

Concessione di stoccaggio di gas naturale "San Potito e Cotignola Stoccaggio"

DGOM - DOCUMENTO DI GESTIONE OPERATIVA DEL MONITORAGGIO

Struttura Preposta al Monitoraggio composta da OGS e GEOPHI S.r.l.

Concessionario dello stoccaggio: Edison Stoccaggio S.p.a.

Documento redatto congiuntamente da:

OGS

GEOPHI S.r.l.

Edison Stoccaggio S.p.a.

Proposto a verifica ed approvazione di:

MASE

REGIONE EMILIA ROMAGNA

- Dir. Gen. Transizione ecologica, contrasto al cambiamento climatico, Ambiente, Difesa del suolo e della costa

- Dir. Gen. Protezione civile

- Comune di Bagnacavallo

- Comune di Lugo

1. Premessa

Il presente Documento di Gestione Operativa del Monitoraggio ("DGOM") è redatto in applicazione dell'art. 3 dell'ACCORDO QUADRO (di seguito "AQ", vedi "Glossario"), di data 24/09/2024 (con nota prot. n. 0173039), sottoscritto tra:

- il Ministero dell'Ambiente e della sicurezza energetica (MASE), Direzione centrale fonti energetiche e titoli abilitativi, in persona del Direttore Generale;
- la Regione Emilia-Romagna, Assessorato alla Transizione ecologica, contrasto al cambiamento climatico, ambiente, difesa del suolo e della costa e protezione civile, in persona del Vicepresidente,
- il Comune di Bagnacavallo, in persona del Sindaco pro tempore;
- Il Comune di Lugo, in persona del Sindaco pro tempore;
- l'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), in persona del Direttore della Sezione CRS;
- La società Geophi S.r.L., in persona del Responsabile per il monitoraggio e le analisi delle deformazioni superficiali del suolo

e per accettazione da Edison Stoccaggio, in persona di Titolare della Concessione.

Tale AQ è stato formulato per l'applicazione degli Indirizzi e Linee Guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro ("ILG") alla esecuzione di prove di iniezione nel livello BB1 del giacimento "San Potito" finalizzate all'ampliamento della

capacità di stoccaggio mediante superamento della originaria pressione statica di fondo nella concessione di stoccaggio di gas naturale in sotterraneo denominata “SAN POTITO E COTIGNOLA STOCCAGGIO” in Emilia Romagna (“Concessione” - vedi “Glossario”).

IL DGOM è il documento che definisce le modalità operative di gestione del monitoraggio e di interazione tra i vari soggetti coinvolti. All'interno di questo documento sono indicate le decisioni concordate tra le parti e sono descritti gli elementi più significativi per la conduzione del monitoraggio nonché, in raccordo con le Amministrazioni competenti, le modalità di comunicazione e informazione al pubblico delle eventuali variazioni dei livelli di attivazione delle azioni da intraprendere (cfr. Capitolo 9.2 ILG).

Il presente DGOM è pertanto redatto in riferimento all'esercizio dell'infrastruttura di monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro per la Concessione SAN POTITO E COTIGNOLA STOCCAGGIO” in applicazione degli “Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche” (“ILG”), elaborato in data 24/11/2014 dal gruppo di lavoro istituito presso l'allora Ministero dello Sviluppo Economico (“MiSE”) e in attuazione di quanto previsto dall'art. 3 dell'AQ.

Il DGOM è stato stilato congiuntamente tra il concessionario committente Edison Stoccaggio S.p.a. (“Concessionario” - vedi “Glossario”), OGS - Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale e GEOPHI S.r.l., questi ultimi quali soggetti tecnici scientifici qualificati e costituenti la Struttura Preposta al Monitoraggio (“SPM”). Esso è altresì redatto in collaborazione con i soggetti componenti il Comitato di cui all'art. 5 dell'AQ, che lo approvano e ratificano prima dell'avvio delle prove di iniezione nel livello BB1 del giacimento “San Potito”.

Nel documento degli ILG è disciplinato che per ogni concessione dovrà essere designata una SPM, quale soggetto tecnico scientifico altamente qualificato che supporti il MASE e in generale l'Autorità competente, nella gestione, nell'analisi e nell'utilizzo dei dati dei monitoraggi. Nelle more dell'istituzione di un fondo finalizzato all'affidamento diretto degli incarichi per lo svolgimento dei monitoraggi da parte del MASE stesso, negli ILG è proposto di seguire le indicazioni ivi fornite, al fine dell'individuazione di tale struttura. In particolare, si richiama per intero quanto previsto in premessa dall' AQ di cui sopra.

Pertanto, nel rispetto di tale assunto e in coerenza a tale indicazione, il Concessionario ha individuato quali soggetti terzi e indipendenti da proporre alle attività di monitoraggio l'ente pubblico di ricerca OGS e GEOPHI S.r.l., quali strutture esperte rispettivamente nel campo del monitoraggio sismico e geodetico delle attività minerarie svolte nel sottosuolo, e in data 1° febbraio 2024 ha presentato istanza di approvazione della SPM ai fini della sua costituzione e relativa gestione.

Gli ILG di cui sopra sono considerati specifiche tecniche avanzate, come indicato dall'art. 13 del Decreto dell'allora Ministero dello Sviluppo Economico del 25 marzo 2015, e sono stati redatti con lo scopo sia di definire in modo omogeneo sul territorio nazionale le modalità di monitoraggio sia di fornire agli operatori del settore indicazioni per la realizzazione delle reti di monitoraggio stesse.

Nell'ambito della costituita SPM, OGS, che ha il ruolo di coordinamento e referente per i rapporti con il Concessionario e con l'esterno, è responsabile dell'analisi dei dati registrati dalla rete di rilevamento microsismico di San Potito Stocaggio, mentre invece GEOPHI S.r.l. è responsabile per l'attività di monitoraggio e analisi della deformazione/subsidenza attraverso l'analisi interferometrica di dati satellitari e l'elaborazione dei dati relativi alle stazioni GNSS presenti nell'area di interesse.

Restano pertanto in capo a OGS e GEOPHI S.r.l., nella costituita SPM, le responsabilità relative rispettivamente agli specifici settori di competenza (in base all'art. 6 dell'AQ) e comunque limitate a:

- a) esaminare e valutare il progetto di monitoraggio proposto dal Concessionario;
- b) eseguire l'elaborazione, analisi ed interpretazione finale dei dati;
- c) provvedere alla trasmissione dei dati grezzi provenienti dalle reti di monitoraggio (i.e., in accordo agli ILG, dati del monitoraggio sismico, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro) al MASE;
- d) redigere, con la collaborazione dei soggetti previsti ("*...il Concessionario, l'UNMIG, la Regione e, ove ricorra, il MATTM*", Cap. 9.1 ILG), il "Documento di Gestione Operativa dei Monitoraggi ("DGOM") riportato nel Cap. 9 degli ILG, prima dell'avvio delle prove di iniezione, da aggiornare eventualmente su proposta della SPM in seguito all'acquisizione di nuovi dati;
- e) assicurare le attività, di sua competenza, di disseminazione e comunicazione dei monitoraggi effettuati in accordo con quanto previsto al Cap. 8 degli ILG.

Sono altresì a carico della SPM, nel rispetto degli obblighi di riservatezza – anche commerciale – dei dati di cui all'art. 8 dell'AQ e fatto salvo quanto previsto dall'art.10, comma 3 dell'AQ:

- a) l'acquisizione dal Concessionario e l'analisi in modo indipendente dei dati di movimentazione gas, geologici e di sottosuolo, nonché tutti i dati reputati utili ai fini del monitoraggio, unitamente ai risultati e agli esiti dei monitoraggi fin qui condotti;
- b) l'acquisizione in tempo reale (*real time*) ed in modo indipendente dei dati non elaborati delle reti, effettuando dei sopralluoghi, ove lo ritenga necessario;
- c) la verifica sistematica della funzionalità delle reti di monitoraggio, l'elaborazione e l'interpretazione dei dati grezzi (*raw data*) acquisiti dalle medesime reti di monitoraggio, rispetto ai quali, avendone già accesso diretto, ne diventa il proprietario e ne acquisisce diritto d'uso per i fini di cui all'AQ, per fini scientifici, di pubblica utilità e istituzionali dell'Istituto (sono esclusi fini commerciali). Tale diritto d'uso non pregiudica proprietà, diritto d'uso e diritto all'accesso diretto del Concessionario;
- d) redigere e distribuire ai componenti del Comitato (vedasi definizione nell'AQ e nel Glossario del presente documento) la "Relazione trimestrale" con i risultati del monitoraggio, a firma dei rappresentanti OGS e GEOPHI S.r.l. responsabili del monitoraggio, per presa d'atto e condivisione da parte dello stesso Comitato.

Appartiene invece alla sfera di responsabilità del Concessionario la comunicazione delle informazioni sull'attività svolta, nonché l'eventuale adozione di azioni di contenimento o ripristino in conseguenza del raggiungimento dei livelli di attivazione.

Ai fini della redazione del presente DGOM, si fa inoltre presente che quanto previsto negli ILG redatti nel 2014 dal Gruppo di Lavoro istituito dal MiSE nell'ambito della Commissione Idrocarburi e Risorse Minerarie (CIRM), la disciplina del modello decisionale con degli automatismi a semaforo (cd. *"sistema a semaforo"*) per la gestione delle procedure/operazioni da intraprendere in caso di calamità naturali pertinenti alle fenomenologie indagate attraverso il monitoraggio integrato, che potrebbero essere ricondotte all'attività di stoccaggio, non riguarda lo stoccaggio di gas naturale, perché tale disciplina concerne unicamente le attività caratterizzate dalla reiniezione dei fluidi incomprimibili nel sottosuolo e in questa definizione non rientra la movimentazione di gas nei giacimenti di stoccaggio; pertanto in questo caso è esclusa l'adozione di un modello decisionale di automatismi legati a precisi valori di soglia.

Pertanto, il monitoraggio delle attività di stoccaggio in sottosuolo di gas finalizzato a seguire l'evoluzione nel tempo e nello spazio dell'attività microsismica, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro, sarà condotto in conformità con le disposizioni degli ILG oppure con modalità che assicurino effetti equivalenti a quanto stabilito dai già menzionati ILG, definite in accordo tra il Concessionario, la SPM e il Comitato di cui all'art. 5 del AQ, meglio descritte nel presente DGOM.

L'attività di monitoraggio delle pressioni di poro e della subsidenza da parte del Concessionario nel giacimento di San Potito hanno avuto inizio nel 2013, mentre il monitoraggio sismico ha avuto inizio nel 2018. Nel rispetto degli ILG, le suddette, pregresse attività di monitoraggio permettono di quantificare i valori di fondo dei parametri in esame, naturali e/o indotti da altre attività antropiche effettuate nell'area in cui si trova il sito.

Durante il periodo di esercizio, il monitoraggio permette di distinguere e misurare in continuo l'eventuale sismicità e le variazioni di tutti i parametri monitorati attraverso il confronto con i valori di fondo precedentemente acquisiti e stimati. In particolare, ai fini della redazione del presente DGOM, è stato analizzato il catalogo dei terremoti localizzati nei dintorni dell'area della concessione di stoccaggio dal 17 dicembre 2018 (data in cui la rete di monitoraggio ha raggiunto la configurazione attuale) fino al 30 aprile 2023, comprendendo sia il periodo precedente l'esercizio, sia quello durante.

In merito alla sismicità indotta/innescata, in particolare, ad oggi in Italia non vi è alcun caso dimostrato di correlazione tra stoccaggio di gas in giacimenti convenzionali e sismicità indotta o innescata; ciò nonostante, gli ILG indicano la necessità di monitorare costantemente il comportamento del giacimento con una rete di rilevamento microsismico di qualità, al fine di poter rilevare un eventuale incremento di terremoti, anche di piccola magnitudo, ma localizzati nello spazio e nel tempo in prossimità del giacimento stesso, quale indizio di un comportamento anomalo della sismicità che può portare, in linea di principio, ma non necessariamente, ad eventi sismici maggiori. Il monitoraggio microsismico, pertanto, fornisce informazioni fondamentali di supporto alle decisioni da intraprendere per un corretto svolgimento dell'attività in sicurezza (rif. Gli stoccaggi di gas naturale - "Linee Guida per la valutazione dei Rapporti di sicurezza", predisposte dal gruppo di lavoro interistituzionale istituito nell'ambito del coordinamento nazionale di cui all'art. 11, D.lgs. n. 105/2015 pubblicate sul sito istituzionale del MATTM - ottobre 2018).

È tuttavia bene ribadire che ad oggi non sono state effettuate nel mondo scientifico osservazioni univoche circa l'esistenza di parametri geofisici o geochimici che varino in maniera coerente e ripetibile prima di un terremoto e allo stato delle conoscenze attuali, non sembrano esistere elementi distintivi caratteristici della genesi di un piccolo o di un grande terremoto prima che questo avvenga, determinando incertezze e previsioni deterministiche piuttosto remote (rif. "Scienza, diritto e processo penale nell'era del rischio" Amato, Flora, Valbonesi, ed. 2019).

Gli stessi ILG, in conclusione, affermano che "...mancano, al momento, metodologie consolidate e diffuse di analisi statistiche o fisiche che permettano di correlare la sismicità rilevata alle attività antropiche entro il tempo massimo di uno/due giorni, necessario per prendere delle decisioni attraverso procedure direttamente applicabili-" [ILG, pag. 30]. Pertanto, nella descrizione delle fasi di gestione delle attività (in rif. al cap. 9.3, ILG) previste nel presente, DGOM si è ritenuto necessario apportare alcune modifiche per ciò che riguarda il quadro delle azioni associate alle predette fasi di gestione delle attività stesse (vedi cap. 6 DGOM).

È altresì ritenuto rilevante il monitoraggio di eventuali variazioni dell'evoluzione temporale o della distribuzione spaziale di possibili fenomeni di deformazione del suolo relativi all'area in cui si trova il sito di stoccaggio. È tuttavia importante specificare che il sistema decisionale per la gestione del monitoraggio individuato al momento è stato focalizzato solo sulla sismicità, trattandosi del parametro le cui variazioni avvengono su scale temporali compatibili con i piani di intervento e per il quale gli ILG forniscono dei valori di riferimento. Difatti, le valutazioni delle deformazioni del suolo non permettono, allo stato attuale, di contribuire a determinare le soglie di riferimento per definire i livelli di attivazione del modello decisionale.

Il presente DGOM sarà rivalutato ed eventualmente aggiornato in base ai dati e all'esperienza che verranno acquisiti nel corso dell'attività di monitoraggio, come previsto dagli ILG stessi.

Si riporta altresì che, in seguito alle osservazioni della Commissione per gli Idrocarburi e le Risorse Minerarie (CIRM), avvenute nel corso della Riunione del 13 marzo 2024, in merito alla contiguità dei giacimenti di stoccaggio "SAN POTITO", oggetto del presente documento, e di coltivazione di idrocarburi "LONGANESI", per la quale l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - INGV riveste il ruolo di SPM (di seguito SPM-LONG), le due SPM hanno recepito la raccomandazione alla cooperazione nella gestione dei monitoraggi delle due concessioni. Quindi, come discusso nella sezione 4.2 "Procedure di analisi ed elaborazione", alcune parametri, software e modalità di analisi vengono adottati per omogenizzare le modalità operative di gestione dei monitoraggi nelle due concessioni.

