



Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS

Parere²⁷⁰⁴ del 13/04/2018

Progetto	<p style="text-align: center;">ID_VIP 3972</p> <p style="text-align: center;">Progetto di ampliamento capacità di stoccaggio da realizzarsi mediante l'incremento della pressione massima di esercizio (pmax) oltre la pressione statica di fondo originaria (p) del giacimento (pmax = 1,07p), nella Concessione di Stoccaggio di Minerbio. D.M. 55 del 14/3/2017</p> <p style="text-align: center;"><u>Prescrizione A.3)</u></p> <p style="text-align: center;">Verifica di Ottemperanza (ex art. 28 del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.)</p>
Proponente	Stogit S.p.A.

[Handwritten signatures and initials scattered across the bottom of the page]

Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS

VISTA la nota prot. n. 6787/DVA del 21/03/2018, acquisita al prot. n. 1177/CTVA del 21/03/2018, con la quale la Direzione Generale per le Valutazioni e le Autorizzazioni Ambientali di questo Ministero (di seguito "DVA"), ha trasmesso copia della documentazione inviata dalla "Società Stogit S.p.A." (di seguito "Proponente"), ai fini della verifica di ottemperanza della **prescrizione A.3)** del **Decreto VIA n. 55 del 14/03/2017**, con il quale è stata decretata la compatibilità ambientale del progetto di "ampliamento capacità di stoccaggio da realizzarsi mediante l'incremento della pressione massima di esercizio (p_{max}) oltre la pressione statica di fondo originaria (p) del giacimento ($p_{max} = 1,07p$), nella Concessione di Stoccaggio di Minerbio".

VISTO il D.Lgs. n. 152 del 03/04/2006, recante "Norme in materia ambientale".

VISTO il D.P.R. n. 90 del 14/05/2007, concernente "Regolamento per il riordino degli organismi operanti presso il Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare, a norma dell'art. 29 del D.L. 4 luglio 2006, n. 223, convertito, con modificazioni, dalla L. 4 agosto 2006, n. 248" ed in particolare l'art. 9 che prevede l'istituzione della Commissione tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA e VAS (di seguito "CTVA").

VISTO il D.L. n. 90 del 23/05/2008, convertito in Legge il 14/07/2008, L. 123/2008 "Conversione in legge, con modificazioni, del Decreto legge 23 maggio 2008, n. 90 recante misure straordinarie per fronteggiare l'emergenza nel settore dello smaltimento dei rifiuti nella regione Campania e ulteriori disposizioni di protezione civile" ed in particolare l'art. 7 che modifica l'art. 9 del D.P.R. n. 90 del 14/05/2007.

VISTO il D.M. del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare prot. n. GAB/DEC/150/07 del 18/09/2007, di definizione dell'organizzazione e del funzionamento della CTVA e le successive modifiche.

VISTO l'art. 8 D.Lgs. n. 152 del 03/04/2006, inerente il funzionamento della CTVA.

VISTO il D.L. n. 98 del 06/07/2011, convertito in Legge il 15/07/2011, L. n. 111/2011 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 6 luglio 2011, n. 98 recante disposizioni urgenti per la stabilizzazione finanziaria" ed in particolare l'art. 5 comma 2-bis.

VISTO il D.M. del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare prot. GAB/DEC/112/2011 del 19/07/2011 e s.m.i., di nomina dei componenti della CTVA.

VISTO il D.L. n. 91 del 24/06/2014, convertito in Legge 11/08/2014, L. 116/2014 "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 24 giugno 2014, n. 91 disposizioni urgenti per il settore agricolo, la tutela ambientale e l'efficientamento energetico dell'edilizia scolastica e universitaria, il rilancio e lo sviluppo delle imprese, il contenimento dei costi gravanti sulle tariffe elettriche, nonché per la definizione immediata di adempimenti derivanti dalla normativa europea" ed in particolare l'art.12, comma 2, con il quale si dispone la proroga le funzioni dei Componenti della CTVA in carica alla data dell'entrata in vigore del detto D.L. fino al momento della nomina della nuova Commissione.

VISTO il D.M. n. 308 del 24/12/2015 recante "Indirizzi metodologici per la predisposizione dei quadri prescrittivi nei provvedimenti di valutazione ambientale di competenza statale".

VISTO il D.Lgs. n. 104 del 16/06/2017 recante "Attuazione della direttiva 2014/52/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 16 aprile 2014, che modifica la direttiva 2011/92/UE, concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati, ai sensi degli articoli 1 e 14 della legge 9 luglio 2015, n. 114".

VISTA la nota prot. n. 1271/CTVA del 27/03/2018, con la quale il Presidente della CTVA ha comunicato i procedimenti assegnati nel corso della riunione del CdC n. 9 del 22/03/2018, tra i quali l'istruttoria in questione.

VISTO il Parere CTVA n. 2088 del 27/05/2016 che ha sostituito il quadro prescrittivo del precedente parere CTVA positivo con prescrizioni, n. 2016 dell'11.03.2016 relativo al "progetto di ampliamento capacità di stoccaggio da realizzarsi mediante l'incremento della pressione massima di esercizio (p_{max}) oltre la pressione statica di fondo originaria (p) del giacimento ($p_{max} = 1,07p$), nella Concessione di Stoccaggio di Minerbio", ubicata in Provincia di Bologna, ed il relativo Decreto VIA di compatibilità ambientale n. 55 del 14/03/2017.

ID_VIP 3972 - Verifica di ottemperanza - Ampliamento capacità di stoccaggio della Concessione Minerbio da realizzarsi tramite l'incremento della pressione massima di esercizio oltre la pressione statica di fondo del giacimento - Prescrizione: A.3 - Proponente: STOGIT S.p.A.

CONSIDERATO che la sopra citata compatibilità ambientale è stata subordinata al rispetto di specifiche prescrizioni, tra le quali la n. **A.3**), il cui testo si riporta a seguire:

"A.4) riguardo alle pressioni di giacimento: il modello geologico dovrà essere aggiornato con la realizzazione di un modello tridimensionale termo-fluido-dinamico del flusso polibasico-policomponente reattivo nelle rocce eterogenee porose, fratturate/fagliate ed elastiche sia dello stoccaggio di gas a pressione originaria che in sovrappressione. Il modello dovrà essere calibrato in base a tutti i dati originari di campo, dei dati relativi alla fase di prima produzione gas e successivamente a quelli specifici del periodo di stoccaggio in condizioni di pressione originaria. Tale modello dovrà esser utilizzato ai fini della identificazione e valutazione degli impatti sull'ambiente a conseguenza della gestione a pressione originaria e della gestione in sovrappressione. In particolare, il modello dovrà essere utile ad identificare e monitorare le possibili vie di fuga del gas stoccato, incluse quelle per diffusione e dispersione idrodinamica, e particolarmente quelle relative alle cosiddette perdite fisiologiche che possano apparentemente avere valori nell'ordine di grandezza dell'uno per mille, equivalenti quindi ad una consistente quantità di metri cubi di gas persi annualmente".

