



# CAMPO DI COLLE SANTO

**Chiarimenti alle osservazioni  
ISPRA**

**“ANALISI DELLE CRITICITÀ”  
(2018)**

**Aprile 2018**



## Risposte relative al capitolo 1.2.2 “Subsidenza”

### 1.2.2.1 Criticità n.14: Caratterizzazione geologica e strutturale

Nel paragrafo “Sintesi della documentazione” si fa notare che i lavori di Calamita et al., 2009 e 2011, citati nel testo dell’allegato E (“Relazione Geologica e sulla Sismicità” [CMI Energia, TEA Engineering]), non vengono riportati nella relativa bibliografia.

**Chiarimenti:** Tali riferimenti sono riportati in forma completa nella bibliografia dell’allegato 14 (“Campo di Colle Santo - Studio sulla subsidenza indotta dalla futura produzione del campo” [DREAM]):

- Calamita F, Esestime P, Paltrinieri W, Scisciani V, Tavarnelli E (2009) Structural inheritance of pre-and syn-orogenic normal faults on the arcuate geometry of Pliocene-Quaternary thrust: examples from Central and Southern Apennine chain. *Ital J Geosci* 128:381-394.
- Calamita F, Satolli S, Scisciani V, Esestime P, Pace P (2011) Contrasting styles of fault reactivation in curved orogenic belts: examples from the Central Apennines (Italy). *Geol Soc Am Bull* 123:1097-1111. doi: 10.1130/B30276.1.

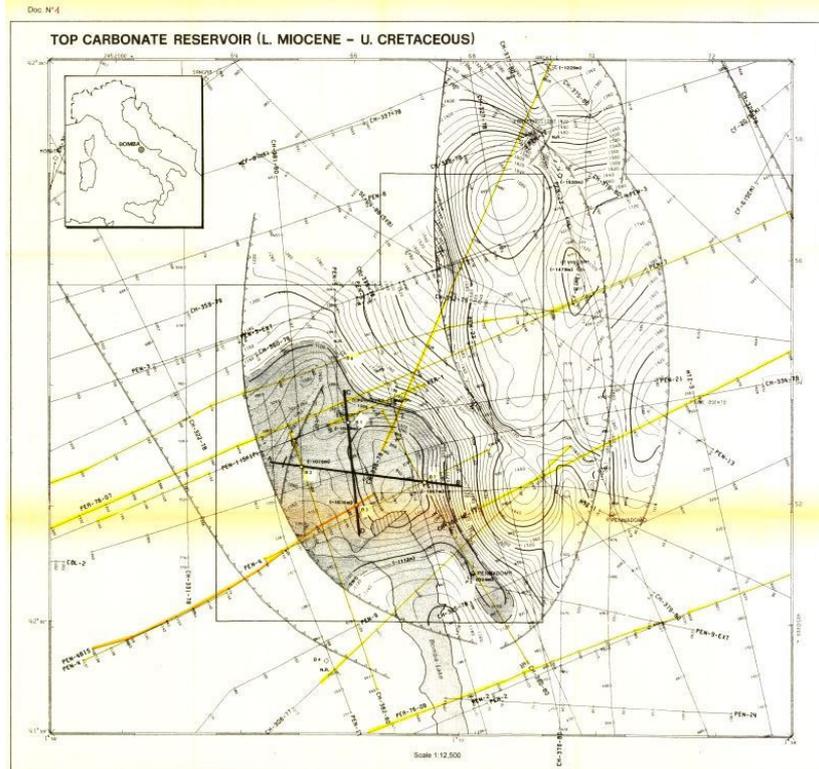
Nel paragrafo “Commenti e considerazioni tecniche” si scrive che:

“il Proponente afferma di aver fatto riferimento all’interpretazione di Calamita et al., 2011, ritenuta evidentemente la più recente ed aggiornata, pur citando fra altri (Figure da 4 a 7), Satolli et al. (2014) e Del Ben e Oggioni (2016) (in Allegato G, pagg. 4-6), questi ultimi con uno schema a scala ancora minore, scenario riferito a tutto l’Appennino centrale.”

