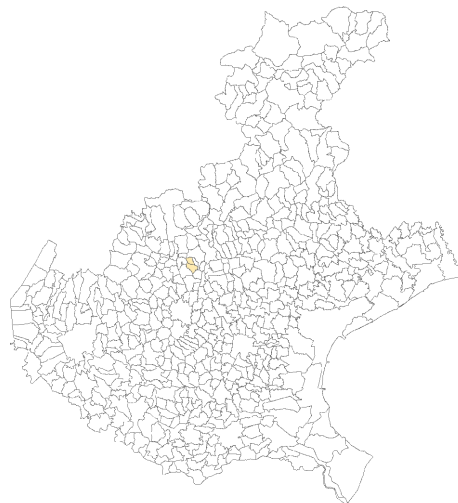




MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

Relazione illustrativa

Regione Veneto
Comune di Colceresa



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Veneto	Dott. Geol. Francesco Marinoni CONSULENZA Dott. Geol. Maurizio Olivotto	Ottobre 2022

1. PREMESSA	2
2. CARTA DELLE INDAGINI - AGGIORNAMENTO	4
2.1 Nuove indagini geofisiche	7
2.2 Risultati ottenuti con le misure MASW	8
3. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI DEPOSITI	10
4. CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI 2° LIVELLO	12
4.1 Premessa.....	12
4.2 Valutazione degli effetti litostratigrafici.....	13
4.3 Valutazione degli effetti morfologici.....	16
4.3.1 Zona di scarpata	16
4.3.2 Zona di cresta e/o cocuzzolo.....	18
4.4 Liquefazione.....	20
4.5 Instabilità di versante.....	21
4.5.1 Frane attive e/o quiescenti	21
4.5.2 Aree potenzialmente in frana	22
4.6 Faglie attive e capaci	25
5. SINTESI DELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE DI 2° LIVELLO	26
6. PROPOSTA DI PRESCRIZIONI NORMATIVE.....	28
6.1 Amplificazioni litostratigrafiche.....	28
6.1.1 Modalità di applicazione degli approfondimenti	28
6.2 Zone interessate da faglie attive e capaci.....	31
6.3 Aree con effetti morfologici di scarpata e dorsale	31
6.4 Aree interessate da instabilità gravitative	31

1. PREMESSA

Su incarico del Comune di Colceresa è stato redatto lo studio di Microzonazione Sismica di 2° livello. Lo studio è stato predisposto ai sensi della DGR 1572/2013: *“Definizione di una metodologia teorica e sperimentale per l'analisi sismica locale a supporto della pianificazione. Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica. (D.G.R. 71/2008, D.G.R. 2877/2008 e D.lgs. 163/2006 e abrogazione D.G.R. n. 3308/08)”* e dello specifico Allegato A): *“Linee guida per l'esecuzione di studi di Microzonazione Sismica”*.

Il Comune di Colceresa risulta classificato in zona sismica 2 ai sensi della DGRV n. 244 del 9 marzo 2021.

A tale proposito, il capitolo 1 dell'Allegato A) cita ***“2° Livello: ha come obiettivo la redazione della MS e si applica in sede di P.I. a tutte le parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuati nella precedente fase e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio od incremento dei carichi urbanistici e per il territorio compreso nel perimetro del “centro abitato” così come previsti dalla normativa vigente”***.

Lo studio di 2° livello fa riferimento allo studio di Microzonazione di 1° livello del Comune di Colceresa (al quale si rimanda per tutte le informazioni di carattere generale e per quelle riguardanti le indagini raccolte e realizzate in quella sede) ed è stato redatto considerando le seguenti direttive:

- *“Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”* – Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile - Anno 2008.
- *“Standard di rappresentazione e archiviazione informatica - Specifiche tecniche per la redazione in ambiente GIS degli elaborati cartografici della microzonazione sismica”* Ver 4.1 Novembre 2018 - Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica.
- *“Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da faglie attive e capaci (FAC)”* Vers. 1.0 - 2015 - Commissione tecnica per la Microzonazione Sismica.
- DGRV n. 899 del 28 giugno 2019: *“Linee guida regionali per gli Studi di Microzonazione Sismica per gli strumenti urbanistici comunali. Chiarimenti e precisazioni sulle modalità operative. Studi di Microzonazione Sismica Direttive per l'applicazione dei livelli di approfondimento.*
- DGRV n. 1381 del 12 ottobre 2021: *“Linee guida regionali per gli studi di Microzonazione Sismica per gli strumenti urbanistici comunali. Modifiche alla D.G.R. 1572/2013 e chiarimenti sulle modalità operative.”*
- *“Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte”* Vers. 1.0 – 2017 - Commissione tecnica per la Microzonazione Sismica.

Lo studio di 2° livello si è articolato nelle seguenti fasi principali:

- Riesame dello studio di 1° livello per definire le aree di maggiore interesse o dove si rendevano necessari degli approfondimenti;
- Esecuzione ed elaborazione di nuove indagini geofisiche;
- Ricerca ed analisi di nuove indagini geognostiche
- Sintesi di tutti i dati raccolti;
- Determinazione degli effetti litostratigrafici e morfologici;
- Analisi delle aree soggette a instabilità e valutazione della franosità potenziale simoindotta;
- Valutazione dell'eventuale Liquefazione
- Elaborazione della cartografia e relativi commenti

2. CARTA DELLE INDAGINI - AGGIORNAMENTO

Nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica di secondo livello sono state effettuate nuove indagini geofisiche ed è stato aggiornato l'elenco delle indagini pregresse rese disponibili dopo la realizzazione dello studio di primo livello.

Le nuove indagini sono costituite da indagini geofisiche (22 prove puntuali con tecnica HVSR; 3 prove lineari con tecnica MASW).

Nella carta sono state inserite le indagini geofisiche (sia quelle realizzate ex novo sia quelle rese disponibili dopo lo studio di primo livello) e le indagini geognostiche riportate nel primo livello. Inoltre sono state inserite le indagini geofisiche contenute nei relativi studi eseguiti all'interno del territorio comunale.

Il codice delle nuove indagini raccolte riparte comunque dalla numerazione precedente in modo tale da non creare sovrapposizioni e/o doppi codici che avrebbero creato difficoltà di interpretazione. Le valutazioni e le analisi eseguite nel presente studio hanno comunque tenuto conto anche delle indagini precedenti.

L'analisi delle indagini ha portato all'estrazione delle seguenti prove in sito; nella tabella sono riportati anche i codici identificativi e la tipologia di indagini secondo le specifiche previste dalle IMCS. *(Nelle tabelle sono riportate anche le indagini realizzate ex-novo descritte nei paragrafi successivi).*

Tabella 1: indagini di tipo puntuale

n.	Codice indagine	Tipo indagine
1	024126P1	HVSR
2	024126P2	HVSR
3	024126P3	HVSR
4	024126P4	HVSR
5	024126P5	HVSR
6	024126P6	HVSR
7	024126P7	HVSR
8	024126P8	HVSR
9	024126P9	HVSR
10	024126P10	HVSR
11	024126P11	HVSR
12	024126P12	HVSR
13	024126P13	HVSR
14	024126P14	HVSR
15	024126P15	HVSR
16	024126P16	HVSR
17	024126P17	HVSR

n.	Codice indagine	Tipo indagine
18	024126P18	HVSR
19	024126P19	HVSR
20	024126P20	HVSR
21	024126P21	HVSR
22	024126P22	HVSR
23	024126P23	HVSR
24	024126P24	HVSR
25	024126P25	HVSR
26	024126P26	HVSR
27	024126P27	HVSR
28	024126P28	HVSR
29	024126P29	HVSR
30	024126P30	HVSR
31	024126P31	HVSR
32	024126P32	HVSR
33	024126P33	HVSR
34	024126P34	HVSR
35	024126P35	HVSR

n.	Codice indagine	Tipo indagine
36	024126P36	HVSR
37	024126P37	HVSR
38	024126P38	HVSR
39	024126P39	HVSR
40	024126P40	HVSR
41	024126P41	HVSR
42	024126P42	HVSR
43	024126P43	HVSR
44	024126P44	HVSR
45	024126P45	HVSR
46	024126P46	HVSR
47	024126P47	HVSR
48	024126P48	HVSR
49	024126P49	HVSR
50	024126P50	HVSR
51	024126P51	DN
52	024126P52	T
53	024126P54	T
54	024126P55	CPT
55	024126P53	T
56	024126P56	CPT
57	024126P57	T
58	024126P58	DN
59	024126P59	CPT
60	024126P60	T
61	024126P61	DN
62	024126P62	T
63	024126P63	DN
64	024126P64	DN
65	024126P65	T
66	024126P66	PA
67	024126P67	PA
68	024126P68	SDS
69	024126P69	PA
70	024126P70	HVSR
71	024126P71	DS
72	024126P72	HVSR
73	024126P73	DN