CONSIDERATO che il proponente, con la nota prot. n. 157/AMPIR/SB del 07/03/2018, acquisita al prot. n. 5649/DVA del 08/03/2018, ha trasmesso la seguente documentazione:

- "Studio dei fenomeni diffusivi attraverso le rocce di copertura dei giacimenti adibiti a stoccaggio sotterraneo del gas naturale" (politecnico di Torino, Gennaio 2018);
- "Campo di Minerbio - Pool C. Relazione tecnica in ottemperanza alla prescrizione A.3) del DM n. 0000055 del 14/03/2017".

I documenti sono stati redatti dalla "Petroleum Engineering Group" del Politecnico di Torino (Gennaio 2018).

* * *

Modello geologico

CONSIDERATO che,

- il modello geologico del campo è di tipo tridimensionale;
- il giacimento di Minerbio, è costituito dalla porzione nord-occidentale di un'anticlinale fagliata NE vergente, estesa sui campi di Minerbio e Selva; su questa anticlinale principale si sovrappone un'anticlinale minore disassata, costituente il campo propriamente detto. La trappola che caratterizza il giacimento di Minerbio è di tipo misto stratigrafico-strutturale definita dalla combinazione di elementi duttili (anticlinale asimmetrica) e fragili (faglie normali a direzione NE a nord del giacimento), ed elementi stratigrafici (livelli depositi in onlap). La copertura del giacimento è garantita dalla facies argilloso-siltosa del membro superiore della Formazione Argille 4 del Santerno, presente sull'intera area del giacimento con uno spessore medio di 130 metri. Il *reservoir* principale del campo di Minerbio è rappresentato dal Pool C; esso comprende 4 corpi sabbiosi principali, indicati come livelli C1, C2, C3, C3-1. Un quinto livello poroso, rilevato nella zona basale del pool e denominato C3-2, risulta mineralizzato ad acqua. Interposti ai livelli principali vi sono 3 *interlayers* argillosi, correlabili su tutto il campo. I livelli principali sono caratterizzati da forti variazioni laterali di spessore; in particolare si evidenzia un *trend* di assottigliamento che riflette la chiusura in *pinch-out* dei livelli in *onlap* sul sottostante membro inferiore delle Argille del Santerno e che definisce una zona di non deposizione nell'area SE del campo. L'età dei depositi è compresa tra il Pliocene medio ed il Pliocene superiore; essi risultano sedimentati in discontinuità su un alto strutturale formato dal membro inferiore delle Argille del Santerno;

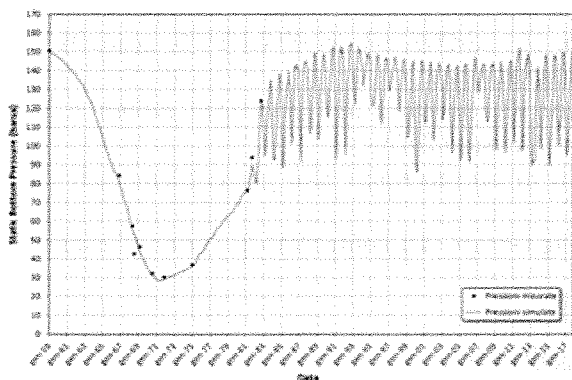
Modello fluido-dinamico

CONSIDERATO che,

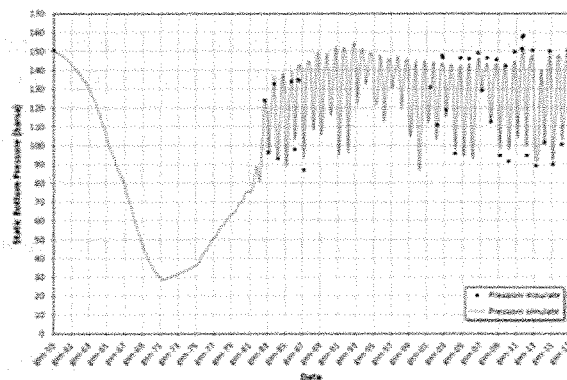
- il modello fluido-dinamico del campo è di tipo tridimensionale descrive il flusso multifase gas-acqua nei livelli di stoccaggio, costituiti da rocce porose permeabili con limitato grado di eterogeneità, sia a pressione originaria sia in sovrappressione;

ID_VIP 3972 - Verifica di ottemperanza - Ampliamento capacità di stoccaggio della Concessione Minerbio da realizzarsi tramite l'incremento della pressione massima di esercizio oltre la pressione statica di fondo del giacimento - Prescrizione: A.3 - Proponente: STOGIT S.p.A.

- nel caso del Pool C del campo di stoccaggio Minerbio sia le rocce serbatoio che quelle di copertura non sono di tipo fratturato;
- i ripetuti cicli di erogazione/iniezione del gas possono comportare un raffreddamento della struttura dell'ordine di qualche grado centigrado nel corso di una o più decine di anni e che, detto raffreddamento, ha un impatto sul comportamento PVT del gas;
- la taratura del modello del Pool C del campo di Minerbio ha consentito di riprodurre i dati storici di produzione del giacimento disponibili sin dalla data di scoperta del livello;
- il modello soddisfa i dati di pressione statica di fondo pozzo misurati durante tutta la vita del giacimento, i valori di pressione dinamica misurati a testa pozzo, i volumi movimentati e la produzione di acqua dai singoli pozzi;
- le figure a seguire riportano l'andamento della pressione statica simulata e della pressione statica misurata rispettivamente per il pozzo Minerbio 34 dir e per il pozzo Minerbio 53dir. La sovrapposizione dei dati di pressione simulati e dei dati storici rileva che il modello è stato ben calibrato;



Confronto tra l'andamento della pressione statica simulata e i dati di pressione statica misurati per il pozzo Minerbio 34dir



Confronto tra l'andamento della pressione statica simulata e i dati di pressione statica misurati per il pozzo Minerbio 53 dir

- il modello calibrato è stato impiegato per definire, in via previsionale, i volumi di gas da iniettare ed erogare e le corrispondenti pressioni massime e minime, nell'ipotesi che la massima pressione statica raggiungesse rispettivamente la pressione iniziale P_i , il 107% della P_i :
 - nel caso dello scenario di esercizio in sovrappressione al 107% della pressione iniziale, la simulazione dinamica 3D evidenzia un incremento del volume di Working Gas pari a $400 \cdot 10^6 \text{ m}^3_{sc}$ (Politecnico di Torino-Stogit. "Campo di Minerbio - Studio dinamico del giacimento, luglio 2013);
- l'assenza di migrazione del gas verso la superficie è garantita dalla presenza delle argille di copertura, di fatto impermeabili al gas e in grado di confinare il gas stesso nel giacimento per milioni di anni alla pressione originaria della formazione;
- durante i brevi periodi in sovrappressione, non si prevede in nessun caso di superare la pressione minima di soglia (*threshold pressure*), alla quale il gas inizia a spiazzare l'acqua che satura le argille di copertura - pur senza creare ancora vie di flusso attraverso di essa - di fatto il gas non può defluire verso la superficie.

VALUTATO che,

- l'impatto sul comportamento PVT del gas, dovuto al potenziale leggero raffreddamento della struttura, sarà tenuto in conto modificando il fattore di volume del gas;
- i fenomeni di diffusione (presenti naturalmente) non comportano migrazione di gas degna di rilievo. Infatti i risultati degli scenari analizzati evidenziano come l'entità del volume di gas che potrebbe essere perso in 200 anni risulta inferiore allo 0.00015% del volume di gas inizialmente in posto nel giacimento.

