



Engineering  
Management  
Contracting

ENGEA  
CONSULTING

ISAMGEO



# CONSIDERAZIONI SUL MODELLO DINAMICO

## Appendice H Parte 2a del SIA

### IMPIANTO SMALL SCALE LNG PLANT

Collesanto gas field

-	01	28/11/2023	EMISSIONE PER ENTI	ISAMGEO	ITF Cosmep	ITF Cosmep
-	00	20/11/2023	EMISSIONE PER ENTI	ISAMGEO	ITF Cosmep	ITF Cosmep
Status	Rev. n.	Data	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato



Engineering  
Management  
Contracting



## INDICE

1. Sintesi non tecnica .....	3
2. Dettagli tecnici .....	5
3. Step successivi.....	7
Bibliografia.....	8

## 1. Sintesi non tecnica

A valle della realizzazione del modello statico del giacimento di Colle Santo, per simulare la produzione di gas verrà costruito un modello numerico 3D fluido-dinamico, tramite il software tNavigator®.

La simulazione riprodurrà lo scenario di sviluppo definito da LNEnergy S.r.l. che prevede la messa in produzione del campo tramite i due pozzi esistenti Monte Pallano 1dir (MP 1dir) e Monte Pallano 2dir (MP 2dir), per la produzione di gas naturale liquefatto (LNG).

I risultati del modello fluido-dinamico saranno successivamente utilizzati come input per la costruzione del modello geomeccanico, e di conseguenza per la valutazione finale della subsidenza e per l'analisi di stabilità delle faglie, visto che la Sottocommissione VIA nel parere 601 aveva già richiesto espressamente:

*Caratterizzazione delle relazioni tra il giacimento di gas, l'acquifero presente nell'area e il loro comportamento simulato in funzione di vari scenari di produzione, con stima della associata subsidenza e dei meccanismi di ripressurizzazione potenziali (Parere CTVIA n. 601 del 14 novembre 2022 – Pag. 29)*

Lo sviluppo del modello di flusso si compone dei seguenti passaggi:

1. Raccolta e valutazione critica dei dati disponibili, inclusi dati PVT e analisi (di routine e speciali) di carote.
2. Studio e interpretazione dei test di pozzo effettuati per definire i parametri di produzione da utilizzare nel modello.
3. Calcolo e distribuzione dei parametri principali (permeabilità, trasmissività, compressibilità, curve di permeabilità relativa, ...).
4. Inizializzazione del modello: inizializzazione modello dinamico e calcolo volumi in posto (GOIP).
5. Simulazioni di produzione dai pozzi con associata analisi di sensitività. Step chiave sarà la definizione dell'acquifero, per cui verranno valutati diversi scenari, tra i quali alcuni cautelativi, finalizzati sia alla valutazione della peggiore situazione sia in termini di subsidenza che di stabilità delle faglie.
6. Analisi dei risultati.

Nella prima fase è stato dunque rivisto tutto il materiale, composto da report (rapporti AGIP degli anni '80 e '90, report petrofisico del 2005, studio di giacimento di Bello 2007 e 2008, studio Dream 2016) e dati (analisi fluidi, analisi carote, ...), per definire i parametri dinamici da inserire nel modello. Sono stati

revisionati i dati e l'interpretazione dei test effettuati sui pozzi di Bomba 1, Bomba 2, Bomba 3, Montepallano 1 dir e Montepallano 2 dir.

