



Commissione tecnica per la microzonazione sismica
(articolo 5, comma 7, OPCM 13 novembre 2010, n. 3907)

Microzonazione sismica

Linee guida
per la gestione del territorio in aree interessate da
instabilità di versante sismoindotte (FR)

versione 1.0

Roma, 2017

Microzonazione sismica

Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR)

Versione 1.0

A cura di

Fabrizio Bramerini (DPC), Sergio Castenetto (DPC), Margherita Giuffrè (CNR-IGAG), Giuseppe Naso (DPC)

Gruppo di lavoro

Regione Emilia Romagna: L. Martelli

Regione Friuli Venezia Giulia: F. Kranitz

Regione Liguria: D. Bottero

Regione Lombardia: S. De Andrea

Regione Piemonte: V. Giraud

Regione Toscana: M. Baglione

Regione Veneto: R. Mariani

Politecnico Milano: M. Compagnoni, F. Pergalani

Univ. Bicocca Milano: F. Agliardi, G.B. Crosta, P. Frattini, A. Valagussa

Univ. Genova: S. Barani, R. De Ferrari, G. Ferretti

Università di Pescara: Valter Fabietti

DPC: Fabrizio Bramerini, Sergio Castenetto, Giuseppe Naso, Emanuela D'Agostini

CNR-IGAG: Silvia Giallini, Massimiliano Moscatelli

COMMISSIONE TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA (*ex art. 5 OPCM 3907/2010*)

Mauro Dolce (DPC, Presidente), Walter Baricchi (Consiglio Nazionale degli Architetti Pianificatori Paesaggisti Conservatori), Fabrizio Bramerini (DPC), Sergio Castenetto (DPC, segreteria tecnica), Serafino Frisullo (Collegio nazionale geometri), Giuseppe Ianniello (Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti), Luca Lo Bianco (UNCENM), Luca Martelli (Conferenza Unificata), Rossella Monaco (Conferenza Unificata), Raffaele Nardone (Consiglio nazionale dei Geologi), Giuseppe Naso (DPC), Antonio Ragonesi (ANCI), Fabio Sabetta (DPC), Raffaele Solustri (Consiglio nazionale degli Ingegneri), Elena Speranza (DPC)

Rappresentanti delle Regioni e delle Province autonome

Maria Basi (Regione Abruzzo), Gerardo Colangelo (Regione Basilicata), Giovanna Petrungraro (Regione Calabria), Crescenzo Minotta (Regione Campania), Luca Martelli (Regione Emilia - Romagna), Graziano Cecchi (Regione Friuli-Venezia Giulia), Adelaide Sericola (Regione Lazio), Daniele Bottero (Regione Liguria), Silvio De Andrea (Regione Lombardia), Pierpaolo Tiberi (Regione Marche), Rossella Monaco (Regione Molise), Vittorio Giraud (Regione Piemonte), Angelo Carlo Sileo (Regione Puglia), Andrea Motti (Regione Umbria), Massimo Baglione (Regione Toscana), Massimo Broccolato (Regione Valle d'Aosta), Enrico Schiavon (Regione Veneto), Giovanni Spampinato (Regione Sicilia), Saverio Cocco (Provincia Autonoma di Trento), Claudio Carrara (Provincia Autonoma di Bolzano)

Hanno inoltre partecipato ai lavori della Commissione tecnica

Giuliano Basso (Regione Veneto), Antonio Colombi (Regione Lazio), Marina Credali (Regione Lombardia), Eugenio Di Loreto (Regione Lazio), Antonio Gerardi (Regione Lazio), Norman Natali (Regione Umbria), Isabella Trulli (Regione Puglia), Rocco Onorati (Regione Basilicata), Giuseppe Iiritano (Regione Calabria), Giorgio Pipponzi (Regione Abruzzo), Antonio Torrisi (Regione Siciliana)

L'attività di supporto e monitoraggio è svolta in accordo con CNR-IGAG (responsabile scientifico Gian Paolo Cavinato e Massimiliano Moscatelli)

Struttura tecnica di supporto

Gianluca Acunzo, Maria Sole Benigni, Flavio Bocchi, Monia Coltella, Chiara Conte, Noemi Fiorini, Margherita Giuffrè, Federico Mori, Roberto Razzano

Indice

Premessa	6
PARTE PRIMA Descrizione del fenomeno fisico e delle zone di instabilità di versante sismoindotte	9
1 Definizioni generali	9
2 Generalità	11
3 Carte, livelli di microzonazione sismica e zone di instabilità di versante	13
3.1 Screening preliminare: definizione di una soglia di pericolosità sismica di base (H_{FR})	16
3.2 Carta delle MOPS – livello 1 ($Z_{A_{FR}}$ - Zone di Attenzione per instabilità di versante)	17
3.2.1 <i>Frane in terra</i>	18
3.2.2 <i>Frane di crollo</i>	19
3.3 Carta di MS - livello 3 ($Z_{S_{FR}}$ - Zone di Suscettibilità per l'instabilità di versante)	21
3.3.1 <i>Frane in terra</i>	22
3.3.2 <i>Frane di crollo</i>	25
3.4 Carta di MS - livello 3 ($Z_{R_{FR}}$ - Zone di rispetto per l'instabilità di versante)	27
3.4.1 <i>Frane in terra</i>	28
3.4.2 <i>Frane di crollo</i>	29
3.5 Riepilogo dei metodi e delle zone per la Carta delle MOPS e per la Carta di MS	31
4 Modalità di rappresentazione e perimetrazione delle zone	32
4.1 Modalità di rappresentazione delle zone	32
4.2 Modalità di perimetrazione delle zone	32
PARTE SECONDA Disciplina d'uso del suolo in zone interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR)	34
5 Individuazione delle categorie di aree urbanistiche interessate da instabilità di versante sismoindotte	34
6 Disciplina d'uso	35
6.1 Aree edificate	36
6.1.1 <i>Obbligo di approfondimento (Aree edificate)</i>	36
6.1.2 <i>Programma Zone Instabili</i>	36
6.2 Aree non edificate o non urbanizzate	38
6.2.1 <i>Obbligo di approfondimento (Aree non edificate o non urbanizzate)</i>	38
6.2.2 <i>Intervento limitato</i>	38
6.3 Programma Infrastrutture	39
7 Disciplina d'uso per le zone di ricostruzione post-terremoto	39
7.1 Aree edificate	39
7.1.1 <i>Obbligo di approfondimento (Aree edificate)</i>	39
7.1.2 <i>Programma Zone Instabili</i>	39
8 Ruoli delle Istituzioni pubbliche	41
9 BIBLIOGRAFIA	42

ELENCO APPENDICI

PARTE PRIMA

- APPENDICE A1 – Metodologia per l'identificazione della coppia M-D di soglia (a cura di Università di Genova)
- APPENDICE A2 – Indicazioni operative per la Carta delle MOPS e programmazione nuove indagini
- A2.1 - Omogeneizzazione dei dati desunti da inventari (PAI, IFFI) (a cura di Regione Liguria)
 - A2.2 - Individuazione delle aree potenzialmente franose (APF) e delle aree di evoluzione della frana (AE) (a cura di Regione Toscana)
 - A2.3 - Definizione di indagini e parametri per la programmazione degli approfondimenti superiori (a cura di Regione Emilia Romagna).
- APPENDICE A3 – Calcolo dei coefficienti K_h e $K_{h_{eq}}$ (a cura di DPC)
- APPENDICE A4 – Progetto MASSMOVE per frane di crollo (a cura di Regione Friuli Venezia Giulia, Regione Veneto e Università Bicocca di Milano, Dipartimento di Scienze Geologiche e Geotecnologie)
- APPENDICE A5 - Soglia di PGA per identificazione delle ZS_{FR} (a cura di Università Bicocca di Milano, Dipartimento di Scienze Geologiche e Geotecnologie)

PARTE SECONDA

- APPENDICE B1 – Schema di Programma Zone Instabili
- APPENDICE B2 - Schemi sintetici di classificazione
- APPENDICE B3 - Schema riassuntivo della disciplina d'uso

Premessa

Il presente documento è stato predisposto con la finalità di modificare e integrare quanto indicato in “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (ICMS, 2008) nella parte riguardante i fenomeni di instabilità di versante sismoindotti. Si evidenzia immediatamente che l’oggetto di questo documento sono unicamente le instabilità di versante che devono il loro movimento, oltre a caratteri predisponenti, alla forzante sismica, quindi in tutto il testo si intende, anche se non specificato, “instabilità di versante sismoindotte”, rimandando ad altri documenti la trattazione del fenomeno generale delle instabilità.

Il documento è stato redatto con la collaborazione di alcune Regioni, che hanno inteso condividere alcune specifiche esperienze territoriali e con il supporto di alcune università ed enti di ricerca. Nelle procedure si è anche fatto riferimento alle esperienze maturate in occasione dei recenti terremoti che hanno interessato il nostro paese e agli studi ad essi seguiti.

L’obiettivo principale di queste linee guida è definire i criteri generali e le procedure operative, in coordinamento tra lo Stato, le Regioni e gli Enti Locali, per:

- raccogliere accurate informazioni sul rischio indotto dalla presenza di terreni suscettibili di instabilità di versante;
- mitigare il rischio nelle aree con previsioni di trasformazione;
- mitigare il rischio nelle aree edificate.

Secondo gli ICMS (2008), la carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS; livello 1 di MS) può essere redatta con l’utilizzo di dati pregressi, se sufficienti. Nella maggior parte dei casi i dati pregressi, cosiddetti “poveri” (in questo testo definiti “elementi informativi minimi”), consistono in informazioni di base quali la descrizione delle unità litologiche, gli elementi geomorfologici, i livelli di falda rilevati durante le perforazioni. Pertanto, per l’identificazione e definizione della suscettibilità di instabilità di versante, negli studi per la Carta delle MOPS si propongono metodologie che utilizzano dati immediatamente disponibili (ad esempio, inventari dei fenomeni franosi) perché raccolti *in situ* per precedenti studi o presenti in letteratura o in database pubblici. Per la realizzazione della Carta di Microzonazione Sismica (Carta di MS, livello 3 di MS) si rende necessaria, invece, l’esecuzione di indagini specifiche e approfondimenti per la caratterizzazione dei terreni.

Per quanto riguarda le metodologie di elaborazione, queste Linee Guida, che a seguito della condivisione con le Regioni sono parte integrante degli ICMS (2008), devono necessariamente basarsi sulla documentazione tecnico-normativa (NTC, 2008 e AGI, 2005 e successivi aggiornamenti) e scientifica, disponibile, rimandando ad altri contesti l’utilizzo di metodologie innovative.

In figura 1 è rappresentato uno schema, applicabile a tutte le possibili instabilità sismiche (frane, liquefazioni, faglie attive e capaci e cedimenti differenziali), che sintetizza le attività, i risultati attesi e il tipo di zona suscettibile di instabilità nell’ambito dei diversi livelli di approfondimento degli studi per la microzonazione sismica (MS).

E’ da sottolineare l’opportunità di rendere totalmente omogenea, per le diverse instabilità, l’identificazione, il significato e la denominazione delle zone suscettibili di instabilità che, come si evince dallo schema, sono di tre tipi:

- Zone di Attenzione (ZA) negli studi per la Carta delle MOPS
- Zone di Suscettibilità (ZS) negli studi per la Carta di MS
- Zone di Rispetto (ZR) negli studi di per la Carta di MS.

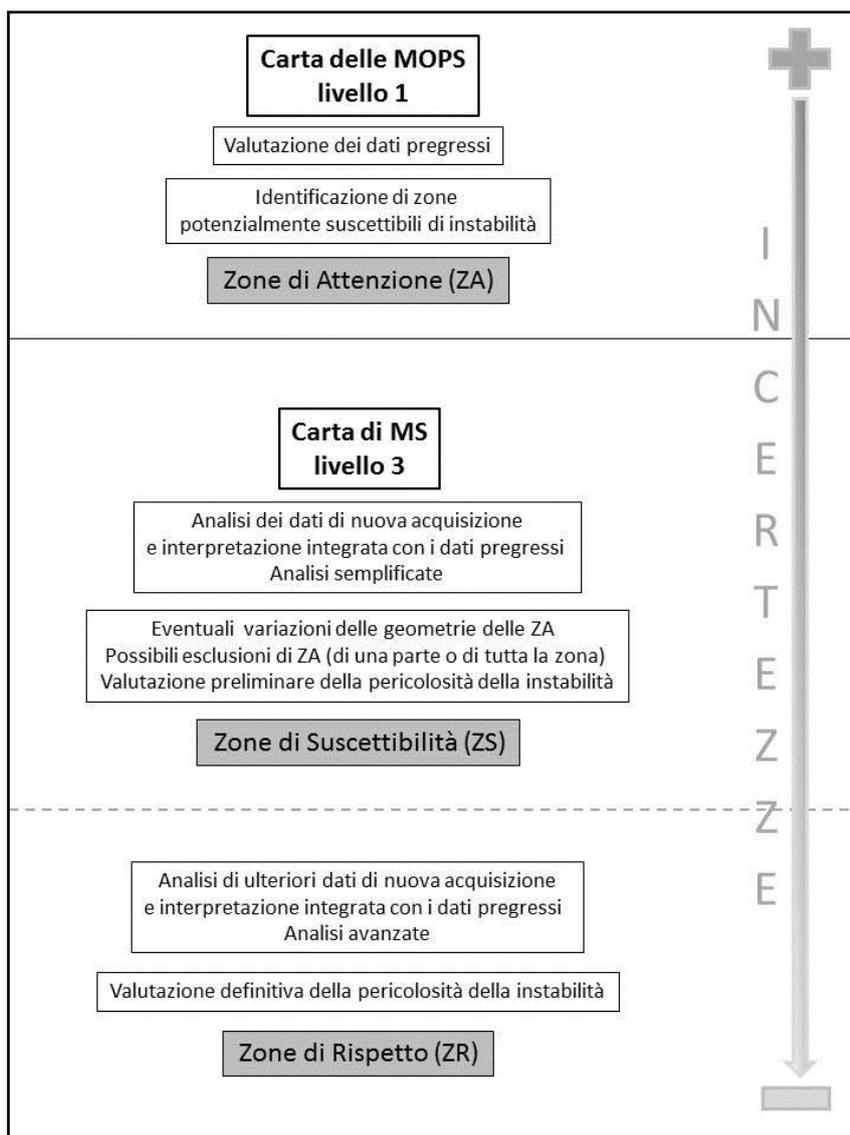


Figura 1 – Schema illustrativo del tipo di zona di instabilità nelle carte MOPS e MS. La raccolta dati e le analisi permettono di ridurre le incertezze dal livello 1 al livello 3.

