

**D.G.R. n. 35 - 5029 del 13/05/2022 – Disciplinare ALLEGATO B**

**INDICE GDE (GRADO DI EVOLUZIONE)  
PER STRUMENTI RERCOMF  
A LETTURA MANUALE (SLM) E DA REMOTO (SLR)  
Metodi e applicazioni  
(RIF. SERVIZIO ARPA B3.13)**

**Sommario**

PREMESSA.....	2
1 CALCOLO DELL'INDICE GDE (GRADO DI EVOLUZIONE) PER LA STRUMENTAZIONE A LETTURA MANUALE (SLM) – SITI B.....	4
2 CALCOLO DELL'INDICE GDE (GRADO DI EVOLUZIONE) PER LA STRUMENTAZIONE A LETTURA DA REMOTO (SLR) – SITI A.....	9
3. CONCLUSIONI.....	12
4. BIBLIOGRAFIA.....	13

## PREMESSA

Il “Disciplinare per lo sviluppo, la gestione e la diffusione dati di sistemi di monitoraggio su fenomeni franosi del territorio regionale con finalità di prevenzione e governo del territorio” regola, al capitolo 3, le attività relative all’esercizio dei sistemi di monitoraggio attivi su alcuni fenomeni franosi piemontesi.

Per indirizzare la scelta verso i sistemi di monitoraggio più efficaci in ciascuna specifica situazione e per una più adeguata interpretazione e diffusione dei dati correlati, i movimenti franosi più rappresentativi del territorio regionale sono in primo luogo suddivisi nelle macrocategorie descritte in tabella 1, sulla base del contesto morfologico e geografico.

Grandi frane alpine (GFA)	<b>grandi frane alpine ad evoluzione lenta con possibili accelerazioni</b> , con profondità di movimento medio-alta (superiore generalmente ai 15-20 metri)
Frane superficiali circoscritte (FSC)	<b>fenomeni lenti superficiali, tipologia di movimento scivolamento o complesso, con possibili accelerazioni</b> , di medie-piccole dimensioni con profondità di movimento medio-bassa (inferiore a 10-15 metri)
Scivolamenti planari delle Langhe (SPL)	<b>scivolamenti planari</b> tipici dell’area collinare del bacino terziario piemontese (Langhe)
Colamenti lenti dell’Appennino (CLA)	<b>colamenti lenti</b> , a profondità variabile, in formazioni argillose tipiche del settore appenninico alessandrino
Crolli e ribaltamenti (CRL)	<b>crolli e ribaltamenti</b> , ovvero porzioni di versante potenzialmente soggette allo sviluppo di improvvisi distacchi di roccia, presenti in diversi contesti alpini e collinari

Tabella 1: macrocategorie di frana sulla base del contesto morfologico e geografico

I siti di monitoraggio (esistenti o previsti) sono valutati da Arpa attraverso un’analisi del rischio e della strumentazione presente o proposta; sulla base dei risultati, vengono classificati in 4 categorie, come descritto in tabella 2. Tale analisi viene reiterata periodicamente seguendo una procedura interna di valutazione.

A	Siti a rischio medio-alto, attrezzati con strumenti a lettura in continuo da remoto SLR
B	Siti a rischio medio-alto, attrezzati con un numero di strumenti a lettura manuale SLM (in genere sia di superficie che di profondità) sufficientemente rappresentativo dell’intero fenomeno
C	Tutti i siti a rischio basso Siti a rischio medio-alto attrezzati con pochi strumenti a lettura manuale (SLM) non sufficientemente rappresentativi dell’intero fenomeno
D	Siti di studio di particolare interesse scientifico, sperimentali o non riconducibili alle categorie precedenti

**Nota bene** - I siti con strumenti che non hanno ancora registrato movimento sono assegnati alla classe C. Qualora un sito di classe A fosse strumentato anche con strumenti SLM, oltre alla classe A viene associata la relativa classe B o C.



