



Campo di Naide

Modello Geomeccanico di Subsidenza

Management Summary

Executive Summary

Il presente rapporto illustra i risultati dello studio geomeccanico relativo al campo a gas di Naide, effettuato con lo scopo di valutare quantitativamente la subsidenza indotta dall'attività estrattiva.

Il modello geomeccanico utilizzato è 3D agli elementi finiti e, per descrivere il comportamento del materiale, si è adottata una legge costitutiva elasto-plastica. Sono stati considerati due scenari geomeccanici con la stessa legge costitutiva, ma corrispondenti ai due scenari dinamici di produzione di forecast, uno che prevede la chiusura del campo al 2027 e l'altro che prevede la chiusura al 2030.

Alla fine della produzione, nel 2027 e nel 2030, la massima subsidenza attesa è pari rispettivamente a 11 cm e 12 cm; a fine simulazione, rispettivamente nel 2057 e nel 2060 (oltre 30 anni dopo la fine della produzione), la massima subsidenza attesa è pari rispettivamente a 12 cm e 13 cm.

Per entrambi gli scenari simulati la distanza minima del fenomeno dalla linea di costa risulta superiore a 30 km.

Data

30/04/2021



Indice

1	Introduzione	3
2	Dati di subsidenza misurati dalla stazione CGPS	4
3	Modello Geomeccanico agli Elementi Finiti	5
3.1	Approccio metodologico	5
3.2	Geometria del modello	5
3.3	Proprietà dei materiali	7
3.3.1	Densità della roccia	7
3.3.2	Peso specifico dei fluidi saturanti	8
3.3.3	Comprimibilità uniassiale	8
3.4	Inizializzazione e storia di pressione	10
3.4.1	Stato tensionale iniziale	10
3.4.2	Storia di pressione	11
4	Confronto con i dati di subsidenza misurati dalla stazione CGPS.....	12
5	Risultati delle analisi eseguite con il modello elasto-plastico.....	13
	Bibliografia	17

1 Introduzione

Il presente rapporto illustra i risultati dello studio geomeccanico relativo al campo di Naide, effettuato con lo scopo di valutare quantitativamente la subsidenza indotta dalla coltivazione del giacimento. Il campo di Naide è situato nell'offshore romagnolo (Figura 1), ad una distanza di 33 km dalla costa; la profondità del fondale marino è di circa 35 m.

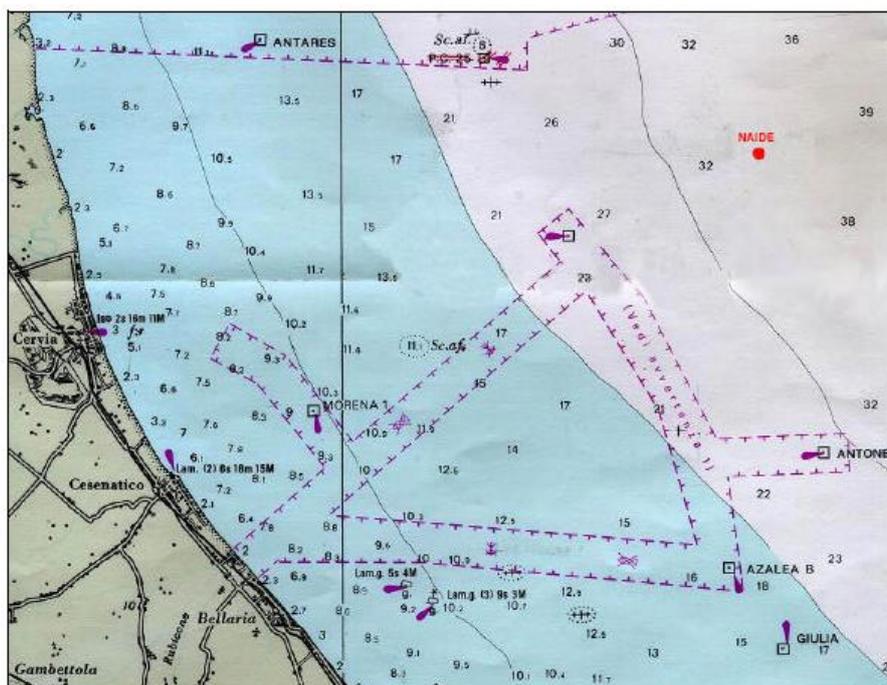


Figura 1 – Posizione del campo di Naide.

La previsione di subsidenza è stata ottenuta da una serie di simulazioni ad elementi finiti (FE) eseguite con il codice di calcolo Abaqus [1]. Le informazioni relative alla geometria del giacimento, le proprietà petrofisiche e l'evoluzione delle pressioni sono state ottenute dallo studio fluido-dinamico di giacimento realizzato con il codice di calcolo Eclipse [2]. Lo studio geomeccanico FE illustrato nel seguito fornisce una previsione di subsidenza aggiornata rispetto allo studio eseguito nel 2017; esso si basa infatti sul modello fluido-dinamico Eclipse aggiornato per il campo di Naide [3**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**], entrato in produzione nel 2005. Sono stati effettuati due scenari di forecast: nel primo si prevede che la produzione terminerà nel 2027, nel secondo che terminerà nel 2030.

Per la modellizzazione della subsidenza, invece, è stata usata una sola legge costitutiva, ma sono stati considerati i due seguenti scenari di produzione che differiscono solo in fase di forecast:

- “Do Nothing - caso base” che prevede la chiusura del campo al 2027 con una produzione cumulativa di gas pari a 770 MSm³;
- “Do Nothing - caso massimo” che prevede la chiusura del campo al 2030 con una produzione cumulativa di gas pari a 798 MSm³.

Per tutti gli scenari dinamici lo studio dell'evoluzione delle pressioni è stato protratto per 30 anni, a pozzi chiusi dalla data di fine produzione del campo, per considerare l'effetto della redistribuzione delle pressioni nelle regioni mineralizzate e in acquifero dopo la fine della produzione.