Concettualmente, il significato dei tre tipi di zone è il seguente:

- **Zone di Attenzione (ZA):** sono zone nelle quali i dati a disposizione indicano la presenza di condizioni predisponenti l'instabilità in esame ma non sono sufficienti, in quantità e tipologia, per definire se l'instabilità possa effettivamente verificarsi in caso di evento sismico; è possibile, tuttavia, ad esempio attraverso la consultazione di inventari, stabilire la presenza e/o l'accadimento di eventuali fenomeni in occasione di eventi sismici passati.
- **Zone di Suscettibilità (ZS):** sono zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifica per l'instabilità in esame e l'applicazione di metodi di analisi il più delle volte semplificati (per permettere

un'applicazione dei risultati a un'area estesa), è possibile fornire una stima quantitativa della pericolosità¹.

- Zone di Rispetto (ZR): sono zone nelle quali, a seguito di una raccolta dati specifica per l'instabilità in esame e l'applicazione di metodi di analisi il più delle volte avanzati (per analizzare dettagliatamente aree limitate e/o particolarmente importanti), è possibile quantificare in modo affidabile la pericolosità.

La differenza tra Zona di Suscettibilità e Zona di Rispetto, al termine dello studio, è data, oltre che dall'applicazione dei metodi diversi di analisi ("avanzati" in ZR), dal diverso livello di pericolosità (più elevato nella ZR), espresso attraverso uno specifico parametro descrittivo dell'instabilità considerata (faglia attiva e capace, instabilità di versante, liquefazione, cedimenti differenziali).

Il presente documento è costituito da due parti:

PARTE PRIMA, nella quale si definisce il fenomeno fisico delle instabilità di versante per le frane in terra e per le frane di crollo, e si descrive una procedura tecnico operativa per stabilire forma e dimensioni delle zone investite dal fenomeno.

PARTE SECONDA, nella quale si forniscono indicazioni per la disciplina degli usi del suolo nelle zone investite dal fenomeno, sia dal punto di vista urbanistico che dal punto di vista delle classi d'uso dei manufatti.

Nelle APPENDICI vengono riportate alcune elaborazioni indispensabili per il complemento del testo.

Le presenti linee guida sono state approvate dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7, OPCM 13 novembre 2010, n. 3907), nella seduta del 2 marzo 2017 e costituiscono un'integrazione e un approfondimento degli ICMS (2008). Vengono messe a disposizione delle Regioni e delle Province Autonome affinché ne favoriscano l'uso come strumento operativo e ne definiscano il livello prescrittivo.

La struttura del presente documento è analoga a quella delle Linee guida per la gestione del territorio interessato da Faglie Attive e Capaci (FAC), approvate dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome nella seduta del 7 maggio 2015. In particolare la seconda parte, riguardante la disciplina d'uso del suolo, riporta lo stesso schema di indicazioni urbanistiche e edilizie.

¹ Nel testo il concetto di "zona di suscettibilità per instabilità di versante" è inteso in maniera diversa da come lo si intende in una parte della letteratura di settore, che per suscettibilità intende una valutazione del fenomeno nella quale non sono compresi i termini quantitativi (e la frequenza di accadimento). Negli studi di MS, invece, le Zone di Suscettibilità (ZS) per tutte le instabilità sono intese come aree nelle quali si sono condotte elaborazioni quantitative semplificate. In termini generali, le Zone di Attenzione (ZA) sono aree che potrebbero definirsi suscettibili di instabilità secondo l'accezione della letteratura.

PARTE PRIMA

Descrizione del fenomeno fisico e delle zone di instabilità di versante sismoindotte

1 Definizioni generali

Si definiscono alcuni termini generali che descrivono il fenomeno fisico delle instabilità di versante sismoindotte. Nel testo, a meno di esplicita distinzione, i termini “instabilità di versante” e “frana” sono sinonimi.

Frana (instabilità di versante). Il movimento di una massa di roccia, di blocchi, di detrito o di terra lungo un versante.

I tipi di movimento si possono classificare come²:

- Crolli
- Ribaltamenti
- Colamenti
- Scorrimenti traslazionali e/o rotazionali
- Complessi

Frana in terra. Il movimento di una massa di terra che comporta uno spostamento per taglio lungo una o più superfici. Per la maggior parte sono frane per colamento o scorrimento.

Frana di crollo. E' caratterizzata dalla caduta libera di blocchi di roccia e detrito, distaccatisi dal versante lungo discontinuità prevalentemente verticali. Per la maggior parte sono frane di crollo s.s. e ribaltamento.

Frana attiva. Una frana che è attualmente in movimento; può essere un movimento di primo distacco o di riattivazione. Tra le frane attive può essere utile distinguere, in relazione alle modalità di esplicazione (occorrenza) nel tempo e nello spazio:

- frane con ricorrenza continua
- frane con ricorrenza intermittente:
 - ricorrenza a intervalli stagionali
 - ricorrenza a intervalli annuali
 - ricorrenza a intervalli decennali

Frana inattiva. Tra le frane inattive sono comprese quelle riferibili a condizioni morfoclimatiche diverse dalle attuali sia quelle che, pur essendo prodotte nell'attuale sistema morfoclimatico, sono state stabilizzate e rese inattive per intervento antropico.

Frana quiescente. E' una frana che, pur non mostrando attività al momento del rilevamento, per indizi geomorfologici o testimonianze (dirette, storiche, ecc.) possiede un'oggettiva possibilità di riattivazione nell'attuale sistema morfoclimatico.

² In una prossima revisione si affronterà anche il problema delle DGPV, deformazioni gravitative profonde di versante

Frana riattivata. Una frana che è nuovamente attiva dopo essere stata inattiva.

Frana sismoindotta. Una frana per la quale, tra le forzanti possibili per la sua mobilitazione, è prevista anche quella sismica.

2 Generalità

Le finalità di questa prima parte del documento sono:

- fissare dei requisiti minimi per gli studi di MS al fine di individuare le zone suscettibili di instabilità;
- definire procedure standard per l'individuazione delle zone instabili per frana in funzione della tipologia, della qualità delle indagini svolte e dei metodi di analisi;
- specificare il grado di incertezza dei risultati;
- definire il sistema di rappresentazione delle zone.

La letteratura geotecnica è ricca di notizie di frane in pendii naturali e artificiali avvenute in tempi lontani e recenti in occasione di terremoti.

Dall'osservazione dei fenomeni franosi sismoindotti è stato rilevato che il rapporto causa-effetto è molto complesso:

- terremoti di bassa magnitudo possono scatenare frane imponenti;
- terremoti forti possono non attivare movimenti di pendii in condizioni di stabilità precarie.

Le instabilità osservate sono molto varie:

- crolli
- distacchi parziali
- rotture generalizzate
- collassi istantanei
- movimenti ritardati, più o meno lenti

I materiali coinvolti possono essere:

- terreni granulari, argille (frane in terra)
- rocce lapidee, rocce tenere alterate (frane in roccia, di crollo).

Le numerose ed attente osservazioni effettuate negli ultimi 30 anni hanno permesso di evidenziare che il rapporto causa-effetto dipende dalla combinazione di molti fattori. E' stato possibile, inoltre, identificare i principali fenomeni fisici che si manifestano in condizioni dinamiche e i relativi parametri descrittivi. In condizioni dinamiche i cinematismi e le fenomenologie sono in generale diversi rispetto a quelli che si manifestano in condizioni statiche e in alcuni casi i movimenti sono ritardati rispetto all'evento sismico.

Il comportamento di un pendio durante l'evento sismico e per un periodo successivo all'evento stesso è strettamente legato alla natura del terreno e alle condizioni esistenti prima del terremoto e al regime idraulico del pendio. Per questo motivo, le analisi di stabilità di un pendio in zona sismica devono sempre essere effettuate con riferimento alle tre condizioni:

a) PRIMA del terremoto: condizioni statiche;

b) DURANTE il terremoto: condizioni dinamiche;

c) DOPO il terremoto: condizioni statiche, con resistenza al taglio eventualmente modificata per effetto residuo del carico ciclico o altre modifiche delle condizioni al contorno.

Limitandosi alla fase cosismica, i principali fattori che influenzano la stabilità di un pendio DURANTE un terremoto sono:

Caratteristiche del pendio

- caratteristiche morfologiche, geologiche e strutturali
- posizione e orientazione rispetto alla zona di attivazione del “piano di faglia”
- proprietà fisiche e parametri meccanici dei terreni, in condizioni statiche, dinamiche e cicliche
- regime delle pressioni interstiziali

Condizioni contingenti

- entità e posizione di eventuali carichi esterni
- uso del suolo
- modifiche alla morfologia di origine antropica e/o naturale
- condizioni climatiche antecedenti e contemporanee

Caratteristiche del terremoto

- forma, ampiezza, durata e contenuto in frequenza del moto sismico
- posizione dell'epicentro

Quindi, gli studi, le indagini e i dati necessari per la verifica della stabilità dei pendii in condizioni sismiche includono:

- acquisizione e analisi di dati esistenti
- rilievi topografici, indagini geomorfologiche, indagini geologiche
- prove geotecniche e geofisiche in sito e di laboratorio
- monitoraggio delle pressioni interstiziali
- individuazione e controllo di eventuali movimenti preesistenti
- definizione delle condizioni ambientali e di carico
- identificazione dell'azione sismica di progetto e delle strutture sismogenetiche.

3 Carte, livelli di microzonazione sismica e zone di instabilità di versante

Le carte geologiche di base e la Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT_MS), descrivendo le caratteristiche geologico tecniche dei litotipi e l'assetto geomorfologico dell'area d'interesse, hanno un ruolo fondamentale per l'individuazione della presenza, o meno, delle condizioni locali predisponenti l'instabilità di versante. Pertanto è necessario che vengano anche rappresentati eventuali elementi antropici di interesse (es. aree di cava attive e abbandonate, discariche di inerti, ecc.).

La CGT_MS in particolare rappresenta un vero e proprio studio propedeutico per l'individuazione delle zone di instabilità di versante. In particolare, un'area nella quale è stata già individuata una frana, sarà segnalata nella CGT_MS (e accompagnata da una descrizione specifica nelle note illustrative) come un'area sulla quale sono necessari approfondimenti per verificare l'effettiva presenza di condizioni predisponenti l'instabilità.

In termini generali i metodi di verifica della zone di instabilità di versante in condizioni sismiche sono (NTC, 2008; AGI, 2005)³:

- metodi pseudostatici (analisi semplificate)
- metodi dinamici degli spostamenti (analisi dinamiche semplificate)
- metodi dinamici sforzi-deformazioni (analisi dinamiche avanzate).

Questi metodi si differenziano per:

- modalità di schematizzazione dell'azione sismica (costante o funzione del tempo, descritta mediante uno o più parametri rappresentativi o mediante l'intera storia temporale)
- modello di comportamento dei terreni (es. rigido-plastico, elasto-plastico,...)
- parametro di riferimento per la valutazione delle condizioni di stabilità (fattore di sicurezza, entità dello spostamento, livello tensionale)
- tipo di approccio analitico o numerico utilizzato (es. equilibrio limite, analisi limite, differenze finite, elementi finiti)
- condizione limite di riferimento (stato limite ultimo o di esercizio).

La metodologia generale, adottata in queste linee guida, si basa su procedure di *screening* successivi che, partendo da tutte le instabilità di versante segnalate in documentazione pregressa e in database (PAI, IFFI,...), consentono di individuare le frane attivabili con una forzante sismica e che interessano le aree urbanizzate e urbanizzabili (fig. 2).

Uno *screening* preliminare escluderà, solo sulla base della pericolosità sismica di base, le aree che, pur essendo in frana, non saranno soggette a forzante sismica tale da provocarne l'attivazione.

³ Per una trattazione sintetica dei metodi di studio e di verifica della stabilità dei versanti in condizioni sismiche si rimanda anche a http://people.dicea.unifi.it/clau/14a%20Pendii%20AA-2012_13.pdf

http://people.dicea.unifi.it/clau/14b%20Pendii%20AA-2012_13.pdf

http://people.dicea.unifi.it/johannf/disp_18.pdf

Uno *secondo* screening, applicando metodi pseudostatistici che considerano dati geologici e geotecnici, consentirà di escludere altre aree.

Il terzo e ultimo *screening* permetterà di definire solo le frane che potenzialmente possono interessare le aree urbanizzate e urbanizzabili, valutando e calcolando gli spostamenti.