*Tabella 2: classificazione dei siti monitorati sulla base del rischio e della rappresentatività della strumentazione installata*

L'analisi dei dati derivanti dalle campagne di misura sulla strumentazione si concretizza con la definizione di indici che descrivono l'evoluzione nel tempo del fenomeno franoso oggetto di monitoraggio; tali indici sono differenziati a seconda che si applichino a strumenti a lettura manuale o da remoto e sono definiti rispettivamente GDE-SLM (Grado Di Evoluzione per Strumenti a Lettura Manuale) e GDE-SLR (Grado Di Evoluzione per Strumenti a Lettura da Remoto).

Si evidenzia che, per quanto riguarda il calcolo del GDE-SLM, esso viene effettuato solo per i siti classificati nella categoria B, mentre per i siti di tipo C, viene verificata la buona qualità dal dato misurato che, in assenza di particolari evidenze di movimento, viene reso disponibile ai soggetti interessati in sola forma grafica e tabellare.

Il presente documento illustra i metodi utilizzati per la definizione dei GDE ed è quindi rivolto principalmente ai destinatari dei rapporti informativi, documenti di sintesi attraverso i quali l'Agenzia veicola le informazioni elaborate per ciascun sito della ReRCoMF.

## 1 CALCOLO DELL'INDICE GDE (GRADO DI EVOLUZIONE) PER LA STRUMENTAZIONE A LETTURA MANUALE (SLM) – SITI B

L'analisi e la comunicazione delle risultanze degli strumenti a lettura manuale vengono gestite mediante il GDE-SLM, un indice di sintesi che viene calcolato per ciascuno strumento che rilevi o abbia rilevato movimento.

### 1.1. Procedura di calcolo del GDE-SLM

Il calcolo del GDE-SLM prende in considerazione due parametri: **S<sub>b</sub>** e **Trend**.

- a) **S<sub>b</sub>**: entità di spostamento in superficie registrato per una finestra mobile di circa un biennio (compatibilmente con la regolarità di effettuazione delle misure semestrali o annuali).

Procedura:

- si fa la differenza tra l'ultima misura e quella registrata indicativamente due anni prima (in funzione della lettura disponibile);
- il valore ottenuto viene raffrontato con classi di spostamento definite a priori.

Il significato attribuito alle diverse classi (tabella 3) è relativo ad un possibile danno atteso, ovviamente inteso come valutazione qualitativa media sull'eventuale presenza di strutture antropiche.

Tale danno, definito in tabella come danno potenziale, è stato determinato sia su base empirica attraverso l'analisi storica dei diversi *eventi di accelerazione* (EDA) di dataset della ReRCoMF (INTERREG ALCOTRA V-A ADVITAM, 2019) sia attraverso dati di letteratura su aree comparabili a quelle del settore di indagine (Béjar-Pizarro et al. 2017, Cruden & Varnes, 1996, Frattini et al. 2013, Herrera et al. 2013, Mansour et al. 2011, Nappo et al. 2019).

<b>S<sub>b</sub></b>	<b>Danno potenziale</b>
<b>&lt; 1 cm</b>	Assenza di danni o lesioni
<b>1cm &lt; S<sub>b</sub> &lt; 2cm</b>	Presenza occasionale di lievi danni non strutturali su strutture antropiche, fessure su intonaci, strutture mal fondate e manti stradali
<b>2cm &lt; S<sub>b</sub> &lt; 4cm</b>	Presenza diffusa di lievi danni non strutturali, caduta di intonaci, fessurazione più evidente su strutture mal fondate, lesioni e crepe su manto stradale
<b>4cm &lt; S<sub>b</sub> &lt; 8cm</b>	Diffusi danni moderati su buona parte degli edifici, anche quelli di buona qualità, ampie e persistenti fessure, rottura elementi non strutturali, ampie fratture e gradini su manto stradale, alcune evidenze geomorfologiche quali fratture e gradini sul versante
<b>8 cm &lt; S<sub>b</sub> &lt; 20cm</b>	Danni da moderati a gravi a strutture antropiche, viabilità lesionata che necessita di interventi di ripristino, rischio problemi e interruzioni a infrastrutture di servizio
<b>S<sub>b</sub> &gt; 20cm</b>	Danni strutturali gravi e persistenti su strutture antropiche, infrastrutture e viabilità

