



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



Regione Siciliana – Presidenza
 Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa MS Livello 1

Regione Sicilia

Comune di Zafferana Etnea



Regione



Regione Siciliana



Regione Siciliana – Presidenza
 Dipartimento della Protezione Civile



UNIONE EUROPEA
 Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



SICILIA 2014-2020



Repubblica Italiana

PO FESR SICILIA 2014-2020
 ASSE 5 – O.T. 5 – Azione 5.3.2

Soggetto realizzatore



LABORATORI RIUNITI



INGEAM

Ingegneria geologia ambiente



GEOLOGICA TOSCANA



Technoside s.r.l.
 SERVIZI DI INGEGNERIA



CASCONI ENGINEERING

Data

Gennaio 2022
 Geol. Carlo Cassaniti

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	2
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	6
2.1	SISMICITÀ STORICA DEL SETTORE INTERESSATO	6
2.2	STORIA SISMICA DEL COMUNE DI ZAFFERANA ETNEA.....	11
2.3	PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO	17
2.4	ELEMENTI TETTONICO-STRUTTURALI.....	23
2.5	SISTEMI DI FAGLIE ETNEE	25
2.6	FAGLIAZIONE COSISMICA E CREEP	29
2.7	FAGLIE ATTIVE E CAPACI.....	31
3	ASSETTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO	60
3.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	60
3.2	GEOMORFOLOGIA DEL TERRITORIO.....	60
3.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE	65
3.4	STRATIGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO.....	72
3.5	UNITA' GEOLOGICHE AFFIORANTI.....	76
4	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	86
4.1	ARCHIVIAZIONE INFORMATICA (DATABASE).....	86
4.2	INDAGINI DI NUOVA ACQUISIZIONE	87
4.3	DATI GEOTECNICI	87
4.4	TRAVERSE SISMICHE.....	94
4.5	INDAGINI HVSR.....	98
4.6	PROVE SISMICHE MASW	100
4.7	PROVE SISMICHE IN FORO DOWN HOLE	104
4.8	CLASSIFICAZIONE DELLE UNITA' GEOLOGICO-TECNICHE	111
4.9	STIMA DEL BEDROCK SISMICO	114
5	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	117
6	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	123
7	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	124
7.1	PORTALE WEBGIS DI GOVERNANCE	125
7.2	ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE.....	127
8	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	129
8.1	CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA	130
8.2	CARTA DELLE INDAGINI	133
8.3	CARTA GEOLOGICO-TECNICA	134
8.4	CARTA DELLE FREQUENZE	138
8.5	CARTA DELLE MOPS	139
9	CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI	145
10	BIBLIOGRAFIA.....	172
11	ALLEGATI	174

1 INTRODUZIONE

L'articolo 11 della legge n. 77 del 24 giugno 2009 di conversione del decreto legge n. 39 del 28 aprile 2009 per la ricostruzione in Abruzzo, prevede che siano finanziati interventi per la prevenzione del rischio sismico su tutto il territorio nazionale, grazie a un fondo istituito nello stato di previsione del Ministero dell'Economia e delle Finanze.

L'O.P.C.M. 3907/2010, all'art. 5 comma 3, dispone che le Regioni individuino, con proprio provvedimento, i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di Microzonazione sismica (MS), definendo, come soglia generale di ammissibilità al finanziamento, il valore di accelerazione massima al suolo "ag" superiore o uguale a 0,125 g, come specificato nell'Allegato 2 e nell'Allegato 7 della medesima Ordinanza. La Regione Siciliana ha quindi avviato un Piano Regionale di Microzonazione Sismica (D.G.R. n. 138 del 20 marzo 2017), su fondi europei PO FESR Sicilia 2014-2020 – OT 5 – Azione 5.3.2., coerentemente a quanto disposto dalle ordinanze ex art. 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77.