Perdite fisiologiche di gas attraverso la copertura

CONSIDERATO che,

- i bassissimi valori di permeabilità delle argille di copertura dei giacimenti (10^{-6} mD o inferiori) e la presenza di una pressione capillare di soglia (in base a misure di laboratorio su campioni delle Argille del

Santerno generalmente compresa tra 45 e 70 bar), al di sotto della quale il gas non può infiltrarsi nelle argille già sature di acqua, fanno sì che attraverso la roccia di copertura non si verifichi flusso di gas. La dispersione cinematica, dovuta alla tortuosità del percorso del liquido attraverso il mezzo poroso, è nulla;

- la valutazione dei fenomeni diffusivi che potrebbero eventualmente causare perdite di gas dal giacimento attraverso la roccia di copertura è stata sviluppata mediante apposito studio (*"Studio dei fenomeni diffusivi attraverso le rocce di copertura dei giacimenti adibiti a stoccaggio sotterraneo del gas naturale"* - Politecnico di Torino, Dicembre 2017). Lo studio è stato eseguito attraverso la generazione di un *modello numerico fluido-dinamico sintetico*, dal quale si rileva che:
 - vengono descritti tre distinti strati geologici (*livelli*):
 - livello sabbioso, poroso e permeabile, di monitoraggio saturo in acqua (*regione 1*);
 - livello argilloso saturo in acqua rappresentante la roccia di copertura (*regione 2*);
 - livello sabbioso, poroso e permeabile, mineralizzato a gas rappresentante il giacimento (*regione 3*).



- vengono definiti dei sottolivelli (*layers*) in direzione verticale per descrivere i *livelli*, indicanti:
 - lo *strato poroso di monitoraggio (regione 1)* si sviluppa a partire dal top della roccia di copertura (posizionato ad una profondità variabile tra 996 e 1000 m) fino alla superficie (0 m TVDss). Il livello è descritto da 5 layers con spessore variabile tra 199.2 e 200 m;
 - la *roccia di copertura (regione 2)* è stata definita immediatamente al di sopra del giacimento con uno spessore variabile tra 1 e 5 m. Il numero di layers (Nz) che descrivono la *cap rock* risulta variabile tra 10 e 50, mentre lo spessore di ogni layer è stato assegnato pari a 0.1 m, uniformemente in tutti gli scenari di simulazione;
 - il livello poroso basale rappresentante il *giacimento (regione 3)* è stato definito con un unico layer di spessore (dz) pari a 10 m alla profondità (top) di 1001 m TVDss.
- è stato popolato con proprietà petrofisiche (porosità, permeabilità e saturazione in acqua irriducibile, S_{wi}), rappresentative delle litologie considerate: sabbie (*regioni 1 e 3*) e argilla (*regione 2*). Per la *regione 2 (roccia di copertura)* la permeabilità è stata posta pari a zero per annullare fenomeni di trasporto del gas per convezione e/o dispersione.

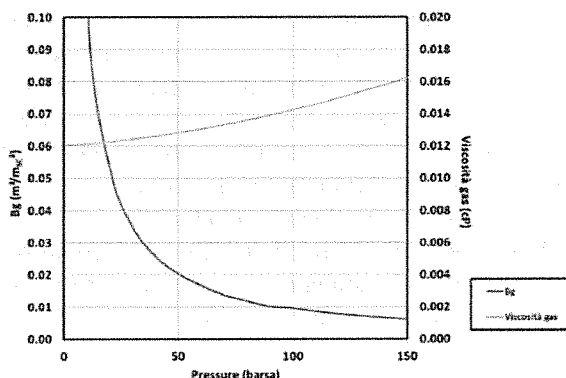
Livello (Regione)	Porosità	Permeabilità	S_{wi}
	[%]	[mD]	[%]
1	20	100	25
2	5+25	0	90
3	20	100	20

- le proprietà PVT del gas sono state mutuate dallo studio di giacimento del livello C2 del campo di Fiume-Treste e dal relativo modello dinamico definito e calibrato dal Politecnico di Torino (*Campo di San Salvo Concessione Fiume Treste, Livello C2, "Modello statico ed analisi del comportamento dinamico per l'ottimizzazione della gestione operativa"*, Gennaio 2007). Il gas originario risulta costituito per circa il 99% da metano, con una densità riferita a quella dell'aria (gas gravity, GG) pari a 0.618. La temperatura di giacimento è pari a 49°C. I valori del fattore di volume (B_g) e della

Handwritten signatures and notes at the bottom of the page, including a large signature on the left and several smaller ones on the right, some with initials and numbers like '5'.

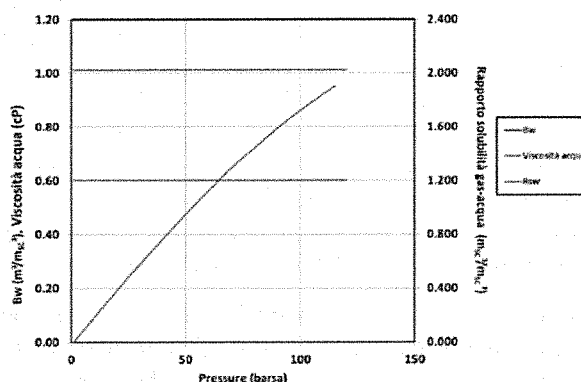
ID_VIP 3972 - Verifica di ottemperanza - Ampliamento capacità di stoccaggio della Concessione Minerbio da realizzarsi tramite l'incremento della pressione massima di esercizio oltre la pressione statica di fondo del giacimento - Prescrizione: A.3 - Proponente: STOGIT S.p.A.

viscosità del gas in funzione della pressione sono stati estratti dal modello dinamico del livello C2 - Fiume-Treste.



Andamento del fattore di volume (B_g) e della viscosità del gas in funzione della pressione.

Per l'acqua di formazione è stata assunta una densità pari a 1050 kg/m^3 . Il fattore di volume dell'acqua risulta pari a 1.012, mentre la viscosità è pari a 0.6 cP. La compressibilità dell'acqua impiegata nel modello dinamico è pari a $4.7 \cdot 10^{-5} \text{ bar}^{-1}$. La solubilità del gas (*metano*) in acqua in funzione della pressione è stata definita attraverso la correlazione di Katz. Poiché il software impiegato (*Eclipse 100*) non consente di simulare la diffusione molecolare del gas nell'acqua, è stato creato un modello pseudizzato gas-olio, in cui all'olio sono state assegnate le caratteristiche PVT dell'acqua.

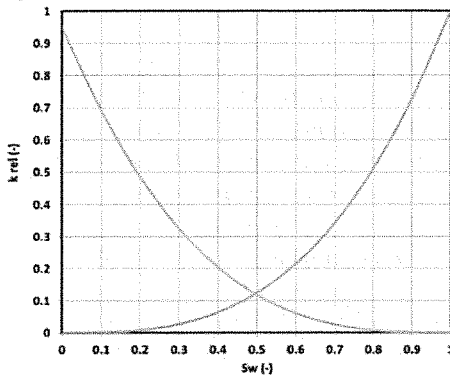


Andamento del fattore di volume (B_w), della viscosità dell'acqua e del rapporto di solubilità del gas in acqua (R_{sw}) in funzione della pressione.

