



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Regione Emilia – Romagna Comune di Calestano



<p>Regione</p> <p>Emilia Romagna</p>	<p>Soggetto realizzatore</p> <p><small>RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO DI PROFESSIONISTI:</small></p> <p>Mandataria:</p>  <p>Direttori tecnici: Dr. Geol. Carlo Caleffi Dr. Geol. Francesco Cerutti</p> <p>Mandanti: Dr. Geol. Marco Baldi Dr. Geol. Domenico Bianco Dr. Geol. Stefano Castagnetti Dr. Geol. Federico Madini Dr. Geol. Massimiliano Trauzzi</p>	<p>Data</p> <p>Aprile 2014</p>
---	---	-----------------------------------

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

INDICE

1.	Introduzione	2
2.	Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento	5
2.1	Zonizzazione sismogenetica	5
2.2	Sismicità del territorio	6
2.3	Classificazione sismica comunale	9
2.4	Pericolosità sismica	11
3.	Assetto geologico e geomorfologico dell'area	13
3.1	Geologia	13
3.1.1	Depositi Quaternari Continentali	17
3.1.2	Successione Neogenico – Quaternaria del Margine appenninico - padano	18
3.1.3	Successione Epiligure	19
3.1.4	Unità Liguri	19
3.2	Geomorfologia	22
4.	Dati geotecnici e geofisici	26
5.	Modello del sottosuolo	27
6.	Interpretazioni e incertezze	29
7.	Metodologie di elaborazione e risultati	31
8.	Elaborati cartografici	33
8.1	Carte delle indagini	33
8.1.1	Ambito A_1 Calestano	34
8.1.2	Ambito A_2 Ravarano	34
8.1.3	Ambito A_3 Marzolarà	35
8.2	Carte geologico-tecniche per la microzonazione sismica	35
8.2.1	Ambito A_1 Calestano	36
8.2.2	Ambito A_2 Ravarano	38
8.2.3	Ambito A_3 Marzolarà	39
8.3	Carte delle frequenze naturali dei terreni	40
8.3.1	Ambito A_1 Calestano	40
8.3.2	Ambito A_2 Ravarano	43
8.3.3	Ambito A_3 Marzolarà	44
8.4	Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica	47
8.5	Carte delle velocità delle onde di taglio S	50
8.5.1	Ambito A_1 Calestano	51
8.5.2	Ambito A_2 Ravarano	52
8.5.3	Ambito A_3 Marzolarà	53
8.6	Carte di microzonazione sismica	53
8.7	Commenti finali e criticità	58
9.	Confronto della distribuzione dei danni degli eventi passati	60
10.	Bibliografia	61
11.	Allegati	62

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	1 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

1. INTRODUZIONE

Nel presente documento vengono descritte le attività svolte e i risultati ottenuti nel corso dello *Studio di microzonazione sismica del Comune di Calestano*, effettuato su incarico dell'Amministrazione Comunale (cfr. Determinazione n° 420 del 28/12/2012) e finanziato con Ordinanza Presidenza Consiglio Ministri 29 febbraio 2012 n. 4007 "Attuazione dell'articolo 11 del Decreto legge 28 aprile 2009 n° 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n° 77. Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2011 (G.U. n° 56 del 7.3.2012).

La microzonazione sismica (MS), cioè la suddivisione dettagliata del territorio in base al comportamento dei terreni durante un evento sismico e ai possibili effetti indotti dallo scuotimento, è uno strumento di prevenzione e riduzione del rischio sismico particolarmente efficace se realizzato e applicato già in fase di pianificazione urbanistica.

Costituisce, quindi, un supporto fondamentale ai pianificatori per indirizzare le scelte verso quelle aree a minore pericolosità sismica.

Lo studio ha comportato l'acquisizione di dati pregressi oltre all'esecuzione di una campagna d'indagini, costituita da 40 prove tomografiche.

Tutte le attività svolte e, in particolare, l'elaborazione e la redazione degli elaborati richiesti, sono state effettuate nel rispetto dei seguenti riferimenti tecnici:

- Allegato C "Criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica, di cui all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 4007/2012 e decreto del 16 marzo 2012 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile" della deliberazione di Giunta regionale n. 1302 del 10.9.2012 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli Enti locali" (da qui in avanti "Allegato C della delibera regionale")
- Allegato D "Indicazioni per l'archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, di cui all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 4007/2012 e decreto del 16 marzo 2012 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile" della deliberazione di Giunta regionale n. 1302 del 10.9.2012 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OPCM 4007/2012 a favore degli Enti locali" (da qui in avanti "Allegato D della delibera regionale")
- "Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" - Versione 2.0, Roma, giugno 2012 - Elaborato e approvato

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	2 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

nell'ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica, nominata con DPCM 21 aprile 2011 (da qui in avanti "SRAI")

- "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (da qui in avanti "ICMS")
- Allegato A della deliberazione dell' Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2.5.2007: Approvazione dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" (da qui in avanti "indirizzi regionali")

Nel rispetto dei riferimenti tecnici sopramenzionati, lo studio è stato articolato in due differenti fasi di approfondimento:

PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, avente le seguenti finalità:

- Individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica.
- Definire il tipo di effetti attesi.
- Indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario.
- Descrivere le caratteristiche delle unità geologiche del sottosuolo, in termini di litologia, stratigrafia, tettonica e geometria per definire il modello geologico di base per la microzonazione sismica.

SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, avente le seguenti finalità:

- Conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal precedente livello di approfondimento ed eventuale nuova perimetrazione delle aree in cui effettuare la microzonazione sismica.
- Suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, in aree a maggiore e minore pericolosità sismica.
- Conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal livello di approfondimento precedente, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello e indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

Quali aree oggetto di studio, d'accordo con l'Amministrazione Comunale, è stato preso in esame il territorio urbanizzato e urbanizzabile, in corrispondenza dei principali centri abitati, ovvero:

- Calestano
- Marzolaro

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	3 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

- Ravarano

gli unici in cui sono stati reperiti dati geognostici in numero sufficiente da consentire una zonazione del territorio.

Nel corso dello studio sono stati redatti oltre alla presente relazione gli elaborati elencati nel capitolo 10.

Essi sono stati predisposti, oltre che in versione cartacea, in versione digitale (*pdf*, con risoluzione 300 *dpi*).

I dati cartografici sono forniti anche in formato vettoriale (*shapefile*).

Per l'archiviazione dei dati e l'editing dei documenti sono stati seguiti gli standard di riferimento forniti dall'Allegato D della delibera regionale e dagli SRAI (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica).

L'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri delle indagini è stato facilitato dall'utilizzo dell'apposito software: "MS – SoftMS" nella versione 1.0.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	4 di 62

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Zonizzazione sismogenetica

Gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata “ZS9” (cfr.

Fig. 1), a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004, che prevede una suddivisione in 36 zone, i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche, geologico - strutturali e/o di differenti caratteristiche della sismicità (distribuzione spaziale, frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc.). Essa risulta estremamente importante per gli studi pianificazione territoriale ed, in particolare, nelle valutazioni di pericolosità sismica.

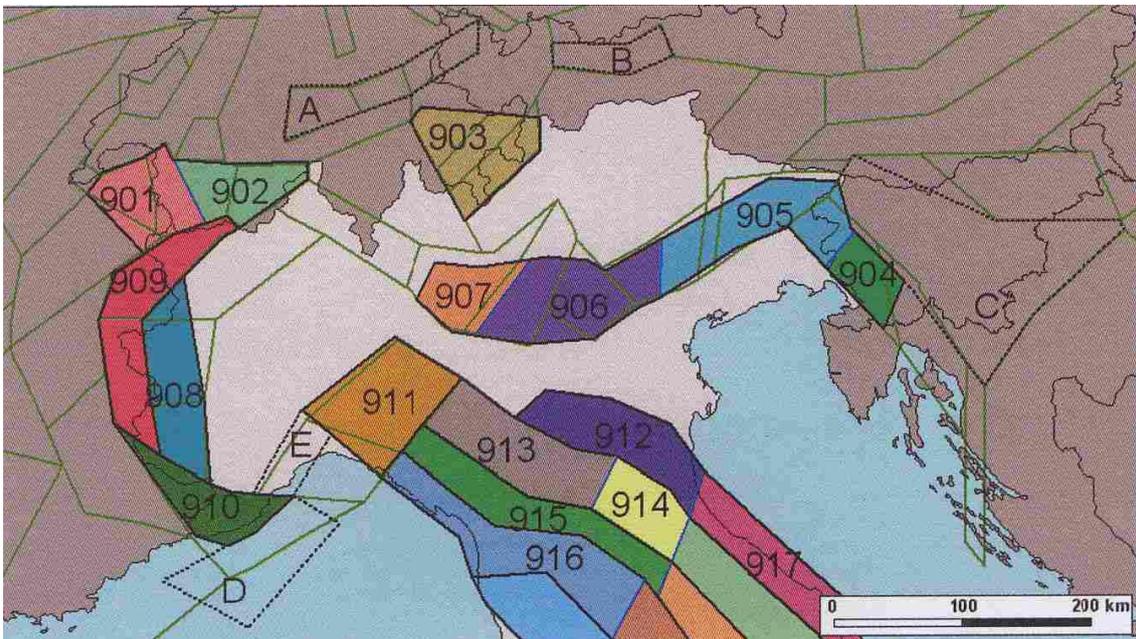


Fig. 1 - Stralcio della zonizzazione sismogenetica ZS9

Più specificatamente, il territorio di studio ricade nella Zona Sismogenetica “913”, nella porzione confinante a sud con la Zona “915” e ad ovest con la Zona 911, che costituisce uno “svincolo” cinematico del sistema supposto in migrazione; La zona 913 è caratterizzata da terremoti di magnitudo medio - bassa, originati da movimenti prevalentemente compressivi NW con meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture sepolte attive. Il maggior numero di terremoti che si verificano in questa zona presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km ed i valori di magnitudo massima previsti, sulla base dei meccanismi focali, sono pari a $M_{wmax} = 5,91$.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	5 di 62

Le Zone 913 e 915 fanno parte di uno dei sistemi di maggior rilascio di energia dell'Appennino settentrionale; esse corrispondono con il settore più interno della catena appenninica, generalmente interessato da importanti faglie primarie e relative zone sismogenetiche. Tali faglie nella zona toscana più prossima all'area di studio, immergono verso NE.

A corredo degli studi di zonizzazione sono stati raccolti ed analizzati quasi 2.500 terremoti, spalmati sugli ultimi 1000 anni, limitatamente agli eventi contraddistinti da intensità epicentrale pari ad almeno il V-VI della scala MCS.

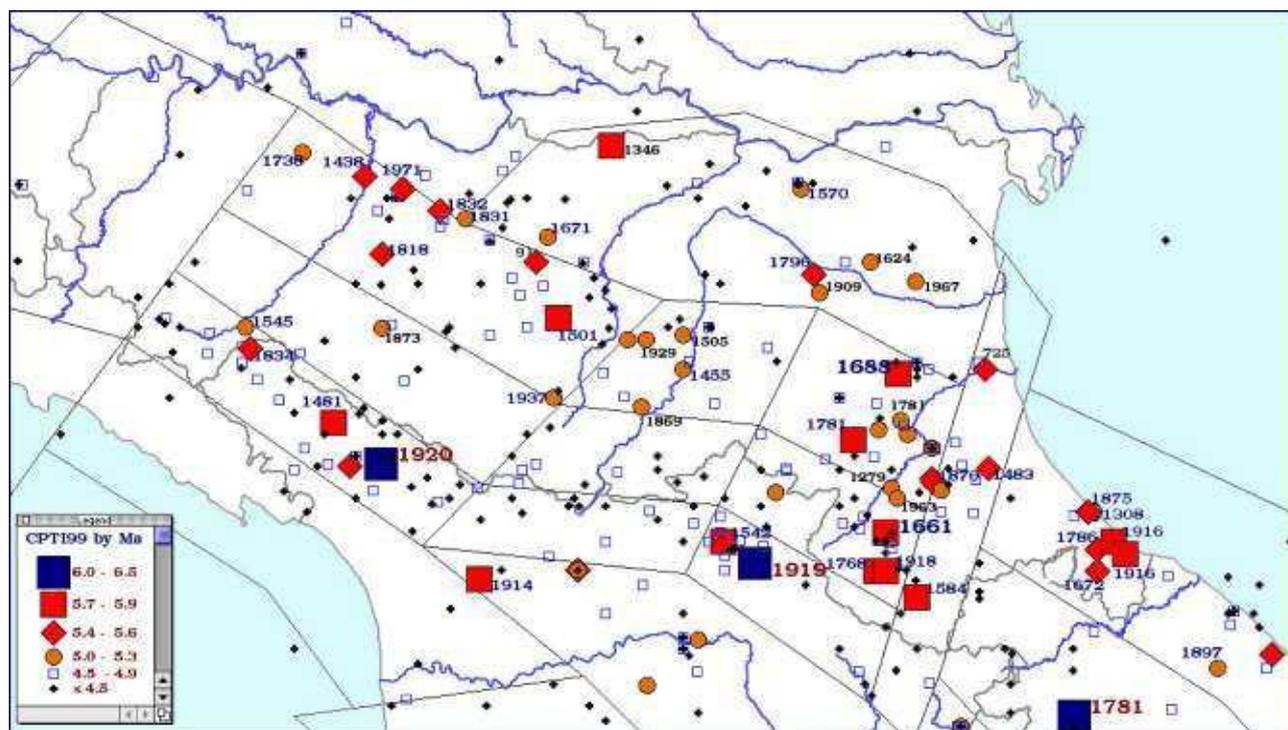


Fig. 2 - Principali terremoti in Emilia -Romagna dall'anno 1.000 d.c. al 1990 con indicazione della magnitudo

2.2 Sismicità del territorio

Nella valutazione della pericolosità sismica di una determinata area occorre, in primo luogo, definire la pericolosità di base attraverso una corretta analisi della sismicità evidenziando, sia la distribuzione spaziotemporale degli eventi, sia le caratteristiche di intensità degli stessi, seguita da una valutazione della pericolosità locale determinata dagli aspetti geologico-morfologici del territorio.

L'appennino nord - occidentale è caratterizzato da una sismicità da moderata a media, che si manifesta principalmente lungo le zone di accavallamento frontale del

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	6 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

marginale appenninico e secondo una fascia con direttrice appenninica che, dalla zona di Varzi, si estende quasi con continuità sino a Borgo Val di Taro e alla Lunigiana, proseguendo poi verso strutture del graben della Garfagnana. Allineamenti di terremoti si trovano anche lungo lineamenti trasversali alle due fasce longitudinali e sembrano quasi collegarle; particolarmente evidente è la distribuzione di sismi lungo la Val Parma e la Val Taro.

La storia sismica comunale è stata dedotta dal database DBMI04 utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI04) aggiornato al maggio 2004 (a cura di M. Stucchi et al.), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative al Comune di Calestano.

Essa è riassunta nella Tab. 1, dove sono stati elencati gli eventi di maggior intensità al sito ($I_s > III$ grado della scala MCS), indicando, per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità al sito: l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi) e l'ora (Or) in cui si è verificato, la denominazione dell'area dei maggiori effetti (Area Epicentrale), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (I_o) e la magnitudo momento (M_w).

Storia sismica di Calestano [44.600, 10.122]

Numero di eventi: 7

Effetti					In occasione del terremoto del:				
I_s	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	N_p	I_x	M_w
4-5	1886	10	15	02	20	COLLECCHIO	44	6	4.83
6-7	1898	03	04			CALESTANO	260	7	5.07
5	1913	11	25	20	55	VAL DI TARO	73	5	4.85
7	1920	09	07	05	55	Garfagnana	638	10	6.48
6	1971	07	15	01	33	Parmense	228	8	5.61
6	1983	11	09	16	29	Parmense	835	7	5.10
4-5	1995	10	10	06	54	LUNIGIANA	341	7	5.04

Tab. 1 - Massimi eventi sismici verificatisi nel comune di Calestano reperiti dall'Archivio DBMI04, consultabili al sito <http://emidius.mi.ing.it/DBMI04>

Dalla lettura di Tab. 1 si evidenzia che il massimo evento sismico censito e osservato a Calestano si è verificato il 09 Luglio 1920 con un'intensità al sito del VI - VII della scala MCS.

Un ulteriore studio che ha sviluppato una valutazione affidabile del grado di sismicità dell'area è rappresentato dal lavoro pubblicato dalla Protezione Civile, a cura di *D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise*, "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani" (Fig.),

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	7 di 62

determinate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.

Eventosismico	Intensità epicentrale Scala MCS	Magnitudo epicentrale Scala Richter	Distanza in km dall'epicentro e intensità stimata nel Capoluogo Calestano (tra parentesi)
Terremoto della Garfagnana 07.09.1920	9 - 10	6,48	47 (6 - 7)
Terremoto con epicentro tra Parma e Fidenza 11.06.1438	8	5,62	31
Terremoto di Arola di Langhirano 09.12.1818	7 - 8	5,57	15

Tab. 2 - Dati riferiti al Comune di Calestano ripresi da "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani" di Molin, M. Stucchi e G. Valensise,

Secondo tale studio, basato in misura prevalente su valori realmente osservati, facendo ricorso ad aggiustamenti solo per quelle località ove questo si sia reso necessario, la massima intensità macrosismica esaminata è $I_{max} = 7$.

Nei cataloghi sismologici esaminati nel presente studio non sono stati individuati terremoti aventi epicentro nel Comune di Calestano. Ma il terremoto che ha avuto maggiori effetti nel settore appenninico in esame è certamente l'evento del 07.09.1920 in Garfagnana. Le cronache dell'epoca raccontano che l'evento sismico causò spaccature nel terreno, frane con cadute di massi a Castiglione di Garfagnana e in alcune frazioni dell'alta Val Parma ed Enza.

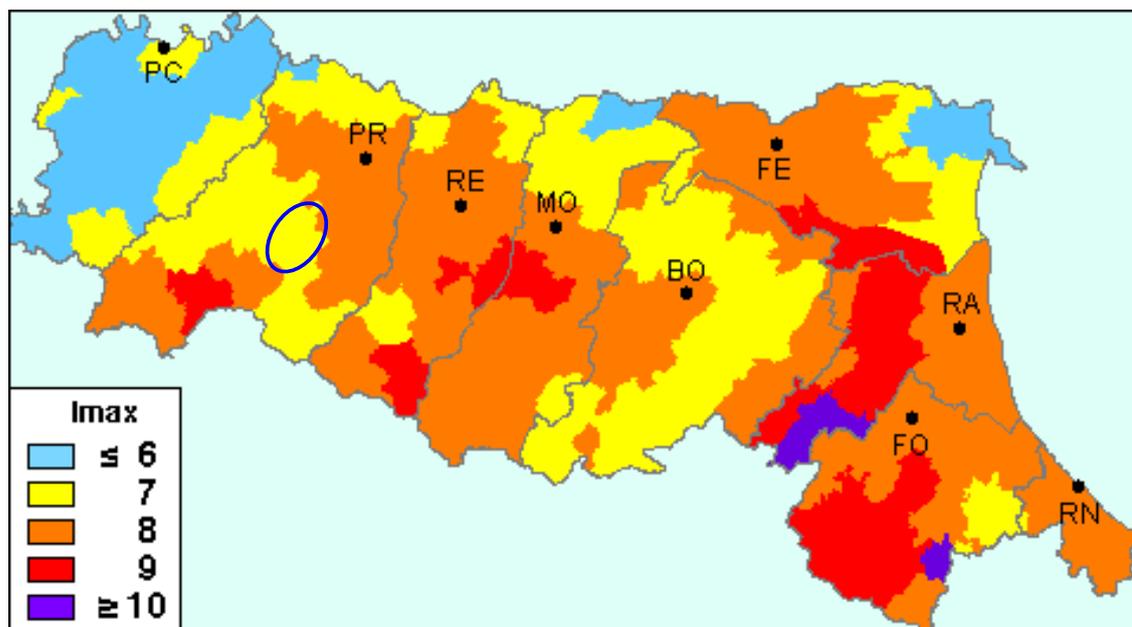


Fig. 3 - Carta della massima intensità macrosismica osservata nei comuni dell'Emilia Romagna

2.3 Classificazione sismica comunale

La classificazione sismica dei comuni su tutto il territorio nazionale è stata stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003, utilizzando e aggiornando la precedente proposta nel 1998.

La suddivisione è articolata in 4 zone: le prime 3 corrispondono alle zone di sismicità alta (S=12), media (S=9) e bassa (S=6), contemplati nella Legge 64/74, mentre la zona 4 è di nuova introduzione.

Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Tab. 3), eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche: in questo modo, ad ogni area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

Zona	Valori massimi di ag
1	>0,25
2	0,15 ÷ 0,25
3	0,05 ÷ 0,15
4	<0,05

Tab. 3 - Valori di accelerazione orizzontale associati a ciascuna zona sismica

La classificazione vigente, identifica il Comune di Calestano in zona 3 (Fig. 4), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra 0,05*g e 0,15*g (dove g è l'accelerazione di gravità).