Il Dipartimento della Protezione Civile della Regione Siciliana – Servizio Rischio Sismico e Vulcanico S.03., con bando del 28 dicembre 2017 GU/S S248 e ai sensi dell'art. 60 del D.Lgs. 18 Aprile 2016 n. 50, modificato dal D.Lgs. 19 aprile 2017 n. 56, ha indetto una gara per l'aggiudicazione degli studi di Microzonazione Sismica Livello 1 (MS1), e per l'Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE), nei Comuni della Regione Sicilia con $a_g > 0,125g$ non compresi nelle attività finanziate dall'OPCM 3907/2010, compresi (Gibellina, Salemi e Vita) e allineamento ai criteri e indirizzi nazionali degli studi redatti ai sensi dell'OPCM 3278/2003 nei comuni interessati dagli eventi sismici-vulcanici etnei del 2002/2003 (c.d. Azione 1). A seguito delle procedure di gara conseguenti, la Rete Contratto MZS Sicilia, mandataria di raggruppamento temporaneo con altri operatori economici (Consorzio LR, Geologis, Ingeam, Geologica Toscana, Technoside e Cascone Engineering) è risultata aggiudicataria del lotto F di gara per i servizi sopra indicati, giusto decreto di aggiudicazione DDG/S3 n° 455 del 13 giugno 2019.

Il progetto di Microzonazione sismica di livello 1 (MS1) Lotto F, si compone di n. 34 Comuni, distribuiti nella Sicilia Orientale, interessando le provincie di Catania, Messina e Enna (Fig. 1.1).

La Rete di Professionisti "MZS Sicilia" ha impegnato in questo lotto i seguenti Professionisti:

Capo Progetto: geol. Filippo Cappotto;

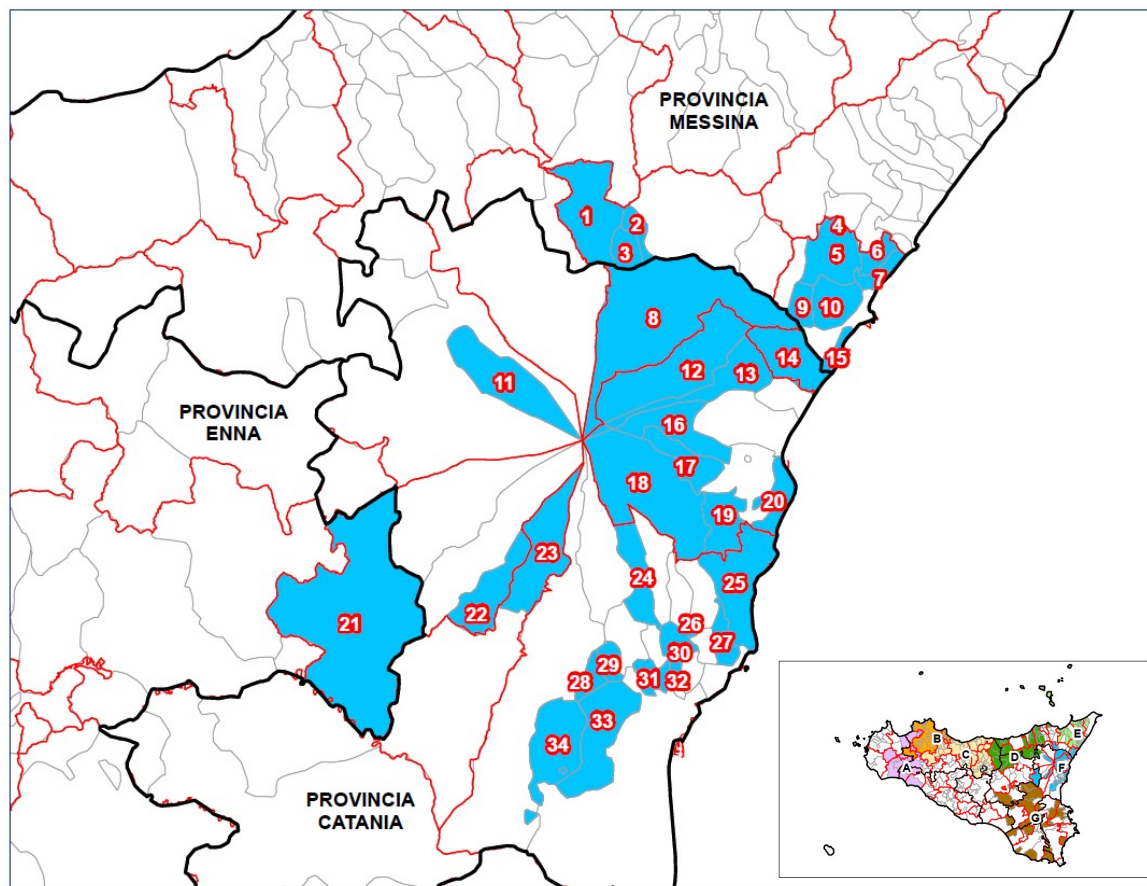
Coordinatore di Lotto: geol. Carlo Cassaniti