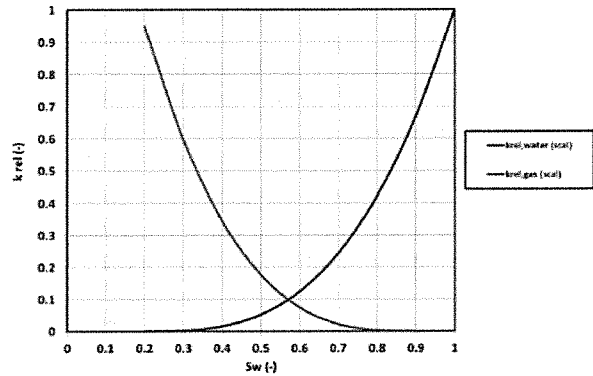
- le curve di permeabilità relativa sono state assunte per analogia con formazioni simili a quelle modellizzate. Sono state generate delle curve normalizzate [definite in un generico intervallo $0 \div 1$] attraverso la formulazione di Corey, assumendo un esponente della funzione analitica pari a 3 sia per il gas (Ng) che per l'acqua (Nw). Le curve sono state poi scalate per ciascun livello sulla base degli *end points*.

Livello (Regione)	S_{wi}	$S_{g,cr}$	$k_{r,g \text{ max}}$
	[%]	[%]	[-]
1	25	10	0.95
2	90	5	0.95
3	20	10	0.95

ID_VIP 3972 - Verifica di ottemperanza - Ampliamento capacità di stoccaggio della Concessione Minerbio da realizzarsi tramite l'incremento della pressione massima di esercizio oltre la pressione statica di fondo del giacimento - Prescrizione: A.3 - Proponente: STOGIT S.p.A.

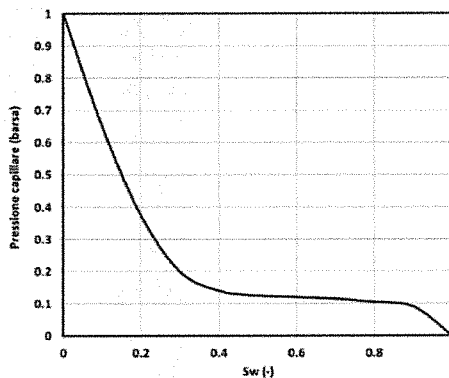


Curve di permeabilità relativa gas/acqua (normalizzate).



Curve di permeabilità relativa gas/acqua (scalate con $S_{wi} = 20\%$ e $S_{g,cr} = 10\%$).

- le pressioni capillari nei livelli porosi (giacimento e livello di monitoraggio) sono state assunte trascurabili, mentre per la roccia di copertura è stata assegnata una curva di pressione capillare ($p_{c,g-w}$) che tenesse conto delle forze capillari che agiscono normalmente in un mezzo di natura argillosa.



Nel modello pseudizzato le curve di permeabilità relativa all'acqua ed i relativi *end points* sono stati assegnati alla fase olio, così come la curva di pressione capillare è stata definita nel sistema gas-olio. La compressibilità della roccia (c_M), è stata assunta pari a $5.8 \cdot 10^{-5} \text{ bar}^{-1}$.

- le condizioni iniziali dei valori di pressione e di saturazione hanno assunto un regime idrostatico, assegnando a tutti e tre i livelli (regioni di equilibratura) una pressione iniziale (p_i) pari a 115 barsa alla profondità (*datum depth*) di 1011 m TVDss. Il *datum scelto* coincide con il *bottom* del giacimento (*regione 3*); a questa stessa profondità è stato definito il contatto gas-acqua iniziale del giacimento. Gli altri due livelli (*regioni 1 e 2*) sono stati assunti inizialmente saturi in acqua, assegnando a ciascuno di essi un contatto iniziale (GWC_i) alla profondità di 0 m TVDss (nel modello pseudizzato i contatti iniziali gas-acqua sono stati assegnati come contatti gas-olio). Successivamente è stato determinato il volume di gas originariamente in posto (GOIP) nel giacimento (*regione 3*). I parametri di inizializzazione (pressioni, contatti e saturazioni iniziali) assegnati nel modello e i valori di GOIP sono riepilogati di seguito.

Livello (Regione)	p_i	datum	GWC_i	S_g iniziale	S_w iniziale	GOIP
	[barsa]	[m TVDss]	[m TVDss]	[%]	[%]	[10^6 msc^3]
1	115	1011	0	0	100	0
2	115	1011	0	0	100	0
3	115	1011	1011	80	20	777.32 (*)

Handwritten signatures and notes at the bottom of the page, including a large signature and some scribbles.

(*) valore di GOIP relativo al caso base A (geometria cartesiana con L = 2000 m)

- le analisi parametriche sono state effettuate sui parametri (oltre al tempo) che possono avere un impatto sull'entità e sull'evoluzione della diffusione: spessore della roccia di copertura (1, 2, 3, 5 m); porosità della roccia di copertura (5, 15, 25%); coefficiente di diffusione molecolare ($0, 10^{-9}, 10^{-8}, 10^{-7}, 10^{-6}, 10^{-5}$ m²/giorno). Lo spessore della roccia di copertura è stato fatto variare, mantenendo fissa la profondità del *bottom* della *cap rock*, ovvero del *top* del giacimento, in modo da non variare il regime di pressione iniziale nella zona mineralizzata a gas (*regione 3*). Di seguito si riporta il riepilogo dei parametri di input delle simulazioni dinamiche effettuate per il caso base A (geometria cartesiana con L = 2000 m).

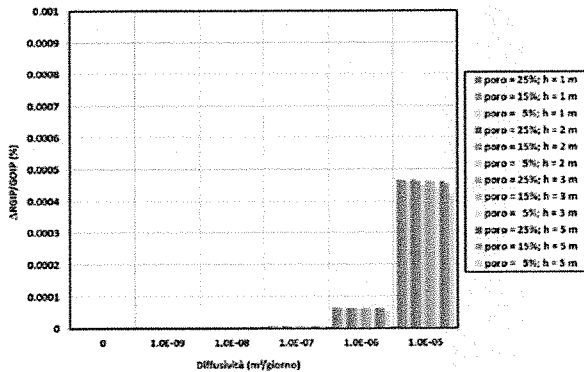
Scenario	Spessore roccia di copertura (h)	Porosità roccia di copertura (ϕ)	Coefficiente di diffusione
	[m]	[m TVDss]	[m ² /giorno]
A1	1	5	0
A2	1	5	10 ⁻⁹
A3	1	5	10 ⁻⁸
A4	1	5	10 ⁻⁷
A5	1	5	10 ⁻⁶
A6	1	5	10 ⁻⁵
A7	1	15	0
A8	1	15	10 ⁻⁹
A9	1	15	10 ⁻⁸
A10	1	15	10 ⁻⁷
A11	1	15	10 ⁻⁶
A12	1	15	10 ⁻⁵
A13	1	25	0
A14	1	25	10 ⁻⁹
A15	1	25	10 ⁻⁸
A16	1	25	10 ⁻⁷
A17	1	25	10 ⁻⁶
A18	1	25	10 ⁻⁵
A19	2	5	0
A20	2	5	10 ⁻⁹
A21	2	5	10 ⁻⁸
A22	2	5	10 ⁻⁷
A23	2	5	10 ⁻⁶
A24	2	5	10 ⁻⁵
A25	2	15	0
A26	2	15	10 ⁻⁹
A27	2	15	10 ⁻⁸
A28	2	15	10 ⁻⁷
A29	2	15	10 ⁻⁶
A30	2	15	10 ⁻⁵
A31	2	25	0
A32	2	25	10 ⁻⁹
A33	2	25	10 ⁻⁸