Legenda

zona 2	96	precedente riclassificazione (1983-1984)
	16	
zona 3	214	
zona 4	22	
n. Comuni coinvolti		

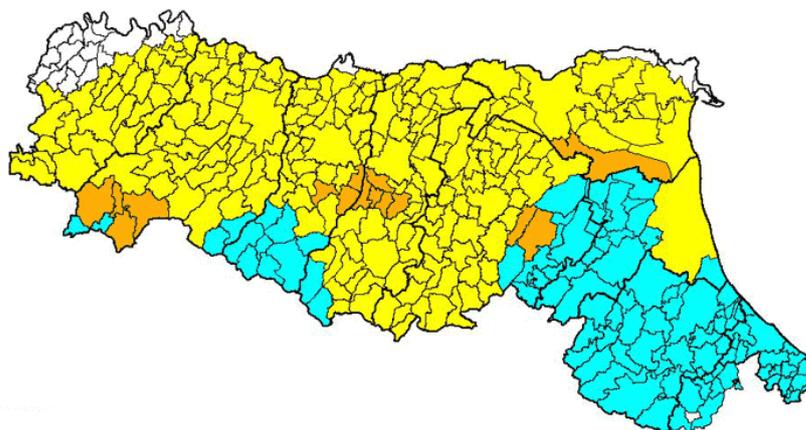


Fig. 4 - Nuova classificazione sismica regionale dei Comuni dell'Emilia Romagna

L'elaborazione dei parametri della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale redatta da INGV (2004) e riportata nell'OPCM 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", identifica, per la fascia territoriale in oggetto, valori di accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresi tra: $a_g = 0,150/0,175$ g (ricavato dalle mappe interattive di pericolosità sismica dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia - INGV. Fig. 5).

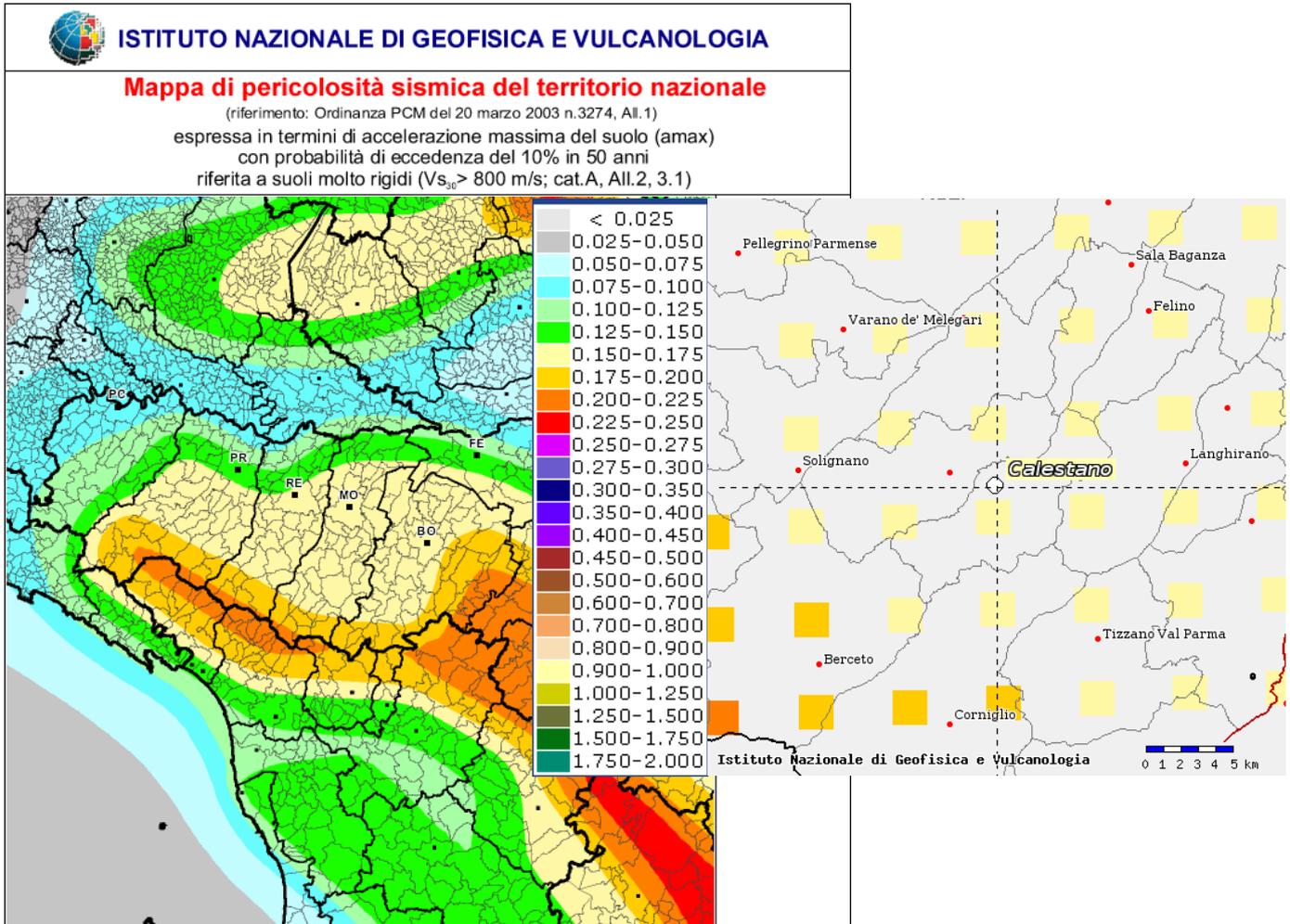


Fig. 5 – Mapa di pericolosità sismica ricavata dal sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	10 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

2.4 Pericolosità sismica

Il Rischio Sismico è espresso quantitativamente, in funzione dei danni attesi a seguito di un terremoto, in termini di perdite di vite umane e di costo economico dovuto ai danni alle costruzioni ed al blocco delle attività produttive.

Esso è determinato dalla convoluzione probabilistica $Rischio = f [(PB \cdot PL) \cdot [V \cdot E)]$ dei seguenti tre fattori: Pericolosità, Vulnerabilità ed Esposizione.

La pericolosità sismica di un area dipende dalle caratteristiche sismiche (sorgenti sismogenetiche, energia, tipo e frequenza dei terremoti) e da aspetti locali (geomorfologia e stratigrafia), in tal senso è suddivisibile in una pericolosità di base (PB) e in una pericolosità locale (PL).

La prima, peraltro illustrata nei paragrafi precedenti, consiste nella probabilità che, in un certo intervallo di tempo, si verifichino forti terremoti che possono provocare danni.

La pericolosità sismica di base di una zona, in senso lato, è determinata dalla frequenza con cui avvengono i terremoti e dall'intensità che raggiungono.

Tale dato, in senso probabilistico, è la probabilità che un valore prefissato di pericolosità, espresso da un parametro di moto del suolo (quale ad es. l'accelerazione massima PGA o il grado di intensità macrosismica), venga superato in un dato sito entro un fissato periodo di tempo.

Le caratteristiche sismiche, comunemente indicate come componenti della pericolosità sismica di base, sono quelle considerate per definire la zonazione della classificazione sismica nazionale.

La classificazione nazionale esprime la sismicità di un'area sulla base dei terremoti avvenuti in epoca storica e della distanza dalle potenziali sorgenti sismogenetiche, senza però considerare le caratteristiche locali del territorio che possono modificare il moto sismico atteso.

La pericolosità locale è influenzata dalla presenza di alcune tipologie di depositi e forme del paesaggio che possono amplificare il moto sismico in superficie favorendo fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione (effetti locali).

Nella determinazione del rischio sismico interviene pertanto, oltre alla pericolosità sismica di base (frequenza e intensità dei terremoti), anche l'assetto geologico-morfologico al contorno.

A parità di pericolosità, un'area densamente popolata e caratterizzata da costruzioni poco resistenti al terremoto avrà un rischio elevato, mentre un'area deserta avrà rischio nullo.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	11 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Pertanto elevata pericolosità sismica non significa necessariamente elevato rischio sismico, ma, per le ragioni sopra riportate, risulta possibile anche il verificarsi della relazione contraria.

In tal senso una suddivisione del territorio, operata sulla base della diversa risposta sismica del terreno, assume un importante ruolo nel processo di pianificazione territoriale e urbanistica come strumento di prevenzione e mitigazione del rischio sismico, individuando aree a diversa pericolosità sismica.

Tale operazione è particolarmente efficace se applicata a partire dalle prime fasi della pianificazione territoriale e urbanistica (PTCP e PSC), attraverso la realizzazione di cartografia di analisi e apparati normativi, che sostengano l'obiettivo comune di indirizzare le scelte di pianificazione verso ambiti a minore rischio sismico.

Ai sensi dell'art.A-2 comma 4 della L.R. 20/2000 "Disciplina Generale sulla Tutela e uso del Territorio *"nei territori regionali individuati come zone sismiche, ai sensi dell'art. 145 della L.R. n. 3 del 1999, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione ed alla prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione"*.

L'art.37 della L.R. 31/2002 Disciplina Generale dell'Edilizia e s.m.i. indica che nelle zone sismiche il parere di compatibilità degli strumenti di pianificazione riguarda le *"condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio"*; il punto 9.3 della circolare n.6515 del 21/3/2003, sull'applicazione di alcune disposizioni della L.R. 31/2002 chiarisce che le *"condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio"* sono tutti gli aspetti fisici del territorio che influiscono sulla pericolosità locale, quali le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geotecniche e idrogeologiche che possono determinare instabilità dei versanti, effetti di amplificazione del moto sismico, addensamento e liquefazione.

Si segnala inoltre che, a seguito dell'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni", preceduto dal D.M. 14.9.2005 (pubblicato sul Supplemento Ordinario n.159 alla Gazzetta Ufficiale n.222 del 23 settembre 2005 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni"), sono richiesti specifici studi per la valutazione della risposta sismica locale ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (punto 3.2.1).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	12 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 Geologia

L'assetto geo-strutturale dei luoghi è da mettere in relazione con l'impilamento di unità tettoniche secondo lo schema a falde di ricoprimento, ipotizzato già nel 1960 da P. Elter, vergenti in direzione nord-est, per effetto del sovrascorrimento delle unità di origine marina più antiche (Unità Liguridi), attraverso l'interposizione delle unità Subliguri, sulle più recenti Unità Toscane, che si trovano nella posizione tettonicamente più bassa. La storia geologica dell'area viene completata dalla deposizione, in discordanza con le sottostanti unità, della Successione Epiligure, caratterizzata da facies transizionali, che si depongono man mano che il fronte dell'accavallamento avanzava sulle sovrascorse Unità Liguridi e da sedimenti continentali fluvio - lacustri plio - pleistocenici, anch'essi in discordanza con le sottostanti Unità, prodotti per il riempimento di conche e bacini intramontani legati alla tettonica distensiva verificatasi successivamente alla dominante fase compressiva responsabile della struttura appenninica. Il successivo innalzamento del crinale appenninico, avvenuto nel quaternario, ha determinato una rapida erosione delle Unità Liguridi ed Epiliguri e la venuta a giorno delle Unità Toscane nella zona della dorsale appenninica. Schematicamente, in tale edificio, alle quote più elevate si collocano le Unità appartenenti al Dominio Ligure, mentre verso il basso affiorano prima le Unità Toscane seguite dalle unità appartenenti al cosiddetto Autoctono Padano.

L'Insieme detto Esterno è costituito dal margine continentale della Placca Apula e dalla relativa copertura continentale.

L'Insieme Interno è formato da una serie di Unità tettoniche, che per la presenza di ofioliti si pensa si siano deposte sul fondo oceanico. Queste unità hanno abbandonato il loro substrato originario, scomparendo in subduzione, per sovrascorrere, come coltri alloctone, l'insieme Esterno, che ha avuto il ruolo di avampaese. La struttura a falde è dovuta alla formazione di un prisma di accrezione per sottoscorrimento verso ovest delle unità prima oceaniche e poi continentali (Principi e Treves, 1984). Tutto questo ha provocato una struttura data dall'impilamento di unità più interne, sopra e più esterne, sotto. Le Liguridi (Insieme Interno) sovrastano tettonicamente l'Unità Subligure di Canetolo, intermedia, che a sua volta sovrasta il cosiddetto Complesso Modino - Cervarola e l'Insieme Tosco - Umbro.

L'edificazione di questa struttura è il risultato di una complessa storia tettonica, nella quale quanto più precoce è la deformazione, tanto più rapida è la perdita di significato paleogeografico e di identità deposizionale, le cui fasi possono essere raggruppate in tre cicli (Elter, 1973): il primo comprende le Fasi Liguri che hanno interessato esclusivamente l'insieme Interno, prima che si verificasse la sua traslazione sull'avampaese toscano, si

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	13 di 62

conclude nell'Eocene sup.; il secondo riguarda le Fasi Subliguri e corrisponde alla messa in posto dell'Unità Canetolo sul Macigno, è datato Miocene inf.; il terzo ciclo comprende le Fasi Toscane, mioceniche, grazie alle quali si ha la messa in posto delle Liguridi sull'insieme Esterno e si conclude nel Tortoniano.

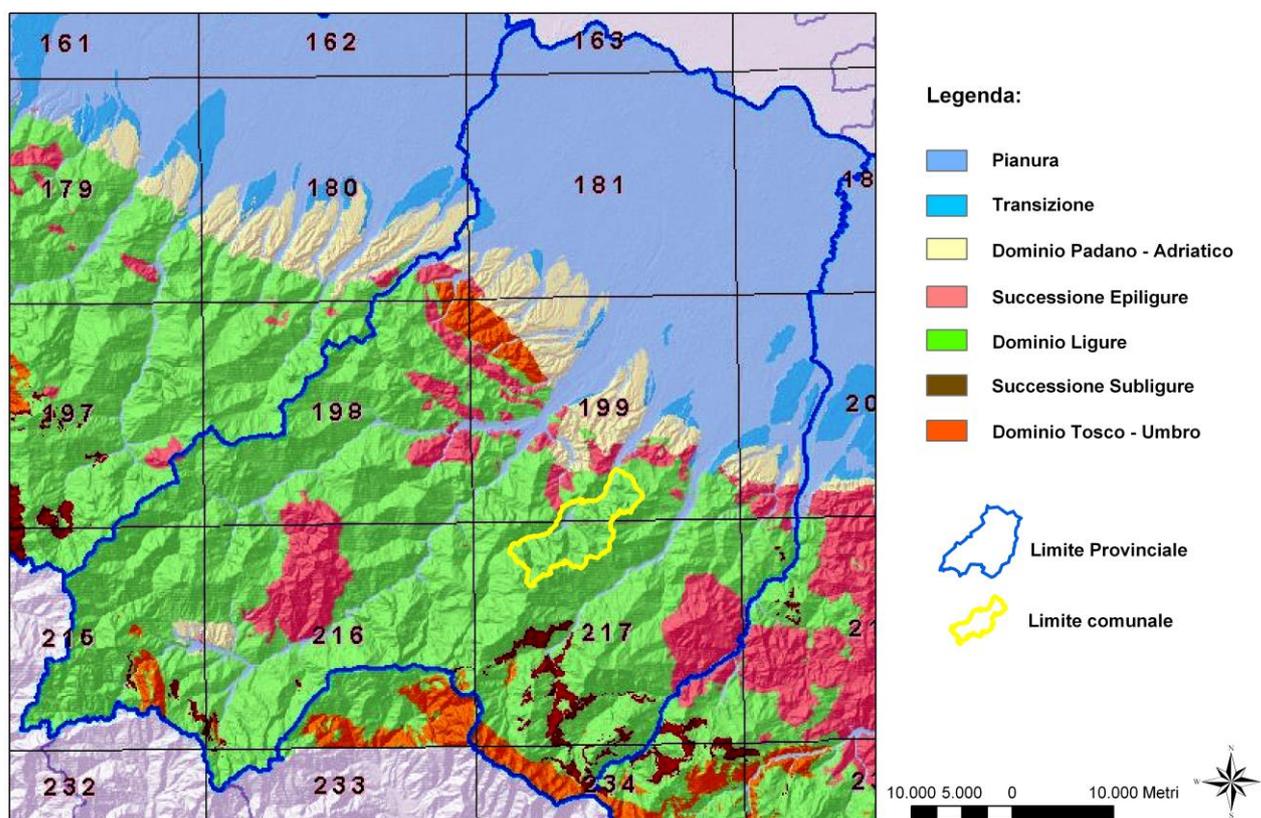


Fig. 6 - Schema geologico semplificato della Provincia di Parma con ubicazione del Comune di interesse

Martini e Plesi (1988) introducono una fase più recente di deformazione, datata Tortoniano - Pliocene medio, che comporta accavallamenti solo sul bordo esterno della catena, che si esprimono soprattutto nel ripiegamento di contatti già acquisiti.

Le Unità Epiliguri si trovano in discordanza stratigrafica sulle Unità Liguridi e si sono deposte in numerosi bacini dal Paleogene al Neogene. Questi depositi, che possono essere ricondotti ad un'unica successione, rappresentano i depositi sintettonici sul prisma orogenico appenninico che si andava progressivamente strutturando durante l'avanzamento, est - vergente, della catena. Tali unità si depositano in bacini "Piggy back" o "satellit". Il primo termine descrive la situazione di appoggio discordante e di traslazione passiva di questi bacini sulle unità alloctone liguridi del prisma di accrezione, mentre il secondo esprime la posizione marginale e laterale dei bacini stessi rispetto al grande

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	14 di 62

bacino di avanfossa presente al fronte del prisma di accrezione, prodotto dalla flessione della litosfera sotto il carico del prisma stesso.

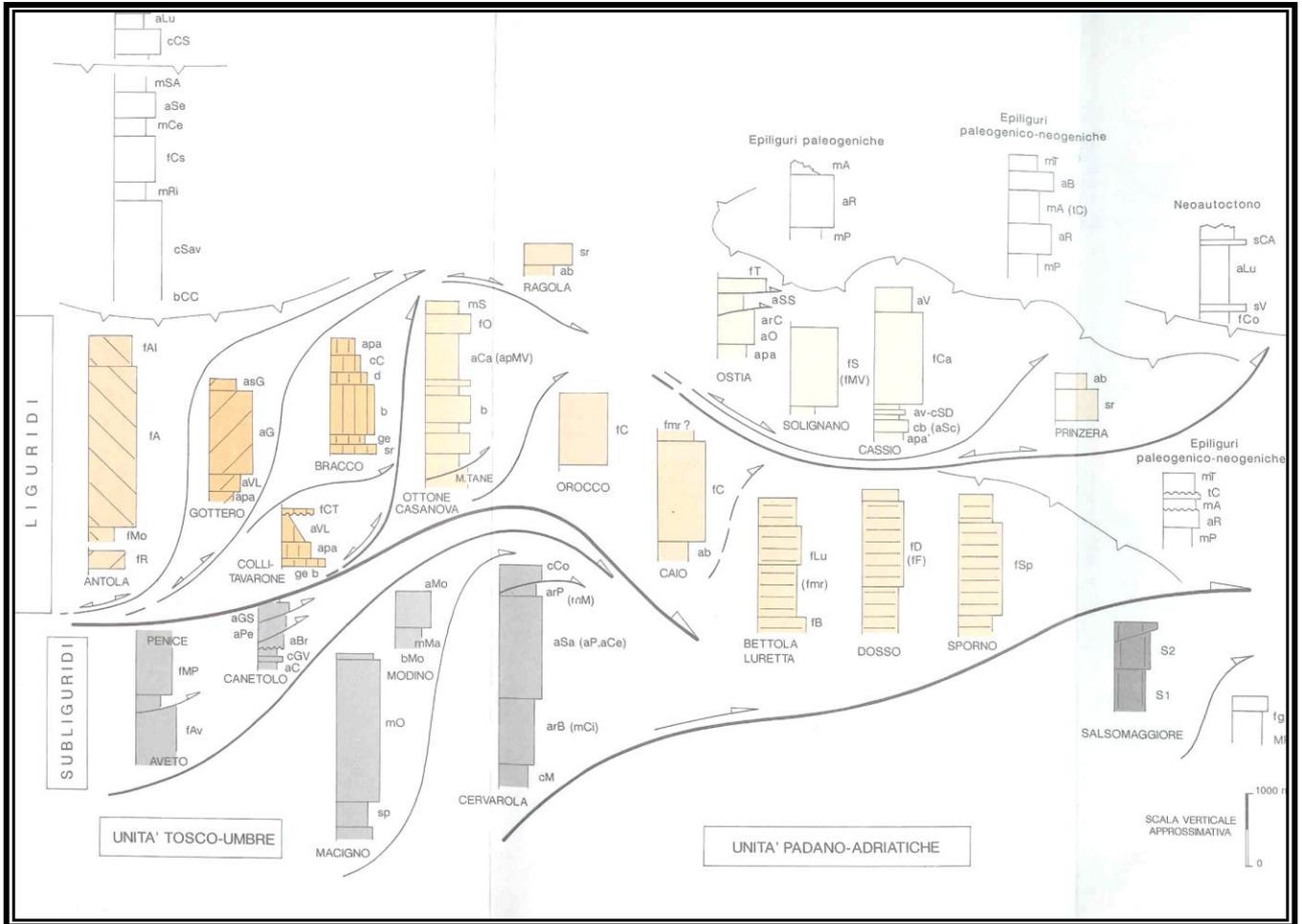


Fig. 7 - Schema strutturale della porzione di Appennino in esame

L'intensità dell'azione tettonica è testimoniata dalle frequenti strutture plicative, tra le quali va segnalata l'imponente piega rovesciata che interessa la porzione meridionale del territorio di Monchio delle Corti, l'anticlinale del M. Fageto, la sinclinale di Vetto - Carpineti e dalle numerose dislocazioni per faglia con direzione prevalentemente appenninica NW - SE.

