

Mappatura dei movimenti franosi del maggio 2023. nota di accompagnamento e legenda.

1. Introduzione

Il presente documento riporta la metodologia usata per il censimento e la mappatura degli eventi franosi verificatisi a seguito degli eventi meteorologici di maggio 2023 e i suoi limiti di utilizzo. Il gruppo di lavoro che ha realizzato il censimento è costituito dai geologi del Settore Difesa del Territorio della Regione Emilia-Romagna, di UNIBO - BiGeA e UNIMORE - Dip. Scienze chimiche e geologiche, nell'ambito dell'accordo siglato in data 27 novembre 2023 tra Regione, Autorità di Bacino del Fiume Po, UNIBO e UNIMORE, di cui alla DGR n. 1395 del 7/08/2023.

2. Metodologia

La metodologia utilizzata è basata prevalentemente sulla fotointerpretazione delle immagini aeree e satellitari ad alta risoluzione disponibili, integrata localmente da informazioni acquisite a seguito di rilevamenti specialistici svolti in fase di emergenza, dati tecnici acquisiti a seguito di rilievi svolti da geologi esterni per conto degli Enti locali o del sistema nazionale e regionale di Protezione civile e da dati acquisiti nell'ambito di scambi di informazioni con gli Enti locali e altri soggetti gestori di infrastrutture.

La sequenza di azioni svolta per mappare le aree è stata la seguente:

1. Individuazione speditiva delle aree colpite tramite analisi di "Change NDVI" su immagini *Sentinel* a 10m di risoluzione, svolte mediante Google Earth Engine.
2. Fotointerpretazione a scala nominale 1:2'000 delle aree interessate da frane tramite utilizzo delle ortofoto CGR in via prioritaria e GdF in via secondaria. La fotointerpretazione, in ambiente GIS, si è avvalsa del confronto continuo con le immagini pre-evento più recenti disponibili (CGR 2020 e, localmente, CGR 2022). Sono state così mappate le sole aree interessate da attivazioni o riattivazioni significative del maggio 2023, escludendo le aree già denudate o evidentemente in frana già nelle ortofoto precedenti. Non sono stati perimetrati/classificati i fenomeni di tipo prevalentemente erosivo, né diffuso né incanalato (effetti di [reptazioni](#)/[ruscellamenti](#), ecc.).

Ciascun poligono prodotto racchiude l'intera area in frana dal ciglio di distacco alla parte terminale del deposito. Le frane sono state cartografate a scala di elevato dettaglio (fino a scala 1:500), laddove riconoscibili dalle ortofoto ad alta risoluzione. Ciascun poligono è stato anche classificato per tipologia di movimento, secondo la classificazione descritta nel cap. 5.

3. Caratteristiche e limiti del dataset di censimento frane

Il dataset è in formato shapefile con associata tabella attributi, in cui la tipologia di frana è riportata nel campo N_TIPO. Il file è in coordinate EPSG:7791 - RDN2008 / UTM zone 32N.

Nonostante l'elevata scala di dettaglio della mappatura, la metodologia lascia spazio alla presenza di localizzate lacune di rilevamento che potrebbero essere colmate solo da sopralluoghi diretti sul campo. Tipiche situazioni di questo tipo sono, ad esempio, quelle legate a dissesti di varia estensione ma

evoluzione non parossistica e con non evidente evoluzione morfologica, dissesti non parossistici di scarpate stradali, dissesti su scarpate ricoperte da vegetazione arbustiva/arborea, dissesti sui versanti esposti verso Nord-Ovest e prevalentemente in ombra e dissesti in aree non coperte da immagini aeree o satellitari post evento del 16-17 maggio 2023. Sono, inoltre, possibili eventuali lacune dovute a mancanza di rilevamento per la notevole estensione del territorio analizzato e per la necessità operative di una rapida ultimazione dei lavori di mappatura.

Il dataset può ancora mostrare discrepanze di attribuzione dei fenomeni ad uno o ad altra tipologia, derivanti da rilievi eseguiti da diversi operatori. L'omogeneizzazione e la definizione di una legenda consolidata sarà compiuta nella transizione da piano preliminare a piano speciale previsto per fine giugno. Nondimeno, in tale fase, la cartografia potrà essere oggetto di affinamenti successivi derivanti dal costante confronto in atto con gli enti ed i soggetti attuatori stessi.