A34	2	25	10 ⁻⁷
A35	2	25	10 ⁻⁶
A36	2	25	10 ⁻⁵
A37	3	5	0
A38	3	5	10 ⁻⁹
A39	3	5	10 ⁻⁸
A40	3	5	10 ⁻⁷
A41	3	5	10 ⁻⁶
A42	3	5	10 ⁻⁵
A43	3	15	0
A44	3	15	10 ⁻⁹
A45	3	15	10 ⁻⁸
A46	3	15	10 ⁻⁷
A47	3	15	10 ⁻⁶
A48	3	15	10 ⁻⁵
A49	3	25	0
A50	3	25	10 ⁻⁹
A51	3	25	10 ⁻⁸
A52	3	25	10 ⁻⁷
A53	3	25	10 ⁻⁶
A54	3	25	10 ⁻⁵
A55	5	5	0
A56	5	5	10 ⁻⁹
A57	5	5	10 ⁻⁸
A58	5	5	10 ⁻⁷
A59	5	5	10 ⁻⁶
A60	5	5	10 ⁻⁵
A61	5	15	0
A62	5	15	10 ⁻⁹
A63	5	15	10 ⁻⁸
A64	5	15	10 ⁻⁷
A65	5	15	10 ⁻⁶
A66	5	15	10 ⁻⁵
A67	5	25	0
A68	5	25	10 ⁻⁹
A69	5	25	10 ⁻⁸
A70	5	25	10 ⁻⁷
A71	5	25	10 ⁻⁶
A72	5	25	10 ⁻⁵

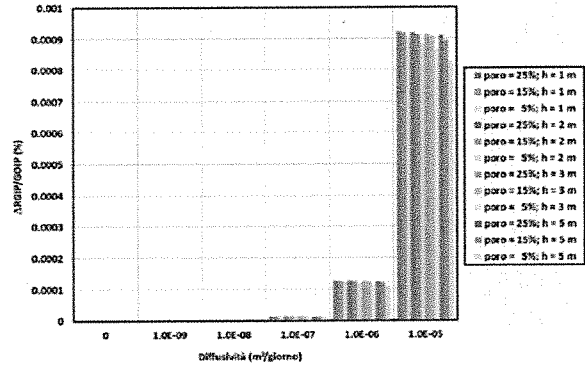
Scenari di simulazione (caso base A)

- le simulazioni sono state effettuate su una scala temporale geologica (**circa 2.5 milioni di anni**), al fine di valutare l'evoluzione dei fenomeni diffusivi su un arco temporale compatibile con la formazione dei giacimenti;
- i risultati di dettaglio in termini di potenziali fughe di gas attraverso la roccia di copertura sono stati valutati **durante gli ultimi 200 anni**, confrontabile con la scala temporale delle attività antropiche legate allo sfruttamento dei giacimenti impiegati per lo stoccaggio sotterraneo del gas naturale;

- è stato stimato l'incremento del volume di gas che si verifica all'interno dello strato poroso di monitoraggio (Δ RGIP) negli ultimi 100 e 200 anni di simulazione. Tale volume è stato rapportato al volume di gas in posto nel giacimento al termine della simulazione a scala temporale geologica (GOIP all'inizio delle attività antropiche) per determinare la percentuale di gas in grado di attraversare per diffusione molecolare la roccia di copertura rispetto al volume iniziale contenuto in giacimento.
- i risultati delle simulazioni fluidodinamiche in termini di Δ RGIP/GOIP in funzione del coefficiente di diffusione (per i diversi valori considerati di porosità e spessore della roccia di copertura) sono rappresentati graficamente a seguire (risultati @ 100 anni) e (risultati @ 200 anni). I risultati si riferiscono al caso base A (geometria cartesiana con $L = 2000$ m).



Frazione di gas che ha raggiunto per diffusione molecolare lo strato di monitoraggio superficiale dopo 100 anni (% rispetto al volume di gas inizialmente in posto in giacimento).



Frazione di gas che ha raggiunto per diffusione molecolare lo strato di monitoraggio superficiale dopo 200 anni (% rispetto al volume di gas inizialmente in posto in giacimento).

[Handwritten mark]

[Handwritten signatures and marks]

[Handwritten mark]

[Handwritten mark]

[Handwritten mark]

[Handwritten mark]

[Handwritten mark]

[Handwritten mark]

[Handwritten mark]

[Handwritten mark]

[Handwritten mark]

ID_VIP 3972 - Verifica di ottemperanza - Ampliamento capacità di stoccaggio della Concessione Minerbio da realizzarsi tramite l'incremento della pressione massima di esercizio oltre la pressione statica di fondo del giacimento - Prescrizione: A.3 - Proponente: STOGIT S.p.A.

Scenario	GOIP giacimento @ inizio delle attività antropiche	ΔRGIP strato poroso di monitoraggio superficiale	ΔRGIP/GOIP
	[10 ⁶ msc ³]	[msc ³]	[%]
A1	777.32	0	0.00E+00
A2	777.15	0.34	4.43E-08
A3	776.87	9.77	1.26E-06
A4	775.75	97.9	1.26E-05
A5	764.84	935	1.22E-04
A6	678.38	8128	9.03E-04
A7	777.32	0	0.00E+00
A8	777.13	0.15	1.92E-08
A9	775.84	8.59	1.11E-06
A10	775.06	100.3	1.29E-05
A11	763.89	957	1.25E-04
A12	675.88	8206	9.17E-04
A13	777.32	0	0.00E+00
A14	777.12	0.09	1.22E-08
A15	776.04	7.0	9.02E-07
A16	774.38	100.7	1.30E-05
A17	763.17	961	1.26E-04
A18	674.91	8220	9.22E-04
A19	777.32	0	0.00E+00
A20	777.17	0.08	1.08E-08
A21	776.64	8.33	1.07E-06
A22	775.49	94.6	1.22E-05
A23	764.95	904	1.18E-04
A24	680.74	8008	5.83E-04
A25	777.32	0	0.00E+00
A26	777.13	0.03	4.43E-09
A27	776.02	5.72	7.37E-07
A28	774.11	99.3	1.28E-05
A29	763.07	946	1.24E-04
A30	675.98	8160	9.11E-04
A31	777.32	0	0.00E+00
A32	777.12	0.02	2.78E-09
A33	775.75	4.17	5.38E-07