Lo stato deformativo, in aggiunta all'assetto lito-stratigrafico delle compagini rocciose, costituiscono i fattori geologici fondamentali che influiscono sulla risposta sismica dei terreni, in termini di amplificazione e velocità di propagazione delle onde S.

Pertanto, alla base degli studi di microzonazione sismica non deve mai mancare un'attenta ed approfondita analisi degli aspetti geologico-morfologici generali e di dettaglio delle aree in esame.

Il territorio in esame costituisce uno spaccato significativo e ampio dell'alloctono ligure; esso infatti, nella quasi totalità, è interessato da flysch terziari calcareo - marnosi

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	15 di 62

appartenenti al Dominio Ligure Interno ed Esterno, che nel quadro dell'orogenesi appenninica hanno subito la massima traslazione, venendo scollate dal loro basamento originario. Oltre a queste individuiamo piccoli lembi di formazioni pre-flysch, costituenti i cosiddetti "Complessi di Base" interpretati come l'originario substrato dei flysch ad helmintoidi, la cui analisi stratigrafica è quanto mai complessa a causa della notevole deformazione di cui essi sono stati oggetto. Nel settore poco a nord del capoluogo si individuano anche sedimenti di pertinenza epiligure, costituenti i depositi sintettonici sul prisma orogenico appenninico che si andava progressivamente strutturando durante l'avanzamento est - vergente della catena.

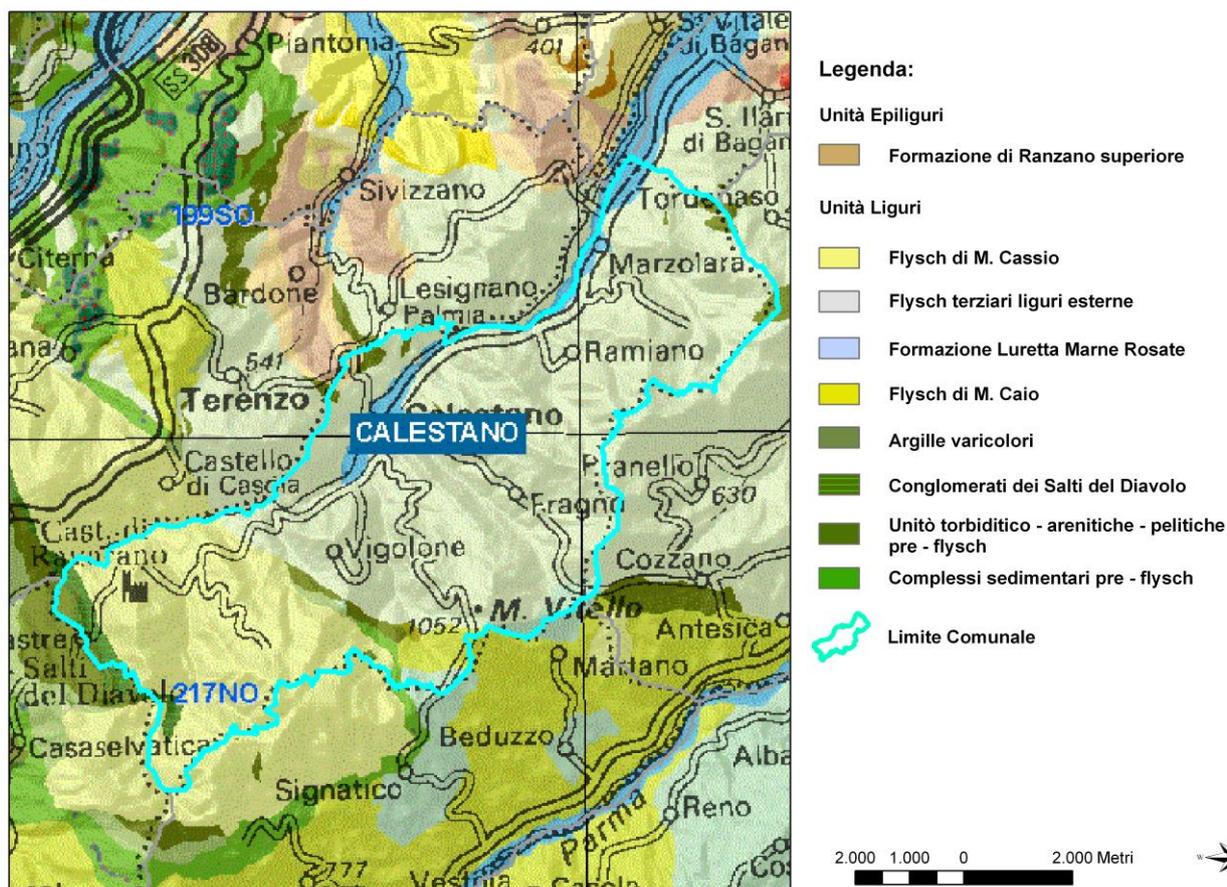


Fig. 8 - Inquadramento geologico schematico del territorio di interesse (Progetto CARG della Regione Emilia - Romagna, Servizio Geologico e Sismico dei Suoli

Di seguito vengono brevemente descritte le formazioni affioranti nel territorio comunale di Calestano, seguendo la distinzione operata nelle Carte Geologiche dell'Appennino Emiliano - Romagnolo, alla scala 1:10.000, realizzate dalla Regione Emilia - Romagna nell'ambito del Progetto CARG.

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

L'analisi delle unità trattate è di tipo schematico e limitata alle principali caratteristiche petrografiche e giaciture, al fine di definire le proprietà geomeccaniche di resistenza caratteristiche di tali rocce.

Le unità tettonico-sedimentarie presenti sono state raggruppate nelle seguenti classi:

- Depositi Quaternari Continentali;
- Successione Neogenico – Quaternaria del Margine appenninico – padano
- Successione Epiligure
- Unità Ligure.

3.1.1 Depositi Quaternari Continentali

- **a1 – Depositi di Frane attive.** Depositi gravitativi con evidenze di movimenti in atto o recente, costituiti da litotipi eterogenei raramente monogenici ed eterometrici, più o meno caotici. La tessitura prevalente risulta costituita da clasti di dimensione variabile e natura calcarea e arenitica, immersi in una abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa. La cinematica dei fenomeni è prevalentemente attribuibile a processi complessi, di scivolamento e colamento lento.
- **a2 – Depositi di frana quiescente.** Terreni detritici costituiti da depositi caotici a dominante matrice pelitica, con inclusi litoidi eterometrici ed eterogenei, apparentemente stabilizzati, legati prevalentemente a processi complessi, di scivolamento, colamento lento e scivolamento in blocco o DGPV.
- **a3 Deposito di versante.** Coltre di materiale detritico generalmente fine, prodotto da alterazione “in situ” o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità, con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati. Tali coperture interessano e coinvolgono l'area di intervento.
- **a4 Detrito eluvio – colluviale.** Coltre detritica costituita da materiale fine prevalentemente pelitico, prodotto per alterazione “in situ”, o selezionato dall'azione mista del ruscellamento e della gravità.
- **a6 Detrito di falda.** Accumulo detritico costituito da materiale eterometrico ed eterogeneo, generalmente prodotto a quote elevate per fenomeni di dilavamento e crioclastismo, con frammenti litoidi di dimensioni variabili, con matrice scarsa di natura sabbioso – pelitica alterata e pedogenizzata. Frequentemente alla base di scarpate e lungo versanti acclivi.
- **b1 Depositi alluvionali in evoluzione.** Ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi – argillosi di origine fluviale, attualmente soggette a variazioni dovute alla dinamica fluviale. Detrito generalmente incoerente e caotico, costituito da clasti arrotondati eterometrici ed eterogenei. I depositi dell'alveo inciso caratterizzano una distesa di

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	17 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

alluvioni ciottolose solcata da uno o al massimo due canali con andamento debolmente sinuoso e da barre fluviali longitudinali situate in posizione centrale e/o laterale. Nei canali sono presenti ghiaie poligeniche pulite con alto grado di cernita, che costituiscono il letto della corrente. Le barre sia laterali che centrali sono invece contraddistinte da ghiaie eterometriche poligeniche in scarsa matrice sabbiosa.

- **i1 Conoidi alluvionali.** Sono depositi di forma convessa, che si aprono a ventaglio allo sbocco dei rii nella valle. I detriti vengono distribuiti sulla superficie della conoide, per mezzo di frequenti spostamenti dell'alveo, secondo i raggi del ventaglio. Questi depositi sono costituiti da materiale eterogeneo per dimensioni: ciottoli, ghiaie, sabbie, limi.

3.1.2 Successione Neogenico - Quaternaria del Margine appenninico - padano

- **AES** Unità costituita da depositi alluvionali intravallivi terrazzati, di conoide alluvionale ghiaiosa e di interconoide, il tetto è rappresentato dalla superficie topografica, mentre il contatto di base è erosivo e discordante su unità più antiche. Pleistocene medio - Olocene. Si individua: **AES8 Sistema di Ravenna.** Depositi di piana alluvionale, di terrazzo. Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, con copertura discontinua di limi argillosi. Depositi intravallivi terrazzati. Pleistocene sup. - Olocene; e **AES8a Unità di Modena.** Ghiaie prevalenti e sabbie ricoperte da una coltre limoso - argillosa discontinua. Depositi alluvionali intravallivi. Il profilo di alterazione è esiguo. Olocene.

Sono delle aree relativamente pianeggianti, di dimensioni variabili, che rappresentano vecchie superfici di origine fluviale, delimitate da scarpate, che risultano da un successivo intaglio. Spesso le scarpate dei terrazzi hanno una forma simile ad archi concavi, riconducibile all'erosione operata dalle anse ricurve dei torrenti.

Le alluvioni terrazzate, risultano sopraelevate rispetto a quelle recenti e si rinvengono quasi esclusivamente lungo l'incisione del T. Baganza e in locali settori del corso del Rio Moneglia, affluente di destra del Baganza, che scende dalla frazione di Fragno. Esse sono formate da depositi di origine fluviale, caratterizzati da una successione prevalentemente ghiaiosa, con intercalazioni sabbiose, a giacitura sub-orizzontale e geometria lenticolare. Questi depositi sono ricoperti da un sottile strato di copertura limosa e/o argillosa che, allontanandosi dall'asse fluviale, aumenta progressivamente di spessore. I depositi di terrazzo in evoluzione orlano l'alveo inciso del torrente e per questo sono interessati dalle acque fluviali durante gli eventi di piena più significativi. Si tratta delle stesse ghiaie affioranti in alveo con clasti calcarei, calcareo-marnosi, arenacei, eterometrici e ben arrotondati. Se ne differenziano per il contenuto in matrice sabbiosa la quale è praticamente assente nei depositi d'alveo attuale mentre in questi è solitamente presente in percentuali variabili dal 10 al 30% circa.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	18 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

3.1.3 Successione Epiligure

- RAN - Formazione di Ranzano.** Data da più corpi sedimentari con geometria da lenticolare a tabulare e con facies deposizionali molto variabili da arenaceo-conglomeratiche a pelitico-arenacee. Dove la formazione non è suddivisibile in sottounità, è costituita da un'alternanza monotona di areniti fini grigie, micacee, e peliti grigie e grigio-verdi, in strati sottili e medi, talora spessi, $A/P < 1$, localmente $\ll 1$; sono presenti sottili livelli arenitici vulcanoclastici e strati medi di marne calcaree chiare a base arenitica. Limite inferiore netto, talora erosivo, con MMP, marcato dalla comparsa di livelli arenacei; localmente poggia direttamente sul substrato ligure. Limite superiore netto, talora discordante, con ANT, marcato dalla scomparsa dei livelli arenacei. Origine prevalentemente torbidityca; ambiente di scarpata e di bacino, con presenza di frane sottomarine. Potenza variabile da qualche metro ad oltre 250 m. (Priaboniano - Rupeliano)
- MMP - Marne di Monte Piano** Argille, argille marnose e marnoso-siltose, marne rosse, rosate, grigio chiaro e verdi, con rari e sottilissimi strati di siltiti e feldspatoareniti risedimentate, marne e marne siltose grigie, grigio verdi, talora rosate, nella parte superiore della successione. Stratificazione generalmente poco evidente. Sedimentazione di tipo pelagico, in ambiente confinato e profondo, con rari apporti torbidityci. Il limite inferiore è discordante sulle unità liguri o netto su BAI, limite superiore netto con le Arenarie di Ranzano. La potenza affiorante è non superiore a 180 m. (Luteziano sup. - Priaboniano).

3.1.4 Unità Liguri

- MCS - Flysch di Monte Cassio.** Torbidityti a base calcarenitica fine e media passante a marne calcaree grigio-biancastre, marne e calcari marnosi in strati da spessi a molto spessi, passanti gradualmente ad un tetto argilloso-siltoso, alternate a pacchi di strati torbidityci arenaceo-pelitici da sottili a spessi, grigiastri. Intercalazioni regolari di sottili livelli pelitici grigio-verdastri e neri e di arenarie medie e fini, quarzoso-feldspatiche, grigio chiare, in strati medi e sottili. Torbidityti e fanghi intrabacinali, in ambiente di piana, sotto la superficie di compensazione dei carbonati. Contatto per alternanze su AVV, localmente tettonizzato. Potenza parziale di un migliaio di metri. (Campaniano sup. - Maastrichtiano)
- ACR - Argille Varicolori di Case Crovini.** Argille ed argilliti grigio-bluastre, grigio-verdi, nerastre e rosse, a struttura scagliosa, con intercalate arenarie torbidityche grigio scure e più rari straterelli calcareo marnosi chiari ed inclusi arenacei, conglomeratici e calcarei "boudinati". Bacino profondo a sedimentazione emipelagica,

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	19 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

con limitati apporti torbiditici estremamente diluiti. Contatto inferiore stratigrafico parzialmente eteropico con CCB; nell'area del Foglio 199 contatto superiore rapido per alternanze a PGR. Spessore geometrico da 0 a 300 m. (Campaniano sup. - Maastrichtiano inf.).

- **MRO1 - Formazione delle Marne Rosate di Tizzano - membro di Bersatico.** Calcari e calcari marnosi biancastri, talvolta rosati, in strati molto spessi; marne e marne argillose rosso vinato in banchi alternati ad arenarie torbiditiche fini in strati medi e spessi; calcari marnosi dalla caratteristica alterazione zonata (pietra paesina) in strati medi, areniti calcilitiche e peliti grigio nocciola in strati medi e sottili. (Paleocene inf. - sup.).
- **CAO - Flysch di Monte Caio.** Torbiditi calcareo-marnose, grigio-scure, in strati da medi a molto spessi con una base arenitica media o fine passante a marna; a tetto intervalli sottili e medi di argilla nerastra fissile. Si alternano a pacchi di torbiditi arenaceo-pelitiche da sottili a medie e a torbiditi calcareo-pelitiche chiare in strati sottili e medi. Si intercalano localmente (Flysch di Testanello Auctt.) areniti grigio-nocciola da fini a grossolane passanti a marne siltose, in strati da medi a spessi e strati spessi di brecce monogeniche ad elementi calcareo-marnosi. Torbiditi di piana abissale e fanghi intrabacinali. Contatto inferiore netto con SSI. Potenza fino ad alcune centinaia di metri. (Campaniano sup. - Maastrichtiano).
- **FPG - Formazione di Poggio.** Argilliti rosso mattone, verdognole, con strati sottili di feldspatoareniti a granulometria fine, caotiche per intensa tettonizzazione. Ambiente deposizionale di scarpata o di alto strutturale, con apporti torbiditici silicoclastici. I contatti sono generalmente meccanici con AVS o CAO. La potenza massima è di circa 50 m. (Maastrichtiano terminale - Daniano).
- **FYS3 - Flysch di Monte Sporno - membro di Calestano.** Marne e marne argillose grigie a frattura da concoide a poliedrica e marne siltose fogliettate, grigio scuro-verdastre, in strati spessi e molto spessi, intercalate a set di strati sottili e medi di areniti medie grigio-nocciola e peliti brune. Alla base degli strati marnosi sono talora presenti calcari e calcari marnosi color crema, in strati medi laminati ben stratificati. Rari livelli marnosi rosati verso il tetto del membro. Contatto graduale su FYS2. Potenza massima stimata 350 m circa. (Luteziano).
- **FYS2 - Flysch di Monte Sporno - membro di Armorano.** Calcari marnosi e calcari chiari in strati da medi a molto spessi, a base spesso calcarenitica grigio-verde, e marne e marne argillose grigio-nocciola in sequenze plurimetrie, alternati ad areniti e peliti marnose grigio scure in strati sottili e medi. Sono presenti alcuni livelli marnosi rosati. I calcari presentano talora livelli o liste di selce bruna, come pure base biocalcarenitica grigio-verde, con lamine parallele e ripples, localmente

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	20 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

biocalcirudite con numerosi macroforaminiferi (Nummuliti e Orbitoidi). Localmente presente una facies caotica spessa poche decine di metri, costituita da argille scagliettate grigie e rossastre, inglobanti caoticamente lembi di calcare fine, chiaro, ed arenarie fini e medie, nocciola. Spessore parziale massimo 1200 m. (Ypresiano - Luteziano).

- **FYS1 - Flysch di Monte Sporno - membro di Rio Brugnara.** Marne e marne argillose grigie a frattura da concoide a poliedrica e marne siltose fogliettate, grigio scuro-verdastre, in strati spessi e molto spessi, intercalate a set di strati sottili e medi di arenite medie grigio-nocciola e peliti brune. Alla base degli strati marnosi sono talora presenti calcari e calcari marnosi color crema, in strati medi laminati ben stratificati. Rari livelli marnosi rosati verso il tetto del membro. Potenza parziale di circa 200 m. (Paleocene sup.).
- **AVV - Argille Varicolori di Cassio.** Argille, argilliti ed argille siltose rosse, violacee, grigio scure e verdastre, con intercalazioni di strati sottili o medi di arenarie litiche fini grigio chiare o scure, manganeseferi e localmente cloritiche, di calcilutiti silicizzate grigio-verdine e di calciliti chiare, calcareniti, conglomerati poligenici, in strati medi e spessi, i cui elementi provengono da crosta continentale e arenarie litiche e feldspatiche grossolane. Contatti per lo più tettonizzati con SCB. Sedimentazione pelagica intervallata da correnti di torbidità s.l. e flussi concentrati di locale alimentazione insubrica. Potenza geometrica variabile da qualche decina a qualche centinaio di metri. (Turoniano? - Campaniano sup.).
- **AVVa - Argille Varicolori - litofacies pelitico-arenacea.** Distinta localmente, dove le intercalazioni di arenarie sono più frequenti e il rapporto A/P diventa circa uguale a 1. (Turoniano? - Campaniano sup.).
- **CSD - Conglomerati dei Salti del Diavolo** Conglomerati in bancate da medie a molto spesse, a spessore per lo più non costante, costituiti da clasti poligenici di composizione ad affinità sudalpina di dimensioni centimetriche e decimetriche, passanti gradualmente ad un tetto arenaceo grossolano; litareniti medio-grossolane chiare in strati sottili e medi amalgamati; peliti, spesso varicolori. Intercalati nella parte alta di AVV. Localmente distinta una litofacies arenacea (CSDa). Potenza da 0 a 100 m. (Campaniano inf.).
- **APA - Argille a palombini.** Argilliti o argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, ocracee, rossastre, fissili, alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre o giallastre in superficie alterata, talora a base calcarenitica laminata, e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi; intercalazioni di siltiti ed arenarie torbiditiche fini in letti molto sottili e sottili di colore grigio scuro o di calcareniti medio-grossolane in strati da medi a spessi; localmente si intercalano argilliti marnose grigie

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	21 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

in strati spessi, marne grigio-verdastre in stati medi e arenarie fini laminate in strati sottili; gli strati calcilutitici sono spesso "boudinati", a luoghi silicizzati, pervasivamente fratturati e caratterizzati da una fitta rete di vene di calcite, spalmature verdastre sulle superfici di strato e frattura concoide. Si possono presentare in brecce monogeniche con scarsa matrice arenacea. Localmente distinta una litozona argillitica (APAA). Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri. (Berriasiano - Santoniano p.p).