2. Lo stoccaggio sotterraneo di gas di San Potito

La concessione “San Potito e Cotignola Stoccaggio” è stata conferita alle società Edison Stoccaggio S.p.a., per la quota di titolarità del 90%, e Blugas Infrastrutture S.r.l., per la quota di titolarità del 10%, per lo stoccaggio di gas naturale nei giacimenti di San Potito e Cotignola, situati nel sottosuolo in prossimità dei comuni di Lugo, Cotignola, Bagnacavallo e alcune frazioni del comune di Faenza (Granarolo e Pieve Cesato), in provincia di Ravenna. I tre reservoir adibiti allo stoccaggio sono caratterizzati da tre distinte entità dal punto di vista geologico-strutturale e sono costituiti dai livelli B e CC1 del giacimento di Cotignola e dal livello BB1 del giacimento di San Potito. I livelli minerari adibiti allo stoccaggio sono presenti entro le quote -1650 m e -2000 m (livello BB1 di San Potito) e -750 m e -1200 m (livelli B e CC1 di Cotignola).

Il giacimento di San Potito, situato in prossimità del comune di Bagnacavallo (Ra), è stato scoperto nell'ottobre del 1984 a seguito della perforazione del pozzo San Potito 1. Il campo comprende sei unità mineralizzate denominate (dall'alto verso il basso):

- Livelli A, A1 (appartenenti alla zona di transizione tra la F.ne Porto Garibaldi e la sovrastante F.ne Argille del Santerno), di spessore modesto mai superiore ai 3 m, che si estendono in tutta l'area del campo rastremandosi ed argillificandosi verso est;
- Livello BB1 (suddiviso nei livelli BB1 Upper e BB1 Lower), presente con continuità su tutto il campo, che rappresenta il reservoir principale di San Potito;
- Livelli C, D, E (appartenenti alla F.ne Porto Corsini/Fusignano) che rappresentano le testate di strati sabbiosi troncate dall'unconformity mio-pliocenica dell'alto strutturale di Cotignola.

La pressione di scoperta del campo era pari a 198.93 bar, assumendo come profondità di riferimento (datum depth) -1780.5 m. Il contatto originale gas-acqua (GWC) è stato posizionato alla profondità di -1858 m, valore medio tra quelli osservati ai pozzi. Il livello BB1 upper è stato interessato dalla perforazione di 7 pozzi, 6 dei quali (ad eccezione del pozzo San Potito 5dir) sono stati messi in produzione. La produzione del livello BB1 upper è iniziata nel dicembre 1988 e si è protratta fino a gennaio 2000, con un recupero totale di gas pari a circa $1030,75 \cdot 10^6$ Sm³ e 43924 m³ di acqua. Il meccanismo di produzione è stato caratterizzato da una forte spinta d'acqua.

Nell'aprile 2011, con il progetto di conversione a stoccaggio, è stato realizzato il pozzo San Potito A1dir. Nel periodo giugno-dicembre 2013 sono state condotte le prime prove di erogazione sul pozzo SPT-A1dir, rimasto successivamente chiuso fino ad ottobre 2015, quando è stato effettuato un intervento di workover con il ricompletamento del pozzo. Da novembre 2015 il pozzo SPT-A1dir è utilizzato per lo stoccaggio gas.

Dal punto di vista geologico-strutturale il campo a gas di San Potito rispecchia il modello strutturale regionale del versante nord-orientale dell'Appennino Emiliano. Il giacimento è costituito da alternanze sabbiose con intercalazioni argillose di età del Pliocene medio-superiore (F.ne Porto Garibaldi) con spessori metrici che rappresentano eventi torbiditici di ambiente distale. Lo spessore medio del livello BB1 upper è complessivamente pari a circa 34 m, quello del livello BB1 lower è di circa 38 m. Un setto argilloso continuo con spessore medio

di circa 6 m assicura la separazione idraulica verticale tra i due livelli. Il livello BB1 presenta buone caratteristiche petrofisiche con porosità comprese tra 0.23 e 0.27. I valori ricavati dai recenti well test (pozzo SPT-A1dir) si aggirano attorno ai 200 mD.

3. Definizione dei Domini di Rilevazione

Nel rispetto degli ILG del MiSE (MiSE-UNMIG, 2014), per il monitoraggio integrato dell'attività di stoccaggio di gas presso la concessione di San Potito e Cotignola sono stati individuati due domini di riferimento, denominati Dominio Interno ("DI") e Dominio Esteso ("DE"). In particolare, gli ILG riportano che, per le attività di stoccaggio, il DI è il volume comprendente il giacimento e un'ulteriore fascia nel suo intorno fino ad una distanza di 2-3 km, e il DE è il volume che si estende oltre il DI per una fascia compresa tra 5-10 km.

All'interno della Concessione sono compresi tre serbatoi di stoccaggio (uno indicato come San Potito, e due indicati come Cotignola B e Cotignola CC1), ma le prove di sovrappressione riguarderanno solo il reservoir di San Potito.

I domini di rilevazione per San Potito sono quindi definiti nel seguente modo:

- il Dominio Interno (DI) è il volume ~~delimitato dall'involuppo dei singoli volumi che circondano il tre-serbatoio, esteso sia in pianta, sia in profondità fino ad una distanza di 3 km da esso e in profondità dalla superficie fino a 3 km di distanza dal serbatoio più profondo, cioè quello denominato San Potito sito a 2 km~~ (Figura 3.1).
- Il Dominio Esteso (DE) è il volume circostante il DI che comprende una porzione maggiore di crosta terrestre, al fine di definire e contestualizzare al meglio i fenomeni monitorati. Il DE è definito quindi come il volume che si estende di ulteriori 5 km circa rispetto al bordo esterno del DI in tutte le direzioni (Figura 3.1).

Per completezza, in Figura 3.1 vengono rappresentati con diverso colore anche i domini di rilevazione per i due reservoir di Cotignola, definiti analogamente a quanto fatto per quello di San Potito.

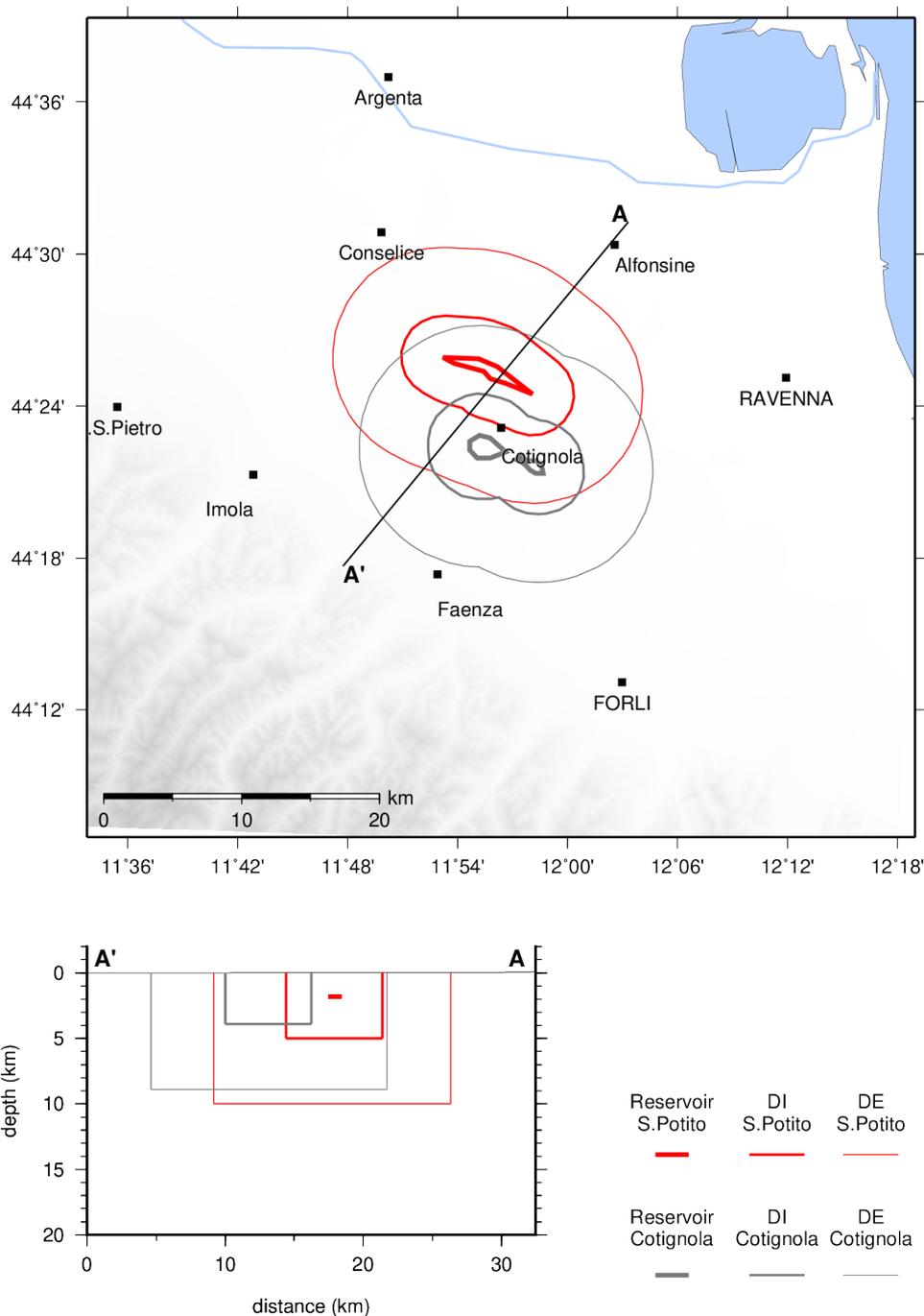


Figura 3.1 – Mappa e vista lungo la sezione A'A della concessione di San Potito e Cotignola e dei relativi domini di monitoraggio (Dominio Interno e Dominio Esteso) definiti secondo gli ILG.

Le coordinate che descrivono i contorni dei due domini di rilevazione con un campionamento spaziale che varia da circa 100 m per il DI a 1000 m per il DE sono disponibili in versione digitale. I files che li contengono sono reperibili nel sito web del Monitoraggio Integrato dello stoccaggio di San Potito (<http://rete-sanpotito.crs.inogs.it/>), alla pagina *Procedure di Analisi Sismologica* (<http://rete-sanpotito.crs.inogs.it/it/content/procedure-di-analisi-sismologica>).

4. La Rete di Monitoraggio Sismico di San Potito Stocaggio

4.1 Caratteristiche della rete

La Rete di Monitoraggio Sismico di San Potito (da qui abbreviata RMSP) è composta da quindici stazioni sismometriche (Figura 4.1) e da una stazione geodetica GNSS permanente. Le stazioni sono indicate con la sigla SP, Ogni stazione della RMSP è costituita da un sistema di acquisizione dati, un sistema di alimentazione dati e due sensori, ovvero un velocimetro e un accelerometro. Le stazioni SP02, SP03, SP04, SP05, SP11, SP13, ed SP14 sono dotate di velocimetri in pozzo mentre le stazioni SP06, SP07, SP08, SP09, SP10, SP12 ed SP15 sono dotate di velocimetri da superficie. La stazione SP01 è caratterizzata invece da un array di sismometri in pozzo (6 sismometri a corto periodo installati tra i -35 e i -285 m) e un sismometro broadband. Tutti i canali di acquisizione hanno una frequenza di campionamento pari a 200 Hz.

La Tabella 4.1 riassume le principali informazioni geografiche delle stazioni, mentre la Figura 4.1 mostra la mappa con la posizione delle stazioni e i contorni in superficie delle aree corrispondenti ai Domini di Rilevazione, come sopra descritti. La completa operatività della rete è stata raggiunta nel mese di dicembre 2018.

| CODICE | LAT | LON | QUOTA (m s.l.m.) |
|--------|-----------|-----------|---------------------|
| SP01 | 44.433748 | 11.904231 | 10 |
| SP02 | 44.437697 | 11.960797 | 7 |
| SP03 | 44.387289 | 11.95263 | 14 |
| SP04 | 44.371509 | 11.91913 | 17 |
| SP05 | 44.369958 | 11.954506 | 14 |
| SP06 | 44.333389 | 11.749564 | 66 |
| SP07 | 44.244694 | 11.926417 | 48 |
| SP08 | 44.530917 | 11.840028 | 3 |
| SP09 | 44.398181 | 12.118394 | 1 |
| SP10 | 44.2923 | 12.120789 | 10 |
| SP11 | 44.362811 | 11.873497 | 24 |
| SP12 | 44.447058 | 12.003094 | 3 |
| SP13 | 44.411881 | 11.859742 | 14 |
| SP14 | 44.412389 | 11.952588 | 13 |
| SP15 | 44.497611 | 12.019667 | 5 |

Tabella 4.1 – Sommario delle stazioni della Rete di Monitoraggio di S. Potito.