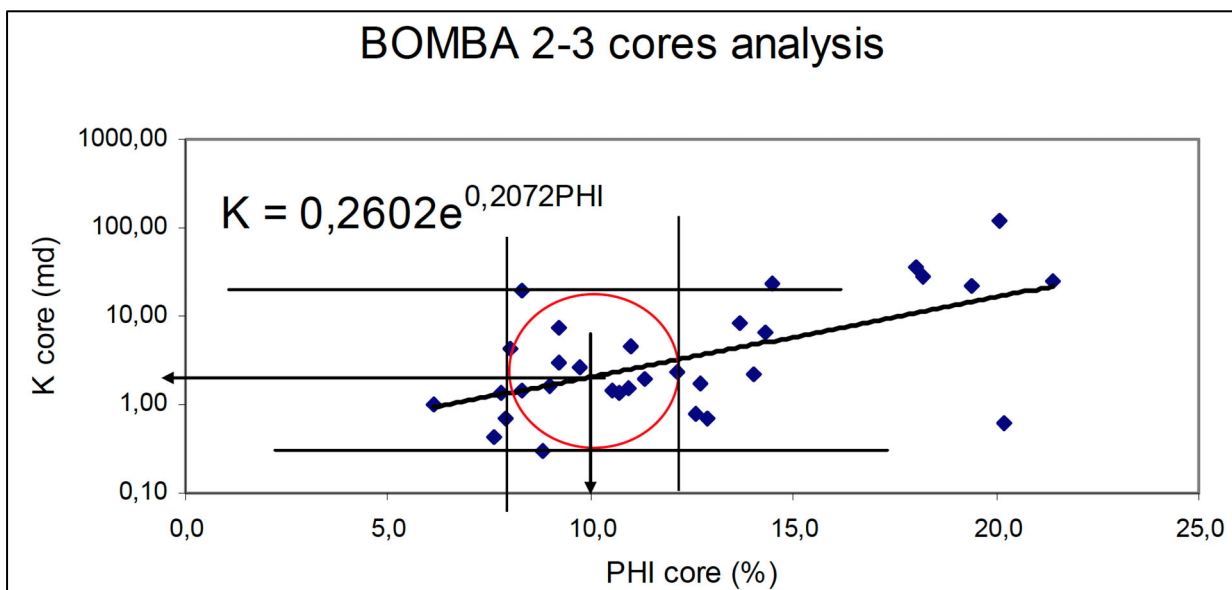
Sulla base di queste analisi è iniziato il processo di distribuzione dei parametri dinamici all'interno del grid creato nella modellazione statica. La prima proprietà considerata è la permeabilità, sia orizzontale che verticale.

Gli step successivi prevedono di completare il popolamento della griglia di calcolo con le proprietà dinamiche, inizializzare il modello, definire acquifero e trasmissività delle faglie e simulare gli scenari di produzione.

## 2. Dettagli tecnici

A seguito dell'analisi dei dati e dei report disponibili, è stato modellato il parametro chiave della permeabilità orizzontale e verticale per distribuirlo all'interno del grid creato con il modello statico. Per fare questo come prima cosa sono state visionate le analisi delle carote prelevate dai pozzi di Bomba. Come già evidenziato da Bello (2008) c'è una relazione specifica tra la permeabilità (K) e la porosità (Phi) derivante dall'analisi di routine (RCA) delle carote prelevate dai pozzi di Bomba 2 e Bomba 3 (**Figura 1**):

$$K = 0.2602e^{0.2072Phi} \quad (1)$$



**Figura 1:** relazione permeabilità (K) - porosità (PHI) ricavata dall'analisi delle carote prelevate dai pozzi Bomba 2 e Bomba 3 (da Bello 2008).

La relazione 1 è stata utilizzata per creare un grid di permeabilità orizzontale per ciascuno dei grid di porosità creati nel modello statico, ovvero quello da metodologia SGS semplice e quello da SGS con trend su faglie e anticlinali (Appendice H parte 1). Per onorare le permeabilità derivate dall'interpretazione delle prove di produzione, i cui valori ricavati da una prima analisi sono mostrati in **Tabella 1**, si è deciso di calibrare il parametro ai dati dei test di pozzo, co-simulando la permeabilità con la porosità. Il risultato per i due casi di distribuzione della porosità è illustrato in **Figura 2a** per la distribuzione semplice SGS e **Figura 2b** per la distribuzione con trend su faglie e pieghe.