Per questi motivi il presente censimento frane è da considerarsi provvisorio alla data del 18 marzo 2024 e da utilizzare esclusivamente per fini istituzionali da parte dei soggetti attuatori così come individuati dalle Ordinanze del Commissario Straordinario, e non sostituisce i rilievi di maggior dettaglio, sito-specifici, necessari per la progettazione degli eventuali interventi di sistemazione dei versanti.

4. Immagini usate per la mappatura

Pre-evento:

- **Ortofoto AGEA 2020**, link: https://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wms/AGEA2020_rgb
- **Ortofoto AGEA 2022**, link: https://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wms/RER2022_rgb
(copertura parziale)

Post-evento:

- **Ortofoto RGBI a 20 cm/px di Maggio 2023**, prodotte a supporto delle diverse attività inerenti l'emergenza alluvionale del maggio 2023, derivate da fotogrammi da riprese aeree (© AGEA - TUTTI I DIRITTI RISERVATI), realizzate da CGR S.p.A.. Le date di ripresa sono relative al periodo maggio - luglio 2023. Sono stati utilizzati i servizi di visualizzazione in RGB (Colori naturali), in NIR (Infrarosso vicino) e NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) in parte esposti e disponibili ai seguenti link:

Link WMS RGB: https://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wms/cgr_emg_202305_rgb

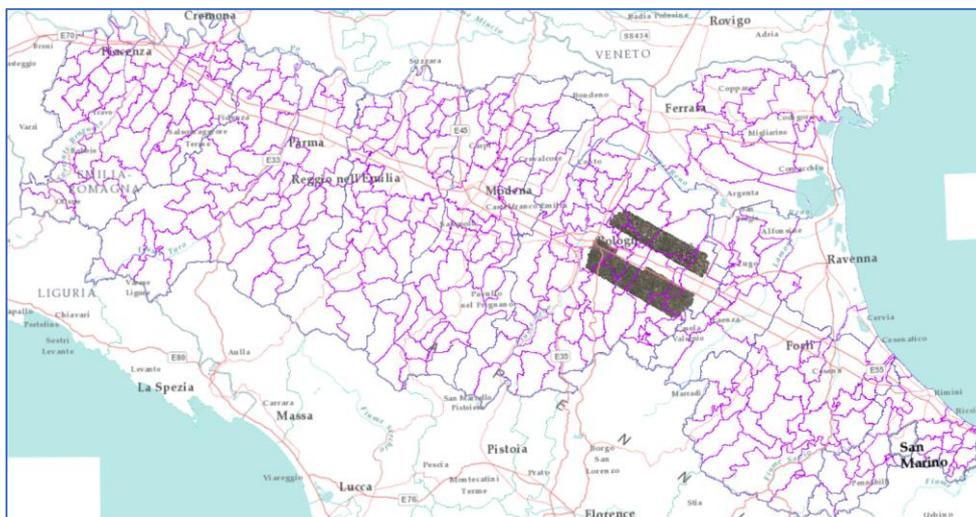
Link WMS NIR: https://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wms/cgr_emg_202305_nir

Link WMS NDVI: https://servizigis.regione.emilia-romagna.it/wms/cgr_emg_202305_ndvi

La copertura utilizzata è illustrata nella immagine seguente (in verde copertura post – evento, in arancio copertura parzialmente post-evento):



- Foto aeree ad alta risoluzione (pixel 0,15 cm) acquisite dalla Guardia di Finanza dopo il 17 maggio 2023. Servizio esposto dal Dipartimento Nazionale di Protezione Civile. Link WMS: https://servizi.protezionecivile.it/geoserver/EME_EMR_05_2023/wms. Copertura parziale (prevalentemente zone collinari tra i Comuni di Bologna e Imola).



- Foto satellitari multibanda (RGBI) Sentinel 2 (Programma Copernicus), utilizzate in post-elaborazione al fine di ottenere gli indici vegetazionali NDVI pre e post-evento e calcolare la loro differenza (*Change NDVI*), come indicazione e guida per individuare le aree colpite, specie nelle aree a più bassa densità di frana.
Link ai dati: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>
Link a Google Earth Engine: <https://earthengine.google.com/>

5. Legenda utilizzata

È di seguito presentata la classificazione dei fenomeni franosi utilizzata nel censimento preliminare, anch'essa potrà essere oggetto di affinamento e revisione anche nell'ottica di renderla maggiormente coerente a quelle che sono le classificazioni utilizzate nell'inventario del dissesto generale della Regione Emilia-Romagna. Ciò potrà avvenire al passaggio tra il Piano Speciale preliminare al Piano Speciale definitivo.

