

## LE SCHEDE GEO: UNO STRUMENTO OPERATIVO PER LA VERIFICA DEI FENOMENI COSISMICI NELLA PRIMA EMERGENZA SISMICA

P. Marsan, Gruppo di lavoro Schede GEO, F. Bramerini, C. Conte

*Dipartimento della Protezione Civile, Roma*

**Introduzione.** Nelle fasi immediatamente successive ad un evento sismico di forte intensità, il sistema di protezione civile, le autorità civili e militari e le organizzazioni di volontariato, hanno come priorità il soccorso alle popolazioni colpite, attraverso l'organizzazione delle operazioni per il recupero dei feriti e delle vittime e l'allestimento di alloggi e strutture temporanee per i sopravvissuti e i senzatetto.

Parallelamente alle operazioni umanitarie, nel corso delle prime fasi di gestione delle emergenze, ci si deve occupare anche della verifica delle condizioni di percorribilità della viabilità, aspetto questo di fondamentale importanza per garantire l'accessibilità alle zone colpite che necessitano dei primi soccorsi. A seguito di un forte terremoto, infatti, una delle principali criticità è la verifica della circolazione stradale che può trovarsi profondamente compromessa a seguito dell'inagibilità di ponti, viadotti e gallerie o per l'ostruzione della viabilità urbana provocata dalle macerie degli edifici crollati. In aree di pianura molti problemi possono essere creati da fenomeni di liquefazione, mentre nelle zone montuose non è sottovalutare la possibilità di trovare strade interrotte da frane o ostruite dai detriti prodotti da cadute di massi di varie dimensioni.

A fronte di questi possibili scenari, solo una rapida ed efficace campagna di rilievo del danno realizzata con strumenti in grado di valutare il rischio residuo per tutte le situazioni

osservate può contribuire a rendere più efficace la macchina dei soccorsi. Tutte le informazioni raccolte, inoltre, se opportunamente organizzate e catalogate, potranno arricchire le banche dati esistenti, rappresentando un prezioso strumento per studi ed analisi sulla vulnerabilità ed il rischio sismico del patrimonio antropico presente sul territorio nazionale.

Uno strumento tecnico che si è dimostrato estremamente efficace, anche a seguito degli ultimi terremoti, è la scheda per il rilievo dell'agibilità degli edifici (Scheda AeDES: Agibilità e Danno in Emergenza Sismica) che ha consentito di effettuare, in un periodo relativamente breve, un rilievo speditivo dei danni alle strutture antropiche nelle aree interessate dagli eventi e la loro conseguente analisi e quantificazione.

La compilazione della Scheda AeDES, se da una parte ha consentito ad una buona parte della popolazione di rientrare nella propria abitazione in tempi relativamente brevi, dall'altra ha però evidenziato alcune carenze nella definizione e identificazione delle problematiche geologiche e geotecniche connesse all'occorrenza dell'evento sismico e alle loro possibili interazioni con le opere strutturali e infrastrutturali.

La necessità, pertanto, di contribuire ad una migliore identificazione delle problematiche geologiche e geotecniche e degli effetti che un evento sismico causa sull'ambiente fisico e, conseguentemente, sui terreni al di sotto o al contorno degli edifici e delle opere infrastrutturali in genere, ha spinto il Dipartimento della Protezione Civile (DPC) a creare un gruppo di studio interistituzionale che si occupasse specificatamente di predisporre anche una serie di schede (Schede GEO: geologiche e geotecniche) che contribuissero alla valutazione dei danni se causati o connessi a fenomeni cosismici geologici e geotecnici (gruppo di lavoro Schede GEO).

Le Schede GEO sono quindi il frutto delle diverse esperienze effettuate sul campo a seguito degli ultimi eventi più significativi: Abruzzo (2009) ed Emilia (2012), durante i quali squadre di tecnici hanno dato il loro significativo contributo all'interno della funzione tecnica del DPC.

La necessità di programmare gli interventi, assegnando a squadre di tecnici una determinata area, per velocizzare le ispezioni e per evitare sovrapposizioni, e adottando uno strumento comune per la schedatura dei rilievi, è il filo conduttore della realizzazione delle Schede GEO. Le schede garantiscono una valutazione omogenea ed oggettiva di ogni fenomeno cosismico provocato dall'evento sismico e permettono una rapida ed efficace definizione degli interventi.