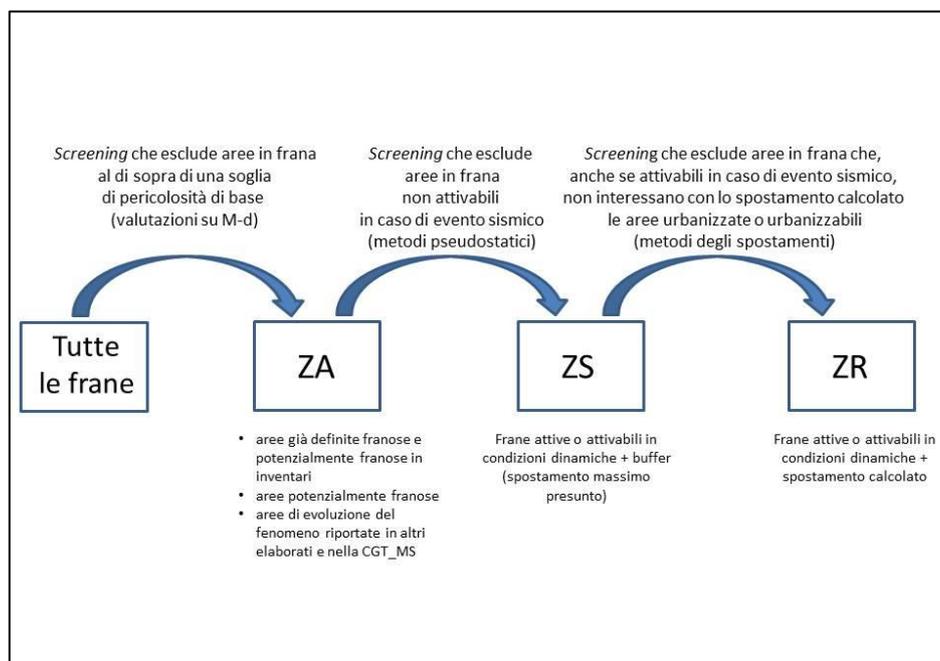


Figura 2 – Metodologia generale di individuazione delle ZA, ZS e ZR per le instabilità di versante (frane).

I livelli di approfondimento e le carte (tab. 1) per l'individuazione delle instabilità di versante, descritti nel presente documento, sono:

- livello 1 (Carta delle MOPS) per l'individuazione di Zone di Attenzione per le instabilità di versante (ZA_{FR}), nel quale vengono utilizzati elementi informativi minimi⁴ (es. segnalazioni di aree in frana o potenzialmente franose in inventari esistenti, confronto con CGT_MS ed eventuali dati pregressi raccolti durante lo studio di MS di livello 1)
- livello 3 (Carta di MS) nel quale vengono distinte due modalità di approfondimento delle analisi in funzione di due tipologie di zone previste:
 - Zone di Suscettibilità per instabilità di versante (ZS_{FR}), da identificare con elementi informativi specifici e analisi semplificate (AGI, 2005);
 - Zone di Rispetto per instabilità di versante (ZR_{FR}), da identificare con elementi informativi specifici e analisi dinamiche semplificate o avanzate (AGI, 2005).

Gli studi di MS con approfondimenti di livello 2, poiché richiedono particolari condizioni di assetto geologico del sottosuolo (strati del sottosuolo piano paralleli e morfologia piatta), non sono compatibili

⁴ Tra gli elementi informativi minimi si intendono i dati pregressi, incrociati con soglie preliminari della pericolosità sismica a scala regionale

con le caratteristiche geologiche e geomorfologiche dei versanti instabili e quindi, come si dirà in dettaglio più avanti, non sono utilizzabili per questo tipo di instabilità permanente cosismica. Pertanto, nelle carte di MS con approfondimenti di livello 2 si riporteranno le $Z_{A_{FR}}$ definite nel livello 1.

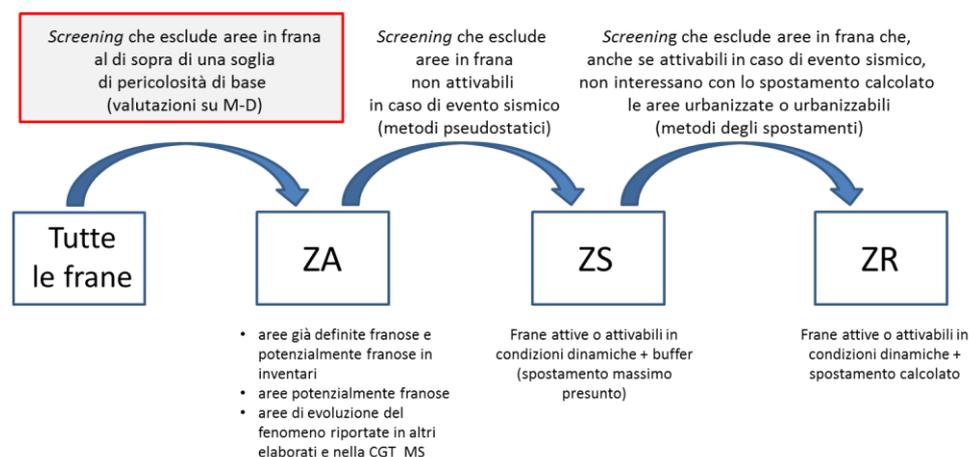
Come si può notare, i diversi tipi di zona di instabilità di versante sono propri di livelli diversi di approfondimento. A ciascun tipo di zona corrispondono indicazioni per la pianificazione urbanistica e per gli interventi di trasformazione che saranno trattate nella PARTE SECONDA di questo documento.

Livello di MS	Carta	Zone di instabilità di versante	Elementi informativi	Analisi e metodi
1	MOPS	Zone di Attenzione ($Z_{A_{FR}}$)	Minimi Dati pregressi	-
2	MS	Zone di Attenzione ($Z_{A_{FR}}$)	-	<i>Non si effettuano studi sulle instabilità di versante</i>
3	MS	Zone di Suscettibilità ($Z_{S_{FR}}$)	Specifici	Semplificate (<i>sensu</i> AGI, 2005) Metodi pseudostatici per frane in terra Metodi semplificati per definire la suscettibilità e la <i>runout distance</i> per frane di crollo
3	MS	Zone di Rispetto ($Z_{R_{FR}}$)	Specifici	Dinamiche semplificate o avanzate (<i>sensu</i> AGI, 2005). Metodi degli spostamenti e calcolo <i>runout distance</i>

Tabella 1 – Livelli, carte e corrispondenti tipi di zone di instabilità di versante.

Gli studi di microzonazione sismica secondo ICMS (2008) sono svolti nelle aree urbanizzate e/o soggette a trasformazione. Il fenomeno delle instabilità di versante e la sua evoluzione coinvolgono un territorio più vasto di quello di interesse per la mappa di microzonazione sismica, quindi, per le instabilità di versante, bisognerà considerare un'area di studio estesa fino a comprendere il territorio che può essere influenzato dal fenomeno e che, nella sua evoluzione, potrebbero investire la parte urbanizzata e urbanizzabile (come da piani territoriali). Quindi la zonazione ($Z_{A_{FR}}$, $Z_{S_{FR}}$, $Z_{R_{FR}}$) occuperà aree anche non necessariamente previste dagli ICMS (2008).

3.1 Screening preliminare: definizione di una soglia di pericolosità sismica di base (H_{FR})



Anche se la definizione della forzante sismica e le conseguenze della sua applicazione sul pendio si affronteranno nel livello successivo di approfondimento (livello 3), in questa fase preliminare agli studi di MS è richiesta la valutazione di un parametro di pericolosità sismica (coppia Magnitudo-Distanza; M-D) che permetta, definendo una soglia minima, di operare un primo *screening* e limitare le porzioni di territorio della Regione dove concentrare gli studi successivi.

Nell'ambito degli studi di microzonazione sismica di livello 1, al fine di individuare le zone di instabilità di versante in condizioni sismiche è possibile selezionare preliminarmente le aree ove sussistono le condizioni sismiche necessarie per l'attivazione del fenomeno franoso sulla base di specifici parametri sismici.

Il comportamento di un pendio in condizioni dinamiche, durante il terremoto, dipende infatti anche dalle caratteristiche intrinseche del moto sismico cioè da ampiezza, durata e contenuto in frequenza.

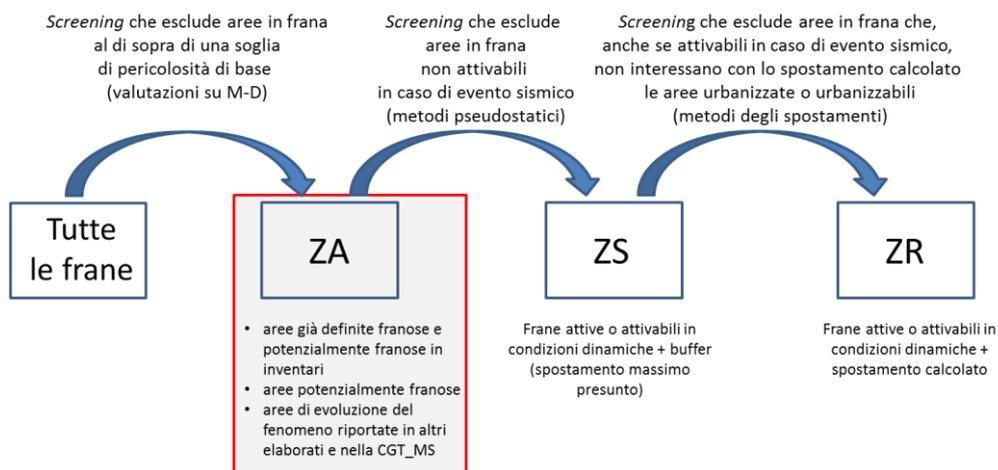
In Appendice A1 viene proposta una metodologia attraverso cui individuare le aree, definite in funzione dei limiti comunali, ove sia possibile escludere l'attivazione di frane sismoindotte sulla base di specifici parametri sismici (M-D). La metodologia proposta in appendice rappresenta solo un'indicazione e ovviamente le singole Regioni potranno utilizzare altri metodi che riterranno più congrui alle proprie esigenze.

La metodologia proposta si basa su tre fasi di analisi:

- disaggregazione della pericolosità sismica (Barani *et alii*, 2009) in termini di Magnitudo e Distanza (M-D),
- confronto degli scenari M-D con i valori di soglia, o valori critici (M_c-D_c), derivati da Keefer (1984) per l'attivazione delle frane sismoindotte
- calibrazione della procedura attraverso una validazione *ex-post*.

La coppia M-D di ogni comune esaminato sarà identificata con un parametro unico H_{FR} . In altri termini, il parametro H_{FR} corrisponderà alla coppia M-D associata al periodo spettrale e al periodo di ritorno tale da individuare sul territorio in esame tutte (o la maggior parte) le aree comunali interessate storicamente da frane sismoindotte.

3.2 Carta delle MOPS – livello 1 (ZA_{FR} - Zone di Attenzione per instabilità di versante)



Il risultato atteso del livello 1 di MS è la delimitazione della Zone di Attenzione per instabilità di versante (ZA_{FR}) costituite dalle seguenti aree:

- aree in frana (FR)
- aree potenzialmente franose (APF)
- aree di evoluzione del fenomeno franoso (AE).

L'obiettivo di questo livello di approfondimento viene perseguito utilizzando elementi informativi minimi. Alcuni di questi elementi, che attengono alle caratteristiche del sottosuolo, devono essere raccolti dando priorità alle aree già preventivamente segnalate nella CGT_MS.

Tra gli elementi informativi minimi si citano:

- segnalazioni di instabilità dei pendii in eventi sismici passati. Le informazioni sui fenomeni di instabilità di versante osservati in occasione di eventi sismici storici possono essere reperite in pubblicazioni scientifiche o nel catalogo CEDIT (2013): *Italian Catalogue Of Seismic Ground Failures* (<http://www.ceri.uniroma1.it/cn/gis.jsp>);
- consultazione di inventari di fenomeni franosi (PAI, IFFI, studi regionali, studi di dettaglio per piani urbanistici, ecc.); nell'ambito di questa attività è necessario verificare la coerenza reciproca dei dati provenienti dalle varie fonti considerate, laddove sorgano incongruità (es. perimetrazioni o stati di attività diversi per lo stesso corpo di frana tra le fonti conoscitive utilizzate) e occorrerà pervenire ad una sintesi. Ciò al fine di assicurare l'allineamento del tematismo "aree interessate da instabilità di versante – frane" della carta delle MOPS con le cartografie di riferimento che producono vincoli territoriali (carta di suscettività d'uso degli strumenti urbanistici o cartografia di pericolosità del PAI);
- valutazioni desunte dall'analisi della CGT_MS (soprattutto per derivare le APF).

Ulteriore obiettivo degli studi di livello 1 è la programmazione delle indagini da effettuare nel livello 3.

Si rimanda al livello di approfondimento superiore (Carta di MS - livello 3) la valutazione della possibilità di mobilitazione con forzante sismica.

Nella figura 3 è sintetizzata la procedura per la definizione delle $Z_{A_{FR}}$.

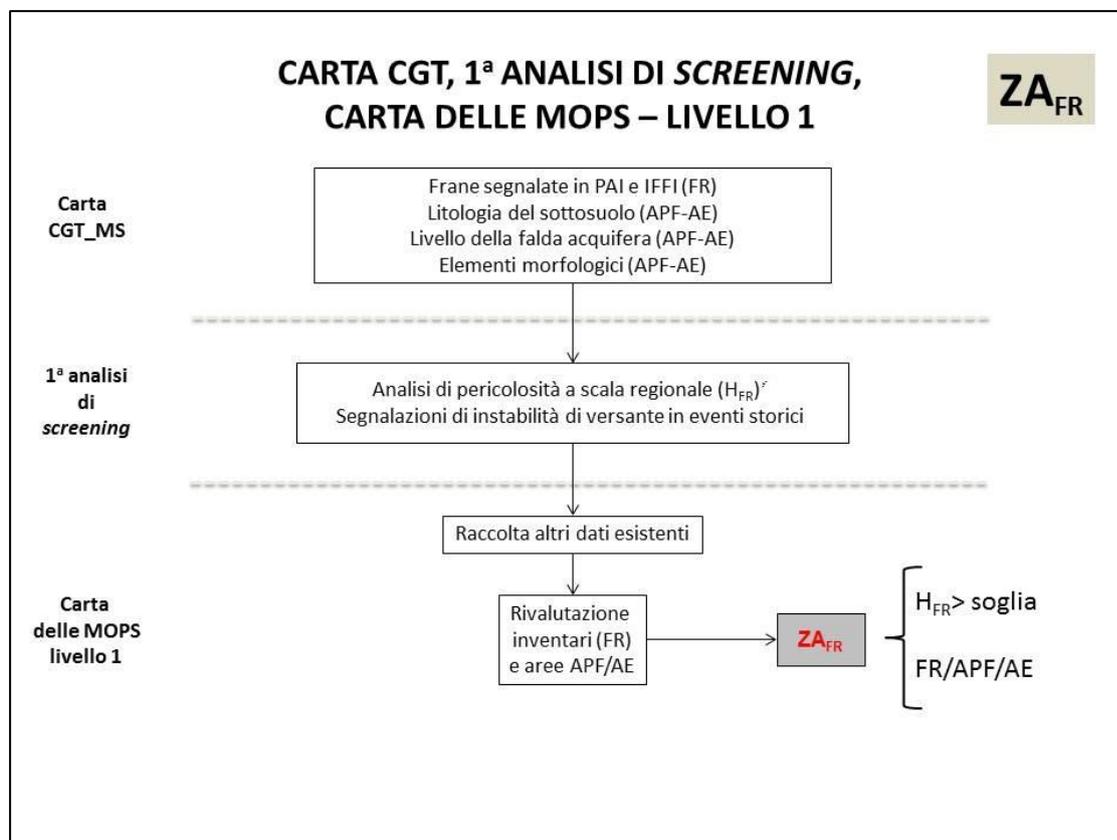


Figura 3 – Diagramma di flusso che illustra la metodologia per definire le $Z_{A_{FR}}$. Per i dettagli vedi testo.