A - Scivolamenti rapidi di terra e/o detrito

Scivolamenti superficiali di detrito, costituito in prevalenza da sabbie, limi e dalla coltre superficiale di suolo, comprensiva della vegetazione. La velocità del movimento può essere "molto rapida" (nell'ordine dei metri/secondo).

Queste frane formano superfici di denudamento generalmente planari e ad inclinazione medio-alta. Queste frane creano spesso estese superfici denudate ma sono presenti anche come fenomeni singoli. Nel caso di grandi superfici è evidente la presenza di zone di innesco multiple. Il loro sviluppo sul versante è generalmente limitato (da pochi m a circa 20/30 m) anche se può localmente essere più esteso. Tendono ad avere un Rapporto L/W prossimo o leggermente superiore all'unità.

Presentano caratteristiche intermedie tra scorrimenti e flussi. A differenza degli scivolamenti "puri", infatti, il deposito di frana non trasla in blocco ma "fluisce" lungo il versante, trascinando la vegetazione o anche passandole attraverso e creando accumuli al piede di materiale completamente rimaneggiato. Interessano versanti da mediamente a molto acclivi, comuni sulle sponde dei corsi d'acqua o a monte di carreggiate

stradali. In letteratura sono stati chiamati: “*flow slide*”, “*debris avalanche*”, “*soil avalanche*”, “*debris slide*”, “*unchannalized debris flow*”.

Se la topografia lo consente, hanno la tendenza ad evolvere parzialmente e/o progressivamente in colata di terra/detrito, trasformandosi così in colate tipo B o C. In questa categoria sono stati mappati i fenomeni che non hanno sviluppato meccanismo di colata in modo prevalente rispetto allo scorrimento.

Le aree cartografate comprendono l'intero fenomeno franoso, dal coronamento al piede, compresa l'eventuale zona di scorrimento senza deposito. Il poligono mappato può comprendere anche la vegetazione sotto la quale si presume ci sia deposito di frana, anche se non visibile. In caso di frane coalescenti, a volte è stata effettuata una divisione sulla base della morfologia e delle scarpate di distacco. Nelle immagini seguenti sono illustrati scorrimenti sempre più evoluti verso forme di colata di tipo B e C.







B - Colate di terra e/o detrito non canalizzate

Si tratta di colate superficiali caratterizzate da flusso di materiali fluidificati su versanti caratterizzati da concavità planare modesta o nulla (ovvero assenza di evidenti impluvi). La zona di innesco è tipicamente singola ed avviene generalmente per evoluzione di frane di tipo A; pertanto è il medesimo anche il materiale coinvolto ovvero sabbie, limi e la coltre superficiale di suolo, comprensiva della vegetazione.

La zona di flusso è tendenzialmente rettilinea e di larghezza quasi costante. Il deposito ha raramente una forma lobata mentre, più spesso, al piede della colata si trova una zolla di vegetazione trasportata anche per centinaia di metri. La velocità del movimento è verosimilmente "molto rapida" (fino a metri/secondo) e il loro sviluppo sul versante è variabile da poche decine a qualche centinaio di metri, in particolare su campi a seminativo o frutteto, ove l'attrito del terreno o della vegetazione è più esiguo. Gli spessori di materiale colato a volte è talmente sottile da scorrere al di sopra del versante originario senza nemmeno asportare il cotico erboso preesistente. Le tracce di queste frane tendono ad essere cancellate molto rapidamente, tanto che già ad un anno di distanza può risultare difficoltoso il loro riconoscimento a causa della ricrescita della vegetazione. Il rapporto L/W varia quindi da 5-6 a valori molto maggiori.

Oltre a derivare per evoluzione da frane di tipo A, esse sono inoltre simili a quelle di tipo C, con le quali condividono materiali e meccanismo, differendo da esse essenzialmente per la morfologia del versante nel quale si sono sviluppate o propagate.

Le aree cartografate comprendono l'intero fenomeno franoso, dal coronamento al piede, compresa l'eventuale zona di scorrimento senza deposito. Nelle immagini seguenti sono illustrate colate sempre più evolute a partire dalla prima, di transizione con le frane di tipo A.