- **CCVb - Complesso di Casanova - litofacies a brecce mono e poligeniche a matrice pelitica.** Brecce monogeniche (prevalenti) e poligeniche, in strati molto spessi e banchi a geometria lenticolare, con abbondante matrice pelitica grigio scura e clasti eterometrici, da angolari a subarrotondati, di calcilutiti chiare, più rari clasti di areniti scure e calcareniti; si interpongono spezzoni di alternanze argillitico-calcaree e calcareo-marnose sempre molto deformate; lembi intensamente fratturati di Argille a Palombini. La matrice può diventare nettamente prevalente (CCVb2 - litofacies a brecce prevalentemente pelitiche). Le brecce poligeniche (CCVb1 - litofacies a brecce poligeniche a matrice pelitica) sono costituite in prevalenza da clasti eterometrici di calcilutiti, riferibili alle Argille a Palombini, e, in subordine, di basalti (β), ultramafiti con differente grado Depositi marini profondi da scivolamento in massa e flussi gravitativi. Potenza geometrica da 0 a 120 m circa. (Campanianiano inf.)

3.2 Geomorfologia

L'attuale assetto geomorfologico dell'ambito territoriale del Comune di Calestano è il risultato dell'effetto combinato di alterne vicende climatiche di varia intensità, lente deformazioni tettoniche ed interventi antropici, che si sono imposti negli ultimi millenni ed hanno direttamente interagito sull'andamento morfologico del territorio.

Le aree di specifico interesse, appartengono alla zona a valle dei rilievi appenninici propriamente detti e alla fascia collinare.

Uno dei parametri geomorfologici più importanti nella modifica ed evoluzione del territorio è costituito dal diverso grado di morfoselezione presente, che risulta strettamente correlato con le litologie presenti e dipendente da altri fattori come clima, acclività, coperture boschive e arboree ecc...

La morfoselezione può essere definita come la tendenza dei terreni e delle rocce ad evolversi verso forme e strutture selettive sotto l'azione dei processi e degli agenti morfogenetici principali (acque superficiali e meteoriche, vento, gelo-disgelo, gravità, ecc.).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	22 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

In questa ottica, la morfoselezione risulta correlata all'impedenza (capacità dei suoli di opporsi all'erosione operata dalle acque superficiali dilavanti) ed alla ritenzione idrica dei suoli (quantità di acque superficiali assorbita dai terreni superficiali), a loro volta condizionate dal tipo e grado di copertura vegetale esistente e dalla geologia e litologia del substrato; litofacies argillose o pelitiche offrono infatti una minore resistenza all'erosione rispetto a rocce arenacee o calcaree e, quindi, hanno meno possibilità di queste ultime di originare nel tempo forme selettive (picchi o rilievi rocciosi, scarpate strutturali, ecc.).

Tutti questi elementi condizionano in ultima analisi la stabilità idrogeologica dei versanti ed i tempi di corrivazione (velocità di ruscellamento delle acque superficiali verso valle) e quindi i tempi di formazione delle piene fluviali.

La bassa morfoselettività delle rocce pelitiche e di quelle argilloso-marnose in genere, è di norma abbinata ad una elevata e diffusa franosità, che col tempo si evolve verso morfologie più dolci e meno acclivi (ossia più stabili), che consentono, di conseguenza, una più agevole e conveniente utilizzazione antropica dei suoli e dei terreni.

Non a caso, infatti, le zone meno densamente antropizzate della fascia appenninica risultano quelle in cui affiorano le rocce maggiormente morfoselettive, ossia quelle che originano una morfologia impervia, con acclività e pendenze elevate e che comportano la formazione di suoli di ridotto spessore e produttività; su tali superfici, localizzate per lo più nelle zone di crinale, si sviluppano quindi boschi, cespugli e praterie.

Alla luce delle caratteristiche geologiche e litologiche principali delle rocce affioranti nel territorio collinare-montano di Calestano, in grado di determinare un comportamento geomorfologico piuttosto omogeneo anche su grandi areali, sono state individuate le 4 classi di morfoselezione seguenti:

- 1) Terreni con grado di morfoselezione da basso a molto basso: comprendono, di norma, le litofacies pelitiche (argillose) e marnoso-argillose, ma anche quelle in cui la fitta stratificazione o l'alternanza di litologie diverse o l'elevato grado di fratturazione delle stesse (tipo rocce argilloso-caotiche), portano ad evidenziare un comportamento poco resistente nei confronti dell'erosione e dell'alterazione morfologica. In tale classe sono state pertanto comprese le formazioni argillose quali le Argille a Palombini, le argilliti della Formazione di Poggio, le Marne di M. Piano, le Argille Varicolori di Cassio ecc.
- 2) Terreni con grado di morfoselezione da basso a medio: sono composti da litologie con comportamento geomorfologico intermedio, in quanto costituiti da litofacies marnose, marnoso-argillose, marnoso-calcaree e marnoso-arenacee resistenti, ma condizionate negativamente dal grado di fratturazione della compagine rocciosa, o dalla costante presenza di livelli a bassa resistenza, che li rendono poco stabili o sufficientemente

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	23 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

stabili. In tale classe sono state considerate le formazioni costituite da fitte alternanze pelitico – arenacee come le Arenarie di Scabiazza o le brecce a matrice pelitica della Formazione di Casanova.

- 3) Terreni con grado di morfoselezione da medio ad alto: ricadono in questa classe le litofacies riferibili alle note sequenze flyschoidi e conglomeratiche, spesso intensamente fratturate, anche se porzioni di flysch particolarmente marnose possono far rientrare tali unità più tipicamente nella classe precedente. La stratificazione massiccia più o meno regolare di tali litofacies, porta alla formazione di rilievi selettivi tabulari (in condizioni geologico-strutturali particolari), o di picchi rocciosi e linee di crinale ben definite rispetto al territorio circostante. In tale classe sono state comprese le formazioni dei Flysch di M. Caio e M. Cassio.
- 4) Terreni con grado di morfoselezione da alto a molto alto: comprende alcune formazioni rocciose, perlopiù con affioramenti di ridotta estensione, la cui resistenza all'erosione risulta talmente evidente da costituire una peculiarità geomorfologica unica e tipicamente riconoscibile sul territorio. Le litofacies che presentano tali caratteristiche di morfoselezione, sono quelle ad alta resistenza e spiccata energia di rilievo e comprendono le formazioni arenacee delle Arenarie di Ranzano o i Conglomerati di Salti del Diavolo.

In generale si può affermare che il territorio di Calestano è contraddistinto da una morfologia "giovanile" caratterizzata da versanti più o meno acclivi, con incisioni vallive spesso pronunciate, dovute prevalentemente all'azione erosiva dei corsi d'acqua. Le forme di accumulo fluviale hanno estensione piuttosto ridotta (ad eccezione di alcuni limitati settori lungo l'alveo del T. Baganza), occupando i depositi alluvionali il fondo di valli strette (comprese fra versanti ricoperti da depositi gravitativi o incassate in pendii rocciosi). Molto più diffuse sono le forme di erosione fluviale, specialmente sulle sponde geologicamente instabili o costituite da depositi detritici o litologie "tenere" (argilliti, marne, formazioni flyschoidi, ecc.). Spesso tali fenomeni sono la causa dell'innescò di movimenti franosi di neoformazione sui versanti o della riattivazione di vecchie frane quiescenti.

Risultano evidenti gli stretti legami esistenti tra l'aspetto morfologico ed i motivi stratigrafico – tettonici e le caratteristiche geomeccaniche delle rocce. Laddove predominano i litotipi arenacei e calcarei, il rilievo si presenta accidentato, con pendii ripidi che seguono quasi fedelmente l'inclinazione degli strati, quando disposti a franapoggio; mentre sono caratterizzati da una forte acclività con strati a reggipoggio. Al contrario dove affiorano i terreni prevalentemente marnoso – argillosi la morfologia assume caratteri attenuati ed un aspetto relativamente addolcito e si osservano frequentemente versanti interessati da diffusi e talora ampi fenomeni di dissesto.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	24 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

In tale contesto, è chiaro che i fenomeni di gran lunga più significativi e diffusi nel territorio e che per i loro effetti hanno più rilevanti e significative ricadute sul territorio stesso, a causa delle limitazioni e dei danni che provocano, sono i fenomeni legati alla gravità.

Nel presente studio, per la definizione dei movimenti gravitativi che interessano le aree in esame, si è fatto riferimento, principalmente, alla Carta del Dissesto della Provincia di Parma, alla scala 1:10.000, che ne prevede l'identificazione e la classificazione sulla base dello stato di attività e della tipologia.

Più precisamente, sulla base dello stato di attività, si distinguono solo due classi:

- **frana attiva:** movimento gravitativo ritenuto attivo o riattivato (in un settore di corpo di frana quiescente) all'atto dell'indagine fotointerpretativa, ovvero rilevato o confermato da controllo sul terreno; l'attività può trovare conferma anche in dati documentali recenti (pubblicazioni, carte geologiche, relazioni tecniche, ecc.);
- **frana quiescente:** riguarda tutti i tipi di dissesto in cui è possibile desumere, da indizi di natura geomorfologica e considerazioni di evoluzione morfoclimatica del territorio appenninico, la temporanea inattività del corpo di frana e della scarpata principale ad essa connessa;

Infatti, nelle porzioni di territorio cartografate, non sono mai stati individuati corpi di frana ritenuti inattivi, intesi come fenomeni le cui cause e processi che li hanno generati non sono più presenti o sono stati rimossi (definiti "frane relitte" nella Carta del Dissesto della Provincia di Parma).

Quanto alla tipologia, esaminando la Carta del Dissesto della Provincia di Parma, che fa riferimento alla classificazione dei movimenti gravitativi di *Cruden & Varnes* (1996), e tenendo conto delle classi stabilite dagli ICMS, nel territorio in esame, si sono distinte le seguenti frane:

- Scorrimento: classe in cui sono accorpati gli scivolamenti rotazionali e quelli traslazionali o planari
- Colata: che può essere di terra o di fango
- Complessa: data dalla combinazione di 2 o più movimenti di tipo semplice
- Non definita: indicata, altrimenti, come indeterminata (quando la tipologia di movimento non è chiara)

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	25 di 62

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di esaminare numerose relazioni geologiche, prodotte a corredo di progetti edilizi e di opere pubbliche e di acquisire copia delle indagini geognostiche eseguite.

Tutte le indagini sono state trasformate in formato digitale con modalità georiferita, al fine di consentirne l'elaborazione in ambiente GIS.

A tal proposito sia i dati di base, che i dati elaborati sono stati organizzati in formato vettoriale (*shapefile*) nel rispetto dell'Allegato D della delibera regionale.

Tali indagini, unitamente alle informazioni presenti in letteratura e ai sopralluoghi in sito, hanno permesso di ricostruire il modello geologico delle aree interessate dallo studio di microzonazione sismica.

Ad integrazione dei dati esistenti è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine.

Più in particolare sono state eseguite n° 40 indagini di sismica passiva mediante misure di ascolto delle vibrazioni ambientali secondo la tecnica HVSR a stazione singola.

Le misure HVSR sono state condotte utilizzando di un sismometro a stazione singola (tromografo digitale) di proprietà dello scrivente soggetto attuatore. in grado di registrare, attraverso dei velocimetri, i microtremori lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z), di un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (20 minuti).

Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) e spettri delle singole componenti (componente del moto in funzione della frequenza per ognuna delle tre direzioni).

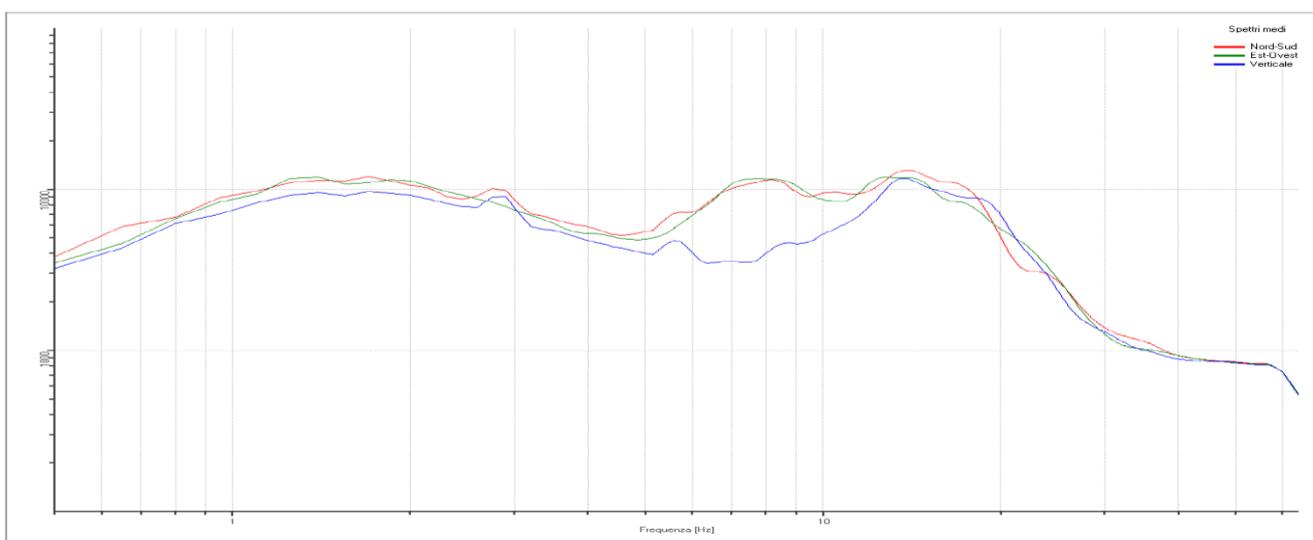


Fig. 9 - Esempio di spettro delle singole componenti

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	26 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

La base per uno studio di microzonazione sismica è la definizione, quanto più accurata possibile, del modello geologico del sottosuolo, cercando di individuare come varia la successione stratigrafica all'interno delle aree in esame e a che profondità si possa trovare il substrato rigido.

A tale scopo, per il Comune di Calestano, sono stati esaminati e confrontati tra loro tutti i dati geognostici raccolti oltre a differenti cartografie tematiche, con scale di diverso grado di dettaglio.

Rimandando al paragrafo 8.2 la descrizione specifica delle caratteristiche delle 3 porzioni di territorio comunale oggetto del presente studio, di seguito, ci si limita a proporre alcune considerazioni su come il complesso assetto geologico rilevato possa modificare il moto sismico in superficie e quali problematiche comporti per la determinazione degli effetti locali.

A riguardo, in primo luogo, va considerato che tutta la zona in esame ricade all'interno del Dominio Ligure, dove, sotto le coperture quaternarie, sono presenti, quasi esclusivamente formazioni flyschoidi: infatti a Calestano e Marzolaro domina il Flysch di Monte Sporno e a Ravarano quello di Monte Cassio.

In ogni caso, si tratta di depositi torbiditici, costituiti da alternanze di strati (calcarei, areniti, marne, peliti) all'interno dei quali le velocità di propagazione delle onde sismiche sono molto differenti tra loro, anche se in pochissimi casi raggiungono velocità da *bedrock* sismico, maggiori di 800 m/s.

Si consideri, inoltre, che dette velocità risultano fortemente condizionate anche dal grado di fratturazione degli ammassi rocciosi, determinato da vari fattori, primi fra tutti, l'azione tettonica, la gravità e gli agenti atmosferici. Ciò interessa, in particolare, il livello di roccia più superficiale, di spessore variabile, fortemente alterato (regolite).

Anche nelle coperture quaternarie si osservano significative variazioni nei profili delle Vs, sia in relazione allo stato di addensamento dei depositi, generalmente maggiore all'aumentare della profondità, che al tipo di litologie attraversate, con significativi incrementi al passaggio tra un orizzonte fine ad uno prevalentemente ghiaioso, mentre a una diminuzione di tessitura consegue un'inversione di velocità.

Le conoscenze geognostiche, quando possibile, consentono di individuare le prime superfici di discontinuità, ad esempio, all'interno delle alluvioni, dove la copertura, prevalentemente limoso-argillosa, poggia sul livello granulare più superficiale o al contatto tra i depositi quaternari e il substrato marino. Quanto alle discontinuità più profonde, come potrebbe essere il limite regolite/roccia in posto o determinate dal passaggio tra

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	27 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

strati costituiti da litotipi differenti, all'interno del substrato marino, è difficile che si abbiano informazioni attendibili.

D'altra parte, come verrà illustrato nel prosieguo della relazione, le indagini tomografiche effettuate restituiscono curve H/V in cui sono generalmente presenti più picchi, con contrasti d'impedenza bassi e simili tra loro, a frequenze associabili a differenti profondità.

E' evidente che, in un tale contesto, definire la risposta sismica locale non sia sempre facile, così come risulta spesso una discreta forzatura assimilare l'assetto geologico delle varie zone ad un modello fisico monodimensionale.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	28 di 62

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Come già indicato, il presente studio, oltre ad utilizzare una grande quantità di dati progressi, ha previsto l'esecuzione di una nuova campagna d'indagini sismiche.

La caratterizzazione dei terreni è stata effettuata tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio*).

I risultati ottenuti per ciascuna prova, riportati nell'Elaborato 7 - Prove tomografiche, sono:

1. il grafico rapporto spettrale H/V naturale con curva H/V sintetica, in cui si possono osservare picchi caratteristici, in corrispondenza di determinate frequenze

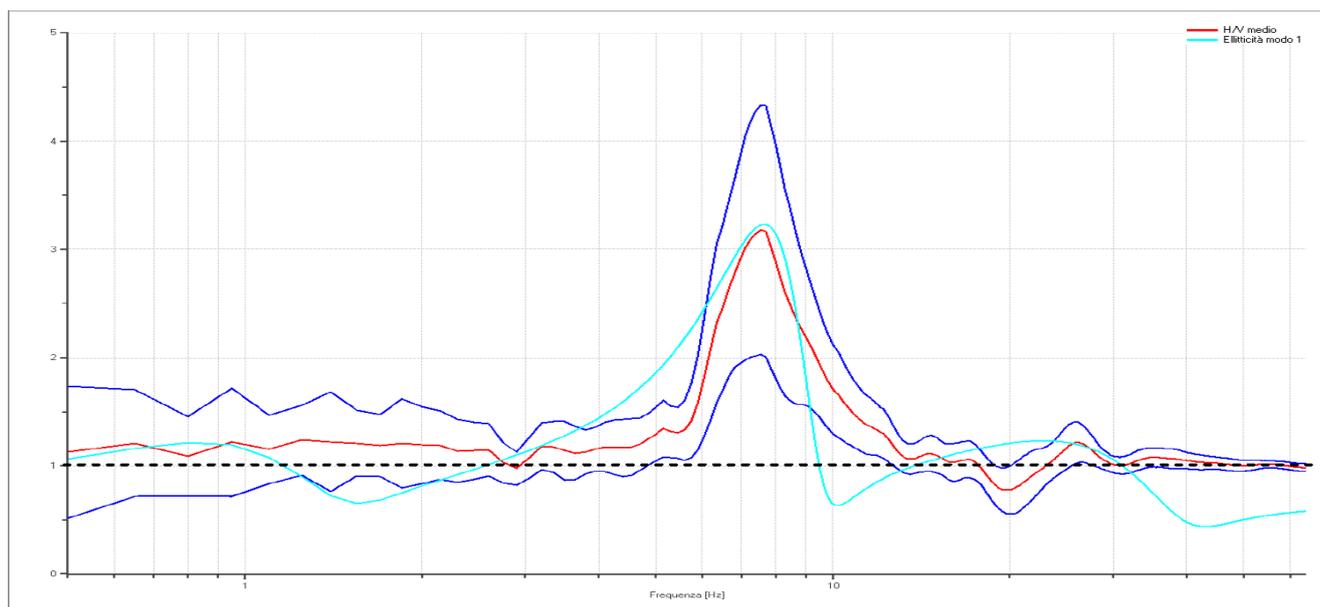


Fig. 10 - Esempio di curva H/V naturale con curva H/V sintetica

2. La velocità media delle onde di taglio V_s

Per determinare la velocità delle onde di taglio V_s viene utilizzata l'inversione vincolata dello spettro H/V ricavato attraverso il rilievo tomografico.

La relazione seguente lega la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S (V_s) e alla profondità della base dello strato (H):

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4H}$$

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	29 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva sintetica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata, per poi ricavare la Vs media per ogni singolo strato.

Sulla base di tali elaborazioni viene ottenuta la curva della Vs con la profondità.

