove registrazioni in foro tubato in base alle quali sono stati ricostruiti i valori di porosità (28%), saturazione in acqua (30%), mentre per il rapporto pay netto/pay lordo (68%) del serbatoio considerato ci si è avvalsi delle originarie registrazioni in foro scoperto (All.2).

Infine dalle mappe in isobate del livello Q5 sono stati calcolati i volumi lordi di roccia (82 M mc), costruiti i diagrammi superfici/altezze fino al GWC (-771 m s.l.m.) ed, utilizzando un fattore di volume di 0.01207 mc/Smc, si è giunti alla quantità di gas originariamente in posto (GOIP) che risulta di **905 M Scm**.

## 3 - Studio dinamico di giacimento

### 3.1 - Comportamento e simulazione della produzione primaria

La produzione cumulativa di gas è stata di 573 M Smc, il livello è chiuso dal 1991 per autocolmatamento (acqua e sabbia in pozzo).

I pozzi interessati alla coltivazione sono stati 3-10-12-17-23-25-26 e 27.

Attualmente ad eccezione del pozzo 10 chiuso minerariamente risultano tutti disponibili.

Il pozzo 20 che insiste su una porzione di reservoir separata idraulicamente dal resto del campo è stato escluso dal calcolo.

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) = **850 M Smc**
- ✓ Il meccanismo di produzione è per forte 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 771 m/ssl (GWC originario) a 733 m/ssl (GWC attuale).

Senza investimenti aggiuntivi (interventi di ricompletamento) non sono valutabili riserve ancora producibili.

In questa situazione il bilancio dei fluidi ha evidenziato che il volume di gas in posto attualmente = **277 M Smc**, di cui:

- ✓ volume di gas in testa (fra top e GWC attuale) = 99 M Smc
- ✓ volume come gas residuo dietro il fronte d'acqua (Sgr = 20%) = 178 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 non è producibile allo stato attuale ma può essere considerato e utilizzato come parte del cuscino di gas.

La pressione attuale di giacimento prevista da modello risulta di circa 71 Kg/cm<sup>2</sup>a.

La valutazione geologica ha indicato un volume di gas in posto statico (GOIP statico) = 905 M Smc, volume che include anche l'area drenata dal pozzo 20 e pertanto in linea con la valutazione dinamica di 850 M Scm essendo quest'ultima eseguita senza considerare il contributo del pozzo 20.

## 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 10 m e una permeabilità media di 85 mD, assumendo infine un fattore di skin (fattore di danneggiamento) pari a 7 (completion factor = 50%) risulta un open flow a fondo pozzo di 714.300 Smc/g (All.8).

Immaginando di completare il pozzo con tbg da 3" 1/2 è stata ottenuta la potenzialità a testa pozzo con un valore di AOF di testa pari a 460.159 Smc/g e tenuto conto dei fenomeni di water coning è stata calcolata la portata max per il pozzo tipo di 184.500 Smc/g applicando un DP alla testa del 20% (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 82,2 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 3-25d-26d e 27d, gli interventi dovranno escludere gli spari profondi in acqua con apertura al top in gravel pack, utilizzo di tbg da 3" <sup>1/2</sup>.
- 2- Iniezione nei 6 mesi estivi e chiusura nei 6 mesi invernali
- 3- Iniezione al 1° anno di circa 12 M Smc/mese x 6 mesi (volume iniettato = 72 MSmc)
- 4- Iniezione al 2° anno di circa 6,3 M Smc/mese x 6 mesi (volume iniettato = 38 MSmc)
- 5- Iniezione al 3° anno di circa 5,5 M Smc/mese x 6 mesi (volume iniettato = 33 MSmc)

Il volume iniettato complessivamente (working gas + cushion gas) in 18 mesi risulta di 143 M Smc senza il superamento della pressione vergine e con pressione dinamica max di iniezione a testa pozzo di circa 86 Kg/cm<sup>2a</sup> (STHPi = 77,95 Kg/cm<sup>2a</sup>).

Si sottolinea che già dopo 4 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 4 pozzi.

Il ciclo stabile ha indicato i seguenti risultati:

- ✓ Max Working gas = 105 M Smc
- ✓ Min Cushion gas = 38 M Smc
- ✓ Q max di punta = 738.000 Smc/g
- ✓ Efficienza dello stoccaggio = 73,4%
- ✓ FTHP min a fine svaso = 49 Kg/cm<sup>2</sup>a
- ✓ FTHP max in iniezione = 86 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 "Q5" del campo di Pisticci può essere realizzato con 4 pozzi esistenti (3-25d-26d-27d) 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 3<sup>n1/2</sup>

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 12 e 17 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:

$$SBHP_{max} = 90,4 \text{ Kg/cm}^2, \quad STHP_{max} = 85,7 \text{ Kg/cm}^2.$$

Utilizzando lo stesso criterio di riempimento si avrebbe che in 18 mesi di iniezione (working gas + cushion gas) intervallati da periodi di chiusura (in totale 30 mesi) sarebbe possibile iniettare 270 M Smc con  $FTHP_{max}$  in iniezione pari a circa 94 Kg/cm<sup>2</sup>. l'iniezione del solo cushion avverrebbe in circa 6 mesi.