n.	Codice indagine	Tipo indagine
74	024126P74	DS
75	024126P75	HVSR
76	024126P76	DS
77	024126P77	HVSR
78	024126P78	T
79	024126P79	DS
80	024126P80	DS
81	024126P81	DS
82	024126P82	DN
83	024126P83	CPT
84	024126P84	DS
85	024126P85	DS
86	024126P86	S
87	024126P87	DS
88	024126P88	CPT
89	024126P89	DS
90	024126P90	CPT
91	024126P91	DL
92	024126P92	PA
93	024126P93	PA
94	024126P94	SS
95	024126P95	SS
96	024126P96	HVSR
97	024126P97	DS
98	024126P98	HVSR
99	024126P99	HVSR
100	024126P100	HVSR
101	024126P101	HVSR
102	024126P102	PA
103	024126P103	SMS
104	024126P104	SMS
105	024126P105	SMS
106	024126P106	SMS
107	024126P107	SMS
108	024126P108	SMS
109	024126P109	SMS
110	024126P110 (*)	HVSR
111	024126P111 (*)	HVSR

n.	Codice indagine	Tipo indagine
112	024126P112 (*)	HVSR
113	024126P113 (*)	HVSR
114	024126P114 (*)	HVSR
115	024126P115 (*)	HVSR
116	024126P116 (*)	HVSR
117	024126P117 (*)	HVSR
118	024126P118 (*)	HVSR
119	024126P119 (*)	HVSR
120	024126P120 (*)	HVSR
121	024126P121 (*)	HVSR
122	024126P122 (*)	HVSR
123	024126P123 (*)	HVSR
124	024126P124 (*)	HVSR
125	024126P125 (*)	HVSR
126	024126P126 (*)	HVSR

n.	Codice indagine	Tipo indagine
127	024126P127 (*)	HVSR
128	024126P128 (*)	HVSR
129	024126P129 (*)	HVSR
130	024126P130 (*)	HVSR
131	024126P131 (*)	HVSR
132	024126P132	DN
133	024126P133	CPT
134	024126P134	CPT
135	024126P135	HVSR
136	024126P136	DN
137	024126P137	DN
138	024126P138	HVSR
139	024126P139	DS

Tabella 2: indagini di tipo lineare

n.	Codice Indagine	Tipo indagine
1	024126L1	MASW
2	024126L2	MASW
3	024126L3	MASW
4	024126L4	MASW
5	024126L5	MASW
6	024126L6	MASW
7	024126L7	MASW
8	024126L8	MASW
9	024126L9	MASW
10	024126L10	MASW
11	024126L11	MASW
12	024126L12	MASW
13	024126L13	MASW
14	024126L14	MASW
15	024126L15	MASW
16	024126L16	MASW
17	024126L17	MASW
18	024126L18	MASW

n.	Codice Indagine	Tipo indagine
19	024126L19	MASW
20	024126L20	MASW
21	024126L21	MASW
22	024126L22	MASW
23	024126L23	MASW
24	024126L24	MASW
25	024126L25	MASW
26	024126L26	MASW
27	024126L27	MASW
28	024126L28	MASW
29	024126L29	REMI
30	024126L30	SR
31	024126L31	REMI
32	024126L32	SR
33	024126L33	MASW
34	024126L34 (*)	MASW
35	024126L35 (*)	MASW
36	024126L36 (*)	MASW

(*) Indagini eseguite ex novo per il presente studio

Il codice delle indagini corrisponde alle seguenti tipologie:

- HVSR Prova microtremore a stazione singola
- DL Prova penetrometrica dinamica leggera
- DN Prova penetrometrica dinamica media
- DS Prova penetrometrica dinamica super pesante
- T Trincea
- CPT Prova penetrometrica statica
- PA Pozzo per acqua
- SDS Sondaggio a distrazione di nucleo che intercetta il substrato
- S Sondaggio a carotaggio continuo
- SS Sondaggio a carotaggio continuo che raggiunge il substrato
- SMS Indagine stratigrafica virtuale di Zona
- MASW Prova Multichannel Analysis of Surface Waves
- REMI Prova REfraction Microtremors
- SR Profilo sismico a rifrazione

Le indagini selezionate sono riportate nella Carta delle Indagini ove, oltre al simbolo identificativo della tipologia, è stato anche riportato il codice identificativo per una loro più facile collocazione nell'ambito di ogni area. Nella Carta, per rendere la lettura più chiara, è stato riportato il codice con l'esclusione dei primi sei caratteri (uguali per tutte le indagini e corrispondenti a 024126) relativi al codice ISTAT della Provincia di Vicenza e del Comune di Colceresa. I risultati delle indagini geofisiche realizzate nel corso del presente studio sono riportati in uno specifico allegato.

2.1 Nuove indagini geofisiche

Al fine di migliorare le conoscenze relative al quadro sismostratigrafico del territorio comunale sono state realizzate le indagini geofisiche elencate di seguito, in aggiunta a quelle eseguite nel corso dello studio di 1° livello.

- N° 3 profili sismici con tecnica MASW
- N° 22 stazioni di misura del rumore ambientale (HVSR).

Le indagini sono state ubicate nelle aree di maggiore interesse per la stesura della carta di Microzonazione Sismica e dove i risultati del 1° livello avevano lasciato delle incertezze. Relativamente agli aspetti teorici sui metodi geofisici utilizzati, si rimanda alla relazione allegata allo studio di 1° livello.

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche geometriche dei dispositivi MASW utilizzati, mentre la tabella con i codici ed i risultati delle misure HVSR sono inseriti nel capitolo 3.

Tabella 3: caratteristiche profili sismici MASW

<i>Codice Profilo MASW</i>	<i>Lunghezza (m)</i>	<i>Passo inter-geofonico (m)</i>	<i>Source offset (m)</i>
024126L34	51	3	6 ÷ 9
024126L35	51	3	6 ÷ 9
024126L36	51	3	3 ÷ 6

2.2 Risultati ottenuti con le misure MASW

Di seguito si riporta la tabella di correlazione tra la velocità delle onde sismiche di taglio e le tipologie di materiali presenti. La tabella già presentata nello studio di 1° livello, è stata confermata, salvo limitate variazioni, dalle nuove indagini geofisiche

Tabella 4: correlazioni tra Vs e tipologia terreni

Tipologia	Velocità onde S (m/s)
Depositi alluvionali da poco a mediamente addensati/consistenti	100 - 300
Depositi alluvionali da mediamente a molto addensati	300 - 600
Depositi eluvio-colluviali poco addensati/consistenti	100 - 250
Rocce vulcaniche alterate e fratturate	300 - 400
Rocce vulcaniche poco alterate	500 - 700
Substrato a composizione prevalentemente calcarea (probabile)	800 - 1000

Si vuole qui ricordare che i risultati dell'indagine geofisica derivano da prove indirette e, pertanto, non va loro attribuito il medesimo valore di quello derivante da prove dirette. Le correlazioni proposte tra le velocità sismiche e le diverse tipologie, hanno quindi un valore indicativo, derivando da considerazioni di carattere geologico e dal confronto con i dati ricavati dai sondaggi geognostici diretti e dalle stratigrafie dei pozzi (queste ultime sono però, talvolta, approssimative).

I risultati delle elaborazioni geofisiche sono riassunti graficamente nelle figure inserite in allegato, dove sono riportati gli spettri ottenuti con l'analisi delle onde di Rayleigh e di Love e le relative curve di dispersione, i diagrammi con l'andamento della V_s in funzione della profondità e la corrispondente tabella con i dati numerici.

3. CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI DEPOSITI

La carta delle frequenze naturali dei terreni è stata predisposta indicando per ogni stazione di misura il valore o i valori di frequenza di risonanza misurati. Al fine di evidenziare la distribuzione spaziale di questo fenomeno, sono stati utilizzati dei simboli puntuali con l'indicazione della frequenza, mentre la dimensione del simbolo è proporzionale alla frequenza del picco di risonanza.

La carta è stata predisposta con le HVSR disponibili, che sono risultate 75, così suddivise:

- 53 utilizzate per la redazione dello studio di 1° livello
- 22 misure realizzate per lo studio di 2° livello.

Le nuove stazioni di misura hanno avuto una durata di registrazione variabile tra 15 e 20 minuti; la frequenza di campionamento è stata mantenuta compresa tra 150 e 200 Hz.

I dati acquisiti sono stati trattati con il software di elaborazione di microtremori "Geopsy" (Sesame Projet), in accordo con le direttive europee del progetto SESAME per il trattamento e l'elaborazione delle tecniche di analisi di rumore sismico a stazione singola. I segnali acquisiti sono stati suddivisi in finestre temporali di 20 s. Dal computo spettrale sono stati esclusi gli eventi transienti più evidenti, legati al rumore antropico.

