



STOGIT - GIAC

Concessione Settala Stoccaggio
Monitoraggio microsismico (2020-2021)

PAG **1** DI **25**

CONCESSIONE SETTALA STOCCAGGIO

Risultati del monitoraggio durante l'esercizio in sovrappressione
(Ciclo di stoccaggio 2020-2021)

MONITORAGGIO MICROSISMICO
(Prescrizione Punto 2 del Decreto MiSE del 25.10.2010)

	S. Del Gaudio	A. Mantegazzi	C. Coti
	M. Liberati		
Marzo 2021	G. Tango		
DATA DI EMISSIONE	PREPARATO	VERIFICATO	APPROVATO



STOGIT - GIAC

Concessione Settala Stoccaggio
Monitoraggio microsismico (2020-2021)

PAG 2 DI 25

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	3
2. SISMICITÀ NATURALE DELL'AREA.....	4
2.1 SISMICITÀ STORICA E RECENTE.....	4
2.2 CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO SISMICO.....	5
2.3 ZONAZIONE SISMOGENETICA.....	5
2.4 SORGENTI SISMOGENETICHE.....	6
2.5 PERICOLOSITÀ SISMICA	7
3. CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	8
3.1 ASPETTI METODOLOGICI	8
3.2 STRUMENTAZIONE DI POZZO PROFONDO	9
3.3 RETE DI SUPERFICIE	11
3.4 OPERATIVITÀ DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	12
3.5 SISTEMA DI TRASMISSIONE E ACQUISIZIONE DATI.....	13
4. RISULTATI DEL MONITORAGGIO	14
4.1 CLASSIFICAZIONE DEGLI EVENTI.....	14
4.2 ANALISI ED ELABORAZIONE DEI SEGNALI.....	16
4.3 INTERPRETAZIONE DEI DATI.....	17
5. CONCLUSIONI.....	19



1. INTRODUZIONE

Il giacimento di stoccaggio di Settala (MI), attivo dal 1986, è attualmente gestito in regime di sovrappressione nel Livello SAN P/E, con limite di esercizio non superiore al 107% della pressione statica originaria di scoperta, ossia non superiore a 150,2 kg/cmq_{ass}.

L'esercizio in sovrappressione è autorizzato e disciplinato dal Decreto del Ministero dello Sviluppo Economico del 25 ottobre 2010, rilasciato a seguito dell'esito positivo di una fase di sperimentazione protrattasi dal 2002 al 2008 (Progetto-pilota Settala P>Pi).

Al fine di verificare il corretto andamento delle operazioni, il suddetto decreto di esercizio prescrive una serie di controlli e di monitoraggi cui ottemperare, da eseguire secondo le scadenze e le modalità ivi definite.

Questa relazione tecnica intende riscontrare in particolare la prescrizione riportata al Punto 2 del citato decreto, ovvero: *“attivare un monitoraggio microsismico continuo entro un anno dal rilascio della presente autorizzazione”*.

Il piano di monitoraggio messo a punto da Stogit per la verifica di questi aspetti si basa sull'installazione, avvenuta nel mese di ottobre 2011, di apposita strumentazione collocata nel pozzo dedicato Brazzuto 2 dir e posizionata alla profondità del giacimento, della roccia argillosa di copertura e della roccia basale. I geofoni di fondo-pozzo consentono di ridurre sensibilmente il disturbo causato dal rumore ambientale di superficie; le registrazioni forniscono indicazioni soprattutto su eventi microsismici, anche di ridotta intensità, localizzati all'interno o nell'intorno del giacimento.

Per garantire la continuità del monitoraggio microsismico qualora dovessero verificarsi eventuali malfunzionamenti della strumentazione installata al pozzo Brazzuto 2 Dir, Stogit ha attivato da Settembre 2018 una rete microsismica di superficie composta da 3 stazioni. I dati acquisiti nel corso degli ultimi mesi 2018 sono stati oggetto di valutazioni preliminari legate alla calibrazione degli strumenti installati ed alla verifica tecnica del dato. Nel corso del 2020 la rete di superficie è stata implementata con l'installazione della quarta stazione. La presente relazione contiene nella prima parte una serie di informazioni sulla sismicità naturale dell'area; successivamente sono descritti e commentati i principali dati acquisiti dalla strumentazione di pozzo e dalla rete di superficie nel corso del 2020.

Il sistema di acquisizione, basato sulle registrazioni dei dati in continuo, consente di registrare eventuali fenomeni associabili all'esercizio dello stoccaggio, attraverso controlli di elevato standard tecnologico, attualmente in uso unicamente nelle concessioni Stogit.

L'interpretazione dei dati microsismici registrati non evidenzia eventi microsismici locali riconducibili all'attività di stoccaggio. I risultati conseguiti confermano pertanto l'idoneità tecnica e le condizioni di sicurezza nell'esercizio in sovrappressione del giacimento di Settala SAN P/E fino ad una pressione massima pari al 107% di quella originaria di scoperta.



2. SISMICITÀ NATURALE DELL'AREA

La Pianura Padana è caratterizzata da una sismicità relativamente moderata di natura tettonica, concentrata prevalentemente lungo il margine pedeappenninico emiliano-romagnolo e con terremoti meno frequenti e più sparsi arealmente a nord del Fiume Po.

Il settore di pianura lombarda in cui è ubicata la Concessione Settala Stoccaggio è infatti caratterizzato storicamente da un'attività sismica molto ridotta, in quanto i principali lineamenti tettonici sono posti a profondità elevata, molto superiore a quella del giacimento di stoccaggio.

2.1 Sismicità storica e recente

La raccolta di dati sulla sismicità storica e recente dell'area si è basata su informazioni disponibili in rete e sulla consultazione di cataloghi di INGV. In particolare, per quanto riguarda l'analisi della sismicità storica, sono stati utilizzati il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani ver. 3.0 del 2021 (CPTI15) ed il Database Macrosismico Italiano ver. 3.0 del 2021 (DBMI15); ciò ha consentito l'analisi e la stima della sismicità storica in un arco di tempo compreso tra l'anno 1000 e il 2006.

La ricerca effettuata ha individuato tre eventi macrosismici con epicentri posti entro un raggio di circa 20 km dal Comune di Settala (MI); la tabella seguente ne riporta la data, l'area epicentrale ed i valori di magnitudo (M_w).

Data ed Ora (UTC)	Area Epicentrale	Magnitudo (M_w)
26 Novembre 1396	Monza	5.3
7 Maggio 1473	Milano	3.7
10 Settembre 1781	Treviglio	4.9

Ad integrazione di queste informazioni è stata effettuata sul sito internet di INGV un'indagine sulla sismicità recente, sempre considerando un'area di 20 km di raggio dal Comune di Settala (MI). Estrahendo i dati disponibili dal database ISIDE e dal Catalogo della Sismicità Italiana (CSI 1.1), è stata condotta una ricerca per il periodo compreso tra il 1985 e il 2020, che ha evidenziato come l'area appartenente alla Concessione Settala Stoccaggio sia caratterizzata da un tasso di sismicità naturale ridotto.

Tutti gli eventi registrati presentano una profondità molto superiore a quella del giacimento di stoccaggio e sono ricollegabili ad assestamenti tettonici profondi dell'area, ad eccezione

di un evento verificatosi in data 15.12.2009, ubicato a 2 km di profondità, il cui epicentro è tuttavia collocato ad una distanza di circa 16 km dal giacimento in direzione S-SE.

2.2 Classificazione del rischio sismico

Sulla base di specifici provvedimenti legislativi (O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 aggiornato con la delibera n.1164 del 23 luglio 2018) il territorio nazionale è stato classificato in quattro categorie a differente rischio sismico, calcolato sia in base alla frequenza degli eventi che alla loro intensità. La zonazione, effettuata su base comunale, prevede il seguente schema di classificazione:

- Zona 1: sismicità alta
- Zona 2: sismicità media
- Zona 3: sismicità bassa
- Zona 4: sismicità molto bassa

A seguito di delibera della Regione Lombardia (D.G.R. 11 luglio 2014, n. 2129), entrata in vigore il 16 aprile 2016, tutti i Comuni ricadenti all'interno della Concessione Settala Stoccaggio sono classificati in Zona 3 (fig. 1), quindi a bassa sismicità.