E inoltre:

“L’elaborazione del modello strutturale, elemento base della modellazione, avrebbe dovuto valutare accuratamente tutti i lavori presenti in letteratura e motivare adeguatamente l’ipotesi geologica ritenuta più affidabile, anziché adottare lo schema di Calamita et al. (2011).”

**Chiarimenti:** Satolli e Calamita sono coautori in entrambi gli articoli (2011 e 2014) e le due interpretazioni risultano essere molto simili e coerenti, specialmente per quanto riguarda le faglie e i sovrascorrimenti a scala regionale. Le due interpretazioni differiscono solo per il numero di faglie individuate al culmine della struttura dove è ospitata la mineralizzazione. A tale proposito, nello studio di subsidenza (allegato 14 - “Campo di Colle Santo - Studio sulla subsidenza indotta dalla futura produzione del campo” [DREAM], pagine. 6-7-8 e 12), per modellizzare questo specifico settore, è stata utilizzata l’interpretazione eseguita da Agip appositamente allo scopo di ricostruire con il maggior dettaglio possibile la zona di giacimento (“Superficie sismica interpretata “Top Carbonate depth map” (scala 1:12500)). Come evidenziato nella **figura 1** del presente documento, tale superficie stratigrafica, con i relativi elementi strutturali, è caratterizzata da un livello di dettaglio maggiore (rappresentazione a scala 1:12500) rispetto alle interpretazioni di Calamita et al., e ha pertanto consentito di descrivere la geometria del top della struttura con un livello di accuratezza decisamente superiore rispetto a quanto sarebbe stato possibile attraverso la sola bibliografia pubblica disponibile.



**Figura 1- Top Carbonate Depth map (1:12500) [Agip]**

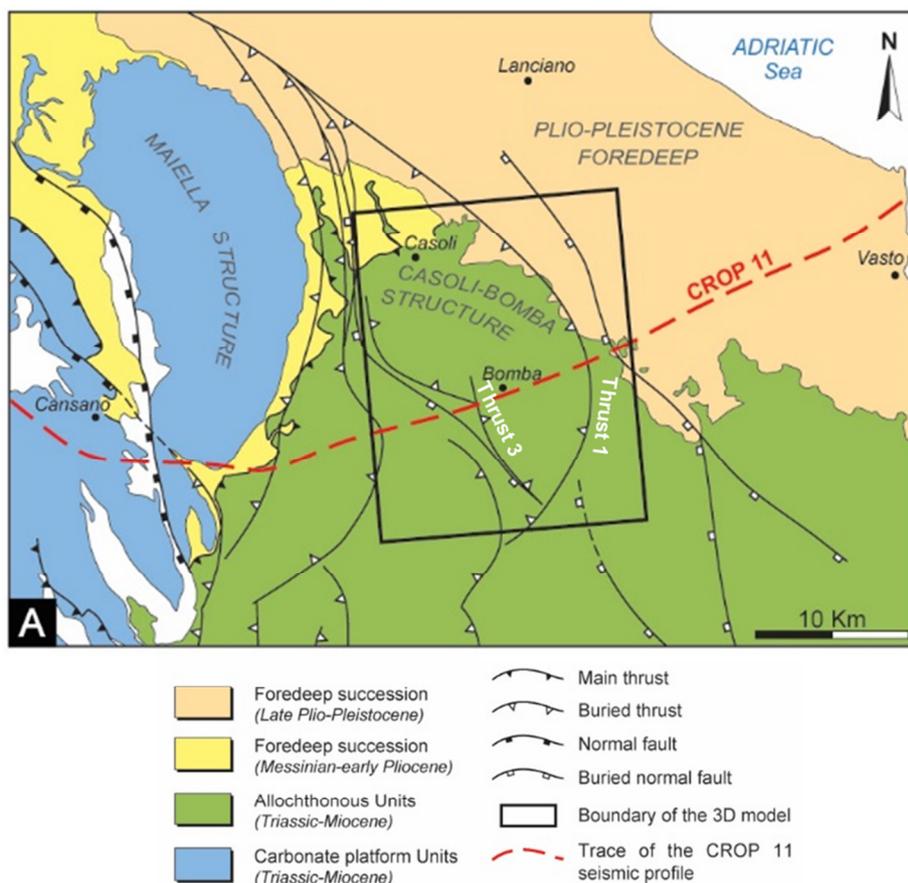
Si precisa infine che l'articolo di Del Ben e Oggioni, essendo stato pubblicato a Giugno 2016, non era disponibile al momento della stesura dell'allegato 14 ("Campo di Colle Santo - Studio sulla subsidenza indotta dalla futura produzione del campo" [DREAM]). In ogni caso, si fa notare che tale articolo non riporta riferimenti di dettaglio alla struttura di Casoli-Bomba e al giacimento di Colle Santo e dunque non apporta nessuna informazione addizionale rispetto alla costruzione del modello geologico e strutturale per la valutazione della subsidenza.