Al fine di determinare la qualità delle singole misure HVSR effettuate e la loro relativa affidabilità, si è, inoltre, provveduto alla classificazione delle prove valutando, in accordo con i più recenti studi in materia, le caratteristiche dei fondamentali principi su cui si basa la tecnica di indagine a sismica passiva utilizzata.

Nello specifico si è proceduto all'analisi della durata complessiva delle singole registrazioni, utilizzando esclusivamente quelle capaci di produrre stime "robuste" del campo medio delle vibrazioni ambientali, soddisfacendo in tal senso i primi 3 criteri del progetto SESAME (linee guida 2005), relativi alla robustezza statistica del segnale. Quindi, per ogni singola acquisizione è stato valutato l'andamento complessivo della curva H/V, prestando particolare attenzione, durante la fase di elaborazione, alla plausibilità fisica della curva stessa, verificabile attraverso l'individuazione di massimi caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale.

In fase di elaborazione, sfruttando le possibilità di analisi direzionale e temporale del software utilizzato (*EasyHVSR di Geostru*), è stata valutata la stazionarietà temporale dei rapporti spettrali misurati, prestando inoltre particolare attenzione alle variazioni azimuthali di ampiezza, nel rispetto della condizione di isotropia del segnale.

Quanto ai criteri delle linee guida SESAME 2005 relativi alla "chiarezza" del picco di possibile risonanza, essi risultano spesso non soddisfatti per i motivi già anticipati nel capitolo 5 (le caratteristiche geologiche del territorio esaminato fanno sì che, nelle curve H/V, siano generalmente presenti più picchi, con contrasti d'impedenza bassi e simili tra loro).

Ciononostante, a prescindere da tali verifiche, tutte le prove allegate al presente studio si sono ugualmente potute utilizzare in quanto la loro interpretazione, nel rispetto di quanto stabilito dallo stesso progetto SESAME, è stata supportata dal confronto e dalla relativa taratura con profili stratigrafici derivanti dai sondaggi geognostici disponibili.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	30 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Nella prima fase di lavoro, di concerto con l'Ufficio Tecnico Comunale, sono stati definiti i limiti degli areali da sottoporre allo studio di Microzonazione Sismica. Infatti, dal momento che il percorso di formazione del nuovo strumento di pianificazione urbanistica deve essere ancora avviato, si è reso necessario individuare preliminarmente, oltre alle porzioni di territorio già urbanizzate, quelle che saranno presumibilmente interessate da nuove edificazioni, nuove infrastrutture o sostanziali trasformazioni urbanistiche, su cui incentrare gli studi.

Una volta eseguita tale operazione, sono stati acquisiti dati bibliografici e di archivio, sono stati condotti rilievi sul territorio ed è stata analizzata la cartografia geologica e geomorfologica disponibile.

Successivamente è stata eseguita una campagna di indagini di sismica passiva (misure di ascolto dei microtremori con tromografo digitale portatile) ai fini della definizione delle frequenze fondamentali dei terreni.

Gli elaborati prodotti in questa prima fase sono costituiti da:

- **Carte delle indagini:** in tale cartografia sono riportate le indagini pregresse e quelle di nuova esecuzione; tutte le prove sono state classificate in base alla tipologia;
- **Carte geologico-tecniche:** tali carte sono state derivate dalla revisione a scala dettagliata dei rilievi disponibili. In questa cartografia sono rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie;
- **Carte delle frequenze naturali dei terreni:** tali carte riportano i punti di misura e i risultati di indagini di sismica passiva (misure HVSR); in particolare, sono stati indicati il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo (F_1).
- **Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica:** in questa cartografia sono indicate le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari, distinguendo tra zone suscettibili di instabilità, ove sono richiesti approfondimenti di terzo livello, e zone suscettibili di amplificazioni locali, oggetto di approfondimenti di secondo livello, all'interno delle quali sono state operate ulteriori distinzioni, identificando delle microzone omogenee, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	31 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Successivamente e in diretta continuità con la prima, è stata svolta la seconda fase di lavoro, che ha quale obiettivo la Microzonazione Sismica del territorio indagato.

In questa fase sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- **Carte delle velocità delle onde di taglio S:** carte in sono ubicati tutti i punti di misura di V_s con indicazione, per ogni punto misura, del valore di V_{s_H} o di $V_{s_{30}}$.
- **Carte di microzonazione sismica:** carte in cui sono raffigurate le amplificazioni stimate, tramite procedure semplificate, per i vari settori di territorio in esame.

Le elaborazioni sono state rappresentate nelle varie cartografie, ciascuna delle quali costituita da tre tavole, una per ciascuno dei tre ambiti esaminati: Calestano, Ravarano e Marzolarà.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	32 di 62

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1 Carte delle indagini

Nelle Carte delle indagini, alla scala 1:5.000, sono state riportate le ubicazioni delle prove di nuova esecuzione (per i cui report si faccia riferimento all'*Elaborato 7- Prove tromografiche*) e dei dati pregressi, relativi a indagini geognostiche e/o sismiche a corredo di pratiche edilizie depositate presso l'Ufficio Tecnico Comunale.

Esse sono state distinte in base alla tipologia in:

- sondaggio a carotaggio continuo (distinguendo se intercetta o meno il substrato)
- prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- prova penetrometrica dinamica pesante
- trincea o pozzetto esplorativo
- stazione microtremore a stazione singola
- MASW
- Prova *REfraction Microtremors*

come raffigurato nella legenda riportata in Fig. 11.

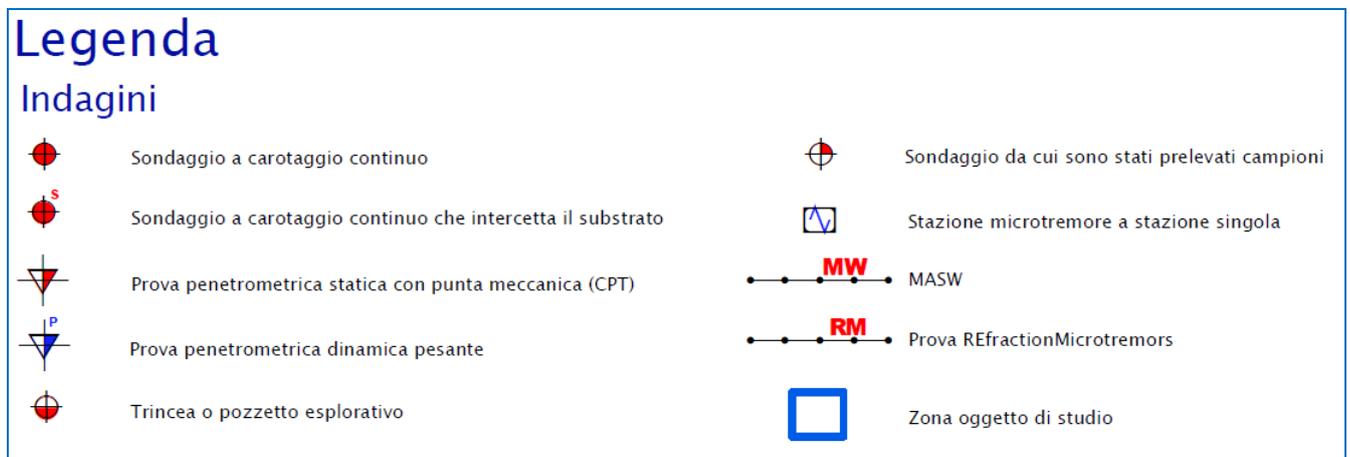


Fig. 11 - Legenda delle Carte delle indagini

Nelle carte sono indicate anche alcune indagini esterne ai perimetri del territorio urbanizzato e urbanizzabile, ove sono state concentrate le analisi, ma ugualmente utili a definire le sue caratteristiche litostratigrafiche.

Nei successivi paragrafi vengono specificati numero e tipologia di indagini con riferimento ai tre ambiti oggetto di studio.

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

8.1.1 Ambito A_1 Calestano

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di acquisire le seguenti indagini:

- N° 10 sondaggi a carotaggio continuo, di cui n° 4 esterni al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 10 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT), di cui n° 1 esterna al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 24 prove penetrometriche dinamiche pesanti, di cui n° 3 esterne al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 28 trincee o pozzetti esplorativi
- N° 6 stazioni microtremore a stazione singola, di cui n° 2 esterne al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 3 MASW, di cui n° 1 esterna al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 5 Prove *REfraction Microtremors*, di cui N° 1 esterna al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile

Ad integrazione di tali dati, è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine costituita da n° 22 misure di ascolto di microtremori a stazione singola (HVSr), di cui N° 2 esterne al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile.

8.1.2 Ambito A_2 Ravarano

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di acquisire le seguenti indagini:

- N° 3 sondaggi a carotaggio continuo, entrambi esterni al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 2 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- N° 10 prove penetrometriche dinamiche pesanti, di cui n° 5 esterne al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 7 trincee o pozzetti esplorativi, di cui n° 5 esterne al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 5 stazioni microtremore a stazione singola, di cui n° 4 esterne al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 2 MASW, di cui n° 2 esterne al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	34 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Ad integrazione di tali dati, è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine costituita da n° 4 misure di ascolto di microtremori a stazione singola (HVSR), di cui N° 1 esterna al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile.

8.1.3 Ambito A_3 Marzolarà

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di acquisire le seguenti indagini:

- N° 1 sondaggi a carotaggio continuo
- N° 3 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- N° 19 prove penetrometriche dinamiche pesanti
- N° 19 trincee o pozzetti esplorativi, di cui n° 4 esterni al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 2 stazioni microtremore a stazione singola, di cui n° 1 esterna al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 3 MASW
- N° 2 Prove *REfraction Microtremors*

Ad integrazione di tali dati, è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine costituita da n° 14 misure di ascolto di microtremori a stazione singola (HVSR).

8.2 Carte geologico-tecniche per la microzonazione sismica

Nelle Carte geologico tecniche per la microzonazione sismica sono state riportate le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche e idrogeologiche) derivate da elaborati esistenti e da indagini geognostiche pregresse.

Questi dati hanno consentito di definire il modello di sottosuolo e sono risultate funzionali alla realizzazione delle Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1), che saranno descritte nel successivo paragrafo 8.4.

Nel presente studio, per la stesura delle Carte geologico tecniche, si è fatto riferimento, in particolare, alla seguente documentazione, opportunamente verificata mediante sopralluoghi di campagna:

- “Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna”. Tavole n° 199SE, 199SW, 217NW, alla scala 1:25.000, e Sezione 199150, alla scala 1:10.000, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna
- “Carta del dissesto” da Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Parma”. Sezioni 199140, 199150, 217010, 217020, alla scala 1:10.000. Servizio di Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	35 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

- indagini puntuali, per la descrizione delle quali si rimanda al precedente paragrafo (8.1).

Sulla base di tali fonti informative, le unità geologico-litotecniche sono state distinte tra terreni di copertura (cartografati quando presentano uno spessore minimo di 3 m) e substrato geologico che, nelle zone di studio, risulta sempre non rigido (caratterizzato da $V_s \leq 800$ m/s).

Esse sono identificate da un codice che, nel caso del substrato, differenzia quello fratturato da quello non fratturato, mentre per le coperture identifica sia le caratteristiche tessiturali che l'ambiente genetico-deposizionale.

A parte sono raffigurate le aree interessate da instabilità di versante, con retini che ne indicano la tipologia e lo stato di attività.

Nelle Carte geologico tecniche sono stati indicati anche gli elementi tettonico-strutturali e le forme di superficie che possono modificare il moto sismico.

Altri elementi geologici rappresentati sono i sondaggi che non raggiungono mai il substrato rigido, con indicazione della loro profondità.

La scala di rilevamento e di rappresentazione è 1:5.000.

Nei successivi paragrafi viene sinteticamente descritto l'assetto litostratimetrico che caratterizza i tre ambiti oggetto di studio.

8.2.1 Ambito A_1 Calestano

Nell'Ambito A_1 ricadono oltre al Capoluogo, posto sulla sponda idrografica destra del torrente Baganza, i nuclei abitati di San Remigio e di Montale, ubicati sul versante opposto.

Il Capoluogo interessa principalmente una superficie terrazzata, costituita da depositi alluvionali a differente tessitura, principalmente ghiaiosa, con spessori variabili, stimati mediamente pari a 15 m in adiacenza al torrente e a 5 m in vicinanza del versante.

Viceversa alle quote più elevate nel settore meridionale e su gran parte del confine orientale del territorio urbanizzato e urbanizzabile, il substrato geologico risulta affiorante o sub-affiorante (con terreni di copertura di spessore inferiore a 3 m), a meno che non siano presenti depositi collegati a movimenti gravitativi quiescenti, più o meno estesi e di diversa tipologia.

Detto substrato risulta sempre non rigido e stratificato, normalmente appartenente alla formazione del Flysch di Monte Sporno (membro di Calestano e membro di Armorano). In tale unità è stata accorpata anche la piccola porzione di territorio all'estremità orientale del paese, in adiacenza ad una faglia non attiva, in cui

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	36 di 62

l'affioramento del substrato non rigido non stratificato (formazione delle Argille Varicolori di Case Crovini), ai fini della risposta sismica locale, può essere ritenuto trascurabile.

Le giaciture degli strati indicano, pur con una certa variabilità, una generale immersione verso SW.

Quanto agli abitati di San Remigio e Montale, con eccezione di una porzione di quest'ultimo interessata da una frana quiescente complessa, presentano un assetto litostratimetrico caratterizzato dalla presenza di un substrato non rigido stratificato (sempre appartenente alla formazione Flysch di Monte Sporno) nel primo sottosuolo.

La sezione riportata nella successiva Fig. 12 raffigura quanto sopradescritto:

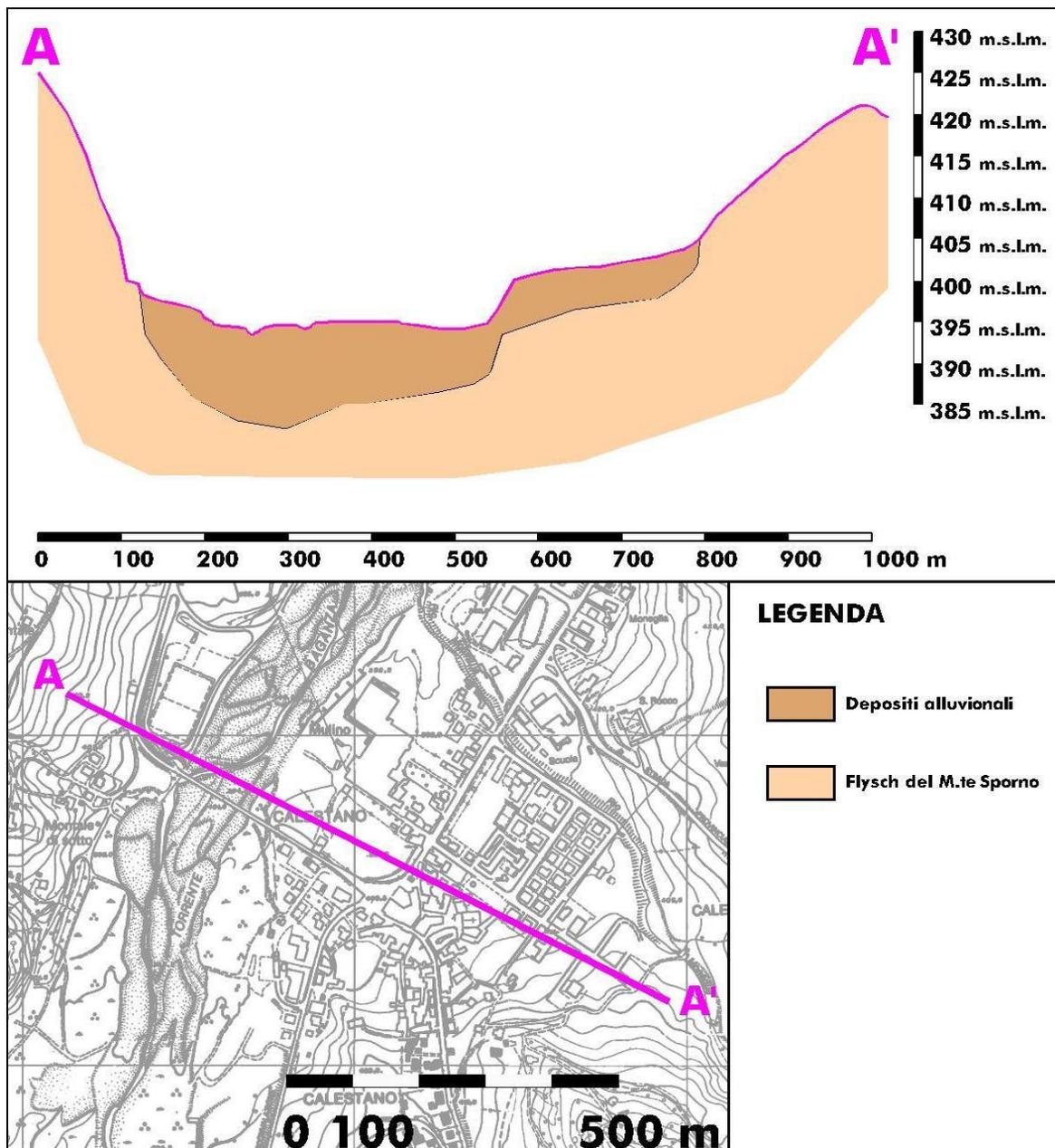


Fig. 12 - Sezione geologica a Calestano

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	37 di 62

8.2.2 Ambito A_2 Ravarano

L'abitato di Ravarano è stato in buona parte realizzato su una porzione di territorio in cui il substrato geologico, non rigido e stratificato, appartenente alla formazione del Flysch di Monte Cassio, risulta affiorante o sub-affiorante (con terreni di copertura di spessore inferiore a 3 m).

Fanno eccezione i due settori più occidentali (sia a nord, che a sud) che ricadono all'interno di un'ampia frana quiescente per scorrimento, e due zone limitate, in cui sono presenti coperture detritiche costituite da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa.

La sezione riportata nella successiva Fig. 13 raffigura quanto sopradescritto:

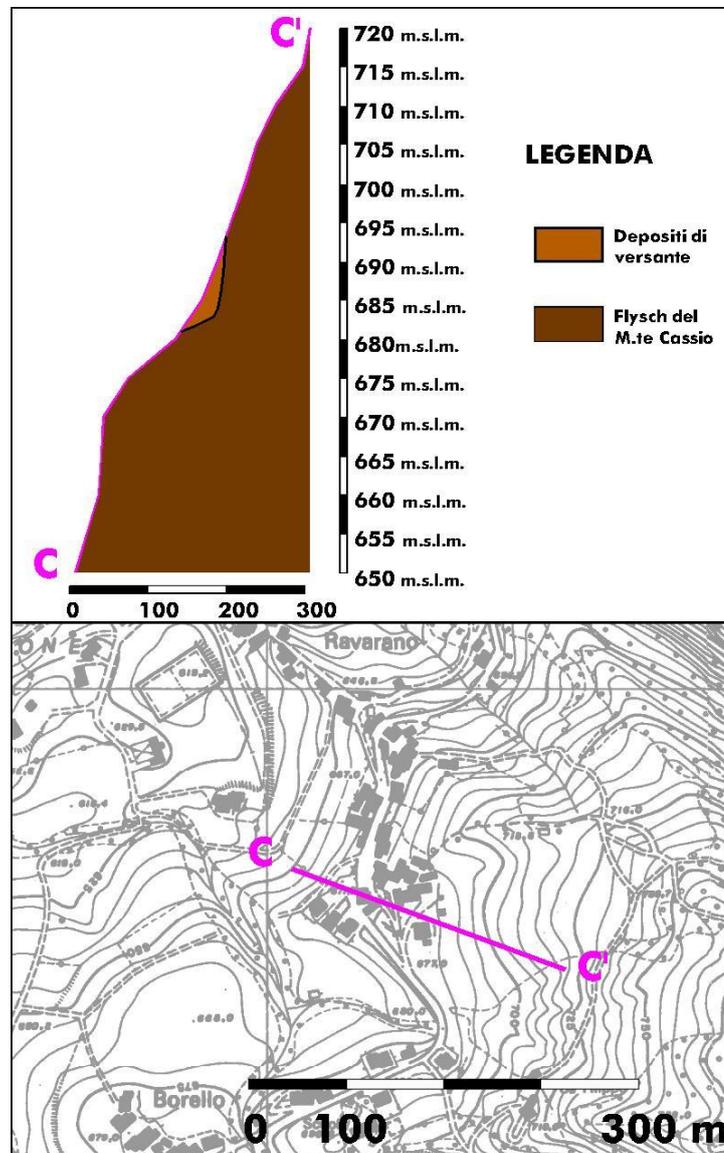


Fig. 13 - Sezione geologica a Ravarano

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	38 di 62

8.2.3 Ambito A_3 Marzolarà

Anche l'abitato di Marzolarà, come quello di Calestano, è in gran parte ubicato su depositi alluvionali a differente tessitura, principalmente ghiaiosa, appartenenti alle superfici terrazzate originate dal torrente Baganza sulla sua sponda idrografica destra.