Va ricordato che dai rapporti spettrali ricavati con questa metodologia non è possibile stabilire i fattori di amplificazione sismica, per la valutazione dei quali necessitano analisi più complesse.

Nella Tabella seguente, sono riportati i risultati delle misure HVSR eseguite per la MS di livello 2. In allegato compaiono i diagrammi delle misure eseguite per il presente studio.

Tabella 5: risultati delle misure HVSR eseguite per la MS di livello 2

Codice	Data	Località	Frequenza (Hz)	Ampiezza
024126P110	01.10.2022	Molvena - S.P. 70	9,4	3
024126P111	16.06.2022	Via Grotta	1,3	2,2
024126P112	16.06.2022	Via Mazzarina	15	2,6
024126P113	16.06.2022	Via Antonio Caneva	9,2	2,1
024126P114	16.06.2022	Via Ferretti	2,2	3
024126P115	16.06.2022	Via Roma	1,5	6,2
024126P116	16.06.2022	Via Pilastro	2,2	2,3
024126P117	16.06.2022	Via Ghebo	1,4; 1,9	6; 5,5
024126P118	16.06.2022	Via Pozzo	1,4; 1,7	6,1; 5,8

Codice	Data	Località	Frequenza (Hz)	Ampiezza
024126P119	16.06.2022	Via Oppio	3,5 ÷ 4,5	5
024126P120	16.06.2022	Via E. Fermi	1; 5; 7	5,5; 3; 3
024126P121	16.06.2022	Via Cantarana	1,45; 2,9	3,9; 3,4
024126P122	16.06.2022	Via Castello	4,3	2,5
024126P123	16.06.2022	Via San Biagio	1,4; 3,4; 14	2,3; 2; 3,7
024126P124	16.06.2022	Via Fratta	5	2
024126P125	16.06.2022	Via Breganzina	0,85; 6	4,8 3
024126P126	15.09.2022	Via Villa	3,9; 12	2,7; 4
024126P127	15.09.2022	Via Costavernese	10 ÷ 14	2,3
024126P128	15.09.2022	Via Ferretti	2,5	8,1
024126P129	01.10.2022	Mure	7,3	8,1
024126P130	01.10.2022	Via San Pietro	12	3,6
024126P131	01.10.2022	Via Costavernese	2,1	3,4

A commento della tabella e della Carta delle frequenze si può dire che:

- Le stazioni di misura eseguite nel territorio collinare evidenziano di solito picchi di risonanza a frequenze comprese tra 5 e 15 Hz.
- Le stazioni ubicate nella zona di pianura hanno picchi di risonanza che si pongono, nella maggior parte dei casi, su frequenze comprese tra 0,75 e 3 Hz

4. CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI 2° LIVELLO

4.1 Premessa

Lo studio di Microzonazione Sismica di 2° livello del Comune di Colceresa è stato redatto facendo riferimento alla normativa regionale vigente, citata nel capitolo 1.

Oltre alle indicazioni previste dall'allegato A) della DGR 1572/13, sono state analizzate le condizioni specifiche dell'area indagata, individuando gli elementi oggetto di approfondimento nella MS di 2° livello.

Nell'ambito dello studio è stata valutata la presenza degli scenari previsti dalla DGRV 1572. Nella tabella seguente (ripresa dalla fig. 2 dell'allegato A della Delibera) viene esplicitata, per ogni singola tipologia di instabilità/amplificazione, la presenza sul territorio analizzato e le procedure applicate nel presente studio.

Tabella 6: procedure di microzonazione sismica

<i>SIGLA</i>	<i>Scenario di pericolosità</i>	<i>Presenza nel territorio</i>	<i>Procedura utilizzata</i>
P1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	SI	Individuati da PAT, PAI e PTCP. Valutati quelli in aree "idonee a condizione" della carta della Fragilità del PAT
P1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	SI	Individuati da PAT, PAI e PTCP. Valutati quelli in aree "idonee a condizione" della carta della Fragilità del PAT
P1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	SI	Valutate le condizioni di stabilità tramite l'utilizzo del coefficiente Kh (vedi allegato A2.2 delle Linee Guida per le instabilità di versante sismoindotte)
P2a	Zona con terreni di fondazione particolarmente scadenti quali depositi altamente compressibili, ecc.	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P2b	Zona con depositi granulari fini saturi	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P2c	Zona caratterizzata da coltri di terreno di riporto o che hanno subito riempimenti antropici	NON significativa	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P3a	Linea di ciglio H>10 m (scarpata, bordo di cava, nicchia di cava, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica, ecc...)	SI	Analizzate le amplificazioni e stimate sulla base degli abachi.
P3b	Zona di cresta e/o cocuzzolo: appuntita – arrotondata	SI	Analizzate le amplificazioni e stimate sulla base degli abachi.
P4a	Zona di fondovalle ampie e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	SI	Calcolati i valori di Fa ed Fv puntuali. Predisposta carta con andamento Fa
P4b	Zona di fondovalle stretta (C>0,25) od in presenza di forme geometriche sepolte tali da non permettere di considerare il modello geologico monodimensionale	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P4c	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.

SIGLA	Scenario di pericolosità	Presenza nel territorio	Procedura utilizzata
P4d	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P4e	Zona con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.
P5a	Linea di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative nell'area studiata
P5b	Zona ove sono presenti o potenzialmente presenti cavità sotterranee o sinkhole	NO	Le indagini disponibili non hanno individuato aree significative.

4.2 Valutazione degli effetti litostratigrafici

Per la valutazione degli effetti litostratigrafici, la normativa vigente indica che, nell'ambito della microzonazione di II° livello, si deve fare ricorso a metodi semplificati che prevedono l'uso di abachi. Allo stato attuale non essendo disponibili abachi specifici per la Regione Veneto, come indicato nella DGRV n. 1572 del 3 settembre 2013 – Allegato A, si sono utilizzati quelli inseriti nel Volume “*Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*” della Protezione Civile Nazionale.

Gli abachi forniscono due valori di amplificazione sismica FA ed FV così definiti

- a) **FA** : fattore di amplificazione a basso periodo (determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione)
- b) **FV** : fattore di amplificazione a periodo proprio (per il quale si ha la massima risposta in pseudovelocità).

Per la valutazione di FA ed FV è necessario conoscere la litologia prevalente del sottosuolo nel sito considerato, l'andamento della velocità delle onde di taglio (V_s) con la profondità e la profondità del bedrock sismico. Gli abachi sono costruiti per tre diversi profili di velocità nel sottosuolo:

Profilo 1: velocità costante (V_{SH}) lungo tutto lo spessore del deposito

Profilo 2: velocità crescente con la profondità con il gradiente massimo

Profilo 3: profilo di velocità crescente con la profondità con gradiente intermedio tra i due precedenti

L'utente sulla base delle conoscenze geologiche e geofisiche dell'area deve scegliere quale profilo è più idoneo a rappresentare la situazione in esame. Per il territorio considerato nel corso del presente studio è stato utilizzato il profilo con gradiente massimo.

Gli abachi forniscono i valori di amplificazione per tre classi di ag: 0,06g, 0,18g, 0,26g. Per il Comune di Colceresa sono stati sempre utilizzati gli abachi riferiti al valore di 0,18g.

Per quanto riguarda la litologia, gli abachi nazionali prevedono tre tipologie di depositi sciolti: ghiaie, sabbie e argille. Nelle necessarie semplificazioni per poter utilizzare gli abachi stessi, è stato fatto riferimento agli abachi relativi ai terreni prevalenti ghiaiosi nelle aree di pianura, mentre per le zone collinari e pedecollinari si sono utilizzati gli abachi relativi alla litologia argillosa.

La stima dei Fattori di amplificazione litostratigrafici è stata ottenuta tramite i valori di Vs ricavati dalle prove MASW abbinate alle misure HVSR, le quali hanno portato a definire la velocità media delle onde di taglio della copertura ed il suo spessore. Tale operazione è stata fatta sia per i dati delle misure eseguite per Livello 2, sia reinterprestando le indagini MASW relative al Livello 1. Per incrementare i dati disponibili, soprattutto nella zona collinare, sono state utilizzate anche delle stazioni HVSR, mediante inversione dei dati.

Particolarmente difficoltosa è risultata la definizione delle proprietà del substrato sismico ove costituito da rocce vulcaniche, le quali spesso si presentano molto alterate e, di conseguenza, caratterizzate da valori di velocità delle onde sismiche estremamente bassi. Solo in alcuni casi si è registrata la “classica” velocità del bedrock pari a 800 m/s, per cui, in corrispondenza ad ogni punto di misura, si è dovuto procedere ad una valutazione delle caratteristiche del bedrock, per il quale si sono misurate velocità variabili tra 400 e 800 m/s.