Dalla simulazione risulterebbero necessari 7 pozzi (4 dopo W/O e 3 nuove perforazioni).

Si otterrebbero le seguenti prestazioni:

$$\text{Max Working gas} = 198 \text{ M Smc}$$

$$\text{Min Cushion gas} = 72 \text{ M Smc}$$

$$Q \text{ max di punta} = 1.484.000 \text{ Smc/g}$$

$$\text{Efficienza dello stoccaggio} = 73,3\%$$

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 Pisticci e Grottole-Ferrandina 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 "Q5" del campo di Pisticci sono riassunti, in sintesi, qui di seguito:

1- Lo studio di giacimento ha dimostrato la possibilità tecnica di adibire a stoccaggio il livello "Q5" del campo di Pisticci.

2- La simulazione del comportamento passato (history match) ha indicato un volume di gas in posto originario GOIPdinamico = 850 M Smc in linea con la valutazione statica (GOIP statico = 905 M Smc), il fattore di recupero in produzione primaria è stato del 67,4%. Il livello è caratterizzato da forte spinta d'acqua che ha limitato le prestazioni.

3- La buona produttività della formazione non può essere sfruttata per il rischio elevato di water coning, infatti le portate max sono state limitate applicando un DP modesto e pari al 20% 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=4 (pozzi esistenti con interventi W/O di ricompletamento ICGP e Tbg singoli 3 1/2")
- N. pozzi di monitoraggio = 2 (pozzi 12 e 17)
- Volume di riempimento (working gas + cushion gas)= 143 M Smc in 30 mesi (6 mesi iniezione – 6 mesi chiuso)
- Iniezione del cushion gas in 4 mesi
- Max Working gas stabilizzato = 105 M Smc (6 mesi di svaso)
- Min Cushion gas = 38 M Smc
- Max portata di punta = 738.000 Smc/g
- Efficienza dello stoccaggio = 73,4%
- FTHP min in erogazione a fine ciclo di svaso = 49 Kg/cm<sup>2a</sup> (pressione rete 32-35 Kg/cm<sup>2a</sup>)
- FTHP max in iniezione a fine ciclo di invaso = 86 Kg/cm<sup>2a</sup>

5- Il caso di sensitivity con Pmax = 110%Pi ha indicato un notevole miglioramento delle prestazioni a fronte di un maggior volume di gas necessario alla ricostituzione (vedi All.12)

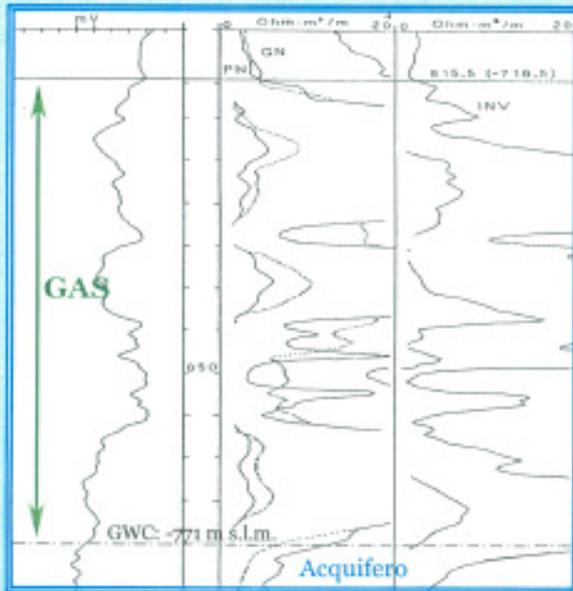
6- L'ipotesi di sfruttare i campi di Pisticci e Grottole-Ferrandina attraverso un'unica centrale ha indicato il vantaggio di una più facile e logica gestione ed una maggior elasticità del sistema stoccaggio.