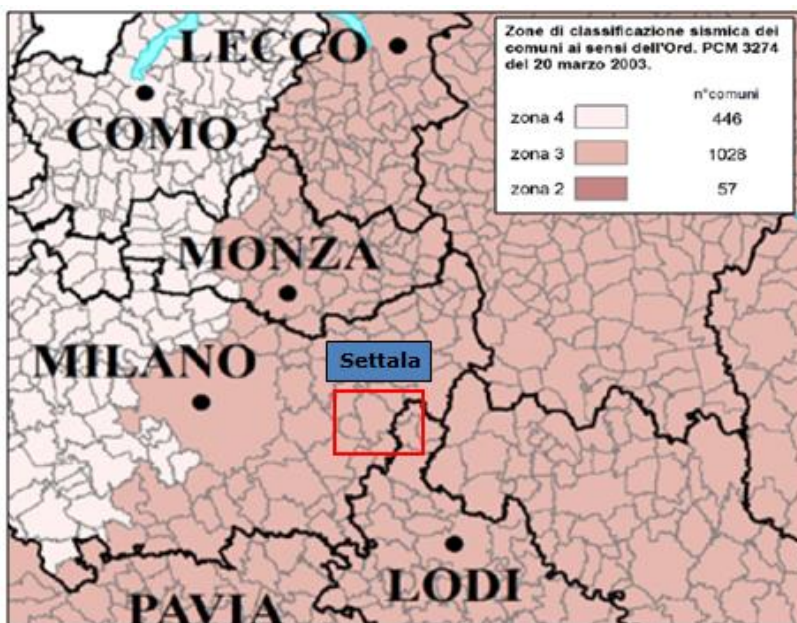


Fig. 1

2.3 Zonazione sismogenetica

In base ad uno studio condotto da INGV (Meletti e Valensise, 2004) sono state individuate nel territorio nazionale una serie di aree sismogenetiche, rappresentate da zone nelle quali

sono attesi terremoti con magnitudo $M \geq 5$; questa zonazione, denominata ZS9, rappresenta il principale punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica del territorio, in particolare per quanto attiene ai criteri di costruzione degli edifici. La ZS9 si basa su dati derivanti dal catalogo dei terremoti e dalla localizzazione delle sorgenti sismogenetiche (faglie attive) ed è quindi coerente ed aggiornato con il quadro sismotettonico del territorio nazionale ad oggi disponibile.

Nel dettaglio, la Fig. 2 mostra come la Concessione di Settala non risulta inclusa all'interno di zone sismogenetiche.

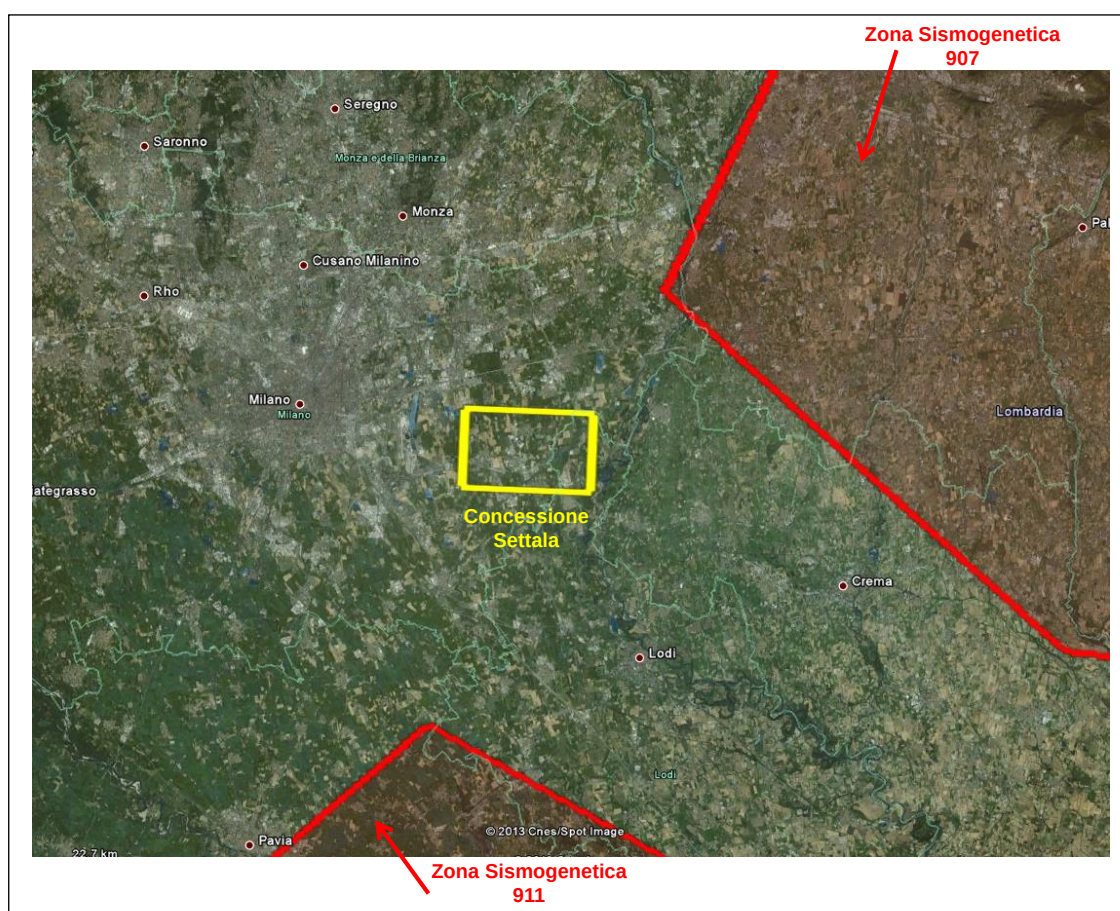


Fig. 2

2.4 Sorgenti sismogenetiche

Verso la fine degli anni '90, l'INGV ha avviato uno studio volto alla creazione di un catalogo delle sorgenti sismogenetiche italiane (DISS, "Database of Individual Seismogenic Sources"). Questo catalogo viene continuamente aggiornato e l'ultima versione è stata rilasciata a luglio 2018 (DISS 3.2.1). Come si nota dalla Fig. 3, il giacimento di Settala non è interessato dalla presenza di sorgenti sismogenetiche (in blu la proiezione in superficie

del contatto gas-acqua originale e in arancione la proiezione in superficie delle sorgenti sismogenetiche composite).