Tabella 7: Valori di FA e FV ricavati dagli abachi

Punto di Misura	FA	FV
024126L1	2,57	1,72
024126L2	3,28	3,13
024126L3	2,52	1,96
024126L4	2,15	1,19
024126L5	2,28	1,31
024126L6	1,79	2,23
024126L7	1,38	1,82
024126L8	1,3	1,67
024126L9	1,4	1,82
024126L10	1,94	2,48
024126L11	2,79	3,48
024126L12	3,1	3,78
024126L13	3,11	2,33
024126L14	3,26	2,8
024126L15	1,9	2,45
024126L16	2,65	1,37
024126L17	1,7	2,33

Punto di Misura	FA	FV
024126L18	1,41	1,95
024126L19	1,47	2,06
024126L20	1,69	2,28
024126L21	3,04	3,19
024126L22	2,92	3,57
024126L23	3,29	2,79
024126L24	2,35	1,87
024126L25	3,2	3,4
024126L26	2,96	2,89
024126L27	3,32	2,51
024126L28	> 3	> 3,8
024126L34	2,55	2,46
024126L35	3,06	2,3
024126L36	2	1,33

Relativamente alla sola amplificazione di tipo litostratigrafico, l'analisi della tabella e della corrispondente carta di microzonazione sismica consente di fare le seguenti considerazioni.

- Nel settore collinare, i valori di FA risultano compresi tra 2 e 3. A questo proposito, è necessario sottolineare il fatto che nella zona collinare le condizioni geologiche presentano una notevole variabilità laterale, per cui risulta impossibile produrre una mappatura completa delle possibili amplificazioni. La carta rappresenta l'andamento generale del fattore FA, mentre le amplificazioni puntuali potrebbero risultare diverse.
- Nelle zone vallive infracollinari e lungo la fascia alla base delle colline si osservano i valori maggiori di FA, che sono quasi sempre maggiori di 3. Tale fenomeno è da correlare con la presenza nel sottosuolo di terreni prevalentemente argillosi caratterizzati da bassi valori di Vs e spessori di alcune decine di metri.
- Per quanto riguarda la zona di pianura, risulta evidente un progressivo abbassamento dei valori di FA, man mano che ci si allontana dalla base delle colline. I valori minimi risultano prossimi a 1,3 – 1,4 e sono stati misurati alle estremità meridionale e sudorientale del comune.
- Anche i valori di FV sono molto variabili, risultando compresi tra 1,3 e 3,8.

4.3 Valutazione degli effetti morfologici

La valutazione delle condizioni morfologiche in grado di generare amplificazione sismica è stata effettuata tramite l'analisi della CTR che, pur con i limiti di precisione propri di questo supporto, ha permesso di effettuare stime e valutazioni sugli effetti legati alle amplificazioni di tipo morfologico.

I limiti di questa valutazione sono insiti nella precisione della cartografia; per approfondimenti ed affinamenti dei fattori di amplificazione specifici per ogni sito, si dovranno eventualmente effettuare rilievi topografici in grado di meglio definire la geometria ed i limiti delle scarpate e dei relativi cigli.

4.3.1 Zona di scarpata

Le zone di scarpata che possono essere suscettibili di amplificazioni morfologiche devono possedere dei parametri che superano specifici limiti dimensionali esplicitati in modo semplificato dalla seguente figura tratta dall'Allegato A) della DGR 1572/2013.

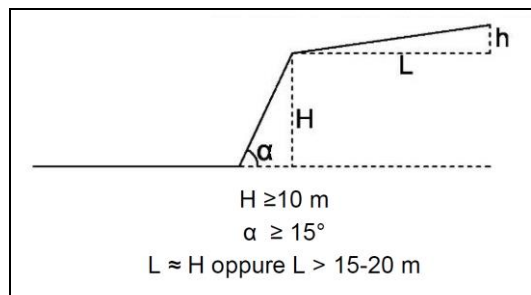


Figura 1: criteri di riconoscimento delle scarpate suscettibili di amplificazioni morfologiche

In pratica l'altezza deve essere maggiore di 10 metri e contemporaneamente l'angolo del pendio deve superare i 15° , inoltre il fronte superiore deve essere pari almeno all'altezza della scarpata o comunque non inferiore ai 15-20 metri.

I fattori di amplificazione legati alle caratteristiche geometriche delle scarpate sono riassunti nella seguente tabella (Figura 2).

Fattore di amplificazione per effetto morfologico			
Classe altimetrica	Classe di inclinazione	Fa 0.1-0.5	Area di influenza
10 m < H < 20 m	15° < α < 90°	1.1	Ai = H
20 m < H < 40 m	15° < α < 90°	1.2	Ai = 3/4 H
H > 40 m	15° < α < 20°	1.1	Ai = 2/3 H
	20° < α < 40°	1.2	
	40° < α < 60°	1.3	
	60° < α < 70°	1.2	
	α > 70°	1.1	

Figura 2: criteri di assegnazione dei Fattori di amplificazione

Gli elementi esplicitati in tabella sono noti con l'eccezione dell'area di influenza Ai che rappresenta la fascia di amplificazione situata a monte del ciglio della scarpata e la cui ampiezza è indicata nell'ultima colonna della tabella.

Il Fattore di amplificazione diminuisce spostandosi dal ciglio per raggiungere l'unità alla base delle scarpate e, verso monte, sino al limite dell'area di influenza Ai.

È importante sottolineare che l'amplificazione complessiva di sito (amplificazione morfologica + amplificazione litostratigrafica) si ottiene con il prodotto dei due FA specifici e non con la somma.

Nella figura seguente (Figura 3) è riportato un esempio cartografico dei fattori di amplificazione, si può osservare l'andamento asimmetrico dell'amplificazione rispetto al ciglio di scarpata.

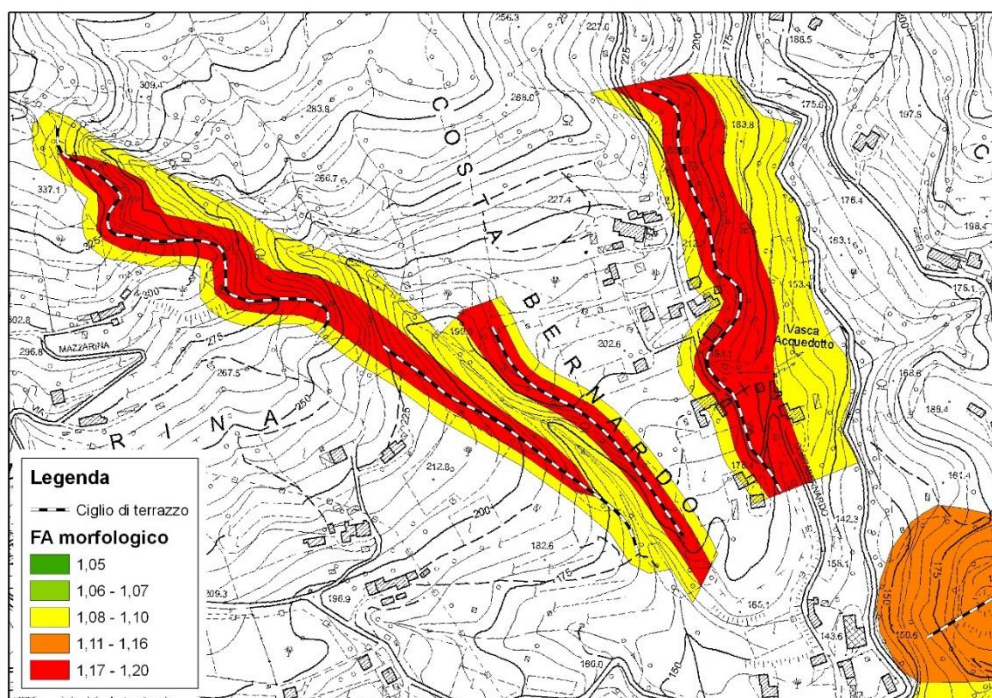


Figura 3: esempio di andamento del FA in caso di scarpate

La prima attività è quindi consistita nella individuazione delle morfologie, che rispondessero ai requisiti minimi descritti, tramite un'analisi della CTR e successivamente anche con sopralluoghi mirati ad alcune aree più significative.

Le fasce di amplificazione morfologica determinate dalle scarpate si sovrappongono alle aree con amplificazione litostratigrafica provocando di conseguenza un incremento del valore di FA, che essendo calcolato mediante il prodotto delle due amplificazioni, può aumentare in modo significativo.

I valori di FA riportati nella Carta di Microzonazione Sismica rappresentano quindi il contributo dell'amplificazione litostratigrafica e di quella morfologica dove questi si sovrappongono.

