

DOCUMENTO di GESTIONE OPERATIVA del MONITORAGGIO (DGOM) applicato al monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro – (ILG) alla concessione di coltivazione di idrocarburi denominata “LONGANESI” in Emilia-Romagna

Versione 1	17 febbraio 2025
------------	------------------

Premesse

Questo documento risponde alle previsioni dell'art. 3 dell'Accordo Quadro (AQ) per l'applicazione degli Indirizzi e Linee Guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro (ILG) alla concessione di coltivazione di idrocarburi denominata “LONGANESI” in Emilia-Romagna.

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 procedure concordate tra le parti e sono descritti gli elementi più significativi per la gestione del monitoraggio nonché, in accordo con le Amministrazioni competenti, le modalità di comunicazione e informazione al pubblico delle eventuali variazioni dei livelli di attivazione delle azioni da intraprendere (cfr. § 9.2 ILG).

Secondo gli ILG (pag. 24, § 9.2), nel caso in cui non venga effettuata iniezione di fluidi incomprimibili, *'...il modello decisionale proposto prevede che la transizione da un livello all'altro avvenga attraverso valutazioni effettuate di concerto tra la SPM, l'UNMIG, la Regione e il Concessionario, nell'ambito delle rispettive competenze, contestualmente al manifestarsi di un quadro di valori dei parametri fuori dall'ordinario e al riconoscimento di una possibile correlazione tra le variazioni dei parametri monitorati e le attività di coltivazione/stoccaggio in corso. [...] I valori di riferimento (o di soglia, per i casi previsti) dei parametri adottati nel DGOM saranno definiti dalla SPM per ogni singola concessione in funzione delle caratteristiche sismotettoniche dell'area di attività'.*

Il piano di monitoraggio integrato contempla la misura della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro. Tuttavia, come successivamente esplicitato, il sistema decisionale per la gestione del monitoraggio individuato in questa versione del documento, 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. Allo stato attuale, le valutazioni delle deformazioni del suolo non permettono di contribuire a determinare valori di riferimento per definire i livelli di attivazione del modello decisionale. Per questo si auspica che attraverso gli studi e i dati dei predetti monitoraggi, che verranno integrati con i modelli geogiacimentologici, si potrà aggiornare il DGOM nelle successive versioni con l'andamento delle deformazioni rappresentative dell'area “.

La versione attuale del documento risponde ai requisiti definiti all'articolo 3, comma 1, lettera d) del citato AQ, dove, in ottemperanza alle richieste della CIRM (punto 11 delle considerazioni iniziali dell'AQ), si esplicita che l'INGV (SPM di questa concessione) e l'OGS (SPM della concessione di stoccaggio “SAN POTITO E COTIGNOLA STOCCAGGIO”, d'ora in avanti “SPM-SPC”) “considerino anche valori di riferimento comuni per i livelli di attivazione delle diverse fasi di gestione delle attività previsti dal Cap. 9 degli ILG” e si ricorda che le parti hanno concordato di

“approvare il DGOM prima dell’avvio dell’attività di produzione da aggiornare eventualmente su proposta della SPM in seguito all’acquisizione di nuovi dati”. Questa versione rappresenta quindi un documento preliminare che dovrà essere sottoposto a futuri aggiornamenti. D’altronde, lo stesso AQ, all’art. 6 comma d) stabilisce che il DGOM “...è da intendersi preliminare/provisorio, fino a quando i dati, forniti in tempo utile, siano analizzati per la definizione dei parametri di riferimento”.

Coerentemente con gli ILG, il presente DGOM descrive gli elementi più significativi per la conduzione del monitoraggio. In particolare, il documento tratta i seguenti argomenti:

1. Definizioni formali relative ai parametri da misurare, e ai metodi previsti per ottenere tali parametri;
2. Limiti dei domini di rilevazione;
3. Valori dei parametri per il quadro di riferimento e per i Livelli di attivazione da adottare nell’ambito del modello decisionale sito-specifico (cfr. § 9.2 ILG);
4. Definizione dei Comitati;
5. Gestione del monitoraggio: procedure da intraprendere nel caso di passaggio tra i Livelli di attivazione 0, 1, 2 e 3 corrispondenti rispettivamente ai colori verde, giallo, arancione e rosso degli ILG;
6. Note conclusive.

Si evidenzia che gli ILG continuano ad essere l’unico riferimento in materia. Tuttavia, per quanto a suo tempo redatti secondo i canoni della migliore scienza e conoscenza, costituiscono una prima formulazione sperimentale per la quale già in fase di stesura era stata inserita la previsione di successive rivalutazioni ed aggiornamenti sulla base delle esperienze di volta in volta acquisite.

In particolare, nella redazione del presente DGOM abbiamo individuato i seguenti elementi di attenzione al fine di ottimizzare le attività di monitoraggio:

[i] La definizione dei livelli di base rispetto ai quali comparare i segnali del monitoraggio, elemento di particolare rilievo al momento di stabilire i valori di riferimento per i livelli di attivazione, e le modalità di transizione fra questi ultimi. Gli ILG prevedono che tali valori di riferimento siano individuati mediante operazioni di monitoraggio condotte ‘ante operam’. Tuttavia, il monitoraggio geofisico ha avuto inizio successivamente all’avvio di attività industriali, non inerenti alla messa in produzione della concessione in oggetto, nell’area di studio, rendendo quindi difficile ottemperare alla definizione di condizioni di fondo ‘non perturbate’.

[ii] La possibile interferenza fra operazioni industriali condotte in concessioni adiacenti può complicare ulteriormente l’individuazione di eventuali relazioni di causalità fra le operazioni antropiche e le variazioni nei parametri del monitoraggio (Braun et al., 2020).

[iii] L'estrema sensibilità dei sistemi naturali oggetto di studio. La letteratura scientifica mostra come anche piccole variazioni di sforzo, sia di origine naturale che antropica, possono essere sufficienti a modulare l'attività sismica. Laddove il sottosuolo sia caratterizzato dalla presenza di faglie potenzialmente in condizioni prossime al cedimento, i terremoti possono verificarsi in tutti i contesti, sia in condizioni naturali sia dove vengono svolte attività industriali [Dahm et. 2013; Foulger et al., 2018].

[iv] La discriminazione tra gli eventi naturali da quelli innescati in aree tettonicamente attive anche come conseguenza del punto precedente, risulta intrinsecamente difficoltosa [e.g., Grigoli et al., 2017; Braun et al., 2018].

[v] Le relazioni tra operazioni di sottosuolo e sismicità innescata possono essere determinate quasi esclusivamente su base empirica, e quindi strettamente dipendente dal sito, poiché il meccanismo sismogenetico è fortemente dipendente dalle condizioni geo-strutturali locali [Foulger et al., 2024].