L'articolo è stato invece debitamente citato nell'allegato G ("Integrazioni al quadro geologico e sismotettonico" [DREAM]), redatto a Novembre 2017, le cui finalità e scala di osservazione erano specifiche e distinte rispetto alla valutazione della subsidenza.

Nel paragrafo “Commenti e considerazioni tecniche” si afferma che il backthrust che delimita a ovest il giacimento di Colle Santo non è riscontrabile negli schemi e nelle sezioni geologiche presenti nei documenti del Proponente.

**Chiarimenti:** La **figura 2** mette in evidenza la posizione del Thrust 1 e del Thrust 3 (che delimita la mineralizzazione a ovest) presenti nel modello per la valutazione della subsidenza. Come già evidenziato, per la modellizzazione di dettaglio della porzione interna ai due lineamenti tettonici regionali si è fatto riferimento all’interpretazione eseguita da Agip (“Superficie sismica interpretata “Top Carbonate depth map” (scala 1:12500)).

Lo schema riportato in **figura 2** è stato tratto dal lavoro di Calamita et al., 2011; opportunamente modificato e inserito nell’articolo Giani et al., 2017. In aggiunta, per chiarezza, sono stati indicati espressamente i lineamenti che corrispondono ai Thrust 1 e 3 descritti nell’allegato 14 (“Campo di Colle Santo - Studio sulla subsidenza indotta dalla futura produzione del campo” [DREAM]).

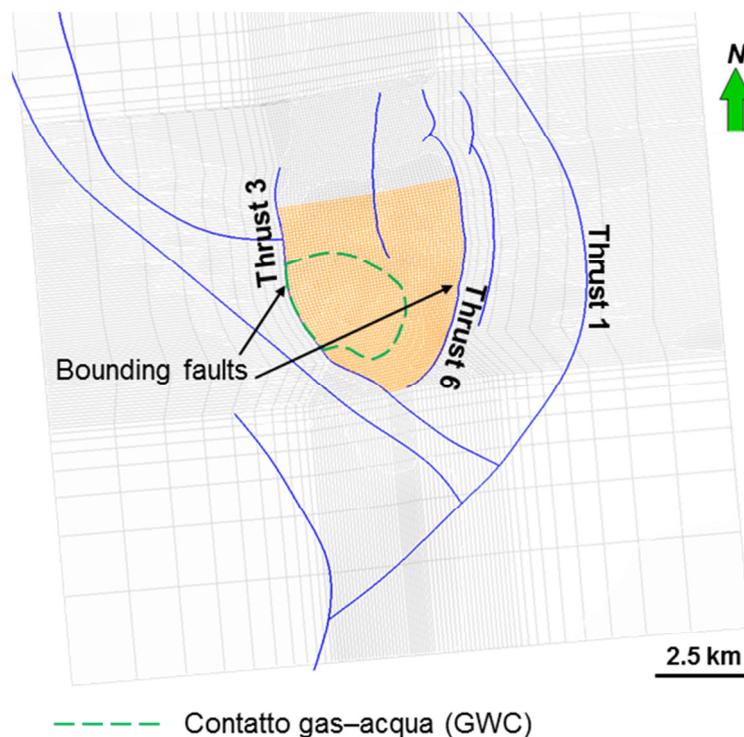


**Figura 2 – Mappa strutturale semplificata dell’Appennino Centro-meridionale (Giani et al., 2017; modificata da Calamita et al. 2011).**

Nel paragrafo “Commenti e considerazioni tecniche” si attesta la non coerenza tra la figura 2.5 nell’Allegato 14 (“Campo di Colle Santo - Studio sulla subsidenza indotta dalla futura produzione del campo” [DREAM]), la figura 3 dell’articolo Giani et al., 2017 (Allegato A – “How to Address Subsidence Evaluation for a Fractured Carbonate Gas Reservoir Through a Multi-disciplinary Approach”) e quanto riportato nel testo dell’allegato 14 stesso: mentre lo schema indicherebbe che il giacimento viene delimitato verso est dal Thrust 6, nel testo si indicherebbe una chiusura a causa della pendenza strutturale del top.