4.3.2 Zona di cresta e/o cocuzzolo

L'esame della cartografia CTR ha portato ad individuare, all'interno delle aree urbanizzate o delle località sparse più significative, alcune fasce o punti specifici le cui caratteristiche geometriche portano a classificarli come creste o cocuzzoli. Tali conformazioni morfologiche risultano frequenti a causa della presenza di numerose valli secondarie che incidono in modo significativo la coltre di alterazione e il substrato determinando la formazione di dorsali comprese tra valli adiacenti.

Lungo queste dorsali sono infatti superati i limiti geometrici indicati nella figura seguente (Figura 4) dove sono riportati i parametri necessari a classificare la cresta o dorsale. Inoltre le dorsali in

esame presentano un rapporto $l/L < 1/3$ (larghezza cresta/larghezza base $< 1/3$) e quindi possono essere definite come “*Creste appuntite*”.

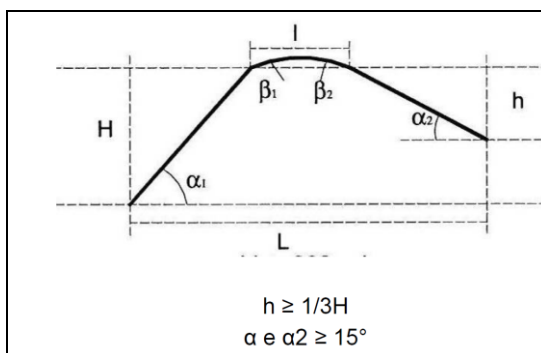


Figura 4: parametri dimensionali per creste/dorsali suscettibili di amplificazione

L'utilizzo degli abachi per la definizione del F_a in base al rapporto H/L porta a definire i valori amplificazione illustrati nella seguente tabella.

Tabella 8: Attributi delle dorsali e relativi valori di F_a

Id	Riferimento	Altezza H [m]	Larghezza H [m]	Alfa 1 [°]	Altezza h [m]	Larghezza h [m]	Alfa 2 [°]	l [m]	Forma	L	H/L	F_a
1	Costa Vernese 1	60	162	20,32	60	206	16,24	154	Appuntita	522	0,11	1,10
2	Picco Molvena ovest	35	97	19,84	30	101	16,54	21	Appuntita	219	0,16	1,13
3	Molvena sud	45	148	16,91	35	220	9,04	52	Appuntita	420	0,11	1,10
4	Molvena sud	25	65	21,04	25	88	15,86	29	Appuntita	182	0,14	1,10
5	Creazzo	20	40	26,57	20	59	18,73	16	Appuntita	115	0,17	1,07
6	Costa Vernese 2	50	232	12,16	40	141	15,84	42	Appuntita	415	0,12	1,05
7	Mure 1	50	174	16,03	30	107	15,66	32	Appuntita	313	0,16	1,16
8	Mure 2	40	208	10,89	25	85	16,39	43	Appuntita	336	0,12	1,13
9	Mure est	20	45	23,96	15	44	18,82	18	Appuntita	107	0,19	1,10
10	Mure 3	25	89	15,69	20	92	12,26	36	Appuntita	217	0,12	1,20
11	Case Viero 1	55	160	18,97	30	83	19,87	59	Appuntita	302	0,18	1,10
12	Case Viero 2	45	136	18,31	45	199	12,74	51	Appuntita	386	0,12	1,10
13	Case Viero 3	40	161	13,95	35	106	18,27	37	Appuntita	304	0,13	1,13
19	Villa di Molvena	25	148	9,59	25	95	14,74	44	Appuntita	287	0,09	NO
20	Villa di Molvena	25	100	14,04	25	84	16,57	54	Appuntita	238	0,11	1,20
21	Mure sud	20	107	10,59	20	74	15,12	31	Appuntita	212	0,09	1,20
22	San Pietro	30	120	14,04	30	98	17,02	51	Appuntita	269	0,11	1,20
23	Costa sud	25	103	13,64	10	65	8,75	30	Appuntita	198	0,13	NO
24	Mason nord	25	81	17,15	20	64	17,35	61	Appuntita	206	0,12	1,20
25	Costa	40	83	25,73								1,20

I casi in cui, dopo l'analisi morfologica, una cresta non rispettava i parametri specifici di rapporto tra la larghezza di cresta e altezza complessiva il valore di FA è stato stimato ipotizzando la presenza di due scarpate distinte (Figura 5).

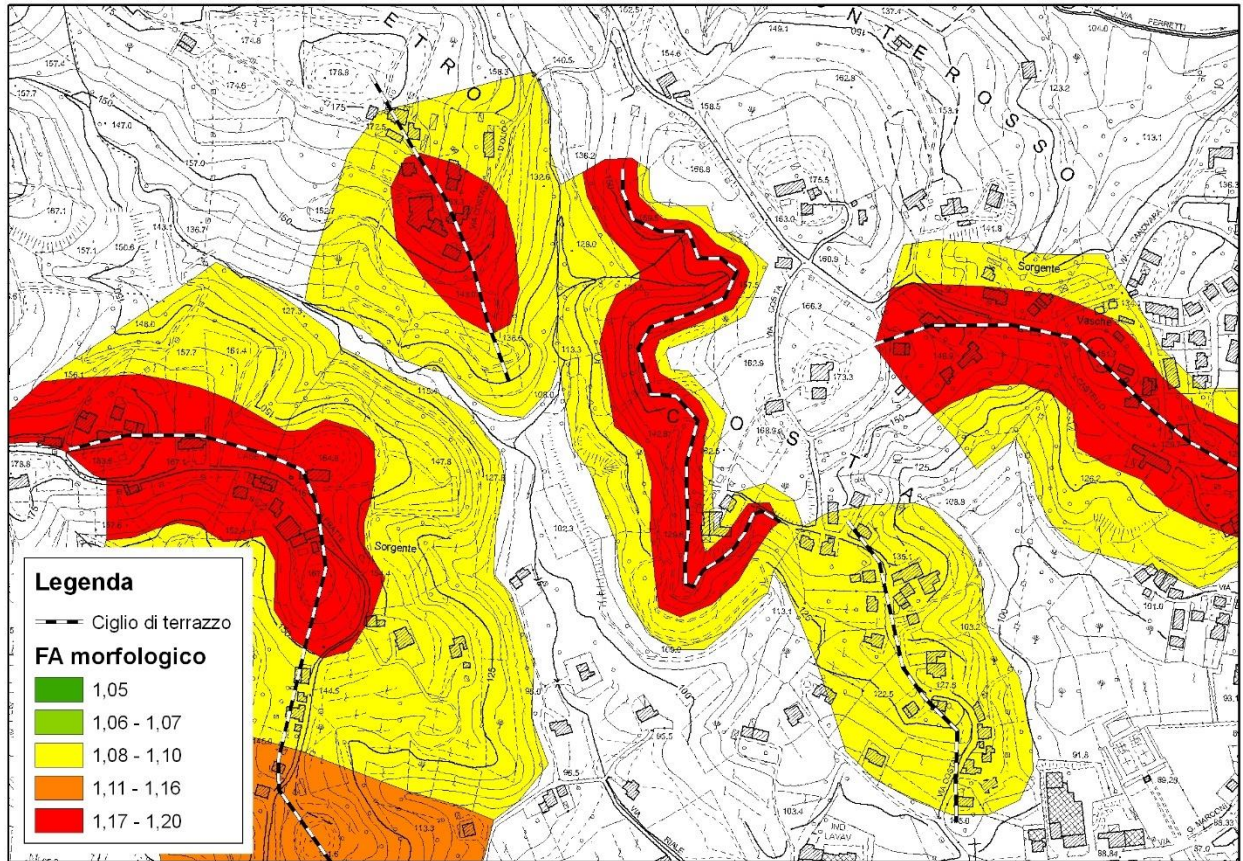


Figura 5: esempio di andamento del valore di Fa morfologico in corrispondenza delle creste/dorsali

Si ritiene utile rimarcare come le indicazioni sulle amplificazioni morfologiche siano fornite sulla base di morfologie semplificate e utilizzo di abachi standard, per ottenere valori più precisi e definiti servono indagini morfologiche più mirate e valutazioni sismiche specifiche. Le amplificazioni stimate in questa sede si devono intendere quindi di prima approssimazione.

4.4 Liquefazione

Il fenomeno della liquefazione dei terreni si può verificare in concomitanza con eventi sismici e condizioni stratigrafiche specifiche; esso consiste nel quasi totale annullamento della resistenza al taglio del terreno che assume un comportamento assimilabile ad un fluido.