[vi] La necessità di comunicazione delle varie azioni da intraprendere, oltre che agli enti definiti negli ILG, anche a tutti gli Enti Locali interessati, in particolare alle Amministrazioni Comunali; in caso di eventi sismici di interesse locale, la normativa di settore e i piani di protezione civile assegnano ai vari Enti Locali interessati (non solo alla Regione) attività di coordinamento e gestione delle attività per il superamento dell'emergenza.

Nella presente interpretazione, e sulla base di quanto già valutato in casi pregressi, si è quindi ritenuto opportuno modificare alcuni passaggi del quadro delle azioni associate ai livelli di attivazione (§. 9.3 ILG, Tab. 3), in particolare elidendo la dipendenza dalle analisi di correlazione nel breve termine per le quali, come già specificato nei medesimi ILG, "...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 7]. Pertanto, nella gestione ordinaria e straordinaria del monitoraggio, nel caso di superamento dei valori di riferimento si ritiene opportuno focalizzare l'attenzione sull'analisi e comparazione dei parametri misurati (ratei di sismicità, magnitudo degli eventi sismici, valori di accelerazione e velocità di picco misurati al suolo) con quanto osservato prima del superamento, tenendo conto anche degli altri dati di monitoraggio e dei dati di produzione, ed eventualmente di stoccaggio della Concessione "SAN POTITO E COTIGNOLA STOCCAGGIO" (di seguito SPC).

1. Definizioni relative ai parametri da misurare, e ai metodi previsti per ottenere tali parametri

Prima dell'individuazione dei parametri utili ai fini del monitoraggio, si ritiene indispensabile definire univocamente procedure, modelli, e parametri necessari all'elaborazione dei dati per produrre l'informazione utilizzata nel DGOM per la gestione del monitoraggio, ed in particolare:

- Localizzazione spazio-temporale della sismicità (tempo origine, coordinate e profondità dell'ipocentro)
- Magnitudo dell'evento

- Misure dirette sulle forme d'onda (Valori di picco di accelerazione e velocità, rispettivamente PGA e PGV)
- Tassi di sismicità

1.1 Definizioni operative per la localizzazione spazio-temporale della sismicità

- Modello di velocità:

Ai fini della localizzazione degli eventi nella zona pertinente per il monitoraggio, si considera un modello di velocità **1D** condiviso con la SPM-SPC, e ritenuto rappresentativo per l'area oggetto di studio (Tab. 1) (Rossi et al., 2022).

Tabella 1 - Modello di velocità per l'area oggetto di studio.

Profondità (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
0 - 500	2015	877
500 - 1250	2014	927
1250 - 1500	2411	1295
1500 - 2000	2607	1370
2000 - 3000	2928	1541
3000 - 4000	3322	1845
4000 - 6000	4080	2686
6000 - 8000	5030	2687
8000 - 12000	5713	2753
>12000	6301	3107

- Metodo e software per la localizzazione:

La SPM ritiene di utilizzare come riferimento le soluzioni ottenute con il software **HYPO71** (Lee and Lahr, 1975).

HYPO71 è un software ben consolidato per la localizzazione di eventi sismici; è stato sviluppato principalmente per l'elaborazione di grandi quantità di terremoti a scala locale registrati da reti dense di stazioni. Data la velocità di esecuzione dei calcoli e la qualità delle soluzioni, questo codice di localizzazione di terremoti è molto diffuso tra gli osservatori sismologici e vulcanologici nel mondo. Per questo motivo, è stato sviluppato dall'IPGP Institut de Physique du Globe de Paris un *plugin* per integrare HYPO71 nel software di acquisizione ed elaborazione di dati SeisComp che la SPM utilizza per le attività di monitoraggio microsismico. I dettagli di questa implementazione possono essere visualizzati sul sito: https://www.seiscomp.de/doc/apps/global_hypo71.html

Nella scelta di questo particolare software, sono inoltre stati considerati questi ulteriori argomenti:

1. Necessità di mantenere consistenza con le misure effettuate durante le precedenti fasi di sperimentazione in altre concessioni;
2. La generale comparabilità dei risultati con altri metodi di localizzazione, così come determinato da uno studio sistematico [Garcia et al., 2020].

1.2 Definizione operativa della Magnitudo stimata ai fini del monitoraggio

In questa fase del monitoraggio, la magnitudo calcolata quotidianamente dalla sala di monitoraggio della SPM è la **Magnitudo Locale ML**. La relazione utilizzata per la stima della ML è quella di **Bakun & Joyner (1984)** (da adesso in poi, MLbj). È in fase di implementazione una stima routinaria della magnitudo Momento, ma non utilizzabile attualmente perché in fase di sperimentazione.

Inoltre, considerando che la magnitudo di completezza (Mc) è tra i parametri stimati dal catalogo della sismicità basati sulla misura di magnitudo, e che questo valore può giocare un ruolo nella valutazione operativa della sismicità (ad esempio per determinare variazioni nei ratei di eventi), la procedura seguita dalla SPM prevede la stima della Mc utilizzando il catalogo sismico basato sulla MLbj, e impiegando un ensemble di differenti metodologie implementate nell'infrastruttura di ricerca Europea EPOS (Thematic Core Services "Anthropogenic hazards", raggiungibile al link: <https://tcs.ah-epos.eu/episodes/>). Dall'insieme dei risultati ottenuti da questa procedura, il valore preferito sarà quello più conservativo ovvero quello di maggiore Mc.

1.3 Misure sulle forme d'onda

Le misure dirette sulla forma d'onda (ad esempio, determinazione delle PGV, PGA, ecc.) saranno effettuate dopo aver corretto i segnali per la curva di risposta strumentale secondo le procedure convenzionali della sismologia, utilizzando i parametri contenuti negli archivi di stazione (ad esempio, i files di stazione in formato xml) forniti 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.

1.4 Tassi di sismicità

Allo stato attuale, anche per quanto riportato al punto [i] delle premesse, non è possibile definire in maniera significativa un livello di base per i ratei di sismicità. Tuttavia, nel momento in cui saranno disponibili dati sufficienti per una valutazione robusta dei tassi di sismicità, le variazioni relative di tali parametri nei domini di rilevazione potranno essere prese in considerazione come ulteriore elemento a supporto di tutte le fasi del sistema decisionale. Pertanto, saranno implementate nel prossimo aggiornamento del DGOM.

2. Limiti dei domini di rilevazione

Gli ILG al Capitolo 5.1 dettagliano i criteri per definire due domini di rilevazione interessati dal monitoraggio:

- (a) Il *Dominio Interno* (DI) come il volume di sottosuolo che si estende fino alla superficie, delimitato da una fascia di buffer, anche in profondità, di 3 km intorno al giacimento;
- (b) Il *Dominio Esteso* (DE) come il volume di sottosuolo che si estende fino alla superficie e che copre un ulteriore buffer, anche in profondità, di 5 km intorno al DI.