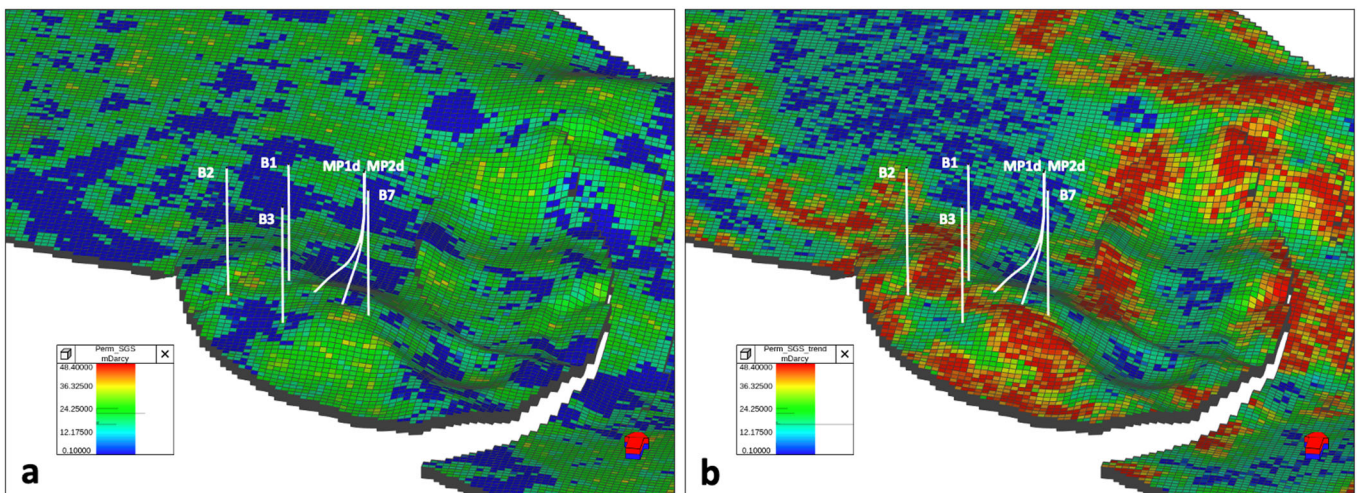
Pozzo	kh (mDm)	h (m)	k (mD)
Bomba 1	316	19.3	16.3
Bomba 2	700	17.6	39.8
Bomba 3	600	24.4	24.6

Montepallano 1dir	Upper	330	15.1	21.9
	Lower	174	3.6	48.4
Montepallano 2dir		753	43	17.5

**Tabella 1:** misure di permeabilità ricavate dal kh stimato dalle prove di produzione

Come per la porosità, oltre ad un caso base, è stato quindi creato un caso cautelativo (in termini di impatto sulla subsidenza), in cui la permeabilità orizzontale è maggiore nelle zone di faglia e di pieghe anticlinaliche, dove è stato simulato un maggiore grado di fratturazione.

Dato che il reservoir è un calcare fratturato, come per i precedenti studi la permeabilità verticale è stata considerata uguale a quella orizzontale, con rapporto di  $k_v/k_h = 1$ .



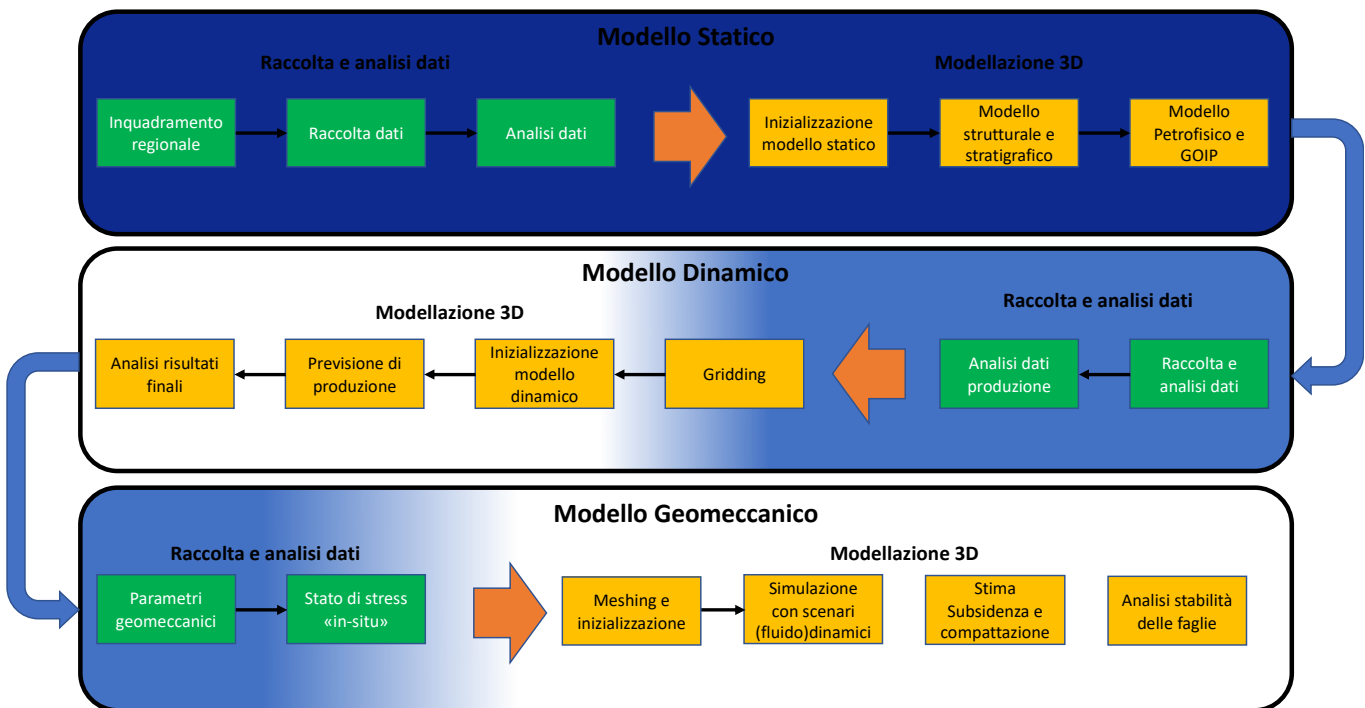
**Figura 2:** distribuzione dei dati di permeabilità dei pozzi nel grid con a) metodo SGS e b) metodo SGS con trend da faglie e pieghe anticlinaliche. Il grid visualizzato è filtrato per mostrare solo la zona del reservoir, nel segmento di maggiore interesse. Pozzi visualizzati: B (Bomba) 1,2,3,7; MP (Montepallano) 1d e 2d.