2 Dati di subsidenza misurati dalla stazione CGPS

La stazione CGPS è installata sulla piattaforma di Naide in corrispondenza delle coordinate 2340289 m E, 4912481 m N. Il periodo di osservazione in cui sono stati analizzati i dati va dal 28 giugno 2005 al 26 dicembre 2020 (Figura 2).

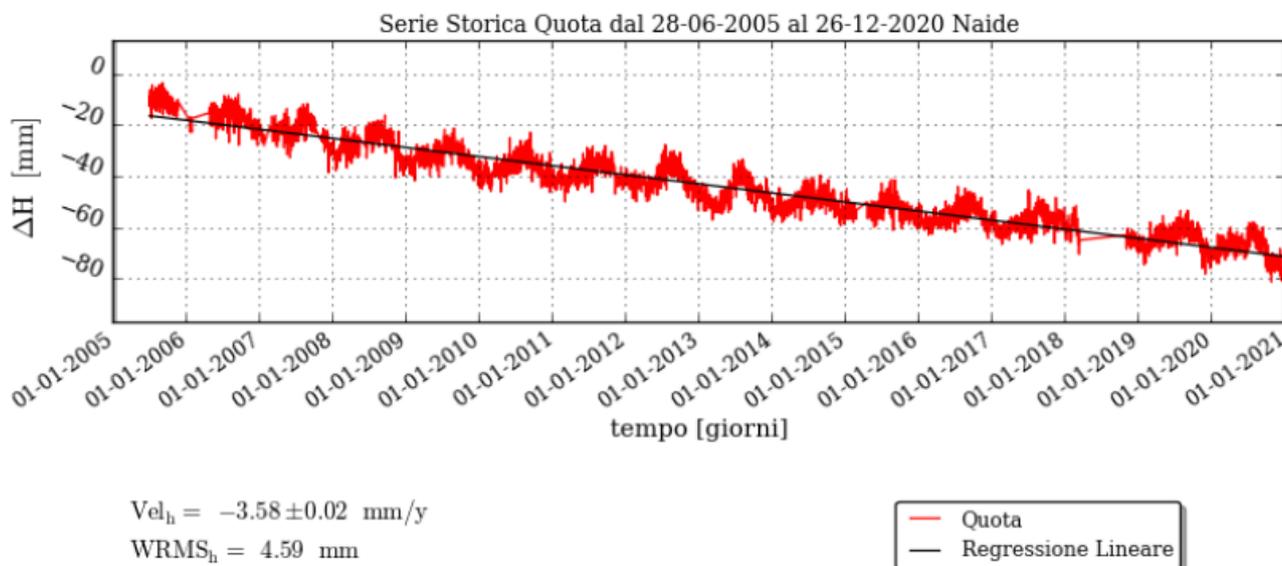


Figura 2 – Misurazioni effettuate dalla stazione CGPS di Naide, aggiornate al 26 dicembre 2020.

3 Modello Geomeccanico agli Elementi Finiti

3.1 Approccio metodologico

Lo studio geomeccanico di subsidenza è stato condotto utilizzando il codice agli Elementi Finiti (FE) Abaqus [1]. La costruzione del modello è stata basata sulle seguenti informazioni:

- Mappe geologiche dei livelli interessati dal campo, estese in misura tale da descrivere interamente non solo la zona mineralizzata ma anche gli acquiferi laterali;
- Dettagliata descrizione della geometria e geologia dei livelli mineralizzati e degli acquiferi connessi, riprodotta con accuratezza dalla maglia di calcolo numerica;
- Distribuzione di pressione nei livelli mineralizzati e negli acquiferi connessi, calcolata con il modello di flusso 3D Eclipse. Lo studio fluido-dinamico di giacimento è stato comunque protratto per 30 anni dopo la fine della produzione (a pozzi chiusi) in modo da considerare l'effetto dell'evoluzione della pressione nelle regioni mineralizzate e in acquifero dopo la fine della produzione;
- Proprietà meccaniche della roccia descritte con una legge costitutiva del tipo Cam Clay Modificato, che tiene conto non solo della variazione della compressibilità uniassiale (c_m) con lo stress efficace, ma modella accuratamente anche gli eventuali fenomeni di espansione dei sedimenti soggetti a ripressurizzazione;
- Calcolo della compattazione dei livelli mineralizzati e degli acquiferi connessi fatto sulla base dello spessore gross degli stessi.

Le compressibilità dei materiali nella regione del giacimento sono state calibrate affinché i risultati del modello Abaqus riproducessero gli spostamenti verticali registrati dalla stazione CGPS posta sulla piattaforma di produzione.

3.2 Geometria del modello

Il modello Eclipse è composto da 140x98x83 celle nelle direzioni I, J e K rispettivamente, per un totale di oltre 1 milione di celle, delle quali circa 100578 sono attive. Esso interessa un'area di circa 26x20 km². Per non risentire dell'influenza delle condizioni al contorno imposte ai bordi, il modello geomeccanico è stato esteso lateralmente (*sideburden*) fino a ricoprire un'area di circa 49x45 km².

Data l'estensione risultante, è stato necessario effettuare un processo di *upscaling* per limitare il numero dei gradi di libertà. In particolare, mentre la struttura verticale del modello Abaqus è stata mantenuta identica al modello Eclipse per la zona attiva del giacimento, in direzione orizzontale è stato attuato un processo di *upscaling* unendo tra loro un differente numero di celle in funzione della distanza dal centro del giacimento e delle dimensioni delle celle stesse. È importante notare che nell'intorno dei pozzi produttori la griglia non è stata modificata in direzione orizzontale.

La griglia originale, inoltre, è stata estesa verticalmente in modo da comprendere la regione che va dal fondo mare fino ad una profondità di 5000 m. Il modello è stato diviso in 5 layer dal *top* del

giacimento fino alla superficie (*overburden*) e in 5 layer dal *bottom* del giacimento fino alla base (*underburden*), come mostrato in Figura 3.

