



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Veneto

Comune di Brendola



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

Studio del potenziale di innesco sismico dei dissesti idrogeologici

ALLEGATO 11

1. PREMESSE

In Italia, così come nel resto del mondo, il rischio derivante da frane sismo-indotte ha ricevuto grande attenzione negli ultimi decenni: la necessità di capire quanto e come i terremoti indurrebbero movimenti di versante deriva dalle catastrofi avvenute nel passato, le quali hanno drasticamente interagito con l'uomo.

Le frane indotte da un terremoto ricadono in zone che comprendono una varietà di materiali e condizioni topografiche. Benché i terremoti possano innescare qualunque tipo di frana, quelle relativamente più abbondanti sono le frane superficiali in coltri detritiche ed i crolli (Keefe, 1984). Le frane profonde e di grandi dimensioni sono in genere più rare, necessitando di contenuti energetici e, soprattutto, di basse frequenze, usualmente associati a grandi terremoti profondi.

Le frane sismo-indotte possono essere classificate secondo numerosi parametri (Keefe, 1984): tipo di movimento, tipo di materiale, velocità di movimento e topografia della superficie. Sulla base di questi parametri, le frane sismo-indotte si dividono in 3 categorie principali:

- La prima categoria di frane comprende crolli, scivolamenti traslazionali in roccia o terreno e valanghe di roccia o di terreno. Tali frane, potenzialmente distruttive, viaggiano a velocità medio-elevate e caratterizzano generalmente versanti ripidi; vengono originate da sforzi tensionali e di taglio, sia in materiali saturi sia in materiali secchi. Crolli e scivolamenti in roccia originano in presenza di forte cementazione ed alto grado di alterazione o fratturazione dell'ammasso roccioso. Se innescati, questi movimenti si sviluppano con macigni singoli o vere e proprie masse rocciose che discendono il versante in caduta libera, rimbalzando e rotolando. Scivolamenti e valanghe di terreno, invece, sono frequenti in terreni limosi o sabbiosi, di medio bassa plasticità, su versanti ripidi.
- La seconda categoria di frane comprende scivolamenti traslazionali e rotazionali in roccia e lenti flussi di terreno. Gli scivolamenti rotazionali e traslazionali in roccia sono generalmente meno frequenti dei crolli rocciosi, e si ritrovano su versanti resi più ripidi dall'erosione fluviale o costiera, dall'erosione glaciale, da trinceramenti artificiali o da attività vulcanica, e non interessano pertanto l'area oggetto del presente studio. Per quanto riguarda scivolamenti e flussi di terreno, invece, questi sono frequenti su limi non cementati o sabbie con vicina falda acquifera, argille o limi argillosi, con pendenza variabile. Le frane comprese in questa categoria si muovono primariamente su superfici di taglio preesistenti.
- L'ultima categoria di frane comprende gli espandimenti laterali ed i flussi rapidi di terreno: sono tipicamente il risultato della liquefazione del terreno causata da un momentaneo aumento della pressione dell'acqua nei pori in materiali saturi. Sabbie e limi saturi sono i materiali più comuni per gli espandimenti laterali. Questi movimenti si originano in pendenze anche molto lievi, comunemente intorno ai 15°.

2. VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ ALLA FRANOSITÀ DEI VERSANTI IN PROSPETTIVA SISMICA

Per valutare la suscettibilità alla franosità dei versanti in prospettiva sismica (SI) sono fondamentali due dei parametri utilizzati per la classificazione vista sopra (Rapolla, 2010): caratteristiche di suoli o rocce coinvolte dal movimento franoso (fattore A) e pendenza del pendio interessato dal movimento (fattore B). Associato a questi due parametri, ve n'è poi un terzo, dipendente dal tempo, che rappresenta la forza che innesci i fenomeni franosi sismo-indotti, cioè l'azione sismica. Questi fattori sono espressi in "significatività" (da 0% a 100%), attraverso le seguenti relazioni, che quantificano la loro influenza sull'instabilità dei versanti:

$$SI (\%) = [(SA+SB)/2] \times SC / 100$$

Dove SI è il livello di suscettibilità (in %) e SA, SB e SC sono rispettivamente le significatività dei parametri A (caratteristiche litologiche), B (pendenza) e C (azione sismica).