Lo spessore di questi depositi è mediamente di 15 m nel settore più vicino al corso d'acqua, e di 10 m in quello a ridosso del versante.

Essi appoggiano su un substrato geologico, non rigido e stratificato (sempre appartenente alla formazione del Flysch di Monte Sporno); lo stesso substrato che, nella zona centrale del paese e in una limitata porzione sul confine orientale, risulta affiorante o ricoperto solo da una coltre di depositi eluvio-colluviali inferiore a 3 m.

Nella Carta geologico tecnica si osserva anche che piccole parti di territorio urbanizzato o urbanizzabile sono coinvolte in fenomeni di instabilità di versante quiescenti di differente tipologia (2 scorrimenti, 1 complessa, 1 non definita).

La sezione riportata nella successiva Fig. 14 raffigura quanto sopradescritto:

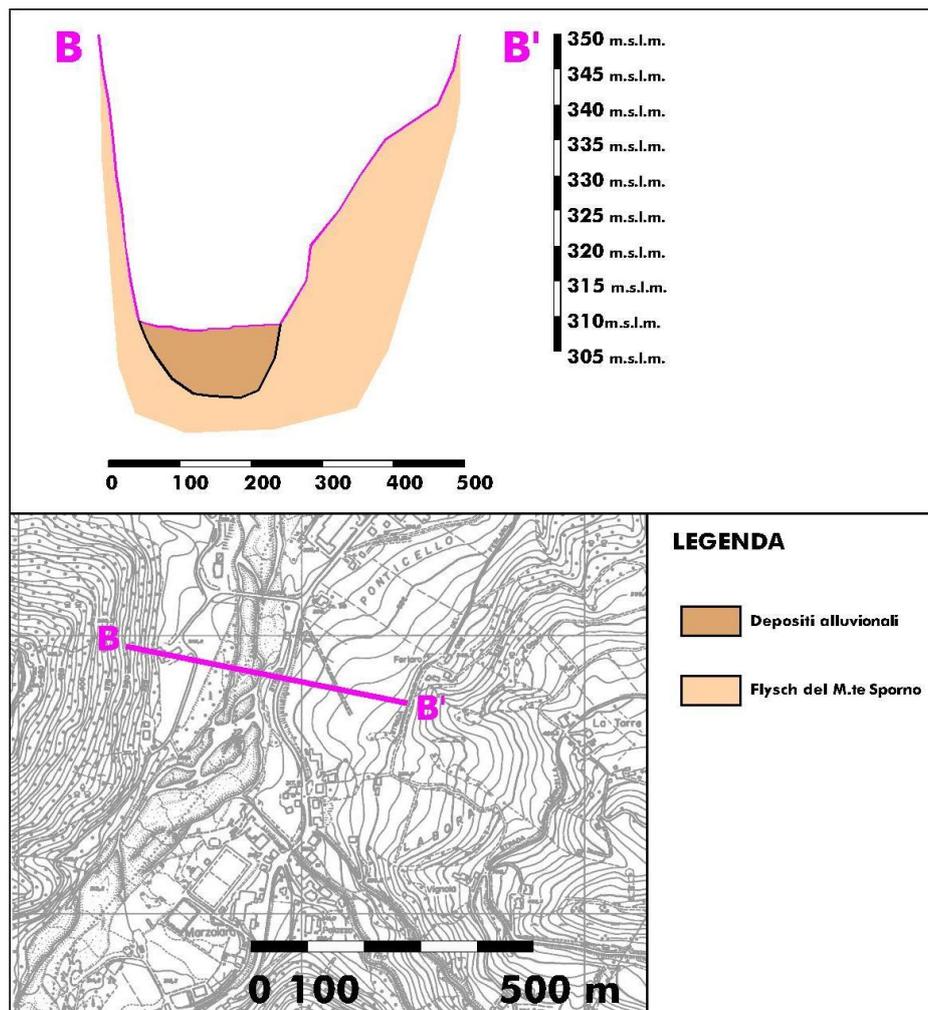


Fig. 14 - Sezione geologica a Marzolarà

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	39 di 62

8.3 Carte delle frequenze naturali dei terreni

Sulla base di tutti i dati tomografici disponibili, sia contenuti nell'Archivio Comunale, sia di nuova acquisizione, sono state redatte le Carte delle frequenze naturali dei terreni, sempre a scala 1:5.000.

In queste carte sono stati riportati tutti i punti di misura (48), con associati i risultati delle singole prove. In particolare, sono stati indicati il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo (F_1).

Sono stati tralasciati i picchi con frequenze superiori ai 20 Hz, in quanto di scarso significato ai fini del presente studio.

Gli indirizzi tecnici a cui si è fatto riferimento prescrivono, per rendere graficamente più evidenti le variazioni in relazione alla posizione, di utilizzare colorazioni differenti per distinguere le prove a seconda della frequenza principale ottenuta, definendo le seguenti classi:

- $F_0 \leq 1$ Hz
- $1 \text{ Hz} < F_0 \leq 2$ Hz
- $2 \text{ Hz} < F_0 \leq 8$ Hz
- $F_0 > 8$ Hz

Inoltre, sono state utilizzate simbologie diverse a seconda che la prova sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un alto contrasto di impedenza ($H/V > 3$) o da un basso contrasto di impedenza (ampiezza $H/V \leq 3$).

Nei successivi paragrafi vengono descritti e commentati i risultati a cui si è pervenuti nei tre ambiti oggetto di studio.

8.3.1 Ambito A_1 Calestano

Di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa dei risultati delle prove tomografiche eseguite a Calestano, specificando, per ciascuna di esse, frequenza e ampiezza dei picchi principali e secondari, oltre all'ubicazione e le caratteristiche geologiche:

prova	ubicazione	caratteristiche geologiche	picco principale F_0		picco secondario F_1	
			frequenza Hz	ampiezza H/V	frequenza Hz	ampiezza H/V
034008P114HVSR115	Calestano	terrazzo con substrato a -5 m da p.c.	2,80	3,50	1,90	2,50
034008P174HVSR175	Calestano	terrazzo con substrato a -5 m da p.c.	4,25	2,28		

prova	ubicazione	caratteristiche geologiche	picco principale F0		picco secondario F1	
			frequenza Hz	ampiezza H/V	frequenza Hz	ampiezza H/V
034008P176HVSR177	Calestano	terrazzo con substrato a -5 m da p.c.	5,00	1,79	1,25	1,32
034008P191HVSR192	Calestano	terrazzo con substrato a -5 m da p.c.	4,25	1,62	7,40	1,27
034008P170HVSR171	Calestano	terrazzo con substrato a -15 m da p.c.	2,00	1,47		
034008P175HVSR176	Calestano	terrazzo con substrato a -15 m da p.c.	7,10	2,14	17,00	1,89
034008P189HVSR190	Calestano	terrazzo con substrato a -15 m da p.c.	3,80	1,55		
034008P195HVSR196	Calestano	terrazzo con substrato a -15 m da p.c.	7,85	1,27	5,15	1,25
034008P196HVSR197	Calestano	terrazzo con substrato a -15 m da p.c.	14,6	1,14		
034008P197HVSR198	Calestano	terrazzo con substrato a -15 m da p.c.	8,60	1,60		
034008P169HVSR170	Calestano Nord	depositi di frana	7,55	1,55		
034008P171HVSR172	Calestano Nord	substrato subaffiorante	6,05	1,44		
034008P172HVSR173	Calestano Nord	substrato subaffiorante	12,35	2,46	7,40	1,51
034008P173HVSR174	Calestano Sud	substrato subaffiorante	4,40	2,02	6,50	1,53
034008P177HVSR178	Calestano Sud	substrato subaffiorante	6,35	1,42	9,65	1,29
034008P183HVSR184	Calestano Sud	substrato subaffiorante	4,25	1,98	6,50	1,61
034008P184HVSR185	Calestano Sud	substrato subaffiorante	4,40	1,20	1,55	1,24
034008P190HVSR191	Calestano Sud	substrato subaffiorante	5,30	1,73	3,80	1,56
034008P178HVSR179	Calestano Sud	depositi di frana	11,90	1,49	7,55	1,42
034008P179HVSR180	Calestano Sud	depositi di frana	3,35	2,25	4,25	2,06
034008P180HVSR181	Montale	substrato subaffiorante	5,00	1,81	14,00	1,74
034008P34HVSR35	San Remigio /Montale	depositi di frana	2,70	1,90	12,00	1,43
034008P181HVSR182	San Remigio	substrato subaffiorante	15,80	1,88	5,00	1,68
034008P182HVSR183	San Remigio	substrato subaffiorante	3,20	1,48	10,10	1,43

Tab. 4 – Riepilogo dei risultati delle prove tromografiche a Calestano

Gli stessi dati sono stati utilizzati per ricostruire il grafico di Fig. 15.

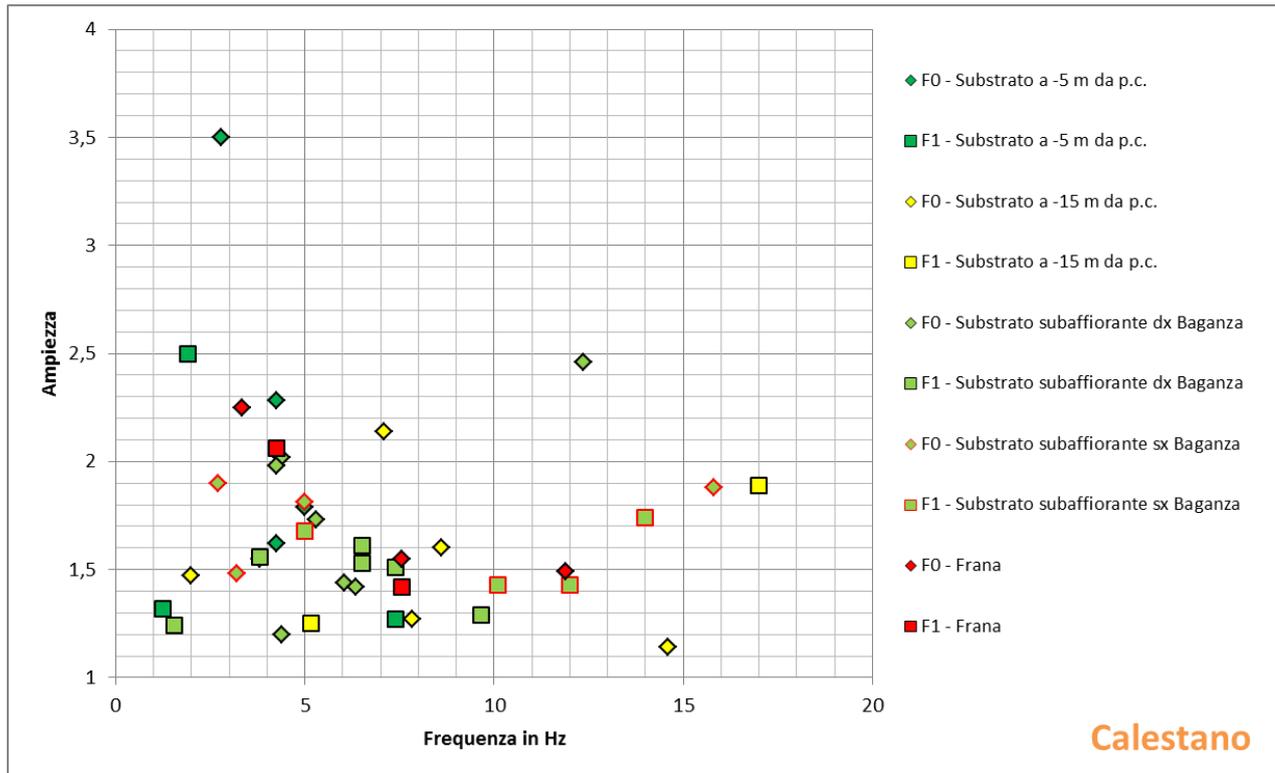


Fig. 15 – Picchi principali (F0) e secondari (F1) a Calestano

Sulla base dell’esame di Tab. 4 e di Fig. 15, si possono formulare le seguenti osservazioni:

- ad eccezione della prova 034008P114HVSR115, non si registrano mai picchi con alti contrasti di impedenza ($H/V > 3$); anzi, mediamente questi sono molto bassi, con ampiezza H/V nell’ordine di 1,5;
- la classe di frequenze in cui ricade la maggior parte dei picchi, indipendentemente dalle caratteristiche geologico-tecniche del territorio in esame, è quella tra i 2 e gli 8 Hz;
- dove il substrato è sub-affiorante dominano picchi compresi tra 3,2 e 7,4 Hz (tra 4,25 e 7,4 Hz, se si considerano le sole prove in sponda destra del torrente Baganza, tra 3,2 e 5 Hz se si considerano solo quelle in sponda sinistra), correlabili con superfici di discontinuità, presenti tra i 10 m e i 30 m da p.c., di individuazione non chiara, con le informazioni litostratimetriche disponibili (considerata la variabilità, sia dal punto di vista litologico che strutturale, all’interno delle formazioni presenti in zona);
- nella fascia terrazzata, in cui lo spessore delle alluvioni è modesto (mediamente pari a 5 m) dominano picchi compresi tra 4,25 e 5 Hz, anche in

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	42 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

questo caso correlabili con superfici di discontinuità di non chiara individuazione;

- dove lo spessore delle alluvioni è maggiore (mediamente pari a 15 m), si osserva una certa variabilità: sono presenti picchi a 2 e 3,8 Hz, cui corrispondono spessori attesi tali da non consentire l'individuazione della superficie di discontinuità, ma anche altri, associabili al passaggio alluvioni/substrato (vedi picchi a circa 7÷8 Hz) o al limite tra i terreni fini di copertura e le ghiaie, sempre alluvionali, sottostanti (è il caso dei picchi a 14,6 o 17 Hz).
- In corrispondenza dei corpi franosi, valgono delle considerazioni analoghe a quelle fatte al punto precedente.

8.3.2 Ambito A_2 Ravarano

Analogamente a quanto fatto per Calestano, di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa dei risultati delle prove tromografiche eseguite a Ravarano, specificando, per ciascuna di esse, frequenza e ampiezza dei picchi principali e secondari, oltre all'ubicazione e le caratteristiche geologiche:

prova	ubicazione	caratteristiche geologiche	picco principale F0		picco secondario F1	
			frequenza Hz	ampiezza H/V	frequenza Hz	ampiezza H/V
034008P185HVSR186	Ravarano Nord	substrato subaffiorante	0,80	1,54		
034008P188HVSR189	Ravarano Nord	substrato subaffiorante	0,80	1,23		
034008P186HVSR187	Ravarano Sud	substrato subaffiorante	1,10	1,30		
034008P72HVSR73	Ravarano Nord	substrato subaffiorante	0,90	1,60		
034008P73HVSR74	Ravarano Nord	substrato subaffiorante	2,00	2,80	11,5	2,00
034008P132HVSR133	Ravarano Nord	depositi di frana	17,00	2,60	7,00	2,40
034008P136HVSR137	Ravarano Est	substrato subaffiorante	0,85	1,50		
034008P187HVSR188	Ravarano Sud	depositi di frana	1,25	1,58	0,95	1,42
034008P76HVSR77	Ravarano estremo Sud	depositi di frana	1,50	1,50		

Tab. 5 - Riepilogo dei risultati delle prove tromografiche a Ravarano

Gli stessi dati sono stati utilizzati per ricostruire il grafico di Fig. 16.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	43 di 62

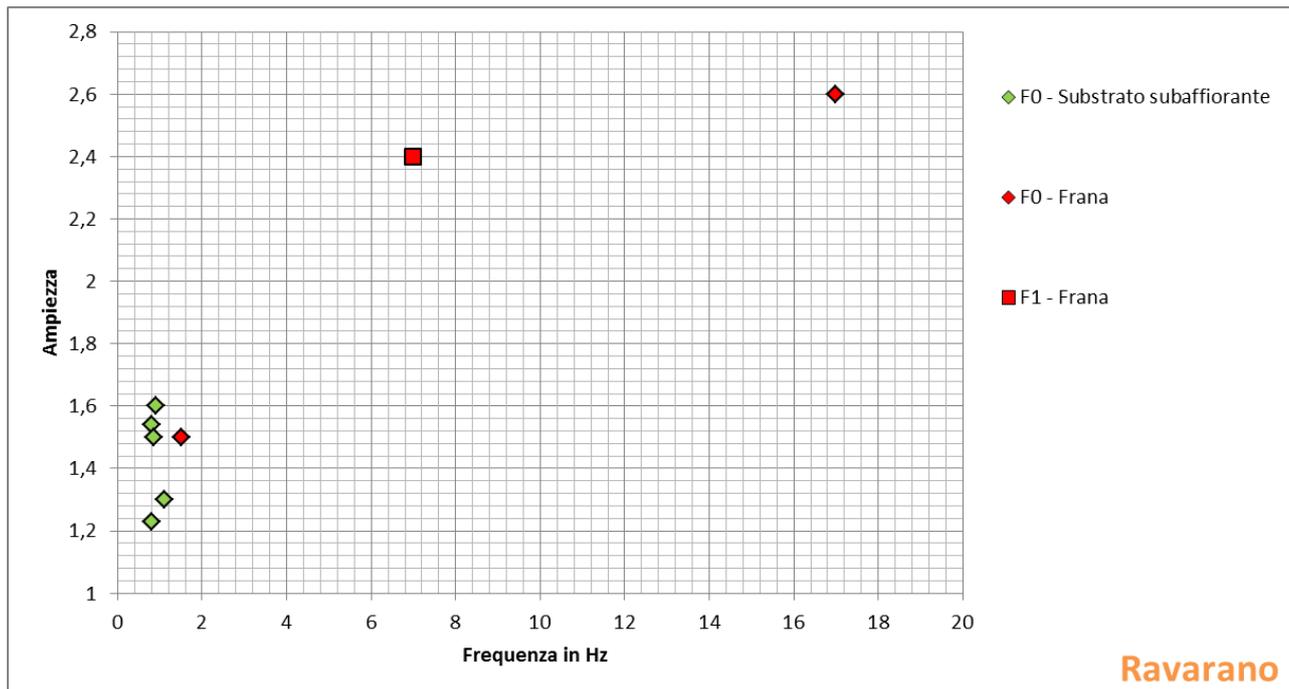


Fig. 16 - Picchi principali (F0) e secondari (F1) a Ravarano

Sulla base dell'esame di Tab. 5 e di Fig. 16, si possono formulare le seguenti osservazioni:

- a Ravarano, si registrano sempre picchi con bassi contrasti di impedenza ($H/V < 3$), spesso inferiori a 1,6;
- dove il substrato è sub-affiorante sono presenti solo picchi principali con valori nell'ordine di circa 1 Hz, correlabili con superfici di discontinuità, presenti a un centinaio di metri da p.c., di individuazione non chiara (con le informazioni litostratigrafiche disponibili, considerata la variabilità, sia dal punto di vista litologico che strutturale, all'interno delle formazioni presenti in zona);
- le prove realizzate sulle frane evidenziano picchi a 1÷1,5 Hz, cui corrispondono spessori attesi tali da non consentire l'individuazione della superficie di discontinuità, ma anche altri, associabili al passaggio depositi di frana/substrato (vedi picco secondario a 7 Hz) o a contrasti d'impedenza all'interno dello stesso corpo franoso (è il caso del picco a 17 Hz).

