



ENI S.p.A.
STOGIT

**CONCESSIONE
BORDOLANO STOCCAGGIO**

Nota integrativa sulla subsidenza

0

CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO

Nota integrativa sulla subsidenza

Data di emissione: Gennaio 2009

E. Cairo

E. Cairo

D. Marzorati
D. Marzorati

AGGIORNAMENTI

PREPARATO DA

IL RESPONSABILE



Stogit

**CONCESSIONE
BORDOLANO STOCCAGGIO**

Nota integrativa sulla subsidenza

0

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	RICHIAMI SULLA METODOLOGIA SAR	3
3	MONITORAGGIO MOVIMENTI DEL SUOLO	5
3.1	Periodo maggio 2003 – maggio 2006	5
3.2	Periodo maggio 2003 - ottobre 2007	6

	Stogit	CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO		
		Nota integrativa sulla subsidenza		
		0		

1 Premessa

Con comunicazione del 7 luglio 2008 Prot. DOP n. 1332 Stogit ha inviato agli enti competenti la richiesta di pronuncia di compatibilità ambientale relativa all'impianto di stoccaggio gas di Bordolano (CR), in previsione dell'attuazione del progetto di conversione del giacimento all'attività di stoccaggio.

Nell'allegato 8, volume IV, dello Studio di Impatto Ambientale predisposto erano state fornite informazioni in merito al monitoraggio dei movimenti del suolo, consistenti essenzialmente nella sintesi dei risultati ricavati dall'interpretazione dei Rilievi Interferometrici SAR (Syntetic Aperture Radar) con tecnica dei Diffusori Permanenti (Permanent Scatterers, PS) aggiornati fino a maggio 2006.

Questa nota integrativa ha lo scopo di fornire le informazioni, a seguito dell'aggiornamento dei dati interferometrici fino ad ottobre 2007, dal momento che Stogit provvede nell'area della Concessione Bordolano, con cadenza annuale, ad un costante aggiornamento dei dati relativi al monitoraggio dei movimenti del suolo attraverso l'interpretazione di immagini satellitari (dati rilevati dal satellite canadese Radarsat)..

2 Richiami sulla metodologia SAR

La metodologia SAR di monitoraggio altimetrico è uno strumento di indagine ad alto grado di risoluzione, tale quindi da assicurare un rilevamento dei fenomeni di deformazione della superficie terrestre con accuratezza di ordine millimetrico.

Si può immaginare la griglia di P.S. come una rete di stazioni GPS (Global Positioning System) naturali per il monitoraggio di vaste aree di interesse con una frequenza di aggiornamento del dato mensile e con una densità spaziale di punti di misura estremamente elevata (in aree urbane 100-300 PS/kmq).

L'elaborazione dei P.S. prende origine da uno studio statistico delle immagini, che porta alla selezione di un insieme di punti (pixel) ritenuti indicativi dei movimenti verticali del suolo. Tali punti, detti P.S. (Permanent Scatterers) o diffusori permanenti, sono sostanzialmente immuni ai fenomeni di decorrelazione, proprietà che consente di superare le limitazioni legate all'analisi convenzionale. Utilizzando le serie storiche dei P.S., grazie ad algoritmi di elaborazione numerica dei segnali, è infatti possibile stimare sia l'entità del disturbo dovuto all'atmosfera terrestre, sia le possibili deformazioni superficiali della zona in esame. Dopo la rimozione del disturbo atmosferico si è in grado di stimare accuratamente i movimenti dei PS utilizzando il SAR come un vero e proprio strumento di misura delle deformazioni del terreno.

	CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO Nota integrativa sulla subsidenza	<table border="1" style="width: 100%; height: 100%;"> <tr> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> <td style="width: 25%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					0			
0										

I dati acquisiti ed elaborati vengono successivamente interpretati con tre modalità di analisi:

- *Analisi Standard o SPSA (Standard Permanent Scatterer Analysis)*

L'analisi, condotta a livello territoriale, si presenta come uno strumento operativo molto utile e dalle straordinarie potenzialità per caratterizzare fenomeni di deformazione estesi quali subsidenze e faglie sismiche.

La quantità di dati da processare è decisamente cospicua e la catena di produzione è stata progettata in modo tale che l'elaborazione sia semi-automatica. L'intervento dell'operatore viene limitato alla definizione dei principali parametri e ai controlli di qualità sui passi intermedi.

La procedura utilizzata, fortemente automatizzata e corredata da una fitta rete di controlli di qualità, consente di estrarre misure di deformazione su aree molto estese.