**Fenomeni di instabilità permanente (cosismici e post sismici).** Negli ICMS (2008) le principali instabilità cosismiche permanenti sono:

- instabilità di versante;
- liquefazione;
- faglie attive e capaci;
- cedimenti differenziali.

Negli studi di microzonazione sismica, tali fenomeni cosismici caratterizzano alcune tipologie di zone (zone suscettibili di instabilità) e sono individuate, qualitativamente, in base alle informazioni minime acquisite nel livello MS1 e, solo in un secondo tempo, sono analizzate e definite quantitativamente, nei livelli di approfondimento successivi (MS3).

A queste stesse instabilità, riportate nelle Schede GEO, si sono aggiunti altri fenomeni cosismici quali:

- collasso di cavità sotterranee
- innalzamento del livello della falda
- fratturazione generica (anche non legata alla fagliazione) del terreno.

Oltre alle instabilità permanenti, nella scheda sono richieste informazioni anche su eventuali opere di sostegno, il danneggiamento delle quali può fornire informazioni utili a valutazioni sulla estensione e magnitudo delle instabilità.

**Gruppo di lavoro e attività.** Il Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 828 del 5 marzo 2012 ha disposto la costituzione di un Gruppo di lavoro interistituzionale per definire una serie di schede di valutazione post-evento per gli aspetti geologici e geotecnici

(Schede GEO). L'obiettivo riportato nel decreto è la formazione di una base conoscitiva speditiva, funzionale alla gestione della prima fase dell'emergenza (schede 1, 2 3 del decreto) e di quella immediatamente successiva, per gli aspetti relativi agli insediamenti temporanei (scheda 4 del decreto).

Il Gruppo di lavoro era costituito da funzionari tecnici delle Regioni, da ricercatori di Enti di ricerca e Università e funzionari tecnici del DPC. All'interno Erano presenti all'interno del gruppo le competenze necessarie a sviluppare i temi definiti nel decreto: geologi, ingegneri geotecnici ed esperti in emergenze sismiche.

Le Schede Geo possono essere utilizzate come uno strumento di verifica dei danni, connessi a fenomeni geologici e geotecnici, di edifici e infrastrutture generici, ma ovviamente l'interesse primario, nella fase della prima emergenza, è la verifica del sistema fisico di protezione civile. In questa ottica, quindi, le Schede Geo sono state realizzate con un'attenzione particolare per gli elementi della Condizione Limite dell'Emergenza (CLE, 2013).

Si ricorda qui brevemente che si definisce CLE dell'insediamento urbano, quella condizione al cui superamento, a seguito del manifestarsi dell'evento sismico, pur in concomitanza con il verificarsi di danni fisici e funzionali tali da condurre all'interruzione delle quasi totalità delle funzioni urbane presenti, compresa la residenza, l'insediamento urbano conserva comunque, nel suo complesso, l'operatività della maggior parte delle funzioni strategiche per l'emergenza, la loro accessibilità e connessione con il contesto territoriale.

L'analisi della CLE dell'insediamento urbano comporta:

- a) l'individuazione degli edifici e delle aree che garantiscono le funzioni strategiche per l'emergenza;
- b) l'individuazione delle infrastrutture di accessibilità e di connessione con il contesto territoriale, degli edifici e delle aree di cui al punto a) e gli eventuali elementi critici;
- c) l'individuazione degli aggregati strutturali e delle singole unità strutturali che possono interferire con le infrastrutture di accessibilità e di connessione con il contesto territoriale.

L'analisi viene condotta in concomitanza agli studi di microzonazione sismica e perciò a livello comunale, anche se è possibile effettuarla a livello intercomunale.

I componenti il Gruppo di lavoro "Schede GEO" sono:

Dipartimento della Protezione Civile: Marsan P. (coordinatore del Gruppo), Iannarelli E., Naso G.;

Conferenza delle Regioni e Province Autonome: Boscherini A., Crippa A., Motti A.;

Centri di Competenza: CNR Cardinali M., Moscatelli M., Pagliaroli A; EUCENTRE Bozzoni F., Casarotti C., Lai C.; ISPRA Blumetti A., Chiessi V., Comerci V.; ReLUIAversa S., Simonelli A.L.