Esperti Gis; geol. Gaetano Salamone, dott. Damiano Gravina, geol. Nunzio Costa, arch. Giuseppe Cuffaro, geol. Antonino Torre



Referenti Comunali – geol. Salvatore Bannò, geol. Domenico Bella, geol. Carlo Cassaniti, geol. Saro Di Raimondo, geol. Alessio D’Urso, geol. Giuseppe Foti, geol. Corrado Ingallina, geol. Fabio Nicita, geol. Prospera Longo, geol. Gaetano Sabato, geol. Roberto Torre.

Esperto Pianificatore – arch. Andrea Marçel Pidalà



Legenda

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 1 Roccella Valdemone (ME) | 18 Zafferana Etnea (CT) |
| 2 Malvagna (ME) | 19 Santa Venerina (CT) |
| 3 Moio Alcantara (ME) | 20 Riposto (CT) |
| 4 Roccaflorita (ME) | 21 Centuripe (EN) |
| 5 Mongiuffi Melia (ME) | 22 Santa Maria di Licodia (CT) |
| 6 Gallodoro (ME) | 23 Ragalna (CT) |
| 7 Letojanni (ME) | 24 Pedara (CT) |
| 8 Castiglione di Sicilia (CT) | 25 Acireale (CT) |
| 9 Gaggi (ME) | 26 Aci Bonaccorsi (CT) |
| 10 Castelmola (ME) | 27 Aci Catena (CT) |
| 11 Maletto (CT) | 28 Camprotondo Etneo (CT) |
| 12 Linguaglossa (CT) | 29 San Pietro Clarenza (CT) |
| 13 Piedimonte Etneo (CT) | 30 San Giovanni la Punta (CT) |
| 14 Calatabiano (CT) | 31 Gravina di Catania (CT) |
| 15 Giardini-Naxos (ME) | 32 Sant'Agata li Battiati (CT) |
| 16 Sant'Alfio (CT) | 33 Misterbianco (CT) |
| 17 Milo (CT) | 34 Motta Sant'Anastasia (CT) |

Figura 1. 1 - Distribuzione geografica dei Comuni del Lotto F – Estratto da “Relazione Illustrativa nel Bando di Gara”

Il Referente della rete per l'espletamento delle attività di MS1 nel comune di Zafferana Etnea è il geologo Carlo Cassaniti.

Gli studi di Microzonazione Sismica, in funzione dei livelli di approfondimento, hanno l'obiettivo di definire la pericolosità sismica locale, individuando le aree del territorio in cui lo scuotimento sismico può subire modifiche in superficie e restituendo informazioni utili per il governo del territorio, per la progettazione, per la pianificazione urbana e per l'emergenza.



Fig. 1.2 Perimetrazione area studio MS1

Ogni attività prevista e esplicitata più avanti terrà conto, pertanto, degli obiettivi e delle ricadute in termini di pianificazione territoriale e di protezione civile. Gli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS) approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome in data 13 novembre 2008, gli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica e le Linee Guida per la gestione del territorio, nelle versioni più aggiornate (Vers. 4.1_Sicilia), rappresentano il riferimento fondamentale per la stesura degli elaborati cartografici di consegna e della relazione tecnica illustrativa relativa agli studi di MS1.