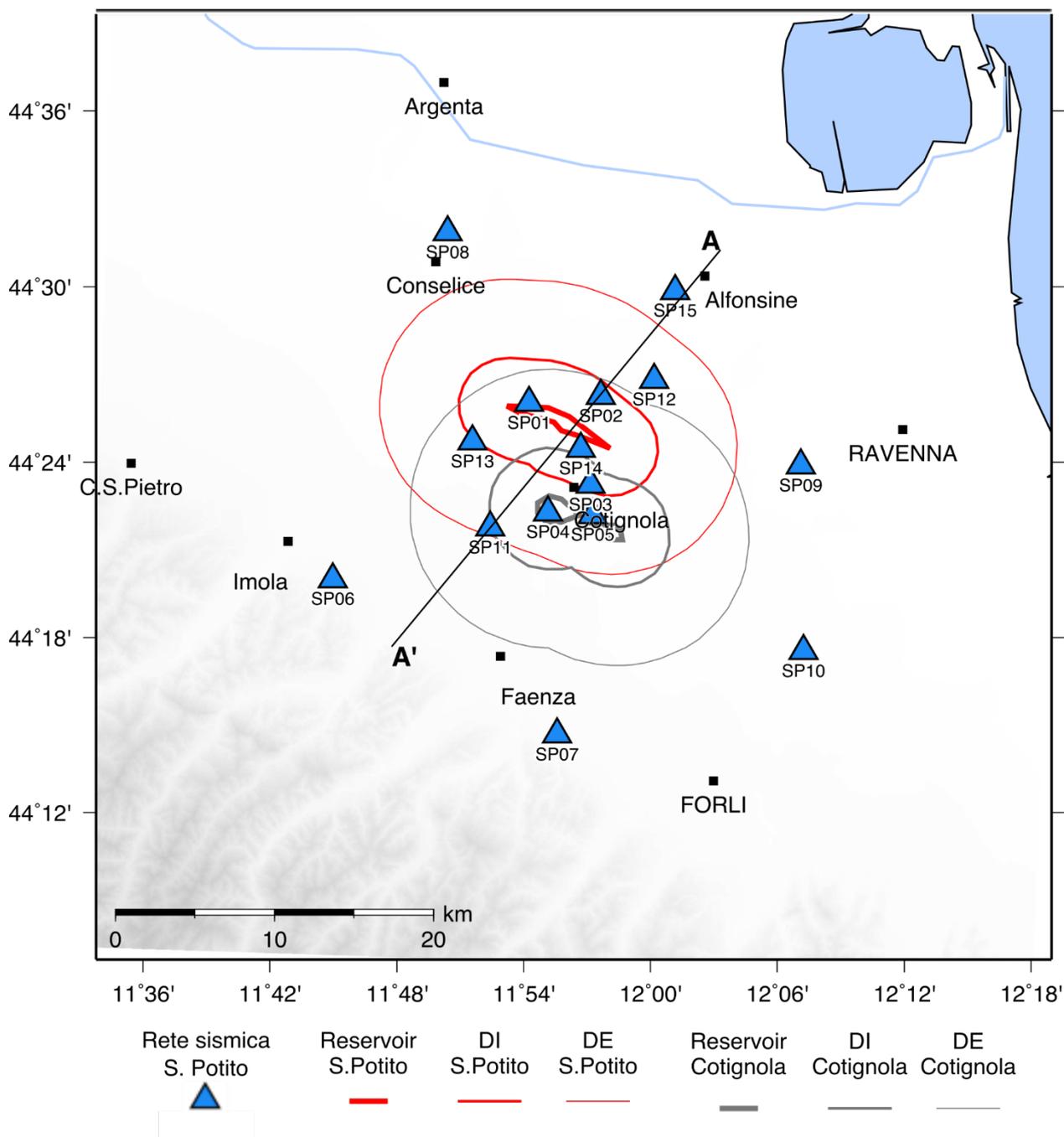


Figura 4.1 – Mappa della concessione di San Potito e Cotignola e distribuzione delle stazioni sismiche della rete di rilevamento della microsismicità.

Tutte le stazioni sono dotate di apparati di tele-trasmissione dei dati e antenne GPS per la sincronizzazione precisa del tempo. I dati registrati dalle stazioni sono trasmessi direttamente al centro di acquisizione presso la sede OGS di Trieste. I dati acquisiti vengono archiviati in tempo reale in formato *mseed* su sistemi di archiviazione di rete ridondanti. Va ricordato che la rete locale di S. Potito ha funzioni di rilevamento sismico a scala locale e non per finalità di Protezione Civile. Tali funzioni di sorveglianza per il Dipartimento della Protezione Civile sono svolte tramite il sistema di monitoraggio sismico nazionale gestito dall'INGV.

4.2 Procedure di analisi ed elaborazione

Le procedure di elaborazione e analisi dei dati sono basate sul sistema software Seiscomp sviluppato da Helmholtz Centre Potsdam GFZ German Research Centre for Geosciences (<https://www.gfz-potsdam.de>) e gempa GmbH (<http://www.gempa.de>), e completate con procedure e funzioni sviluppate dai ricercatori e tecnologi dell'OGS.

Il sistema di elaborazione si articola in tre fasi, rispettivamente:

- *real-time*, è la parte di elaborazione che comprende il riconoscimento e la localizzazione automatica degli eventi sismici con eventuale notifica di eventi locali al personale di reperibilità;
- *off-line repeated over time (off-line-rot)*, è la parte che comprende la rielaborazione di tutti i dati con controllo manuale, e che viene effettuata con cadenza periodica (ogni 7 giorni) o, in caso di evento locale che superi le soglie dei livelli di attivazione (Tabella 6.1) nelle ore successive al suo verificarsi ed entro 48 h (i.e., sezione 6.2);
- *off-line periodic (off-line-per)*, è la parte di elaborazione ripetuta periodicamente considerando un intervallo di tempo della durata di 20 giorni. In tale fase vengono recuperati eventuali dati ancora mancanti, consolidati tutti i dati in archivio, ricontrollate tutte le localizzazioni e reso definitivo il data base del periodo precedente. L'estensione del periodo temporale di riferimento (20 giorni) è stabilita in base a quanto prescritto dagli ILG in relazione alle attività di stoccaggio di gas in serbatoi depleti.

Le operazioni svolte dai due rami di elaborazione *real-time* e *off-line-rot* si differenziano in funzione di obiettivi diversi. Il sistema *real-time*, in caso di evento con magnitudo superiore ad una soglia prestabilita, esegue le procedure di notifica (es: invio del messaggio di allerta al personale reperibile, aggiornamento delle tabelle e delle pagine di notifica). Il ramo *off-line-rot* prosegue con operazioni mirate a qualificare in modo più accurato gli eventi rilevati. Per questo motivo i due rami di elaborazione possono utilizzare diverse configurazioni dei parametri.

Dato che uno dei principali obiettivi è quello di riconoscere la microsismicità, e quindi di rilevare tutti gli eventi sismici nell'area studio nei limiti di capacità di rilevazione della rete, il sistema è configurato in modo da consentire l'identificazione dei segnali più deboli sfruttando al limite la sensibilità della rete. Ciò, tuttavia, può chiaramente aumentare la rilevazione di falsi eventi. Per questo motivo, a valle delle elaborazioni e analisi svolte in *real-time* è stato predisposto l'intervento di un sismologo, che riconosca gli eventi veri e li discrimini da quelli falsi (con l'operazione chiamata *tagging*). In pratica, in questa fase, gli eventi di interesse per il monitoraggio sismico di San Potito vengono marcati in modo permanente nel sistema.

Per le finalità di questo Documento di Gestione del Monitoraggio, è importante sottolineare che i risultati delle elaborazioni e analisi automatiche, eseguite in tempo quasi reale, si ritengono unicamente a beneficio del personale scientifico sismologico e di reperibilità. Solo a seguito di analisi specifiche svolte sui dati elaborati, eventi o situazioni valutati di interesse secondo i

criteri esposti, le elaborazioni saranno comunicate al Concessionario e agli altri soggetti competenti e resi pubblici.

Sugli eventi sismici rilevati e validati sono svolte le seguenti analisi:

- estrazione delle forme d'onda relative all'evento per tutte le stazioni;
- rilevazione manuale dei tempi di arrivo delle fasi P e, ove possibile, S (operazione chiamata *picking*);
- localizzazione, utilizzando le fasi P ed S rilevate manualmente, utilizzando il software HYPO71 (Lee and Lahr, 1975) ed il modello di velocità SEISMIX 2023, riportato nei rapporti di monitoraggio che il Concessionario ha condiviso con la SPM,

| Depth [Km] | V _P [km/s] | V _S [km/s] |
|-------------|-----------------------|-----------------------|
| 0 - 0.50 | 2.015 | 0.877 |
| 0.50 - 1.25 | 2.014 | 0.927 |
| 1.25 - 1.50 | 2.411 | 1.295 |
| 1.50 - 2.00 | 2.607 | 1.370 |
| 2.00 - 3.00 | 2.928 | 1.541 |
| 3.00 - 4.00 | 3.322 | 1.845 |
| 4.00 - 6.00 | 4.080 | 2.686 |
| 6.00 - 8.00 | 5.030 | 2.687 |
| 8.00- 12.00 | 5.713 | 2.753 |
| 12.00 - | 6.301 | 3.107 |

- stima della magnitudo locale; come discusso nella sezione 1. "Premessa", al fine di omogenizzare le modalità operative di gestione dei monitoraggi nelle due concessioni, per la stima della magnitudo locale sarà utilizzata la legge proposta da Bakun & Joyner (1984).
- valutazione di eventuali aggregazioni (*cluster*) di eventi sia in tempo che in spazio;
- nel caso di sequenze sismiche saranno valutati il parametro *b-value* e la magnitudo di completezza, *M_c*, dallo studio della distribuzione in magnitudo-frequenza (i.e., utilizzando il software ZMAP, Wiemer 2001, e nel caso siano disponibili almeno 200 terremoti per garantire la robustezza delle stime), ed il tasso di sismicità (i.e., considerando il numero di eventi che accadono giornalmente nell'area in esame e con magnitudo maggiore della magnitudo di completezza, *M_c*, calcolata per il dataset di terremoti registrato nei due anni precedenti all'inizio delle attività).
- Valori di picco di velocità e accelerazione (i.e., rispettivamente PGV e PGA); le misure saranno effettuate sulle forme d'onda opportunamente corrette per la risposta strumentale in accordo alle procedure convenzionali della sismologia, utilizzando i parametri contenuti negli archivi di stazione (e.g., i files di stazione in formato xml) che saranno forniti alla SPM dal Concessionario, e validati dalla SPM. È compito del Concessionario comunicare immediatamente alla SPM qualsiasi variazione nella configurazione della strumentazione di monitoraggio sismologico,

per garantire l'aggiornamento dei relativi archivi digitali contenenti le informazioni parametriche della strumentazione utilizzata.

- nel caso di eventi, predisposizione di grafici, mappe e testi;
- nel caso di eventi, comunicazione ai soggetti previsti e pubblicazione sul sito web.

Dettagli sulle modalità con cui queste operazioni vengono effettuate saranno forniti nelle relazioni trimestrali di monitoraggio presentate in occasione degli incontri periodici del Comitato (vedasi l'art. 5 dell'AQ), e resi reperibili sul sito web del monitoraggio.

4.3 Servizio di reperibilità

Al fine di garantire il corretto svolgimento delle attività di monitoraggio di cui al capitolo precedente e per le finalità di cui al presente DGOM, la SPM predispone un servizio di reperibilità sismologica che prevede in caso di necessità l'intervento tempestivo di personale specificatamente addestrato e, durante i giorni feriali, l'effettuazione delle operazioni di verifica di funzionamento complessivo del sistema e di validazione ed eventuale analisi degli eventi rilevati. La maggior parte di tali funzioni può essere svolta in remoto, aspetto particolarmente importante a valle del periodo recente caratterizzato dall'epidemia di COVID19. In caso di necessità di intervento sui computer e sulla strumentazione il personale è autorizzato a intervenire fisicamente nelle sedi senza restrizioni di orario.

In caso di evento che prevede l'intervento del personale di reperibilità, sono svolte le seguenti operazioni:

- analisi (picking, localizzazione, stima della magnitudo locale e dei valori di picco di velocità e accelerazione) degli eventi del giorno in cui si interviene e verifica dei dati del/i giorno/i precedente/i per l'identificazione di eventuali segnali ascrivibili a eventi minori nascosti dai segnali di rumore antropico;
- comunicazione al Responsabile della rete o, alternativamente, al personale da lui delegato.
- Comunicazione al Concessionario ed ai componenti del Comitato.

5. Il Monitoraggio Geodetico di San Potito Stoccaggio (RS)

Nel territorio circostante le aree delle concessioni di stoccaggio di San Potito e Cotignola, è stata implementata da ormai 5 anni una rete di monitoraggio geodetico strutturata in 2 diverse reti: una regionale/europea, costituita da stazioni a doppia frequenza, ed una locale, costituita da stazioni a singola frequenza.

La rete regionale/europea a doppia frequenza, di cui fanno parte 3 stazioni di Edison Stoccaggio CLS2 (attiva da 10 anni), SP12 (attiva da 5 anni) e SP00 (installata al di sopra del Cluster A e attiva dal 2024) è strutturata in modo da includere al suo interno stazioni permanenti che si trovano nell'area regionale della Pianura Padana e stazioni permanenti di riferimento dell'area europea; essa consente di inquadrare CLS2, SP12 e SP00 nel sistema di riferimento internazionale IGB14 (Fig. 5.2).

La rete locale a è costituita da 10 ricevitori GNSS a singola frequenza, posizionati nell'intorno dei reservoir di San Potito e Cotignola, e dalle 3 stazioni GNSS a doppia frequenza SP12 e CLS2 e SP00 (Fig. 3.3); essa è stata implementata successivamente alla creazione della rete microsismica, per la cui funzione fondamentale di "clock" i ricevitori rover erano stati in precedenza posizionati e installati. La nuova stazione a doppia frequenza SP00, processata in sola frequenza L1, entrerà a far parte anche della rete locale.

La rete a singola frequenza è vincolata all'esistenza della rete a doppia frequenza, fondamentale per determinare la serie temporale delle posizioni giornaliere di SP12, la stazione Edison installata a NE del reservoir di San Potito, in un'area non influenzata dall'attività di stoccaggio; SP12 funge infatti da stazione di riferimento per i rover mono-frequenza, distribuiti nell'intorno delle aree di proiezione in superficie dei reservoir e dunque in zone potenzialmente sensibili alle deformazioni del suolo eventualmente indotte dalle attività di stoccaggio.

In particolare, nell'intorno del reservoir di San Potito (Cluster A) sono installate le stazioni rover denominate SP01, SP14 e SP02, mentre, come accennato sopra, nei pressi della culminazione strutturale del reservoir è stata installata la nuova stazione permanente a tripla frequenza SP00, con lo scopo specifico di monitorare le prove di sovrappressione nel giacimento. Le serie temporali di spostamento di tali stazioni determinano le deformazioni del suolo locali e fungono da punti di controllo per i bersagli radar individuati a terra dall'interferometria satellitare (InSAR).

Nei successivi paragrafi vengono descritte in dettaglio la struttura delle reti geodetiche a doppia e a singola frequenza, le tecniche di processamento del dato GNSS e le sue modalità di integrazione con il dato InSAR, che verranno utilizzate per il monitoraggio trimestrale.

5.1 - Analisi di qualità del dato

I dati RINEX giornalieri acquisiti dalle 3 stazioni permanenti verranno analizzati settimanalmente con il software TEQC (<http://facility.unavco.org/software/teqc>) o, in sua sostituzione, con il software Anubis, (<https://www.pecny.cz/GOP/index.php/gnss/sw/anubis>), software standard comunemente utilizzati dalla comunità scientifica internazionale per il pre-processamento dei dati GNSS, al fine di valutare la qualità dei dati registrati.

5.2 - Rete geodetica a doppia frequenza utilizzata per l'analisi delle stazioni CLS2, SP12 e SP00, installate nell'area degli stoccaggi di Cotignola e San Potito

I dati delle 3 stazioni GNSS permanenti a doppia frequenza, CLS2 (Cluster C Cotignola), SP12 (zona a nord del Cluster A di San Potito) e SP00 (Cluster A), saranno analizzati e processati con software scientifico GAMIT/GLOBK utilizzando la versione più aggiornata disponibile (attualmente la 10.71; si veda in seguito par. 3.1.3) al fine di garantire le accuratezze e precisioni millimetriche necessarie per stimare lo spostamento 3D dei punti, in diversi sistemi di riferimento (globale, Euroasiatico e locale), al fine di valutare il loro moto rispetto ai movimenti regionali, o locali, registrati da altre stazioni GNSS attive nelle aree di Cotignola e San Potito.