**Chiarimenti:** Il Thrust 6, corrispondente alla bounding fault a est della zona modellizzata, rappresenta il limite orientale del modello statico e dinamico 3D del giacimento, comprendente sia la zona mineralizzata a gas sia l’acquifero limitrofo ad essa idraulicamente connesso. Pertanto, il Thrust 6 non rappresenta il limite della mineralizzazione, la quale coincide solo con il culmine della superficie di top rappresentata nella figura 2.5 dell’Allegato 14 (“Campo di Colle Santo - Studio sulla subsidenza indotta dalla futura produzione del campo” [DREAM]).

La **figura 3** del presente documento ripropone una versione modificata della figura 3 dell’articolo Giani et al., 2017 (Allegato A – “How to Address Subsidence Evaluation for a Fractured Carbonate Gas Reservoir Through a Multi-disciplinary Approach”), in cui la linea tratteggiata verde rappresenta il limite della mineralizzazione mentre la superficie arancione rappresenta l’area del modello comprendente sia la zona mineralizzata a gas sia l’acquifero limitrofo. Nella stessa figura, per coerenza, sono inoltre indicati espressamente i lineamenti che corrispondono ai Thrust 1, 3 e 6 descritti nell’allegato 14 (“Campo di Colle Santo - Studio sulla subsidenza indotta dalla futura produzione del campo” [DREAM]).



**Figura 3 – Vista in pianta del grigliato 3D del modello geomeccanico. In blu le faglie regionali e in evidenza i Thrust 1, 3 e 6 di modello (modificata da Giani et al. 2017).**



### 1.2.2.2 Criticità n.15: Caratterizzazione petrofisica

Nei paragrafi “Commenti e considerazioni tecniche” e “Criticità” viene indicata una lacunosa caratterizzazione delle litofacies e, a questo proposito, una difficile lettura delle sezioni contenenti le correlazioni ai pozzi riportate nell’Allegato B dello studio di subsidenza (allegato 14, (“Campo di Colle Santo - Studio sulla subsidenza indotta dalla futura produzione del campo” [DREAM])).

**Chiarimenti:** I valori dei parametri petrofisici utilizzati per caratterizzare il giacimento di Colle Santo derivano dai seguenti lavori:

- Campo di “Monte Pallano” – Interpretazione prove di produzione (pozzi MP-1 & MP-2) e ipotesi di sviluppo (Bello, 2007);
- Monte Pallano Field – 3D Reservoir Simulation Study (Bello, 2008).

In tali studi viene specificato che i valori utilizzati derivano da misure dirette di laboratorio effettuate da AGIP-LAB sulle carote estratte durante la perforazione dei pozzi Bomba 2 e Bomba 3 all’interno dei rispettivi intervalli reservoir. Il pozzo Bomba 2 risulta carotato per 64.0 m mentre il pozzo Bomba 3 per 31.2 m. Dalle carote sono stati estratti e analizzati 13 campioni di roccia definendo porosità, permeabilità, saturazione in gas e saturazione in acqua irriducibile. Tali dati sono stati considerati sufficienti per ottenere un’adeguata caratterizzazione petrofisica del giacimento comprendente sia il sistema primario (matrice) che quello secondario (fratture).