La procedura assume che i primi due fattori contribuiscano equamente alla suscettibilità alla franosità sismo-indotta e quindi considera la loro media come Fattore Predisponente. L'azione sismica (Fattore Innescante) è invece considerato il parametro che modula il Fattore Predisponente.

Il parametro A descrive le caratteristiche geolitologiche, geofisiche e geotecniche: le rocce e i depositi sciolti, in considerazione delle loro caratteristiche tecniche e della loro risposta alle azioni meccaniche, possono essere classificati in diversi modi. Il parametro ritenuto più adatto dalle normative antisismiche (OPCM 3274/03, EuroCode 8) per valutare la risposta dei materiali sotto l'azione sismica è il modulo di taglio e, pertanto, la velocità delle onde trasversali V_s . Quindi, la definizione del parametro A è strettamente legata alla definizione della V_s delle formazioni suscettibili a franare presenti nei versanti: esse sono legate da una relazione di proporzionalità inversa (Fig.1). In particolare, la significatività della litologia sarà bassa o nulla per rocce compatte e non fratturate, mentre sarà rilevante per terreni poco coerenti o materiali argillosi pseudo-coerenti con alta umidità naturale.

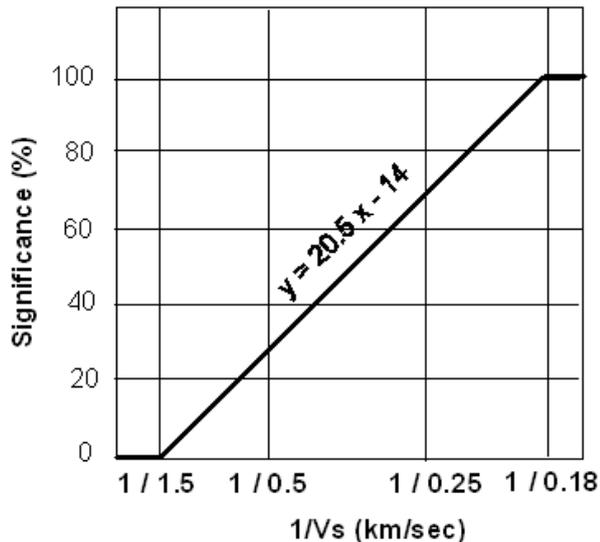


Fig.1: Relazione tra parametro A e significatività (%)

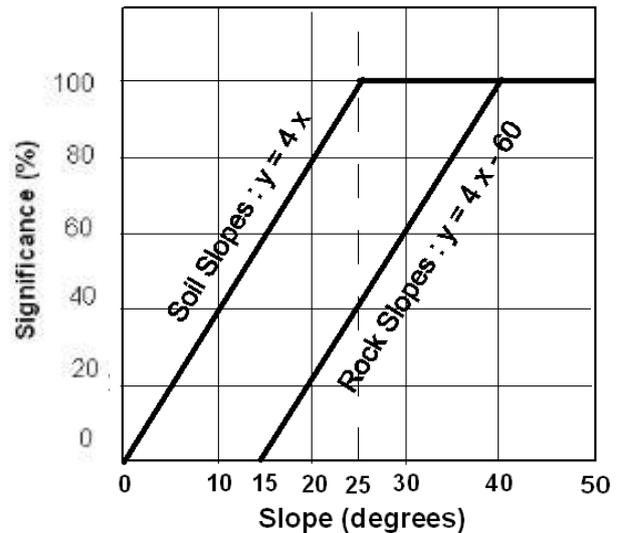


Fig.2: Relazione tra parametro B e significatività (%)