I dati di CLS2, SP12 e SP00 verranno analizzati assieme ad altre stazioni GPS/GNSS permanenti (il cui numero è variato e potrà variare nel tempo in funzione della messa a disposizione dei dati da parte dei gestori delle reti e dalla implementazione di nuove stazioni GNSS; al momento sono disponibili gratuitamente i dati di circa 9 stazioni nell'area regionale degli stoccaggi), distribuite nell'area padana e nord appenninica, entro una distanza di 15 - 100 km da San Potito e Cotignola (Fig. 5.2 a). Inoltre, al fine di garantire l'inquadramento di CLS2, SP12 e SP00 nel sistema di riferimento internazionale IGB14 (https://igs.org/products/#terrestrial_frame), ossia la realizzazione GPS del sistema di riferimento ITRF2014 e/o successive realizzazioni, i dati delle stazioni distribuite nell'intorno di San Potito e Cotignola saranno analizzati assieme a quelli di altre 12 stazioni (Fig 5.2 b) delle reti geodetiche internazionali IGS (<http://igs.cb.jpl.nasa.gov>) afferenti anche alla rete di riferimento Europea EUREF (Regional Reference Frame sub-commission for Europe, (<http://www.epncb.oma.be>), operative sul territorio italiano ed europeo, includendo tra esse alcune delle cosiddette "IGS core" da usarsi per la realizzazione del sistema di riferimento IGB14 (<http://www.igs.org/network>).

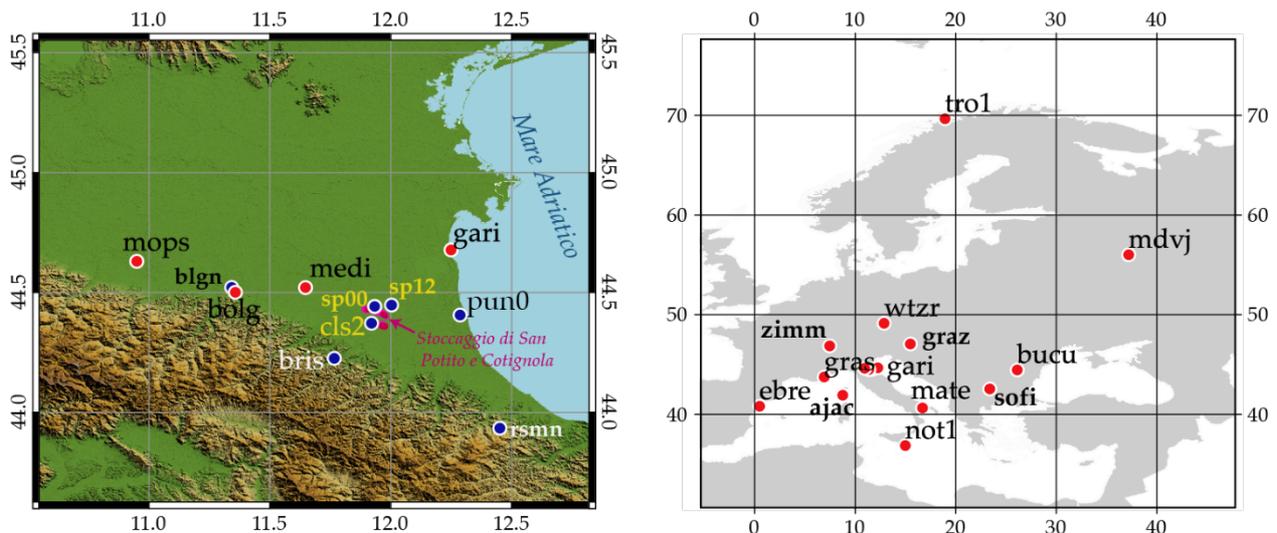


Figura 5.2 – Distribuzione delle stazioni GPS/GNSS permanenti (indicate in Tabella 5.2) i cui dati giornalieri verranno analizzati assieme alle stazioni CLS2, SP12 e SP00, all'interno della rete geodetica utilizzata per il post-processing dei dati e per l'inquadramento nel sistema IGB14 di CLS2, SP12 e SP00. a) rete regionale di stazioni situate attorno ai reservoir di San Potito e Cotignola: in rosso le stazioni di riferimento IGS - EUREF, in blu le stazioni delle reti RING; b) stazioni di riferimento europee della rete IGS - EUREF.

In continuità con le precedenti elaborazioni operate negli anni passati da Geophi in fase di monitoraggio, le stazioni della rete “regionale” implementata nell'intorno di San Potito e Cotignola verranno mantenute o nuovamente scelte tra quelle che nell'area presentano caratteristiche ottimali (si veda esempio di BRIS in Fig. 5.3, secondo quanto mostrato dalla serie temporali fornite dall'Università del Nevada, Reno (<http://geodesy.unr.edu/PlugNPlayPortal.php>), ovvero che:

- sono attive ad oggi (forniscono quindi dati RINEX attraverso i data provider);
- presentano continuità del dato (non presentano buchi lunghi nella serie dei dati);
- presentano serie temporali di spostamento descrivibili tramite un semplice modello lineare + stagionale (annuale e semi-annuale), ossia che non presentano evidenti andamenti non-lineari, potenzialmente dovuti ad instabilità locali del monumento geodetico;
- ad aprile 2024 avranno lunghezza della serie temporale di almeno 3 anni, considerata come una lunghezza minima per una stima sufficientemente accurata delle velocità (Blewitt et Lavallee, 2002).

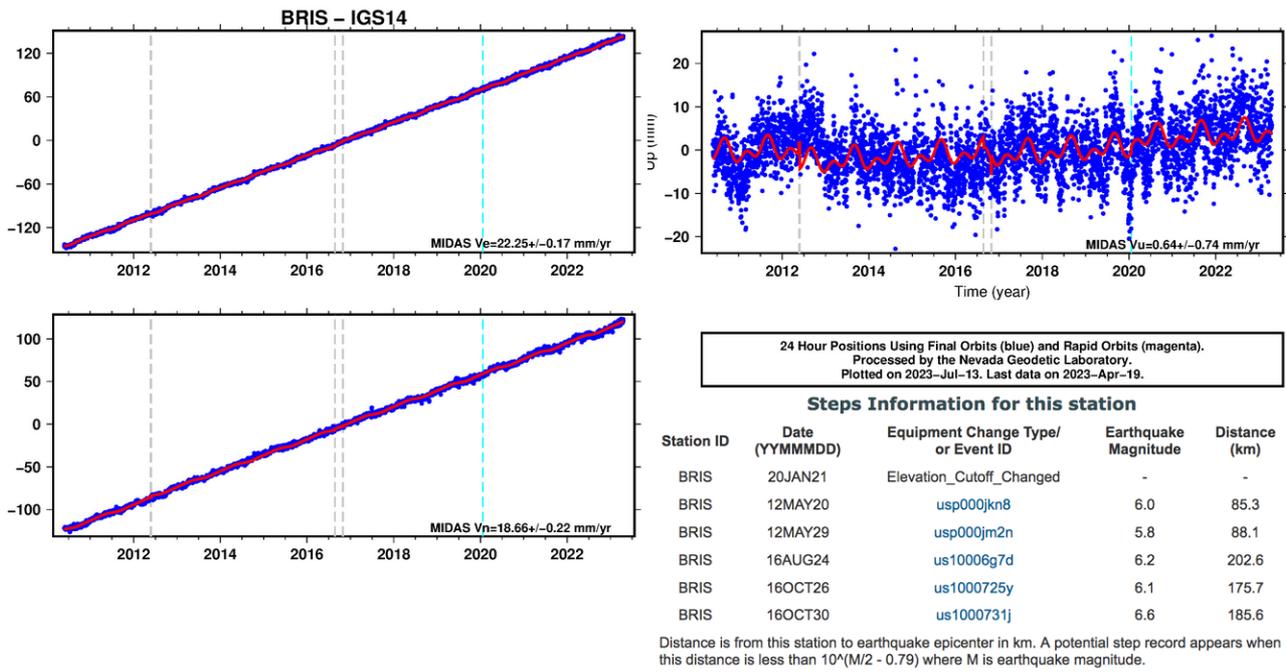


Figura 5.3 - Esempio della serie temporale della stazione ring BRIS (Brisighella), come processata dall'University of Nevada (<http://geodesy.unr.edu/NGLStationPages/stations/BRIS.sta>).

Nella tabella 5.2 che segue è riportato l'elenco di tutte le stazioni utilizzate per il processamento.

| Site ID | SubNet | Network | Nome Località | Lat | Lon | Quota | Net Type |
|---------|--------|-----------|-----------------------|--------|--------|---------|----------|
| CLS2 | coti | edison | Cotignola | 44.371 | 11.92 | 60.76 | TOPO |
| SP12 | coti | edison | San Potito | 44.447 | 12.003 | 44.72 | TOPO |
| SP00 | coti | edison | San Potito | | | | TOPO |
| BRIS | coti | ring-ingv | Brisighella | 44.224 | 11.766 | 273.61 | GEOD |
| BLGN | coti | ring-ingv | Bologna | 44.511 | 11.351 | 93.76 | GEOD |
| RSMN | coti | ring-ingv | Rep. San Marino | 43.933 | 12.451 | 767.43 | GEOD |
| BOLG | coti | igs-euref | Bologna | 44.5 | 11.35 | 713.07 | GEOD |
| GARI | coti | igs-euref | Porto Garibaldi | 44.676 | 12.249 | 47.72 | GEOD |
| MEDI | coti | igs-euref | Medicina | 44.52 | 11.647 | 50.033 | GEOD |
| MOPS | coti | igs-euref | Modena | 44.629 | 10.949 | 92.193 | GEOD |
| PUN0 | coti | Terme PM | Punta Marina Terme | 44.456 | 12.290 | 46.934 | TOPO |
| MATE | coti | igs-euref | Matera (ITA) | 40.649 | 16.704 | 535.65 | GEOD |
| NOT1 | coti | igs-euref | Noto (ITA) | 36.875 | 14.99 | 126.34 | GEOD |
| AJAC | coti | igs-euref | Ajaccio (FRA) | 41.927 | 8.763 | 98.77 | GEOD |
| GRAS | coti | igs-euref | Caussols (FRA) | 43.754 | 6.921 | 1319.3 | GEOD |
| EBRE | coti | igs-euref | Roquetes (SPA) | 40.82 | 0.492 | 107.29 | GEOD |
| ZIMM | coti | igs-euref | Zimmerwald (SUI) | 46.877 | 7.465 | 956.33 | GEOD |
| GRAZ | coti | igs-euref | Graz (AUT) | 47.067 | 15.493 | 538.29 | GEOD |
| WTZR | coti | igs-euref | Baden (GER) | 49.144 | 12.879 | 49.14 | GEOD |
| TRO1 | coti | igs-euref | Tromso (NOR) | 69.662 | 18.94 | 138.08 | GEOD |
| MDVJ | coti | igs-euref | Mendeleev (RUS) | 56.021 | 37.215 | 257 | GEOD |
| BUCU | coti | igs-euref | Bucarest (ROM) | 44.463 | 26.125 | 143.19 | GEOD |
| SOFI | coti | igs-euref | Sofia (BUL) | 42.556 | 23.395 | 1119.53 | GEOD |

Tabella 5.2 – Lista delle stazioni GPS/GNSS permanenti analizzate giornalmente assieme alle stazioni CLS2, SP12 e SP00. Site ID indica il codice a 4 caratteri che identifica la stazione GPS/GNSS, SubNet indica il codice a 4 caratteri che identifica la sotto-rete analizzata; Network indica la sigla identificativa della rete di appartenenza della stazione; NetType identifica la tipologia della rete a cui la stazione afferisce, dove con TOPO è indicata una rete per applicazioni di tipo topografico e con GEOD una rete sviluppata per scopi geodetici/geofisici.

5.3 - Procedura dell'analisi GPS/GNSS

I dati giornalieri della rete geodetica a doppia frequenza di San Potito e Cotignola vengono analizzati seguendo una procedura basata su tre diversi passaggi:

1) Analisi delle fasi GPS registrate dalle stazioni della rete descritta (Figure 5.2; Tabella 5.2) attraverso il pacchetto GAMIT del software scientifico denominato GAMIT/GLOBK (versione 10.71 e successivi aggiornamenti) e realizzazione di soluzioni di rete debolmente vincolate (posizioni, ecc.). GAMIT/GLOBK è uno dei programmi di elaborazione e post-elaborazione di dati GPS più utilizzato nella comunità scientifica internazionale, poiché è uno dei software

scientifici che garantisce, con il sistema delle doppie differenze, le accuratezze e le precisioni più elevate, caratteristiche fondamentali per investigare le deformazioni millimetriche eventualmente associate alle attività di stoccaggio.

2) Realizzazione del sistema di riferimento attraverso l'utilizzo del pacchetto GLOBK e creazione delle posizioni giornaliere nel sistema di riferimento IGB14 e delle relative serie temporali;

3) Analisi delle serie temporali per la stima di diversi parametri (velocità lineare media, ampiezza e fase delle componenti stagionali, annuali e semi-annuali, offset strumentali ed eventualmente co-sismici, e ampiezza della componente post-sismica, se presente) ed associate incertezze.

L'insieme delle posizioni giornaliere, definite nel sistema di riferimento IGB14, e in eventuali sistemi di riferimento locali, andranno ad aggiungersi e ad allungare le precedenti serie temporali che verranno utilizzate per caratterizzare l'evoluzione nel tempo degli spostamenti del suolo.

Le velocità stimate e le serie temporali di spostamento, verranno ruotate in sistemi di riferimento locali e/o regionali al fine di meglio separare il contributo di origine tettonica negli spostamenti registrati dalle stazioni GPS da quelli di altra natura (non tettonica o antropogenica).

5.4 - Rete locale a singola frequenza: struttura e processamento del dato.

La rete geodetica locale è costituita da 10 ricevitori GNSS a singola frequenza posizionati nell'intorno dei reservoir di San Potito e Cotignola, e dalle tre stazioni GNSS a doppia frequenza SP12, CLS2 e SP00 (Fig. 5.4), incluse anche nella rete a doppia frequenza descritta al paragrafo 5.4.2.

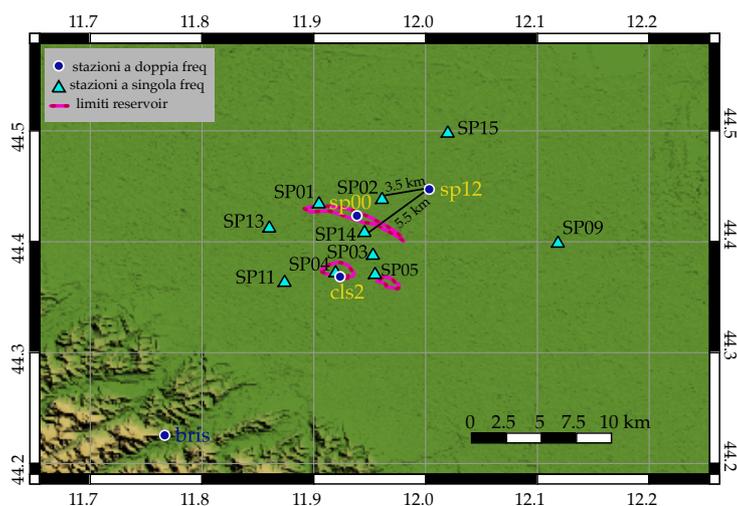


Figura 5.4 – Mappa della rete a singola frequenza attorno ai reservoir di San Potito e Cotignola. In azzurro (triangoli) le stazioni Edison Stoccaggio a singola frequenza; in blu le stazioni Edison Stoccaggio a doppia frequenza CLS2 e SP12 e SP00 (etichetta gialla) e le stazioni regionali a doppia frequenza più vicine (etichetta blu).