A34	772.77	99.7	1.29E-05
A35	761.64	954	1.25E-04
A36	674.01	8190	9.18E-04
A37	777.32	0	0.00E+00
A38	777.17	0.01	1.72E-09
A39	776.53	6.22	8.01E-07
A40	775.25	91.5	1.18E-05
A41	765.04	876	1.15E-04
A42	682.98	5904	5.64E-04
A43	777.32	0	0.00E+00
A44	777.13	0.01	6.96E-10
A45	775.91	3.81	4.92E-07
A46	779.19	97.6	1.26E-05
A47	762.27	936	1.23E-04
A48	679.97	8120	9.05E-04
A49	777.32	0	0.00E+00
A50	777.12	0	4.28E-10
A51	775.56	2.69	3.47E-07
A52	771.29	96.75	1.25E-05
A53	760.14	947	1.25E-04
A54	673.12	8152	9.14E-04
A55	777.32	0	0.00E+00
A56	777.17	0	1.09E-11
A57	776.48	2.91	3.75E-07
A58	774.60	85.63	1.11E-05
A59	765.21	825	1.06E-04
A60	687.13	5690	8.27E-04
A61	777.32	0	0.00E+00
A62	777.13	0	4.16E-12
A63	775.86	1.85	2.12E-07
A64	771.59	91.06	1.18E-05
A65	760.78	916	1.20E-04
A66	676.04	8040	8.98E-04
A67	777.32	0	0.00E+00
A68	777.12	0	2.57E-12
A69	775.83	1.13	1.46E-07
A70	769.04	84.68	1.10E-05
A71	757.20	935	1.23E-04
A72	671.36	8104	9.09E-04

Risultati degli scenari di simulazione @ 200 anni (caso base A)

- i risultati delle simulazioni indicano che i fenomeni diffusivi hanno un impatto molto limitato e che l'entità del volume di gas che potrebbe essere perso in 200 anni risulta inferiore allo 0.001% del volume di gas inizialmente in posto nel giacimento (caso A18: spessore roccia di copertura pari a 1 m, porosità del 25% e coefficiente di diffusione molecolare pari a 10⁻⁵ m²/giorno);
- lo spessore della roccia di copertura ha un impatto non trascurabile nel ritardare (ovvero nel ridurre a parità di intervallo temporale), l'entità delle perdite di gas per diffusione;
- la porosità della roccia di copertura ha un impatto più limitato (la porosità determina il volume di acqua in cui il gas può potenzialmente diffondere);
- i risultati delle simulazioni con coefficiente di diffusione molecolare (D) pari a 10⁻⁵ m²/giorno (valore che compete tipicamente alle argille superficiali e non alle argilliti che costituiscono la roccia di copertura dei giacimenti) devono essere considerati non realistici, in quanto la simulazione a scala temporale geologica evidenzia che una diffusione di tale entità provocherebbe una variazione significativa della pressione originaria del giacimento, ovvero la pressione scenderebbe al di sotto del valore idrostatico a cui invece tipicamente è rinvenuto il gas;
- non si debbano prendere in considerazione i risultati associati ad un coefficiente di diffusione superiore a 10⁻⁶ m²/giorno e che nella combinazione realisticamente più pessimistica il volume di gas che potrebbe essere perso in 200 anni risulta inferiore allo 0.00015% del volume di gas inizialmente in posto nel giacimento (caso A17: spessore roccia di copertura pari a 1 m, porosità del 25% e coefficiente di diffusione molecolare pari a 10⁻⁶ m²/giorno);

ID_VIP 3972 - Verifica di ottemperanza - Ampliamento capacità di stoccaggio della Concessione Minerbio da realizzarsi tramite l'incremento della pressione massima di esercizio oltre la pressione statica di fondo del giacimento - Prescrizione: A.3 - Proponente: STOGIT S.p.A.

- le simulazioni addizionali effettuate sullo scenario realisticamente più pessimista del caso Base (A17), dimostrano che i risultati, se espressi in termini di frazione di gas che ha raggiunto per diffusione molecolare lo strato di monitoraggio superficiale rispetto al volume di gas inizialmente in posto in giacimento, non dipendono né dalla geometria del modello né dall'effetto scala, ovvero dal volume del giacimento stesso, e che pertanto hanno validità di carattere generale.

Scenario	Geometria	L, r	GOIP giacimento (*)	Δ RGIP strato di monitoraggio	Δ RGIP/GOIP
		[m]	[10^6 m^3]	[m^3]	[%]
A17 (base)	cartesiana	2000	763.17	961	1.26E-04
B17	cartesiana	100	1.91	2.40	1.26E-04
C17	radiale	1000	599.39	755	1.26E-04
D17	radiale	50	1.50	1.89	1.26E-04

Riepilogo dei risultati delle simulazioni addizionali in termini di Δ RGIP/GOIP @ 200 anni.
(*) valore di GOIP @ inizio delle attività antropiche

VALUTATO che,

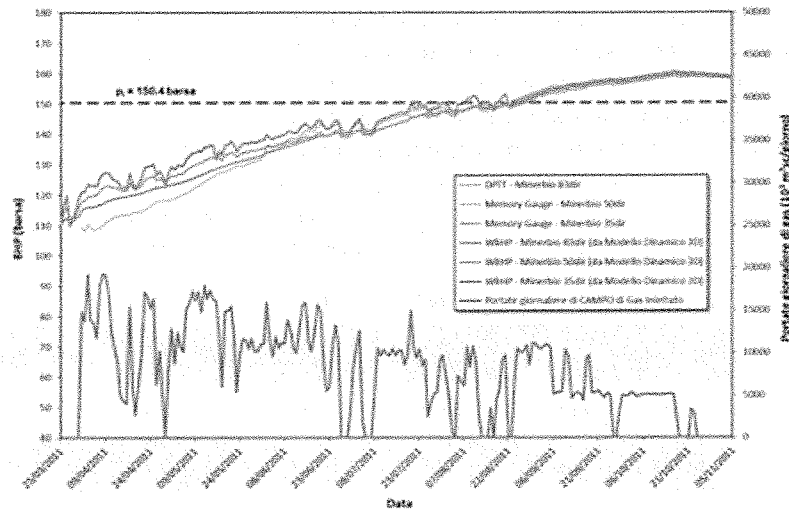
- il volume di gas che potrebbe essere perso in 200 anni per i fenomeni di diffusione, risulta inferiore allo 0.00015% del volume di gas inizialmente in posto nel giacimento (caso A17: spessore roccia di copertura pari a 1 m, porosità del 25% e coefficiente di diffusione molecolare pari a $10^{-6} \text{ m}^2/\text{giorno}$).