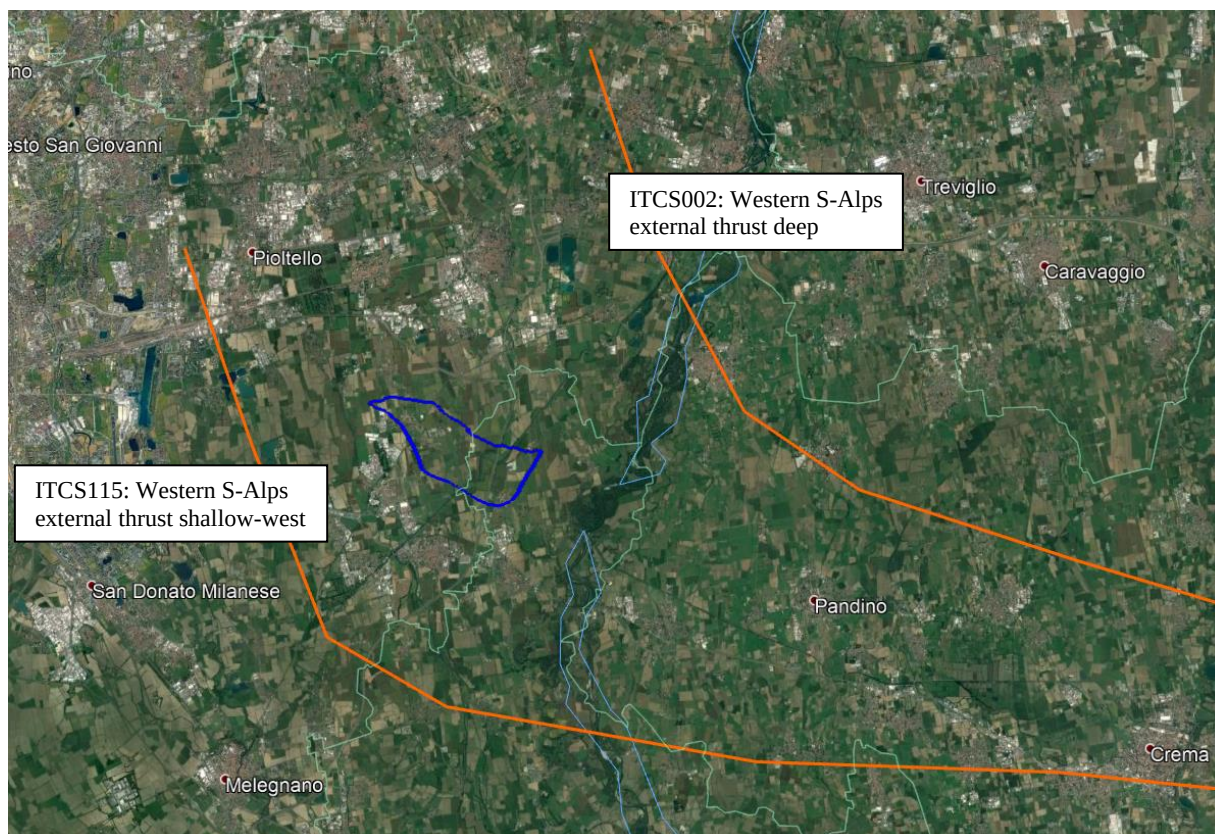


Fig. 3

2.5 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica, intesa in senso probabilistico, è lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo. Questo tipo di stima si basa sulla definizione di una serie di elementi (catalogo dei terremoti, zone sorgenti, relazione di attenuazione del moto del suolo, ecc.) e dei parametri di riferimento (scuotimento in accelerazione o spostamento, tipo di suolo, finestra temporale, ecc.). La pericolosità sismica di base, ricavata mediante studi di zonazione, può essere rappresentata in mappe di pericolosità sismica, nelle quali vengono riportati i valori di accelerazione massima del suolo. Nell'ambito del progetto INGV-DPC S1 (2005-2007) sono state rilasciate una serie di mappe di pericolosità sismica per diverse probabilità di eccedenza in 50 anni, basate sullo stesso impianto metodologico e sugli stessi dati di input di MPS04.

Nella fig. 4 è riportata la mappa probabilistica simulata relativa al sito di stoccaggio di Settala, che riporta il parametro dello scuotimento $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo), elaborata per una probabilità di accadimento del 10% che nell'arco di 50 anni si verifichi il superamento dei limiti di $a(g)$ stimati, indicati nella mappa con scala cromatica.

I valori di $a(g)$ attesi nell'area della Concessione di Settala sono compresi tra 0,050 e 0,075, per cui essa risulta essere classificata come area a bassa pericolosità sismica.

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

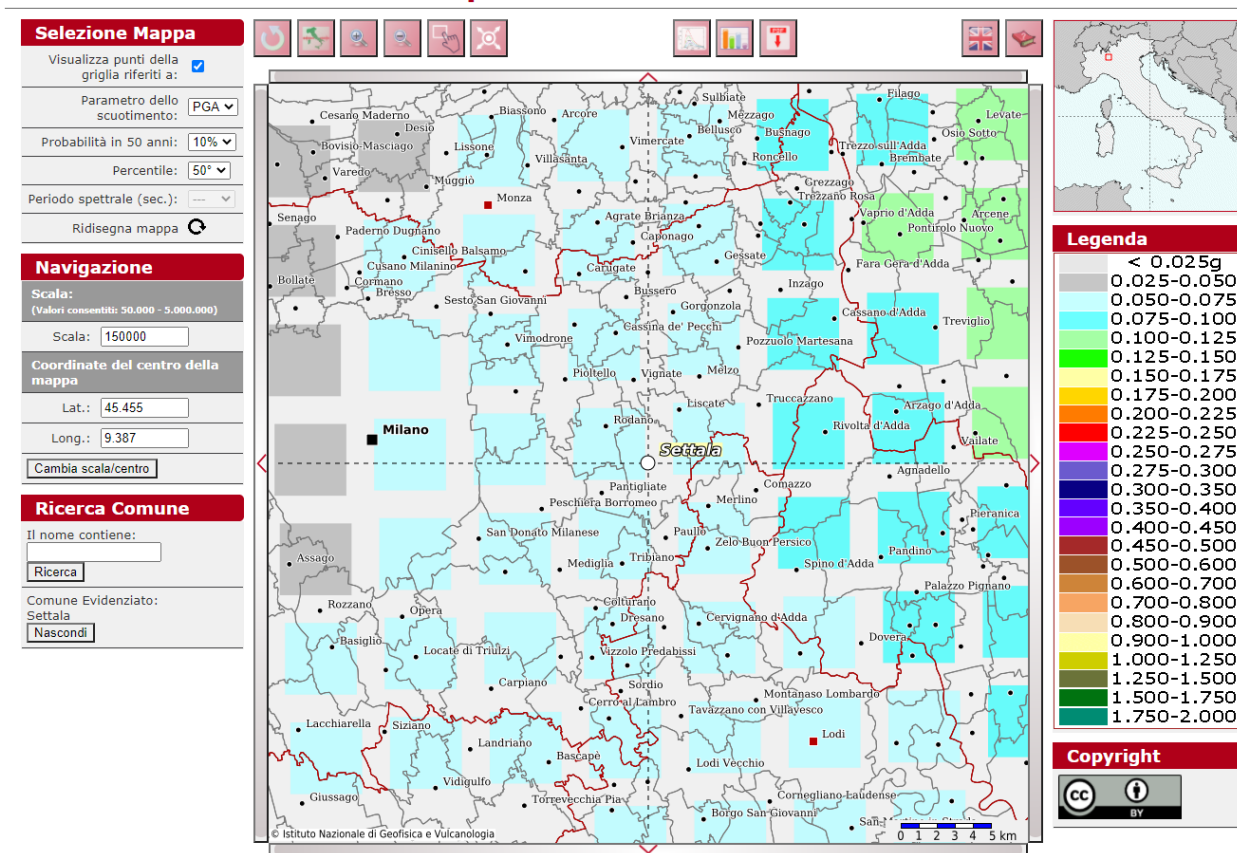


Fig. 4

3. CONFIGURAZIONE DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

3.1 Aspetti metodologici

La sorveglianza degli aspetti di carattere microsismico è mirata alla detezione della sismicità naturale del sito e alla verifica di microsismi eventualmente associabili all'esercizio del giacimento a seguito delle variazioni di pressione indotte dal gas-cycling. Il monitoraggio microsismico nei campi di stoccaggio viene condotto da Stogit secondo due differenti modalità operative (rete di superficie e/o strumentazione di pozzo), in funzione delle

caratteristiche geologiche del giacimento e di eventuali prescrizioni associate a decreti autorizzativi all'esercizio.

Nella Concessione di Settala Stoccaggio il monitoraggio microsismico è eseguito dal 2011 attraverso apposita strumentazione di pozzo e, a partire da Settembre 2018, anche con rete di superficie.

Il monitoraggio con strumentazione di pozzo profondo si basa su dati acquisiti attraverso l'installazione permanente di sismometri e geofoni collocati a profondità del giacimento di stoccaggio. La metodologia, che consente di eliminare gli effetti indesiderati legati al rumore ambientale di superficie, fornisce indicazioni relative soprattutto ad eventi microsismici, anche di ridotta intensità, localizzati nell'intorno del giacimento e a profondità modeste (pochi km). Il monitoraggio con rete di superficie permette una copertura maggiore dell'area del giacimento.

3.2 Strumentazione di pozzo profondo

Nell'ambito del piano di monitoraggio predisposto per l'esercizio in sovrappressione del giacimento di Settala, si è provveduto all'installazione di geofoni a carattere permanente nel pozzo Brazzuto 2 dir, espressamente dedicato al monitoraggio del giacimento, la cui ubicazione è evidenziata in fig. 5. Le operazioni di installazione della strumentazione di pozzo hanno avuto luogo a partire dai primi giorni del mese di ottobre 2011.



Fig. 5



STOGIT - GIAC

Concessione Settala Stoccaggio
Monitoraggio microsismico (2020-2021)

PAG 10 DI 25

In particolare, l'analisi si basa su registrazioni in continuo di eventi rilevati da quattro sensori del sistema PS3 a quattro componenti, costituiti da velocimetri OYO 2400. I dati sono registrati in continuo in formato SEG Y ed organizzati in cartelle comprendenti le 24 ore giornaliere di registrazione.

I sensori, distanziati di alcune decine di metri, sono posti lungo la parte inferiore del foro in corrispondenza di differenti livelli stratigrafici del giacimento di stoccaggio (fig. 6). Le profondità di installazione dei sensori microsismici misurate da Tavola-rotary (114,1 m sul livello mare) lungo la traiettoria deviata del foro, sono le seguenti: 1265,80 m, 1303,75 m, 1341,72 m, 1379,68 m. Tali profondità corrispondono alle seguenti quote riferite a livello mare: 1130,1 m (argille di copertura), 1168,1 m (argille di copertura), 1206 m (livello sabbioso di stoccaggio), 1244 m (argille basali).