Tabella 3: classi di spostamento nell'ultimo biennio (S<sub>b</sub>) sulla base dei possibili danni attesi

Nel caso di misure inclinometriche per il calcolo di S<sub>b</sub> viene presa in considerazione la risultante cumulata da fondo foro.

**b) Trend:** rappresenta l'evoluzione recente del movimento; si ricava dal confronto dello spostamento registrato in due bienni mobili successivi (S<sub>b,n</sub> e S<sub>b,n-1</sub>) "ponderato" attraverso il valore dell'incremento registrato nell'ultimo periodo di misura (S<sub>ult</sub>).

Procedura:

- si valuta se la classe di spostamento dell'ultimo biennio S<sub>b,n</sub> sia uguale, maggiore o minore rispetto a quella della finestra mobile precedente S<sub>b,n-1</sub> (figura 1);
- successivamente si calcola il rapporto % tra S<sub>ult</sub> e S<sub>b,n</sub> (il peso percentuale dell'ultima misura manuale dipende dalla frequenza di misura, 6-12 mesi);
- mettendo in relazione le due informazioni precedenti (confronto tra S<sub>b,n</sub> e S<sub>b,n-1</sub> e rapporto % tra S<sub>ult</sub> e S<sub>b</sub>), differenziate a seconda della frequenza temporale della misura, viene assegnata la classe del trend: in accelerazione (>>), costante (==) o in decelerazione (<<).

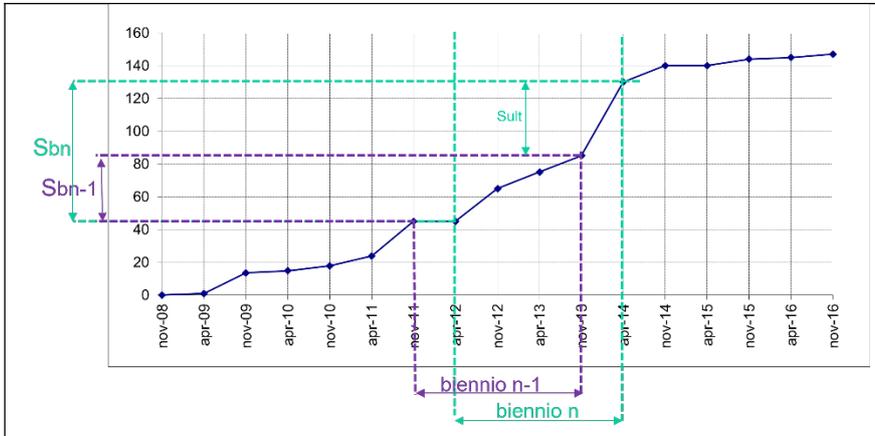


Figura 1: esempio di confronto tra  $S_{bn}$  (spostamento nel biennio apr-12/apr-14) e  $S_{bn-1}$  (spostamento nel biennio nov-11/nov-13)

Per quanto riguarda il calcolo del rapporto % tra  $S_{ult}$  e  $S_{bn}$ , in figura 2, a titolo d'esempio, in grigio e arancione sono evidenziati due periodi di due anni circa con un valore di spostamento  $S_b$  comparabile (50 e 52 mm in ordinata). La frequenza di lettura manuale è semestrale; all'interno della finestra temporale  $S_b$  ci sono quindi 4 misure.