Come mostrato nella mappa di figura 5.4, le lunghezze delle linee di base tra i ricevitori a singola frequenza e la stazione di riferimento SP12 variano dai 5.5 km di SP02 (la più vicina) ai \approx 11 km di SP11. Così come operato negli ultimi 5 anni, i dati dei 10 ricevitori rover GNSS monofrequenza (L1) installati in corrispondenza dei sismometri, che costituiscono la rete microsismica implementata da Edison Stoccaggio e attiva da fine 2018, verranno processati con il software GAMIT 10.71, apportando le specifiche modifiche al setup del software per l'analisi di osservabili GPS mono-frequenza assieme ai dati forniti dalle stazioni a doppia frequenza SP12, CLS2 e SP00 (in sola componente L1). Il fatto che le interdistanze massime tra la stazione di riferimento SP12 e le stazioni della rete a singola frequenza siano dell'ordine di 5 - 10 km consentirà l'analisi dei dati, garantendo, localmente, accuratezze e precisioni sufficienti allo studio delle deformazioni indotte dall'attività di stoccaggio. Oltre ai dati delle stazioni a doppia frequenza si potranno eventualmente includere nella soluzione GAMIT L1 anche i dati di stazioni afferenti ad altre reti, collocate a distanze inferiori ai 10 km. Gli spostamenti dei ricevitori che costituiscono tale rete geodetica locale verranno determinati relativamente agli spostamenti (posizioni) della stazione SP12, che in questo processing vengono assunti pari a zero. I reali spostamenti e la posizione di SP12 verranno determinati attraverso il processing dei dati delle stazioni a doppia frequenza della rete inquadrata nel sistema di riferimento internazionale IGB14, implementata secondo quanto descritto nei paragrafi precedenti (5.4.2 e 5.4.3). Per questo motivo, essendo il moto di SP12 già stato determinato, non è infatti di interesse e può essere assunto pari a zero durante il processing a singola frequenza, al fine di non introdurre errori nelle linee di base all'interno della rete locale implementata attorno ai due giacimenti di gas. Inoltre, impostando a zero la velocità per tutte le stazioni nella soluzione, qualsiasi movimento "assoluto" dovuto al moto delle placche diviene comune all'intera rete e non influisce sulla soluzione.

L'operazione sopra descritta consente dunque di:

- operare in un sistema di riferimento locale, senza che gli errori "assoluti" di posizionamento si propaghino significativamente tra le posizioni relative utili per lo studio della rete a singola frequenza;
- inquadrare allo stesso tempo tutta la rete locale nel sistema di riferimento internazionale IGB14, poiché la posizione di SP12, e la sua variazione nel tempo, sono già state determinate in precedenza (analisi e soluzioni della rete a doppia frequenza);
- escludere dalla soluzione di ciascuna stazione la componente di moto assoluto (tettonico).

Gli spostamenti delle stazioni monofrequenza e quelli della stazione SP00 a doppia frequenza vengono confrontati con le serie interferometriche dei bersagli radar limitrofi alle stazioni stesse e con i volumi di gas movimentato nel Cluster A di San Potito: tale operazione consente di validare tra loro misurazioni geodetiche indipendenti e dunque di monitorare in modo efficace la subsidenza ed il sollevamento superficiali eventualmente legati all'attività di iniezione in sovrappressione/estrazione, che si svolgono in profondità nel reservoir.

5.5 - Elaborazione dei dati satellitari (InSAR) ed analisi integrata delle misure di deformazione

Nello stoccaggio di San Potito e Cotignola, lo scopo del monitoraggio è quello di indagare le possibili relazioni tra la deformazione geodetica (osservazioni GPS, satellitari) ed i volumi di gas movimentati, con lo scopo principale di provare a discriminare una eventuale deformazione dovuta alla iniezione/estrazione di volumi definiti di gas. Ciò avverrà sia rispetto a fattori naturali come la compattazione e la dilatazione stagionali del terreno (variazioni di temperatura ed umidità del suolo) e alle diverse variabili che le condizionano, tipo periodi particolarmente piovosi o siccitosi (Fig. 5.5), sia rispetto a fattori antropici eventualmente investigabili, quali l'emungimento dai pozzi idrici distribuiti nell'area che sta sopra il giacimento.

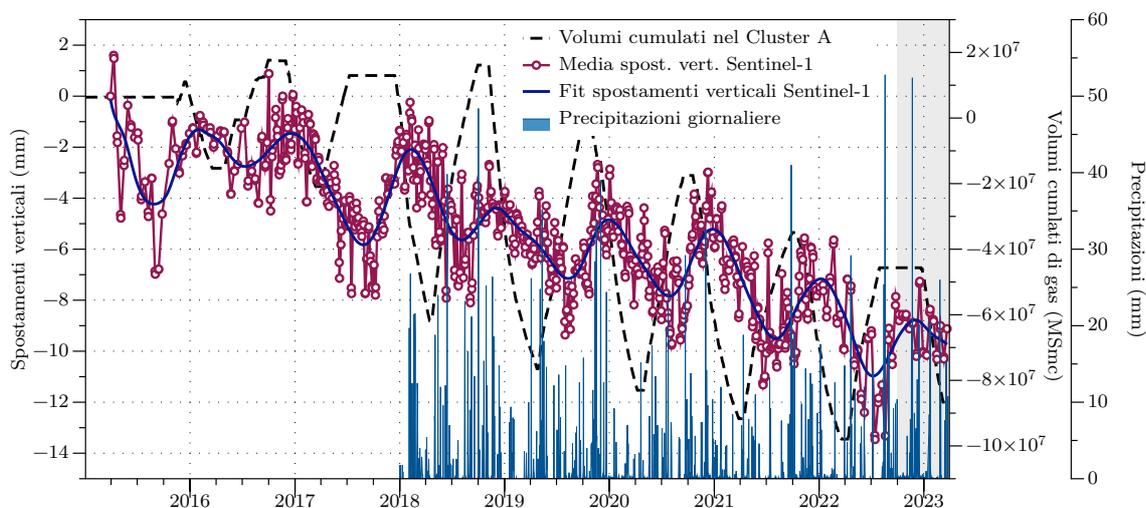


Figura 5.5 - Esempio di elaborazione e confronto tra i bersagli radar individuati attorno al pozzo SPA1-DIR (culminazione strutturale del reservoir di San Potito), la movimentazione di gas nel Cluster A e le precipitazioni.

Per gli scopi sopra descritti:

- Le serie temporali interferometriche fornite da Edison Stoccaggio vengono ulteriormente elaborate per meglio definire e visualizzare i trend di deformazione nell'intorno del reservoir da monitorare.
- Vengono utilizzati i parametri di spostamento (verticale e orizzontale), oltre a quelli di velocità media delle serie temporali dei bersagli radar, poiché quest'ultimo parametro risulta meno efficace nell'evidenziare i trend di deformazione altamente variabili in un contesto di stoccaggio di gas.
- Allo scopo di verificare la presenza di eventuali deformazioni della superficie topografica riconducibili alla movimentazione di gas, vengono costruite delle superfici di spostamento verticale interpolando gli spostamenti cumulati che ogni bersaglio ha subito in ogni intervallo di attività (iniezione/erogazione). La superficie così ottenuta consente una immediata visualizzazione di eventuali coni di subsidenza/sollevarimento, descrivendone l'intensità e la forma (Fig. 5.6).

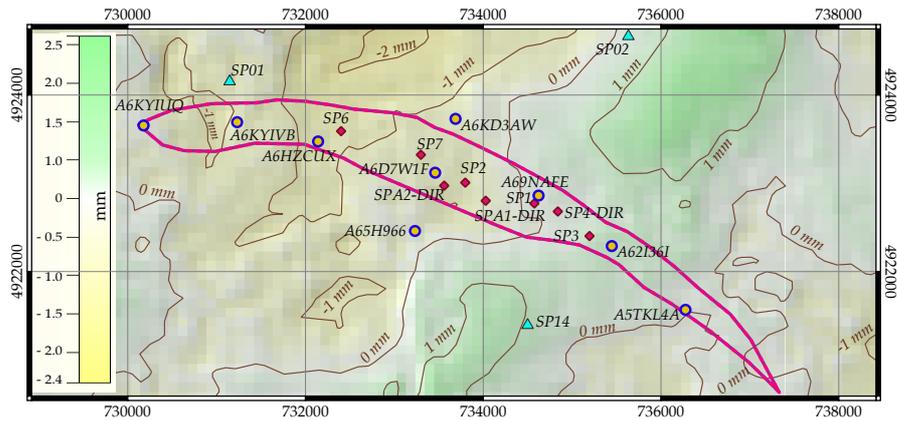


Figura 5.6 - Esempio di superficie di spostamento verticale ottenuta tramite la serie temporale Sentinel-1: l'interpolazione utilizza lo spostamento cumulato da ogni bersaglio radar durante una fase di erogazione (esagerazione verticale 1000x).

- Una ulteriore elaborazione con le serie interferometriche consente di evidenziare l'evoluzione temporale dei movimenti del suolo al di sopra dei reservoir per ogni fase dello stoccaggio: i valori di spostamento di alcuni bersagli radar, posti lungo profili topografici longitudinali e trasversali rispetto ai reservoir, definiscono delle serie InSAR che riportano a zero il valore di spostamento di ogni punto, all'inizio di ogni fase (Fig. 5.7).

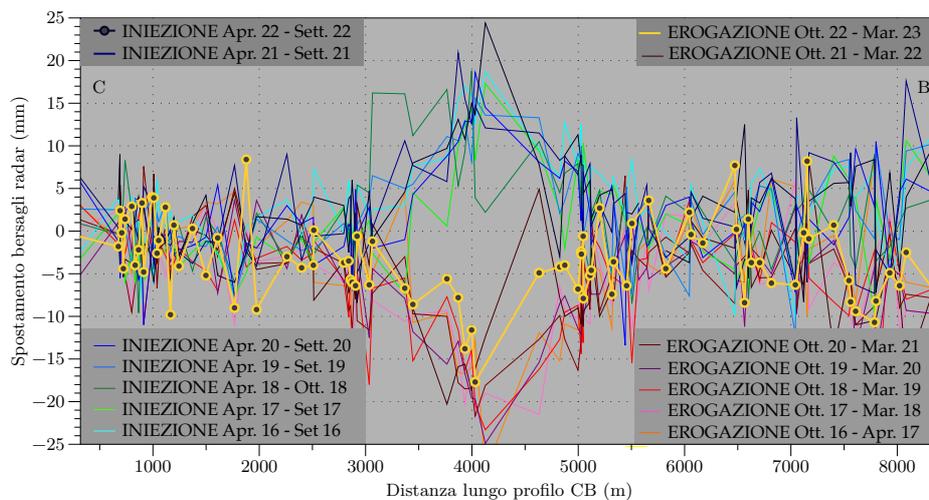


Figura 5.7 - Esempio di profilo longitudinale di spostamento verticale ottenuto dai dati delle serie temporali Sentinel-1, che verrà prodotto anche sul Cluster A, a partire dall'esercizio della sovrappressione. Le curve del grafico sono costruite proiettando, lungo una sezione che attraversa in questo caso i Cluster C e B, i valori di spostamento verticale dei bersagli radar, che si distribuiscono nell'intorno della sezione stessa, rispetto al valore di spostamento di ogni punto all'inizio di ogni fase di movimentazione del gas; i valori in ascissa esprimono la distanza progressiva misurata lungo la sezione. In ascissa, tra le distanze 3000 e 5000 (culminazione del reservoir) si osserva bene la bolla di deformazione: subsidenza in fase di erogazione, sollevamento in fase di iniezione.

- Il confronto tra le serie interferometriche e le serie GPS delle stazioni a doppia e a singola frequenza con i PS adiacenti risulta necessario per definire il buono o cattivo accordo tra gli spostamenti misurati con le due differenti tecniche di monitoraggio. Le eventuali evidenze di influenza dell'attività di stoccaggio sulla deformazione del suolo vengono analizzate anche tramite il confronto tra serie orizzontali di spostamento InSAR e GPS. Infatti, essendo esse meno affette dalle dinamiche stagionali di dilatazione e compattazione verticale, tendono ad evidenziare meglio i trend di deformazione indotta (Fig. 5.8).

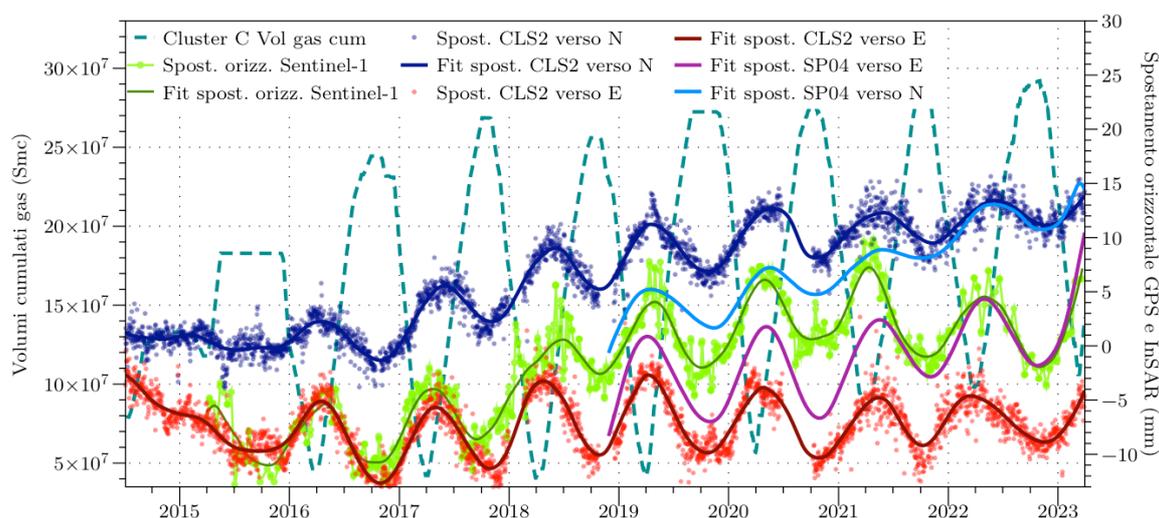


Figura 5.8 - Esempio di confronto, che verrà prodotto anche sul Cluster A, tra la serie temporale delle posizioni orizzontali delle stazioni GNSS CLS2 e SP04 con la movimentazione di gas nel Cluster-C e spostamenti orizzontali di bersagli radar Sentinel-1 limitrofi alle stazioni GNSS; in blu/azzurro le componenti nord e in rosso/viola le componenti est dei GPS; in verde lo spostamento orizzontale InSAR; i volumi cumulati nel reservoir in linea ottanio tratteggiata.