Le proprietà petrofisiche riconosciute ai pozzi sono poi state distribuite nel volume tridimensionale del modello attraverso consolidate tecniche geostatistiche, applicate convenzionalmente nella caratterizzazione del sottosuolo. In particolare, le tecniche geostatistiche vengono appositamente utilizzate nella modellizzazione e caratterizzazione dei giacimenti per tenere in considerazione le eterogeneità proprie dei volumi rocciosi connesse ai processi geologici (e.g. processi deposizionali, diagenetici, tettonici). Tali tecniche si basano sull’interpolazione dei dati di pozzo e rappresentano la best practice per la distribuzione e la stima delle proprietà all’interno del volume circostante i pozzi. Nel caso specifico, l’ubicazione dei pozzi all’interno della zona di culmine e la loro profondità hanno permesso di ottenere una stima di porosità rappresentativa delle eterogeneità geologiche sia areali che verticali. Ad esempio, i pozzi perforati sul culmine della struttura e più distanti dalle faglie evidenziano valori di porosità dei calcari mediamente più bassi rispetto agli altri pozzi. Inoltre, l’influenza delle faglie sul grado di fratturazione e dunque sulla porosità (secondaria) è stata tenuta in considerazione attraverso l’uso di un trend di distribuzione 3D applicato all’algoritmo geostatistico utilizzato (Sequential Gaussian Simulation). Tale trend ha permesso di descrivere la variazione areale di porosità in funzione della distanza dai lineamenti tettonici presenti in giacimento.

Si precisa inoltre che le sezioni stratigrafiche nell’allegato B dello studio di subsidenza (allegato 14 - “Campo di Colle Santo - Studio sulla subsidenza indotta dalla futura produzione del campo” [DREAM]), non volevano essere esplicative riguardo la caratterizzazione delle litofacies interne al giacimento ma intendevano dare indicazione su come fosse stata interpretata la stratigrafia regionale e come fossero state correlate le diverse formazioni secondo un approccio litostratigrafico.



### 1.2.2.3 Criticità n.16: Caratterizzazione idrogeologica

Nei paragrafi “Commenti e considerazioni tecniche” e “Criticità” si afferma che il modello strutturale e, di conseguenza, il modello idrogeologico sono affetti da incertezze. L’ipotesi di un acquifero proveniente da N-NO che sosterebbe la pressione del giacimento e ne permetterebbe la ripressurizzazione dopo la fase di produzione non sarebbe dunque univoca e oggettiva.

**Chiarimenti:** L’ipotesi adottata nel modello risulta basata su diversi elementi di valutazione, come specificato nell’ allegato 14 (“Campo di Colle Santo - Studio sulla subsidenza indotta dalla futura produzione del campo” [DREAM]). In particolare, lo studio di Funicello et al. del 2008 (Funicello R., Mattei M., Capelli G., Corrado S., Mazza R., Storti F. (2008) – Geologia regionale e idrogeologia dell’area Maiella-Bomba, Relazione per Geocomp Corp., Università Roma TRE, Roma, November 2008) analizza l’assetto idrogeologico dell’area ponendo particolare attenzione al rapporto di connessione tra l’acquifero della Maiella e la struttura di Casoli-Bomba. In tale studio sono state analizzate e tenute in considerazione le diverse interpretazioni strutturali dell’area ed è stata rilevata “l’esistenza di un acquifero regionale profondo che può avere una connessione idraulica significativa con i carbonati sepolti della piattaforma Apula”, concludendo inoltre che “l’acquifero di base della Maiella potrebbe contribuire al carico idraulico dell’acquifero profondo nei carbonati di Bomba”, che “esiste una continuità fisica tra le strutture di Maiella e di Bomba” e che “l’unica barriera impermeabile sembra essere data dal back-thrust ad alto angolo che delimita verso (*sud-*)ovest l’alto strutturale di Bomba (*Thrust 3*)”.

Inoltre, secondo gli studi condotti da Agip (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), altri elementi che permetterebbero di ipotizzare una continuità idrogeologica tra la struttura di Bomba e quella della Maiella sarebbero: (I) la compatibilità della pressione dell’acquifero della struttura di Bomba con il carico idrostatico relativo all’acquifero principale del Massiccio della Maiella e (II) la bassa salinità dell’acquifero di Bomba, coerente con l’ipotesi di una sua alimentazione da parte del bacino idrografico della Maiella.