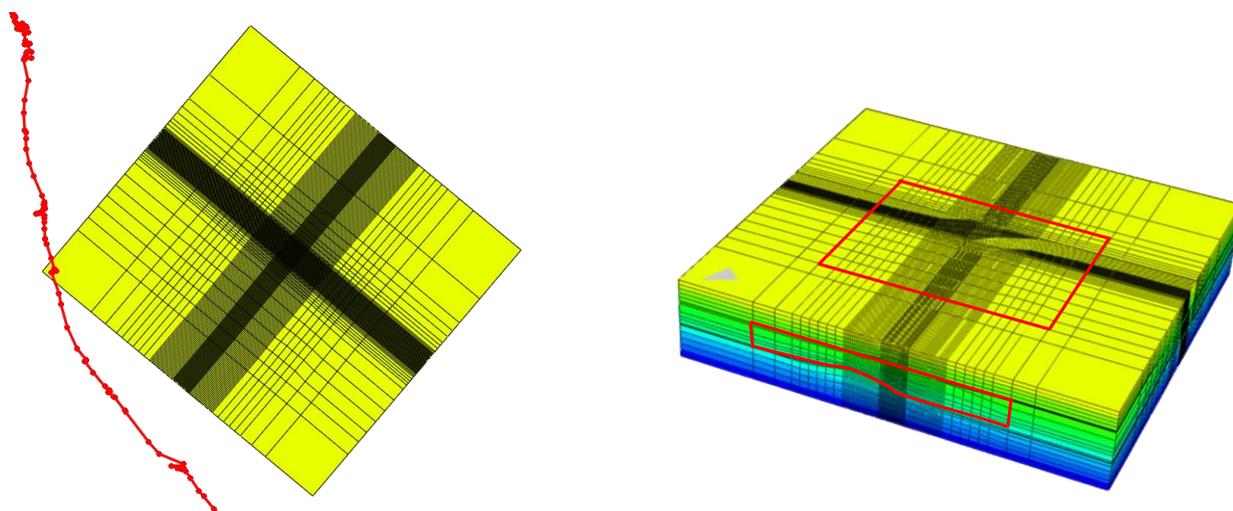


Figura 3 – Confronto tra l'estensione del modello geomeccanico e del modello dinamico (rosso). A sinistra è evidenziata la linea di costa.

La griglia FE risulta così costituita da 87x66x36 (206712) elementi e 218152 nodi per un totale di 701504 gradi di libertà.

Le condizioni al contorno assegnate al modello sono di spostamento nullo alla base della griglia e spostamento orizzontale impedito lateralmente.

3.3 Proprietà dei materiali

3.3.1 Densità della roccia

Partendo dai density log dei pozzi Naide1 e Naide2 è stato possibile calcolare un profilo continuo di densità (Figura 4) definito attraverso la seguente relazione:

$$\rho(z) = 1422.7 \cdot (z - z_{fm})^{0.0638} \quad (1)$$

ove ρ è la densità della roccia espressa in kg/m^3 , z è la profondità (in metri) riferita al livello medio del mare, z_{fm} è la profondità (in metri) del fondo mare pari, in questo caso, a 35 m.

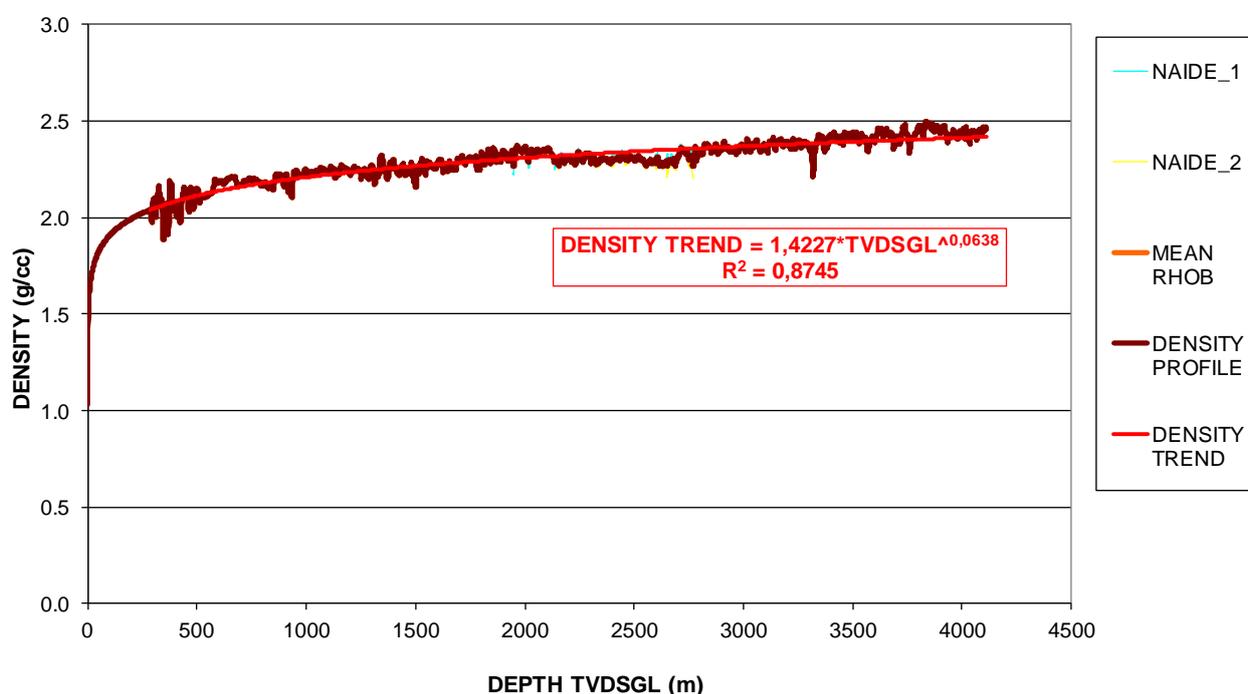


Figura 4 – Profilo del density log e funzione di regressione in funzione della profondità da fondo mare.

La densità della roccia è stata fornita al modello FE in forma tabulare come funzione della profondità secondo la precedente relazione.