Sperimentazione a $P > P_i$

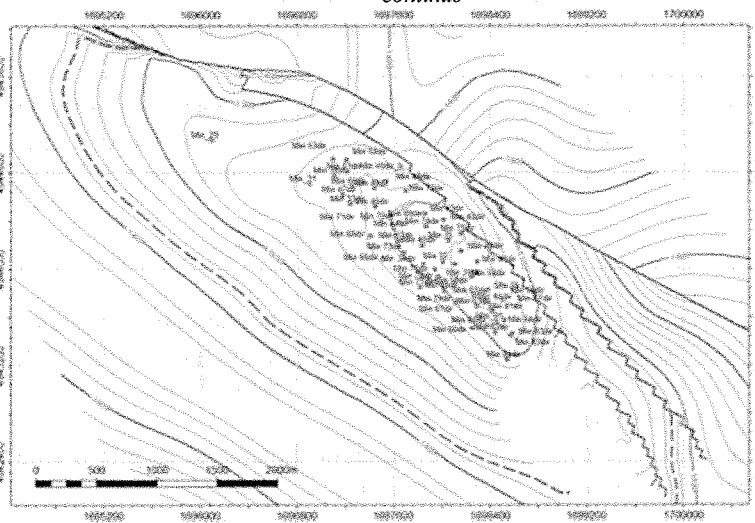
CONSIDERATO che,

- durante la sperimentazione in regime di sovrappressione (condotta durante il ciclo di iniezione 2010/2011), è stato raggiunto un valore di pressione statica in giacimento a fine campagna di 158,4 barsa, corrispondente al 105, % della pressione originaria, a fronte di un volume iniettato addizionale (in condizioni di sovrappressione) pari a $356,4 \cdot 10^6 \text{ m}^3_{sc}$;
- il valore massimo di pressione raggiunto in condizioni dinamiche in giacimento è stato di 159,8 barsa, misurato al pozzo Minerbio 35 in data 17 ottobre 2011;
- l'analisi dei dati di pressione registrati in continuo mostra che le pressioni risultano sostanzialmente uniformi in tutto il livello.
- i risultati del test realizzato confermano l'andamento previsionale antecedente la sperimentazione e confermano la fattibilità dei volumi previsionali del progetto alla pressione del 107% della P_i ;
- il confronto tra l'andamento dei valori di pressione al fondo misurati in corrispondenza dei pozzi chiave di monitoraggio con i dati ottenuti dal modello dinamico in fase previsionale, evidenziano una buona sovrapposizione. Sulla base dei riscontri ottenuti a valle della sperimentazione non si ravvisano criticità del modello dinamico tali da metterne in discussione la capacità previsionale e dunque la possibilità di impiegarlo come strumento attendibile per la simulazione del comportamento dinamico dello stoccaggio anche a pressioni pari al 107% della P_i o superiori.

ID_VIP 3972 - Verifica di ottemperanza - Ampliamento capacità di stoccaggio della Concessione Minerbio da realizzarsi tramite l'incremento della pressione massima di esercizio oltre la pressione statica di fondo del giacimento - Prescrizione: A.3 - Proponente: STOGIT S.p.A.



Andamento dei valori di pressione al fondo misurati e simulati in corrispondenza dei pozzi utilizzati per il monitoraggio in continuo



Ubicazione dei pozzi di stoccaggio e di monitoraggio (in verde) e dei pozzi spia (in arancione)

Modello geomeccanico

CONSIDERATO che,

- è stato predisposto un **modello geomeccanico 3D**, basato sul modello geologico esteso, che comprende tutte le faglie principali individuate dall'interpretazione dei dati acquisiti mediante rilievi geofisici a riflessione, ed è stato utilizzato per simulare le condizioni di pressione a fine produzione primaria, di stoccaggio a $P = P_i$ e di stoccaggio in sovrappressione a $P = 107\% P_i$.
- la sperimentazione di laboratorio su campioni prelevati dalle argille di copertura è stata finalizzata alla misura dei parametri di deformabilità (modulo elastico, coefficiente di Poisson) e di resistenza (angolo di attrito e coesione). Inoltre è stato realizzato un MDT *Stress Test* (prova di campo) che ha fornito lo stress principale minimo. I valori ottenuti dalle prove di laboratorio e di campo sono stati utilizzati per caratterizzare le argille di copertura e popolare il modello geomeccanico.;

ID_VIP 3972 - Verifica di ottemperanza - Ampliamento capacità di stoccaggio della Concessione Minerbio da realizzarsi tramite l'incremento della pressione massima di esercizio oltre la pressione statica di fondo del giacimento - Prescrizione: A.3 - Proponente: STOGIT S.p.A.

- i parametri di resistenza della roccia di giacimento sono stati desunti dai risultati ottenuti dalle prove di laboratorio condotte sulle carote del giacimento di Bordolano-Pool B, in virtù della forte analogia con il Livello A;
- i valori ottenuti dalle prove di laboratorio sono stati utilizzati per caratterizzare le formazioni oggetto di indagine e popolare il modello geomeccanico.

VALUTATO che,

- l'analisi tenso-deformativa effettuata con il modello geomeccanico ha dimostrato che, in tutte le condizioni tensionali esaminate, le rocce serbatoio così come le rocce di copertura presentano un comportamento deformativo elastico e che sussistono sempre condizioni di sicurezza evidenziate da valori di failure (descrivibile come la minima distanza dalla superficie di plasticità definita con il criterio di Mohr-Coulomb) sempre ampiamente negativi e quindi lontani dalle condizioni di rottura;
- i risultati delle simulazioni non hanno evidenziato alcuna criticità in relazione alla possibilità che l'esercizio allo stoccaggio potesse comportare la riattivazione delle faglie principali esistenti. Per quanto riguarda le faglie secondarie che non comportano separazione idraulica del giacimento, esse non rappresentano punti di debolezza in quanto non soggette a stress differenziali.

Monitoraggio dei movimenti del suolo

CONSIDERATO che,

- il monitoraggio dei movimenti del suolo effettuato in corrispondenza del campo di Minerbio è eseguito con regolarità fin dal 2003 in tutta l'area della concessione di stoccaggio e fornisce un riscontro di grande affidabilità e precisione sui movimenti piano-altimetrici del suolo;
- la misurazione del piano campagna è di tipo relativo e comparata ad un punto di riferimento con comportamento geodinamico ritenuto stabile nel tempo;
- le variazioni piano-altimetriche rilevate alla scala dell'area della concessione che comprende il giacimento hanno effetti del tutto trascurabili sulle strutture antropiche.

CONSIDERATO e VALUTATO che,

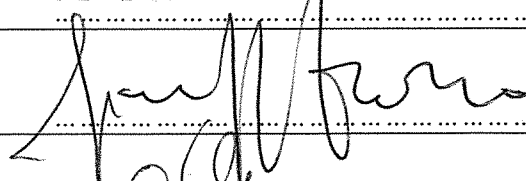
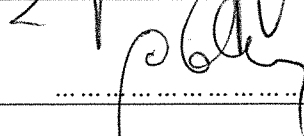
- i dati finora acquisiti nell'area della concessione indicano variazioni altimetriche molto variabili: i settori a sud-ovest e sud-est del campo sono caratterizzati da valori di velocità negativi (media di -5.8 mm/anno nella zona a sud-ovest), mentre a nord-ovest del campo è presente un'area caratterizzata da valori medi positivi (+2.0 mm/anno).;
- l'eventuale esercizio futuro del Pool C in regime di sovrappressione a $P=107\% P_i$ non comporta significative variazioni nel trend medio di variazioni piano-altimetriche dell'area.