- *Analisi Advanced o APSA (Advanced Permanent Scatterer Analysis)*

Indagine a carattere locale che mira all'estrazione del massimo contenuto informativo dai dati radar e che si applica ad aree di dimensioni limitate. L'intervento dell'operatore è di fondamentale importanza per ottimizzare la scelta dei parametri dell'elaborazione e per analizzare in dettaglio i vari passi della catena di produzione in modo tale da poter rilevare informazione anche in presenza di disturbi non totalmente rimovibili.

Poiché la quantità di dati da processare non è eccessiva, è possibile condurre analisi molto onerose da un punto di vista computazionale, quali la ricerca di moti non-lineari mediante l'utilizzo di modelli matematici complessi, oppure l'individuazione di PS con caratteristiche di stabilità variabili nel tempo (Semi-PS e Temp-PS).

Il dato contiene, oltre al trend di deformazione medio stimato su tutto il periodo di analisi, la totalità delle serie storiche estratte; se ne ricava estrema utilità per l'analisi dell'evoluzione del moto nel tempo, potendo porre in evidenza il valore della dimensione temporale che il dato contiene.

- *Analisi delle serie storiche*

Le serie storiche rappresentano l'andamento nel tempo di un singolo punto scomposto attraverso la variazione altimetrica registrata da ogni immagine radar acquisita (nel caso del RADARSAT ogni 24 giorni). In questo modo è possibile avere, oltre alle variazioni



Stogit

CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO

Nota integrativa sulla subsidenza

0

altimetriche relative di quel punto rispetto al punto di riferimento, anche gli spostamenti mensili di quel singolo punto nel periodo considerato.

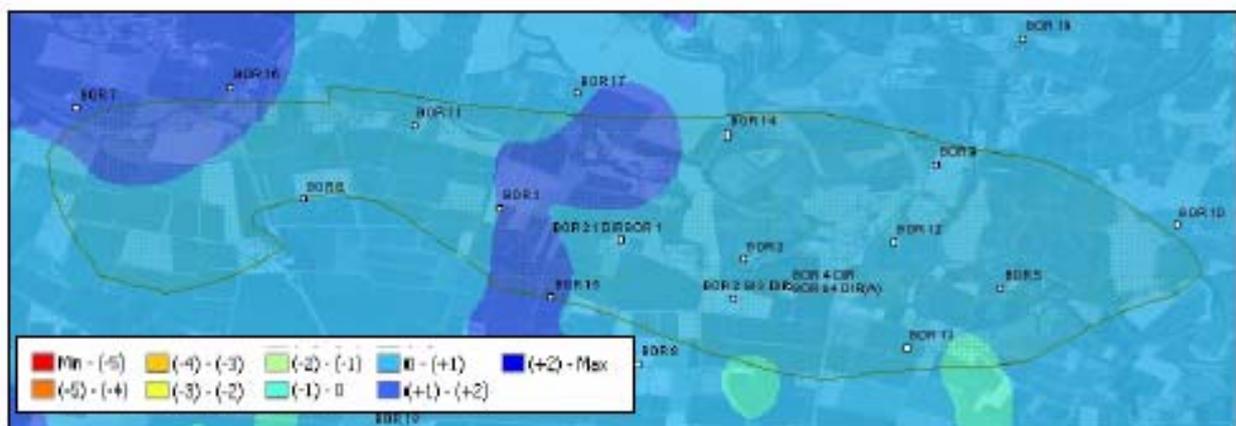
3 Monitoraggio movimenti del suolo

3.1 Periodo maggio 2003 – maggio 2006

Analisi Standard

Al fine di ottenere informazioni sulle variazioni altimetriche a carattere regionale l'analisi standard è stata condotta prendendo in considerazione un'area estesa fra la zona di Crema e Quinzano d'Oglio.

Le analisi dei dati SAR effettuate evidenziano in corrispondenza del giacimento di Bordolano variazioni delle velocità contenute, indicative di una sostanziale stabilità dell'area, come evidenziato nella figura seguente (ricavata da un'interpolazione di tipo Kriging dei dati SAR) che mostra come le variazioni verticali dell'area in esame nel periodo maggio 2003 – maggio 2006 siano molto limitate ed attestate mediamente su valori di +/- 1 mm/anno.





Stogit

**CONCESSIONE
BORDOLANO STOCCAGGIO**

Nota integrativa sulla subsidenza

0

Analisi Advanced

Oltre ad un'analisi standard a carattere regionale, nell'area adiacente al giacimento di Bordolano è stata realizzata un'analisi advanced. Anche in questo caso, durante il periodo considerato non si evidenziano variazioni altimetriche di particolare rilevanza.

Analisi delle serie storiche

Le analisi delle serie storiche evidenziano variazioni molto lievi, imputabili ad un rumore di fondo intrinseco al sistema di misura. Su alcuni punti considerati si individua una variazione periodica con ciclicità di tipo stagionale. La posizione dei minimi in corrispondenza del periodo estivo è imputabile a variazioni del livello della falda acquifera in risposta ad un incremento dell'emungimento idrico.