Il parametro B considera la pendenza del versante suscettibile di frana: in letteratura la pendenza minima riportata per frane indotte da terremoti è di circa 2° per colate rapide, ed aumenta per altri tipi di frane, con modalità differenti a seconda che si tratti di pendii costituiti da materiali sciolti o coerenti. In aree caratterizzate da bassi valori di velocità delle onde di taglio le frane sismo-indotte si verificano in genere su pendii con inclinazione compresa tra 5° - 25° . Frane in roccia, invece, si innescano solitamente su pendii con inclinazione maggiore. Pertanto, a seconda che si tratti di pendii costituiti da depositi sciolti o roccia, la legge che lega la significatività del parametro pendenza con la variazione dell'angolo di pendenza di un versante è diversa. In particolare, la significatività (%) per i pendii con depositi sciolti risulta direttamente proporzionale alla pendenza per angoli inferiori a 25° , e rimane costantemente pari al 100% al di sopra di questo valore. Per quanto riguarda i pendii rocciosi, invece, la loro significatività è fissata pari a 0 per angoli inferiori a 15° ed è direttamente proporzionale alla pendenza fino a 40° , al di sopra del qual limite essa viene mantenuta costante, assumendo un valore del 100% (Fig.2).

Una volta quantificata l'influenza dei primi due fattori sull'instabilità dei versanti sarà possibile osservare il livello di predisposizione di un'area all'innescio di frane sismo-indotte dalla media delle significatività relative ai primi parametri.

Il terzo parametro che permette l'insacco di una frana è il parametro C, ovvero l'azione sismica. Il fattore sismico utilizzato per la definizione di questo parametro è basato sulle intensità MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), assumendo una linearità tra i valori di intensità e la relativa significatività. Da studi su fenomeni di franosità storica (Keefer, 1984, Rodriguez et al., 1999) emerge che il valore di intensità in corrispondenza del quale si inizia ad avere l'attivazione di frane sismo-indotte è pari al V grado MCS: tale valore è stato quindi scelto come limite inferiore della correlazione tra intensità e relativa significatività. Per quanto riguarda il limite superiore di tale correlazione, invece, andrebbe scelto sulla base dei massimi livelli di scuotimento che possono presentarsi nell'area in studio (Fig.3).

Infine, moltiplicando le significatività dei Fattori Predisponenti per la significatività relativa dell'azione sismica attesa si ottiene la suscettibilità del territorio alla franosità sismo indotta, ovvero in prospettiva sismica.

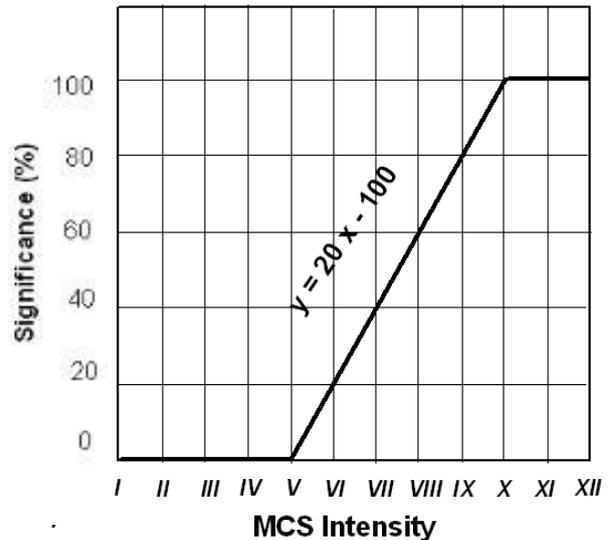


Fig.3: Relazione tra parametro C e significatività (%)

3. CARTA DELLA SUSCETTIBILITA' ALLA FRANOSITA' SISMO-INDOTTA

Nel caso in esame del territorio di Brendola, la suscettibilità alla franosità sismo-indotta è stata valutata tenendo in considerazione le porzioni di territorio definite come franose all'interno del quadro conoscitivo del Piano di Assetto Territoriale PAT. Inoltre, sono state prese in considerazione anche quelle aree ritenute potenziale franose nel corso di rilievi e sopralluoghi eseguiti ad hoc durante le indagini in sito.

Pertanto, è stata eseguita la valutazione di suscettibilità sismica SI su un totale di 17 aree di frana, di cui n.1 frana di colamento (quiescente), n.5 frane di crollo (attive) e n.11 frane di scorrimento (attive), distribuite su tutta la porzione collinare del territorio comunale di Brendola.