### 3. Step successivi

La fase successiva della modellizzazione dinamica consiste nel continuare a popolare il grid con proprietà dinamiche definite dall'analisi dei dati esistenti, inizializzare il modello, e simulare gli scenari di produzione, modulando diversi scenari di connessione con l'acquifero laterale e le faglie presenti (più o meno trasmissive nei diversi casi analizzati).

I risultati del modello dinamico verranno poi utilizzati per la costruzione del modello geomeccanico, con conseguente stima della subsidenza e analisi di stabilità delle faglie.

In **Figura 3** è illustrato un diagramma dell'intera modellizzazione 3D per lo sviluppo del campo di Colle Santo, e in blu è evidenziato lo stato di avanzamento del lavoro (da notare che la raccolta e analisi dati per il modello geomeccanico è già iniziata in parallelo con le attività relative agli altri due modelli).



**Figura 3:** diagramma della modellizzazione 3D del giacimento di Colle Santo. In blu è evidenziato lo stato di avanzamento del lavoro.

## **Bibliografia**

AGIP Mineraria (1966) – Bomba 1 well - Production test report, Chieti.

AGIP Mineraria (1967) – Bomba 2 well - Capillary pressure curve & residual gas saturation, San Donato Milanese.

AGIP Mineraria (1967) – Bomba 3 well - Capillary pressure curve & residual gas saturation, San Donato Milanese.

AGIP S.p.A. (1986) – Previsioni preliminari di subsidenza per il campo di Bomba (CH), San Donato Milanese.

AGIP S.p.A. (1989) – Previsioni preliminari di subsidenza per il campo di Bomba – Nota tecnica, San Donato Milanese.

AGIP S.p.A. (1990) – Previsioni preliminari di subsidenza per il campo di Bomba per una produzione con portate superiori a 400000 Sm<sup>3</sup>/g, San Donato Milanese.

Agriparadigma S.r.l. (2007) – Rapporti di prova sui campioni di gas prelevati ai pozzi Monte Pallano 1 e 2, Ravenna.

Bello G., Mari E. (1997) – Bomba field - Reservoir engineering study and development hypothesis, Parma.

Bello G. (2007) – Monte Pallano field – Well Testing Interpretation (wells MP-1 & MP-2) & development hypothesis, Forest CMI S.p.A., Parma, December 2007.

Bello G. (2008) – Monte Pallano” Field - 3D Reservoir Simulation Study prepared for Forest Oil, Forest CMI S.p.A., Parma, June 2008.

Bello G. (2008) – Monte Pallano Field - 3D Reservoir Simulation Study - Sensitivity case prepared for Forest Oil, Forest CMI S.p.A., Parma.

DREAM, gennaio 2016. Campo di Colle Santo. Studio della subsidenza indotta dalla produzione del campo.

Geolog – Surface Logging (2007) – Forest – CMI S.p.A. – Monte Pallano 1 Dir – Final Well Report.

Geolog – Surface Logging (2007) – Forest – CMI S.p.A. – Monte Pallano 2 Dir – Final Well Report.

Ringrose, P., Bentley, M.: Reservoir Model Design, 2 edn. Springer (2021)