Lo studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 aveva messo in risalto come la parte meridionale del territorio comunale potesse essere interessata da questo fenomeno, soprattutto in relazione

alla limitata profondità della falda dal piano campagna e, secondariamente, per la composizione granulometrica dei terreni.

Nell'ambito dello studio di Livello 2 sono stati censiti ed analizzati ulteriori dati geognostici al fine di ricostruire con maggiore dettaglio la stratigrafia del sottosuolo e quindi valutare l'effettiva possibilità che si verifichi questo fenomeno. Le nuove stratigrafie desunte soprattutto da prove penetrometriche dinamiche sono ubicate nella Carta delle Indagini e riportate nel database allegato.

In particolare, per analizzare questa problematica è stato fatto riferimento alle seguenti indagini puntuali: P51, P56, P58, P66, P80, P81, P102, P132, P136, P137, P139.

L'esame di questi dati evidenzia come il sottosuolo nel settore meridionale del Comune sia costituito da un primo strato argilloso - limoso avente spessore di alcuni metri, alla base del quale si trovano terreni prevalentemente ghiaiosi, con una frazione sabbioso-limosa in percentuale variabile. Gli orizzonti francamente sabbiosi sono pressoché assenti. Le prove penetrometriche dinamiche censite si arrestano, di solito, dopo essere "entrate" per alcuni metri all'interno dello strato ghiaioso ben addensato.

Sulla base di queste informazioni si è ritenuto di escludere che, anche nel settore meridionale del comune, possa verificarsi il fenomeno della liquefazione. Come è noto, lo studio della liquefazione deve essere comunque condotto nell'ambito degli studi geologico-tecnici da eseguire in fase di progettazione delle opere; tale disposizione rimane confermata poiché trattandosi di fenomeno puntuale non è possibile escludere con certezza l'esistenza di livelli sabbiosi nel sottosuolo in tutto il territorio esaminato.

4.5 Instabilità di versante

4.5.1 Frane attive e/o quiescenti

Nell'ambito dello studio di Microzonazione Sismica di livello 2, sono state raccolte e aggiornate tutte le indicazioni relative alle frane attive e quiescenti attraverso l'esame dei dati presenti nei diversi database e nelle cartografie disponibili.

Da questa prima raccolta sono state individuate le aree in frana ricadenti nella categoria di terreni "*Non idonei*" previsti dallo strumento urbanistico vigente e nelle quali è di fatto già vietata ogni nuova edificazione e trasformazione delle aree in zone edificabili.

L'attenzione è stata quindi posta sulle aree in frana che ricadevano, sempre per gli strumenti urbanistici vigenti, nelle aree definite "*Idonee a condizione*" dove possono essere realizzate nuove volumetrie e possibili trasformazioni urbanistiche.

Sono state poi cartografate le aree in frana inserite nella Carta della Fragilità che interessano "*aree idonee a condizione*" del PATI.

Nelle aree indicate come interessate da fenomeni di instabilità, anche non attivi, è stata riportata una fascia relativa alla possibile espansione della instabilità definita come “*Area di evoluzione della frana*” (“*Linee Guida per gestione in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte*” ver. 1.0 -2017) della larghezza complessiva di 20 metri.

Nel paragrafo 6.4 sono indicate delle proposte normative inerenti le aree interessate da instabilità gravitativa.

4.5.2 Aree potenzialmente in frana

Per la classificazione di questa tipologia di aree è stata utilizzata la metodologia proposta all'allegato A2.2 delle Linee Guida redatte dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica.

Per la definizione delle aree potenzialmente franose l'allegato citato (predisposto a cura della Regione Toscana) suggerisce la stima del fattore **Kh** che può essere calcolato tramite una serie di parametri morfologici, sismici e stratigrafici. Se il valore di tale coefficiente è inferiore a 0,1 il pendio si può considerare stabile dal punto di vista sismico e quindi un eventuale sisma, con le accelerazioni e le caratteristiche proprie così come previsto dagli attuali documenti statistici elaborati dall'INGV, non dovrebbe avere influenza sulle condizioni generali di stabilità del pendio.

L'applicazione di questo metodo di valutazione è stata utilizzata su tutte le zone urbanizzate ed urbanizzabili del territorio comunale (consolidato, trasformabile, edificato diffuso ed eventuali aree destinate a servizi sovracomunali) per verificare se il valore di riferimento del coefficiente Kh fosse inferiore al limite indicato.

4.5.2.1 Calcolo del fattore Kh

Il valore del coefficiente Kh può essere calcolato utilizzando la seguente formula:

$$Kh = \beta_s * S * a_g / g$$

Il fattore β_s , definito come “*coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito*”, varia in funzione della categoria di terreno secondo le definizioni delle nuove N.T.C. ed in particolare si può fare riferimento alla seguente tabella estratta dal paragrafo 7.11.3.5.2 del Decreto 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni”.

Tab. 7.11.I – Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

	Categoria di sottosuolo	
	A	B, C, D, E
	β_s	β_s
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Figura 6: tabella di attribuzione del coefficiente K_h in funzione delle categorie di sottosuolo e delle accelerazioni sismiche previste.

Il valore del coefficiente S deriva dal prodotto dei due valori di S_s e S_t

$$S = S_s * S_t$$

che sono legati a loro volta rispettivamente all'amplificazione stratigrafica e all'amplificazione topografica. Il loro rispettivo valore viene indicato dalle tabelle del capitolo 3.2.3 del Decreto citato, in particolare per il calcolo di S_s vale:

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Figura 7: tabella per il calcolo del coefficiente S_s di amplificazione stratigrafica

Mentre per la determinazione del valore di S_t viene indicata la seguente classificazione morfologica dei versanti:

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Figura 8: categorie topografiche di amplificazione

Con la relativa quantificazione numerica

Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Figura 9: valori di S_T in base alle categorie morfologiche del pendio

Infine il valore di accelerazione massima di sito ag/g si può ricavare dal portale dell'INGV dedicato: <https://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

La elaborazione dei valori di K_h per le aree urbanizzate e le aree in frana e/o potenzialmente in frana è stata effettuata attraverso l'utilizzo di sistemi GIS partendo da una griglia di quadrati di lato pari a 5 metri derivati dal DTM reso disponibile sul geoportale della Regione Veneto, sulla quale è stata determinata la pendenza di ogni singolo elemento utilizzando l'applicazione di interpolazione.

Per ogni singolo elemento sono stati poi aggiunti i valori necessari al calcolo di K_h che è stato ottenuto grazie al prodotto dei singoli parametri. In particolare sono stati scelti i seguenti valori utilizzando un approccio prudenziale che ha portato a scegliere il termine di maggior gravosità quando range dei valori disponibili era più ampio.

- Per il calcolo del fattore β_s – categoria di sottosuolo D per tutta l'area esaminata; accelerazione massima attesa di sito compresa tra 0,1 e 0,2 ag/g – Valore $\beta_s=0,24$
- Per il calcolo del fattore S_T – (calcolo in automatico) se $< 15^\circ = 1$, se $> 15^\circ = 1,2$
- Per il calcolo del fattore S_s – categoria di terreno D -valore $S_s=1,80$
- Per il calcolo del fattore ag/g – l'accelerazione massima del territorio comunale pari a 0,175

Assegnati i valori ad ogni singolo pixel della maglia di elementi con 5 metri di lato è stato effettuato il calcolo automatico del coefficiente K_h riportato poi anche nella carta di Microzonazione sismica (vedasi un estratto alla Figura 10).

I risultati hanno evidenziato che i valori così determinati sono compresi tra 0,07 e 0,09 e quindi sempre minori al limite indicato nelle linee guida e pari a 0,1. Si sottolinea inoltre che l'approccio conservativo nella scelta dei parametri di ingresso ha portato ad una probabile valutazione leggermente sovrastimata del coefficiente K_h a beneficio della sicurezza.

I valori così ottenuti sono stati controllati anche con i dati puntuali che si possono ottenere al portale della Geostru consultabile all'indirizzo <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/> sempre considerando come riferimento lo stato limite di salvaguardia per la vita e pari ad un Tempo di ritorno pari a 475 anni. Il controllo ha consentito di confermare i dati ottenuti sulle aree indagate.