Le $Z_{A_{FR}}$ sono rappresentate nella Carta delle MOPS (livello 1).

Nel capitolo 4 sono illustrati i criteri per la perimetrazione della $Z_{A_{FR}}$.

3.2.1 Frane in terra

Per tutti i territori che sono al di sopra della soglia di H_{FR} definita, per le frane in terra le $Z_{A_{FR}}$ nella Carta delle MOPS saranno composte dall'unione di:

- aree già definite franose e potenzialmente franose in inventari (FR)
- aree potenzialmente franose (APF)
- le aree di evoluzione del fenomeno (AE) riportate in altri elaborati e nella CGT_MS.

Si fa notare che nel rapporto ISPRA (2015) è riportata la seguente indicazione: “...Le aree a pericolosità da frana dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) includono quindi, oltre alle frane già verificatesi, anche le zone di possibile evoluzione dei fenomeni e le zone potenzialmente suscettibili a nuovi fenomeni franosi...” Questa indicazione si riferisce generalmente a situazioni statiche.

Le aree in frana che non superano la soglia H_{FR} non verranno riportate nella carta delle MOPS, ma rimarranno segnalate nella carta CGT_MS.

In Appendice A2 sono riportati documenti che definiscono i seguenti standard operativi:

A2.1 - omogeneizzazione dei dati desunti da inventari (PAI, IFFI) ed eventualmente disponibili

A2.2 - individuazione delle Aree Potenzialmente Franose e le Aree di Evoluzione del fenomeno (APF e AE)

A2.3 - definizione di indagini e parametri per la programmazione degli approfondimenti superiori.

Si raccomanda che nella descrizione in legenda di queste zone sia riportata la dicitura “zone con instabilità di versante da verificare con studi di livello superiore”.

Nella Relazione illustrativa, oltre alle modalità di identificazione della $Z_{A_{FR}}$, saranno riportate informazioni specifiche su:

- assetto geologico, idrogeologico, geomorfologico e geotecnico dell'area, derivante dalle analisi dei dati pregressi;
- eventuali segnalazioni di instabilità di versante in occasione di eventi sismici passati;
- ubicazione e tipologia delle indagini da condurre nei livelli di approfondimento successivi;
- metodi di analisi da impiegare nei livelli di approfondimento successivi.

L'individuazione di queste zone rimanderà obbligatoriamente al livello superiore di approfondimento (Carta di MS – livello 3).

3.2.2 *Frane di crollo*

Le condizioni affinché possa avvenire il fenomeno della frana di crollo sono:

- esistenza in parete o lungo il pendio di blocchi separati da giunti aperti predisponenti il distacco
- presenza di una forza scatenante (es. sisma) che inneschi il dissesto.

Le frane di crollo si manifestano in 3 fasi principali:

- rottura con distacco del materiale
- transito del materiale lungo il pendio
- arresto al piede.

Per tutti i territori che sono al di sopra della soglia di H_{FR} , le $Z_{A_{FR}}$ nella Carta delle MOPS per frane che coinvolgono ammassi rocciosi fratturati si basa sulla stima e sulla conseguente delimitazione dell'area di accumulo di frana. La delimitazione areale ($Z_{A_{FR}}$) deriva, anche in questo caso, dall'analisi degli elementi informativi minimi e da relazioni empiriche e da nuove osservazioni sul territorio, eseguite per gli studi di livello 1.

In sostanza, le analisi devono portare a una valutazione della:

- potenzialità di innesco, ovvero classificazione delle pareti e pendii in genere (es. crolli secondari) in termini di potenzialità a generare frane di crollo

- area di accumulo connessa alle massime distanze percorse dai blocchi di roccia provenienti dalle pareti soggette a crollo (*runout distance*).

La potenzialità di innesco potrà derivare da dati desunti da inventari e/o da osservazioni di carattere prevalentemente geologico e geomorfologico su forme e depositi legati a precedenti fenomeni di crollo (area sorgente, area occupata dai depositi di precedenti frane in roccia, area di arresto di singoli blocchi), dall'analisi delle CGT_MS e da osservazioni dirette in caso di eventi sismici passati particolarmente documentati. In tal caso, come per le frane in terra, è necessario prevedere l'omogeneizzazione dei dati desunti da inventari (PAI, IFFI,...).

La valutazione semiquantitativa delle traiettorie attese e delle massime distanze percorse dai blocchi soggetti a crollo è basata sulla stima dei massimi avanzamenti potenziali, in modo da ottenere una zonazione del territorio (Varnes, 1984), per mezzo di approcci empirici.

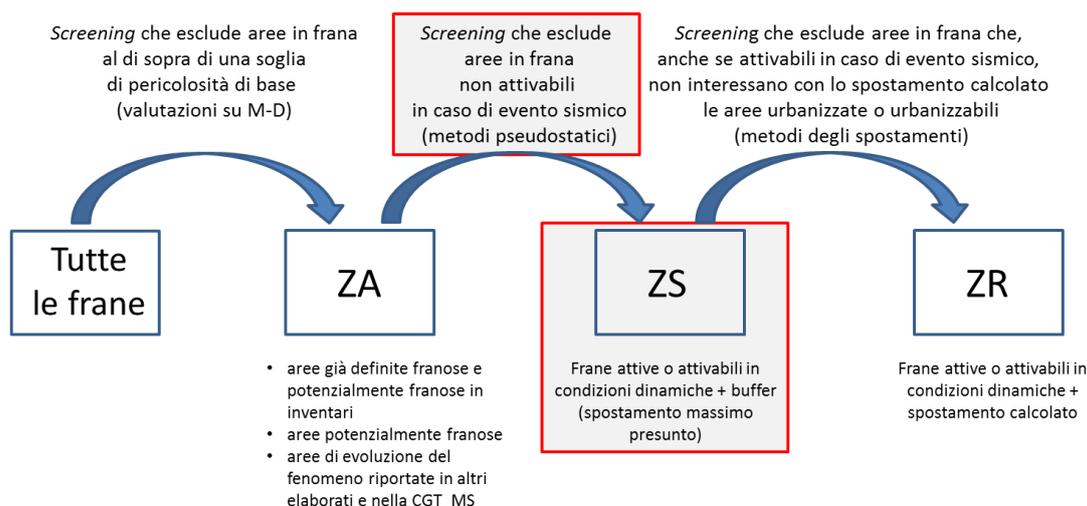
Tra gli approcci empirici per il calcolo della *runout distance* si ricordano:

- metodo del cono d'ombra (Evans e Hungr, 1993)
- metodo dell'angolo di inclinazione del versante (Onofri e Candian, 1979)
- *height fuction model* (Keylock e Domaas, 1999)
- α - β *model* (Heim, 1932 e Korner, 1980)
- *runout ratio model* (McClung e Lied, 1987)
- *simple dynamics rockfall model* (Kirkby e Statham, 1975).

Si sottolinea che esperimenti e simulazioni hanno mostrato che esiste una correlazione positiva tra *runout distance* e il volume di roccia interessato dalla frana.

Come per le frane in terra, le aree che non superano la soglia H_{FR} non verranno riportate nella carta delle MOPS, ma conservate nella carta CGT_MS.

3.3 Carta di MS - livello 3 (ZS_{FR} - Zone di Suscettibilità per l'instabilità di versante)



Il risultato atteso da questo livello di approfondimento è l'individuazione di Zone di Suscettibilità per l'instabilità di versante (ZS_{FR}). Le frane attive e le frane attivabili in caso di evento sismico costituiscono le ZS_{FR} . Per queste frane, in questa fase di valutazione, non è ancora calcolato lo spostamento in caso di attivazione: per ovviare a questa mancanza di informazione si definisce un buffer intorno all'area in frana che rappresenta una sorta di spostamento massimo ipotizzabile. Le ZS_{FR} saranno pertanto costituite dalle aree in frana attive o attivabili con la forzante sismica più un buffer.

L'intera procedura che porta alla definizione delle ZS_{FR} permette di operare una prima selezione (*screening*) tra le zone identificate come ZA_{FR} nel livello 1, riducendo il numero di quelle di interesse in caso di terremoto. In pratica solo alcune ZA_{FR} saranno ZS_{FR} . Lo scopo della procedura di *screening*, infatti, è quello di filtrare le aree che hanno bassissimo o nessun potenziale di sviluppo di frane sismoindotte.

Nella prima fase della procedura di *screening*, dovrà essere valutata l'attività della frana, distinguendo frane attive (FR_{att}), frane quiescenti (FR_{quie}) e frane stabilizzate (FR_{stabil}).

Per supportare chi che deve fattivamente operare questa distinzione, si riporta una tabella di confronto tra la classificazione dello stato di attività delle frane e la classificazione di pericolosità attribuito dal PAI (tab. 2).

Tipo di attività	Attiva	Quiescente	Stabilizzata
Pericolosità PAI	Molto elevata	Elevata	Media-Moderata
Codice PAI	P4	P4/P3	P2-P1

Tabella 2 - Correlazione tra tipo di attività e pericolosità attribuita dal PAI

Una volta attribuito lo stato di attività, le FR_{att} sono direttamente identificate come ZS_{FR} , mentre per le FR_{quie} e FR_{stabil} si procederà con la seconda fase che definirà la possibile attivazione in caso di terremoto.

La seconda fase della metodologia è diversificata per le frane in terra (cap. 3.3.1) e per le frane di crollo (cap. 3.3.2). La scelta di adottare due procedure per i due tipi di frana è necessariamente conseguente alle conoscenze tecniche scientifiche e alle indicazioni normative inerenti i due fenomeni che, anche dal punto di vista fisico, sono molto diversi. La metodologia per le frane in terra si basa sul rapporto di due

coefficienti legati a un'accelerazione critica (a_c) e all'accelerazione massima in superficie (a_{max}). La metodologia per le frane di crollo è invece basata su elementi geologici rilevati *in situ* (caratteristiche delle pareti in roccia), avendo definito a priori una soglia inferiore per l'accelerazione massima in superficie (a_{max}).

Nella figura 4 è sintetizzata la procedura per definire le ZS_{FR} .

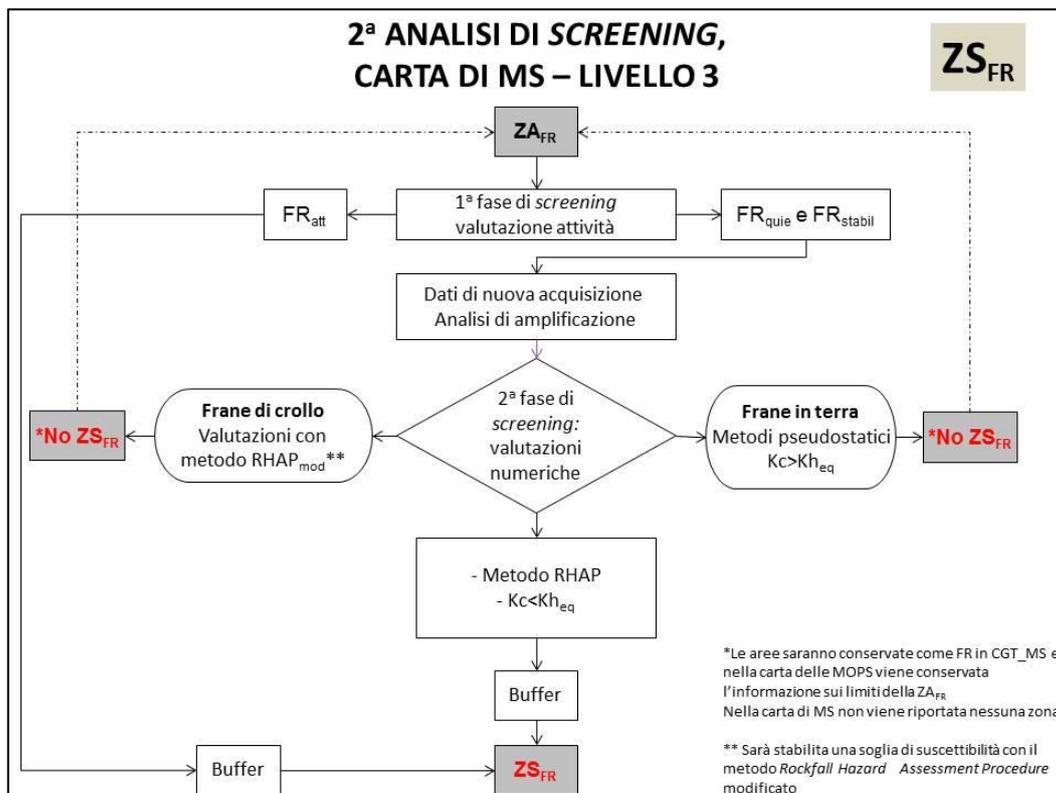


Figura 4 – Diagramma di flusso che illustra la metodologia per definire le ZS_{FR} . Per i dettagli vedi testo.