Partendo da tali density log è stato inoltre derivato l'andamento dello sforzo verticale totale:

$$\sigma_v = \left(\frac{1422.7}{1.0638} \cdot (z - z_{fm})^{1.0638} \cdot g + z_{fm} \cdot \rho_w \cdot g \right) \cdot 10^{-5} \quad (2)$$

dove σ_v è lo sforzo verticale totale espresso in bar, z è la profondità (in metri) riferita al livello medio del mare, z_{fm} è la profondità (in metri) del fondo mare pari, in questo caso, a 35 m, ρ_w è la densità dell'acqua assunta pari a 1030 kg/m^3 e g è l'accelerazione di gravità.

3.3.2 Peso specifico dei fluidi saturanti

Viene fornito al modello FE il valore del peso specifico γ_f dei fluidi saturanti. Per ciascuna regione idro-meccanica il valore di γ_f (relativo al gas o all'acqua) è stato considerato costante. Per ciascuno dei due campi, esso è stato determinato partendo dalla profondità del contatto gas-acqua e dalla distribuzione iniziale delle pressioni calcolata dai modelli Eclipse.

3.3.3 Comprimibilità uniassiale

Il parametro geomeccanico chiave nelle simulazioni di subsidenza è la comprimibilità uniassiale c_m del materiale. Generalmente, le proprietà meccaniche dei giacimenti dell'area adriatica sono assegnate secondo la relazione tra c_m e tensione verticale efficace σ'_v proposta da Hueckel *et al.* in [4] dove è riportata la miglior stima:

$$c_m = 0.01367 \cdot (\sigma'_v)^{-1.16434} \quad (3)$$

Nella relazione (3) σ'_v è la tensione efficace verticale espressa in bar e c_m è il coefficiente di comprimibilità edometrica espresso in bar^{-1} .

Generalmente, al fine di effettuare un'analisi parametrica, oltre alla relazione (3) che fa riferimento allo scenario medio, vengono considerate anche le leggi di comprimibilità relative al quantile inferiore e superiore:

- quantile 2.5% – scenario lower:

$$c_m = 0.01367 \cdot 10^{-0.467} \cdot (\sigma'_v)^{-1.16434} \quad (4)$$

- quantile 97.5% – scenario upper:

$$c_m = 0.01367 \cdot 10^{0.467} \cdot (\sigma'_v)^{-1.16434} \quad (5)$$

La tensione verticale efficace viene calcolata tramite:

$$\sigma'_v = \sigma_v - p \quad (6)$$

dove σ_v è la tensione verticale totale e p la pressione dei pori. La pressione dei pori viene estratta dallo studio fluido-dinamico alla profondità di riferimento, mentre la tensione verticale totale σ_v viene calcolata a partire dalla densità del materiale.

Studi recenti [6] hanno evidenziato come la relazione (3) di Hueckel *et al.* [4] tenda a sottostimare la comprimibilità uniassiale dei sedimenti posti a meno di 1500 m di profondità. Per tener conto di ciò, ovvero per profondità inferiori a 1500 m, Ferronato *et al.* [6] hanno proposto che, in via cautelativa, il valore di c_m ottenuto dalla (3) sia moltiplicato per 2:

$$c_m = \begin{cases} 2 \cdot 0.01367 \cdot (\sigma'_v)^{-1.16434} & z < 1500m \\ 0.01367 \cdot (\sigma'_v)^{-1.16434} & z \geq 1500m \end{cases} \quad (7)$$

Nel presente studio, al fine di riprodurre gli spostamenti misurati in corrispondenza di una stazione GPS installata sulla piattaforma di Naide, è stata implementata una legge di variazione della compressibilità uniassiale con lo stress efficace specifica per il campo in oggetto.

In particolare, è stata mantenuta la pendenza (nel piano bilogarithmico $c_m: \sigma'_v$) delle relazioni sopra definite, ed è stata fatta variare l'intercetta all'interno del range rappresentato in Figura 5 fino ad ottenere un match adeguato. La legge così determinata è stata quindi utilizzata per generare i valori di compressibilità uniassiale adottati nel presente studio (Figura 5):

legge calibrata

$$c_m = 1.9 \cdot 0.01367 \cdot (\sigma'_v)^{-1.16434} \quad (8)$$

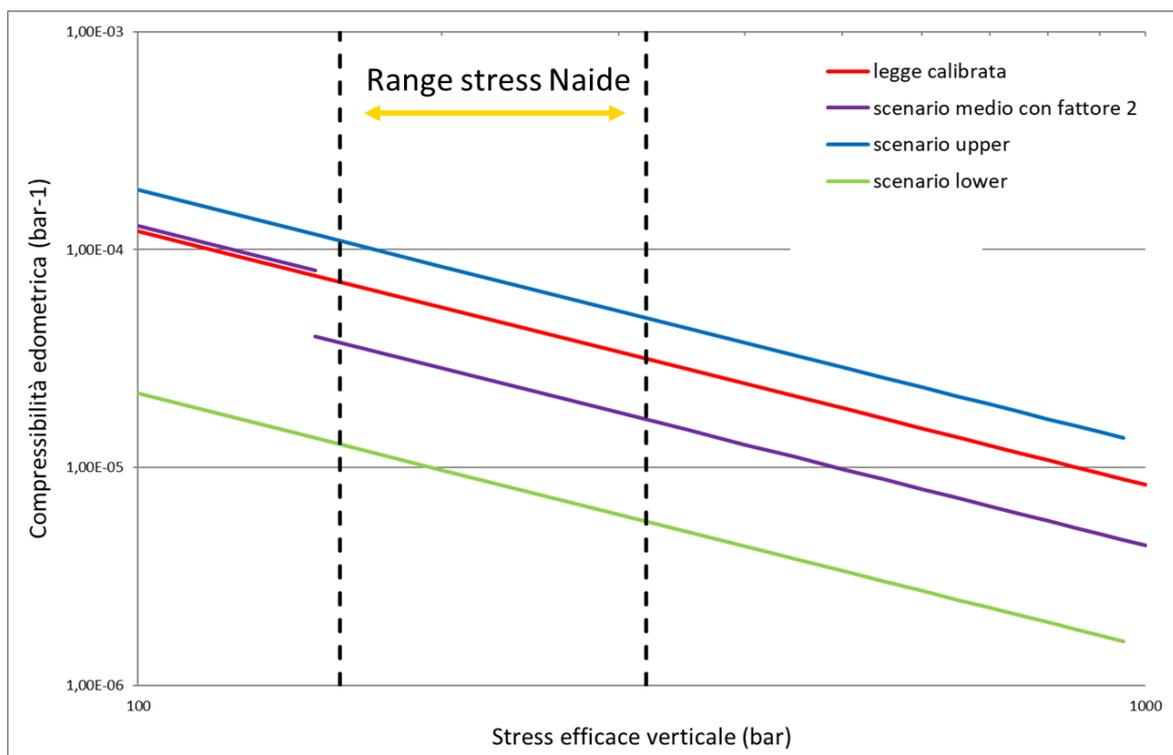


Figura 5 – Legge di variazione della compressibilità edometrica calibrata per il campo di Naide.