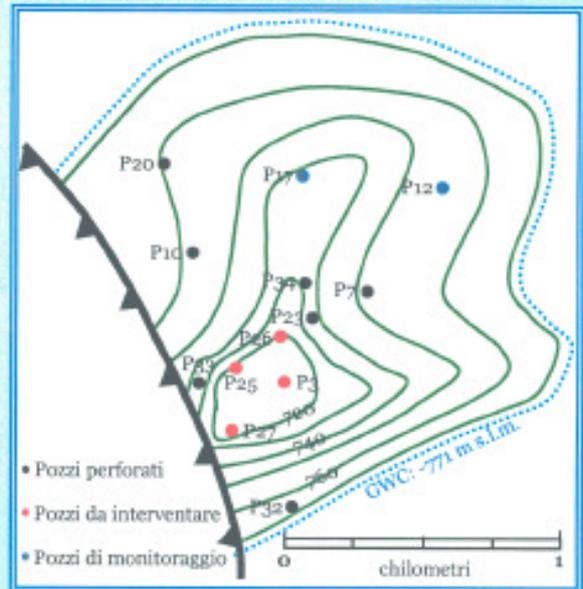
# Campo di Pisticci

## Quadro geologico di sintesi

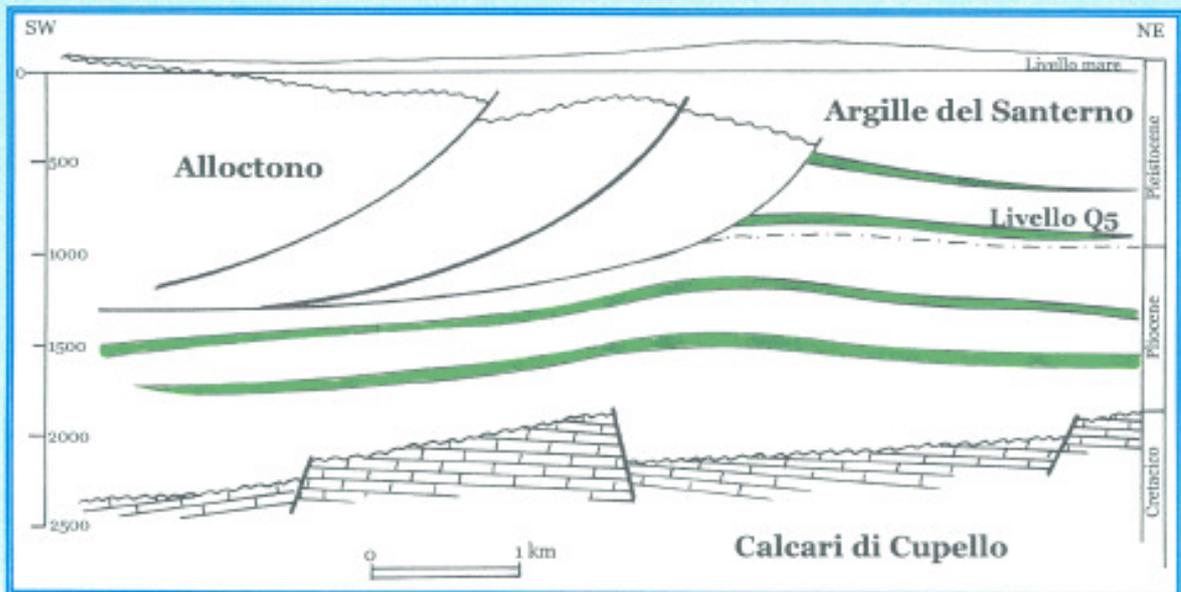
Pisticci 3 - log elettrico livello Q5



Mappa di top del livello Q5 (isobate da 1.m.)



Sezione geologica schematica



Campo di Pisticci - Progetto di fattibilità per la trasformazione in stoccaggio

**Campo di Pisticci - Livello "Q5"  
Parametri iniziali di giacimento, PVT e Test**

Datum = 771 m/ssl  
 Pi = 82,2 Kg/cm2a  
 Ts = 40 °C  
 γ gas = 0,56 (aria =1)  
 STHPi = 77,96 Kg/cm2a

Legge Z = f(Ps) = 3E<sup>-08</sup>P<sub>s</sub><sup>2</sup>-0,0016P<sub>s</sub> +1  
 Legge STHP = 0,9495P<sub>s</sub>  
 gradiente idraulico Γ<sub>i</sub> = 0,107 Kg/cm2/m  
 gradiente termico Γ<sub>t</sub> = 0,05188 °C/m

GWC iniziale di fondo = 771 m/ssl  
 Swi = 30%

Pozzo	compl.	Livello	Spari (m/RT MD)	Spari (m/ssl)	N/G (%)	k	CF
10	conv.	Q5	900-906	758-764	62	96,4	>100
20	conv.	Q5 separato	924-930	759-765	75	68,4	>100