**Schede GEO.** Sulla base di queste esigenze quindi le Schede Geo sono state pensate e realizzate per i seguenti elementi valutati nelle analisi della CLE:

- edifici strategici,
- aree di emergenza/ammassamento,
- aree di emergenza/ricovero,
- infrastrutture di accessibilità,
- infrastrutture di connessione.

Ai quali si sono aggiunte perché lo prevedeva il decreto:

- aree per gli insediamenti provvisori.

Le schede sono costituite ognuna da 5 sezioni. La sezione 1, con la descrizione dell'elemento da valutare e i dati riferiti ai compilatori della scheda, riportano le stesse informazioni delle schede CLE e dovranno essere compilate durante le procedure pre-evento. Le sezioni 2-3-4-5 saranno compilate durante i sopralluoghi post evento entro 6-12 ore dall'evento (Fig. 1).

In particolare:

- nella sezione 1 saranno riportate informazioni utili all'identificazione delle strutture e



**Finalità del rilievo**  
**RILIEVO POST EVENTO EFFETTI GEOLOGICI**  
**(PEG)**

**EDIFICIO STRATEGICO**  
 versione 3.0

Sezione PEG1 - RILEVATORI						
RESPONSABILE DELLA REGIONE	1	Cognome	<input type="text"/>	2	Nome	<input type="text"/>
	3	Ruolo nell'emergenza	<input type="text"/>			
	4	Ufficio di appartenenza	<input type="text"/>	5	Telefono	<input type="text"/>
	6	Giorno	<input type="text"/>	7	Ora	<input type="text"/>
COMPONENTI DELLA SQUADRA	8	Cognome	<input type="text"/>	9	Nome	<input type="text"/>
	10	Qualifica professionale	<input type="text"/>			
	11	Affiliazione	<input type="radio"/> Funzionario pubblico <input type="radio"/> Ricercatore <input type="radio"/> Libero professionista			
	12	Ente/Università/Società	<input type="text"/>			
COMPONENTI DELLA SQUADRA	13	Cognome	<input type="text"/>	14	Nome	<input type="text"/>
	15	Qualifica professionale	<input type="text"/>			
	16	Affiliazione	<input type="radio"/> Funzionario pubblico <input type="radio"/> Ricercatore <input type="radio"/> Libero professionista			
	17	Ente/Università/Società	<input type="text"/>			
COMPILAZIONE	18	Conclusa il giorno	<input type="text"/>	19	Alle ore	<input type="text"/>
	20	L'esito è stato comunicato il	<input type="text"/>	21	Alle ore	<input type="text"/>
Sezione PEG2 - DESCRIZIONE EFFETTI SULL'AMBIENTE INDOTTI DAL SISMA						
EFFETTI INDOTTI DAL SISMA	22	<input type="checkbox"/> Frana	23	<input type="checkbox"/> Liquefazione	24	<input type="checkbox"/> Fagliazione superficiale
	25	<input type="checkbox"/> Cedimento differenziale	26	<input type="checkbox"/> Collasso di cavità sotterranea	27	<input type="checkbox"/> Fratturazione del terreno
	28	<input type="checkbox"/> Innalzamento falda	29	<input type="checkbox"/> Nessuno		
FRANA	30	Interferenza con l'ES	<input type="radio"/> Interferente con l'ES <input type="radio"/> Non interferente, frana a monte <input type="radio"/> Non interferente, frana a valle			
	31	Distanza minima (nel caso di non interferenza)	<input type="text"/> m			
	32	Tipo di frana	<input type="radio"/> Frana in terra <input type="radio"/> Frana in roccia <input type="radio"/> Frana in litologia mista			
	33	Dimensione massima del blocco (in caso di frana in roccia o in litologia mista)	<input type="text"/> m			
	34	Lunghezza (dalla nicchia di distacco al fronte)	<input type="text"/> m			
Caratteristiche geometriche	35	Larghezza (al fronte)	<input type="text"/> m			
	36	Volume totale (V) stimato o presunto	<input type="radio"/> $V \leq 10 \text{ m}^3$ <input type="radio"/> $10 \text{ m}^3 < V \leq 1000 \text{ m}^3$ <input type="radio"/> Oltre $1000 \text{ m}^3$			
LIQUEFAZIONE	37	Interferenza con l'ES	<input type="radio"/> Interferente con l'ES <input type="radio"/> Non interferente			