Le ZS_{FR} sono rappresentate nella Carta di MS (livello 3).

Nel capitolo 4 sono illustrati i criteri per la perimetrazione delle zone ZS_{FR} .

3.3.1 Frane in terra

Per definire le ZS_{FR} è necessario:

- sottoporre a nuova valutazione, con i nuovi dati acquisiti in questo livello di approfondimento, le Aree in Frana (FR), Aree Potenzialmente Franose (APF) e Aree di Evoluzione del fenomeno (AE);
- identificare eventuali Aree Potenzialmente Franose (APF) e Aree di Evoluzione del fenomeno (AE) non identificate nel livello 1 e/o non comprese nelle aree in frana definite nei documenti PAI.

Il metodo di identificazione delle ZS_{FR} prevede che nella prima fase della procedura di *screening* le Z_{AFR} relative a FR_{att} vengano direttamente identificate come ZS_{FR} , mentre per le aree Z_{AFR} relative a FR_{quie} e FR_{stabil} debbano essere calcolati con metodi numerici (analisi di amplificazioni litostratigrafiche e analisi

pseudostatiche) $K_{h_{eq}}$ e K_c . La seconda fase della procedura di *screening* prevede la valutazione e il confronto tra K_c e $K_{h_{eq}}$; le ZS_{FR} saranno costituite dalle aree FR, APF, AE per le quali risulti $K_c < K_{h_{eq}}$.

La procedura prevede 3 passi:

- 1) calcolo del coefficiente sismico critico (K_c) in condizioni di collasso incipiente, ovvero quando $FS=1.2^5$ (analisi pseudostatica inversa);
- 2) calcolo dell'accelerazione massima equivalente ($a_{max_{eq}}$) e del coefficiente sismico orizzontale equivalente ($K_{h_{eq}}$) con un'analisi numerica (si sottolinea ancora una volta che non sono applicabili i risultati di abachi propri del livello 2, in quanto le aree in frana sono geologicamente complesse);
- 3) confronto tra K_c e $K_{h_{eq}}$ e individuazione delle ZS_{FR} ($K_c < K_{h_{eq}}$).

Le zone ZA_{FR} per le quali $K_c > K_{h_{eq}}$ superano lo *screening* e non sono riportate nelle carte di MS, ma il loro perimetro sarà conservato nella carta delle MOPS.

Le zone ZA_{FR} per le quali $K_c < K_{h_{eq}}$ non superano lo *screening* e sono definite come ZS_{FR} .

Il calcolo dei parametri necessari per la procedura di *screening* richiede l'acquisizione dei risultati di specifiche prove geotecniche, *in situ* e di laboratorio, con i seguenti obiettivi:

- determinare le caratteristiche di resistenza dei materiali (c' e ϕ'),
- ricostruire il profilo dell'accelerazione alla base e all'interno del corpo franoso attraverso modellazioni numeriche
- stimare la massima accelerazione in superficie (a_{max} in superficie in condizioni di *free field* e nel corpo di frana)
- definire con dati più accurati la geometria della zona nella quale è possibile il verificarsi della instabilità di versante
- stimare le incertezze/variabilità dei risultati ottenuti dalle indagini *in situ* e in laboratorio e dei metodi di analisi.

Una particolare attenzione dovrà essere posta nelle analisi di terreni saturi per i quali può essere necessario considerare la riduzione della resistenza al taglio indotta da condizioni di carico ciclico a causa dell'incremento delle pressioni interstiziali e della degradazione dei parametri di resistenza. Anche in questo caso, per relazioni empiriche del calcolo di Δu e δ_{cu} ci si può riferire a AGI (2005).

Altra raccomandazione riguarda la scelta delle caratteristiche di resistenza dei materiali (c' e ϕ'), per le quali è bene distinguere tra terreni a comportamento duttile e terreni a comportamento fragile. Di seguito sono riassunte quelle riportate in AGI (2005).

- Terreni a comportamento duttile, caratteristiche di resistenza corrispondenti alle condizioni di volume costante ($c'=0$, $\phi'=\phi'_{cv}$)

⁵ Valore ritenuto ragionevole per le verifiche di stabilità dei pendii naturali in condizioni sismiche (cfr. cap. 8 delle Linee guida AGI, 2005)

- Terreni a comportamento fragile, caratteristiche di resistenza corrispondenti alle condizioni di volume costante di post-picco ($c'=0, \phi'=\phi'_{pp}$)
- Terreni coesivi in presenza di superfici di scivolamento relative, caratteristiche di resistenza corrispondenti alle condizioni residue ($c'=0, \phi'=\phi'_r$)
- Terreni coesivi consistenti e sovraconsolidati su pendii integri in presenza di superfici di discontinuità preesistenti (es. stratificazione), caratteristiche di resistenza corrispondenti alle condizioni post picco ($c'=0, \phi'=\phi'_{pp}$)
- Terreni coesivi consistenti e sovraconsolidati su pendii integri, caratteristiche di resistenza corrispondenti alle condizioni di picco ($c'\neq 0, \phi'=\phi'_p$).

In Appendice A3 si riportano alcuni riferimenti di letteratura tecnica e di normativa per il calcolo di K_c e K_{heq} . In particolare i metodi per la determinazione di K_{heq} sono riportate nell'appendice "G" di AGI (2005).

3.3.1.1 [Buffer per le frane in terra](#)

Le ZS_{FR} saranno costituite dalle aree in frana attivabili con una forzante sismica (o già definite attive con valutazioni statiche) e un buffer che sostituisce la mancanza di informazioni rispetto allo spostamento ipotizzabile della frana in condizioni dinamiche. Il buffer dovrebbe rappresentare una sorta di valutazione per eccesso dello spostamento effettivo.

La definizione di questo buffer è un'operazione critica perché dipendente da una serie di fattori tra i quali i più importanti sono: la dimensione dell'area in frana, l'acclività del versante, la litologia dei terreni coinvolti, la profondità della falda, il meccanismo di rottura e le caratteristiche energetiche e cinematiche della forzante sismica. Per una completa trattazione sulle problematiche di identificazione di buffer per aree in frana si consiglia di consultare Fell *et alii* (2008).

Si ritiene che, a giudizio esperto del realizzatore dello studio, per le frane in terra questo buffer possa essere fissato a 10 m, anche tenendo conto di regressioni riportate nella letteratura scientifica (fig. 8).

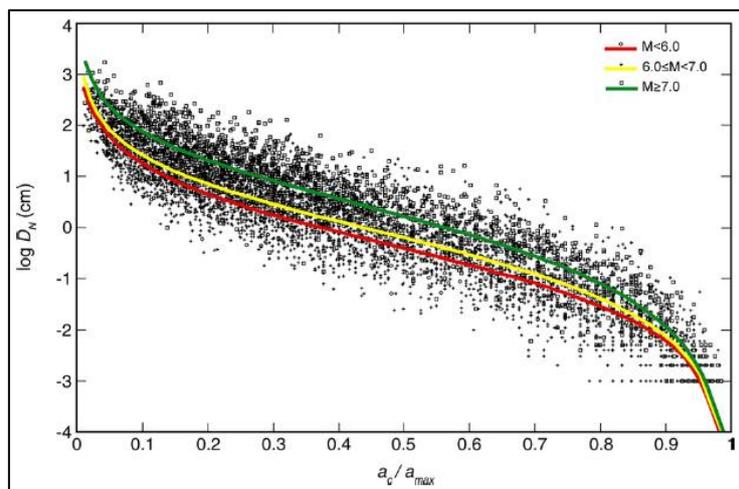


Figura 8 – Logaritmi degli spostamenti calcolati con il metodo di Newmark, in funzione dell'accelerazione critica per differenti magnitudo (da Jibson et alii, 2007).

3.3.2 Frane di crollo

Anche per le frane in roccia si procede definendo una procedura di *screening*: le zone $Z_{A_{FR}}$ che superano lo *screening* non dovranno essere ulteriormente analizzate con metodi più accurati, non saranno riportate nelle carte di MS, ma il loro perimetro sarà conservato nelle carte MOPS; le zone che falliscono lo *screening* sono le Zone di Suscettibilità per frane di crollo ($Z_{S_{FR}}$) (Figura 3).

Come per il livello 1, le analisi in questo livello devono portare a una valutazione della:

- potenzialità di innesco ovvero classificazione delle pareti in termini di potenzialità a generare frane di crollo
- area di accumulo connessa con le massime distanze percorse dai blocchi/diedri di roccia provenienti dalle pareti soggette a crollo (*runout distance*).

Il problema della valutazione semiquantitativa della suscettibilità a frana dei pendii in roccia (quindi non solo quelle sismoindotte) è molto complesso in quanto il comportamento reale dei blocchi dipende da una serie di fattori che possono combinarsi in maniera casuale. Negli ultimi anni sono state sviluppate varie metodologie tra le quali si segnala la Rockfall Hazard Assessment Procedure, già adottata dalla Regione Lombardia (Mazzoccola e Sciesa, 2000; Regione Lombardia-CNR, 2001).

Per valutazioni congrue agli studi di microzonazione sismica è stata messa a punto una modifica della stessa metodologia (RHAP-MS, a cura dell'Università Bicocca di Milano) per l'identificazione delle $Z_{S_{FR}}$ per le frane di crollo con forzante sismica.

La metodologia permette una zonazione delle aree di distacco sulla base di sei elementi di instabilità:

1. fratture aperte con evidenze di attività associate a cinematismi possibili;
2. blocchi ruotati;
3. zone intensamente fratturate;
4. superfici non alterate che testimoniano recenti distacchi;
5. emergenze di acqua alla base dei blocchi.
6. accelerazione di picco al suolo (PGA) con probabilità del 10% in 50 anni $> 0.15 g$ (Appendice A5)

Per applicare la metodologia è necessario innanzitutto individuare e delimitare aree omogenee sulla base delle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso ricavate da rilievi in sito e delle caratteristiche morfologiche del versante (es. altezza della parete e pendenza del versante sottostante). In seguito, si effettua la valutazione della probabilità di accadimento del fenomeno in ciascuna delle aree omogenee, definendone la propensione al distacco dei blocchi. A tale scopo la parete viene suddivisa in un reticolo di maglie quadrate con lato variabile da 5 m fino ad un massimo di 20 m, in funzione della complessità geomeccanica dell'area omogenea in esame o in base alle dimensioni della parete investigata. In sintesi, quindi, una parete soggetta a crolli è divisa in aree omogenee e le aree omogenee a loro volta sono divise in un reticolo di maglie quadrate. Per ciascuna maglia del reticolo si verifica la presenza dei 6 elementi di instabilità precedentemente elencati. Ad ogni maglia viene quindi associato un valore di instabilità, I_{maglia} , dato dalla somma del numero di elementi di instabilità presenti. Poi, per ogni area omogenea viene calcolata la percentuale di instabilità, $I\%$, come:

$$I\% = \frac{\sum_1^N I_{maglia}}{N * 6}$$

I%= percentuale di instabilità per area omogenea

I_{maglia}= somma del numero degli elementi di instabilità

N= numero di maglie per area omogenea

La soglia per lo *screening* viene posta cautelativamente ad un valore pari a $1/6 = 0.167$, assumendo che un'area omogenea che presenti in media solo un elemento di instabilità per ogni maglia non sia da considerarsi critica.

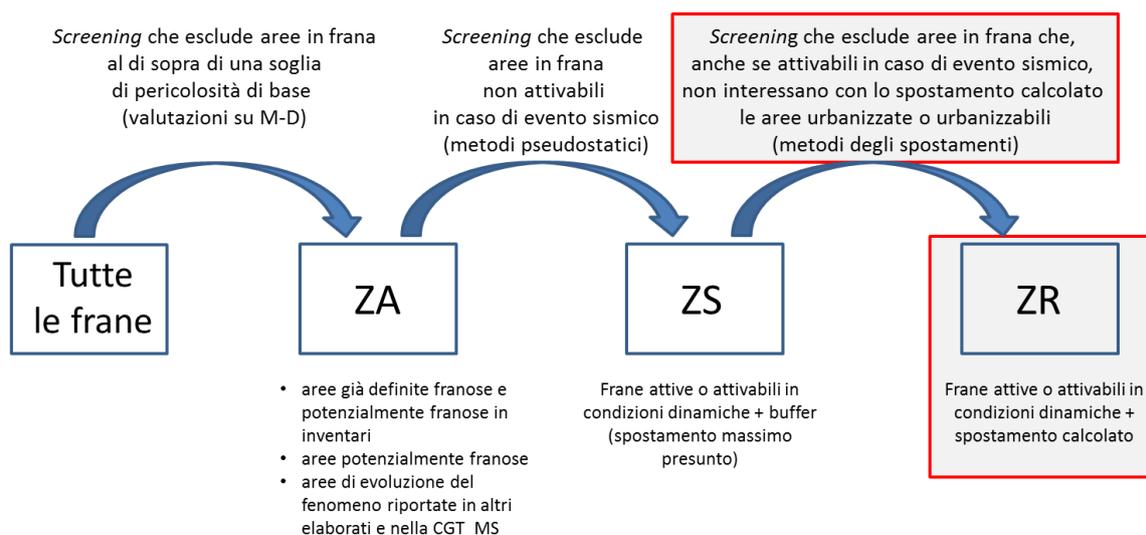
Per quel che concerne la valutazione della *runout distance*, segnalando ancora una volta l'opportunità dell'utilizzo dei codici numerici 2D e 3D, in questo livello si confermano i risultati ottenuti nel livello 1 con metodi empirici che comunque dovranno rappresentare semplicemente un orientamento per una valutazione più accurata.