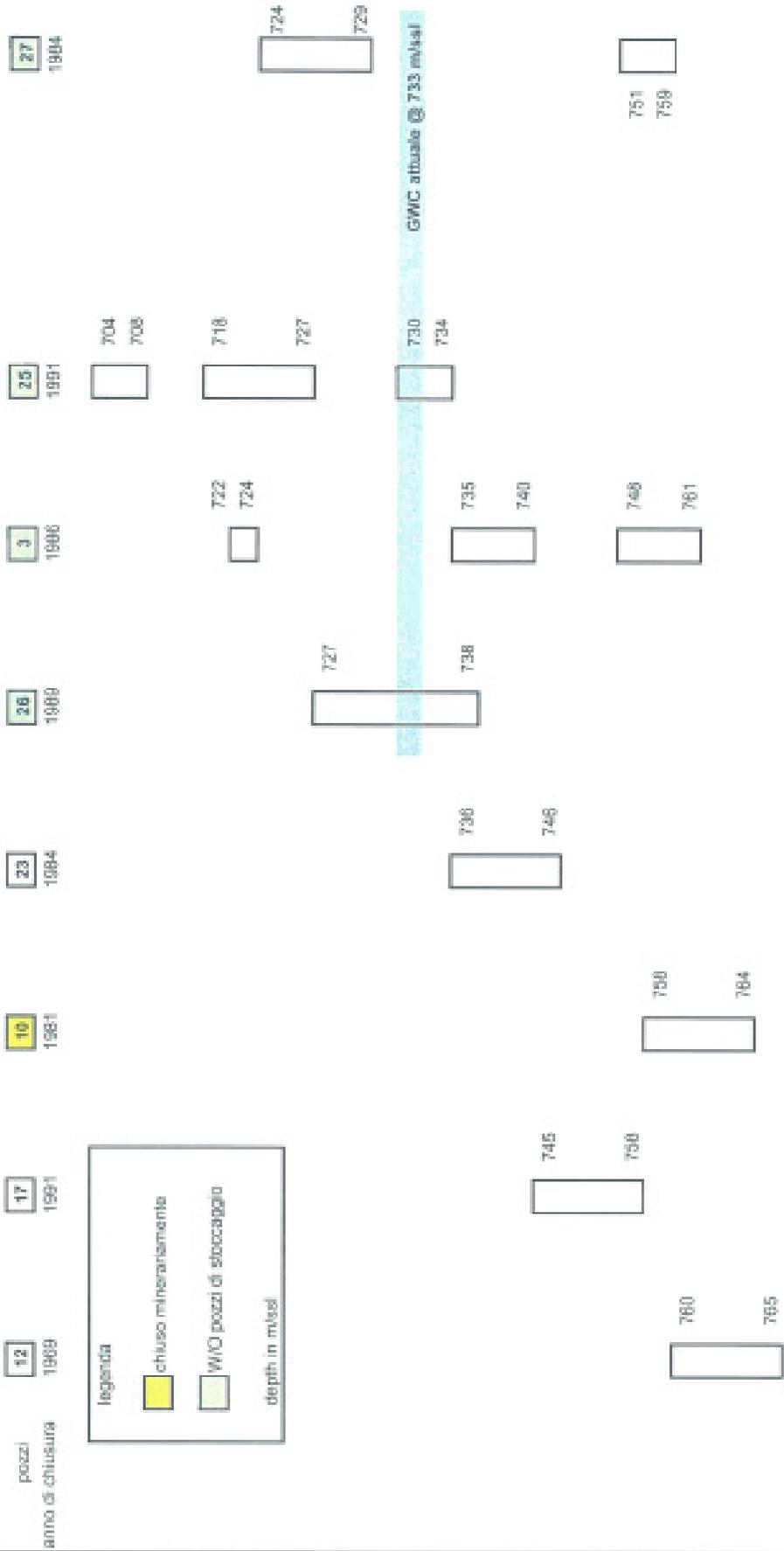
Pozzo	qmax (Smc/g)	net pay (m)	gross pay (m)	Dp testa (%)	data
10	120000	6,5	10,5	11	15/03/1974
20	28000	9	12	12	21/02/1991

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.

Il pozzo 20 risulta separato dal resto del campo, compartimentazione di tipo litologico.

Dalle misure si osserva che ad una stessa data (fra il 1988 e il 1990) la pressione media di campo era dell'ordine di 69 Kg/cm2a, mentre la pressione del pozzo 20 era di circa 38 Kg/cm2a.

Campo di Pistocchi - Livello "Q5"  
 Distribuzione dei completamenti e status attuale



**Campo di Pistlicci - Livello "Q5"**  
**Comportamento storico della produzione e delle pressioni**

Data	Portata gas (Smc/d)	Prod.anno (M Smc)	Prod.Cum. (M Smc)	Note
31/12/64	21.578	3.084	3.084	06-1964 apertura pozzi 3-19-12-17
31/12/65	132.714	47.777	51.061	
31/12/66	114.250	41.130	92.791	
31/12/67	215.847	77.705	170.496	
31/12/68	79.833	26.740	199.236	
31/12/69	85.594	30.814	230.050	
31/12/70	26.583	9.210	239.260	
31/12/71	57.131	20.567	259.827	
31/12/72	61.881	22.270	282.097	
31/12/73	77.389	27.860	309.957	
31/12/74	89.382	36.781	345.738	
31/12/75	51.475	18.531	364.269	
31/12/76	84.953	30.583	394.852	
31/12/77	89.596	30.800	425.652	apertura pozzi 25d-26d-27d
31/12/78	-134.263	-48.313	377.339	Esercizio di stoccaggio
31/12/79	-8.076	-3.268	374.071	periodo 1978-1984
31/12/80	10.194	3.670	377.741	Intervento pozzo 23
31/12/81	41.636	14.869	392.730	Gas iniettato nel periodo = 153 M Smc
31/12/82	247.992	89.277	482.007	Gas prodotto nel periodo = 197 M Smc
31/12/83	-42.564	-15.334	466.673	
31/12/84	8.528	3.070	469.743	
31/12/85	189.644	68.272	538.015	
31/12/86	35.336	8.121	547.136	
31/12/87	32.239	11.608	558.742	
31/12/88	17.692	6.369	565.111	
31/12/89	12.306	4.459	569.570	
31/12/90	7.258	2.612	572.182	
31/12/91	2.272	0.818	573.000	chiusura per acqua e sabbia

datum delle pressioni @ 771 missi

Data	Prod.Cum. (M Smc)	Ps media (Kg/cm2a)
30/06/64	0	62,20
30/09/64	1,5	60,60
31/10/64	2,6	78,70
30/11/65	43,8	76,60
1/05/66	61,7	77,85
31/03/69	201,6	73,57
12/07/71	252,0	73,90
26/07/72	279,9	73,85
16/10/72	280,5	74,00
15/03/74	369,9	74,30
19/01/76	364,2	73,26
09/03/77	348,8	72,56
18/02/78	425,6	72,81
05/07/78	401,6	73,13
07/09/78	362,0	76,36
30/03/80	375,0	76,07
04/04/81	381,7	72,33
25/08/81	389,8	76,81
28/04/82	432,5	72,49
19/04/83	476,9	69,20
03/07/86	542,5	68,87
21/06/88	562,0	69,30
17/10/92	573,0	72,30