8.3.3 Ambito A_3 Marzolarà

Analogamente a quanto fatto per gli altri due ambiti di studio, di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa dei risultati delle prove tomografiche eseguite a

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	44 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Marzolarà, specificando, per ciascuna di esse, frequenza e ampiezza dei picchi principali e secondari, oltre all'ubicazione e le caratteristiche geologiche:

prova	ubicazione	caratteristiche geologiche	picco principale F0		picco secondario F1	
			frequenza Hz	ampiezza H/V	frequenza Hz	ampiezza H/V
034008P162HVSR163	Marzolarà	substrato subaffiorante	15,35	1,64	10,00	1,44
034008P163HVSR164	Marzolarà	substrato subaffiorante	6,35	2,49	13,00	1,24
034008P164HVSR165	Marzolarà	substrato subaffiorante	4,25	2,05	2,45	1,21
034008P54HVSR55	Marzolarà	substrato subaffiorante	3,97	4,40		
034008P166HVSR167	Marzolarà	terrazzo con substrato a -15 m da p.c.	7,70	2,01	14,45	1,80
034008P165HVSR166	Marzolarà centro	terrazzo con substrato a -10 m da p.c.	7,25	1,50	1,40	1,40
034008P157HVSR158	Marzolarà nord	terrazzo con substrato a -10 m da p.c.	10,25	1,62		
034008P158HVSR159	Marzolarà nord	terrazzo con substrato a -10 m da p.c.	12,20	1,21		
034008P159HVSR160	Marzolarà nord	terrazzo con substrato a -10 m da p.c.	1,25	1,31		
034008P160HVSR161	Marzolarà nord	terrazzo con substrato a -10 m da p.c.	0,65	1,28	12,80	1,26
034008P161HVSR162	Marzolarà nord	terrazzo con substrato a -10 m da p.c.	9,35	1,57	3,20	1,40
034008P167HVSR168	Marzolarà sud	terrazzo con substrato a -10 m da p.c.	15,35	2,88		
034008P168HVSR169	Marzolarà sud	terrazzo con substrato a -10 m da p.c.	7,55	3,18		
034008P198HVSR199	Marzolarà sud	terrazzo con substrato a -10 m da p.c.	14,15	1,40		
034008P199HVSR200	Marzolarà nord	terrazzo con substrato a -10 m da p.c.	5,45	1,20		

Tab. 6 - Riepilogo dei risultati delle prove tromografiche a Marzolarà

Gli stessi dati sono stati utilizzati per ricostruire il grafico di Fig. 17.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	45 di 62

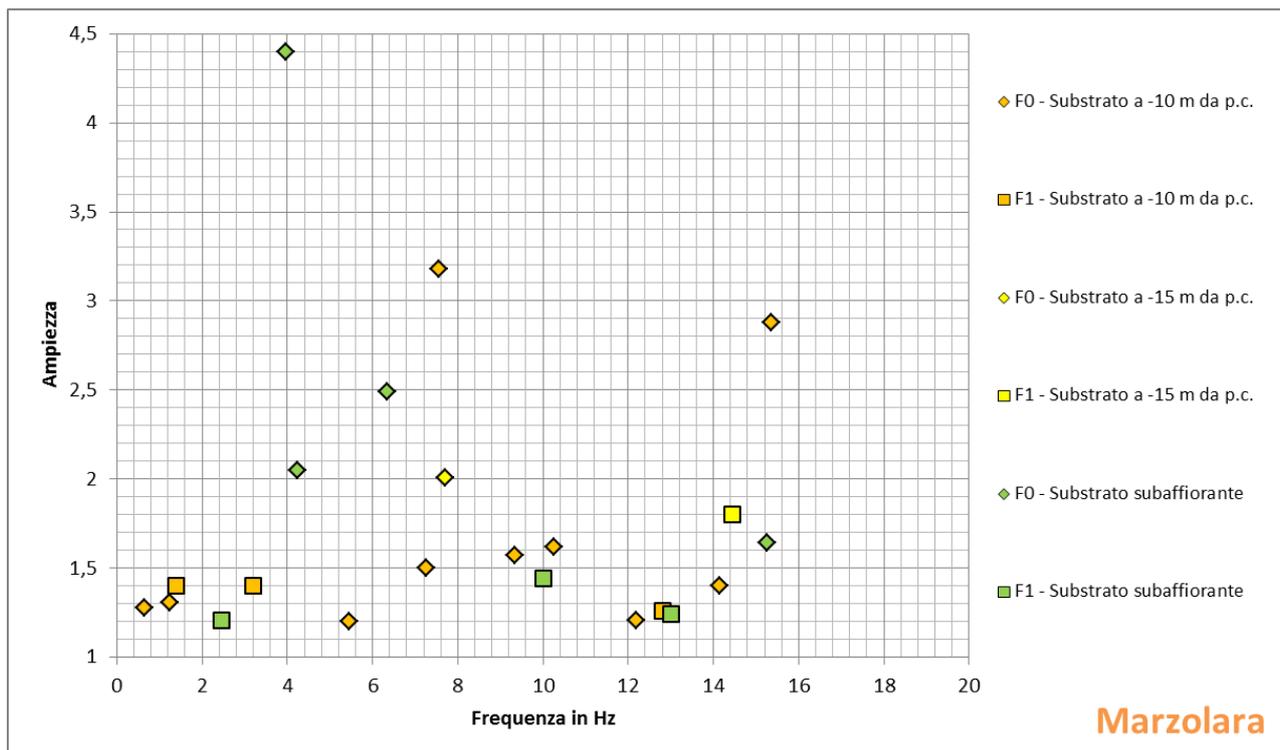


Fig. 17 – Picchi principali (F0) e secondari (F1) a Marzolarà

Sulla base dell’esame di Tab. 6 e di Fig. 17, si possono formulare le seguenti osservazioni:

- solo in 2 prove si registrano picchi con alti contrasti di impedenza ($H/V > 3$), mentre mediamente questi sono molto bassi, con ampiezza H/V nell’ordine dell’1,5;
- le classi di frequenze in cui ricade il maggior numero di picchi, indipendentemente dalle caratteristiche geologico-tecniche del territorio in esame, sono quella tra i 2 e gli 8 Hz e quella superiore a 8 Hz;
- in presenza di substrato sub-affiorante dominano picchi compresi tra 3,97 e 6,35 Hz, correlabili con superfici di discontinuità, presenti a poco più di 10 m da p.c., di individuazione incerta, con le informazioni litostratimetriche disponibili (considerata la variabilità, sia dal punto di vista litologico che strutturale, all’interno delle formazioni presenti in zona);
- nella fascia terrazzata, in cui lo spessore delle alluvioni è mediamente pari a 10 m, si osserva una certa variabilità: sono presenti picchi a bassa frequenza, cui corrispondono spessori attesi tali da non consentire l’individuazione della superficie di discontinuità, ma anche altri, prossimi agli 8 Hz, associabili al limite alluvioni/substrato, o maggiori di 10 Hz, probabilmente determinati dal

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	46 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

passaggio tra i terreni fini di copertura e le ghiaie, sempre alluvionali, sottostanti;

- l'unica prova effettuata nella fascia terrazzata con spessore delle alluvioni mediamente pari a 15 m ha evidenziato un picco principale, a 7,7 Hz, associabile al passaggio alluvioni/substrato, e uno secondario, a 14,45 Hz, che potrebbe essere ricondotto a un cambiamento litologico all'interno delle alluvioni.

8.4 Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Le Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), rappresentano il documento fondamentale del primo livello di approfondimento.

In questa cartografia il territorio in esame viene distinto a seconda dell'appartenenza ad una delle seguenti 3 categorie:

1. **zone stabili.** Si tratta di zone con affioramento di un substrato rigido e morfologia pianeggiante o poco acclive, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura e in cui non sono richiesti ulteriori approfondimenti.
2. **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.** Si tratta di aree in cui sono attese amplificazioni del moto sismico, causate dall'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale. In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello.
3. **zone suscettibili di instabilità.** Si tratta di zone nelle quali effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali instabilità di versante (frane attive e quiescenti), liquefazioni e densificazione. In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

Dalla lettura delle Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica si osserva che, in corrispondenza delle aree esaminate in Comune di Calestano, non è mai presente la categoria 1 - zone stabili, mentre sono state cartografate varie zone suscettibili di instabilità, sempre riconducibili a fenomeni di instabilità di versante quiescenti.

La categoria dominante all'interno delle aree urbanizzate e urbanizzabili è, comunque, la 2 - zone stabili suscettibili di amplificazioni locali all'interno della quale sono state operate ulteriori distinzioni. Infatti, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, sono stati identificate 5 microzone omogenee ognuna con un proprio profilo stratigrafico tipo (cfr. Fig. 18):

- Zona 1 - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali di spessore

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	47 di 62

inferiore a 3,00 m. Si rinviene diffusamente a Ravarano, Montale e San Remigio; a Marzolaro interessa la sola porzione centrale, mentre a Calestano è presente alle quote più elevate, nel settore meridionale e su gran parte del confine orientale del territorio urbanizzato e urbanizzabile.

- Zona 2 - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato ricoperto da depositi di origine detritica, costituiti da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa di spessore medio pari a circa 5,00 m. Si rinviene solo in due limitate zone all'interno del territorio urbanizzato e urbanizzabile di Ravarano.
- Zona 3 - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato ricoperto da depositi di origine alluvionale, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi, di spessore medio pari a circa 5,00 m. Si rinviene solo a Calestano in corrispondenza della fascia di alluvioni terrazzate più distante dal torrente Baganza.
- Zona 4 - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato ricoperto da depositi di origine alluvionale, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi, di spessore medio pari a circa 10,00 m. Si rinviene solo a Marzolaro in corrispondenza della fascia di alluvioni terrazzate più distante dal torrente Baganza.
- Zona 5 - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato ricoperto da depositi di origine alluvionale, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi, di spessore medio pari a circa 15,00 m. Si rinviene a Calestano e Marzolaro in corrispondenza della fascia di alluvioni terrazzate più prossima al torrente Baganza.

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	48 di 62

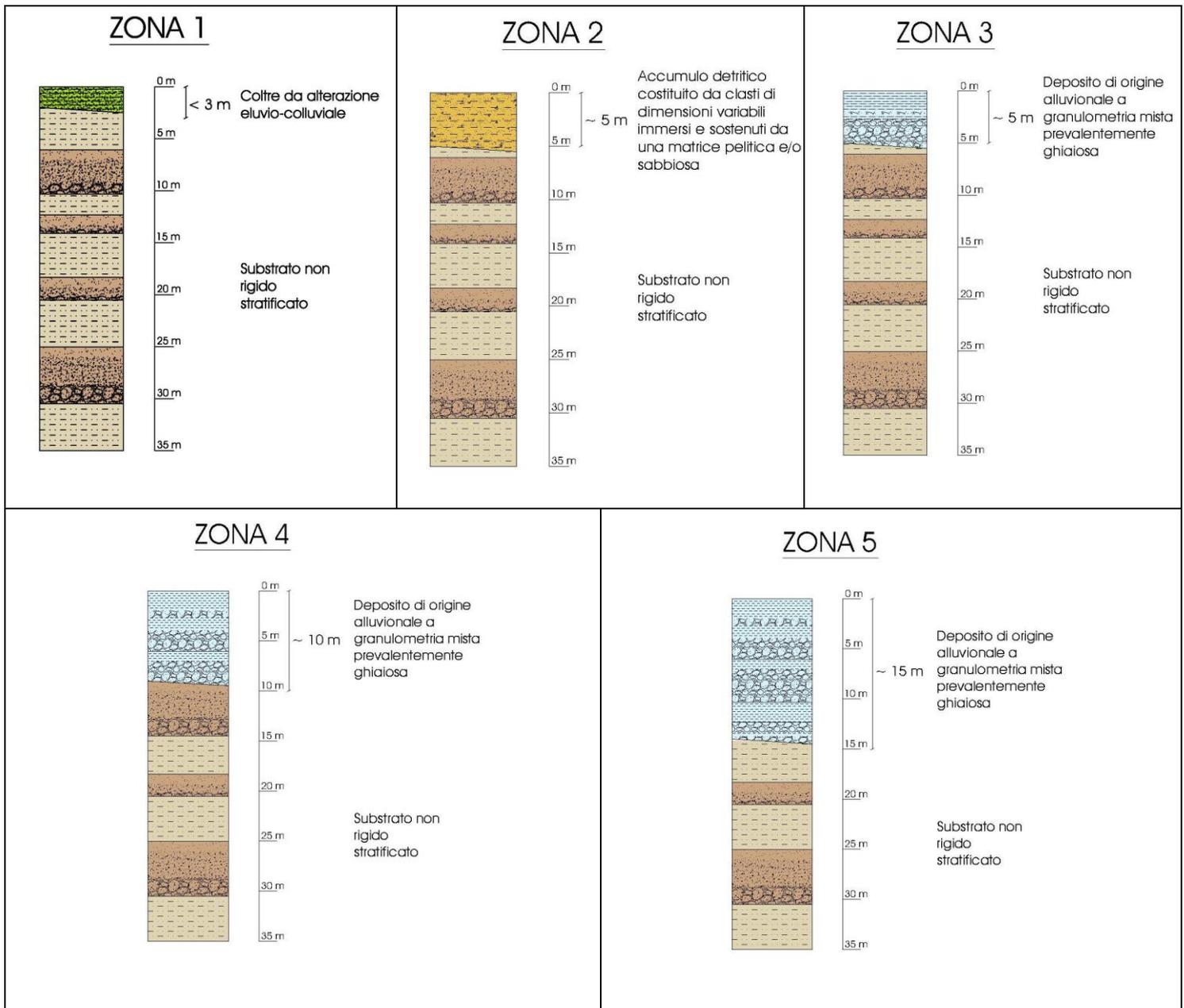


Fig. 18 - Colonne litostratigrafiche sintetiche, rappresentative della microzone

Nella Carta delle microzone omogenee relativa a Ravarano, sono state raffigurate anche alcune tracce di sezioni topografiche in corrispondenza di aree meritevoli di attenzione per l'amplificazione topografica.

Infatti, dall'esame della cartografia, è emerso chiaramente che mentre negli ambiti Calestano e Marzolaro la componente di amplificazione dovuta alla topografia può essere ritenuta irrilevante in quanto, in tali aree, prevalgono forme alluvionali terrazzate e pendii da debolmente a mediamente inclinati, modellati da fenomeni gravitativi e ricoperti da coltri detritiche di varia genesi, nell'ambito Ravarano, gli estesi affioramenti flyschoidi determinano una morfologia più brusca e acclività significative.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	49 di 62

In tale area, si è quindi provveduto ad individuare i settori più critici, dove sono stati tracciati n° 5 profili di studio (tutti perpendicolari alla linea che identifica l'orlo della scarpata, seguendo il più possibile la massima pendenza) per determinare l'entità dell'amplificazione topografica (Ft). Tra di essi, l'unico che sulla base dei calcoli svolti, ha evidenziato rilevanti amplificazioni dell'impulso sismico generate dalle condizioni topografiche del sito è risultato il n° 3. Il tracciato del profilo mostra un andamento circa nord-sud, attraversa la zona oggetto di studio lungo la depressione dove è localizzato il campo sportivo, quindi prosegue scendendo verso l'alveo del torrente Baganza in località Le Ripe (cfr. Fig. 19).

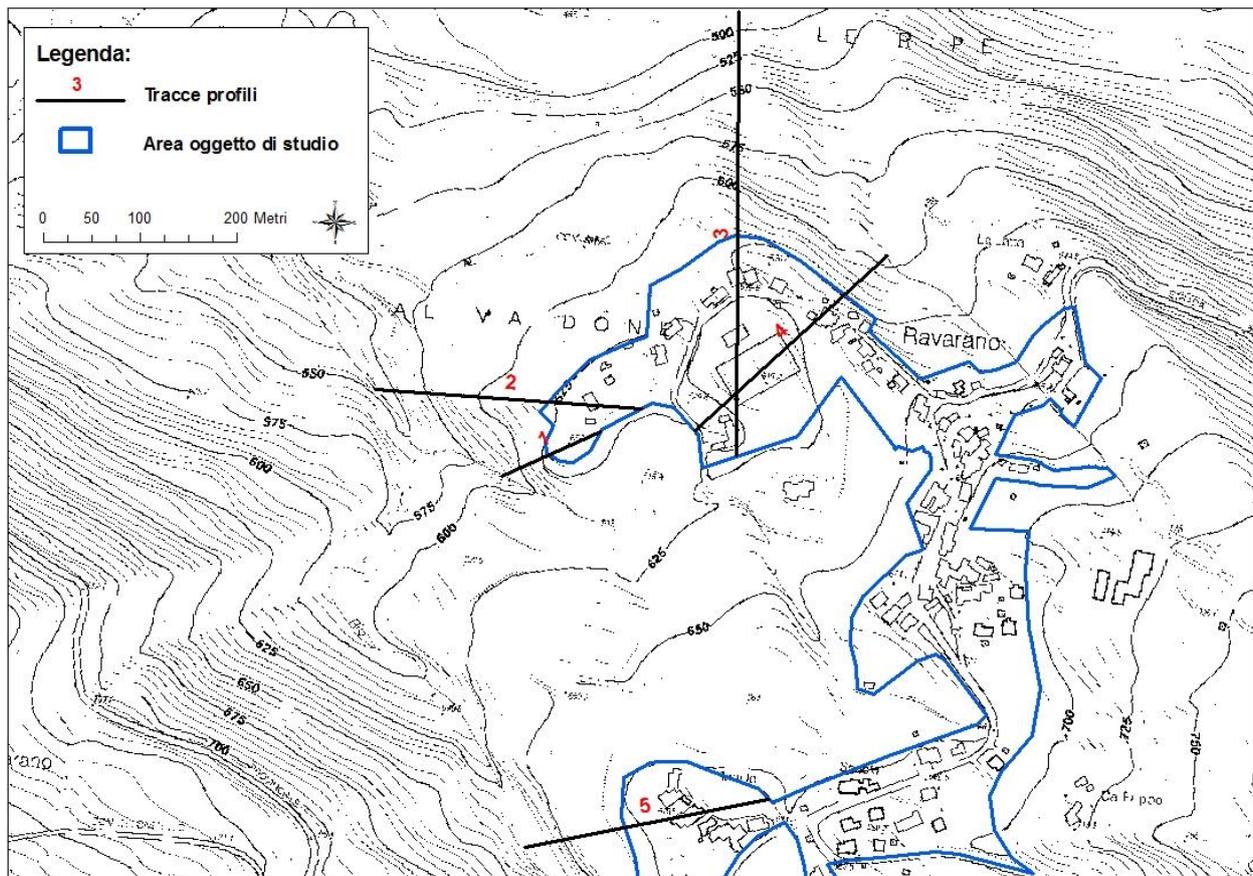


Fig. 19 - Estratto C.T.R. relativo all'area di Ravarano con ubicazione dei profili lungo i quali è stata calcolata l'entità di Ft

8.5 Carte delle velocità delle onde di taglio S

In ottemperanza ai riferimenti tecnici citati nelle premesse, sono state redatte per tutte le aree oggetto di studio delle Carte delle velocità delle onde di taglio S (Vs).

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	50 di 62

In tali elaborati sono ubicati tutti i punti di misura, distinguendoli a seconda della tipologia di prova effettuata (prova tomografica, MASW o ReMi) e indicando il corrispondente valore di V_{s30} o di V_{sH} (in m/s), dove:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura o profondità del *bedrock*

h_i = spessore (in metri) dello strato i -esimo (fino al *bedrock*)

V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i -esimo (fino al *bedrock*);

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

h_i = spessore (in metri) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m);

V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m).

A riguardo, va chiarito che, si è indicato V_{sH} quando la profondità (H , anch'essa rappresentata nelle carte) da p.c. del contrasto di velocità più significativo individuato dalla prove è risultata compresa tra 3 e 50 m, mentre, per profondità inferiori a 3 m o superiori a 50 m è stato riportato il valore di V_{s30} .

Nei successivi paragrafi vengono riportati i risultati a cui si è pervenuti nei tre ambiti oggetto di studio.

8.5.1 Ambito A_1 Calestano

Di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa delle misure di velocità delle onde di taglio S a Calestano.

prova	V_{s30}	V_{sH}
034008P114HVSR115		200
034008P174HVSR175		330
034008P176HVSR177		300
034008P191HVSR192	665	
034008P170HVSR171		327
034008P175HVSR176		313
034008P189HVSR190		270

prova	$V_{s_{30}}$	V_{s_H}
034008P169HVS170		262
034008P171HVS172		306
034008P172HVS173		239
034008P173HVS174		236
034008P177HVS178		287
034008P183HVS184		184
034008P184HVS185		337
034008P190HVS191	530	
034008P178HVS179	644	
034008P179HVS180		384
034008P180HVS181	376	
034008P34HVS35		314
034008P181HVS182	327	
034008P182HVS183	259	
034008P195HVS196		383
034008P196HVS197		415
034008P197HVS198	262	

Tab. 7 - Risultati delle misure di velocità delle onde di taglio S a Calestano

Dall'esame di Tab. 7, si osserva che, a Calestano, i valori di $V_{s_{30}}$ sono mediamente pari a circa 437 m/s, anche se contraddistinti da una forte variabilità (il valore massimo è di 665 m/s mentre il minimo è di 259 m/s). Le V_{s_H} presentano, invece, un andamento più regolare oscillando attorno ad un valor medio di circa 300 m/s e con valori minimo e massimo rispettivamente uguali a 184 e 415 m/s.

8.5.2 Ambito A_2 Ravarano

Di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa delle misure di velocità delle onde di taglio S a Ravarano.

prova	$V_{s_{30}}$ (m/s)	V_{s_H} (m/s)
034008P185HVS186	418	
034008P188HVS189		389
034008P186HVS187		238
034008P72HVS73	564	
034008P73HVS74	653	
034008P132HVS133		273
034008P136HVS137		300
034008P187HVS188		347
034008P76HVS77		291

Tab. 8 - Risultati delle misure di velocità delle onde di taglio S a Ravarano

Dall'esame Tab. 8, si osserva che a Ravarano i valori di $V_{s_{30}}$ sono mediamente pari a 545 m/s e variabili tra 418 m/s e 653 m/s). Le V_{s_H} , invece, oscillano attorno ad un valor

 EN GEO S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	52 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

medio di circa 306 m/s e con valori massimo e minimo rispettivamente uguali a 389 e 238 m/s.