#### 1.2.2.4 Criticità n. 17: modellizzazione subsidenza

Nel paragrafo “Criticità” si afferma che “I valori di subsidenza ottenuti nei vari studi effettuati nel corso degli anni hanno dato valori fra 1.5 e 26 cm dopo 15 anni di produzione. Stante le carenze relative al modello strutturale ed idrogeologico adottato, l’ipotesi di totale depressurizzazione, che restituisce il valore di subsidenza maggiore doveva essere opportunamente valutata”.

**Chiarimenti:** L’ipotesi di totale de-pressurizzazione non risulta compatibile con il modello concettuale e strutturale adottato nello studio della subsidenza (allegato 14 - “Campo di Colle Santo - Studio sulla subsidenza indotta dalla futura produzione del campo” [DREAM]). Inoltre, nell’ottica di definire un caso limite prudenziale, si fa notare che lo scenario estremante conservativo che assume la totale de-pressurizzazione è già stato valutato nei precedenti studi.

“In definitiva si ritiene che le modellazioni della subsidenza proposte da Proponente siano eseguite correttamente dal punto di vista matematico-geostatistico ma, come tutte le modellazioni, la loro effettiva validità sia funzione della correttezza dei dati di input. Anche concordando sulla scarsa probabilità dell’insorgere di gravi fenomeni di subsidenza, le incertezze tuttora esistenti sull’interpretazione delle strutture geologiche profonde e sul grado di fratturazione del reservoir non permettono di escludere con ‘assoluta certezza’ l’interferenza con la diga di Bomba”.

**Chiarimenti:** Per quanto riguarda le incertezze sull’interpretazione delle strutture geologiche profonde e sulla caratterizzazione petrofisica del giacimento, si rimanda ai chiarimenti forniti in relazione alla Criticità n. 14 e alla Criticità n. 15.

“Inoltre, le valutazioni di stabilità della diga per effetto dei cedimenti differenziali indotti dalla subsidenza sono state eseguite solo in condizioni statiche e senza tener conto della cinematica specifica dei movimenti franosi che interessano le aree in cui la diga si inserisce”.

**Chiarimenti:** La finalità dello studio della subsidenza (allegato 14 - “Campo di Colle Santo - Studio sulla subsidenza indotta dalla futura produzione del campo” [DREAM]) è stata la valutazione della subsidenza indotta sul piano campagna a seguito della messa in produzione del campo di Colle Santo.



## Risposte relative al capitolo 1.2.3 “Sismicità”

### 1.2.3.1 Criticità n.19: Strutture sismogenetiche e faglie capaci

Nel paragrafo intitolato “Sintesi della documentazione” si riporta parte del contenuto dell’allegato E (“Relazione Geologica e sulla Sismicità” [CMI Energia, TEA Engineering]) e dell’allegato G (“Integrazioni al quadro geologico e sismotettonico” [DREAM]), in relazione alle strutture sismogenetiche e alle faglie capaci.

Nel paragrafo “Commenti e considerazioni tecniche” si fa riferimento ad alcune figure presenti nell’allegato E (“Relazione Geologica e sulla Sismicità” [CMI Energia, TEA Engineering]) e si riportano diversi commenti relativi alla presenza di faglie in superficie e alla distanza tra le faglie e i pozzi del campo.

Nel paragrafo “Criticità” si riportano solo commenti generali senza una specifica richiesta di approfondimento.

### 1.2.3.2 Criticità n.20: Sismicità

Nel paragrafo intitolato “Sintesi della documentazione” si riporta parte del contenuto dell’allegato E (“Relazione Geologica e sulla Sismicità” [CMI Energia, TEA Engineering]) e dell’allegato G (“Integrazioni al quadro geologico e sismotettonico” [DREAM]), relativi alla sismicità nell’area di studio.

Nel paragrafo “Commenti e considerazioni tecniche” vengono citate alcune frasi riportate negli allegati in relazione alla sismicità strumentale e a quella storica.

Nel paragrafo “Criticità” si fa riferimento ai valori di accelerazione massima prevista dalle mappe di pericolosità sismica e alla sismicità strumentale. Sono riportati commenti riguardanti l’interpretazione dei risultati relativi alla sismicità dell’area.