In definitiva quindi, per le frane di crollo di questo livello, le Z_{SFR} saranno le aree che per la suscettibilità da crollo non superano lo *screening*, la cui *runout distance* è stata calcolata con metodi empirici nel livello 1.

3.3.2.1 [Buffer per le frane di crollo](#)

Per le frane di crollo il buffer delle Z_{SFR} si considera compreso nella *runout distance* calcolata empiricamente con il livello 1.

3.4 Carta di MS - livello 3 (ZR_{FR} - Zone di rispetto per l'instabilità di versante)



L'EC8 prescrive che, in generale, le analisi di stabilità siano condotte con metodi dinamici, riservando i metodi pseudostatici ai casi in cui la topografia e la stratigrafia non presentino forti irregolarità e i terreni non presentino, in condizioni cicliche, significativi incrementi delle pressioni interstiziali o degradazione della resistenza. Sulla base di queste indicazioni, sul fatto che si stanno analizzando frane con forzate sismica e sulla base delle analisi di *screening* operate in precedenza, è necessario affrontare un ulteriore livello di approfondimento. In questo capitolo si descrivono le analisi che permettono di definire le Zone di Rispetto (ZR_{FR}).

Nelle aree individuate come Zone di Suscettibilità (ZS_{FR}) che interessano aree urbanizzate e urbanizzabili, si procede ad acquisire nuovi dati e condurre analisi dinamiche semplificate (metodi degli spostamenti) o avanzate, allo scopo di:

- rivalutare la dimensione delle aree in frana con possibile attivazione in caso di evento sismico
- determinare l'entità dello spostamento cumulato del pendio per le frane in terra (FRT) e la *runout distance* per le frane di crollo (FRR).

Le ZS_{FR} per le quali l'area di buffer è stata sostituita con l'area dello spostamento calcolato (FRT e FRR) saranno le Zone di Rispetto (ZR_{FR}).

Per le ZS_{FR} che con la loro zona di buffer non interessano le aree urbanizzate e urbanizzabili non è necessario calcolare le aree di spostamento.

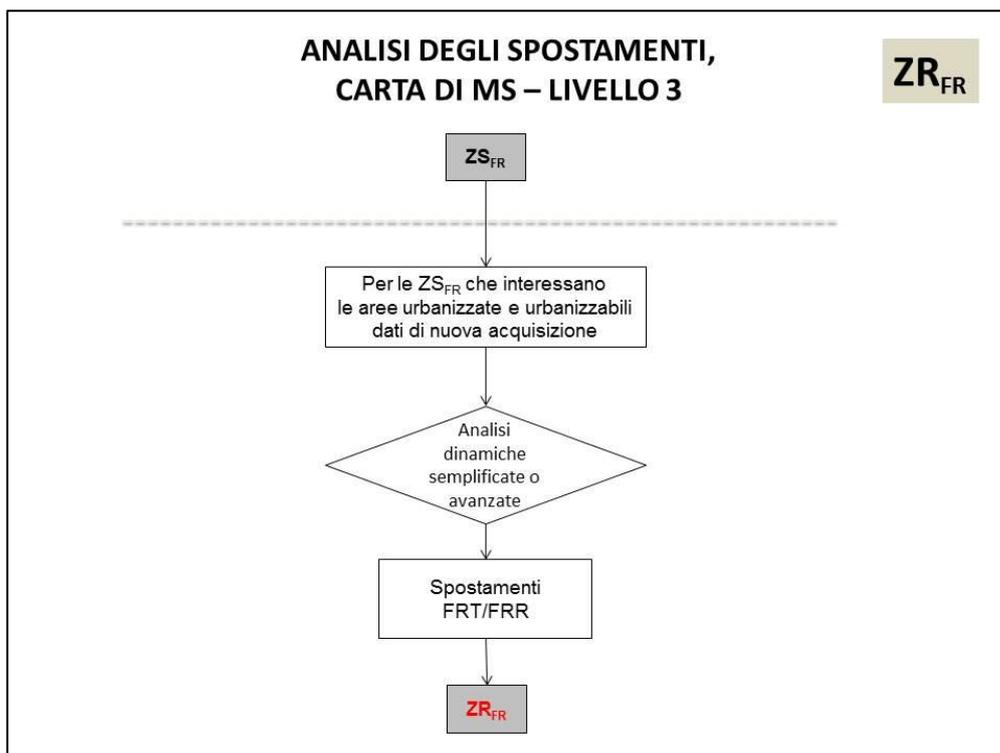


Figura 5 – Diagramma di flusso, valido per le frane in terra e di crollo, che illustra il percorso metodologico per la definizione delle ZR_{FR} .

Nel capitolo 4 sono illustrati i criteri per la perimetrazione delle ZR_{FR} .

3.4.1 Frane in terra

In conformità e continuità con il percorso metodologico delineato per l'identificazione delle ZS_{FR} , e sulla scorta dei nuovi dati raccolti, si operano, per le zone che non hanno superato lo *screening*, i seguenti passi:

- Rivalutazione, con i nuovi dati raccolti, di K_c e $K_{h_{eq}}$
- Conferma o meno della disequazione $K_c < K_{h_{eq}}$
- Analisi pseudodinamiche 1D (metodo di Newmark, 1965 o, in alternativa, Makdisi e Seed, 1978) in tutte le aree individuate come ZS_{FR} .

Nelle analisi previste dai metodi dinamici semplificati (metodi degli spostamenti):

- l'azione sismica è definita da una funzione temporale (accelerogramma);
- gli effetti dell'azione sismica vengono valutati in termini di spostamenti cumulati;
- la pericolosità è stimata confrontando lo spostamento cumulato con quello ammissibile.

Questo approccio supera il limite intrinseco dei metodi pseudostatici che utilizzano sollecitazioni statiche e costanti nel tempo e tiene conto del fatto che la risposta del pendio dipende anche dalle caratteristiche dell'accelerogramma.

Le fasi che permettono la valutazione dello spostamento cumulato (FRT) sono le seguenti:

- valutazione, con metodi numerici di simulazione, della *time history* rappresentativa dell'input agente nella zona $Z_{S_{FR}}$ analizzata
- rivalutazione con altri dati, se necessario, del K_c
- calcolo dell'accelerazione critica ($a_c = K_c * g$) ovvero dell'accelerazione relativa ad una condizione di equilibrio limite ($FS=1.2$, vedi nota 3)
- calcolo dello spostamento cumulato (FRT), tramite doppia integrazione dell'accelerazione eccedente (parte dell'accelerogramma che supera a_c)

Valutato FRT lo si sostituisce all'area del buffer della $Z_{S_{FR}}$ e si definisce la $Z_{R_{FR}}$.

Le $Z_{R_{FR}}$ sono rappresentate nella Carta di MS (livello 3).

A prescindere dalla scelta delle indagini *in situ*, delle prove di laboratorio e delle metodologie di analisi del potenziale di instabilità di versante, si raccomanda una particolare attenzione alla coerenza interna dei metodi utilizzati sia per quanto riguarda la scelta dei parametri, che per il loro utilizzo nelle analisi.

3.4.1.1 [Analisi avanzate sforzi-deformazioni per le frane in terra](#)

Le analisi sforzi-deformazioni sono da intendersi come analisi avanzate delle condizioni di stabilità di un pendio, ma non possono, allo stato attuale delle conoscenze, considerarsi sostitutive dei metodi pseudostatici e dei metodi degli spostamenti (AGI, 2005 e circolare esplicativa NTC, 2008).

Le analisi sforzi-deformazioni sono comunemente eseguite con tecniche di integrazione numerica, agli elementi o alle differenze finite, implementate in codici di calcolo, alcuni dei quali anche disponibili in commercio.

Questa tipologia di analisi è in grado di identificare la modalità più probabile dello scivolamento, di predire la deformazione e di localizzare il punto di origine della frana. Tali vantaggi però presentano un costo notevole. Infatti si deve tener conto della natura polifase dei terreni e del loro comportamento meccanico in condizioni cicliche. Questi metodi hanno bisogno di grande affidabilità del modello geotecnico del pendio e dello scenario sismico di riferimento.

Al fine di ottenere un'affidabile modellazione numerica, occorre una stima accurata della litostratigrafia del sottosuolo, dello stato di tensione efficace iniziale e della storia del carico, del regime delle pressioni interstiziali e delle caratteristiche di resistenza e rigidezza dei terreni.

3.4.2 *Frane di crollo*

In questo livello di studio è indispensabile la conoscenza di metodi e l'utilizzo di strumenti avanzati, sia per la valutazione della suscettibilità all'innesco, sia per le valutazioni di propagazione dei fenomeni di crollo.

Le *runout distance* sono gli spostamenti FRR da calcolare per definire le $Z_{R_{FR}}$. E' importante sottolineare che le elaborazioni avanzate per le frane di crollo richiedono l'ausilio di codici di calcolo dedicati⁶, alcuni

⁶ Un gruppo di lavoro (marzo 2017) sta sviluppando un codice semplificato per valutazioni preliminari ma comunque affidabili, che sarà reso disponibile dopo una fase di sperimentazione.

dei quali disponibili in commercio. Pertanto si è ritenuto opportuno non descrivere una procedura in particolare, invitando l'operatore ad approfondire e utilizzare tali codici di calcolo.

Per una disamina delle problematiche connesse a tali valutazioni e sui metodi disponibili si rimanda al documento “Linee Guida per la Redazione di Carte di Suscettibilità e di Pericolosità” (Progetto MASSMOVE, 2013 e Valagussa *et alii*, 2014; Appendice A4), utilizzato nella Regione Friuli Venezia Giulia.

Le ZR_{FR} per le frane di crollo sono in definitiva costituite dall'area della parete sorgente dei massi in caduta e dall'area definita dalla *runout distance* (FRR), calcolata con metodi avanzati. Questo risultato (FRR) è dato dalla definizione specifica di diverse modellazioni dell'innescò e di diverse modellazioni della propagazione.

3.5 Riepilogo dei metodi e delle zone per la Carta delle MOPS e per la Carta di MS

In tabella 4 è riportato uno schema riassuntivo per l'individuazione delle zone per frane in terra.

Metodi	Parametro	ZONE	CARTA	LIVELLO MS
Analisi inventari		Z _{A_{FR}} (Zona di Attenzione)	MOPS	1
<i>Non si effettuano studi sulle instabilità</i>		Z _{A_{FR}} (Zona di Attenzione)	MS	2
Valutaz. attività Pseudostatici Buffer	FR _{att} K _c < K _{h_{eq}} area	Z _{S_{FR}} (Zona di Suscettibilità)	MS	3
Spostamenti	FRT	Z _{R_{FR}} (Zona di Rispetto)	MS	3

Tabella 4 – Schema riassuntivo per la verifica delle condizioni per l'individuazione delle zone per le frane in terra.

In tabella 5 è riportato uno schema riassuntivo per l'individuazione delle zone per frane di crollo.

Metodi	Parametro	ZONE	CARTA	LIVELLO MS
Analisi inventari	<i>Runout distance</i>	Z _{A_{FR}} (Zona di Attenzione)	MOPS	1
Metodi empirici		Z _{A_{FR}} (Zona di Attenzione)	MS	2
<i>Non si effettuano studi sulle instabilità</i>		Z _{A_{FR}} (Zona di Attenzione)	MS	2
Valutaz. attività RHAP-MS	FR _{att} Soglia	Z _{S_{FR}} (Zona di Suscettibilità)	MS	3
Metodi empirici	<i>Runout distance</i>			
Spostamenti	<i>Runout distance</i> FRR	Z _{R_{FR}} (Zona di Rispetto)	MS	3

Tabella 5 – Schema riassuntivo per la verifica delle condizioni per l'individuazione delle zone per le frane di crollo.

4 Modalità di rappresentazione e perimetrazione delle zone

4.1 Modalità di rappresentazione delle zone

Le zone di instabilità per frana devono essere cartografate a una scala adeguata, preferibilmente non inferiore a 1:5.000.

Le $Z_{A_{FR}}$ sono zone rappresentate nella Carta delle MOPS e, nel caso si eseguano studi di livello 2 limitatamente alle amplificazioni litostratigrafiche (utilizzo di abachi), anche nelle Carte di MS. Le Carte di MS con zone di approfondimento di livello 2, infatti, nel caso non si proceda oltre questo livello di approfondimento, vengono spesso assunte come cartografia di riferimento per la pianificazione urbanistica ed è quindi importante conservare l'informazione sulle $Z_{A_{FR}}$ individuate.

Le aree per le quali la pericolosità non supera la soglia H_{FR} , nel livello 1 di MS, ma che risultano descritte come FR, APF AE, saranno riportate solo nella CGT_MS.

Le $Z_{S_{FR}}$ e le $Z_{R_{FR}}$ sono zone rappresentate nelle Carte di MS (livello 3).

4.2 Modalità di perimetrazione delle zone

In termini generali, le informazioni che guidano la perimetrazione delle zone, in ordine decrescente di significatività (affidabilità), sono ricavate da:

- a) descrizioni del fenomeno fisico rilevato sul campo, se si è in fase di immediato post evento;
- b) segnalazioni di fenomeni di instabilità di versante in eventi storici (fonti storiche);
- c) valutazioni sull'attività del fenomeno (FR_{att} , FR_{quie} , FR_{stabil})
- d) valutazioni effettuate con analisi semplificate (K_c e $K_{h_{eq}}$ e RHAP e *runout distance* con metodi empirici)
- e) valutazioni effettuate con analisi avanzate (spostamenti e *runout distance* con metodi avanzati).

Sulla base di tali informazioni, vengono definite le seguenti procedure di perimetrazione delle zone.

1) $Z_{A_{FR}}$ (Carta delle MOPS)

La Zona di Attenzione ($Z_{A_{FR}}$) si identifica sulla base di elementi informativi minimi e pertanto la perimetrazione dovrà tener conto di tale grado di incertezza.