Per la definizione dei domini di monitoraggio si prende come riferimento la proiezione in superficie del poligono che rappresenta il giacimento (definito operativamente in questo caso come il poligono che rappresenta il contatto gas-acqua) che il Concessionario ha condiviso con la SPM. In particolare, tale proiezione è relativa al livello PL1-H che il Concessionario identifica come quello a maggior estensione (cioè, tutti gli altri livelli del campo hanno una proiezione che è compresa all'interno di quella del livello PL1-H), e una profondità di riferimento di 2.522,3 m (TVDSS). La Figura 1 mostra la proiezione in superficie dei domini DI (3 km dal contatto acqua-gas) e DE (ulteriori 5 km oltre il DI).

Per quanto riguarda la profondità, per semplicità di definizione dei domini, si prendono come riferimento sempre 3 e 8 km (3 e 3+5km) dalla profondità di riferimento del giacimento, come mostrato nella Figura 2.

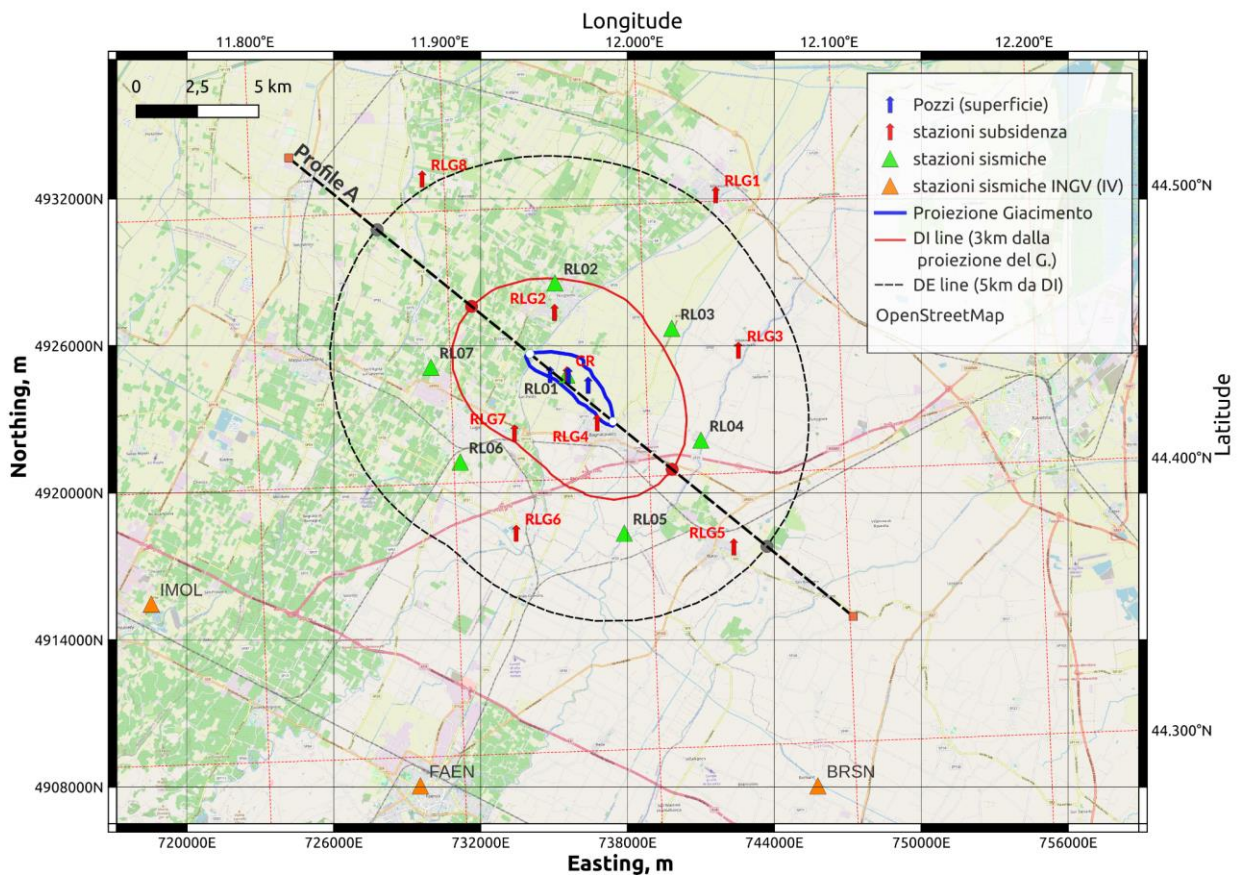


Figura 1. Poligoni che definiscono i domini DI e DE per il monitoraggio della concessione Longanesi.

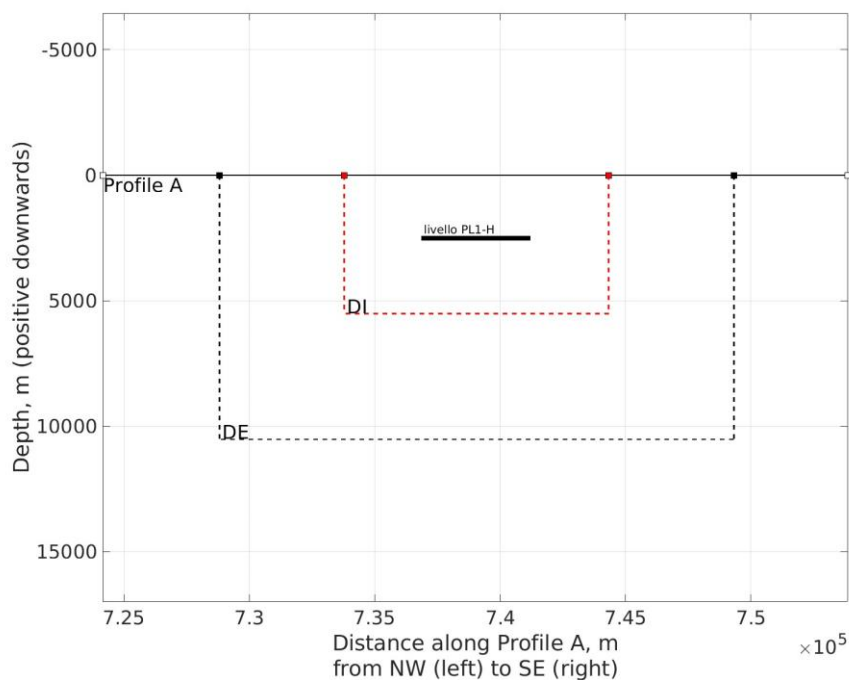


Figura 2. Sezione in profondità dei domini di monitoraggio DI e DE per il monitoraggio della concessione Longanesi.