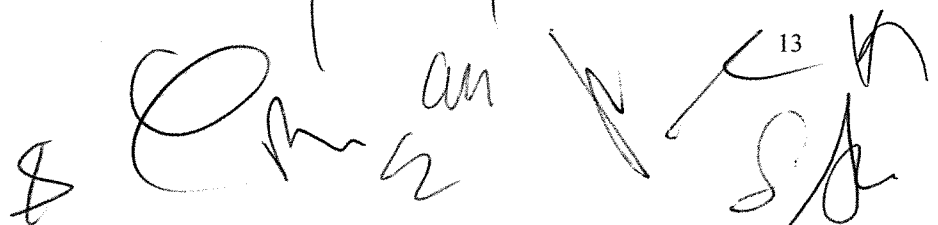
Tutto ciò VISTO, CONSIDERATO E VALUTATO

la Commissione Tecnica per la Verifica dell'Impatto Ambientale - VIA e VAS

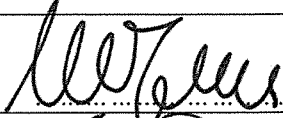
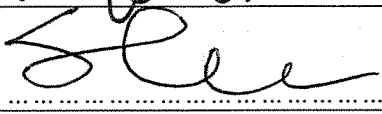
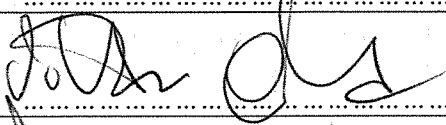
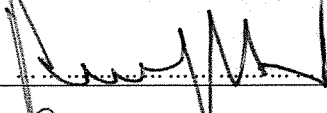

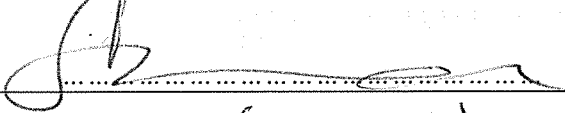
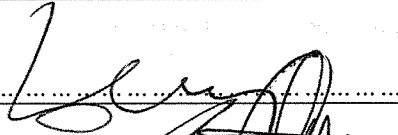
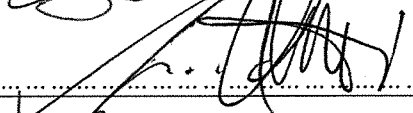
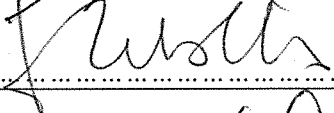
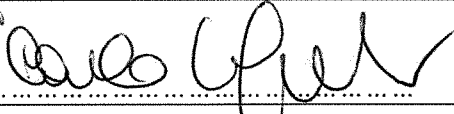
RITIENE

ottemperata la prescrizione A.3) del Decreto VIA n. 55 del 14/03/2017.


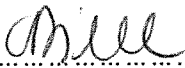
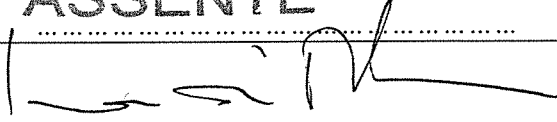
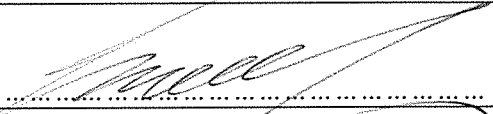
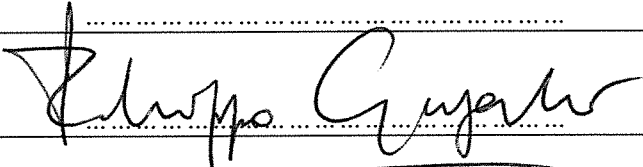

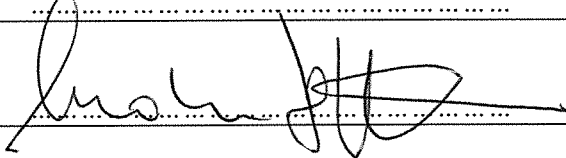

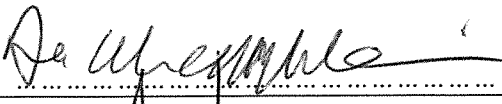
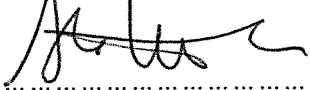
Ing. Guido Monteforte Specchi (Presidente)	ASSENTE
Cons. Giuseppe Caruso (Coordinatore Sottocommissione VAS)	
Dott. Gaetano Bordone (Coordinatore Sottocommissione VIA)	



ID_VIP 3972 - Verifica di ottemperanza - Ampliamento capacità di stoccaggio della Concessione Minerbio da realizzarsi tramite l'incremento della pressione massima di esercizio oltre la pressione statica di fondo del giacimento - Prescrizione: A.3 - Proponente: STOGIT S.p.A.


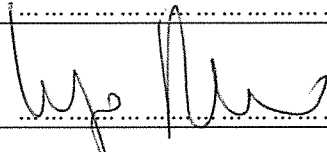
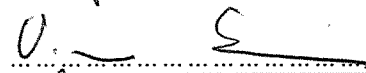
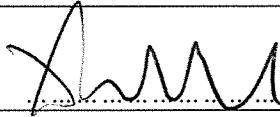

Arch. Maria Fernanda Stagno d'Alcontres (Coordinatore Sottocommissione VIA Speciale)	
Avv. Sandro Campilongo (Segretario)	
Prof. Saverio Altieri	ASSENTE
Prof. Vittorio Amadio	
Dott. Renzo Baldoni	
Avv. Filippo Bernocchi	
Ing. Stefano Bonino	
Dott. Andrea Borgia	Borgia (Contrario)
Ing. Silvio Bosetti	ASSENTE
Ing. Stefano Calzolari	ASSENTE
Ing. Antonio Castelgrande	
Arch. Giuseppe Chiriatti	
Arch. Laura Cobello	
Prof. Carlo Collivignarelli	
Dott. Siro Corezzi	ASSENTE
Dott. Federico Crescenzi	ASSENTE

ID_VIP 3972 - Verifica di ottemperanza - Ampliamento capacità di stoccaggio della Concessione Minerbio da realizzarsi tramite l'incremento della pressione massima di esercizio oltre la pressione statica di fondo del giacimento - Prescrizione: A.3 - Proponente: STOGIT S.p.A.

Prof.ssa Barbara Santa De Donno	
Cons. Marco De Giorgi	ASSENTE
Ing. Chiara Di Mambro	
Ing. Francesco Di Mino	ASSENTE
Avv. Luca Di Raimondo	
Ing. Graziano Falappa	
Arch. Antonio Gatto	ASSENTE
Avv. Filippo Gargallo di Castel Lentini	
Prof. Antonio Grimaldi	
Ing. Despoina Karniadaki	ASSENTE
Dott. Andrea Lazzari	
Arch. Sergio Lembo	ASSENTE
Arch. Salvatore Lo Nardo	
Arch. Bortolo Mainardi	ASSENTE
Avv. Michele Mauceri	
Ing. Arturo Luca Montanelli	



ID_VIP 3972 - Verifica di ottemperanza - Ampliamento capacità di stoccaggio della Concessione Minerbio da realizzarsi tramite l'incremento della pressione massima di esercizio oltre la pressione statica di fondo del giacimento - Prescrizione: A.3 - Proponente: STOGIT S.p.A.

Ing. Francesco Montemagno	ASSENTE
Ing. Santi Muscarà	ASSENTE
Arch. Eleni Papaleludi Melis	
Ing. Mauro Patti	ASSENTE
Cons. Roberto Proietti	ASSENTE
Dott. Vincenzo Ruggiero	
Dott. Vincenzo Sacco	
Avv. Xavier Santiapichi	
Dott. Paolo Saraceno	
Dott. Franco Secchieri	ASSENTE
Arch. Francesca Soro	ASSENTE
Ing. Roberto Viviani	