I campi di pressione del modello Eclipse sono stati stimati utilizzando compressibilità dei pori consistenti con il modello geomeccanico. Questa procedura garantisce assoluta consistenza tra le proprietà geomeccaniche utilizzate nel modello di giacimento e quelle adottate nel modello geomeccanico.

In Tabella 1 sono riportati i valori di compressibilità uniassiale (c_m), coefficiente di Poisson (ν), modulo di Young (E), pendenza della retta di normal-compressione (λ) e di scarico-ricarico (κ) nel piano $e: \ln p'$ (dove e è l'indice dei vuoti e p' è la tensione efficace media) assegnati ai vari livelli nel modello geomeccanico. Per ogni layer sono anche indicati i valori di profondità media (z_{media}), tensione verticale totale (σ_v), pressione dei pori (p) e tensione verticale efficace (σ'_v).

Tabella 1 – Proprietà assegnate, regione per regione, nel modello geomeccanico di Naide.

Layer		z media (m)	σ_v (bar)	p (bar)	σ'_v (bar)	cm (1/bar)	v	E (bar)	λ	κ
Overburden	1	184,2	30,5	18,6	11,9	1,46E-03	0,3	5,10E+02	-	-
Overburden	2	482,6	90,2	48,8	41,4	3,40E-04	0,3	2,18E+03	-	-
Overburden	3	781	152,8	78,9	73,9	1,73E-04	0,3	4,29E+03	-	-
Overburden	4	1079,4	217,0	109,1	107,9	1,11E-04	0,3	6,66E+03	-	-
Overburden	5	1377,8	282,5	139,2	143,3	8,02E-05	0,3	9,27E+03	-	-
Reservoir	1	1564,5	323,9	165,4	158,5	7,13E-05	0,3	1,04E+04	1,51E-02	5,02E-03
Reservoir	2	1564,5	323,9	165,4	158,5	7,13E-05	0,3	1,04E+04	1,51E-02	5,02E-03
Reservoir	3	1564,5	323,9	165,4	158,5	7,13E-05	0,3	1,04E+04	1,51E-02	5,02E-03
Reservoir	4	1564,5	323,9	165,4	158,5	7,13E-05	0,3	1,04E+04	1,51E-02	5,02E-03
Reservoir	5	1564,5	323,9	165,4	158,5	7,13E-05	0,3	1,04E+04	-	-
Reservoir	6	1564,5	323,9	165,4	158,5	7,13E-05	0,3	1,04E+04	-	-
Reservoir	7	1614,1	335,0	173,2	161,8	6,96E-05	0,3	1,07E+04	1,50E-02	5,00E-03
Reservoir	8	1614,1	335,0	173,2	161,8	6,96E-05	0,3	1,07E+04	1,50E-02	5,00E-03
Reservoir	9	1614,1	335,0	173,2	161,8	6,96E-05	0,3	1,07E+04	1,50E-02	5,00E-03
Reservoir	10	1614,1	335,0	173,2	161,8	6,96E-05	0,3	1,07E+04	1,50E-02	5,00E-03
Reservoir	11	1614,1	335,0	173,2	161,8	6,96E-05	0,3	1,07E+04	-	-
Reservoir	12	1631,1	338,8	176,0	162,8	6,91E-05	0,3	1,07E+04	1,50E-02	5,00E-03
Reservoir	13	1631,1	338,8	176,0	162,8	6,91E-05	0,3	1,07E+04	1,50E-02	5,00E-03
Reservoir	14	1631,1	338,8	176,0	162,8	6,91E-05	0,3	1,07E+04	1,50E-02	5,00E-03
Reservoir	15	1631,1	338,8	176,0	162,8	6,91E-05	0,3	1,07E+04	1,50E-02	5,00E-03
Reservoir	16	1631,1	338,8	176,0	162,8	6,91E-05	0,3	1,07E+04	-	-
Reservoir	17	1631,1	338,8	176,0	162,8	6,91E-05	0,3	1,07E+04	-	-
Reservoir	18	1631,1	338,8	176,0	162,8	6,91E-05	0,3	1,07E+04	-	-
Reservoir	19	1631,1	338,8	176,0	162,8	6,91E-05	0,3	1,07E+04	-	-
Reservoir	20	1631,1	338,8	176,0	162,8	6,91E-05	0,3	1,07E+04	-	-
Reservoir	21	2773,9	598,9	301,7	297,2	3,43E-05	0,3	2,17E+04	1,36E-02	4,53E-03
Reservoir	22	2773,9	598,9	301,7	297,2	3,43E-05	0,3	2,17E+04	-	-
Reservoir	23	2929,3	634,9	318,8	316,1	3,19E-05	0,3	2,33E+04	1,34E-02	4,48E-03
Reservoir	24	2936,2	636,5	319,2	317,3	3,18E-05	0,3	2,34E+04	1,34E-02	4,48E-03
Reservoir	25	2944,2	638,4	319,0	319,4	3,15E-05	0,3	2,36E+04	1,34E-02	4,47E-03
Reservoir	26	2944,2	638,4	319,0	319,4	3,15E-05	0,3	2,36E+04	-	-
Underburden	1	3380	740,0	341,5	398,5	2,44E-05	0,3	3,05E+04	-	-
Underburden	2	3740	824,6	377,9	446,7	2,13E-05	0,3	3,48E+04	-	-
Underburden	3	4100	909,8	414,3	495,5	1,89E-05	0,3	3,93E+04	-	-
Underburden	4	4460	995,4	450,7	544,7	1,69E-05	0,3	4,39E+04	-	-
Underburden	5	4820	1081,4	487,0	594,4	1,53E-05	0,3	4,86E+04	-	-

3.4 Inizializzazione e storia di pressione

3.4.1 Stato tensionale iniziale

Per il campo di Naide lo sforzo totale verticale è stato calcolato dal gradiente di overburden definito dai log density eseguiti su Naide1 e Naide2 (come descritto nel paragrafo 3.3.1). Lo sforzo orizzontale σ'_h è stato inizializzato partendo da condizioni di tipo edometrico definite come:

$$\sigma'_h = K_0 \cdot \sigma'_v \quad (9)$$

dove K_0 rappresenta il coefficiente di spinta a riposo che è stato posto pari a 0.54 [7].