	38	Distanza minima (nel caso di non interferenza)	<input type="text"/> m			
	39	Indizi rilevatori	40	<input type="checkbox"/> Fontanelle di sabbia	41	<input type="checkbox"/> Vulcanetti di sabbia
	42	<input type="checkbox"/> Fratture nel terreno con (o senza) fuoriuscita di sabbia	43	<input type="checkbox"/> Fuoriuscita di sabbia da pozzi/tombini		
	44	<input type="checkbox"/> Efflusso superficiale di acqua	45	<input type="checkbox"/> Altro		
Caratteristiche geometriche	46	Superficie interessata	<input type="text"/> m <sup>2</sup>			
	47	Cedimenti verticali lungo le eventuali fratture	<input type="text"/> cm			
	48	Espansioni laterali	<input type="text"/> cm			
FAGLIAZIONE SUPERFICIALE	49	Interferenza con l'ES	<input type="radio"/> Interferente con l'ES <input type="radio"/> Non interferente			
	50	Traccia della faglia a distanza minima (nel caso di non interferenza)	<input type="text"/> m			
	51	Interferente con elementi associati alla faglia principale	<input type="text"/>			
	52	Posizione dell'ES rispetto alla faglia	L'ES, se non interferente, è su: <input type="radio"/> Hanging wall della faglia <input type="radio"/> Footwall della faglia <input type="radio"/> Non definibile			
CEDIMENTO DIFFERENZIALE	53	Massimo rigetto morfologico osservato lungo la faglia principale	<input type="text"/> cm			
	54	Interferenza con l'ES	<input type="radio"/> Interferente con l'ES tra parti dell'edificio strutturalmente connesse <input type="radio"/> Interferente con l'ES tra parti dell'edificio strutturalmente indipendenti <input type="radio"/> Non interferente			
	55	Distanza minima (nel caso di non interferenza)	<input type="text"/> m			
Caratteristiche del contatto	56	<input type="radio"/> Stratigrafico				
	57	<input type="radio"/> Contatto per faglia				
COLLASSO DI CAVITÀ SOTTERRANEA	58	Interferenza con l'ES	<input type="radio"/> Interferente con l'ES <input type="radio"/> Non interferente			
	59	Distanza minima (nel caso di non interferenza)	<input type="text"/> m			
	60	Profondità del fondo della cavità stimata o presunta	<input type="radio"/> < 3m <input type="radio"/> tra 3 e 7m <input type="radio"/> > 7m <input type="radio"/> non stimabile			
61	Caratteristiche	62	Stima della superficie interessata dagli effetti dei collassi di cavità	<input type="text"/> m <sup>2</sup>		

Fig. 1 – Esempio di stralcio della Scheda GEO. La scheda riportata è quella riferita agli edifici strategici.

- infrastrutture strategiche, parte comune alla prima sezione delle schede CLE,
- la sezione 2 è relativa alla descrizione degli effetti ambientali eventualmente indotti dal sisma,
  - la sezione 3 è destinata ad ospitare le indicazioni sintetiche relative all'accessibilità e alla criticità del sito dal punto di vista geologico e geotecnico (fenomeni di deformazione permanente indotti dal sisma),

Tab. 1 - Esempio di informazioni della Scheda GEO. Sez 3: Condizioni di accessibilità al sito.

<b>Sezione PEG3 - CONDIZIONI DI ACCESSIBILITÀ E DI CRITICITÀ DEL SITO</b>	
ACCESSIBILITÀ	- Accessibile
	- Accessibile con interventi di immediata realizzabilità
	- Accessibile con interventi di non immediata realizzabilità
CRITICITÀ DEL SITO	- Elevata
	- Media
	- Bassa/nulla

- nella sezione 4 si propongono eventuali interventi immediati per il ripristino dell'accessibilità e la risoluzione delle criticità geologiche e geotecniche,
- nella sezione 5 infine si esprime un giudizio sintetico finale sulla fruibilità dell'edificio strategico dal punto di vista geologico e geotecnico, redatto sulla base delle sezioni 3 e 4.