Conclusioni

L'analisi interferometrica da dati RADARSAT attraverso la tecnica dei Permanents Scatterers evidenzia una sostanziale stabilità dell'area con variazioni altimetriche molto contenute (+/- 1 mm/anno).

3.2 Periodo maggio 2003 - ottobre 2007

Lo studio con aggiornamento dei dati ad ottobre 2007, al fine di ottenere valori di velocità verticali assoluti da utilizzare per la calibrazione del monitoraggio RadarSat, si è avvalso dei dati relativi a tre stazioni GPS (Global Position System), appartenenti alla "Rete di posizionamento GPS della Regione Lombardia".

Le tre stazioni GPS, di cui sono stati stimati i movimenti di lungo periodo, dal 13 Maggio 2005 al 31 Gennaio 2008, sono situate in prossimità di edifici pubblici nei centri urbani di Milano, Dalmine e Crema. In particolare, il CGPS (Continuous GPS) utilizzato per la calibrazione dei dati di Bordolano è installato sul tetto dell'Istituto per Geometri "Pacioli" situato a sud del centro di Crema (CR), con un trend pari a -2,9 mm/anno

Analisi Standard

L'analisi standard ha interessato una vasta area della provincia di Cremona comprendente i giacimenti di Ripalta, Sergnano e Bordolano, oltre che il territorio di Crema (CR) in cui ricade il CGPS utilizzato per la calibrazione.

Calibrando i dati SAR, con origine sul punto GPS di Crema, sulla base del valore stimato di questo, si è stimato un abbassamento verticale assoluto all'interno del giacimento di Bordolano di circa 4 mm/anno, che è in linea con le velocità osservate sia nelle immediate



Stogit

CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO

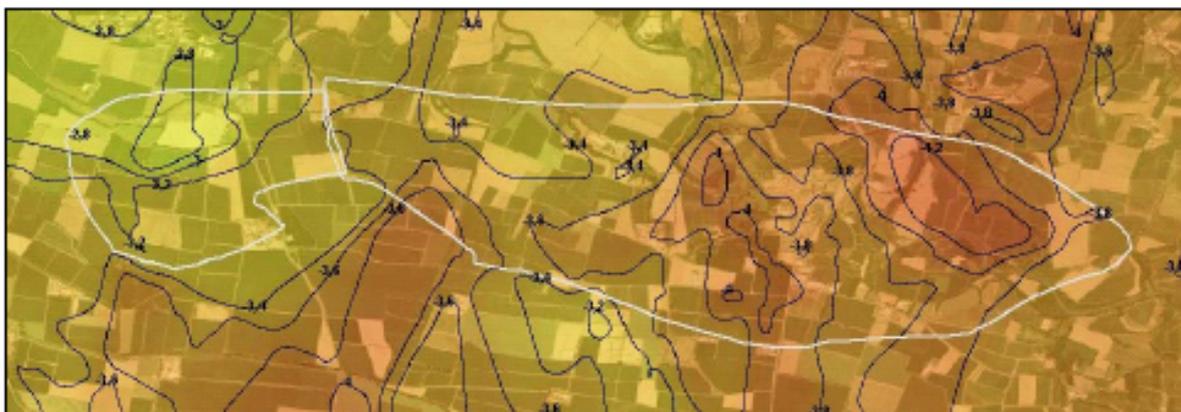
Nota integrativa sulla subsidenza

0

vicinanze del giacimento che in zone più lontane, che mostrano come l'intera area sia soggetta a velocità verticali comprese tra -3 e -4 mm/anno.

Analisi Advanced

I dati calibrati mostrano come tutta l'area comprendente il giacimento di Bordolano presenti valori di abbassamento verticali in linea con quanto riscontrato con l'analisi regionale; in particolare, in prossimità dell'abitato di Bordolano e nell'area a sud del giacimento, la media dei valori di velocità verticale si attesta intorno a -4 mm/anno (vedi figura).



Analisi delle serie storiche

Si osserva come i valori massimi di innalzamento si collocano tra i mesi di gennaio e marzo, mentre i valori minimi si registrano tra settembre e novembre. Un comportamento di questo tipo potrebbe essere indotto dall'effetto di innalzamento e abbassamento della falda acquifera soggetta, in aree agricole, ad un'elevata ciclicità stagionale.

A titolo di esempio si mostra l'andamento delle serie storiche scomposte di due punti, di cui il primo collocato all'interno del giacimento ed il secondo in posizione esterna allo stesso.