Il sistema consente di monitorare in continuo, con riferimento temporale al sistema UTC (Tempo Universale Coordinato), fenomeni microsismici relativi alla zona del giacimento, con particolare attenzione per eventuali stress collegati alla diminuzione (attività di erogazione) o dall'aumento (attività di iniezione) della pressione dei pori.

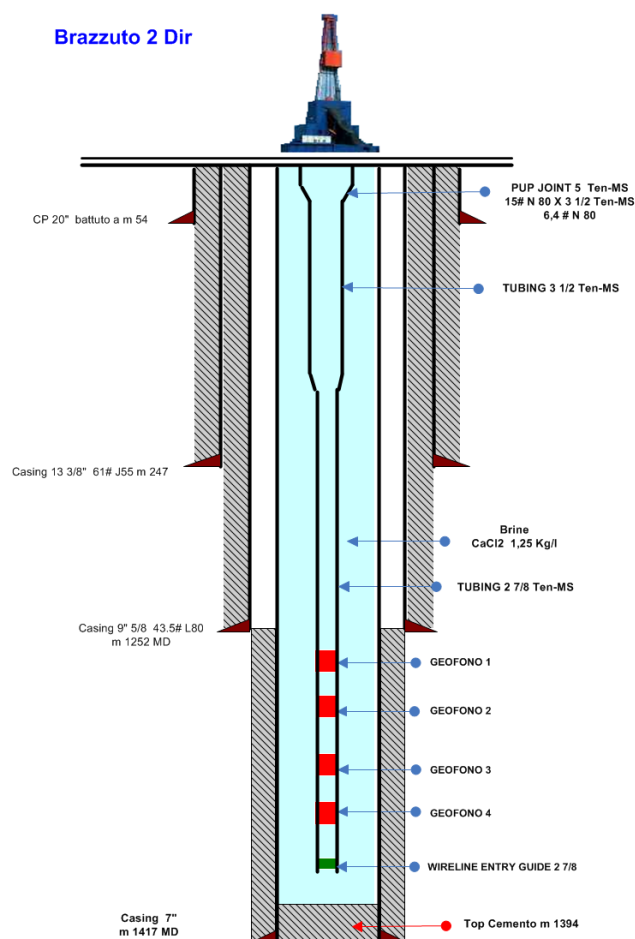


Fig. 6

3.3 Rete di superficie

La rete microsismica di superficie è attiva da settembre 2018 ed è attualmente composta da 4 stazioni la cui ubicazione è riportata in Fig. 7 (con linea gialla il limite della concessione di stoccaggio e con linea blu la proiezione in superficie del limite del giacimento). La quarta stazione, denominata ST04, è stata installata nel mese di novembre 2020. Nella Tabella 1 sono riportate le sigle e le coordinate di ogni stazione (quote in metri riferite a livello mare, riferimento cartografico WGS84). Le stazioni ST01 e ST04 sono dotate di pozzetto per l'alloggiamento del sismometro a profondità di 150 m; questo espediente consente di acquisire segnali di migliore qualità, meno affetti dal disturbo superficiale di origine antropica, garantendo una più elevata sensibilità della rete e una riduzione della soglia di detezione.

In Allegato 2 sono fornite le schede monografiche delle quattro stazioni.

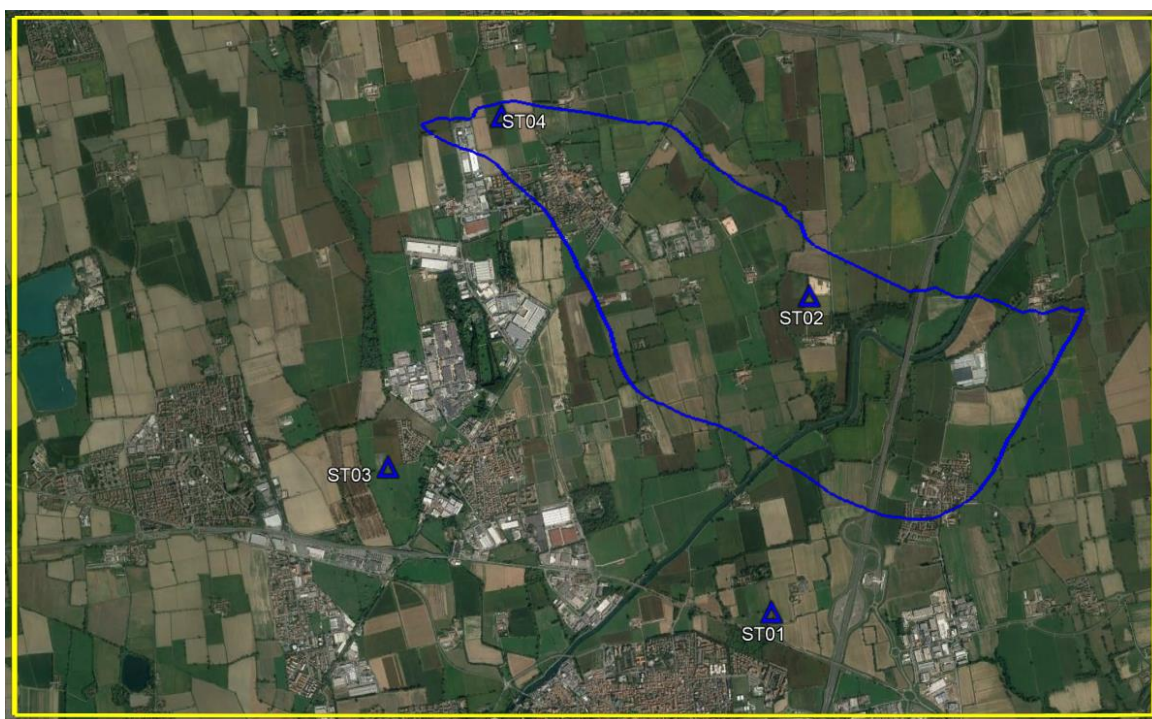


Fig. 7



STOGIT - GIAC

Concessione Settala Stoccaggio
Monitoraggio microsismico (2020-2021)

PAG 12 DI 25

STAZIONE	LATITUDINE	LONGITUDINE	Quota rispetto al liv. mare (m)	Profondità geofoni da piano campagna (m)
ST01	45°25'29.09"N	9°24'45.87"E	-53.10	150
ST02	45°26'50.72"N	9°24'59.76"E	99.08	0
ST03	45°26'06.53"N	9°22'24.54"E	99.7	0
ST04	45°27'37.10"N	9°23'06.35"E	-43	150

Tabella 1: Coordinate delle stazioni microsismiche

I siti idonei per l'installazione delle stazioni sono stati individuati entro la concessione di stoccaggio ed in aree di proprietà Snam/Stogit. Le stazioni di monitoraggio microsismico sono ubicate in aree di circa 50 mq, all'interno delle quali è collocato un pozzetto che ospita la strumentazione, costituita da:

- sismometro a 3 componenti a corto periodo, con frequenza naturale pari a 1 Hz.
- registratore/Digitizer a 24 bit DYMAS24 (SolGeo s.r.l.) con dinamica >132 dB.
- frequenza di campionamento a 100 Hz, con banda utile di segnale pari a 1-40 Hz.
- antenna GPS per l'estrazione del segnale temporale
- sistema di alimentazione
- batterie tampone

Le stazioni ST01, ST02 e ST04 sono collegate alla rete elettrica, mentre la stazione ST03 è alimentata a pannelli solari.

La stazione ST03 è dotata anche di un sensore accelerometrico di superficie Mod. SA/10 con le seguenti caratteristiche tecniche:

- n. 3 canali
- fondo-scala in accelerazione: 2g
- fondo-scala in tensione: 10V differenziale
- sensibilità: 5V/g differenziale
- damping: 0,707
- frequenza di campionamento: 100 Hz

3.4 Operatività del sistema di monitoraggio

Durante il periodo di osservazione, il sistema di monitoraggio di Settala ha fornito dati con continuità e con un buon tasso di operatività. In particolare, considerando il sistema di monitoraggio nel suo complesso (strumentazione di pozzo e rete di superficie), è stata sempre assicurata la copertura della disponibilità dei dati.