3. Valori dei parametri per il quadro di riferimento da adottare nell'ambito del modello decisionale

Coerentemente con quanto stabilito dagli ILG per le attività di produzione nel sottosuolo, nel presente DGOM si propone l'adozione di un sistema decisionale definito attraverso quattro livelli di attivazione (0: Verde; 1: Giallo; 2: Arancione; 3: Rosso). Essendo una concessione per l'estrazione di idrocarburi, il sistema decisionale non prevede automatismi (p. 24 degli ILG come riportato al punto c) delle premesse).

Per quanto riguarda i parametri di monitoraggio per la gestione dell'attivazione dei diversi livelli, gli ILG (Cap. 9.2) forniscono un elenco di riferimento che include:

- la variazione del numero e della frequenza degli eventi sismici, la loro magnitudo e distribuzione spaziale,
- i valori di picco di accelerazione e di velocità del moto del suolo,
- la variazione dei ratei di deformazione del suolo,
- la variazione delle pressioni di poro.

Tuttavia, il sistema decisionale per la gestione del monitoraggio riportato nel presente documento è focalizzato solo sui parametri derivanti dal monitoraggio sismico. Tale scelta è motivata dal fatto che le variazioni dei "parametri sismici" avvengono su scale temporali relativamente brevi, in linea con i piani di intervento descritti dagli ILG e per i quali gli stessi ILG prevedono valori di riferimento. Al contrario, eventuali variazioni dei ratei di deformazioni del suolo legati all'attività del campo sono da considerarsi possibili, rilevabili e quantificabili, solo su scale temporali più estese, e possono

essere gestite con tempistiche diverse da quelli previsti dagli ILG nei diversi livelli di attivazione e relativi piani di intervento.

Allo stesso modo, per il monitoraggio delle pressioni di poro, il sistema decisionale descritto negli ILG non prevede sistemi a semaforo e soglie. Conseguentemente i dati sono acquisiti e trasmessi secondo le cadenze previste dal Protocollo Trasmissione Dati salvo quanto previsto dalle procedure descritte nella sezione 8.

Ai fini del modello decisionale per casi di reiniezione, gli stessi ILG forniscono grandezze fisiche, intervalli di riferimento e valori di soglia solo per alcuni dei parametri che riguardano il monitoraggio sismico, ed in particolare per Magnitudo massima (M_{max}), accelerazione e velocità di picco al suolo (PGA e PGV, rispettivamente).

Secondo le indicazioni degli ILG, tali valori dovrebbero “[...] essere definiti ed esplicitati caso per caso per ogni concessione, anche in funzione delle caratteristiche sismotettoniche dell’area di attività e comunque dopo il periodo di monitoraggio previsto in condizioni non perturbate (cfr. Capitolo 5.3), in cui viene rilevata la sismicità di fondo”.

Allo stato attuale per quanto gli ILG non definiscano valori di riferimento per il sistema decisionale nel caso, quale il presente, in cui non vi è reiniezione, la SPM in prima istanza si riferisce ai valori riportati negli ILG (§ 9.4, Tabella 4) e condivisi con la SPM-SPC. Tali riferimenti, infatti, derivano da considerazioni inerenti alla corrispondenza fra i parametri del moto del suolo (M , PGA e PGV), la percettibilità in superficie e l’intensità degli effetti. Si specifica che, rispetto a quanto definito dagli ILG, sono state effettuate correzioni per un errore materiale nell’unità di misura della velocità di picco (PGV), ed un’ambiguità nell’attribuzione delle magnitudo ai diversi intervalli, per cui i valori di riferimento erano contemporaneamente attribuiti a due livelli di attivazione differenti.

Versioni aggiornate di questo documento verranno elaborate e proposte dalla SPM, in funzione della disponibilità di dati e analisi specifiche, anche finalizzate alla definizione e calibrazione dei valori di riferimento del sistema decisionale.

In ottica di cautela per attività e contesti nuovi, il sistema decisionale sarà applicato ai parametri misurati relativamente ad eventi localizzati nel Dominio Interno di rilevazione.

Livello	Stato Corrispondente	Caratteristiche degli eventi	M_L	PGA (% g)	PGV (cm/s)
0	Ordinarietà	Micro-eventi o eventi molto deboli rilevati solo dagli strumenti	$M_L \leq 1.5$	$PGA \leq 0.5$	$PGV \leq 0.4$
1	Attenzione	Eventi deboli al di sotto del livello di percezione	$1.5 < M_L \leq 2.2$	$0.5 < PGA \leq 2.4$	$0.4 < PGV \leq 1.9$
2	Valutazione della possibile riduzione delle attività	Eventi deboli che possono essere percepiti	$2.2 < M_L \leq 3$	$2.4 < PGA \leq 6.7$	$1.9 < PGV \leq 5.8$
3	Valutazione della possibile riduzione o sospensione delle attività	Eventi moderati o forti che sono percepiti	$M_L > 3$	$PGA > 6.7$	$PGV > 5.8$

Tabella 2 – Intervalli dei parametri di monitoraggio rilevati nel dominio interno di rilevazione (DI) da utilizzare come riferimento per la gestione del monitoraggio ai fini della valutazione dei passaggi tra livelli di attivazione [Modificato dalle Tabelle 2 e 4 degli ILG]. Sono definiti i seguenti parametri: magnitudo massima (M_{max}), accelerazione di picco al suolo (PGA) e velocità di picco al suolo (PGV) [Modificato dagli ILG, Tabella 4].

4. Definizione dei Comitati

Nelle successive descrizioni delle fasi di gestione ordinaria e straordinaria, ci si riferirà a:

Comitato, come definito nell'AQ art. 5, il quale fra gli altri ha il compito di seguire i monitoraggi e i risultati degli stessi, di cui fanno parte: MASE-DGFTA, Regione Emilia-Romagna, Comune di Bagnacavallo, Comune di Lugo, SPM (INGV) e la Società Padana Energia.

Comitato Decisionale, di cui fanno parte la Sezione UNMIG territorialmente competente del MASE-DGFTA, la Regione Emilia-Romagna, i Comuni di Bagnacavallo e Lugo e la Società Padana Energia, al quale sono in capo le decisioni relative alle azioni da intraprendere.

5. Gestione del monitoraggio: procedure da intraprendere nel caso di passaggio tra i Livelli di attivazione 0, 1, 2 e 3 corrispondenti rispettivamente ai colori verde, giallo, arancione e rosso degli ILG

In base agli esiti del monitoraggio, sono individuate tre distinte fasi di gestione e di azioni da intraprendere, come segue:

5.1 Fase 1 - Gestione ordinaria del monitoraggio

Riguarda il caso in cui la magnitudo della sismicità, nonché l'accelerazione e la velocità di picco del moto del suolo si mantengano al di sotto dei livelli di riferimento adottati per il Livello di attivazione 0 (ordinarietà, colore verde).