La perimetrazione della $Z_{A_{FR}}$ si realizzerà sulla base di:

- perimetrazione delle frane selezionate in inventari, secondo lo standard IFFI (= corpo + corona), suscettibili di generare fenomeni cosismici in relazione ai risultati dell'analisi di pericolosità su base territoriale (H_{FR})
- valutazioni sulla CGT_MS (scala non inferiore a 1:10.000) ed eventuali dati pregressi raccolti durante lo studio di MS di livello 1

La procedura di perimetrazione prevede che la $Z_{A_{FR}}$ debba essere caratterizzata dalla successione litostratigrafica del sottosuolo.

Per le modalità di rappresentazione delle $Z_{A_{FR}}$ si vedano gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” versione 4.0.

Le $Z_{A_{FR}}$, riportate nelle Carte di MS nelle quali gli studi di approfondimento non superano il livello 2, saranno sempre caratterizzate dalla successione litostratigrafica.

2) $Z_{S_{FR}}$ (Carta di MS)

La Zona di Suscettibilità ($Z_{S_{FR}}$) non necessariamente coincide con la Zona di Attenzione ($Z_{A_{FR}}$).

La perimetrazione della $Z_{S_{FR}}$ si realizzerà sulla base di:

- CGT_MS rielaborata sulla base delle nuove indagini ad una scala di grande dettaglio (1:5000-1:1000);
- valutazioni sull'attività del fenomeno (FR_{att} si trasformano direttamente in $Z_{S_{FR}}$);
- risultati delle analisi semplificate (metodi pseudostatici, RHAP-MS e *runout distance*) attraverso prove e indagini differenti, con vari livelli di incertezza per le frane in terra;
- definizione del buffer (10 m).

La procedura di perimetrazione delle $Z_{S_{FR}}$, partendo dalla $Z_{A_{FR}}$ definita nel livello 1, prevede:

- rivalutazione delle informazioni contenute nella CGT_MS;
- valutazione dei nuovi dati acquisiti;
- tipo di attività del fenomeno;
- calcolo di K_c e K_{heq} ;
- RHAP-MS per valutazione suscettibilità delle pareti al crollo e valutazione della *runout distance* con metodi semplificati.

Le $Z_{S_{FR}}$ delle frane in terra saranno caratterizzate anche da un fattore di amplificazione.

Per le modalità di rappresentazione delle $Z_{S_{FR}}$ si vedano gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” versione 4.0.

3) $Z_{R_{FR}}$ (Carta di MS)

La Zona di Rispetto ($Z_{R_{FR}}$) non necessariamente coincide con la Zona di Suscettibilità ($Z_{S_{FR}}$), poiché tiene conto dello spostamento calcolato che modifica, quindi, il buffer attribuito alla zona.

La perimetrazione della $Z_{R_{FR}}$ si realizzerà sulla base di:

- calcolo del moto sismico del sito (*time history* e fattori di amplificazione);
- calcolo del FRT medio sulla base delle sezioni studiate con il metodo degli spostamenti per le frane in terra;
- calcolo del FRR con metodi avanzati per le frane di crollo.

Le $Z_{R_{FR}}$ delle frane in terra saranno caratterizzate anche da un fattore di amplificazione.

Per le modalità di rappresentazione delle $Z_{R_{FR}}$ si vedano gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” versione 4.0.

PARTE SECONDA

Disciplina d'uso del suolo in zone interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR)

5 Individuazione delle categorie di aree urbanistiche interessate da instabilità di versante sismoindotte

La pianificazione urbanistica e territoriale in zone interessate da instabilità di versante sismoindotte è chiamata a disciplinare gli usi del suolo e le previsioni di trasformazione urbana, tenendo conto della relazione tra la pericolosità sismica e i diversi contesti insediativi.

È bene evidenziare che, in questo contesto, viene introdotta una condizione di pericolosità aggiuntiva (forzante sismica), per cui la disciplina d'uso, pur tenendo conto di quella già esistente per le instabilità di versante in condizioni statiche, dovrà tenerne conto in modo commisurato sia alle condizioni di pericolosità complessive che ai livelli di approfondimento conoscitivo.

Nell'ambito degli strumenti di pianificazione urbanistica, gli studi di MS, ai vari livelli, come definiti negli ICMS (2008), sono integrati con quanto specificato dalle presenti linee guida.

Al fine di definire tale disciplina, si farà riferimento convenzionalmente a **tre categorie di aree urbanistiche**:

- **Aree edificate** (recenti o consolidate)
- **Aree non edificate** (con previsione di trasformazione)
- **Aree non urbanizzate a trasformabilità limitata**

Ciascuna delle tre categorie di aree è definita da specifici caratteri insediativi, infrastrutturali e di destinazione d'uso la cui relazione con la presenza di $Z_{A_{FR}}$, $Z_{S_{FR}}$ e $Z_{R_{FR}}$ va sottoposta a specifiche normative.

In particolare le tre categorie di aree urbanistiche possono essere definite nel modo seguente:

- **Aree edificate** (recenti o consolidate)
Aree urbanizzate ed edificate di diverso livello di completamento, consolidamento e stratificazione. Comprendono centri storici, tessuti consolidati, aree in completamento con usi residenziali, produttivi, a servizio o misti.
- **Aree non edificate** (con previsione di trasformazione)
Aree non edificate, parzialmente edificate o con previsione di nuovi insediamenti - residenziali, produttivi, a servizio o misti - di manufatti edilizi, di infrastrutture e reti. Tali aree possono trovarsi sia in adiacenza ad aree edificate, sia in contesti ancora non urbanizzati.
- **Aree non urbanizzate a trasformabilità limitata**
Aree non edificabili o con limitate previsioni di edificabilità, sia per destinazione d'uso (aree agricole), che per la presenza di vincoli e forme di tutela.

Queste tre categorie vanno riferite alle previsioni dello strumento di piano vigente e alle sue effettive condizioni di attuazione.

Per quanto riguarda le specifiche articolazioni della normativa urbanistica nelle suddette aree, ogni Regione potrà predisporre opportune corrispondenze tra le tre categorie urbanistiche e le zone omogenee individuate dai rispettivi strumenti di governo del territorio.

6 Disciplina d'uso

I criteri definiti per indirizzare la disciplina d'uso del suolo in zone interessate da instabilità di versante sismoindotte devono tener conto di alcuni fattori:

- per le instabilità di versante sismoindotte l'area di studio da considerare non è solo quella che riguarda la parte urbanizzata e urbanizzabile, ma include anche quella a monte e a valle del centro abitato, interessata dal fenomeno.
- a differenza di altre forme di instabilità (FAC) è possibile mettere in atto opere di riduzione della pericolosità, attraverso interventi di stabilizzazione del suolo (cfr. NTC 2008 par.6.3.5)⁷.
- a differenza delle altre forme di instabilità (FAC e liquefazioni), la disciplina urbanistica per le aree sottoposte a instabilità di versante (non sismoindotta) può essere già stata individuata in alcuni strumenti di pianificazione territoriale di settore (Piani di Assetto Idrogeologico - PAI) o dalla normativa regionale. Nell'Appendice B1 è riportata una sintesi di alcune normative PAI. Si fa riferimento quindi alle normative già esistenti e agli orientamenti generali della disciplina.

Tenuto conto di questo, la disciplina degli usi del suolo e delle previsioni di trasformazione nelle zone di instabilità di versante sismoindotte viene articolata in una serie di **indicazioni urbanistiche**, che definiscono possibili regolamentazioni dallo strumento urbanistico anche in termini di categorie di intervento e di destinazioni d'uso⁸ e modalità attuative.

Con riferimento alle tre categorie di aree urbanistiche sopra definite e alle zone interessate da instabilità di versante sismoindotte in cui esse ricadono, viene proposto un abaco di diverse tipologie di indirizzi (Tabella B2). Nella tabella viene riportata anche una colonna relativa alle infrastrutture, come ambito distinto e in questa sede non approfondito.

Nell'Appendice B2 vengono riportati gli schemi sintetici di classificazione.

Categorie urbanistiche		Aree edificate (recenti o consolidate)	Aree non edificate (con previsione di trasformazione)	Aree non urbanizzate a trasformabilità limitata	Infrastrutture
Zone instabilità di versante	Z _A FR	Obbligo di approfondimento (6.1.1)	Obbligo di approfondimento (6.2.1)		Programma Infrastrutture (6.3)
	Z _S FR	Programma Zone Instabili (6.1.2)	Intervento limitato (6.2.2)		
	Z _R FR				

Tabella B1 - Indicazioni urbanistiche (fra parentesi i riferimenti ai paragrafi)

6.1 Aree edificate

6.1.1 Obbligo di approfondimento (Aree edificate)

Nel caso di $Z_{A_{FR}}$, nelle **Aree edificate (recenti o consolidate)**, per interventi di nuova edificazione (nei lotti vuoti) e per interventi sull'edificato esistente, devono essere espletati i necessari approfondimenti geologici e geotecnici, propri del Livello 3 di MS al fine di individuare le $Z_{S_{FR}}$ e le $Z_{R_{FR}}$, oppure, per interventi puntuali, gli approfondimenti previsti dalla normativa tecnica vigente. E' prerogativa delle Regioni definire eventuali limiti temporali, in ragione delle risorse disponibili, per l'espletamento dei suddetti approfondimenti.

L'assenza di approfondimento determina la seguente disciplina d'uso:

Edilizia	Tipo Intervento	Descrizione
Esistente	Limitato	Con esclusione degli interventi di manutenzione ordinaria, degli interventi di adeguamento igienico-sanitario, o altri interventi obbligatori di settore, qualsiasi altro tipo di intervento deve prevedere interventi di miglioramento e/o di adeguamento e/o di rafforzamento locale e valutazione di eventuali interventi di riduzione della pericolosità (in conformità alla normativa vigente). Si rimanda alla normativa regionale o alla disciplina urbanistica del PAI di riferimento, qualora siano vigenti norme più restrittive.
Nuova costruzione	Inibito	Non è consentita la nuova edificazione

6.1.2 Programma Zone Instabili

Per le $Z_{S_{FR}}$ e $Z_{R_{FR}}$, nelle **Aree edificate (recenti o consolidate)**, le amministrazioni locali nell'ambito dei propri strumenti di pianificazione urbanistica e secondo le prescrizioni e gli indirizzi dei soggetti sovraordinati, individuano e perseguono uno o più obiettivi per il *Programma Zone Instabili (PZI)*, assumendone i contenuti nelle forme opportune, al fine di mitigare le condizioni di rischio. Il PZI rappresenta un programma d'intervento complesso in cui vengono definiti obiettivi e ambiti di intervento, fattibilità e modalità attuative. Il PZI riguarda più in generale tutte le aree suscettibili di instabilità, fra cui anche quelle interessate da faglie attive e capaci (FAC)⁹ e liquefazione¹⁰. Nell'Appendice B3 viene riportato uno schema di Programma utilizzabile anche come lista di verifica dei temi trattati.

L'assenza di un PZI determina la stessa disciplina d'uso prevista per le $Z_{A_{FR}}$ (6.1.1).

6.1.2.1 Scelta obiettivo del PZI

La definizione di uno specifico PZI implica la scelta di uno dei seguenti obiettivi, eventualmente differenziati in funzione di $Z_{S_{FR}}$ e $Z_{R_{FR}}$:

- Intervento limitato (Obiettivo 1)
- Intervento obbligatorio o inibito (Obiettivo 2)

- Intervento inibito (Obiettivo 3)

Per ciascuno di questi obiettivi di seguito vengono elencate le rispettive discipline d'uso.

6.1.2.1.1 1a ipotesi: Intervento limitato (Obiettivo 1).

La scelta di questo obiettivo determina la seguente disciplina d'uso:

Edilizia	Tipo Intervento	Descrizione
Esistente	Limitato	Con esclusione degli interventi di manutenzione ordinaria, degli interventi di adeguamento igienico-sanitario, o altri interventi obbligatori di settore, qualsiasi altro tipo di intervento deve prevedere interventi di miglioramento e/o di adeguamento e/o di rafforzamento locale e valutazione di eventuali interventi di riduzione della pericolosità (in conformità alla normativa vigente). Si rimanda alla normativa regionale o alla disciplina urbanistica del PAI di riferimento, qualora siano vigenti norme più restrittive.
Nuova costruzione	Limitato	E' consentita la nuova edificazione con valutazione di interventi di riduzione della pericolosità in conformità alla normativa vigente). Si rimanda alla normativa regionale o alla disciplina urbanistica del PAI di riferimento, qualora siano vigenti norme più restrittive.

6.1.2.1.2 2a ipotesi: Intervento obbligatorio o inibito (Obiettivo 2)

La scelta di questo obiettivo determina la seguente disciplina d'uso:

Edilizia	Tipo Intervento	Descrizione
Esistente	Obbligatorio	Non è obbligatoria la delocalizzazione, ma viene favorita. Interventi obbligatori (nei tempi definiti dalla Regione): interventi di miglioramento e/o adeguamento e/o rafforzamento locale e valutazione di interventi di riduzione della pericolosità (in conformità alla normativa vigente), indipendentemente da qualunque tipo di richiesta di intervento.
Nuova costruzione	Inibito	Non è consentita la nuova edificazione.

6.1.2.1.3 3a ipotesi: Intervento inibito (Obiettivo 3).

La scelta di questo obiettivo determina la seguente disciplina d'uso:

Edilizia	Tipo Intervento	Descrizione
Esistente	Delocalizzazione	Non è consentito alcun intervento sull'edilizia esistente, perché oggetto di delocalizzazione obbligatoria.
Nuova costruzione	Inibito	Non è consentita la nuova edificazione.

Per i centri storici, oltre alle indicazioni sopra riportate riguardanti la categoria delle Aree edificate (recenti o consolidate), dovrà essere valutata l'opportunità, in sede di predisposizione del PZI, di introdurre un

piano attuativo che contempli interventi finalizzati alla conservazione e al riuso, compatibili con le nuove condizioni di rischio intervenute.