Risulta ben evidente la differenza tra i due periodi di misura: nel primo (in grigio) la quasi totalità dello spostamento ( $S_b$ ) è avvenuto nell'ultimo semestre (accelerazione della velocità), rispetto al periodo in arancione nel quale la quasi totalità dello spostamento è avvenuta nel primo semestre (decelerazione della velocità).

Il rapporto  $S_{ult}/S_b$  evidenzia bene le due diverse situazioni, dando il giusto peso all'evoluzione registrata nell'ultimo intervallo di misura.

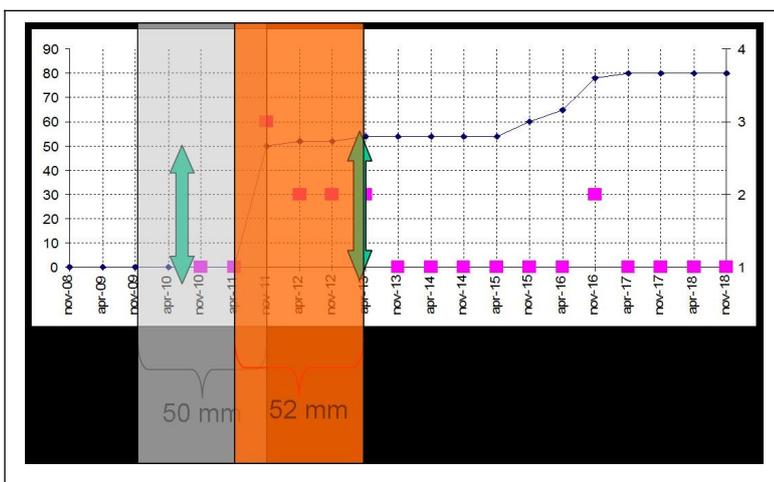


Figura 2: confronto tra lo spostamento avvenuto in due bienni in uno strumento a lettura manuale con frequenza semestrale

Nelle tabelle seguenti vengono riportate le matrici per la determinazione del trend per le diverse frequenze di lettura.

<b>Trend per letture annuali</b>			
<b>Confronto <math>S_{b,n} / S_{b,n-1}</math></b>	<b>Sult / <math>S_{b,n} \times 100</math></b>		
	0-25	25-60	60-100
$S_{b,n} < S_{b,n-1}$	Decelerazione <<	Costante ==	Costante ==
$S_{b,n} = S_{b,n-1}$	Decelerazione <<	Costante ==	Accelerazione >>
$S_{b,n} > S_{b,n-1}$	Costante ==	Costante ==	Accelerazione >>

<b>Trend per letture semestrali</b>			
<b>Confronto <math>S_{b,n} / S_{b,n-1}</math></b>	<b>Sult / <math>S_{b,n} \times 100</math></b>		
	0-15	15-40	40-100
$S_{b,n} < S_{b,n-1}$	Decelerazione <<	Costante ==	Costante ==
$S_{b,n} = S_{b,n-1}$	Decelerazione <<	Costante ==	Accelerazione >>
$S_{b,n} > S_{b,n-1}$	Costante ==	Costante ==	Accelerazione >>

*Tabella 4: matrici per la definizione delle Classi di Trend in funzione della frequenza di misura*

Infine, l'indice **GDE\_SLM** è individuato combinando i valori di  $S_b$  e *Trend* in una tabella a doppia entrata (tabella 5).

#### GRADO DI EVOLUZIONE (GDE-SLM)

$S_b$ (cm)	TREND		
	<<	==	>>
$S_b < 2$	Ordinario	Ordinario	Ordinario
$2 < S_b < 4$	Ordinario	Moderato	Moderato
$4 < S_b < 8$	Moderato	Medio	Medio
$8 < S_b < 20$	Medio	Medio	Alto
$S_b > 20$	Alto	Alto	Alto

Tabella 5: grado di evoluzione per siti con strumenti a lettura manuale (GDE-SLM)

Si propone infine una descrizione testuale delle classi del GDE secondo un grado crescente di evoluzione e con una indicazione preliminare relativa al danno atteso (tabella 6).