**Note:**

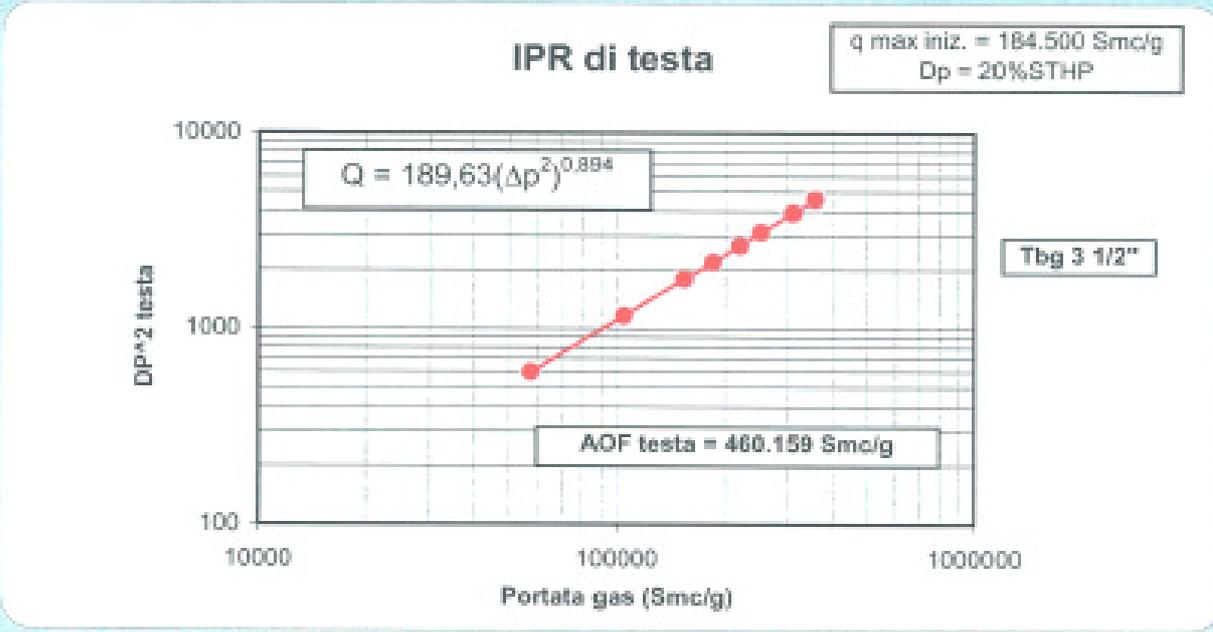
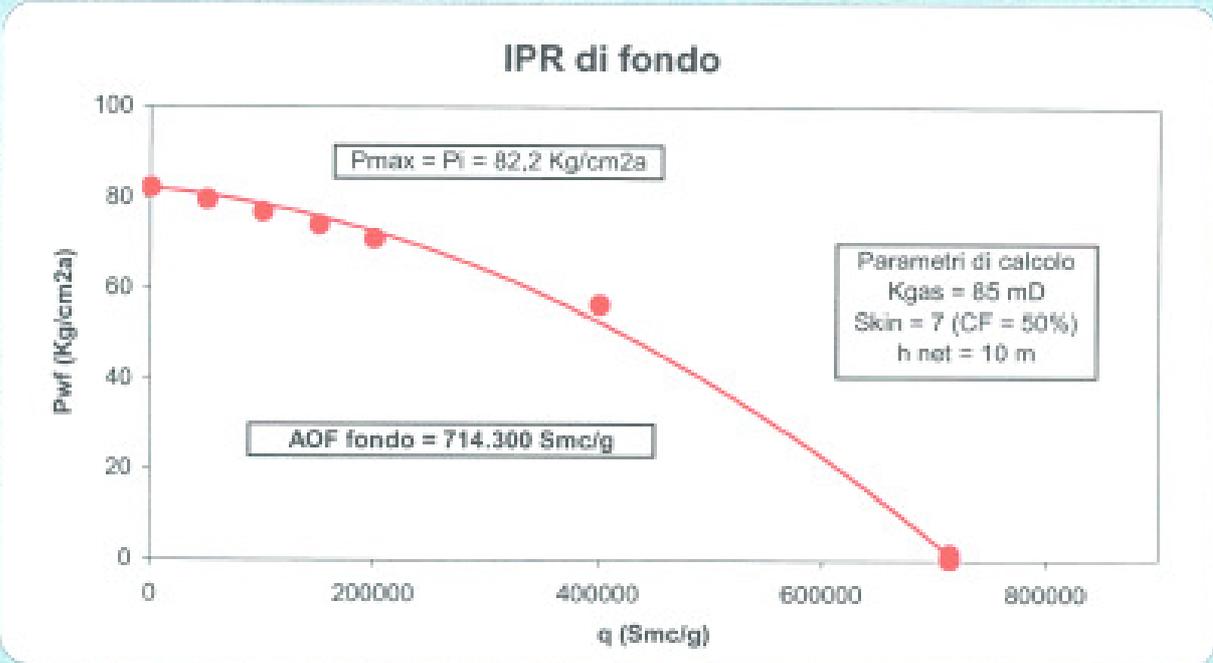
- 1- Non è inclusa la produzione del pozzo 20 espletato dal resto del campo
- 2- pozzo 3 chiuso per acqua e sabbia nel 1986
- 3- pozzo 10 chiuso nel 1984 per acqua e sabbia (ch-min.)
- 4- pozzo 12 chiuso nel 1989 per acqua (lettura condotta)
- 5- pozzo 17 chiuso nel 1978 per acqua e sabbia
- 6- pozzo 23 abbandonato nel 1991 W/O
- 7- pozzo 25d chiuso nel 1991 (disponibile)
- 8- pozzo 26d chiuso nel 1991 (livelli collettivi profondi da aprire)
- 9- pozzo 27d chiuso nel 1991