Durante la gestione ordinaria del monitoraggio la SPM fornisce i dati acquisiti e le elaborazioni effettuate al Concessionario ed al Comitato attraverso rapporti periodici semestrali, come definito nell'AQ. Le versioni elettroniche dei rapporti semestrali di monitoraggio saranno rese pubbliche anche sul sito web del monitoraggio integrato (<https://cms.bo.ingv.it>).

5.2 Fase 2 - Gestione ordinaria e/o straordinaria: variazioni nei parametri monitorati

La definizione delle attività nel caso di variazioni nei parametri monitorati che comportino una variazione nel livello di attenzione diverso dal verde sono descritte attraverso 3 scenari di sviluppo:

- **Scenario A:** Superamento dei valori di riferimento relativi al Livello 0
- **Scenario B:** Superamento dei valori di riferimento relativi al Livello 1
- **Scenario C:** Superamento dei valori di riferimento relativi al Livello 2

5.2.1 SCENARIO A

Nel caso in cui si riscontri il superamento diretto di almeno uno dei valori di riferimento relativi al Livello 0, secondo quanto sopra definito, le azioni da intraprendere sono le seguenti (fig.3):

1. La SPM informa tramite e-mail nell'arco di 48 h, e successivamente via pec, il Comitato Decisionale, i cui referenti sono indicati nell'Allegato 1 al presente documento. Contestualmente si attiva il Livello 1 (giallo).

2. Il Concessionario provvede a fornire con cadenza giornaliera i dati di produzione (portate e pressioni di testa pozzo) orari, o comunque al massimo giornalieri, ed eventuali registrazioni dei profili statici e misure con sensori di pozzo temporanei da trasmettere appena disponibili come anche dettagliato nel "Protocollo trasmissione dati", nonché le eventuali ulteriori informazioni a sua disposizione, al fine di consentire alla SPM di studiare l'evento riscontrato in relazione alle attività di produzione in corso.
3. La SPM analizza le variazioni dei parametri monitorati e delle attività di produzione in corso con cadenza giornaliera, trasmettendo, sempre con cadenza giornaliera, gli esiti del monitoraggio, ed inviando una sintesi dei risultati delle analisi entro 7 giorni lavorativi dal superamento dei valori di riferimento al Comitato Decisionale. Considerando la sostanziale impossibilità, allo stato attuale, nello stabilire un nesso univoco di causalità tra variazioni di parametri monitorati e l'attività di estrazione di fluidi dal sottosuolo nelle tempistiche dei piani di intervento descritti dagli ILG, ai fini della gestione del monitoraggio l'analisi sarà focalizzata sulla comparazione dei parametri misurati (ratei, magnitudo, valori di picco PGA e PGV) con i livelli osservati prima del superamento dei valori di riferimento, in relazione alle attività di produzione ed eventualmente stoccaggio in corso nella limitrofa Concessione SPC. Nella conduzione delle analisi, la SPM si interfaccia con la SPM-SPC per eventuali analisi congiunte.
4. Il Comitato Decisionale si riunisce entro 3 giorni dalla ricezione della sintesi dei risultati della SPM e stabilisce, sulla base della stessa, se modificare il Livello di attivazione. Nel caso di permanenza nel Livello di attivazione Giallo, il Comitato Decisionale stabilisce la tempistica con cui aggiornare la permanenza o meno nel Livello.
5. Qualora, non siano verificate le condizioni per il rientro nel Livello inferiore, il Comitato Decisionale stabilisce, sulla base delle analisi della SPM, se permanere nel Livello 1 (Giallo) o passare al Livello 2 (Arancione)

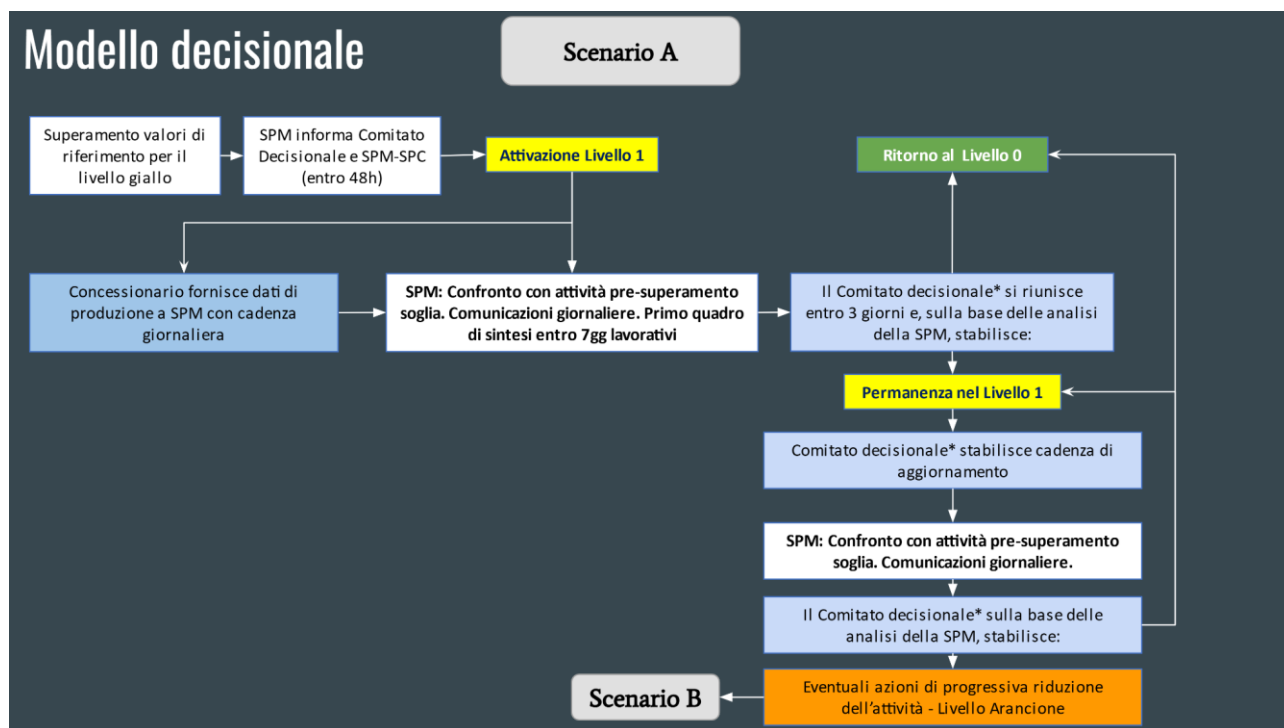


Figura 3. Schema del modello decisionale per la gestione del monitoraggio - scenario A. * Vedere definizione al Capitolo 4.