Tale condizione di operatività assicura la disponibilità annua dei dati elaborabili riferiti all'intero sistema di monitoraggio. La ridondanza della strumentazione permette, infatti, di compensare la mancanza temporanea di alcuni punti registrazione.

3.5 Sistema di trasmissione e acquisizione dati

Il sistema di monitoraggio è raggiungibile da remoto come una normale macchina di rete, consentendo di verificarne lo stato di funzionamento e di variare i parametri della strumentazione direttamente dal centro di controllo.

Il protocollo di trasmissione dati (Fig. 8), valutato attentamente in fase di progettazione di dettaglio, è basato sul sistema SeedLink per le stazioni di superficie, e su un protocollo SFTP per il pozzo profondo. I dati sono raccolti in formato internazionale standard Miniseed. Gli elementi principali del sistema sono:

- server per la gestione dell'acquisizione
- server per l'acquisizione e pre-processing automatico
- sistema di storage dei dati raw online e relativo back-up.

Il server di elaborazione provvede a gestire lo storage dei dati, sia raw che elaborati.

I dati delle singole stazioni e della strumentazione di pozzo sono trasmessi in continuo, tramite rete Intranet, al centro di controllo presso gli uffici della Sede Operativa Stogit di Crema, che ne gestisce il flusso svolgendo il pre-processing automatico per l'individuazione di possibili eventi significativi e la successiva elaborazione manuale degli eventi d'interesse.

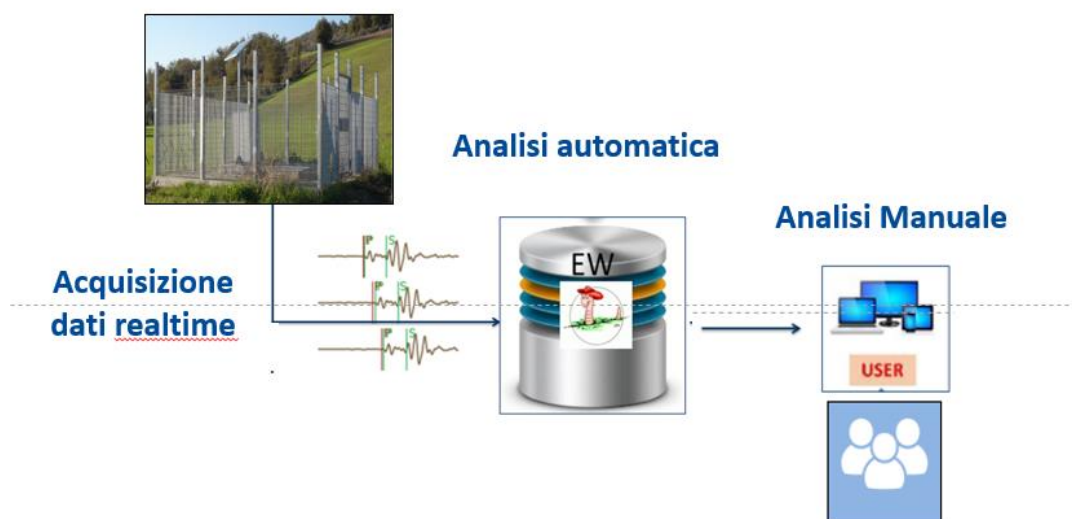


Fig. 8



4. RISULTATI DEL MONITORAGGIO

4.1 Classificazione degli eventi

Gli eventi sismici identificati sono stati classificati in base alla distanza minima dell'epicentro rispetto al centro del giacimento, adottando il seguente schema di riferimento:

- Sismi Locali: eventi con epicentro ricadente entro i domini di rilevazione Di e DE definiti nel documento tecnico "Indirizzi e Linee-guida per i monitoraggi" pubblicato dal MiSE nel mese di novembre 2014, di seguito descritti:

Dominio Interno di rilevazione (DI) - Definisce il volume all'interno del quale si ritiene che possano verificarsi fenomeni di sismicità indotta o di deformazione del suolo associati all'attività svolta. Esso rappresenta il volume di riferimento per il quale saranno identificati, monitorati e analizzati con la massima sensibilità i fenomeni di sismicità e deformazione del suolo.

Per le attività di stoccaggio, è il volume che comprende la zona mineralizzata (giacimento usato per lo stoccaggio), come ricostruita dallo studio geologico preliminare, e un'ulteriore fascia nell'intorno del giacimento fino ad una distanza di 2-3 km, in funzione dell'estensione del giacimento.

Dominio Esteso di rilevazione (DE) – È il volume circostante il Dominio Interno di rilevazione che comprende una porzione maggiore di sottosuolo, al fine di definire e contestualizzare al meglio i fenomeni monitorati. Per tutte le attività si suggerisce che esso si estenda oltre il Dominio Interno di rilevazione per una fascia di ampiezza compresa tra 5-10 km, tenendo conto delle dimensioni del giacimento e della tipologia di attività.

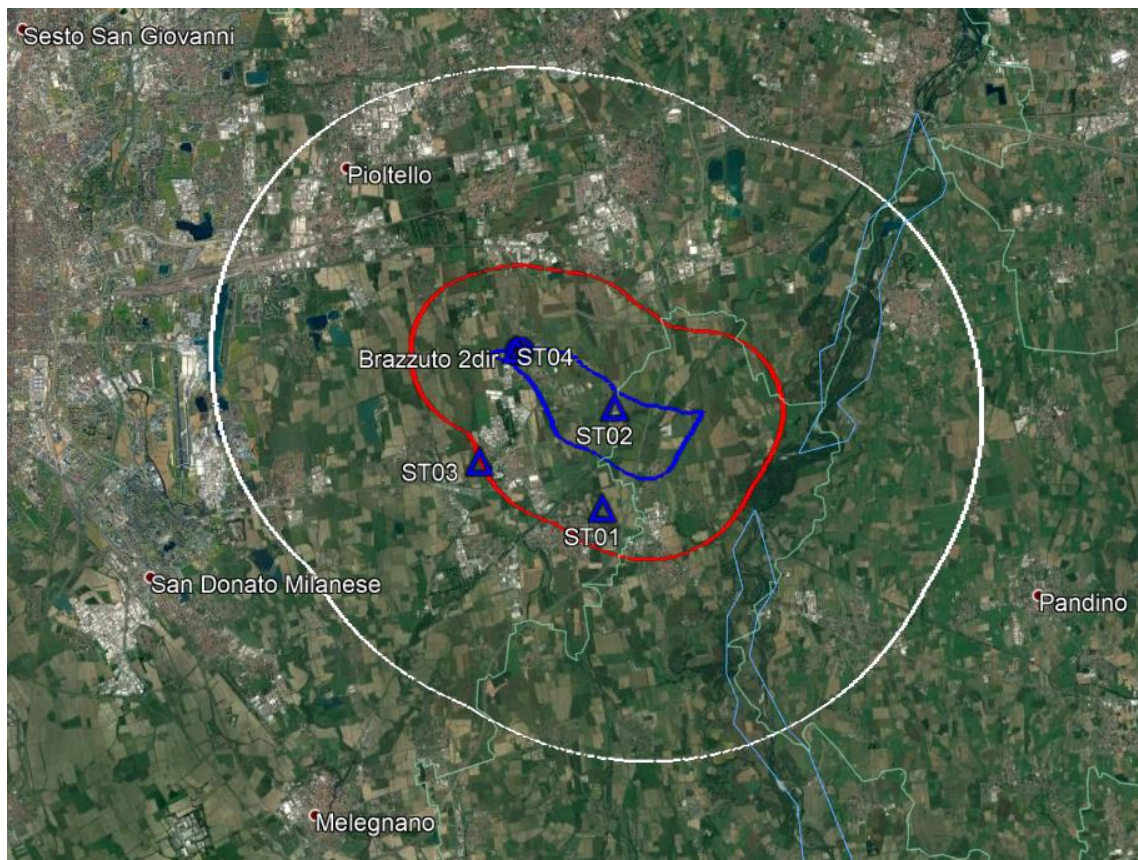


Fig. 9

Per questo caso specifico, tenendo conto della tipologia del giacimento, del fatto che l'area è classificata a bassa pericolosità sismica, e del fatto che lo stoccaggio del gas naturale non prevede l'iniezione nel sottosuolo di un fluido incompressibile, in accordo con gli Indirizzi e linee guida per i monitoraggi sopra citati, i domini Interno ed Esteso sono stati scelti considerando i limiti minimi indicati (2 km oltre il giacimento per il Dominio Interno (linea rossa in Fig. 9) e 5 km oltre il Dominio Interno per il Dominio Esteso (linea bianca in Fig. 9).