### Campo di Pisticci - Livello "Q5" Material Balance P/Z -vs- Gp

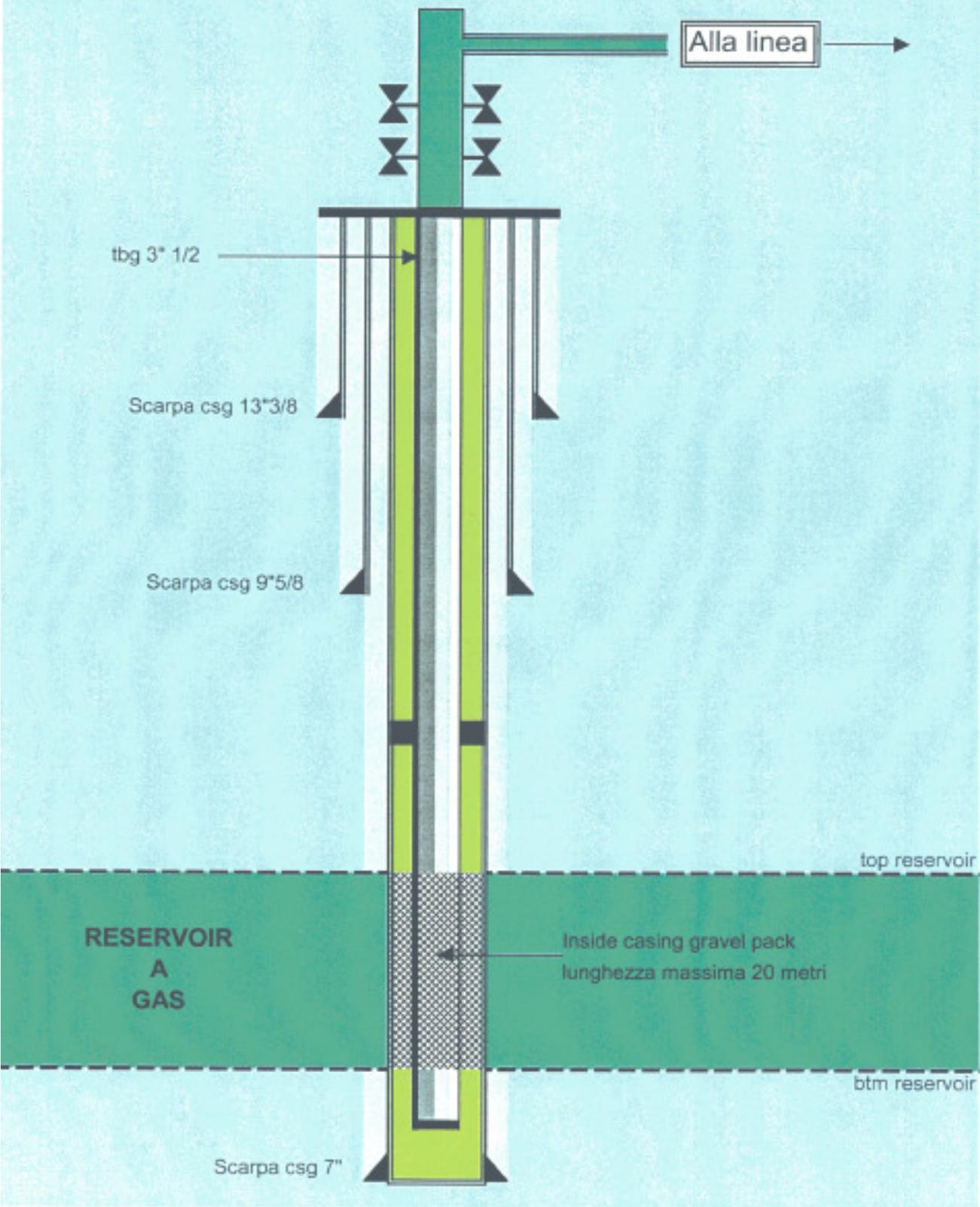