Tab. 2 - Esempio di informazioni della Scheda GEO. Sez. 5: Giudizio sintetico finale.

<b>Sezione PEG5 - GIUDIZIO SINTETICO FINALE</b>	
FRUIBILITÀ	Immediata
	Possibile con interventi "leggeri" (realizzabili in 1-5 giorni)
	Possibile con interventi "medi" (realizzabili in 5-10 giorni)
	Possibile con interventi "pesanti" (realizzabili in più di 10 giorni)
	Non compatibile con i tempi della prima emergenza (30 giorni)
	La fruibilità è stata seriamente compromessa dal sisma ma non da effetti dell'ambiente indotti dal sisma

Un prototipo delle schede è stato utilizzato e validato durante un'esercitazione di protezione civile svolta nella Regione Basilicata.

Oltre alla definizione anche grafica delle schede il lavoro del gruppo interistituzionale ha raggiunto altri risultati che sono:

- a. descrizione degli ambiti di utilizzo delle schede,
- b. possibilità di definizione di un quadro generale (entro poche ore) degli effetti sul territorio, dovuti all'evento, che interessano gli elementi per la gestione dell'emergenza sopra elencati,
- c. individuazione delle priorità (rispetto all'intero territorio) di immediato intervento in funzione del rischio residuo e dell'impatto sul sistema di risposta territoriale,
- d. individuazione delle maggiori criticità,
- e. prime indicazioni utili alla risoluzione o alla riduzione delle criticità,
- f. individuazione degli elementi descrittivi geologici e geotecnici per un'appendice della Scheda Aedes utilizzata in abito post-sismico per il rilievo del danno agli edifici e per la

- conseguente agibilità (sezioni 7 e 8)
- g. descrizione efficace degli elementi geologici e geotecnici indispensabili per un giudizio sull'immediata fruibilità dell'elemento funzionale all'emergenza in esame, fornito con dati e forme lessicali comprensibili
  - h. indicazioni su eventuali indagini per dettagliare meglio l'effetto sul territorio o mitigare le incertezze,

Nell'ambito della procedura pre-evento è prevista l'informatizzazione delle schede e la progettazione e realizzazione di un sistema di archiviazione delle informazioni

**Procedura di utilizzo delle Schede GEO.** Nell'ambito dei lavori del gruppo di lavoro si è anche stabilita una procedura di utilizzo delle schede nella fase di prima emergenza.

La procedura è divisa in due parti: una serie di azioni da effettuare in fase di preparazione pre evento (durante la stesura della CLE) e un'altra serie che prevede il vero e proprio intervento in emergenza.

La sezione 1 delle schede dovrà essere compilata durante le procedure pre evento. Le sezioni 2-3-4-5 saranno compilate durante i sopralluoghi post evento entro 6-12 ore dall'evento.

Di seguito si riportano le azioni della procedura post evento:

- 1) sulla base dello scenario dell'evento, il DPC allerta il Referente della Regione interessate interessata al sisma, e comunica/trasmette i dati di scenario;
- 2) il Referente della Regione, sulla base dello scenario dell'evento ricevuto da DPC e ulteriori informazioni in suo possesso, quantifica il numero di squadre di tecnici (1 geologo, 1 ingegnere geotecnico e 1 ingegnere strutturista) da attivare e sulla base della dislocazione geografica dei tecnici disponibili rispetto allo scenario di evento, ottimizza i sopralluoghi;
- 3) la squadra conferma la disponibilità all'immediata attivazione; in caso di mancata conferma (di entrambi i membri della squadra o di uno solo componente), il Referente della Regione attiva la squadra alternativa sulla base della vicinanza geografica;
- 4) la squadra esperisce, secondo criteri di priorità prestabiliti dal Referente della Regione, i sopralluoghi assegnati, comunicando immediatamente al Referente il giudizio sintetico finale (sezione 5) per ogni elemento del sistema di emergenza e trasmettendo, subito dopo, la scheda compilata in formato elettronico;
- 5) la squadra conserva le schede cartacee compilate durante i sopralluoghi;
- 6) la squadra, con l'assenso del Referente della Regione, sulla base della valutazione delle schede pervenute:
  - a. informa immediatamente i sindaci di eventuali gravi criticità che possono condizionare l'utilizzo della struttura di emergenza oggetto della scheda,
  - b. informa la competente struttura di gestione dell'emergenza rispetto a immediate necessità di intervento per la rimozione di rischio per la pubblica incolumità,
  - c. inserisce nel database la scheda compilata per le sezioni 2/3/4/5/ (la sezione 1 dovrebbero già essere compilate);
- 7) la squadra, al termine di tutti i sopralluoghi assegnati, porta le schede cartacee nella sede del Referente della Regione;
- 8) il Referente della Regione, dopo aver controllato la piena corrispondenza della scheda cartacea con quella informatica, archivia anche la scheda cartacea.