- Il confronto tra le serie interferometriche, serie GPS delle stazioni a doppia e a singola frequenza e le misure di livellazione ottica fornite da Edison Stoccaggio ogni 4 anni, consentirà di inserire le deformazioni analizzate in un quadro regionale; gli spostamenti di breve periodo verranno confrontati con i trend regionali di subsidenza/sollevarmento, già noti nell'area di studio.

6. Monitoraggio delle pressioni di poro

Lo scopo di questo monitoraggio è quello di fornire in tempo reale l'evoluzione della pressione di giacimento nel corso delle prove di iniezione, attraverso l'acquisizione ed elaborazione delle pressioni di fondo sia dei pozzi di stoccaggio sia dei pozzi di osservazione.

6.1 Monitoraggio in tempo reale

In ottemperanza con le linee guida (ILG) Edison Stoccaggio ha strumentato tutti i pozzi di stoccaggio a San Potito con sensori, che registrano e trasmettono in tempo reale alla Centrale di Stoccaggio i valori di pressione e temperatura (dati dinamici di fondo pozzo). Le pressioni statiche di giacimento vengono monitorate in tempo reale attraverso i pozzi non attivi per lo stoccaggio, ma comunque attrezzati con dei sensori di pressione e temperatura (Figura 6.1).

- Nel pozzo SP-6d si esegue un monitoraggio in continuo ed in tempo reale delle pressioni statiche di fondo nel settore occidentale del giacimento, mediante due sensori permanenti. I due sensori sono installati a -1827,5 m s.l.m. e consentono di ricavare le pressioni al top spari (profondità in cui il pozzo comunica con il giacimento) del BB1 Upper a -1830,6 m s.l.m. e del BB1 Lower a -1868,2 m s.l.m.
- Nel pozzo SP-3d si eseguirà un monitoraggio in continuo ed in tempo reale delle pressioni statiche di fondo nell'intervallo BB1 Upper, nel settore orientale del giacimento, mediante due sensori permanenti. I due sensori sono installati a -1769,8m s.l.m. e consentono di ricavare le pressioni al top spari (profondità in cui il pozzo comunica con il giacimento) del BB1 Upper a -1817,4 m s.l.m. e del BB1 Lower a -1887 m s.l.m.

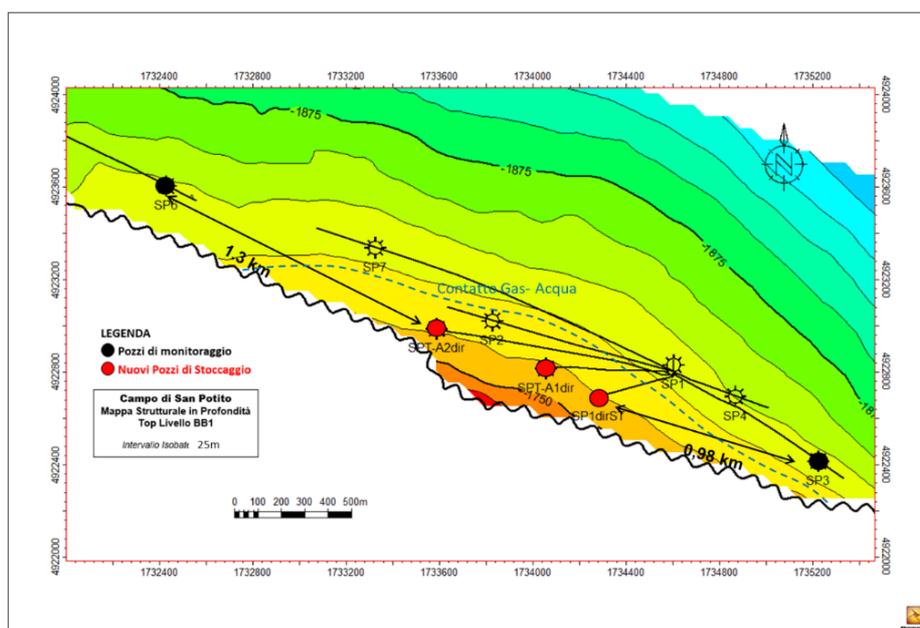


Figura 6.1 – Ubicazione dei pozzi di stoccaggio e di quelli monitoraggio delle pressioni di poro.

I suddetti dati vengono acquisiti con frequenza oraria ed elaborati giornalmente in forma grafica, mettendo in relazione i volumi di gas movimentato, le portate dei singoli pozzi e le pressioni sia dinamiche di fondo pozzo misurate nei pozzi iniettori, sia quelle statiche di giacimento misurate nei pozzi di osservazione.

La pressione statica media verrà comparata con i valori previsti dal modello di giacimento, utilizzando dei grafici in cui viene riportato l'incremento di pressione indotto dal progressivo aumento dei volumi di gas iniettato. A titolo di esempio di seguito si riporta il grafico con i dati del pozzo SP3d relativi alle campagne di iniezione 2023 e 2024.

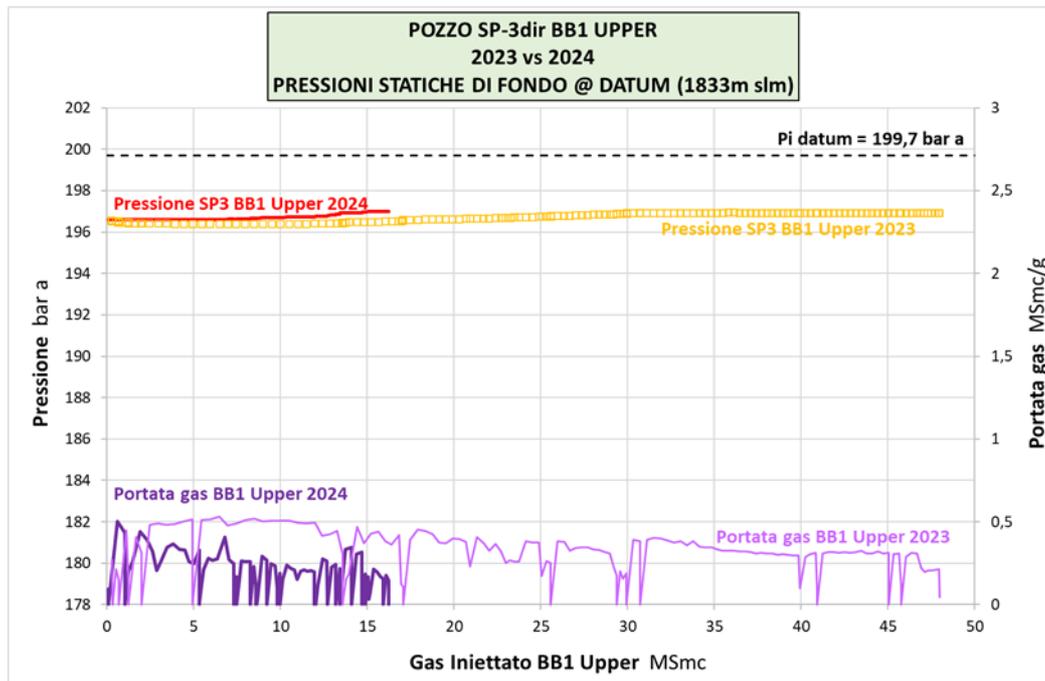


Fig. 6.2 - Esempio di rappresentazione grafica delle misure di pressione di poro e loro confronto con le portate di gas.

Analoga procedura verrà adottata durante la fase di estrazione, utilizzando dei grafici che mostrano il calo della pressione con il procedere dell'estrazione di gas.

Considerato che le variazioni della pressione statica media del giacimento, per la natura stessa del mezzo poroso al quale viene associata, avvengono a scala temporale dilatata rispetto alle variazioni delle pressioni nelle immediate vicinanze dei pozzi, l'andamento di questo parametro deve essere monitorato a scala giornaliera.

Si ricorda che, come da comunicazione MASE Protocollo nr: 123724 - del 27/07/2023, il primo anno la pressione statica massima non potrà superare il 107% (214 bar) della pressione iniziale di giacimento mentre la pressione massima del secondo anno, che comunque non potrà superare il 120% della pressione iniziale del giacimento, sarà definita in base ai risultati del primo anno di prove.

In caso di superamento del limite del 107% della pressione originale su uno dei sottolivelli del giacimento (BB1 Upper o BB1 Lower) durante il primo anno delle prove, il Concessionario

sospenderà le attività di iniezione limitatamente al livello interessato fino al suo rientro al di sotto del valore limite. Tale diminuzione potrà avvenire a seguito della dissipazione della pressione all'interno del volume più esteso del reservoir, oppure a seguito delle operazioni di erogazione del gas dal giacimento.

Il Comitato Decisionale (i.e., vedasi la sezione 7.2 o il Glossario) avrà l'accesso ai dati delle pressioni di poro acquisiti dal Concessionario che effettua le misurazioni e li rende disponibili con una frequenza che verrà concordata con UNMIG sul repository creato ad hoc.

- **Periodo “ante operam”:** i dati di pressione verranno comunicati al Comitato Decisionale a maggio 2025 mediante grafici che riportano gli andamenti delle pressioni statiche nel tempo registrate sui pozzi spia e sui pozzi di stoccaggio. I dati sono acquisiti con frequenza oraria.
- **Periodo di prova in sovrappressione:** è prevista una comunicazione con frequenza trimestrale a partire dall'inizio delle prove.

Per quanto riguarda i pozzi di stoccaggio, le pressioni statiche di testa e, ove disponibili, di fondo verranno monitorate durante i periodi di chiusura, mentre le pressioni dinamiche di testa e di fondo, laddove disponibili, saranno monitorate giornalmente.

7. Modalità operative di gestione del monitoraggio

7.1 Definizione dei livelli di attivazione delle procedure di segnalazione in base ai dati di monitoraggio rilevati

Come premesso, gli ILG, per quanto a suo tempo redatti secondo i canoni della migliore conoscenza, costituiscono una prima formulazione sperimentale da assoggettare a successiva rivalutazione ed aggiornamento sulla base delle esperienze di volta in volta acquisite.

Inoltre, come precisato dall'allora MISE nell'ambito del gruppo di lavoro istituito in CIRM per la redazione nel 2014 degli ILG, è bene ricordare che la disciplina del modello decisionale con degli automatismi a semaforo (cd. “*sistema a semaforo*”) non riguarda lo stoccaggio di gas naturale, perché essa concerne unicamente le attività caratterizzate dalla reiniezione dei fluidi incomprimibili nel sottosuolo e in questa definizione non rientra la movimentazione di gas nei giacimenti di stoccaggio; è esclusa pertanto l'adozione di un modello decisionale di automatismi legati a precisi valori di soglia.

Tuttavia, la SPM ed il Concessionario concordano sul fatto che il monitoraggio delle attività di stoccaggio del gas nel sottosuolo sia importante per seguire l'evoluzione nel tempo e nello spazio dell'attività microsismica, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro, e che tale monitoraggio debba essere condotto in conformità con le disposizioni degli ILG, oppure con modalità definite in accordo tra il Concessionario, la SPM e il Comitato di cui all'art. 5 AQ, che comunque assicurino prestazioni equivalenti a quanto stabilito dai predetti ILG.

Pertanto, nel presente DGOM, al fine di individuare le procedure/operazioni da intraprendere in caso di calamità naturali pertinenti alle fenomenologie indagate attraverso il monitoraggio integrato, è stabilito di individuare dei valori con le specifiche modalità di seguito indicate.

Per quanto concerne il monitoraggio della pressione di poro effettuato a scala giornaliera, l'andamento della pressione statica media del giacimento, riconducibile ad un eventuale avvicinamento al valore limite, verrà tempestivamente comunicato dalla SPM al Concessionario che a sua volta informerà il Comitato Decisionale.

Per il monitoraggio sismico di San Potito, si ritiene perciò opportuno fare riferimento ai tre livelli di attivazione suggeriti dagli ILG, ai quali segue l'invio di segnalazioni ad-hoc all'interno del sistema di monitoraggio, al Comitato ed al Concessionario per l'avvio di procedure di valutazione dello stato dei parametri e dei segnali registrati.

I livelli sono attivati, in accordo agli ILG, al raggiungimento dei valori di picco di velocità e accelerazione (rispettivamente indicati con PGV e PGA) misurati dalle stazioni della rete di rilevamento e della magnitudo locale (ML) stimata per gli eventi che si verificano all'interno del Dominio Interno (DI) di San Potito (i.e., la Tabella 7.1 nel presente documento corrisponde alla Tabella 4 delle ILG).

In accordo a quanto riportato precedentemente riguardo alle indicazioni negli ILG riferite agli stoccaggi sotterranei di gas, si ricorda che gli ILG non prevedono automatismi al superamento delle soglie, ma il superamento delle soglie deve essere inteso come innesco per l'attivazione tempestiva all'analisi dei dati e alle valutazioni da parte della SPM, che forniscano elementi utili al Concessionario, ai membri del Comitato e agli altri soggetti coinvolti a livello decisionale in caso di situazioni al di fuori della 'normalità'. La condizione di 'normalità' viene definita in base a quanto avvenuto nell'area della concessione nel periodo antecedente alla esecuzione di prove di iniezione nel livello BB1 del giacimento "San Potito" finalizzate all'ampliamento della capacità di stoccaggio mediante superamento della originaria pressione statica di fondo.

In caso di superamento di uno dei livelli descritti in Tabella 4, cap. 9.4, degli ILG (i.e. Tabella 7.1 del presente documento) sarà effettuata un'analisi di dettaglio dei dati da parte dei sismologi addetti al monitoraggio sismico anche per verificare che i segnali registrati non siano ascrivibili ad altri tipi di fenomeni (ad esempio: segnali di rumore antropico o dovuti a eventi sismici distanti).

Tabella 7.1 - Valori di riferimento per l'invio delle segnalazioni all'interno del sistema di monitoraggio per eventi che si verificano all'interno del Dominio Interno (DI) di San Potito (i.e., Tabella 4 delle ILG).

| Livello | Caratteristiche degli eventi | M_L | PGA (% g) | PGV (cm/s) |
|---------|--|----------------------|-------------------------|-------------------------|
| 0 | Micro-eventi o eventi molto deboli rilevati solo dagli strumenti | $M_L \leq 1.5$ | < 0.5 | < 0.4 |
| 1 | Eventi deboli al di sotto del livello di percezione | $1.5 < M_L \leq 2.2$ | $\geq 0.5 \ \& \ < 2.4$ | $\geq 0.4 \ \& \ < 1.9$ |
| 2 | Eventi deboli che possono essere percepiti | $2.2 < M_L \leq 3$ | $\geq 2.4 \ \& \ < 6.7$ | $\geq 1.9 \ \& \ < 5.8$ |
| 3 | Eventi moderati o forti che sono percepiti | $M_L > 3$ | ≥ 6.7 | ≥ 5.8 |

7.2 Parametri valutati per l'attivazione dei livelli e azioni conseguenti

Per quanto riguarda le azioni da intraprendere in base agli esiti del monitoraggio eseguito dalla SPM, sono adottate dal Concessionario e dagli Enti preposti delle modalità operative dell'attività che si accordano, per quanto possibile, a quanto suggerito ai Capitoli 9.2 e 9.3 degli ILG.