3.4.2 Storia di pressione

La distribuzione tridimensionale di pressione e la sua evoluzione temporale, così come calcolata dal modello fluido-dinamico Eclipse, è stata importata nel modello ad elementi finiti. Le pressioni sono state importate in 29 step temporali, selezionati in modo che non si verificassero eccessive variazioni di pressione tra due intervalli successivi.

4 Confronto con i dati di subsidenza misurati dalla stazione CGPS

I valori di subsidenza calcolati dal modello numerico sono stati confrontati con quelli misurati dalle stazioni CGPS installate sulla piattaforma di produzione di Naide.

Il confronto tra i risultati ottenuti con il modello geomeccanico e la serie storica misurata con il CGPS è mostrato in Figura 6. Si può osservare come entrambi gli scenari analizzati, differendo solo per la fase di forecast, riproducano fedelmente gli spostamenti registrati dalla stazione CGPS.

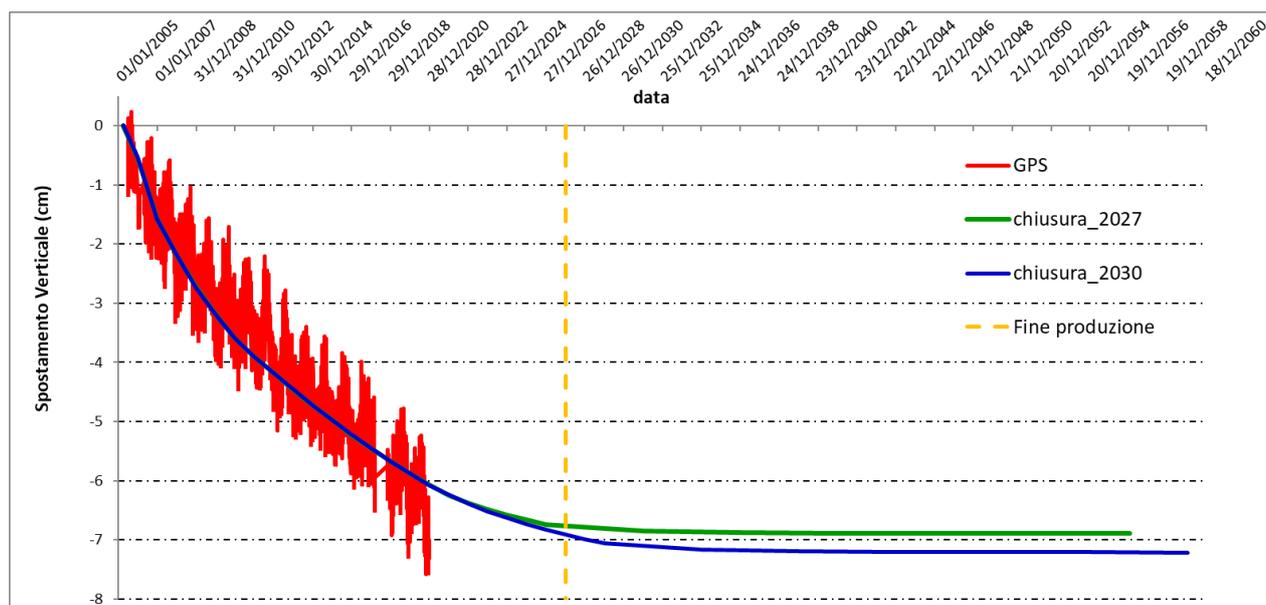


Figura 6 – Spostamento misurato e calcolato in corrispondenza della stazione CGPS di Naide.

5 Risultati delle analisi eseguite con il modello elasto-plastico

In questo paragrafo vengono riportati i risultati, in termini di subsidenza, per gli scenari considerati (“Do Nothing - caso base”, con chiusura al 2027 e “Do Nothing – caso massimo”, con chiusura al 2030) e per diversi step temporali durante e dopo la vita produttiva dei campi. Gli studi, infatti, sono stati protratti fino a 30 anni dopo la fine della produzione, in modo da considerare l’effetto dell’evoluzione della pressione nelle regioni mineralizzate e in acquifero dopo la chiusura dei pozzi.

In Tabella 2 sono riportati i valori massimi di subsidenza e l’estensione del fenomeno, calcolata come distanza del punto di massima subsidenza dalla linea dei 2 cm.

In particolare, per il caso “Do Nothing - caso base”, le previsioni di subsidenza sono riportate alle seguenti date:

- 31-dic-2020: data di fine history match;
- 1-gen-2027: fine della produzione;
- 1-gen-2057: fine della simulazione.

Per i casi “Do Nothing - caso massimo” sono invece riportate le previsioni di subsidenza alle seguenti date:

- 31-dic-2020: data di fine history match;
- 1-gen-2030: fine della produzione;
- 1-gen-2060: fine della simulazione.

Tabella 2 – Risultati finali: massima subsidenza ed estensione del fenomeno per gli scenari “Do Nothing - caso base” e “Do Nothing - caso massimo”.

	31-dic-2020		Fine produzione		Fine simulazione	
	Max sub (cm)	Max estensione (km)	Max sub (cm)	Max estensione (km)	Max sub (cm)	Max estensione (km)
Do Nothing - caso base	10	4	11	4	12	4
Do Nothing - caso massimo	10	4	12	4	13	4

I due scenari differiscono per variazioni minime in forecast; per questa ragione saranno mostrate solo le mappe di subsidenza relative allo scenario Do Nothing - caso base.