- Sismi Regionali: eventi con epicentro esterno ai domini di rilevazione fino ad una distanza di 50 km dal centro del giacimento, ritenuta congrua per una caratterizzazione sismologica dell'area a scala regionale (contesto di "avampaese" alpino, noto in base alle ricostruzioni geologico-strutturali del sottosuolo lombardo, caratterizzato da strutture sepolte in gran parte disattivate dal punto di vista tettonico). Tale distanza è superiore all'area di interesse oggetto del monitoraggio ma viene tenuta in considerazione a dimostrazione del corretto funzionamento della rete ed in accordo con i criteri di progettazione della rete stessa. Per i motivi sopra detti, non si



ritiene opportuna un'estensione superiore a 50 km dell'area di indagine regionale. La rete di monitoraggio di Settala è stata infatti progettata con l'obiettivo di monitorare fenomeni locali.

4.2 Analisi ed elaborazione dei segnali

L'analisi dei segnali acquisiti fino al 31 dicembre 2020 è stata eseguita secondo due modalità fra loro complementari:

- analisi automatica dei dati in arrivo dalle stazioni remote, per identificare e segnalare possibili eventi di interesse;
- analisi manuale a cura dell'operatore per validare ed elaborare in dettaglio gli eventi individuati, definendone ipocentro e magnitudo.

L'approccio metodologico seguito si è articolato nelle seguenti fasi:

- discriminazione del rumore dai segnali sismici effettivi;
- individuazione della tipologia di sisma e selezione dei tempi di primo arrivo delle onde P e delle onde S;
- elaborazione dei segnali di tipo locale (ricadenti probabilmente nel DI o nel DE), procedendo al calcolo dell'ipocentro e della magnitudo;
- acquisizione dal sito internet INGV delle informazioni in merito a ipocentro e magnitudo per gli eventi di tipo regionale, registrati dalla rete di Settala.

Il processing e l'analisi dei dati microsismici vengono effettuati attraverso l'utilizzo di un software sviluppato internamente, in cui è stato implementato un sistema di allerta automatico che, nel caso di evento sismico, provvede all'invio di mail. La localizzazione automatica (calcolata sulla base dei tempi dei primi arrivi delle fasi P ed S alle singole stazioni) viene successivamente raffinata manualmente dall'operatore utilizzando il programma hypoinverse, che minimizza i residui temporali per il modello di velocità a strati orizzontali.

Attualmente, per il giacimento di Settala è stato messo a punto un modello di velocità a strati piani e paralleli, il cui rapporto di velocità tra le onde P e le onde S è posto uguale a 1.73. Tale modello è costruito sulla base di dati di letteratura ed è propedeutico al funzionamento degli algoritmi di localizzazione automatica del software. Ad oggi non è mai stata registrata sismicità locale, tale da richiederne un dettaglio maggiore e tecniche di analisi avanzate.

La magnitudo locale (ML) viene calcolata, attraverso il programma localmag, nelle sole stazioni di superficie con un buon rapporto segnale/rumore, dall'ampiezza massima delle onde S: viene applicata la relazione di Hatton-Boore (1984) al segnale convertito per la risposta del sismografo Wood-Anderson. Il calcolo della magnitudo momento (Mw) viene eseguito per i dati sia delle stazioni di superficie che del pozzo attraverso il fit degli spettri di



ampiezza delle fasi S opportunamente corretti per la risposta dello strumento stesso. Per quanto riguarda i sismi classificati come “regionali” (ossia esterni al DE, fino ad una distanza massima di 50 km dalla rete), vengono riportate nel bollettino Stogit la localizzazione ed il valore di magnitudo calcolati da INGV, disponibili dal loro sito internet. Infatti, lo scopo del sistema di monitoraggio di Settala è quello di registrare gli eventi eventualmente indotti dall’attività di stoccaggio e non quello di registrare la sismicità naturale a livello regionale e nazionale, compito proprio di enti pubblici quali ad esempio INGV.

L’analisi dei segnali viene effettuata in modalità automatica in continuo sia dal sistema di acquisizione in campo che dal software di analisi nel centro di controllo presso la Sede Operativa Stogit di Crema.

Riassumendo, tutti gli eventi identificati vengono analizzati manualmente e opportunamente esaminati per una loro caratterizzazione sismologica (data, ora, coordinate, profondità, magnitudo) e classificazione secondo le seguenti categorie:

- **DI:** Sismi ricadenti entro il volume del Dominio Interno di rilevazione.
- **DE:** Sismi ricadenti entro il volume del Dominio Esteso di rilevazione.
- **R:** Sismi regionali ricadenti oltre il volume del Dominio Esteso di rilevazione, fino ad una distanza massima di 50 km dal centro della rete. Questa tipologia include anche eventi sismici lontani ($\Delta T_{s-p} > 1$ sec), rilevati unicamente dall’array di pozzo e non localizzabili per via della configurazione dell’array stesso.

I sismi ricadenti oltre i 50 km di distanza dalla rete non vengono riportati nel presente documento, in quanto ritenuti non significativi ai fini del monitoraggio del giacimento.

4.3 Interpretazione dei dati

Le registrazioni relative al 2020 confermano l’elevata sensibilità di misura del sistema di acquisizione dati. L’analisi del dato di pozzo evidenzia in particolare che il rumore di fondo si mantiene su valori molto bassi, consentendo l’identificazione con buon grado di affidabilità dei segnali effettivamente legati ad eventi sismici, discriminandoli da disturbi di altra natura. I dati registrati, in comparazione con quelli disponibili sui cataloghi della rete nazionale di INGV, **evidenziano unicamente fenomeni sismici a carattere naturale con ipocentri ad elevata profondità ed a considerevole distanza dal sito durante tutto il periodo di monitoraggio.**

Gli eventi più prossimi alla Concessione Settala Stoccaggio, collocati comunque ad oltre il limite del dominio esteso, hanno ipocentri posti a profondità superiore (in genere molto superiore) a 3 km, ad ulteriore conferma del limitato tasso di sismicità della zona.

Inoltre, l'analisi delle registrazioni correlata alle singole fasi del ciclo di stoccaggio non evidenzia variazioni significative nell'ampiezza del segnale, a testimonianza dell'assenza di fenomeni ricollegabili all'esercizio del giacimento anche in regime di sovrappressione.

La seguente tabella riporta un consuntivo dei sismi registrati nel corso del 2020, con la ripartizione nelle differenti tipologie in cui sono classificati:

TIPOLOGIA	NUMERO DI EVENTI
DI	0
DE	0
R	21

In Fig. 10 è mostrata la mappa di tutti gli eventi regionali registrati dai sistemi di monitoraggio Stogit e localizzati da INGV nel corso del 2020, mentre in Allegato 1 è fornito l'elenco completo dei sismi regionali (inclusi quelli registrati solo da Stogit) con indicazione delle rispettive date, localizzazioni, profondità degli ipocentri e valori di magnitudo.