5.2.2 SCENARIO B

Nel caso in cui si riscontri il superamento diretto di almeno uno dei valori di riferimento relativi al Livello 1 (Giallo), secondo quanto sopra definito, le azioni da intraprendere sono le seguenti (fig.4):

1. La SPM informa tramite e-mail nell'arco di 48h, e successivamente via pec, il Comitato Decisionale, i cui referenti sono indicati nell'Allegato 1 al presente documento. Il Comitato Decisionale si riunisce entro 48h dall'informativa della SPM e stabilisce se passare al Livello 2 (Arancione), comunicando gli esiti alla SPM e informandone il Comitato.
2. Il Concessionario provvede a fornire con cadenza giornaliera i dati di produzione (portate e pressioni di testa pozzo) orari, o comunque al massimo giornalieri, ed eventuali registrazioni dei profili statici e misure con sensori di pozzo temporanei da trasmettere appena disponibili come anche dettagliato nel "Protocollo trasmissione dati", nonché le eventuali ulteriori informazioni a sua disposizione, al fine di consentire alla SPM di studiare l'evento riscontrato in relazione alle attività di produzione in corso.
3. La SPM analizza le variazioni dei parametri monitorati e delle attività di produzione in corso con cadenza giornaliera, trasmettendo, sempre con cadenza giornaliera, gli esiti del monitoraggio, ed inviando una sintesi dei risultati delle analisi entro 7 giorni lavorativi dal superamento dei valori di riferimento al Comitato Decisionale. Considerando la sostanziale impossibilità, allo stato attuale, nello stabilire un nesso univoco di causalità tra variazioni di parametri monitorati e l'attività di estrazione di fluidi dal sottosuolo nelle tempistiche dei piani di intervento descritti dagli ILG, ai fini della gestione del monitoraggio l'analisi sarà focalizzata sulla comparazione dei parametri misurati (ratei, magnitudo, valori di picco PGA e PGV) con i livelli osservati prima del superamento dei valori di riferimento, in relazione alle attività di produzione ed eventualmente stoccaggio in corso nella limitrofa Concessione SPC. Nella conduzione delle analisi, la SPM si interfaccia con la SPM-SPC per eventuali analisi congiunte.
4. Il Comitato Decisionale si riunisce entro 3 giorni dalla ricezione della sintesi dei risultati della SPM e stabilisce, sulla base della stessa, se modificare il Livello di attivazione. Nel caso di permanenza nel Livello di attivazione Arancione, il Comitato Decisionale stabilisce eventuali azioni di progressiva riduzione della produzione e la tempistica con cui aggiornare la permanenza o meno nel Livello. Il Concessionario dà comunicazione formale e tempestiva delle azioni intraprese, in relazione a quelle stabilite dal Comitato Decisionale, alla sezione UNMIG (che ne informa MASE-DGFTA), alla Regione, alla Provincia e ai Comuni. Il MASE-DGFTA informa il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) nazionale.
5. Qualora, nonostante le azioni intraprese stabilite dal Comitato Decisionale, non siano verificate le condizioni per il rientro nei livelli inferiori, il Comitato Decisionale stabilisce, sulla base delle analisi della SPM, se permanere nel Livello 2 (Arancione) o passare al Livello 3 (Rosso).

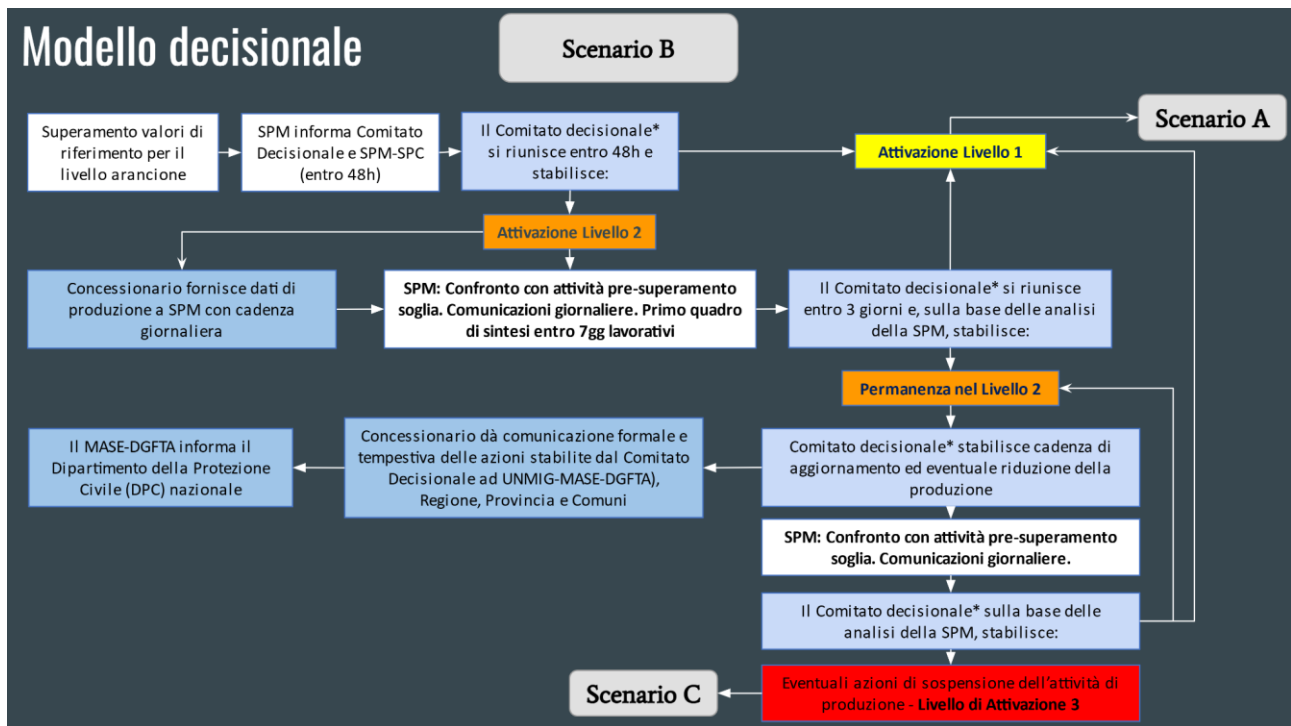


Figura 4. Schema del modello decisionale per la gestione del monitoraggio - scenario B. * Vedere definizione al Capitolo 4.

5.2.3 SCENARIO C

Nel caso in cui si riscontri il superamento diretto di almeno uno dei valori di riferimento relativi al Livello 2 (Arancione), secondo quanto sopra definito, le azioni da intraprendere sono le seguenti (fig. 5).