Nel dettaglio, l’analisi dei risultati consente di osservare che:

- per lo scenario “Do Nothing - caso base”:
 - il valore massimo di subsidenza risulta pari a 12 cm. Tale valore è raggiunto nel 2032 e rimane costante fino alla fine della simulazione;
 - alla fine della produzione (1-gen-2027) la massima estensione della linea di iso-subsidenza dei 2 cm, calcolata come distanza del punto di massima subsidenza dalla linea

dei 2 cm, è pari a 4 km (Figura 8). Tale distanza rimane costante alla fine della simulazione (Figura 9);

- il fenomeno si esaurisce a circa 30 km dalla linea di costa, come è mostrato in Figura 10, in cui è riportato l'andamento nel tempo della linea di iso-subsidenza dei 2 cm.
- per lo scenario “Do Nothing - caso massimo”:
 - il valore massimo di subsidenza risulta pari a 13 cm. Tale valore è raggiunto nel 2040 e rimane costante fino alla fine della simulazione;
 - alla fine della produzione (1-gen-2030) la massima estensione della linea di iso-subsidenza dei 2 cm, calcolata come distanza del punto di massima subsidenza dalla linea dei 2 cm, è pari a 4 km. Tale estensione rimane costante alla fine della simulazione;
 - il fenomeno si esaurisce a circa 30 km dalla linea di costa.

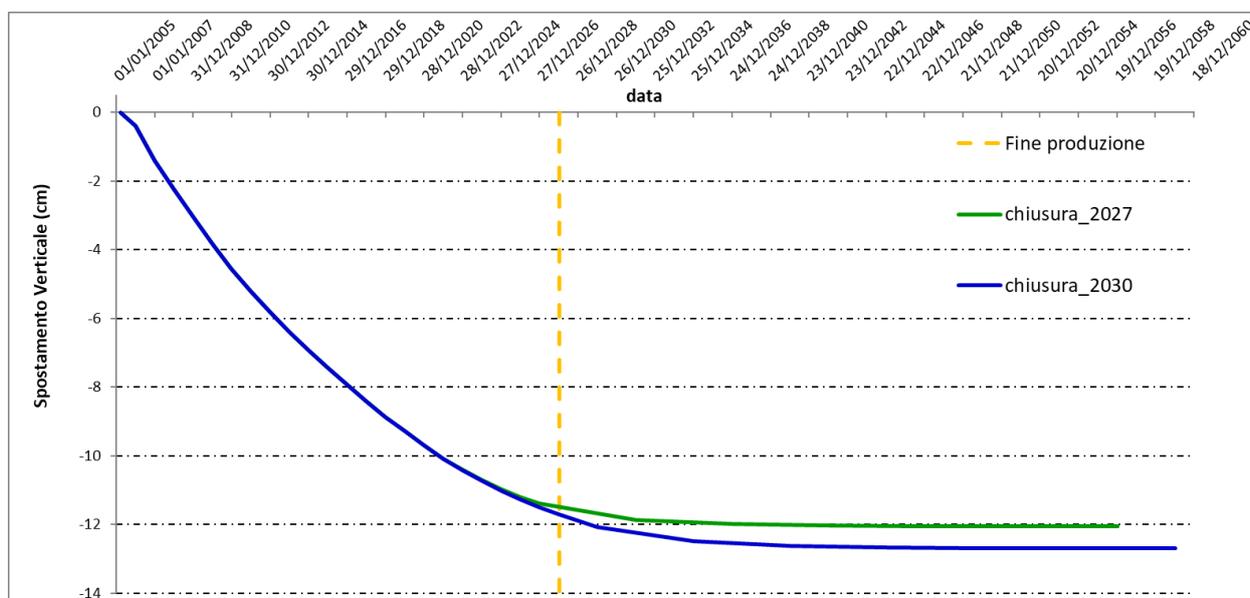


Figura 7 – Evoluzione nel tempo del valore di subsidenza nel punto di massimo.

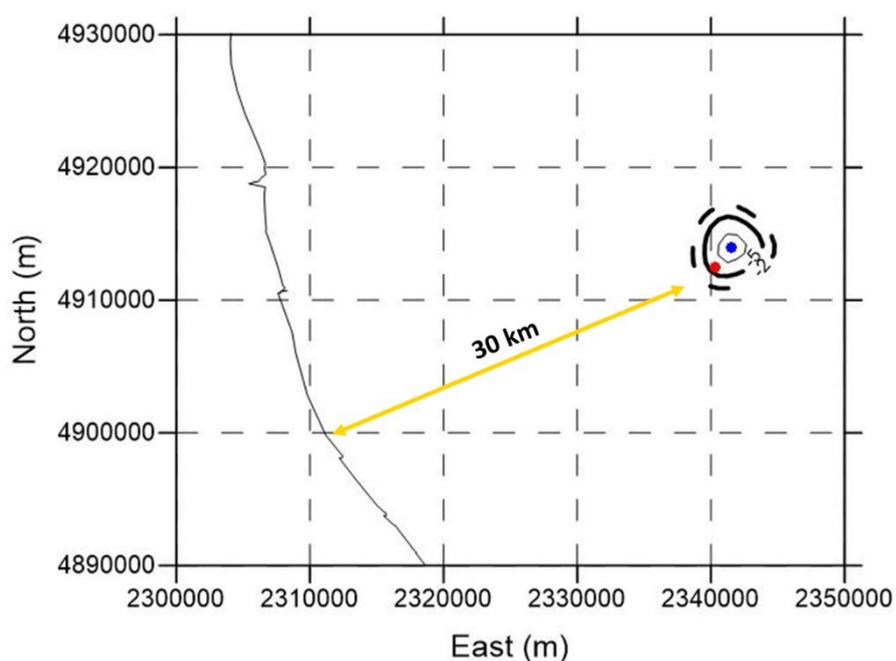


Figura 8 – Curve di iso-subsidenza per lo scenario “Do Nothing - caso base” a fine produzione. In blu è riportata la posizione del punto di massimo, in rosso la posizione della piattaforma.