6.2 Aree non edificate o non urbanizzate

6.2.1 Obbligo di approfondimento (Aree non edificate o non urbanizzate)

Le **Aree non edificate (con previsione di trasformazione)** e le **Aree non urbanizzate a trasformabilità limitata**, ricadenti in ZA_{FR} , sono soggette ad un regime di limitazione di edificabilità che non autorizza alcun intervento di trasformazione, fintantoché non vengano effettuati i necessari approfondimenti al fine di individuare le ZS_{FR} e le ZR_{FR} .

E' ammessa in tali aree la sistemazione di spazi aperti, senza realizzazione di volumetrie, a servizio delle funzioni e delle attività presenti nelle aree limitrofe, insediate e urbanizzate, o per incrementare la dotazione urbana di aree verdi, spazi pubblici e verde privato attrezzato.

Pertanto, l'assenza di approfondimento determina la seguente disciplina d'uso:

Edilizia	Tipo Intervento	Descrizione
Esistente	Limitato	Con esclusione degli interventi di manutenzione ordinaria, degli interventi di adeguamento igienico-sanitario, o altri interventi obbligatori di settore, qualsiasi altro tipo di intervento deve prevedere interventi di miglioramento e/o di adeguamento e/o di rafforzamento locale e valutazione di eventuali interventi di riduzione della pericolosità (in conformità alla normativa vigente). Si rimanda alla normativa regionale o alla disciplina urbanistica del PAI di riferimento, qualora siano vigenti norme più restrittive.
Nuova costruzione	Inibito	Non è consentita la nuova edificazione.

6.2.2 Intervento limitato

Nelle **Aree non edificate (con previsione di trasformazione)** e nelle **Aree non urbanizzate a trasformabilità limitata**, ricadenti in ZS_{FR} e in ZR_{FR} , è prevista la seguente disciplina d'uso:

Edilizia	Tipo Intervento	Descrizione
Esistente	Limitato	Con esclusione degli interventi di manutenzione ordinaria, degli interventi di adeguamento igienico-sanitario, o altri interventi obbligatori di settore, qualsiasi altro tipo di intervento deve prevedere interventi di miglioramento e/o di adeguamento e/o di rafforzamento locale e valutazione di eventuali interventi di riduzione della pericolosità (in conformità alla normativa vigente). Si rimanda alla normativa regionale o alla disciplina urbanistica del PAI di riferimento, qualora siano vigenti norme più restrittive.
Nuova costruzione	Limitato	E' consentita la nuova edificazione con valutazione di interventi di riduzione della pericolosità in conformità alla normativa vigente). Si rimanda alla normativa regionale o alla disciplina urbanistica del PAI di riferimento, qualora siano vigenti norme più restrittive.

6.3 Programma Infrastrutture

Per le infrastrutture, le opere connesse a sistemi infrastrutturali e, più in generale le *lifelines* in programma di realizzazione, deve essere favorita la delocalizzazione, ove possibile. Se preesistenti, o non delocalizzabili, deve essere predisposto uno specifico programma, eventualmente nell'ambito del *Programma Zone Instabili*, per essere sottoposte a verifica, prevedendo specifici approfondimenti conoscitivi e interventi finalizzati alla minimizzazione dei rischi.

7 Disciplina d'uso per le zone di ricostruzione post-terremoto

Nel caso di zona di ricostruzione post-terremoto allo schema di disciplina d'uso precedentemente descritto, si andrà ad aggiungere la condizione, ben più gravosa, di manufatti danneggiati e la necessità di predisporre piani e norme specifici per l'intera area oggetto dell'evento sismico.

Pertanto, la prima delle precedenti categorie di aree urbanistiche (Aree edificate - recenti o consolidate), così come definita, deve essere integrata con i manufatti (Unità minime di intervento) classificati in funzione del danno e della vulnerabilità. Nell'Appendice B2 vengono riportati gli schemi sintetici di classificazione.

7.1 Aree edificate

7.1.1 Obbligo di approfondimento (Aree edificate)

Nel caso di $Z_{A_{FR}}$, nelle **Aree edificate (recenti o consolidate)**, per interventi di ricostruzione o riparazione l'assenza di approfondimento determina la seguente disciplina d'uso:

Edilizia	Tipo Intervento	Descrizione
Danneggiata (danno leggero, medio-grave, gravissimo)	Limitato	Qualsiasi tipo di intervento deve prevedere (nei tempi definiti dalla Regione) interventi di miglioramento e/o adeguamento e/o rafforzamento locale e valutazione di eventuali interventi di riduzione della pericolosità (in conformità alla normativa vigente). Si rimanda alla normativa regionale o alla disciplina urbanistica del PAI di riferimento, qualora siano vigenti norme più restrittive.

7.1.2 Programma Zone Instabili

A quanto già previsto per le $Z_{S_{FR}}$ e $Z_{R_{FR}}$, nelle **Aree edificate (recenti o consolidate)**, dovranno essere aggiunte le seguenti indicazioni.

L'assenza di un PZI determina la seguente disciplina d'uso:

Edilizia	Tipo Intervento	Descrizione
Danneggiata (danno leggero, medio-grave, gravissimo)	Limitato	Qualsiasi tipo di intervento deve prevedere (nei tempi definiti dalla Regione) interventi di miglioramento e/o adeguamento e/o rafforzamento locale e valutazione di eventuali interventi di riduzione della pericolosità (in conformità alla normativa vigente). Si rimanda alla normativa regionale o alla disciplina urbanistica del PAI di riferimento, qualora siano vigenti norme più restrittive.

7.1.2.1 Scelta obiettivo del PZI

Nel PZI dovrà essere valutata progressivamente la possibilità di adozione di uno dei seguenti obiettivi riferibili all'edilizia danneggiata:

- Intervento limitato (Obiettivo 1)
- Intervento obbligatorio (Obiettivo 2)

Per ciascuno di questi obiettivi di seguito vengono elencate le rispettive discipline d'uso.

7.1.2.1.1 1a ipotesi: Intervento limitato (Obiettivo 1).

La scelta di questo obiettivo determina la seguente disciplina d'uso:

In ZR_{FR} e ZS_{FR}

Edilizia	Tipo Intervento	Descrizione
Danneggiata (danno leggero, medio-grave, gravissimo)	Limitato	Qualsiasi altro tipo di intervento deve prevedere (nei tempi definiti dalla Regione) interventi di miglioramento e/o adeguamento e/ rafforzamento locale e valutazione di eventuali interventi di riduzione della pericolosità (in conformità alla normativa vigente). Si rimanda alla normativa regionale o alla disciplina urbanistica del PAI di riferimento, qualora siano vigenti norme più restrittive.

7.1.2.1.2 2a ipotesi: Intervento obbligatorio (Obiettivo 2).

La scelta di questo obiettivo determina la seguente disciplina d'uso:

In ZS_{FR} e ZR_{FR}

Edilizia	Tipo Intervento	Descrizione
Danneggiata (danno leggero, medio-grave, gravissimo)	Obbligatorio	Non è obbligatoria la delocalizzazione, ma viene favorita. Interventi obbligatori (nei tempi definiti dalla Regione): interventi di miglioramento e/o adeguamento e/o rafforzamento locale e valutazione di interventi di riduzione della pericolosità (in conformità alla normativa vigente), indipendentemente da richieste di manutenzione o altri tipi di richiesta. Si rimanda alla normativa regionale o alla disciplina urbanistica del PAI di riferimento, qualora siano vigenti norme più restrittive.

8 Ruoli delle Istituzioni pubbliche

I ruoli delle Istituzioni pubbliche sono sintetizzate di seguito:

- Stato:
 - formula definizioni, indirizzi, criteri generali per le Regioni ed Enti Locali;
 - definisce programmi di risorse finanziarie;
 - stabilisce i criteri tecnici generali per definire le $Z_{A_{FR}}$, $Z_{S_{FR}}$ e $Z_{R_{FR}}$;
 - definisce i criteri generali di utilizzo del suolo nelle $Z_{A_{FR}}$, $Z_{S_{FR}}$ e $Z_{R_{FR}}$;
 - propone e attua l'aggiornamento degli ICMS (Gruppo di lavoro MS, 2008);
 - definisce modalità e strumenti operativi per la valutazione delle aree interessate da instabilità di versante simoindotta individuate negli studi di MS1.
- Regioni e Province autonome:
 - adottano i criteri generali formulati dallo Stato e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome;
 - formulano ulteriori criteri specifici con riferimento alle peculiarità regionali;
 - esaminano, propongono integrazioni e osservazioni e/o approvano gli studi delle aree in liquefazione già definite nel territorio regionale, in coordinamento con lo Stato (Livello 1 di MS);
 - promuovono e coordinano gli studi per definire nuove aree interessate da instabilità di versante simoindotta sul territorio regionale e li trasmettono allo Stato (livello MS3);
 - definiscono le mappe delle $Z_{A_{FR}}$, $Z_{S_{FR}}$ e $Z_{R_{FR}}$ (livelli MS1 e MS3);
 - richiedono agli Enti Locali di informare e notificare ai cittadini l'individuazione delle $Z_{A_{FR}}$, $Z_{S_{FR}}$ e $Z_{R_{FR}}$ e i criteri specifici di utilizzo del suolo all'interno delle zone.
- Enti Locali:
 - adottano i criteri specifici formulati dalle Regioni e dalle Province autonome;
 - regolano l'utilizzo del suolo nelle $Z_{A_{FR}}$, $Z_{S_{FR}}$ e $Z_{R_{FR}}$;
 - predispongono i Programmi per le aree interessate da instabilità di versante simoindotta;
 - informano, in coordinamento con le Regioni e le Province autonome, i cittadini in merito all'individuazione delle $Z_{A_{FR}}$, $Z_{S_{FR}}$ e $Z_{R_{FR}}$ e ai criteri specifici di utilizzo del suolo all'interno delle zone.

9 BIBLIOGRAFIA

- AGI, 2005 - Associazione Geotecnica Italiana - Linea guida. Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica. Patron Editore, Bologna.
- Barani S., Spallarossa D. e Bazzurro P., 2009 - Disaggregation of probabilistic ground motion hazard in Italy. *Bull. Seismol. Soc. Am.* 99, 2638-2661.
- Barani S., P. Bazzurro e F. Pelli, 2010 - A probabilistic method for the prediction of earthquake-induced slope displacements”, *Proceedings of the Fifth International Conference on Recent Advances in Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics*, May 24-29, San Diego, California, Paper No 4.31b, ISBN: 1-887009-15-9.
- Bray J. D., 2007 - Simplified seismic slope displacement procedure. *Earthquake Geotechnical Engineering*, 327-353. D. Ptilakis Ed.
- Bray J.D. e Travasarou, T., 2007 - Simplified procedure for estimating earthquake-induced deviatoric slope displacements. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* 133, 381-392.
- CEDIT, 2013 - Italian Catalogue Of Seismic Ground Failures (<http://www.ceri.uniroma1.it/cn/gis.jsp>). Ultimo accesso giugno 2016.
- Evans S.G. e Hungr O., 1993 - The assessment of rock fall hazard at the base of talus slopes. *Canadian Geotechnical Journal*, 30, 620–636
- Fell R., Corominas J., Bonnard C., Cascini L., Leroi E., Savage W.Z. (2008) - On behalf of the JTC-1 Joint Technical Committee on Landslides and Engineered Slopes, « Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning », *Engineering Geology*, vol. 102, n° 3-4, 2008, p. 85-98.
- Heim A., 1932 - *Bergsturz und Menschenleben*. Zurich, Fretz and Wasmuth Verlag, 218 pp.
- ICMS, 2008 - *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*. Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province autonome; 3 vol. e 1 DVD.
- ISPRA, 2015 – *Rapporto 2015 sulle instabilità di versante*.
- Jibson, R.W., 2007 - Regression models for estimating coseismic landslide displacement. *Engineering Geology* 91, 209-218.
- Keefer D.K., 1984 - Landslides caused by earthquakes. *Bulletin of Geological Society of America*, 95, pp. 406-421.
- Keylock C. e Domaas U., 1999 - Evaluation of topographic models of rockfall travel distance for use in hazard applications. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 31(3), 312–320
- Kirkby M.J. e Statham I., 1975 - Surface stone movement and scree formation. *Journal of Geology* 83, 349–62. Korner, 1980
- Makdisi F.I. e Seed H.B., 1978 - Simplified procedure for estimating dam and embankment earthquake-induced deformations. *ASCE Journal of the Geotechnical Engineering Division* 104, 849-867.

- Mazzoccola D. e Sciesa E., 2000 - Implementation and comparison of different methods for rockfall hazard assessment in the Italian Alps. Proc. 8th Int. Symp. on Landslides, Cardiff, Balkema, Rotterdam, 2, 1035-1040
- McClung D.M. e Lied K., 1987 - Statistical and geometrical definition of snow avalanche runout. Cold Regions Science and Technology 13, 107-119
- NTC, 2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni - DM 14 gennaio 2008, Gazzetta Ufficiale, n. 29 del 4 febbraio 2008, Supplemento Ordinario n. 30, www.cslp.it, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Newmark N.M., 1965 - Effects of earthquakes on dams and embankments. Geotechnique 15, 139-159.
- Onofri R. e Candian C., 1979 - Indagine sui limiti di massima invasione dei blocchi rocciosi franati durante il sisma del Friuli del 1976. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia: CLUET, 42 pp.
- Progetto MASSMOVE, 2013 - Programma INTERREG IV A; Standard minimi per la stesura di carte di pericolosità per frane di scivolamento e di crollo quale strumento per la prevenzione dei dissesti franosi.
- Regione Lombardia-CNR, 2001 - Analisi di stabilità in condizioni statiche e pseudostatiche di alcune tipologie di frane di crollo finalizzata alla stesura di modelli di indagine e di intervento. 223 pp e mappe. Milano
- Valagussa A., Frattini P. e Crosta G.B., 2014 - Earthquake-induced rockfall hazard zoning. Engineering Geology 182, 213-225
- Varnes D.J., 1984 - Hazard Zonation: A Review of Principal and Practice. Commission of Landslide of IAEG, UNESCO, Natural Hazard, No.3, 61 p.