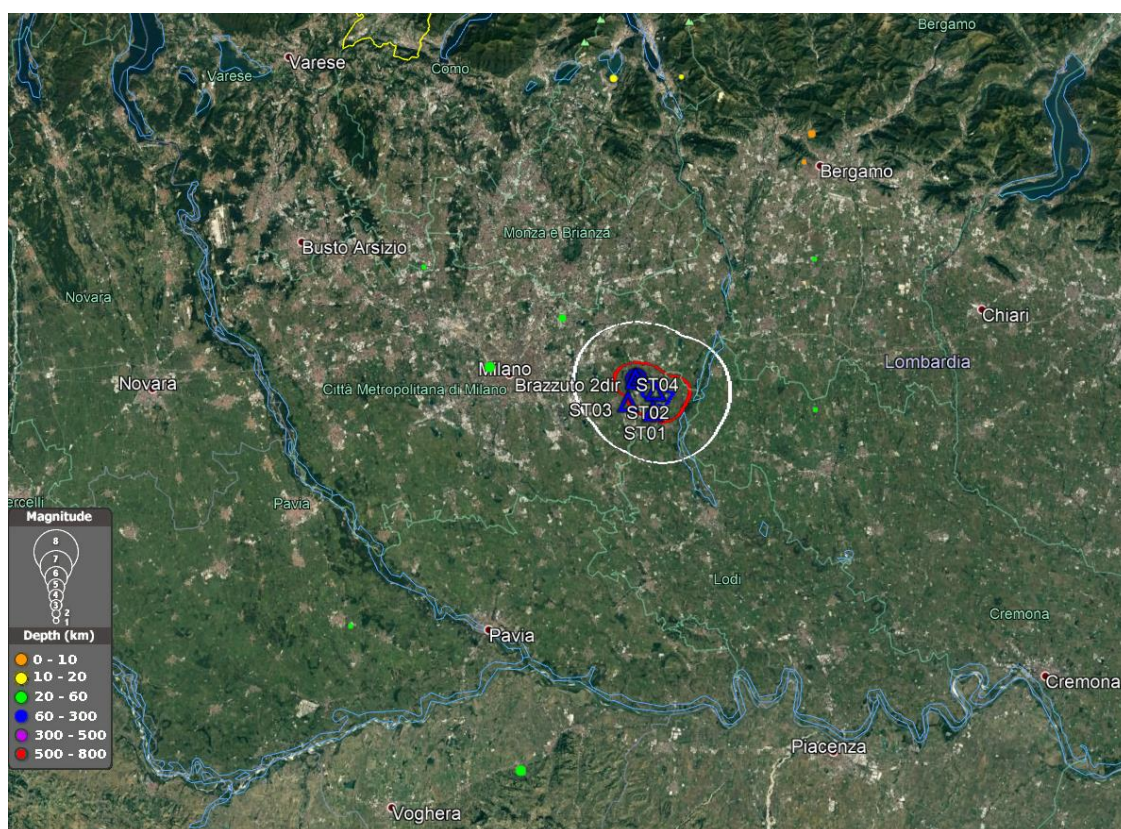


Fig. 10



5. CONCLUSIONI

Le ricerche condotte relativamente alla sismicità naturale dell'area di Settala indicano una modesta intensità e frequenza dei fenomeni, che in questo settore di pianura lombarda sono essenzialmente riconducibili a dinamiche legate a lineamenti tettonici posti a profondità elevata, molto superiore a quella del giacimento di stoccaggio.

Le analisi dei segnali riferiti al sistema di monitoraggio microsismico nel suo complesso (pozzo dedicato Brazzuto 2 dir attivo dal 2011 e rete di superficie attiva dalla fine del 2018) confermano pienamente queste evidenze. I dati acquisiti attestano come non vi sia alcun evento sismico indotto e che gli eventi identificati **siano attribuibili a fenomeni sismici naturali profondi e lontani dal sito di stoccaggio**.

In riferimento all'esercizio in sovrappressione, le registrazioni correlate alle singole fasi del ciclo di stoccaggio non evidenziano variazioni nell'ampiezza del segnale, a testimonianza dell'assenza di eventi microsismici eventualmente riconducibili a sollecitazioni indotte dall'attività ciclica di iniezione ed erogazione del gas.

Complessivamente i risultati conseguiti confermano pertanto l'idoneità tecnica e le condizioni di sicurezza nell'esercizio in sovrappressione del giacimento di Settala SAN P/E fino ad una pressione massima pari al 107% di quella originaria di scoperta.



STOGIT - GIAC

Concessione Settala Stoccaggio
Monitoraggio microsismico (2020-2021)

PAG 20 DI 25

ALLEGATO 1 - ELENCO DEI SISMI REGIONALI REGISTRATI NEL 2020

DATA	ORA	ML	Provincia Epicentro	LATITUDINE (WGS 84)	LONGITUDINE (WGS 84)	Prof. (km)	Distanza (km)
17/01/2020	05:36:36	1.6	LC	45.78	9.44	12	36.3
21/01/2020	19:25:15	2.2	LC	45.79	9.37	12	36.8
15/02/2020	18:04:28	*					$\Delta T_s - p = 3$
06/03/2020	09:54:05	*					$\Delta T_s - p = 5.5$
05/06/2020	21:54:50	*					$\Delta T_s - p = 3.4s$
06/06/2020	15:23:40	*					$\Delta T_s - p = 2s$
14/06/2020	20:13:59	*					$\Delta T_s - p = 4s$
08/07/2020	08:10:20	1.1	CR	45.45	9.64	11	20
16/07/2020	21:12:16	*					$\Delta T_s - p = 4.2s$
18/07/2020	19:24:15	*					$\Delta T_s - p = 4.2s$
29/07/2020	14:44:38	*					$\Delta T_s - p = 4.5s$
31/07/2020	13:11:49	*					$\Delta T_s - p = 4.7s$
04/08/2020	05:44:00	*					$\Delta T_s - p = 2.2s$
09/10/2020	03:54:18	2.4	BG	45.76	9.7	10	42
19/10/2020	19:49:39	1.8	MI	45.54	9.04	36	28.5
28/10/2020	09:28:27	2.1	MI	45.52	9.31	20	9
03/11/2020	03:32:13	*					$\Delta T_s - p = 3.5s$
08/12/2020	17:51:15	1.7	BG	45.71	9.65	10	34.5
14/12/2020	14:14:41	2	CR	45.39	9.67	35	23.5



STOGIT - GIAC

Concessione Settala Stoccaggio
Monitoraggio microsismico (2020-2021)

PAG **21** DI **25**

17/12/2020	15:59:25	3.9	MI	45.49	9.13	56	20.2
26/12/2020	22:46:23	*					$\Delta t_{s-p} = 4s$

* Eventi non localizzabili e non presenti nel catalogo INGV per i quali la differenza tra i tempi di arrivo delle fasi P ed S è tale da poterli classificare come regionali.



STOGIT - GIAC

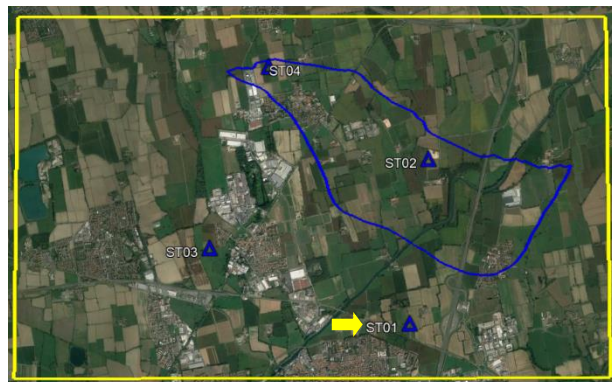
Concessione Settala Stoccaggio
Monitoraggio microsismico (2020-2021)

PAG 22 DI 25

ALLEGATO 2 – SCHEDE MONOGRAFICHE DELLE STAZIONI DI SUPERFICIE

ST01

Paullo
(postazione
Merlino 2-3)



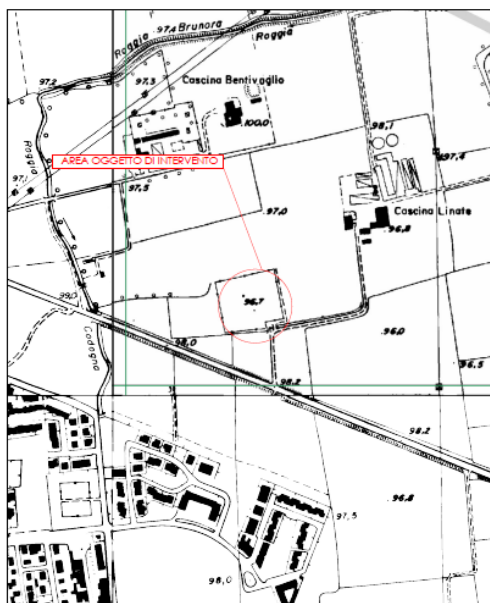
Coordinate:

GEOGRAFICHE WGS84

NORD	45° 25' 29.091"
EST	9° 24' 45.876"

PIANE GAUSS-BOAGA

NORD	5030238.86
EST	1532316.17
Q.S.L.M.	96,90 m



Data di attivazione	Settembre 2018
Sismometro	Sara SS10BH
Monumentazione	Pozzetto 150 m
Profondità sensore l.m.	-53,10 m
N. componenti	3
Tipo di sensore	Sismometro a corto periodo
Acquisitore	Solgeo Dymas 24 Master
Numero canali	3
Tipo acquisizione	Continua h24
Frequenza di campionam.	100 Hz
Alimentazione	Rete elettrica
Trasmissione dati	Modem GSM
GPS	Sì
Accelerometro	-