**Chiarimenti:** Nell’allegato G (“Integrazioni al quadro geologico e sismotettonico” [DREAM]) la trattazione della sismicità storica e della sismicità strumentale è effettuata in capitoli separati. La sismicità storica indica che forti terremoti, in alcuni casi a elevata intensità, sono stati avvertiti in passato nel comune di Bomba (comune di riferimento, in prossimità del giacimento). La sismicità strumentale evidenzia che negli ultimi decenni di monitoraggio strumentale, la zona di Bomba presenta bassa sismicità, sia in riferimento al numero di eventi sia alla loro magnitudo.

L’interpretazione dei dati è stata eseguita in modo indipendente e analitico per quanto riguarda la sismicità storica e la sismicità strumentale, fornendo un quadro completo e corretto rispetto ai dati disponibili.

### 1.2.3.5 Criticità n.23: Monitoraggio sismicità

Nel paragrafo intitolato “Sintesi della documentazione” si riporta parte del contenuto dell’allegato F (“Predisposizione di una rete di monitoraggio microsismico nell'area del giacimento di Colle Santo” [DREAM]).

Nel paragrafo “Commenti e considerazioni tecniche” si citano alcune frasi riportate nell’allegato F, con particolare riferimento alla disposizione delle stazioni sismiche e alla linea di “estensione del giacimento nel sottosuolo”, indicando la sua incongruenza rispetto alla linea riportata nel documento “Piano Monitoraggio Diga di Bomba (rev.1 – ottobre 2010)” [Acea Electrabel].

Nel paragrafo “Criticità” i commenti si concentrano sulla condizione attuale della rete di monitoraggio microsismico e sulla linea di estensione del giacimento (figura 3.1 - allegato F).

**Chiarimenti:** La linea di “estensione del giacimento nel sottosuolo”, e in particolare quella rappresentata nella figura 3.1 dell’allegato F (“Predisposizione di una rete di monitoraggio microsismico nell'area del giacimento di Colle Santo” [DREAM]), è riferibile alle dimensioni areali del modello dinamico 3D del giacimento, la cui vista in pianta è riportata nella figura 3.2 dell’allegato 14 (“Campo di Colle Santo - Studio sulla subsidenza indotta dalla futura produzione del campo” [DREAM]), che comprende sia la zona mineralizzata a gas sia l’acquifero limitrofo ad essa idraulicamente connesso.

Nella **figura 4** del presente documento, tale linea è rappresentata dalla linea tratteggiata verde, mentre la linea tratteggiata gialla definisce esclusivamente la zona mineralizzata, ovvero la porzione di roccia che strutturalmente si trova al di sopra del contatto gas-acqua. Tale linea risulta del tutto confrontabile con quella riportata nella relazione “Piano Monitoraggio Diga di Bomba (rev.1 – ottobre 2010)” [Acea Electrabel].

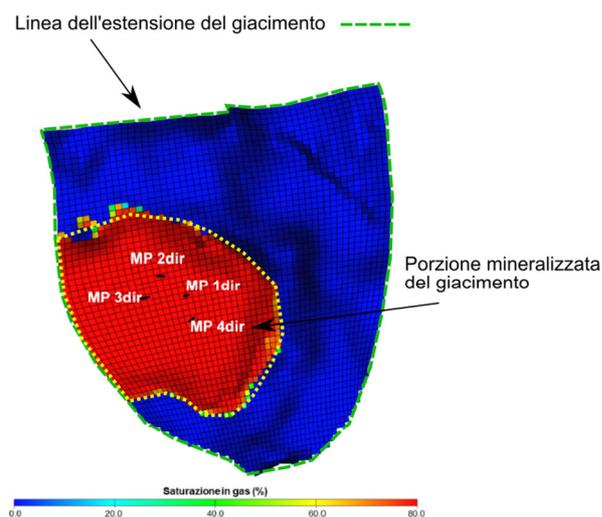


Fig. 3.2 – Modello dinamico del giacimento.

**Figura 4- Vista in pianta del modello dinamico 3D del giacimento. Modificata da Fig.3.2 allegato 14 (“Campo di Colle Santo - Studio sulla subsidenza indotta dalla futura produzione del campo” [DREAM]). Linea gialla tratteggiata: zona mineralizzata a gas; linea verde tratteggiata: limite di estensione del giacimento comprendente sia la zona mineralizzata a gas sia l’acquifero limitrofo.**