1. La SPM informa tramite e-mail nell'arco di 48h, e successivamente via pec, il Comitato Decisionale, i cui referenti sono indicati nell'Allegato 1 al presente documento. Il Comitato Decisionale si riunisce entro 24h dall'informativa della SPM e stabilisce se attivare il Livello 2 (Scenario B) o il Livello 3 (Rosso), ed eventuali azioni da intraprendere, comunicando gli esiti alla SPM e informandone il Comitato.
2. Il Concessionario provvede a fornire con cadenza giornaliera i dati di produzione (portate e pressioni di testa pozzo) orari, o comunque al massimo giornalieri, ed eventuali registrazioni dei profili statici e misure con sensori di pozzo temporanei da trasmettere appena disponibili come anche dettagliato nel "Protocollo trasmissione dati", nonché le eventuali ulteriori informazioni a sua disposizione, al fine di consentire alla SPM di studiare l'evento riscontrato in relazione alle attività di produzione in corso.
3. La SPM analizza le variazioni dei parametri monitorati e delle attività di produzione in corso con cadenza giornaliera, trasmettendo, sempre con cadenza giornaliera, gli esiti del monitoraggio, ed inviando una sintesi dei risultati delle analisi entro 7 giorni lavorativi dal superamento dei valori di riferimento al Comitato Decisionale. Considerando la sostanziale impossibilità, allo stato attuale nello stabilire un nesso univoco di causalità tra variazioni di parametri monitorati e l'attività di estrazione di fluidi dal sottosuolo nelle tempistiche dei piani di intervento descritti dagli ILG, ai fini della gestione del monitoraggio l'analisi sarà focalizzata sulla comparazione dei parametri misurati (ratei, magnitudo, valori di picco PGA

e PGV) con i livelli osservati prima del superamento dei valori di riferimento, in relazione alle attività di produzione ed eventualmente stoccaggio in corso nella concessione SPC. Nella conduzione delle analisi, la SPM si interfaccia con la SPM-SPC per eventuali analisi congiunte.

4. Il Comitato Decisionale si riunisce entro 2 giorni dalla ricezione della sintesi dei risultati della SPM e stabilisce, sulla base della stessa, se modificare il Livello di attivazione. Nel caso di permanenza nel Livello di attivazione Rosso, il medesimo Comitato stabilisce eventuali azioni di progressiva riduzione o sospensione della produzione e la tempistica con cui aggiornare la permanenza o meno nel Livello. Il Concessionario dà comunicazione formale e tempestiva delle azioni intraprese, in relazione a quelle stabilite dal Comitato Decisionale, alla sezione UNMIG (che ne informa MASE-DGFTA), alla Regione, alla Provincia e ai Comuni. Il MASE-DGFTA informa il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) nazionale.
5. Qualora, nonostante le azioni intraprese stabilite dal Comitato Decisionale, non siano verificate le condizioni per il rientro nei livelli inferiori, il Comitato Decisionale valuta se passare alla Fase 3 (Gestione straordinaria di variazioni nei parametri monitorati).

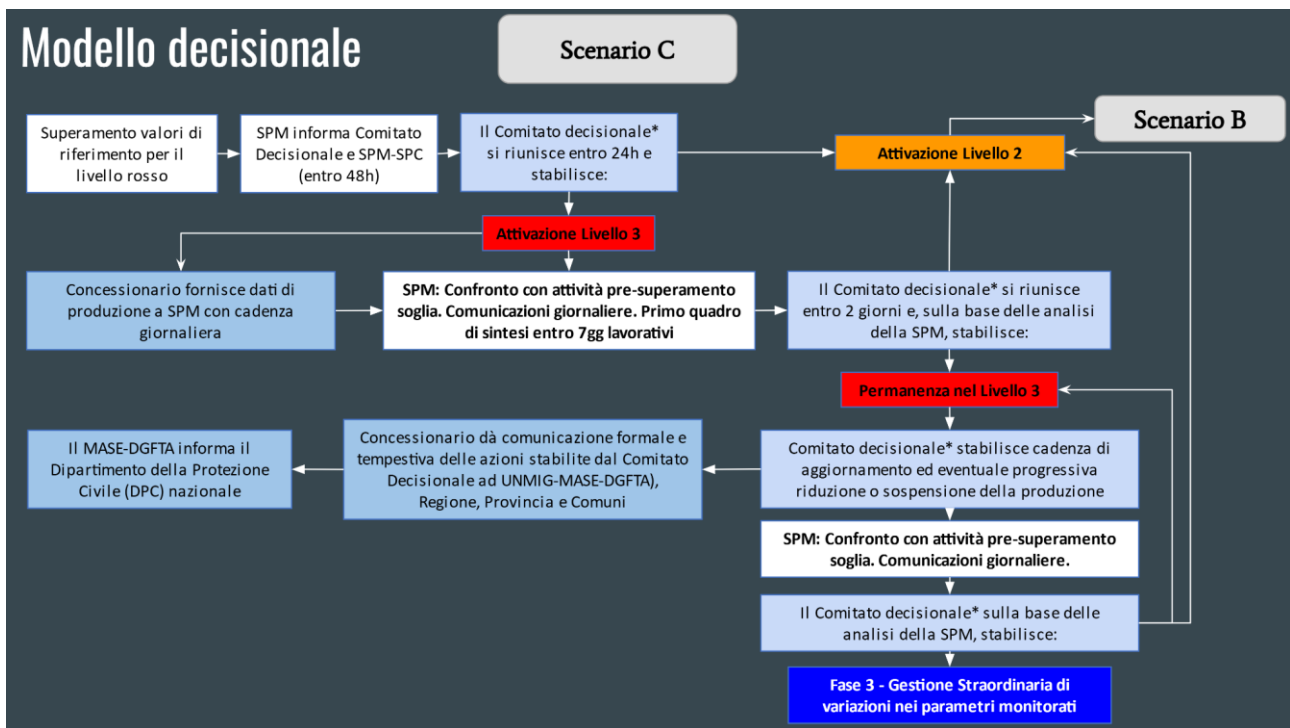


Figura 5. Schema del modello decisionale proposto per la gestione del monitoraggio - scenario C. * Vedere definizione al Capitolo 4.

5.3 Fase 3 - Gestione straordinaria di variazioni nei parametri monitorati

Riguarda il caso in cui le procedure poste in essere nella Fase 2 sopra menzionata non determinino una variazione dei parametri compatibile con il rientro ad un Livello inferiore o, più in generale, il ripristino delle condizioni di fondo o l'inversione di tendenza nelle variazioni osservate entro i tempi sopra indicati.

Il Concessionario dà comunicazione formale e tempestiva delle azioni intraprese, in relazione a quelle stabilite dal Comitato Decisionale, alla sezione UNMIG (che ne informa MASE-DGFTA), alla Regione, alla Provincia e ai Comuni. Il MASE-DGFTA informa il Dipartimento della Protezione

Civile (DPC) nazionale. Il DPC, la Regione, la Provincia e i Comuni, per quanto di propria competenza, attivano i propri organismi scientifici e operativi per i seguiti di competenza ai sensi del D. Lgs.1/2018 e secondo quanto previsto dai rispettivi piani di protezione civile.