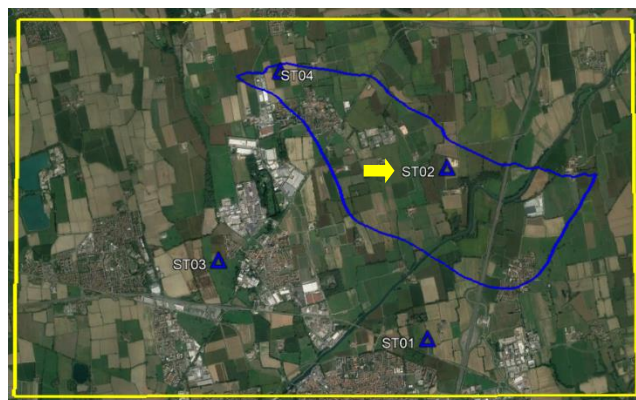
STOGIT - GIAC

Concessione Settala Stoccaggio
Monitoraggio microsismico (2020-2021)

PAG 23 DI 25

ST02

Settala
(postazione
Cluster B)



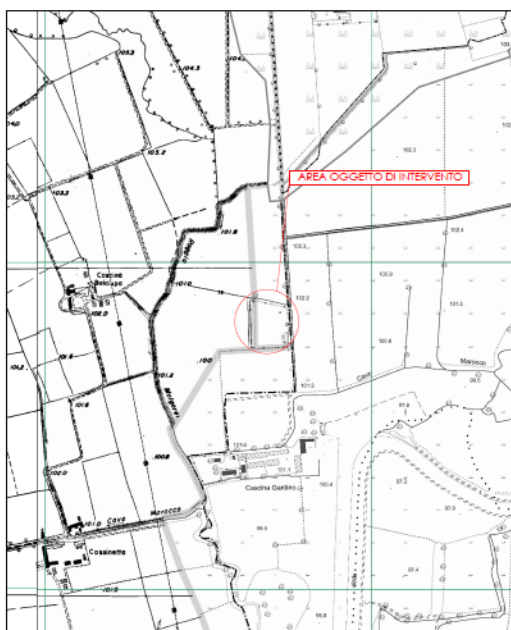
Coordinate:

GEOGRAFICHE WGS84

NORD	45° 26' 50.723"
EST	9° 24' 59.760"

PIANE GAUSS-BOAGA

NORD	5032759.59
EST	1532604.83
Q.S.L.M.	100,08 m



Data di attivazione	Settembre 2018
Sismometro	Lennarz L3Dlite MKIII
Monumentazione	Superficie
Profondità sensore l.m.	99,08 m
N. componenti	3
Tipo di sensore	Sismometro a corto periodo
Acquisitore	Solgeo Dymas 24 Master
Numero canali	3
Tipo acquisizione	Continua h24
Frequenza di campionam.	100 Hz
Alimentazione	Rete elettrica
Trasmissione dati	Modem GSM
GPS	Sì
Accelerometro	-



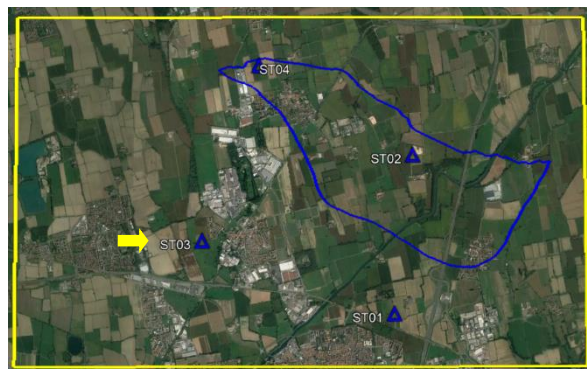
STOGIT - GIAC

Concessione Settala Stoccaggio
Monitoraggio microsismico (2020-2021)

PAG 24 DI 25

ST03

Settala
(postazione
Caleppio 1)



Coordinate:

GEOGRAFICHE WGS84

NORD	45°26'6.53"
EST	9°22'24.54"

PIANE GAUSS-BOAGA

NORD	5031377.8
EST	1529242.9
Q.S.L.M.	100.7 m



Data di attivazione	Settembre 2018
Sismometro	Sara SS02
Monumentazione	Superficie
Profondità sensore l.m.	99.7 m
N. componenti	3
Tipo di sensore	Sismometro a corto periodo
Acquisitore	Solgeo Dymas 24 Master
Numero canali	6
Tipo acquisizione	Continua h24
Frequenza di campionam.	100 Hz
Alimentazione	Pannelli solari
Trasmissione dati	Modem GSM
GPS	Sì
Accelerometro	Sara SA/10



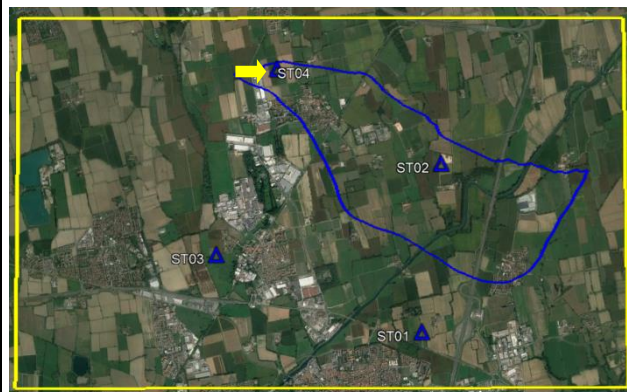
STOGIT - GIAC

Concessione Settala Stoccaggio
Monitoraggio microsismico (2020-2021)

PAG 25 DI 25

ST04

Settala
(postazione
Brazzuto
2dir)



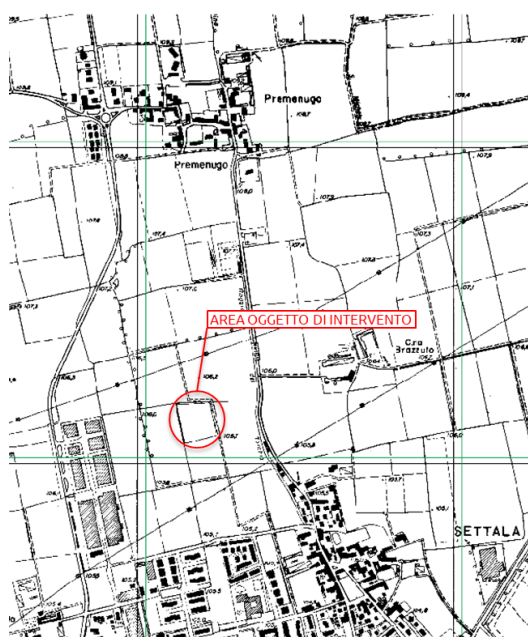
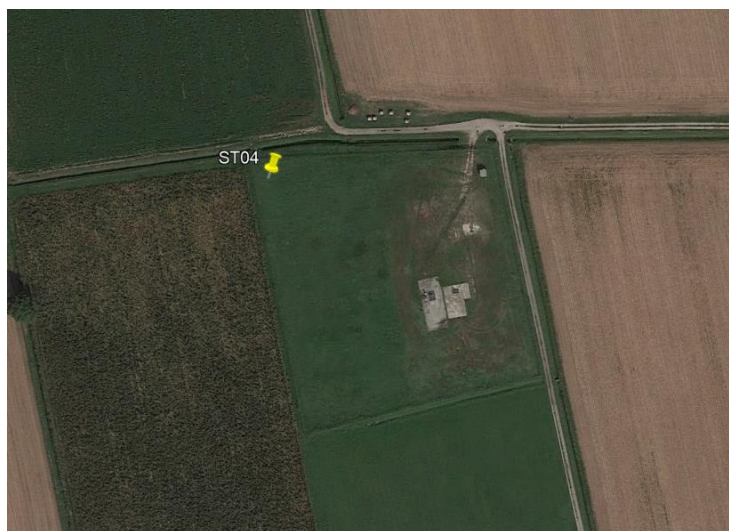
Coordinate:

GEOGRAFICHE WGS84

NORD	45°27'37.10"
EST	9°23'6.35"

PIANE GAUSS-BOAGA

NORD	5034158.7
EST	1530107.54
Q.S.L.M.	107 m



Data di attivazione	Novembre 2020
Sismometro	Sara SS10 BHV
Monumentazione	Pozzetto 150 m
Profondità sensore l.m.	-43 m
N. componenti	3
Tipo di sensore	Sismometro a corto periodo
Acquisitore	Solgeo Dymas 24 Master
Numero canali	3
Tipo acquisizione	Continua h24
Frequenza di campionam.	100 Hz
Alimentazione	Rete Elettrica
Trasmissione dati	Modem GSM
GPS	Sì
Accelerometro	-