Tali attività sono state sviluppate come revisione dello studio di primo livello del Comune di Zafferana Etnea nell'ambito della "Microzonazione sismica del versante orientale dell'Etna", redatta a seguito degli eventi sismici concomitanti l'eruzione dell'Etna del 2002-2003 (Azzaro et al. 2010).

L'area di studio comprende il centro abitato di Zafferana e le frazioni di Fleri, Poggiofelice, Pisano, Sarro e Petrulli.

Oltre agli elaborati obbligatori, la Rete Contratto MZS Sicilia ha predisposto anche i seguenti elaborati considerati premianti dalla Stazione Appaltante, così come proposto in sede di offerta di gara. Tali documenti sono considerati propedeutici a quelli obbligatori:

- **Carta Geologica e Geomorfologica** derivata dalla revisione a scala dettagliata (1:10.000) delle carte geologiche edite e disponibili. In questa cartografia sono stati rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie. Sono state perimetrate le coperture detritiche, le aree instabili e quelle potenzialmente soggette a dissesti. Il prodotto finale è stato unificato e omogeneizzato secondo le convenzioni di

classificazione della CIS (Commissione Italiana di Stratigrafia) e del progetto CARG dell'ISPRA. Per la parte geomorfologica oltre alle frane sono stati riportati tutti i dati geomorfologici e strutturali necessari per la derivazione della carta geologico-tecnica.

- Sulla base delle informazioni provenienti dalle indagini geognostiche e geofisiche per gli studi di Microzonazione sismica di Livello 1 è stata effettuata una **analisi di riposta sismica locale 1D**. In particolare, per la definizione delle caratteristiche litostratigrafiche è stato utilizzato il sondaggio denominato **S3-DH (087055P59)**.

- E' stata infine eseguita una indagine geoelettrica combinata con una prova Tdem (**ERT 087055L26**), in corrispondenza di un tratto di faglia conosciuta in letteratura al fine di testare la tipologia di indagine su aree interessate da fagliazione cosismica superficiale. (Via Fleming – Fleri).

La prima fase è stata caratterizzata dal censimento presso il Comune e altri Enti territoriali di tutti i dati di carattere geologico disponibili al fine di costruire una banca dati pregressa sulla quale successivamente è stata proposta una perimetrazione dell'area in studio MS1 e un programma di indagini integrative, approvate dal DRPC Sicilia (Figura 1.3).