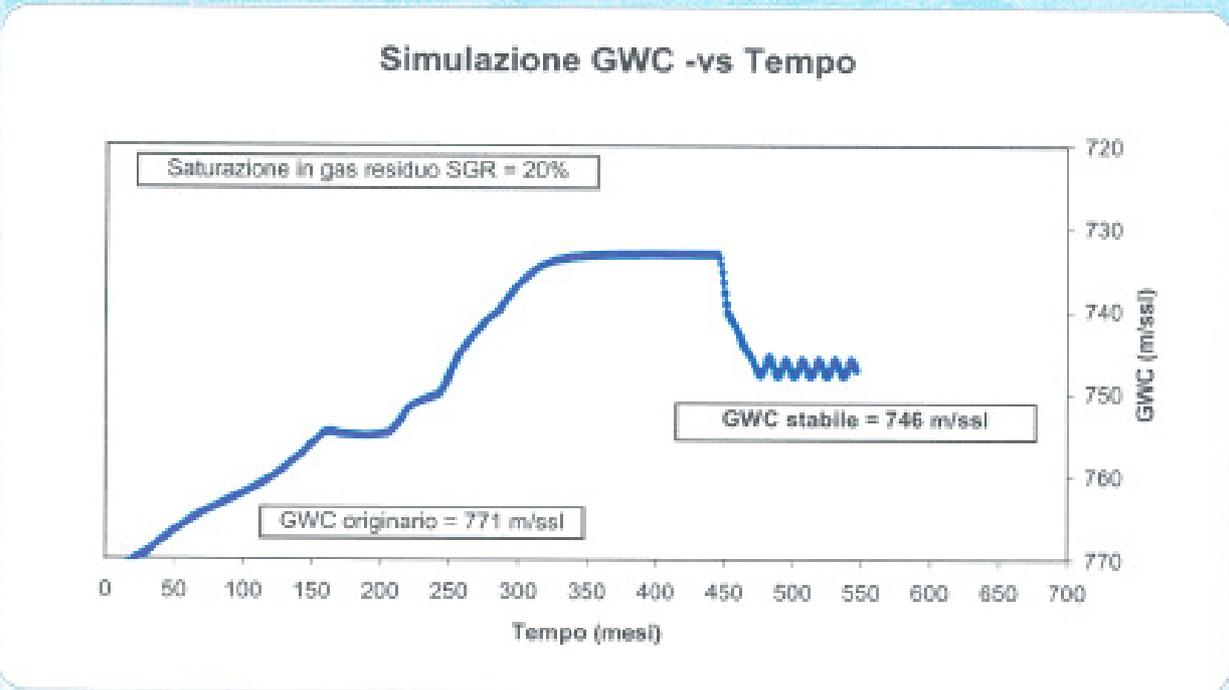
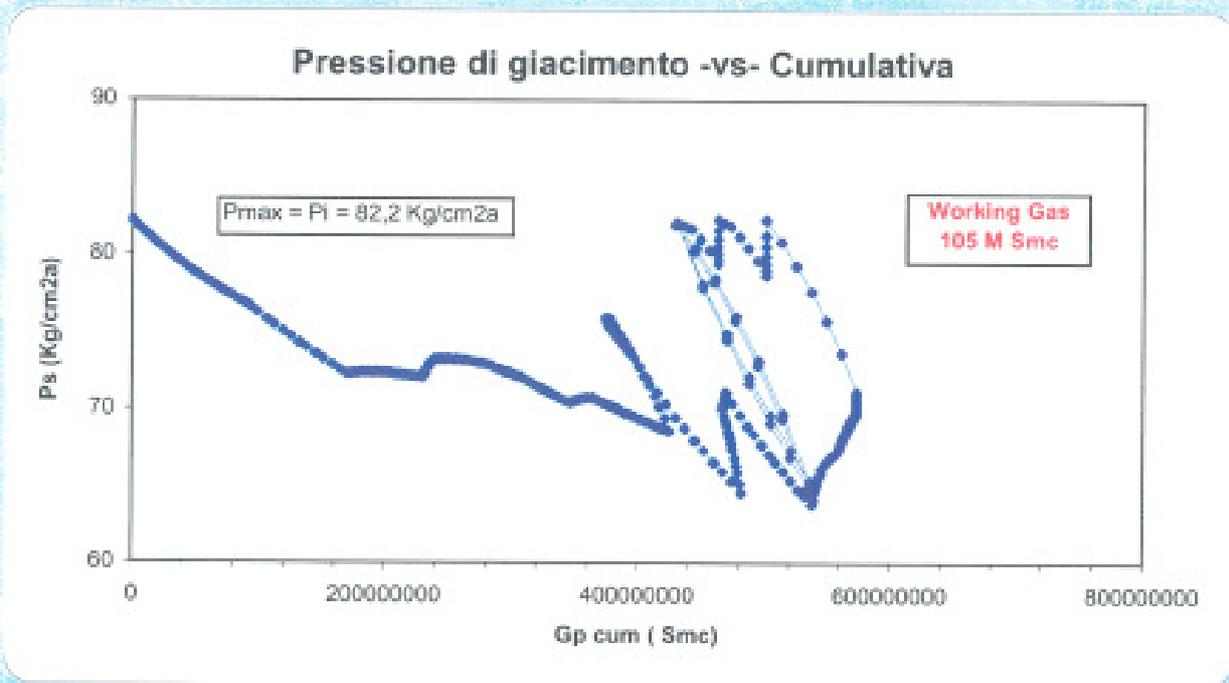
**Campo di Pisticci - Livello "Q5"  
Prestazioni del pozzo tipo**