Il parametro A, relativo alla litologia, è stato valutato sulla base delle litologie definite nell'elaborato *Carta geologica tecnica per la microzonazione sismica*, derivata dell'estrapolazione degli elementi utili dalle carte geolitologica e geomorfologica del PAT (Piano di Assetto Territoriale) e del PTCP (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale). A ciascuna litologia suscettibile di frana è stato successivamente attribuito il relativo valore di Vs, sulla base dei risultati ottenuti attraverso l'elaborazione delle indagini sismiche effettuate in sito. Il valore di Vs utilizzato per il calcolo della SI è stato il più basso nell'ambito del range tipico di ogni litologia, ricreando in questo modo le peggiori condizioni lito-sismiche possibili.

La pendenza dei versanti soggetti a movimenti franosi, corrispondente al parametro B, è stata ricavata dall'*Allegato 6 – Carta delle pendenze del rilievo*, in cui per mezzo dell'elaborazione del DTM il territorio comunale è stato suddiviso in 3 classi di acclività. Ottenuti i valori di pendenza, sono state applicate le leggi di proporzionalità descritte sopra, distinguendo tra materiali coerenti ed incoerenti.

Per quanto riguarda il parametro C, ovvero l'azione sismica, il Comune di Brendola rientra all'interno di una zona in cui il valore di M_{wmax} risulta essere pari a 6,6: tale valore, se si considera un fattore sismico basato sulle intensità MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg), è compreso tra 9 e 10.

Infine, attraverso la relazione:

$$SI (\%) = [(SA+SB)/2] \times SC / 100$$

si è ottenuta la *Carta della suscettibilità alla franosità sismoindotta, alla scala 1 : 20.000 (Allegato 11.1)* del territorio comunale di Brendola.

Tale documento illustra, attraverso una scala colorimetrica, la classe di suscettibilità alla franosità sismo-indotta:

Classe	Intervallo di suscettibilità (%)
<i>Suscettibilità bassa</i>	< 35 %
<i>Suscettibilità media</i>	35% - 45%
<i>Suscettibilità elevata</i>	> 45 %

Si tiene a precisare che i dati utilizzati per la definizione della SI sono acquisiti su scala comunale, basandosi essenzialmente sulle informazioni geologiche disponibili. Per eventuali studi di maggiore dettaglio sarà pertanto opportuno effettuare specifiche indagini geologiche e geotecniche in sito, da effettuare all'interno dei corpi di frana, possibilmente sia di tipo "diretto" come ad esempio sondaggi a carotaggio continuo, sia mediamente metodologie geofisiche (MASW, ReMi, Down Hole, Cross Hole, etc.), finalizzate alla definizione di un modello geologico-tecnico di maggior dettaglio delle aree franose ed alla perimetrazione rigorosa del corpo di frana stesso.

Vicenza, ottobre 2017



Geol. Rimsky Valvassori



Regione Veneto

Comune di Brendola



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

Carta della suscettibilità alla franosità sismoindotta

Scala 1 : 20.000

ALLEGATO 11.1

Legenda

Classi di suscettibilità alla franosità sismoindotta (SI)

-  SI: < 35 % (suscettibilità bassa)
-  SI: 35 - 45 % (suscettibilità media)
-  SI: > 45 % (suscettibilità elevata)