C- Colate di terra e/o detrito canalizzate

Colate di detrito canalizzate. Sono simili alle colate tipo B, con le quali condividono l'origine (generalmente frane di tipo A), il materiale coinvolto (costituito in prevalenza da sabbie, limi e dalla coltre superficiale di suolo comprensiva della vegetazione), e il meccanismo evolutivo, differendo da esse essenzialmente per la morfologia del versante nel quale si sono sviluppate che, in questo caso, si presenta caratterizzata dalla presenza di impluvi preesistenti, all'interno dei quali le colate si sono propagate. La forma tende maggiormente a essere quella tipica delle colate di detrito, con un'area sorgente a catino, un canale relativamente stretto e, eventualmente, una zona di deposito lobata. A volte è presente un canale prodotto dal flusso stesso per mobilizzazione di depositi presenti lungo il percorso.

La velocità del movimento è stata "molto rapida" (verosimilmente fino ai metri/secondo) e il loro sviluppo sul versante può essersi esteso per centinaia di metri, in particolare quando il materiale detritico si è innestato in un rio, seguendone il corso. Il rapporto L/W varia da 6-8 fino a >20.

Le aree cartografate comprendono l'intero fenomeno franoso, dal coronamento al piede, compresa l'eventuale zona di scorrimento anche in caso di assenza di deposito significativo.



F- Colate di fango

Sono in tutto simili alle colate di terra e detrito di tipo C ma differiscono per il materiale coinvolto, in questo caso quasi esclusivamente pelitico (limi e argille). Si sviluppano tipicamente in contesti calanchivi, a loro volta formati dove affiorano formazioni litologicamente omogenee quali le Argille Azzurre del Pliocene e parte della Formazione a Colombacci tardo-miocenica (Messiniano). La forma è quella tipica delle colate, con un'area sorgente ad anfiteatro, spesso caratterizzata da numerose aree sorgenti distinte o coalescenti, un canale di flusso relativamente stretto e una zona di deposito lobata o "sfumata" entro il reticolo idrografico preesistente.

La velocità del movimento nelle fasi parossistiche può andare da “moderata” (ordine del m/giorno) fino a “molto rapida” (ordine di pochi m/sec). Lo sviluppo sul versante si è esteso fino a lunghezze di centinaia di metri, in particolare quando il materiale detritico si è innestato in un rio, seguendone il corso. Anche in questo caso il rapporto L/W varia da 6-8 fino a >20.

Le aree cartografate comprendono l'intero fenomeno franoso, dal coronamento al piede, compresa l'eventuale zona di scorrimento senza deposito.



R - Scorrimenti traslativi e/o rotazionali

Scorrimenti traslativi e/o rotazionali in terra/detrito e a volte in roccia. Scorrimenti in cui il deposito non si è fluidificato ed è rimasto essenzialmente integro, anche se sono possibili ovviamente anche transizioni con vere e proprie colate di terra, fango o detrito. Sono di solito frane di dimensioni piuttosto grandi, spesso evidenziate da fratture perimetrali.

Il rapporto L/W varia da < 1 a leggermente >1.

Nelle tre immagini successive esempi di scorrimenti tipo R.





SCST e SCSTI – Scorrimenti traslativi in roccia (scorrimenti planari)

Tipologia di frana caratteristica dei versanti a franapoggio nella formazione Marnoso-Arenacea. Gli scivolamenti in roccia rappresentano le frane di maggiore dimensione attivate nel territorio a seguito degli eventi del maggio 2023, raggiungendo singolarmente anche superfici superiori a 30 ha.

Le aree cartografate comprendono l'intero fenomeno franoso, dal coronamento al piede, compresa la zona di scorrimento senza deposito. I gradi evolutivi degli scorrimenti in roccia sono variabili, passando da un movimento incipiente, testimoniato esclusivamente da fratture perimetrali profonde e tendenzialmente rettilinee (SCSTI), a movimenti completamente evoluti (SCST) che in alcuni casi possono avere una parte basale ormai disarticolata e a volte fluidificata e evoluta in colata di terra. Gli esempi sottostanti testimoniano i gradi di evoluzione sopraindicati.





CMPL – Frane complesse

Frane costituite da varie tipologie concomitanti senza che una di esse sia nettamente prevalente. Esse vedono spesso la concomitanza di fenomeni di scivolamento e colamento, a diverso grado di evoluzione nelle diverse parti dell'accumulo che, sovente, può essere visto come la coalescenza di diversi movimenti non del tutto distinguibili fra loro e senza che nessuno sia arealmente prevalente sull'altro.



CR – Crolli o scivolamenti/crolli

Frane simili a quelle di tipologia A, ove è presente una componente “aerea” del movimento di crollo lungo pareti particolarmente ripide.