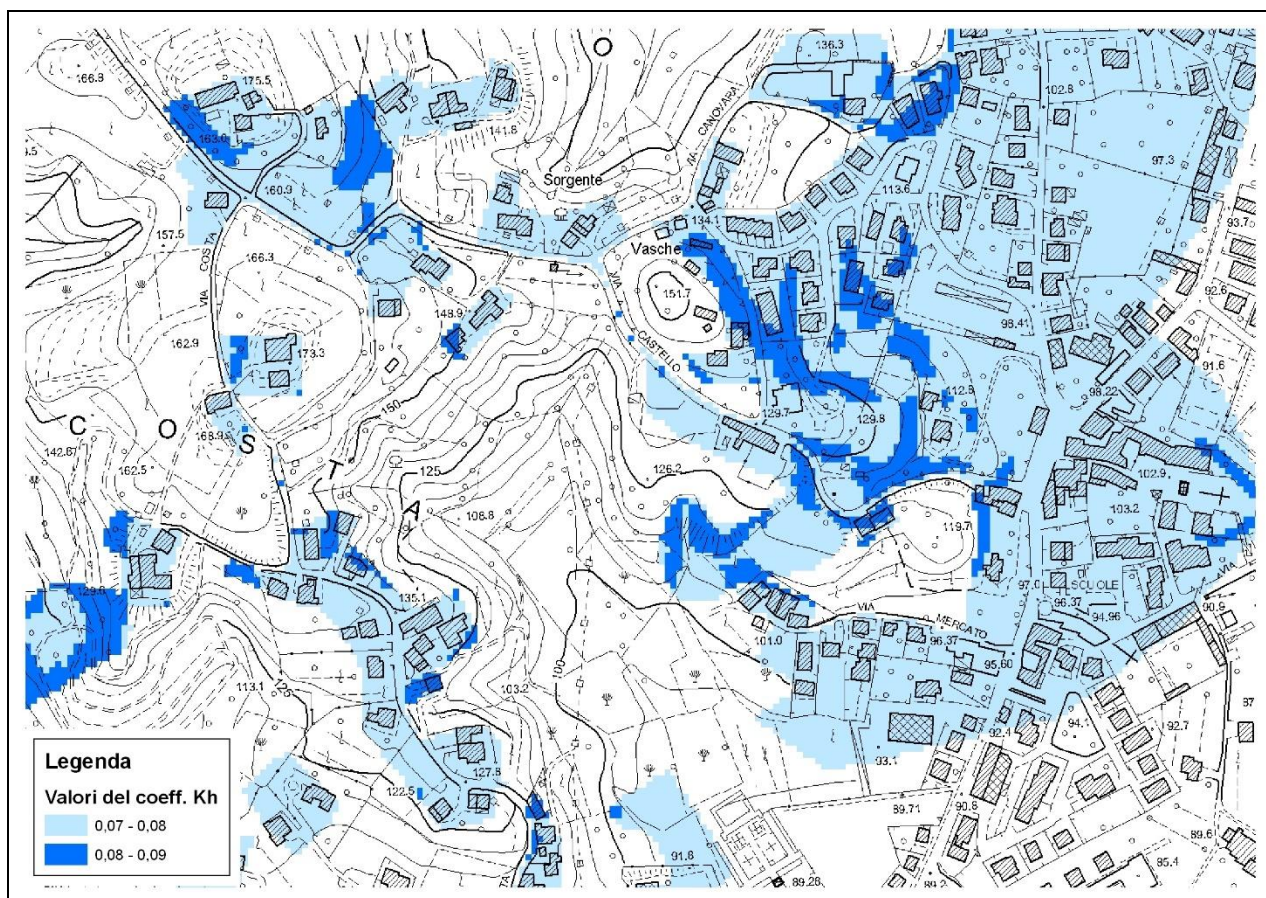


Figura 10: andamento del valore del coefficiente Kh nell'area di Mason Vicentino

4.6 Faglie attive e capaci

Nello studio di Livello 1, era stata segnalata, nella parte meridionale del territorio comunale, la presenza della Faglia Attiva e Capace (Estratta dal database del catalogo ITHACA) denominata:

- Faglia “Thiene - Bassano” - N. 70304

Sulla base di una serie di considerazioni, si era optato per classificare la faglia in oggetto come Faglia Potenzialmente Attiva e Capace (FPAC). Tale scelta che viene confermata in questa sede, non comporta vincoli di carattere urbanistico, in questa fase degli studi e secondo le linee guida attualmente vigenti. Qualora fossero previste varianti urbanistiche che coinvolgano territori limitrofi al tracciato della faglia, potranno essere programmati studi di carattere paleosimologico tipici della MS di Livello 3. In ogni caso, si auspica la programmazione di approfondimenti inerenti la tematica delle faglie Attive e Capaci, i quali dovrebbero però essere svolti a scala regionale interessando l'intero tracciato della faglia in oggetto.

5. SINTESI DELLO STUDIO DI MICROZONAZIONE DI 2° LIVELLO

La D.G.R.V. n. 1572 del 03.09.2013 “*Definizione di una metodologia teorica e sperimentale per l'analisi sismica locale a supporto della pianificazione. Linee Guida Regionali per la microzonazione sismica. (D.G.R. 71/2008, D.G.R. 2877/2008 e D.lgs. 163/2006 e abrogazione D.G.R. n. 3308/08)*” stabilisce che per definire la carta di microzonazione sismica, il territorio comunale sia mappato secondo le seguenti tipologie:

aree “stabili”, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di rilievo di alcuna natura (substrato geologico posto a profondità inferiore a 3 metri con morfologia piatta o semipianeggiante);

aree “stabili suscettibili di amplificazioni sismiche”, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;

aree “suscettibili di instabilità”, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto). Le principali cause di instabilità sono: instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive, cedimenti differenziali.

Nell'Allegato A) alla DGRV n. 1572/2013 “*Linee guida per l'esecuzione di studi di Microzonazione Sismica*” sono specificate più in dettaglio queste tre categorie.

Utilizzando i dati esistenti e le nuove misure geofisiche, gli studi di MS di Livello 1 e 2 hanno cercato di ricostruire la struttura geologica del sottosuolo del territorio del Comune di Colceresa, all'interno del quale non sono state rilevate aree definibili “stabili”.

Come esposto nei paragrafi precedenti, gli studi hanno messo in risalto che i valori del fattore di amplificazione FA sono molto variabili in funzione del settore di territorio considerato: si passa da valori maggiori di 3 nelle zone vallive infracollinari e pedecollinari a valori pari a 1,3 – 1,4 nella fascia di pianura posta alle estremità meridionale e sudorientale del comune.

Lo studio ha evidenziato alcune aree ove possono verificarsi effetti amplificativi in prossimità delle scarpate. Come è noto l'amplificazione morfologica comporta un incremento dell'amplificazione litostratigrafica.

La tematica inerente l'instabilità di versante è stata affrontata sia considerando quanto previsto negli strumenti urbanistici vigenti, sia valutando la potenziale instabilità di versante sismoindotta.

Relativamente a quest'ultimo aspetto, le analisi effettuate hanno condotto a concludere che nel territorio comunale urbanizzato non sussistono i presupposti perché si inneschino nuovi fenomeni di instabilità sismoindotta.

Nella carta di Microzonazione relativa all'Analisi di instabilità sismoindotta sono state inserite le aree in frana che interessano “*zone idonee a condizione*” segnalate nella carta della fragilità del PAT.

Nel capitolo successivo sono state inserite delle proposte normative che riguardano le aree interessate da instabilità di versante.

Con i nuovi dati geognostici acquisiti, si è giunti ad escludere che possa verificarsi il fenomeno della liquefazione, nelle zone dove lo studio di Livello 1 aveva segnalato che tale fenomeno potesse accadere in caso di sisma.

Infine, per quanto riguarda gli aspetti legati alla tematica delle faglie attive a capaci, si sono confermate le considerazioni fatte nell'ambito dello studio di Livello 1.

6. PROPOSTA DI PRESCRIZIONI NORMATIVE

Nel territorio oggetto del presente studio tutti gli interventi che prevedano nuove costruzioni, modifiche strutturali, ampliamenti, ristrutturazioni e opere infrastrutturali dovranno essere progettati adottando i criteri antisismici di cui al D.M. 17.01.2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” e alle eventuali ss.mm.ii. relative agli argomenti specifici.

6.1 Amplificazioni litostratigrafiche

In considerazione della situazione sismica e geologica del Comune di Colceresa, contraddistinto da condizioni litostratigrafiche predisponenti l'amplificazione e dal rischio potenziale di sismi di magnitudo medio-elevata, si è ritenuto opportuno definire il grado di approfondimento delle indagini sismiche, da effettuare in sede di progetto, facendo riferimento alla classificazione degli edifici prevista dalle N.T.C. ed alla normativa regionale inerente gli edifici e opere di interesse strategico ai fini di protezione civile e rilevanti per l'uso.

La microzonazione riportata in cartografia, basata sui Fattori di amplificazione elaborati con abachi e metodi semplificati, deve essere utilizzata come approccio preliminare nello studio dell'amplificazione sismica e per programmare la tipologia di indagini da effettuare.

E' fatto assoluto divieto l'utilizzo dei dati di output degli abachi di 2° Livello in attività connesse alla determinazione dell'azione sismica a corredo della progettazione sismica.