GRADO DI EVOLUZIONE (GDE-SLM)	
<b>ORDINARIO</b>	Movimento in condizioni di quiescenza o ad evoluzione estremamente lenta (grado di danno potenziale nullo o trascurabile)
<b>MODERATO</b>	Movimento in lenta evoluzione (grado di danno potenziale medio-basso)
<b>MEDIO</b>	Movimento in significativa evoluzione (grado di danno potenziale medio-alto)
<b>ALTO</b>	Movimento in marcata evoluzione (grado di danno potenziale alto)

Tabella 6: definizione del grado di evoluzione per siti con strumenti a lettura manuale

I GDE-SLM vengono comunicati ai soggetti interessati (comuni, regione, ecc) in forma tabellare, geografica e descrittiva, attraverso i "report tecnici", i cui contenuti sono descritti al cap. 3.4.6 del testo del Disciplinaire.

## 2 CALCOLO DELL'INDICE GDE (GRADO DI EVOLUZIONE) PER LA STRUMENTAZIONE A LETTURA DA REMOTO (SLR) – SITI A

L'analisi e la comunicazione delle risultanze degli strumenti a lettura da remoto vengono gestite di norma a cadenza settimanale mediante il GDE-SLR, un indice di sintesi, calcolato per ogni strumento, che traduce i valori numerici delle letture in un'informazione qualitativa e rappresentativa dell'evoluzione recente del versante nell'intorno dello strumento.

L'analisi dei dati derivanti da strumentazione in continuo risulta decisamente articolata per quantità e tipologia di informazioni disponibili. Le attività svolte per la definizione del nuovo metodo di calcolo sono state suddivise in due fasi principali:

1. **validazione e analisi dei dati strumentali** della rete RERCOMF, finalizzate ad una corretta interpretazione del dato;
2. **individuazione di soglie generiche di movimento** (spostamento e velocità), definite per macrocategoria di frana.

In riferimento al calcolo del GDE-SLR, è importante sottolineare che il concetto di soglia non ha significato ai sensi dell'allertamento, ma va inteso come definizione di fasi progressive di evoluzione del fenomeno nell'ambito delle velocità da lente a estremamente lente. Non viene quindi identificato un valore soglia sito-specifico di velocità/spostamento che indica a vari livelli di criticità il probabile e teorico avvicinarsi al collasso di una frana ma, analizzando in modo statistico i comportamenti passati delle frane monitorate, si individuano classi di frequenza di accadimento. Ne consegue che tali soglie possano variare nel tempo ed essere aggiornate man mano che il dataset a disposizione andrà implementandosi.

Il metodo di calcolo del GDE-SLR permette di caratterizzare l'andamento del movimento registrato dallo strumento, sia esso costante o sia in atto un'accelerazione, attraverso il confronto con valori soglia (per macrocategoria di frana) rispetto ai seguenti parametri:

- velocità di movimento rilevata nell'ultimo periodo (in genere settimanale salvo problemi strumentali che richiedano un periodo maggiore per una corretta interpretazione della misura) espressa in mm/giorno (quindi lo spostamento cumulato nei sette giorni precedenti diviso sette);
- spostamento cumulato dall'inizio del periodo di accelerazione (qui definito **Evento di Accelerazione - EDA**) o, in caso di andamento regolare del movimento (continuo nel tempo), spostamento cumulato durante una finestra temporale predeterminata (60-90 giorni) per ciascuna categoria di frana.

I valori soglia di velocità sono ottenuti dalla elaborazione statistica di dataset storici della rete ReRCoMF suddivisi per macrocategorie di movimento simili. Tali valori definiscono classi di probabilità di accadimento di velocità giornaliera su fenomeni franosi di ambiente e tipologia simili.