In accordo a quanto suggerito dagli ILG, la SPM stimerà, per eventi localizzati indifferentemente nel Dominio Interno o Esteso di San Potito, i seguenti **parametri**:

1. la loro localizzazione ipocentrale, la distribuzione spazio-temporale, la magnitudo locale, variazione del tasso di sismicità nel tempo e lo studio della distribuzione in magnitudo-frequenza per la stima del b-value;
2. stima dei valori di picco di accelerazione e di velocità del moto del suolo per gli eventi registrati;

Come discusso nella sezione 1. "Premessa", al fine di omogenizzare le modalità operative di gestione dei monitoraggi nelle due concessioni, le tempistiche delle comunicazioni tra le parti per le varie fasi di gestione del monitoraggio sono condivise con la SPM-LONG.

Oltre al Comitato, come definito dall'art.5 dell'AQ, si ritiene utile ai fini della gestione ordinaria e straordinari delle attività di monitoraggio, l'istituzione di un **Comitato Decisionale**, al quale

sono in capo le decisioni circa i passaggi tra i diversi livelli di attenzione/attivazione e le relative azioni da intraprendere.

Il **Comitato Decisionale** per la gestione del monitoraggio della Concessione di stoccaggio di gas naturale “San Potito e Cotignola Stoccaggio” è composto da una rappresentanza di: UNMIG della MASE-DGFTA, Regione Emilia-Romagna, Comuni di Bagnacavallo, Comune di Lugo e del Concessionario.

Nell’ambito di ognuna delle fasi di gestione del monitoraggio, la SPM si confronterà con la SPM-LONGANESI nel caso in cui la sismicità sia localizzata nell’area di intersezione dei Domini Interni delle concessioni San Potito e Longanesi.

Nel presente DGOM, in coerenza con gli ILG e dovendo necessariamente escludere nel caso di specie qualsiasi forma di automatismo, si ritiene di procedere con le seguenti modalità:

Fase 1 – Gestione ordinaria del monitoraggio

La gestione ordinaria del monitoraggio si riferisce alla situazione in cui la magnitudo della sismicità, nonché dell’accelerazione e della velocità di picco del moto del suolo si mantengano al di sotto dei livelli di riferimento adottati e sopra definiti.

Tale quadro si colloca nel Livello di attivazione 0.

Durante la gestione ordinaria del monitoraggio la SPM fornisce i dati acquisiti e le elaborazioni effettuate al Concessionario ed al Comitato attraverso rapporti periodici trimestrali, come definito nell’AQ. Detti rapporti saranno verificati a cura delle parti coinvolte in merito alla correttezza dei dati esposti e alla coerenza delle interpretazioni con essi.

I file pdf dei rapporti trimestrali di monitoraggio saranno resi pubblici anche sul sito web del monitoraggio integrato.

Fase 2 – Gestione ordinaria e/o straordinaria di variazioni nei parametri monitorati

Livello 1

In presenza di uno o più eventi sismici nel Dominio Interno di San Potito, che provochino il superamento dei valori di riferimento del **Livello 1** (Tabella 7.1):

1. La SPM verifica la rispondenza delle rilevazioni, analizza i dati e, in caso positivo, avvisa il Concessionario ed il Comitato end 48 ore;

2. La SPM:

- Continua ad analizzare i segnali del monitoraggio con cadenza giornaliera e a fornire supporto tecnico scientifico al Concessionario ed al Comitato;
- Invia al Comitato entro 7 giorni dal superamento dei valori di riferimento del Livello 1 una sintesi dei risultati del monitoraggio. Come discusso nella sezione 1 “Premesse”, tenuto conto della sostanziale impossibilità nello stabilire un nesso univoco di causalità tra variazioni di parametri monitorati e l’attività di stoccaggio, le analisi consisteranno nella stima e nella comparazione dei parametri misurati (magnitudo, valori di picco PGA e PGV, ratei di sismicità) con i livelli osservati prima del superamento dei valori di riferimento e nel loro confronto con l’evoluzione temporale dei parametri di stoccaggio forniti dal Concessionario.

2b. Nel caso la sismicità sia localizzata nell’area di intersezione dei Domini Interni della concessione “San Potito” e “Longanesi”, la SPM si confronta con la SPM-LONG e seguire congiuntamente l’evoluzione spazio-temporale della sismicità;

3. Il Concessionario, ricevute le informazioni dalla SPM e considerati i risultati delle analisi scientifiche, provvede a fornire tempestivamente:

- Alla SPM, i dati di stoccaggio con cadenza possibilmente oraria, e comunque al massimo giornaliera,
- Al Comitato, comunica le fenomenologie in atto e il quadro interpretativo

4. Il Comitato Decisionale si riunisce entro 3 giorni dalla ricezione della sintesi dei risultati della SPM e stabilisce se modificare il livello di attivazione. Nel caso di permanenza nel Livello 1, il medesimo Comitato stabilisce la tempistica con cui aggiornare la permanenza o meno nel livello.

Lo schema del modello decisionale per il Livello 1 della Fase 2 è riportato nella sottostante Figura 7.1.

Livello 1

| Livello | Caratteristiche degli eventi | M_L | PGA (% g) | PGV (cm/s) |
|---------|---|----------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | Eventi deboli al di sotto del livello di percezione | $1.5 < M_L \leq 2.2$ | $\geq 0.5 \text{ \& } < 2.4$ | $\geq 0.4 \text{ \& } < 1.9$ |

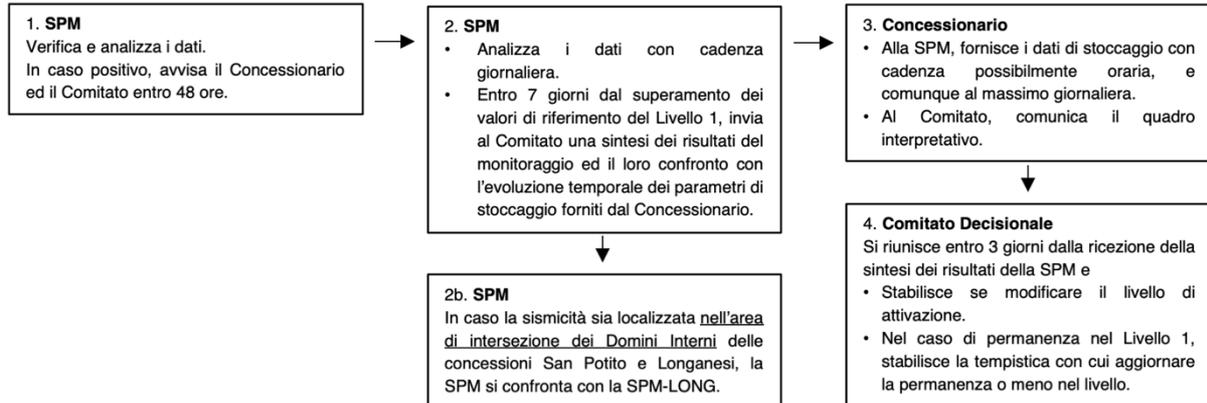


Figura 7.1 – Schema del modello decisionale per il Livello 1 della Fase 2.

Livello 2

In presenza di uno o più eventi sismici nel Dominio Interno di San Potito, che provochino il superamento dei valori di riferimento del **Livello 2** (Tabella 7.1):

1. La SPM verifica la rispondenza delle rilevazioni, analizza i dati e, in caso positivo, avvisa il Concessionario ed il Comitato entro 48 ore;
2. Il Comitato Decisionale si riunisce entro 48 ore dalla ricezione della informativa della SPM e valuta la possibilità di ridurre le attività di stoccaggio, anche tenendo in conto le informazioni ricevute dal Comitato-LONG nel caso in cui la sismicità rilevata sia localizzata nell'area di intersezione dei Domini Interni delle due concessioni, e danno tempestiva comunicazione al Dipartimento della Protezione Civile Nazionale ed alla Provincia di Ravenna.
3. La SPM continua ad analizzare i segnali del monitoraggio con cadenza giornaliera e a fornire supporto tecnico scientifico al Concessionario ed al Comitato; Il Concessionario e la SPM studiano gli eventi riscontrati in relazione alle attività di stoccaggio in corso; La SPM invia al Comitato entro 7 giorni lavorativi dal superamento dei valori di riferimento del Livello 2 una sintesi dei risultati del monitoraggio.

3b. Nel caso in cui la sismicità sia localizzata nell'area di intersezione dei Domini Interni, la SPM si confronta entro 48 ore dal superamento delle soglie del Livello 2 con la SPM-LONG per valutare congiuntamente la situazione e seguire l'evoluzione spazio-temporale della sismicità;

4. Il Concessionario, considerati i risultati delle analisi scientifiche della SPM, provvede a fornire i dati di stoccaggio con cadenza possibilmente oraria, e comunque al massimo giornaliera, alla SPM ed al Comitato; Comunicherà tempestivamente le fenomenologie in atto e il quadro interpretativo, ai seguenti soggetti: al Comitato, alla Provincia di Ravenna ed al Dipartimento della Protezione Civile Nazionale.
5. A seguito della ricezione della relazione di sintesi da parte della SPM (punto 3.), il Comitato Decisionale si riunisce entro 3 gg per valutare se permanere o modificare, in aumento o in diminuzione, il livello di attivazione e le azioni di progressiva riduzione delle attività di stoccaggio eventualmente intraprese (punto 2.).
6. Nel caso di permanenza al Livello 2, la SPM continua ad analizzare i segnali e a redigere per il Comitato una sintesi dei risultati del monitoraggio ogni 7 gg; il Comitato Decisionale si riunisce entro 3 gg dalla ricezione della sintesi per valutare se permanere o modificare, in aumento o in diminuzione, il livello di attivazione (punto 2.).

Lo schema del modello decisionale per il Livello 2 della Fase 2 è riportato nella sottostante Figura 7.2.

Livello 2

| Livello | Caratteristiche degli eventi | M_L | PGA (% g) | PGV (cm/s) |
|---------|--|--------------------|------------------------------|------------------------------|
| 2 | Eventi deboli che possono essere percepiti | $2.2 < M_L \leq 3$ | $\geq 2.4 \text{ \& } < 6.7$ | $\geq 1.9 \text{ \& } < 5.8$ |

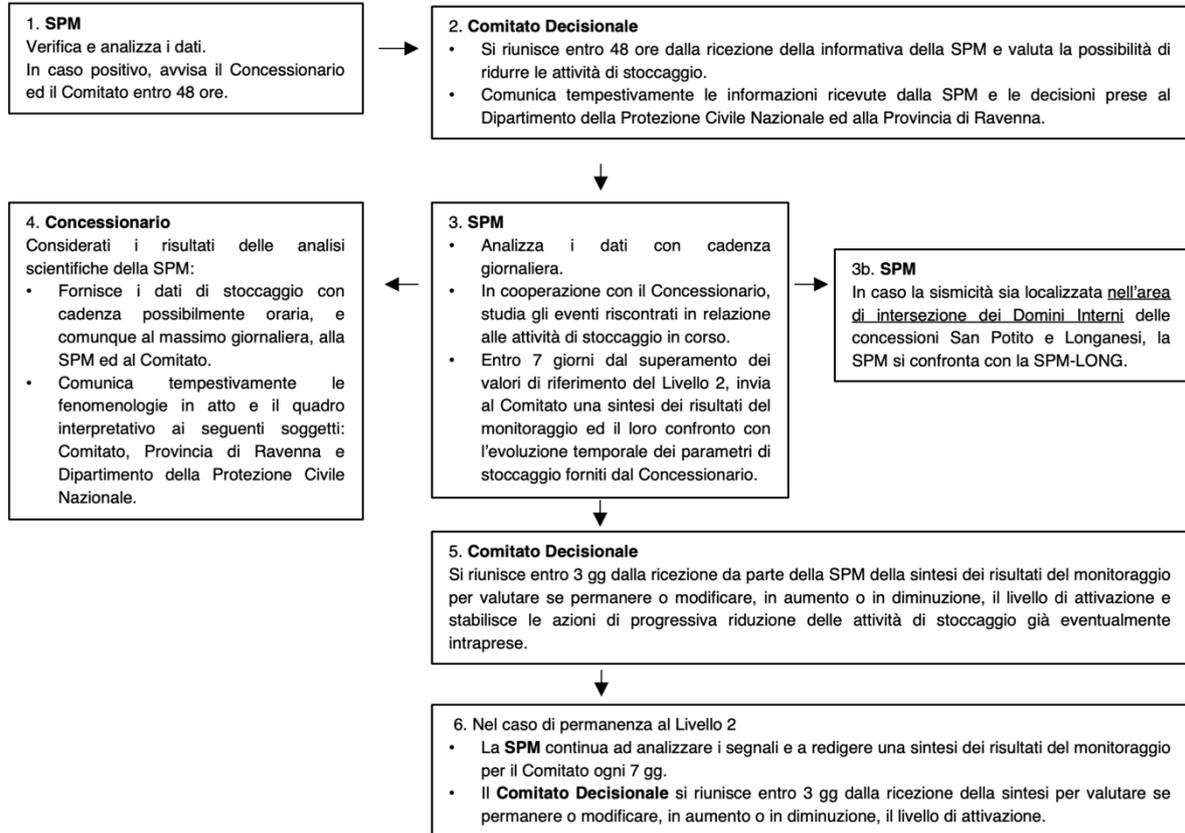


Figura 7.2 – Schema del modello decisionale per il Livello 2 della Fase 2.