La scelta della metodologia e della quantità di indagini, dovrà essere commisurata all'importanza dell'opera e, in ogni caso, dovrà essere adeguatamente motivata.

Sulla base delle considerazioni esposte in precedenza, vista anche la classificazione sismica del Comune di Colceresa, si stabiliscono diversi gradi di approfondimento dello studio sismico.

6.1.1 Modalità di applicazione degli approfondimenti

Il D.M. 17 gennaio 2018, al paragrafo 2.4.2 “*Classi d'uso*”, in presenza di azioni sismiche e con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, suddivide le costruzioni in quattro classi d'uso definite in base alla frequentazione, alla funzione, alle attività e all'utilizzo. Di seguito sono indicate le indagini e gli studi da effettuare in relazione alla tipologia di costruzione in esame, nell'ambito dell'intero territorio comunale.

- **Classe I:** *Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.* Per queste costruzioni, in funzione dell'ubicazione e della tipologia, potranno essere utilizzati i dati e le informazioni sismiche contenuti nel presente studio, oppure eseguite indagini come illustrato per gli edifici in classe II.
- **Classe II:** *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso*

III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Per queste costruzioni si prevede l'esame dei dati e delle informazioni sismiche contenuti nel presente studio e, quindi, l'applicazione di metodi semplificati per valutare l'amplificazione sismica locale. Per l'applicazione dei metodi semplificati si riporta quanto indicato dal D.M. 17.01.2018, al paragrafo 3.2.2 **Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche** "Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

Come è noto, la definizione delle categorie di sottosuolo avviene attraverso il calcolo della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio V_{seq} , la cui determinazione sarà fatta preferibilmente utilizzando indagini sismiche, in foro (cross-hole, down-hole,) o in superficie (MASW, ESAC, sismica a rifrazione). Per le indagini in superficie sarà preferibile usare tecniche attive e passive in modo congiunto.

Abbinata alle determinazioni di V_s si dovranno eseguire anche misure di rumore sismico ambientale a stazione singola (tecnica HVSR), al fine di stabilire la frequenza fondamentale di vibrazione dei terreni (o il periodo proprio), da confrontarsi con le frequenze proprie degli edifici. Le acquisizioni e le elaborazioni di queste misure seguiranno le linee guida del Progetto SESAME.

Per questa categoria di edifici, particolare attenzione dovrà essere posta nell'analizzare le situazioni ricadenti nelle zone caratterizzate da valori di **FA totale ≥ 3** poiché l'assetto litostratigrafico del sottosuolo, può generare amplificazioni sismiche rilevanti. Qualora l'opera in progetto sia strutturalmente rilevante, o ricadesse in aree alla base del versante dove la morfologia del substrato lapideo può essere irregolare, si consiglia di procedere con l'analisi di Risposta Sismica Locale mediante modellazione numerica.

- **Classe III:** *Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*
- **Classe IV:** *Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.*

Per le costruzioni ricadenti nelle classi III e IV si prevede l'esecuzione di un'analisi della Risposta Sismica Locale (RSL) come indicato al paragrafo 7.11.3.1 del DM 17.01.2018 **Risposta sismica locale**, del quale si richiamano alcuni punti: "...*Omissis.....Alla scala della singola opera o del singolo sistema geotecnico, l'analisi della risposta sismica locale consente quindi di definire le modifiche che il segnale sismico di ingresso subisce, a causa dei suddetti fattori locali. Le analisi di risposta sismica locale richiedono un'adeguata conoscenza delle proprietà geotecniche dei terreni, da determinare mediante specifiche indagini e prove.....omissis*".

Per l'analisi di RSL dovranno essere acquisiti i parametri necessari alla ricostruzione del modello geotecnico e sismostratigrafico del sottosuolo, con particolare attenzione alla ricostruzione della profondità e della morfologia del substrato rigido o di un deposito ad esso assimilabile. L'analisi di RSL, condotta utilizzando codici di calcolo monodimensionali, bidimensionali o tridimensionali, in funzione dell'assetto strutturale del sottosuolo, dovrà articolarsi secondo quanto indicato nel paragrafo 7.11.3 del DM 14.01.2018, al quale si rimanda. In questa sede, oltre a quanto previsto dalla normativa, si vuole sottolineare la necessità di eseguire le seguenti indagini per una corretta modellazione:

- esecuzione di sondaggi geognostici per la definizione della successione sismostratigrafica e delle diverse "unità" geotecniche.
- prove sismiche in foro (cross hole, down hole, cono sismico) finalizzate alla conoscenza della velocità delle onde di taglio fino ad una idonea profondità, in funzione dell'opera in progetto e, comunque, se possibile, fino a raggiungere il "bedrock sismico".
- Prelievo di campioni di terreno e successive analisi di laboratorio per valutare la dipendenza della rigidità e dello smorzamento dal livello deformativo, e per la determinazione, in dipendenza del legame costitutivo adottato per i terreni, dei parametri di ingresso necessari

alle analisi. Le prove di laboratorio possono consistere in prove cicliche di taglio torsionale o di taglio semplice, prove di colonna risonante, prove triassiali cicliche ecc.

La relazione illustrativa delle indagini dovrà contenere i grafici relativi alle misure effettuate ed alla loro interpretazione.

Riguardo alla Risposta Sismica Locale da utilizzare in specifiche situazioni, le modalità di applicazione descritte in precedenza, dovranno essere valutate ed eventualmente modificate in relazione al progetto previsto ed alle conoscenze geologico-geofisiche disponibili. Anche la tipologia ed il numero delle prove da eseguire saranno programmate in funzione dell'importanza dell'opera in progetto (classe d'uso) e della sua ubicazione in rapporto all'assetto geologico del sottosuolo.

Le analisi di Risposta Sismica Locale si dovranno applicare anche agli edifici e opere elencati nella DGRV n. 3645 del 28 novembre 2003, Allegati A e B e nel Decreto del capo della Protezione Civile n. 3685 del 21 ottobre 2003 (edifici e opere di interesse strategico ai fini di protezione civile e rilevanti per l'uso).

6.2 Zone interessate da faglie attive e capaci

Nell'eventualità che le varianti urbanistiche coinvolgano territori limitrofi al tracciato della faglia (FPAC) tracciata nella Carta Geologico Tecnica dello studio di Livello 1, dovranno essere programmati studi di carattere paleosimologico tipici della MS di Livello 3.

6.3 Aree con effetti morfologici di scarpata e dorsale

Per gli interventi posti all'interno delle aree di influenza delle scarpate individuate in cartografia, così come definite dall'Allegato A della DGRV n. 1572/2013, dovranno essere verificate puntualmente le condizioni topografiche locali, eventualmente ricalcolata l'amplificazione morfologica e considerata, se presente, in aggiunta alla amplificazione litostratigrafica (si ricorda che l'amplificazione complessiva è generata dal prodotto delle due singole componenti).

6.4 Aree interessate da instabilità gravitative

Le norme inserite nel PATI relativamente alle "aree non idonee" per frana stabiliscono di "vietare ogni trasformazione urbanistica ed edilizia che comporti un aumento del carico insediativo".

Per le varianti urbanistiche che ricadano in aree instabili per frana classificate come "Idonee a condizione" dalla pianificazione urbanistica vigente e individuate nella cartografia del Livello 1 e del Livello 2 della MS e nelle fasce contermini (Aree di evoluzione della frana), dovranno essere verificate la stabilità complessiva del pendio e del complesso opera-terreno, in condizioni statiche e dinamiche prevedendo tutti quegli interventi che consentano rendere complessivamente stabile il sito anche in condizioni di sisma in atto. Questi studi sono tipici del Livello 3 della MS.

In ogni caso, le aree “*Idonee a condizione*” interessate da frane attive o quiescenti “*non saranno soggette a previsioni urbanistiche che ne incrementino il “carico”*”. *Nell’ipotesi che si debba comunque intervenire in dette aree con infrastrutture a rete ed altra attività non differentemente localizzabile, si dovrà comunque procedere con gli approfondimenti di terzo livello.*” (DGRV 1572/2013).

Nei casi in cui le aree classificate come frane attive, non attive o quiescenti interessino aree urbanizzate, in sede di modifiche, adeguamenti o ristrutturazione degli edifici esistenti si dovrà procedere con l’analisi di 3° livello. Tale norma andrà applicata anche nel caso di interventi su edifici non ricadenti nelle aree urbanizzate.

Per le aree urbanizzate classificate “*Non idonee*” dallo strumento urbanistico vigente, poiché interessate da frane attive o quiescenti, si ritiene comunque opportuno programmare degli studi di carattere geotecnico e sismico, che vadano a valutare il grado di rischio ed eventualmente progettare adeguate opere di difesa. Anche questi studi rientrano nell’ambito del Livello 3 della MS.