Per ognuna delle macrocategorie di frana sono state individuate due velocità giornaliere di riferimento,  $V_a$  e  $V_b$ , con tempi di ritorno rispettivamente da stagionale a 2 anni e da 3 a 5 anni; sulla base di questi due valori vengono quindi individuate tre soglie di velocità, come riportato in tabella 7, che rappresentano i valori di confronto per la velocità di movimento rilevata nell'ultimo periodo (ovvero la velocità misurata mediata su una finestra mobile di sette giorni precedenti).

In sintesi, le tre classi di velocità sono riepilogate nella tabella seguente.

Macrocategoria di frana	Soglie di velocità settimanale (in mm/giorno)		
	V-I	V-II	V-III
GFA (Grandi Frane Alpine)	$< V_a$	$V_a - V_b$	$> V_b$
FSC (Frane Superficiali Circoscritte)			
SPL (Scivolamenti Planari Langhe)			
CLA (Colamenti Lenti Appennino)			
CRL (Crolli e Ribaltamenti)			

Tabella 7: soglie di velocità utilizzate per il calcolo del GDE-SLR, alla data di presentazione del disciplinare

Diversi autori (a partire da Cruden e Varnes) nel passato hanno individuato una generica associazione tra il movimento della frana e il grado di danno conseguito.

Di seguito vengono individuati due valori di spostamento per macrocategoria di frana:  $S_a$  (spostamento sotto il quale non si evidenziano danni nel medio-breve termine o sono presenti occasionalmente lievi danni non strutturali) e  $S_b$  (spostamento oltre il quale si evidenziano danni strutturali e funzionali nel breve medio-breve termine); i valori compresi tra  $S_a$  e  $S_b$  rappresentano un grado di danno potenziale intermedio tra le prime due classi.

Tali valori, differenziati a seconda che lo strumento misuri spostamenti di superficie o di profondità, rappresentano le tre soglie di Spostamento crescenti S-I, S-II e S-III.

Macrocategoria di frana	Soglie di spostamento EDA* (mm)		
	S-I	S-II	S-III
GFA (Grandi Frane Alpine)	$< S_a$	$S_a - S_b$	$> S_b$
FSC (Frane Superficiali Circoscritte)			
SPL (Scivolamenti Planari Langhe)			
CLA (Colamenti Lenti Appennino)			
CRL (Crolli e Ribaltamenti)			

\*Periodo di riferimento per il calcolo del valore di soglia spostamento (S-I,II,III) nel caso di trend regolari: Frane GFA e CLA: 90 giorni; Frane FSC, SPL e CRL: 60 giorni

Tabella 8: soglie di spostamento utilizzate per il calcolo del GDE-SLR, alla data di presentazione del disciplinare.

I valori soglia di spostamento sono individuati sulla base della correlazione tra lo spostamento strumentale e il relativo impatto sulle strutture antropiche e sul territorio in genere secondo le procedure già utilizzate per gli strumenti SLM.

L'indagine condotta, circoscritta a classi di velocità che vanno da lento ad estremamente lento, ha una valenza puramente qualitativa, viste le molteplici variabili che possono influenzare la correlazione, tra cui quelle intrinseche alla tipologia del processo, quelle relative all'ambiente in cui si sviluppa e, non ultimo, quelle relative alla tipologia di manufatti, di viabilità ecc... che vengono danneggiati. I valori di soglia rappresentano quindi una indicazione di massima sul danno atteso. Per maggiori approfondimenti si rimanda alla bibliografia citata nel capitolo per la strumentazione SLM.