In tutti i casi, la SPM continua ad analizzare i segnali del monitoraggio con cadenza giornaliera e a fornire supporto al Comitato Decisionale e ad interfacciarsi con la SPM-SPC.

6. Note conclusive

Le procedure con cui saranno messe in atto l'attenzione e le eventuali riduzione progressiva, sospensione e ripristino delle attività (precedenti punti) sono state redatte dalle parti in funzione delle proprie competenze e responsabilità come previsto dagli stessi ILG.

Si evidenzia tuttavia la necessità di una costante revisione ed aggiornamento della gestione operativa del monitoraggio in funzione dei dati che saranno di volta in volta acquisiti.

Bibliografia

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

Braun T., Cesca S., Kühn D., Martirosian-Janssen A. and Dahm T.; 2018b: Anthropogenic seismicity in Italy and its relation to tectonics: state of the art and perspectives. *Anthropocene*, 21, 80-94, doi: 10.1016/j.ancene.2018.02.001

Braun T., Danesi S. and Morelli A., (2020). Application of monitoring guidelines to induced seismicity in Italy. *Journal of Seismology*, 24, 1015–1028. Doi: 10.1007/s10950-019-09901-7

Dahm, T., Becker, D., Bischoff, M., Cesca, S., Dost, B., Fritschen, R., Hainzl, S., Klose, C., Kühn, D., Lasocki, S., Meier, T., Ohrnberger, M., Rivalta, E., Wegler, U., Husen, S., 2013. Recommendation for the discrimination of human-related and natural seismicity. *J. Seismol.* 17, 197–202. doi:<http://dx.doi.org/10.1007/s10950-012-9295-6>.

Dialuce, G., C. Chiarabba, D. Di Bucci, C. Doglioni, P. Gasparini, R. Lanari, E. Priolo, and A. Zollo (2014). Indirizzi e linee guida per il monitoraggio della sismicità, delle deformazioni del suolo e delle pressioni di poro nell'ambito delle attività antropiche, Roma, https://unmig.mite.gov.it/wp-content/uploads/2018/07/85_238.pdf

Foulger, G. R., et al. «Global Review of Human-Induced Earthquakes». *Earth-Science Reviews*, vol. 178, 2018, pp. 438–514. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2017.07.008>.

Foulger, G.R., Dong, L. Induced seismicity. *Sci Rep* 14, 29087 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79796-z>

Garcia A. A, S. Danesi, T. Braun, M. Anselmi, L. Zaccarelli, D. Famiani, A. Morelli (2020). Epistemic Uncertainties in Local Earthquake Locations and Implications for Managing Induced Seismicity. *Bulletin of the Seismological Society of America* 110 (5): 2423–2440. doi: <https://doi.org/10.1785/0120200100>

Grigoli, F., S. Cesca, E. Priolo, A. P. Rinaldi, J. F. Clinton, T. A. Stabile, B. Dost, M. G. Fernandez, S. Wiemer, and T. Dahm (2017), Current challenges in monitoring, discrimination, and management of induced seismicity related to underground industrial activities: A European perspective, *Rev. Geophys.*, 55, 310–340, doi:10.1002/2016RG000542.

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>

Lomax, A., A. Michelini, and A. Curtis (2009). Earthquake location, direct, global-search methods, in *Encyclopedia of Complexity and Systems Science*, R. A. Meyers (Editor), 1–33, Springer, New York, New York.

Lomax, A., J. Virieux, P. Volant, and C. Berge-Thierry (2000). Probabilistic earthquake location in 3D and layered models, in *Advances in Seismic Event Location*, C. H. Thurber and N. Rabinowitz (Editors), *Modern Approaches in Geophysics*, 101-134, Springer, Dordrecht, Netherlands

Rossi, C., Cocorullo, C., and Grigoli, F.: Monitoring microseismicity with SeisComP and a local 3D velocity model, EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23–27 May 2022, EGU22-8517, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-8517>, 2022.

Allegato 1

Membri del Comitato Decisionale (cfr. cap.4) relativo ai livelli 1, 2 e 3:

Sezione UNMIG dell'Italia Centro Nord

Ufficio di Bologna pec: unmig.bologna@pec.mase.gov.it

Ruolo	Cognome	Nome	e-mail	Tel.	
Funzionario UNMIG	Agazzani	Alessio	agazzani.alessio@mase.gov.it	051234326 (uff.) – <i>...omissis...</i>	Referente

Regione Emilia-Romagna

Settore Difesa del Territorio – Area Geologia, suoli e sismica pec: segrgeol@postacert.regione.emilia-romagna.it

Ruolo	Cognome	Nome	e-mail	Tel.	
Funzionario AGSS	Martelli	Luca	luca.martelli@regione.emilia-romagna.it	0515274360 (uff.) - <i>...omissis...</i>	Referente
Funzionario AGSS	Severi	Paolo	paolo.severi@regione.emilia-romagna.it	0515274335 (uff.) – <i>...omissis...</i>	Sostituto

Comune di Bagnacavallo e Comune di Lugo

Ufficio: Area Territorio e Ambiente - Unione dei Comuni della Bassa Romagna pec: pg.unione.labassaromagna.it@legalmail.it

Comune di Bagnacavallo pec: pg.comune.bagnacavallo.ra.it@legalmail.it

Comune di Lugo pec: pg.comune.lugo.ra.it@cert.legalmail.it

Ruolo	Cognome	Nome	e-mail	Tel.	
Dirigente Area Territorio e Ambiente	Doni	Marina	donim@unione.labassaromagna.it	...omissis...	Referente
Responsabile Servizio Ambiente ed Energia	Dosi	Alice	dosia@unione.labassaromagna.it	...omissis...	Referente
Funzionario Servizio Ambiente ed Energia	Longanesi	Bruno	longanesib@unione.labassaromagna.it	0545299186	Sostituto

Società Padana Energia S.r.l. pec: societapadanaenergia@legalmail.it

Ruolo	Cognome	Nome	e-mail	Tel.	
Responsabile Area Tecnica e di Ingegneria	Capelletti	Massimo	massimocapelletti@gasplus.it	0525419320 (uff.) ...omissis...	Referente
Consulente	Susanni	Daniele Paolo	dsusanni@ramboll.com	020063091 (uff.) ...omissis...	Sostituto

Persone di contatto per la SPM

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) pec: aoo.roma@pec.ingv.it

Ruolo	Cognome	Nome	e-mail	Tel.	
Ricercatore – Referente per la SPM	Pezzo	Giuseppe	giuseppe.pezzo@ingv.it	...omissis...	Referente
Ricercatore – Referente per la SPM	Garcia	Alexander	alexander.garcia@ingv.it	...omissis...	Referente
Ricercatore – Coordinatore CMS (SPM)	Saccorotti	Gilberto	gilberto.saccorotti@ingv.it	...omissis...	Referente