Livello 3

Nel caso si abbia l'attivazione diretta del Livello 3 per il superamento dei valori di riferimento (Tabella 7.1) per uno o più eventi sismici nel Dominio Interno di San Potito (Caso A), od il passaggio dal Livello 2 al Livello 3 (Caso B) descritto precedentemente:

1. Nel Caso A, La SPM verifica la rispondenza delle rilevazioni, analizza i dati e, in caso positivo, avvisa il Concessionario ed il Comitato entro 48 ore;

1b. Nel caso in cui la sismicità sia localizzata nell'area di intersezione dei Domini Interni, la SPM si confronta entro 48 ore dal superamento delle soglie del Livello 2 con la SPM-LONG per valutare congiuntamente la situazione e seguire l'evoluzione spaziotemporale della sismicità;

sia nel Caso A, sia nel caso B

2. Il Comitato Decisionale si riunisce entro 24 ore dalla ricezione della comunicazione della SPM ed informa il Dipartimento della Protezione Civile Nazionale e la Provincia di Ravenna; Nell'ambito delle attività svolte nel Livello 3, il Dipartimento della Protezione Civile Nazionale e la Provincia di Ravenna vengono tenuti informati dell'evoluzione della sismicità;

3. Il Concessionario provvede a fornire i dati di stoccaggio con cadenza oraria alla SPM ed al Comitato;

4. il Comitato Decisionale valuta la progressiva interruzione delle attività, anche tenendo in conto le informazioni ricevute dal Comitato-LONG nel caso in cui la sismicità rilevata sia localizzata nell'area di intersezione dei Domini Interni delle due concessioni;

5. La SPM continua ad analizzare i segnali del monitoraggio con cadenza oraria e a fornire supporto tecnico scientifico al Comitato, alla Provincia di Ravenna ed al Dipartimento della Protezione Civile Nazionale; Il Concessionario e la SPM studiano gli eventi riscontrati in relazione alle attività di stoccaggio in corso; La SPM invia giornalmente al Comitato una sintesi dei risultati del monitoraggio.

6. A seguito della ricezione delle relazioni di sintesi giornaliere da parte della SPM (punto 5.), il Comitato Decisionale si riunisce ogni 7 gg per valutare:

6a. Nel caso in cui il Comitato Decisionale verificasse, sulla base delle analisi effettuate dalla SPM, una variazione dei parametri compatibile con il rientro ai livelli inferiori, ed eventualmente tenendo conto anche del parere del Dipartimento della Protezione Civile Nazionale, si può riprendere progressivamente l'attività di stoccaggio, verificando giornalmente con la SPM l'andamento dei valori dei parametri monitorati rispetto al Livello raggiunto.

6b. Nel caso in cui il quadro dei parametri indichi variazioni non sufficienti per il rientro nei Livelli inferiori (tale caso rientra in quanto previsto D. Lgs.1/2018, Codice della Protezione Civile), si eseguono le attività descritte al punto 5 del Livello 3 e si permane nel Livello attivato ancora per periodi di osservazione stabiliti congiuntamente.

Lo schema del modello decisionale per il Livello 3 della Fase 2 è riportato nella sottostante Figura 7.3.

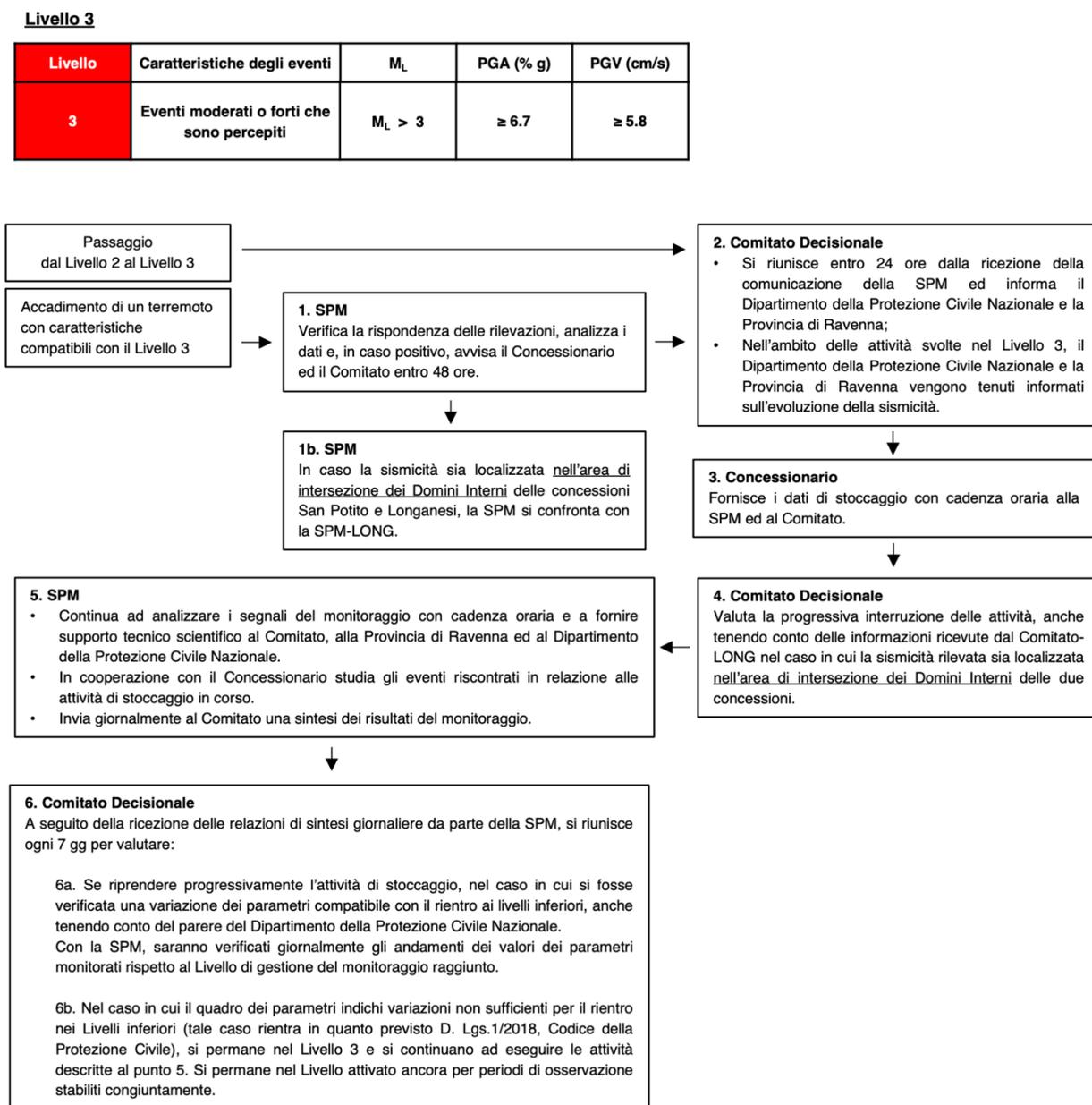


Figura 7.3 – Schema del modello decisionale per il Livello 3 della Fase 2.

8. Recapiti e riferimenti dei soggetti

SPM - Struttura Preposta al Monitoraggio

Composizione: Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale -OGS, GEOPHI S.r.l.

Coordinamento: OGS

Riferimenti per comunicazioni:

Prof. Matteo Picozzi, +3487184787, mpicozzi@ogs.it

Dott. Denis Sandron, dsandron@ogs.it

Dott.ssa Maria Adelaide Romano, aromano@ogs.it

Dott.ssa Mariangela Guidarelli, mguidarelli@ogs.it

Prof. Vincenzo Picozzi, vincenzo.picotti@geophi.it

Dott. Alessio Ponza, alessio.ponza@geophi.it

Comitato Decisionale

Concessionario: Edison Stoccaggio Spa

Riferimenti per comunicazioni

Numero Verde (h24) 800111445

indirizzo: Via Aterno 49, 66020 San Giovanni Teatino (CH)

Dott. Crisante Antonio 3669000627

Dott. Cossetti Roberto 3667743734

Dott. Gukov Timur 3665855312

Regione Emilia-Romagna:

Riferimenti per comunicazioni:

MASE

Riferimenti per comunicazioni:

Comune di.....:

Comune di

Il presente Documento di Gestione Operativa del Monitoraggio è redatto congiuntamente dalla SPM, dal Concessionario e dal Comitato di cui all'art. 5 AQ, che lo approva e ratifica.

Glossario

Accelerometro¹: Un accelerometro è uno strumento di misura in grado di rilevare e/o misurare l'accelerazione, effettuando il calcolo della forza rilevata rispetto alla massa dell'oggetto (forza per unità di massa).

Barra: Bar assoluti (unità di misura delle pressioni nel sistema CGS; 1 Bar è equivalente a 0.9869 atm, 105 Pa, 1.01972 kg/cm², 14.5038 psi)

Comitato Decisionale: è composto da una rappresentanza di: UNMIG della MASE-DGFTA, Regione Emilia-Romagna, Comuni di Bagnacavallo, Comune di Lugo e del Concessionario, ed al quale sono in capo le decisioni circa i passaggi tra i diversi livelli di attenzione/attivazione e le relative azioni da intraprendere ai fini della gestione del monitoraggio dell'esecuzione di prove di iniezione nel livello BB1 del giacimento "San Potito" nella concessione di stoccaggio di gas naturale denominata "San Potito e Cotignola Stoccaggio".

Concessionario: il titolare di una concessione di risorse minerarie e, in particolare, di idrocarburi e di stoccaggio sotterraneo di gas naturale. Il Concessionario è per la normativa di sicurezza italiana di recepimento comunitario, il titolare responsabile della sicurezza delle attività, della redazione ed attuazione del piano di sicurezza e di emergenza, e del documento di sicurezza e salute coordinato depositato presso l'autorità di vigilanza, nel cui ambito devono essere disposte tutte le misure di prevenzione del rischio, di monitoraggio e di intervento in materia di sicurezza.

Datum: Profondità a cui vengono riferite le pressioni di giacimento, solitamente nella mezzeria della zona a gas (per San Potito il datum è a -1833 m)

Deformazione del suolo: cambiamento di forma, volume e/o della posizione di una o più porzioni dello strato superficiale che ricopre la crosta terrestre.

Dominio: Volume o area (a seconda del contesto) di suolo o di crosta terrestre definito in base ai criteri dichiarati.

Dominio di rilevazione: Dominio di riferimento, comprendente l'area dove viene svolta l'attività di stoccaggio del gas e il deposito naturale di stoccaggio, per la rilevazione di eventi sismici e della deformazione. Esso è definito come il volume o l'area (a seconda del contesto) di suolo o di crosta terrestre all'interno dei quali sono identificati, monitorati e analizzati i fenomeni di sismicità e deformazione del suolo.

Faglia attiva: faglia che presenta evidenze di scorrimento relativo tra due volumi di roccia/terreno avvenuto nel corso degli ultimi 40.000 anni, per cui si presume che lo scorrimento possa ancora verificarsi.

Faglia sismogenica: faglia in grado di generare terremoti. Al fine di stimare la pericolosità sismica, l'aggettivo sismogenico viene attribuito alle faglie presenti in quella parte della litosfera che si trova al di sopra della transizione fragile-duttile e che è caratterizzata da un prevalente comportamento elasto-fragile e/o elasto-frizionale delle rocce.

GNSS: acronimo di Global Navigation Satellite System; sistema per la stima 3D della posizione di punti, basato sulla ricezione di segnali inviati da una costellazione di satelliti artificiali.

¹ Definizione tratta da Wikipedia (<https://it.wikipedia.org/wiki/Accelerometro>)

GWCI: Gas Water Contact initial - contatto gas-acqua originario

Magnitudo Locale²: la magnitudo locale (ML) o magnitudo Richter, è stata introdotta da Richter (1935) La definizione originale della magnitudo locale è basata sulla misura dell'ampiezza di un sismogramma registrato da un sismografo standard chiamato Wood-Anderson:

$$ML = \log_{10}A - 1.67 + 2.56 \log \Delta \quad (1)$$

dove A è l'ampiezza massima del moto del suolo, corretto per la risposta strumentale, misurata in μm e Δ è la distanza in km ($\Delta < 600$ km). La magnitudo locale ML è raramente utilizzata oggi nella sua formulazione originaria dal momento che i sismografi a torsione Wood-Anderson non sono più disponibili e perché, naturalmente, la maggior parte dei terremoti non avviene in California. Per questo motivo i coefficienti dell'equazione (1) vanno opportunamente ricalibrati mediante specifiche analisi preliminari sui sismogrammi acquisiti nella regione d'interesse. Con l'avvento delle registrazioni digitali dei terremoti, è oggi pratica corrente calcolare la magnitudo locale dalla conversione dei sismogrammi in registrazioni simulate a un sismometro Wood-Anderson.

m s.l.m.: metri sotto il livello del mare

SAR: Radar ad Apertura Sintetica.

Sismicità indotta: sismicità generata da variazioni del campo di stress attribuibili ad attività antropiche (McGarr et al., 2002) o a fenomeni naturali non legati alla deformazione tettonica della crosta terrestre (ad es. precipitazioni atmosferiche).

Sismicità innescata: per sismicità innescata si intende un'attività naturale la cui enucleazione è stata anticipata da attività antropiche e in particolare dalla sismicità indotta. Le attività antropiche sono responsabili solo di una minima frazione delle variazioni del campo di stress che genera la sismicità.

Sismicità naturale: sismicità prodotta da variazioni del campo di sforzo dovuto alla deformazione tettonica della crosta terrestre.

Sismometro o sismografo³: strumento che consente di registrare le oscillazioni del terreno provocate dal passaggio delle onde sismiche. In termini schematici, un sismografo è costituito da una massa, con un pennino all'estremità, sospesa attraverso una molla ad un supporto fissato al terreno, sul quale è posto un rullo di carta che ruota continuamente. Quando il terreno oscilla, si muovono anche il supporto e il rullo di carta, mentre la massa sospesa, per il principio di funzionamento del pendolo, resta ferma e il pennino registra il terremoto tracciando le oscillazioni su carta (sismogramma). Nei sismografi moderni il pennino ed il rullo di carta sono stati sostituiti da un sistema digitale di acquisizione dei segnali elettrici trasmessi da un sensore elettromagnetico posto all'interno del sismometro solidale al terreno.

Stazione sismica o sismologica (e/o accelerometrica e/o sismometrica): insieme delle strumentazioni necessarie per registrare il segnale sismico. Una stazione sismica è in genere composta da un acquisitore, un sensore (sismometro e/o accelerometro), un apparato di alimentazione, e spesso da un apparato di trasmissione. Nel concetto di stazione sismica può

² Definizione tratta dal testo degli ILG.

³ Definizione tratta dal Glossario del Dipartimento di Protezione Civile Nazionale (<http://www.protezionecivile.gov.it/strumenti/footer/glossario>)

essere implicitamente incluso anche il sito presso cui la stazione è installata, eventualmente comprensivo delle opere edili atte a ospitare la strumentazione e a garantire una buona qualità del segnale registrato.

SPM – Struttura Preposta al Monitoraggio: soggetto tecnico-scientifico, costituito da una o più Università o Enti di ricerca di comprovate competenze in materia, eventualmente in consorzio tra loro, o anche con strutture private, competente in materia di progettazione e gestione di reti di monitoraggio, raccolta e analisi dei dati.

Bibliografia

Bakun W.H. & W.B. Joyner (1984): The ML Scale in Central California. *Bull. Seism. Soc. of Am.*, 75 (5), pp. 1827–1843.

Lee, W.H.K., and J.C. Lahr. HYPO71: a computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes. USGS Open-File Report 72-224, <https://doi.org/10.3133/ofr72224>.

SEISMIX. (2023). Ottimizzazione del modello di velocità 1D per l'area Longanesi. Palermo.

Wiemer, S. A Software Package to Analyze Seismicity: ZMAP. *Seism. Res. Lett.* 2001, 72, 373–382, doi:10.1785/gssrl.72.3.373