0 1000 2000 m

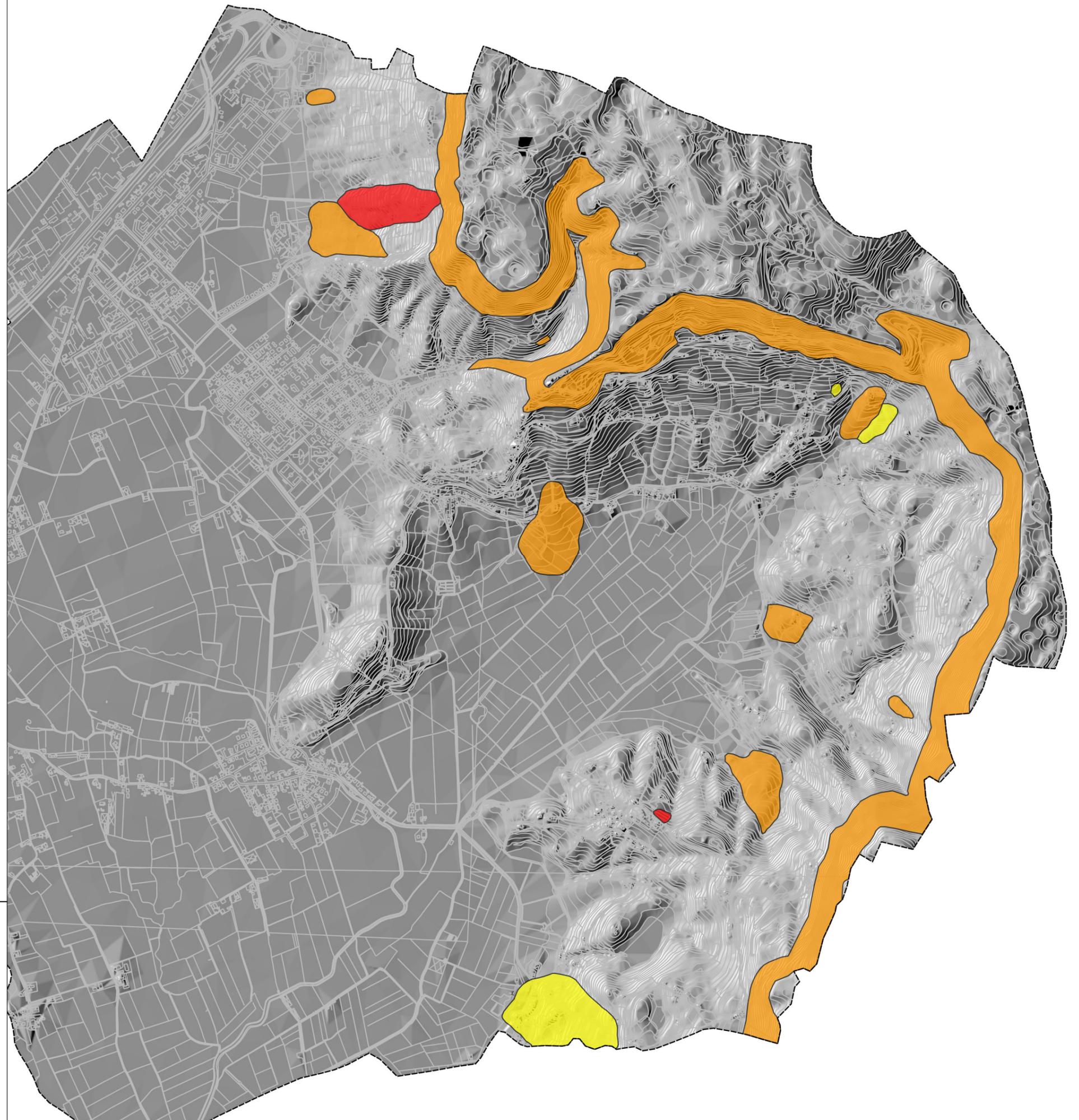
Soggetto Realizzatore

GEOSISTEMI
YOUR GEOLOGICAL PARTNER

Geol. Rimsky Valvassori
Via dell'Oreficeria, 30/L
36100 VICENZA

Collaboratori:
Geol. Valentina Boccanegra
Geol. Filippo Rocca

Data: OTTOBRE 2017





Regione Veneto

Comune di Brendola



Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n.77

Carta della suscettibilità alla franosità sismoindotta

Scala 1 : 20.000

ALLEGATO 11.2

Legenda

Classi di suscettibilità alla franosità sismoindotta (SI)

-  SI: < 35 % (suscettibilità bassa)
-  SI: 35 - 45 % (suscettibilità media)
-  SI: > 45 % (suscettibilità elevata)



Soggetto Realizzatore

GEOSISTEMI
YOUR GEOLOGICAL PARTNER

Geol. Rimsky Valvassori
Via dell'Oreficeria, 30/L
36100 VICENZA

Collaboratori:
Geol. Valentina Boccanegra
Geol. Filippo Rocca

Data: OTTOBRE 2017