**Conclusioni e criticità.** La predisposizione della presente scheda ha rappresentato un primo importante passo verso la realizzazione di un sistema integrato di rilevamento di oggetti territoriali; lo stesso sistema integrato può costituire elemento valutativo in diversi settori disciplinari.

In questo caso, l'obiettivo che si è dato il gruppo di lavoro Schede GEO era quello di integrare il set informativo riguardante le pericolosità geologiche e geotecniche, andando a evidenziare tutte le relazioni esistenti con il set informativo a suo tempo predisposto per l'analisi della CLE. Il metodo già proposto in altri progetti (es. integrazione dei dati di microzonazione sismica

con quelli dell'analisi della CLE) e qui ulteriormente consolidato ha evidenziato l'utilità di strutturare le informazioni in moduli logici predeterminati (schede): in questo modo si determinano le condizioni per il loro utilizzo in diverse condizioni, sia in campo di prevenzione, che in campo di intervento in emergenza, mantenendo comunque la necessaria flessibilità verso ulteriori integrazioni e sviluppi futuri.

L'intero procedimento adottato è stato possibile e ha dimostrato la sua efficacia grazie alla messa a punto di un sistema procedurale di rilevamento e di analisi ormai consolidato attraverso le numerose esperienze fino ad oggi effettuate per la valutazione della pericolosità sismica post-evento. Le schede predisposte, pertanto, rappresentano la razionalizzazione di tale procedimento costituendo semplici strumenti di supporto, coerenti con i tempi delle attività emergenziale e post-emergenziale.

È bene sottolineare che uno fra gli elementi di vantaggio di tali semplici strumenti operativi è dato dalla standardizzazione e dalla semplificazione degli elementi valutativi che il tecnico rilevatore si trova ad affrontare in situazioni talora estremamente complesse. Un elemento invece critico dell'intero procedimento può essere dato dalla complessità di trasposizione di tutti questi elementi informativi in un sistema di archiviazione, che ne garantisca la coerenza e la semplicità informativa con quanto rilevato e la eventuale futura rielaborazione in funzione di criteri valutativi che potrebbero non essere ancora ben definiti in fase di rilevamento.

Il processo qui descritto evidenzia, inoltre, come la possibilità di strutturare le informazioni in maniera flessibile in funzione di obiettivi diversi, possa costituire una condizione molto vantaggiosa, nel momento in cui si debbano affrontare attività valutative afferenti a settori disciplinari completamente diversi, che vanno dalla pianificazione dell'emergenza alla valutazione del danno alla pianificazione e programmazione in generale degli interventi per la mitigazione del rischio.

### **Bibliografia**

CLE, Condizione limite dell'emergenza; 2013: *Strategie di mitigazione del rischio sismico e pianificazione*. Urbanistica Dossier. 13, anno XVII. INU Edizioni.

Decreto del capo Dipartimento della Protezione Civile n. 828 del 5 marzo 2012. *Istituzione gruppo di lavoro Schede GEO*.

<http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/cle.wp>

<http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/microzonazione.wp>

ICMS, Gruppo di lavoro MS; 2008: *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*. Conferenza delle Regioni e Province autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Cd-rom.