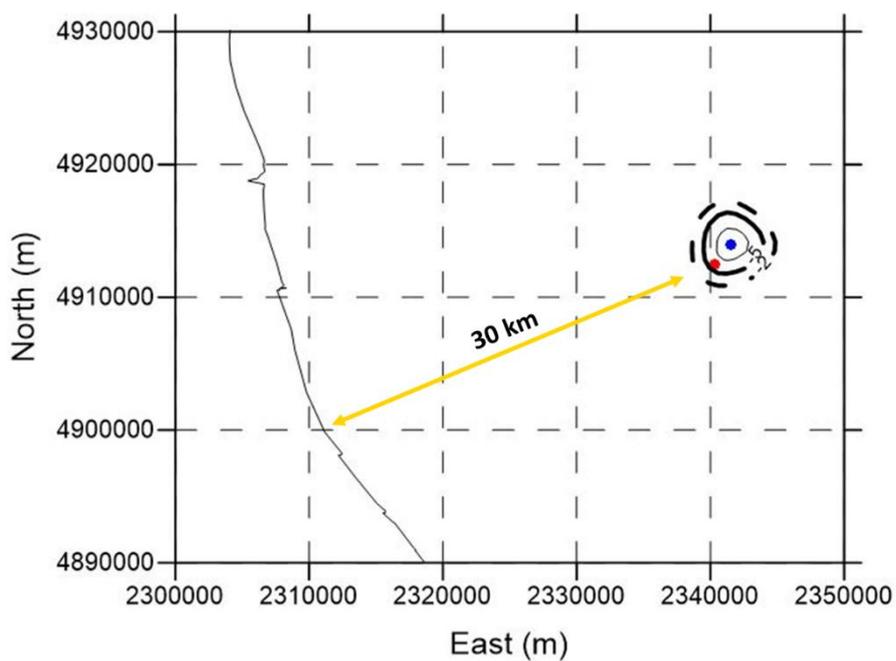
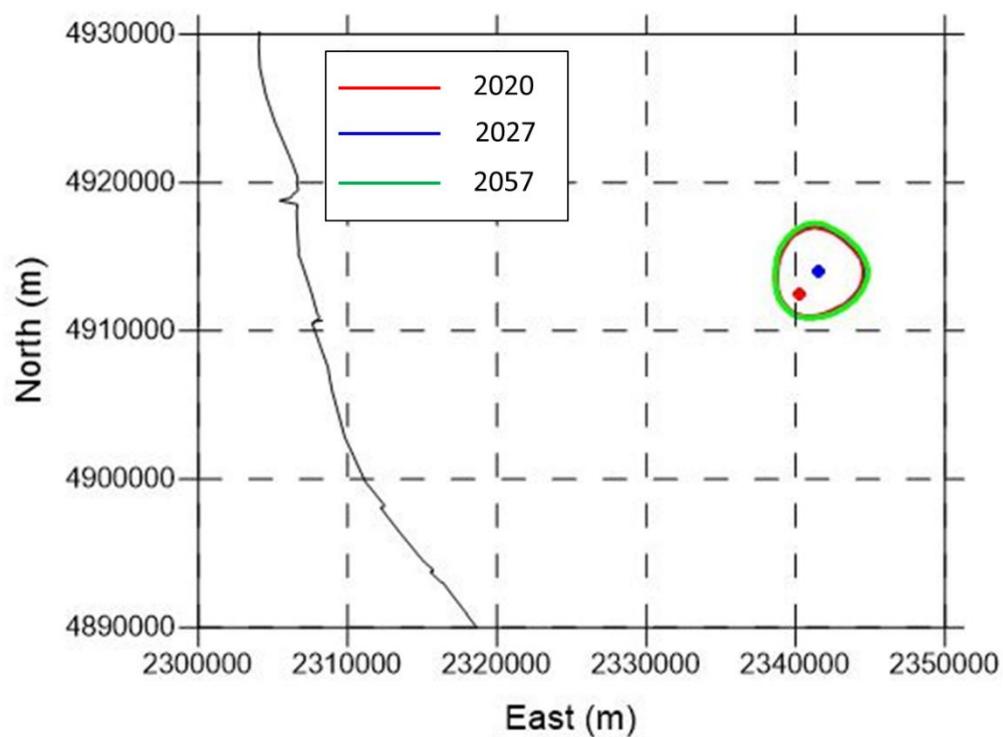


Figura 9 – Curve di iso-subsidenza per lo scenario “Do Nothing - caso base” a fine simulazione (2057). In blu è riportata la posizione del punto di massimo, in rosso la posizione della piattaforma.



**Figura 10 – Evoluzione temporale della linea di iso-subsidenza dei 2 cm per lo scenario “Do Nothing - caso base”.
In blu è riportata la posizione del punto di massimo, in rosso la posizione della piattaforma.**



Bibliografia

1. Abaqus™, Simulia, versione 2019 HotFix 1.
2. Eclipse™, Schlumberger, versione 2018.2.
3. Campo di Naide – Aggiornamento dello studio di giacimento. Scheda riassuntiva. Relazione ENI IPET-85D22037-0. Aprile 2021.
4. D. Baù, M. Ferronato, G. Gambolati and P. Teatini: *Basin-scale compressibility of the northern Adriatic by the radioactive marker technique*. Géotechnique 52, No. 8, 605–616, 2002.
5. T. Hueckel, G. Cassiani, J.H. Prévost and D.A. Walters: *Field Derived Compressibility of Deep Sediments of the Northern Adriatic*. *Land Subsidence*, Special Volume, Proc. 7th Int. Symp. on Land Subsidence, Shanghai, 2005.
6. M. Ferronato, G. Gambolati, P. Teatini and D. Baù: *Interpretation of Radioactive Marker Measurements To Evaluate Compaction in the Northern Adriatic Gas Field*, SPE Evaluation & Engineering, December 2003.
7. F.J. Santarelli, M. Brignoli, A. Pellegrino: *La scelta del coefficiente di Poisson per formazioni a grande scala* - 04/1996.