Il **GDE-SLR** (Grado Di Evoluzione per Strumenti a Lettura da Remoto) si ottiene combinando i due parametri descritti in precedenza (velocità e spostamento). La matrice di riferimento è la seguente:

GRADO DI EVOLUZIONE (GDE-SLR)			
	Soglia di spostamento dell'EDA (mm)		
Soglia di velocità	I	II	III
I	ORDINARIO	MODERATO	MEDIO
II	MODERATO	MEDIO	ALTO
III	MEDIO	ALTO	ALTO

GRADO DI EVOLUZIONE (GDE-SLR)	
<b>ORDINARIO</b>	Movimento in condizioni di quiescenza o ad evoluzione estremamente lenta (grado di danno potenziale nullo o trascurabile nel breve-medio termine)
<b>MODERATO</b>	Movimento in lenta evoluzione (compatibile con un grado di danno potenziale medio-basso nel breve-medio termine)
<b>MEDIO</b>	Movimento in significativa evoluzione (compatibile con un grado di danno potenziale medio-alto nel breve-medio termine)
<b>ALTO</b>	Movimento in marcata evoluzione (compatibile con un grado di danno potenziale medio-alto in accentuazione nel breve termine)

Tabella 9: Grado di evoluzione (GDE-SLR)

Il GDE-SLR, che non ha valenza di allertamento, rappresenta scenari di possibile evoluzione, a criticità crescente, caratteristici per ogni macrocategoria di frana. Il passaggio ad un grado superiore indica una maggiore attività del fenomeno e i danni correlati potenzialmente attesi.

L'obiettivo è quello di caratterizzare i fenomeni con velocità da lenta ad estremamente lenta, per comunicare l'indice GDE-SLR dello strumento a fini pianificatori, di progettazione e sistemazione dei versanti. Si riporta a titolo di esempio la tabella proposta nelle Linee Guida SNPA per le classi di velocità relative al monitoraggio conoscitivo (IUGS/WGL 1995).

CLASSE	Estremamente Lenta	Molto Lenta	Lenta
<b>VELOCITÀ</b>	< 16 mm/anno	16 mm – 1,6 m/anno	1,6 m/anno – 13 m/mese
<b>DANNO ATTESO</b>	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio. Costruzioni di edifici possibile con precauzioni.	Alcune strutture permanenti possono non essere danneggiate dal movimento	Possibilità di intraprendere lavori di rinforzo e restauro durante il movimento. Le strutture meno danneggiabili possono essere mantenute con frequenti lavori di riabilitazione se il movimento totale non è troppo grande durante una particolare fase di accelerazione

Tabella 10 – scala delle velocità e dei danni prodotti dalle frane (IUGS/WGL 1995)

Quando le velocità del movimento franoso superano l'ordine del cm/giorno (all'interno della classe *lenta*), il controllo della frana deve passare ad una gestione diversa, con finalità di protezione civile.

#### Individuazione del valore soglia di ingresso/uscita per l'attivazione del calcolo GDE-SLR

Il GDE-SLR viene calcolato con procedura automatizzata a partire dai dati registrati dagli strumenti con lettura da remoto.

Sono state individuate e implementate nel sistema di calcolo soglie di velocità di ingresso (VSI), superate le quali si attiva il calcolo automatizzato del GDE-SLR. Al di sotto di tali soglie il GDE-SLR è sempre ORDINARIO.

Secondo la logica della matrice di calcolo del GDE, viene preso in considerazione il valore di velocità settimanale (calcolato in mm/gg) tale per cui mantenendo ipoteticamente tale velocità per il periodo massimo di riferimento per i trend regolari (60-90 giorni) si produrrebbe uno spostamento inferiore alla prima soglia di spostamento (S1). Ciò significa che a tale tasso di velocità, nella finestra fissa considerata (60-90 giorni) il GDE resterebbe sempre nella classe "ORDINARIO".

**CALCOLO DEL GDE IN FASE DI ATTIVAZIONE/ACCELERAZIONE:** quando la velocità settimanale supera il valore soglia VSI si attiva la procedura automatizzata di calcolo del GDE.

**CALCOLO DEL GDE IN FASE DI DECELERAZIONE:** dopo un tempo predefinito (al momento 15 giorni), in cui la velocità settimanale permane sotto il valore soglia VSI, il GDE torna in ordinario e il sistema interrompe in automatico il calcolo.