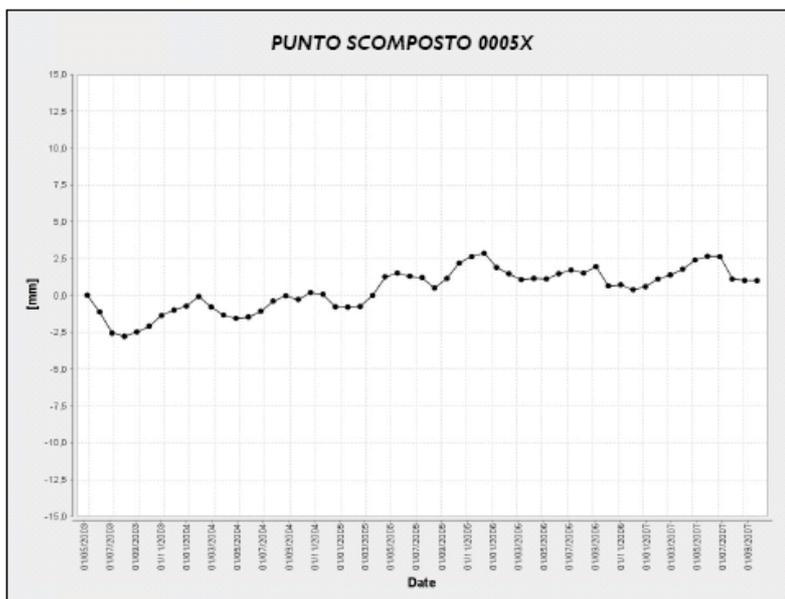
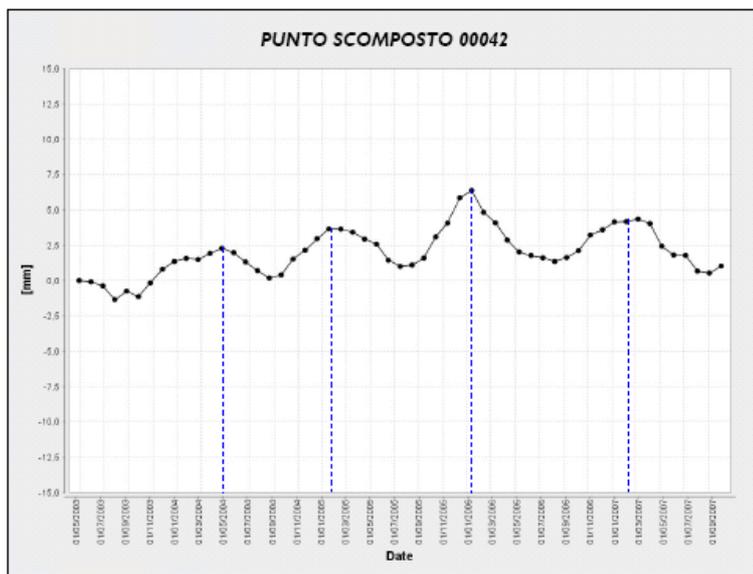


Stogit

CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO

Nota integrativa sulla subsidenza

0



Conclusioni

Rispetto ai risultati ottenuti nel periodo maggio 2003 - maggio 2006 si osserva un incremento delle velocità di abbassamento, che si ritiene imputabile al fatto che i dati Radarsat sono stati calibrati utilizzando il valore assoluto fornito dal GPS di Crema, il cui effetto è stato quello di “shiftare” l'intero dataset di una quantità pari a circa -4.5 mm/anno.

Nel complesso si evidenzia, come mostrato nella seguente tabella di sintesi, che le variazioni altimetriche locali rispetto al trend regionale sono contenute in valori nell'ordine di 1–1,5 mm/anno (in linea con il trend locale riscontrato nel periodo

	Stogit	CONCESSIONE BORDOLANO STOCCAGGIO			
		Nota integrativa sulla subsidenza		0	

maggio 2003-maggio 2006), che sono indicative di una sostanziale stabilità dell'area esaminata.

Variazioni Altimetriche +/- (mm/anno)		Confronto tra i punti scomposti	
Trend regionale (valori CGPS Crema)	Relative rispetto al trend regionale	Ampiezza delle curve	Grado di Correlazione
- 2.9 mm/y	~ (- 1.5 mm/y)	3÷4 mm	BASSO

Questa considerazione risulta tanto più significativa se rapportata al fatto che i dati sono stati rilevati successivamente alla fase di produzione primaria del giacimento, protrattasi dal 1952 al 2001 per una produzione cumulativa di gas pari a circa 4250 MSm³.

Si conferma infine l'evidenza legata ad un accenno di periodicità riscontrata nelle serie storiche, che si ritiene possa essere indotta dai movimenti di oscillazione stagionali della falda acquifera.