8.5.3 Ambito A_3 Marzolarà

Di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa delle misure di velocità delle onde di taglio S a Marzolarà.

prova	$V_{S_{30}}$ (m/s)	V_{S_H} (m/s)
034008P162HVSr163		389
034008P163HVSr164		320
034008P164HVSr165		253
034008P54HVSr55		289
034008P166HVSr167		240
034008P165HVSr166		277
034008P157HVSr158		238
034008P158HVSr159		301
034008P159HVSr160		341
034008P160HVSr161		348
034008P161HVSr162		292
034008P167HVSr168		256
034008P168HVSr169		322
034008P198HVSr199		430
034008P199HVSr200		295

Tab. 9 – Risultati delle misure di velocità delle onde di taglio S a Marzolarà

In Tab. 9 si osserva che a Marzolarà si ottengono solo valori di V_{S_H} con valor medio di circa 306 m/s e con valori massimo e minimo rispettivamente uguali a 430 e 238 m/s.

8.6 Carte di microzonazione sismica

Gli ultimi elaborati in cui sono riportati i risultati del presente studio sono le Carte dei fattori di amplificazione, anch'esse redatte alla scala 1:5.000, in cui sono raffigurate le amplificazioni stimate per i vari settori di territorio in esame.

La stima dell'amplificazione stratigrafica è stata effettuata tramite procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibile laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

Essa è stata quantificata in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi. Dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento, e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	53 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminati.

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo. Considerato che, in Comune di Calestano, il substrato marino risulta caratterizzato sempre da $V_s < 800$ m/s, si sono usate le seguenti tabelle, proposte nell'Allegato 2 degli indirizzi regionali, paragrafo A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO, degli indirizzi regionali:

- Tabelle riportate in Tab. 10 quando il substrato marino risulta affiorante o sub-affiorante (cfr. Zona 1 nel paragrafo 8.4)
- Tabelle riportate in Tab. 11 quando il substrato marino non risulta affiorante o sub-affiorante (cfr. Zone 2, 3, 4 e 5 nel paragrafo 8.4)

F.A. P.G.A.

V_{s30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{s30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{s30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0

Tab. 10 – Tabelle da utilizzare per la stima di F.A. per APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO in caso substrato marino affiorante caratterizzato da $V_s < 800$ m/s (da Allegato 2 degli indirizzi regionali)

F.A. P.G.A.

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

Tab. 11 - Tabelle da utilizzare per la stima di F.A. per APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO in caso substrato marino non affiorante caratterizzato da $V_s < 800$ m/s (da Allegato 2 degli indirizzi regionali)

Il calcolo dei singoli fattori di amplificazione è stato effettuato considerando la profondità del substrato marino già definita, per ciascuna microzona, nei precedenti paragrafi (cfr. 8.2 e 8.4); mentre, per quanto concerne le velocità, alla luce dei valori desunti dalle indagini e riportati nel paragrafo 8.5, si è optato per assumere cautelativamente un valore V_{s30} pari a 450 m/s nel caso di substrato affiorante e uso delle tabelle riportate in Tab. 10, e un valore V_{sH} pari a 300 m/s nel caso di substrato non affiorante e uso delle tabelle riportate in Tab. 11.

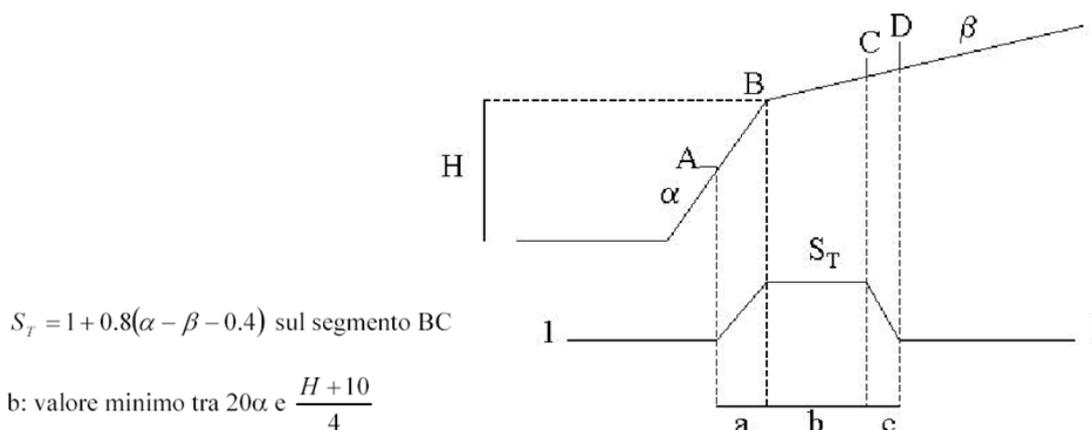
Conseguentemente, per gli areali oggetto di microzonazione sono stati attribuiti i valori riportati nella seguente tabella (Tab. 12):

	ZONE				
	1	2	3	4	5
F.A. P.G.A.	1.4	1.5	1.5	1.8	1.9
F.A. Is (0.1s < T₀ < 0.5s)	1.5	1.4	1.4	1.7	1.9
F.A. Is (0.5s < T₀ < 1.0s)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.5

Tab. 12 - Valori dei fattori di amplificazione sismica

Come anticipato nel paragrafo 8.4, a Ravarano è stata valutata anche l'amplificazione dell'impulso sismico generata dalle condizioni topografiche, risultata significativa solo in corrispondenza del profilo 3.

Anche in questo caso, per il calcolo del Fattore di Amplificazione topografica S_T dettagliatamente descritto nella Fig. 20, sono state seguite le disposizioni e i suggerimenti contenuti nell'Allegato 2 degli indirizzi regionali.



$S_T = 1 + 0.8(\alpha - \beta - 0.4)$ sul segmento BC

b: valore minimo tra 20α e $\frac{H+10}{4}$

α e β sono i gradienti della parte più ripida e meno ripida, rispettivamente:

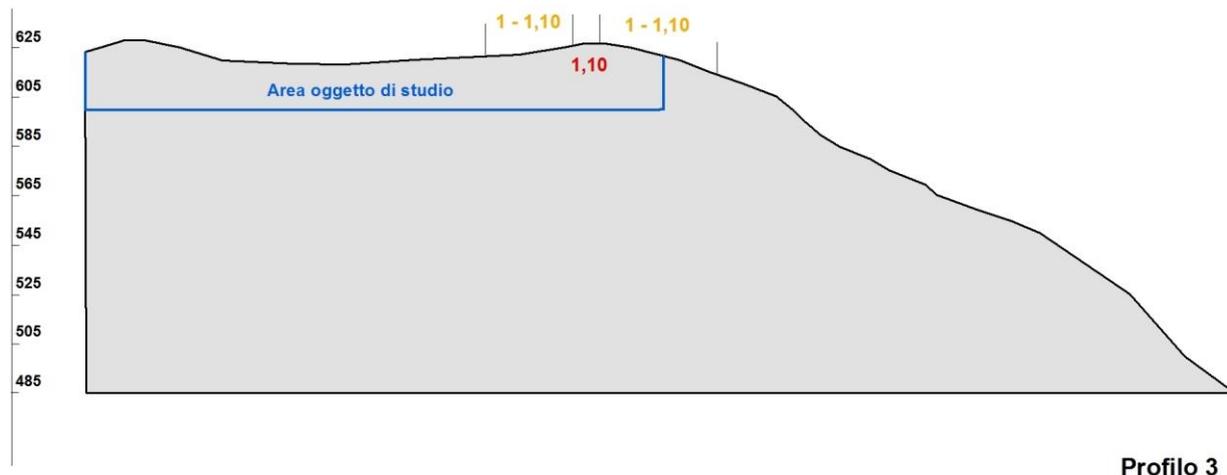
$S_T = 1$ in A ($a = H/3$)

$S_T = 1$ in D ($c = H/4$)

S_T : si impone comunque un valore compreso tra 1 e 1.4

Fig. 20 - Calcolo del fattore di amplificazione topografica secondo gli indirizzi regionali

All'interno di Fig. 21 e Fig. 22 vengono rispettivamente raffigurati, la sezione topografica n° 3 con indicazione delle aree soggette ad amplificazione topografica significativa, quindi la rappresentazione in pianta dei tratti di profilo contraddistinti da valori di S_T differente.



Profilo 3

Fig. 21 - Rappresentazione del profilo n° 3 con indicazione dei settori a differente S_T

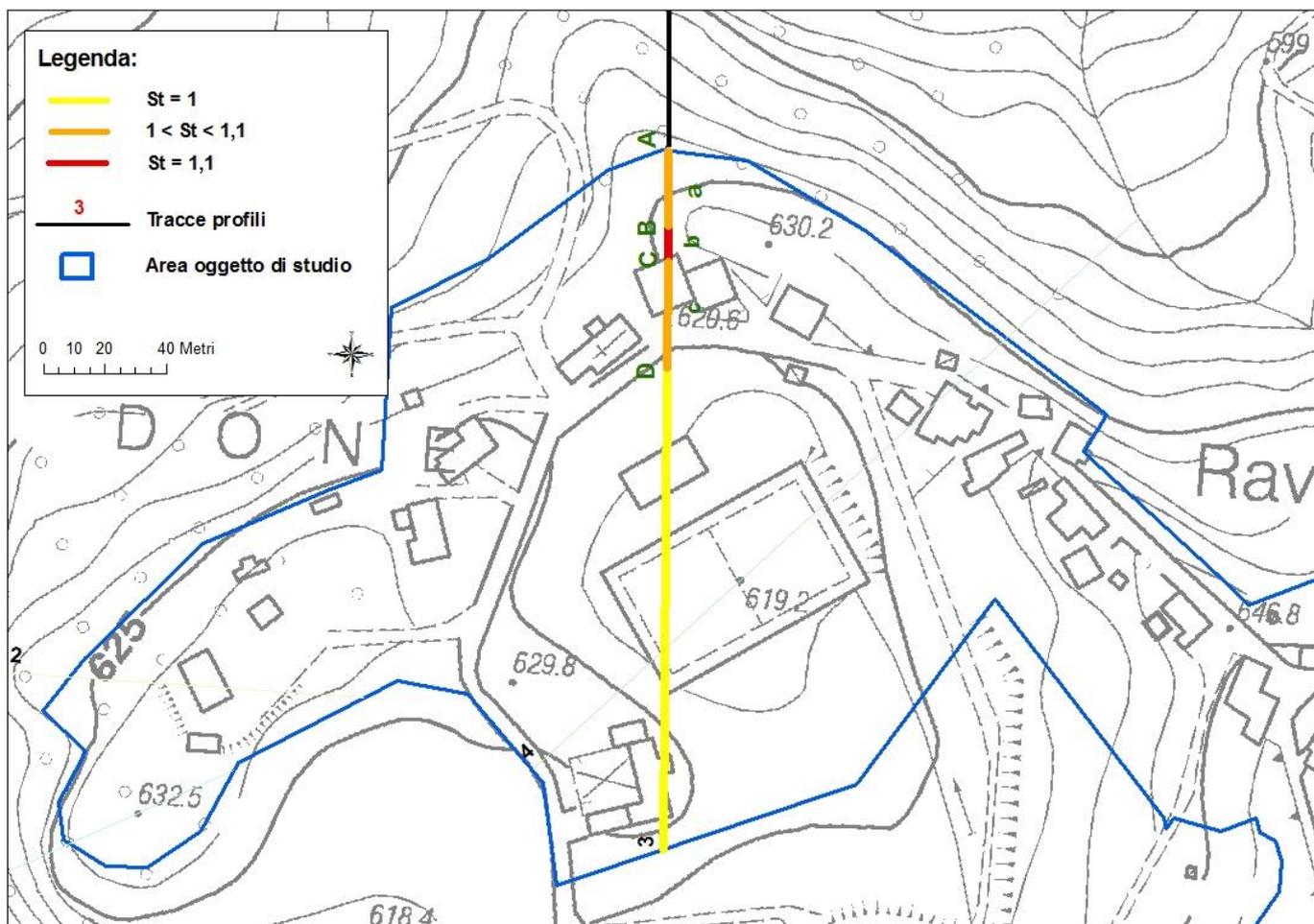


Fig. 22 - Stralcio dell'ambito A_2 Ravarano con indicata la traccia di profilo sulla quale si è proceduto al calcolo del coefficiente di amplificazione topografica S_T . Le lettere utilizzate fanno riferimento allo schema della Fig. 20

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	57 di 62

Ne consegue che l'amplificazione sismica complessiva, limitatamente al settore più settentrionale dell'abitato di Ravarano, in cui è stato evidenziato un $S_T > 1$, è determinata dal prodotto tra il fattore di amplificazione stratigrafica F.A. per lo stesso fattore di amplificazione topografica S_T (preso uguale a 1.1, tra B e C, e a 1.05 tra A e B e C e D).

I fattori di amplificazione calcolati, come sopradescritto sono stati rappresentati nelle relative carte, effettuando gli accorpamenti indicati dagli SRAI e riportati nella seguente figura.

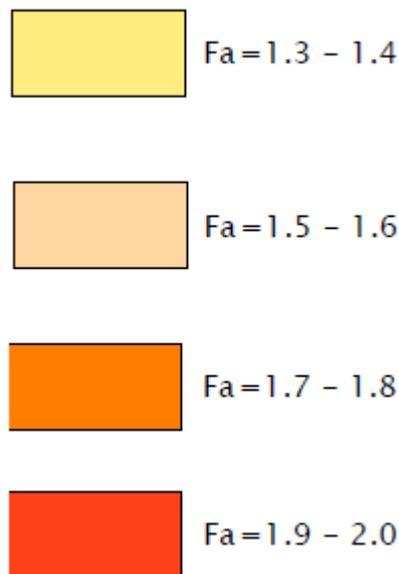


Fig. 23 - Legenda adottata per l'accorpamento dei fattori di amplificazione nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Nelle stesse carte sono state cartografate a parte le zone suscettibili di instabilità di versante per le quali sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

Di seguito sono, invece, indicate le colonne utilizzate nello *shape* "Stab" per inserire i differenti modi in cui vengono quantificati i fattori di amplificazione:

- Colonna Fx per F.A. P.G.A.
- Colonna Fy per F.A. Is ($0.1s < T_0 < 0.5s$)
- Colonna Fz per F.A. Is ($0.5s < T_0 < 1.0s$)

8.7 Commenti finali e criticità

Va precisato che il presente studio presenta carattere sperimentale, trattandosi di una delle prime applicazioni, in un contesto territoriale quale quello indagato, di microzonazione sismica mediante l'applicazione dei criteri contenuti negli ICMS e negli indirizzi regionali.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	58 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Del resto, nei capitoli precedenti, è stato ampiamente evidenziato come l'assetto geologico delle aree indagate sia tale per cui la risposta sismica locale risulti condizionata da vari fattori, spesso di difficile definizione, con le informazioni litostratigrafiche e sismiche, sia già disponibili che reperibili a costi sostenibili.

Anche l'interpretazione delle indagini tomografiche effettuate - che restituiscono curve H/V in cui sono generalmente presenti più picchi, con contrasti d'impedenza bassi e simili tra loro, a frequenze associabili a differenti profondità, anche tali da non trovare un riscontro stratigrafico attendibile - non è sempre facile.

Ciononostante, per i centri abitati principali, in cui sono stati raccolti un sufficiente numero di dati geognostici (Calestano, Ravarano e Marzolaro), è stato possibile effettuare, pur tramite procedure semplificate, una microzonazione del territorio con attribuzione di differenti fattori di amplificazione.

Sostanzialmente, sotto l'aspetto stratigrafico, in un contesto caratterizzato dalla presenza di un substrato marino caratterizzato da Vs variabili, quasi sempre minore di 800 m/s, si è riconosciuto un graduale aumento dei fattori di amplificazione all'aumentare dello spessore delle coperture quaternarie (variabile, a seconda delle zone, da 0 a 15 m).

Solo per una limitata porzione dell'abitato di Ravarano si è evidenziato che all'amplificazione sismica complessiva contribuisce anche il fattore topografico.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	59 di 62

9. CONFRONTO DELLA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

In Comune di Calestano, non è stato possibile effettuare un'analisi della distribuzione dei danni degli eventi sismici avvenuti in passato, in quanto, relativamente a tale tematica, non sono stati trovati documenti specifici.

A riguardo, non è stata utile neppure la consultazione di DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano, poiché, in esso, l'unica località considerata ricadente all'interno del territorio comunale è il Capoluogo.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	60 di 62

10. BIBLIOGRAFIA

- Albarello D., Castellaro S. (2011) - TECNICHE SISMICHE PASSIVE: INDAGINI A STAZIONE SINGOLA, Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n. 2 - 2011, Appendice I e II, pp 50-62
- Baldi M., Baldini U., Bevivino R., Castagnetti S., Daminelli R., Gianferrari C., Marcellini A., Martelli L. e Tinto A., 2010: UNIONE TERRE DI CASTELLI: VALIDAZIONE DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI II LIVELLO (2010) - 29° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida, Prato.
- Gruppo di lavoro MS, 2008. "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA". Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.
http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833
- Locati M., Camassi, R. e Stucchi M. (a cura di) (2011) . BDMI11, LA VERSIONE 2011 DEL DATABASE MICROSISMICO ITALIANO. Milano, Bologna,
<http://Emidius.mi.ingv.it/DBMI11>
- Marcellini A., Martelli L, Tinto A., Daminelli R. - L'AMPLIFICAZIONE SISMICA NEGLI "INDIRIZZI PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA IN EMILIA-ROMAGNA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA" (2009)
- Meletti C. e Valensise G., (2004). ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9-APP. 2 AL RAPPORTO CONCLUSIVO. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003 ". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA - Scala 1:250.000 (2004) - Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - CNR - Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Firenze
- GUIDELINES FOR THE IMPLEMENTATION OF THE H/V SPECTRAL RATIO TECHNIQUE ON AMBIENT VIBRATIONS MEASUREMENTS, PROCESSING AND INTERPRETATION - SESAME European research project, dicembre 2004
- MICROZONAZIONE SISMICA, UNO STRUMENTO CONSOLIDATO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO. L'esperienza della Regione Emilia-Romagna (2012) - Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli
- NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - FOGLIO 199 APAT - REGIONE EMILIA-ROMAGNA

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	61 di 62

<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI CALESTANO Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

11. ALLEGATI

Nel corso dello studio sono stati redatti i seguenti elaborati grafici:

Elaborato 1a	Carta delle indagini - Calestano	scala 1:5.000
Elaborato 1b	Carta delle indagini- Ravarano	scala 1:5.000
Elaborato 1c	Carta delle indagini- Marzolarà	scala 1:5.000
Elaborato 2a	Carta geologico tecnica - Calestano	scala 1:5.000
Elaborato 2b	Carta geologico tecnica - Ravarano	scala 1:5.000
Elaborato 2c	Carta geologico tecnica - Marzolarà	scala 1:5.000
Elaborato 3a	Carta delle frequenze naturali dei terreni - Calestano	scala 1:5.000
Elaborato 3b	Carta delle frequenze naturali dei terreni - Ravarano	scala 1:5.000
Elaborato 3c	Carta delle frequenze naturali dei terreni - Marzolarà	scala 1:5.000
Elaborato 4a	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica - Calestano	scala 1:5.000
Elaborato 4b	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica - Ravarano	scala 1:5.000
Elaborato 4c	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica - Marzolarà	scala 1:5.000
Elaborato 5a	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) - Calestano	scala 1:5.000
Elaborato 5b	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) - Ravarano	scala 1:5.000
Elaborato 5c	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) - Marzolarà	scala 1:5.000
Elaborato 6a1	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA_{PGA} Calestano	scala 1:5.000
Elaborato 6b1	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA_{PGA} Ravarano	scala 1:5.000
Elaborato 6c1	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - FA_{PGA} Marzolarà	scala 1:5.000
Elaborato 6a2	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - $FA_{IS\ 0,1-0,5\ s}$ Calestano	scala 1:5.000
Elaborato 6b2	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - $FA_{IS\ 0,1-0,5\ s}$ Ravarano	scala 1:5.000
Elaborato 6c2	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - $FA_{IS\ 0,1-0,5\ s}$ Marzolarà	scala 1:5.000
Elaborato 6a3	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - $FA_{IS\ 0,5-1,0\ s}$ Calestano	scala 1:5.000
Elaborato 6b3	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - $FA_{IS\ 0,5-1,0\ s}$ Ravarano	scala 1:5.000
Elaborato 6c3	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - $FA_{IS\ 0,5-1,0\ s}$ Marzolarà	scala 1:5.000

Inoltre, alla presente relazione, è allegato l'Elaborato 7- Prove tomografiche, in cui sono riportati tutti i report delle nuove indagini sismiche effettuate.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2014	1	62 di 62