### Campo di Pisticci - Livello "Q5" Schema di completamento del pozzo tipo



### Campo di Pisticci - Livello "Q5" Simulazione dello stoccaggio



**Campo di Pisticci - Livello "Q5"**  
**Prestazioni dello stoccaggio**

**Ipotesi di calcolo**

N.pozzi = 4 dopo W/O (tbg 3 1/2" ICGP)  
 Pmax = Pi = 82,2 Kg/cm2a @ 771 m/ssl  
 STHP max = STHPi = 77,95 Kg/cm2a  
 $\Delta p$  cost.max = 20%  
 qgas max iniziale = 184.500 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>738.000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>82,20</b>	<b>77,95</b>	<b>77,95</b>
1	690.632	21	21	77,86	73,93	59,20
2	632.921	19	40	74,54	70,78	56,57
3	587.108	18	58	71,65	68,03	54,32
4	548.250	17	75	69,10	65,61	52,33
5	514.634	16	90	66,88	63,50	50,55
6	486.279	15	105	64,95	61,67	49,01

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>-738.000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>64,95</b>	<b>61,67</b>	<b>61,67</b>
1	-690.411	-21	-21	69,37	65,87	79,88
2	-637.808	-19	-40	72,85	69,17	81,57
3	-591.781	-18	-58	75,77	71,94	83,03
4	-555.616	-17	-75	78,25	74,30	84,39
5	-519.452	-16	-91	80,25	76,20	85,39
6	-483.151	-15	-105	81,91	77,77	86,31

**Risultati di calcolo**

GIP attuale = 277 M Smc  
 Existing cushion = 99 M Smc (gas libero in testa)  
 GIP residuo dietro il fronte d'acqua = 178 M Smc  
 Ricostituzione = 143 M Smc in 30 mesi  
**Max Working gas = 105 M Smc**  
 Min Cushion gas = 143 - 105 = 38 M Smc  
 qmax di punta = 738.000 Smc/g  
 Efficienza dello stoccaggio = 105/143 = 73,4%

**Campo di Pisticci - Livello "Q5"**

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

**Ipotesi di calcolo**

$P_{max} = 110\%P_i = 90,4 \text{ Kg/cm}^2\text{a @ } 771 \text{ m/ssl}$   
 $STHP_{max} = 110\%STHP_i = 85,7 \text{ Kg/cm}^2\text{a}$   
 $N.\text{pozzi} = 7 \text{ (5 dopo W/O)+2 nuovi (tbg } 3 \text{ 1/2" ICGP)}$

$\Delta p_{cost,max} = 20\%$

$q_{gas,max} \text{ iniziale} = 212.000 \text{ Smc/g per pozzo}$

ciclo svaso (mesi)	$q_{gas}$ (Smc/g)	Gp mese (M Smc)	Gp cum (M Smc)	$P_s$ (Kg/cm <sup>2</sup> a)	STHP (Kg/cm <sup>2</sup> a)	FTHP (Kg/cm <sup>2</sup> a)
iniziale	1.484.000	0	0	90,40	85,70	85,70
1	1.433.333	43	43	83,68	79,45	61,98
2	1.266.667	38	81	78,31	74,36	58,11
3	1.133.333	34	115	73,77	70,04	54,82
4	1.000.000	30	145	69,80	66,28	52,35
5	933.333	28	173	66,29	62,94	49,32
6	833.333	25	198	63,18	59,99	47,45

ciclo invaso (mesi)	$q_{gas} \text{ inj.}$ (Smc/g)	Gp mese inj. (M Smc)	Gas cum inj. (M Smc)	$P_s$ (Kg/cm <sup>2</sup> a)	STHP (Kg/cm <sup>2</sup> a)	FTHP inj. (Kg/cm <sup>2</sup> a)
iniziale	1.484.000	0	0	63,18	59,99	59,99
1	-1.433.333	-43	-43	70,75	67,18	83,57
2	-1.266.667	-38	-81	76,48	72,62	86,17
3	-1.133.333	-34	-115	81,09	76,99	88,48
4	-1.000.000	-30	-145	84,75	80,47	90,15
5	-933.333	-28	-173	87,71	83,28	92,01
6	-833.333	-25	-198	90,40	85,70	93,23

**Risultati di calcolo**

GIP attuale = 277 M Smc

Existing cushion = 99 M Smc (gas libero in testa)

GIP residuo dietro il fronte d'acqua = 178 M Smc

Ricostituzione = 270 M Smc in 30 mesi

**Max Working gas = 198 M Smc**

Min Cushion gas = 270 - 198 = 72 M Smc

$q_{max} \text{ di punta} = 1.484.000 \text{ Smc/g}$

Efficienza dello stoccaggio =  $198/270 = 73,3\%$

**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