### 3. CONCLUSIONI

L'impiego degli indici **GDE** (Grado Di Evoluzione) ha l'obiettivo di comunicare, ai diversi soggetti istituzionali coinvolti nella gestione del territorio, le risultanze strumentali in forma sintetica e rappresentativa dello stato di attività dei fenomeni franosi oggetto di monitoraggio.

Per quanto riguarda la strumentazione a lettura periodica manuale (SLM), vista la frequenza con cui vengono effettuate le letture per gli strumenti della rete RERCOMF (mediante da semestrale ad annuale), l'indice GDE-SLM è basato sulle variazioni del movimento rilevate in una finestra temporale che corrisponde circa al biennio precedente, con l'attribuzione di un maggior peso al contributo recente dell'ultima misura.

Per la strumentazione a lettura da remoto (SLR), che restituisce sequenze continue di dati, l'indice GDE-SLR prevede un doppio controllo: un controllo settimanale di velocità, espressa in mm/giorno e comparata a valori di soglia stabiliti su base statistica; un controllo di spostamento superficiale cumulato o nel periodo di durata di un Evento di Accelerazione (EDA) o in finestre temporali variabili (60-90 giorni a seconda del tipo di movimento franoso), comparato rispetto a valori di soglia generici, stabiliti su base empirica e da letteratura.

Per entrambe le tipologie di monitoraggio (periodico/manuale e in continuo/da remoto) gli indici vengono definiti GDE, perché in tutti e due i casi forniscono un'indicazione sullo stato di attività e quindi di evoluzione del fenomeno franoso; tuttavia, come visto, derivano dalla valutazione di grandezze differenti, in dipendenza dalla natura stessa dei dati.

In sintesi, il passaggio a un grado di evoluzione (GDE) crescente rappresenta una indicazione qualitativa relativamente ad una situazione di maggiore attività del fenomeno franoso, evidenziata attraverso i danni correlati potenzialmente attesi.

#### 4. BIBLIOGRAFIA

Béjar-Pizarro, M., Notti, D., Mateos, R. M., Ezquerro, P., Centolanza, G., Herrera, G., ... & Fernández, J. (2017). Mapping Vulnerable Urban Areas Affected by Slow-Moving Landslides Using Sentinel-1 InSAR Data. *Remote Sensing*, 9(9), 876.

Cruden, D.M. and Varnes, D.J. (1996) Landslide Types and Processes. In: Turner, A.K. and Shuster, R.L., Eds., *Landslides: Investigation and Mitigation*, Transportation Research Board, Special Report No. 247, 36-75.

Frattini P., Crosta G.B., Allievi J. (2013) Damage to buildings in large slope rock instabilities monitored with the PSinSAR™ technique. *Remote Sensing*, 5(10): 4753-4773. doi: 10.3390/rs5104753.

Herrera, G., Gutiérrez, F., García-Davalillo, J. C., Guerrero, J., Notti, D., Galve, J. P., ... & Cooksley, G. (2013). Multi-sensor advanced DInSAR monitoring of very slow landslides: The Tena Valley case study (Central Spanish Pyrenees). *Remote Sensing of Environment*, 128, 31-43.

Mansour MF, Morgenstern NR, Martin CD (2011) Expected damage from displacement of slow-moving slides. *Landslides* 7:117–131.

Nappo, N., Peduto, D., Mavrouli, O. C., van Westen, C. J., & Gullà, G. (2019). Slow-moving landslides interacting with the road network: Analysis of damage using ancillary data, in situ surveys and multi-source monitoring data. *Engineering geology*, 260, 1-14. [105244].

Progetto INTERREG ALCOTRA V-A ADVITAM - *Approfondimento sul monitoraggio dei fenomeni franosi in Piemonte – Relazione Finale* - CIG 7644385A0E. CUP J85C17000120007. Università di Pavia- Dipartimento di scienze della terra, 2019