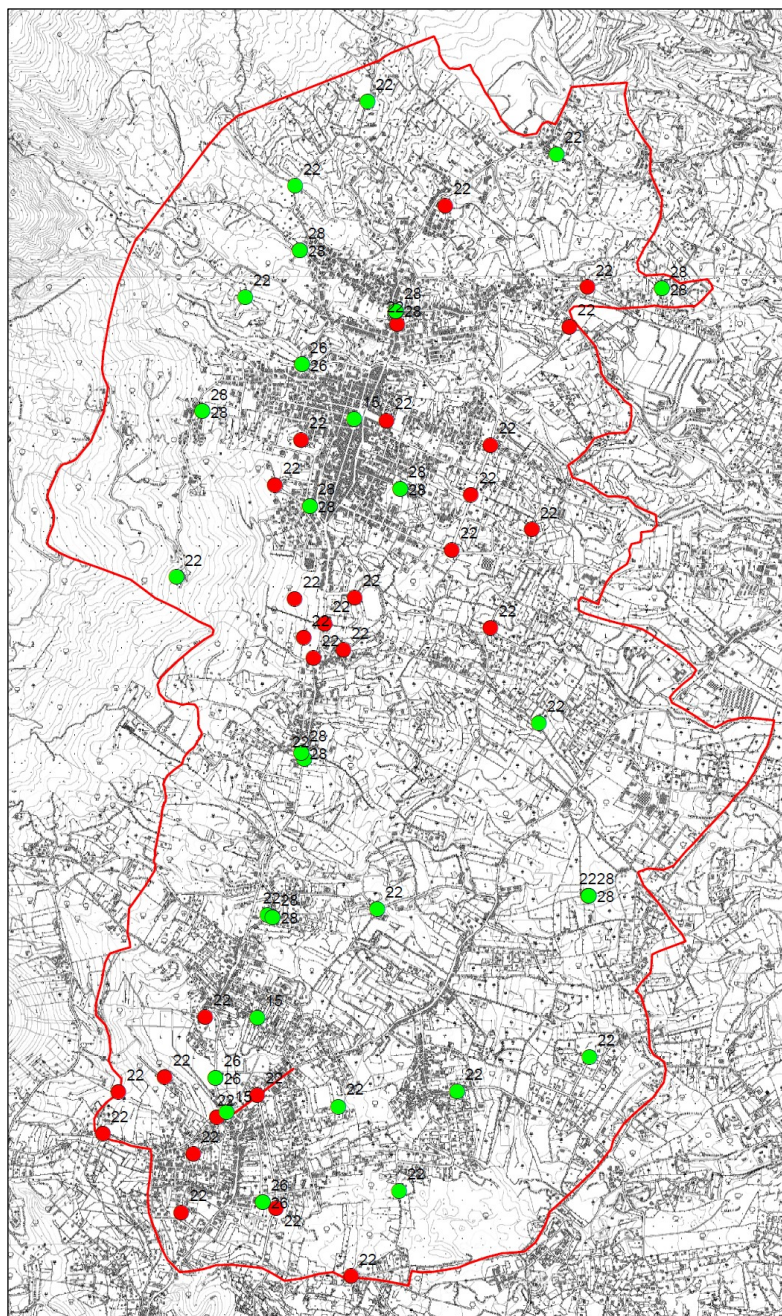


Figura 1.3 – Area in studio e piano indagini approvato da DRPC Sicilia (15= sondaggio a carotaggio continuo - 22 = HVSR – 28 = MASW)

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione viene definita la pericolosità sismica di base del Comune di Zafferana Etnea in provincia di Catania, in relazione sulla storia sismica.

Numerosi sono i grandi terremoti che hanno colpito la Sicilia Nord – Orientale in epoca storica. L'immagine estratta (Fig. 2.1) dal portale WebGis dell'INGV contiene i dati del Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15 release 2.0; Locati et al., 2019), che classifica 123.756 dati di intensità per 3.219 terremoti. I dati derivano da 189 tra studi, database, rapporti e bollettini pubblicati fino al 2019.



Figura 2.1 Epicentri dei forti terremoti (Guidoboni et al., 2007) e massime intensità macrosismiche risentite (locati et al., 2011) in Sicilia Nord-orientale.

2.1 SISMICITÀ STORICA DEL SETTORE INTERESSATO

Per la descrizione dei grandi terremoti che hanno colpito la Sicilia Orientale in epoca storica sono stati consultati i dati del Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15 versione 3.0; Rovida et al., 2021). Tale nuova versione rappresenta una significativa evoluzione rispetto alle precedenti.

Anche se i criteri generali di compilazione e la struttura sono gli stessi della precedente versione CPTI11 (Rovida et al., 2011), il contenuto del catalogo è stato ampiamente rivisto per quanto concerne:

- la copertura temporale, estesa a tutto il 2019;
- il database macrosismico di riferimento (DBMI15 versione 3.0; Locati et al., 2021), significativamente aggiornato;
- i dati strumentali considerati, nuovi e/o aggiornati;
- le soglie di ingresso dei terremoti, abbassate a intensità massima 5 o magnitudo 4.0 (invece di 5-6 e 4.5 rispettivamente);
- la determinazione dei parametri macrosismici, basata su una nuova calibrazione dell'algoritmo Boxer;
- le magnitudo strumentali, che comprendono un nuovo set di dati e nuove relazioni di conversione.

Il catalogo copre l'intero territorio italiano con porzioni delle aree e dei mari confinanti e contiene 4.860 terremoti nella finestra temporale 1000-2019. Il catalogo, quindi, considera e armonizza il più possibile dati di base di diverso tipo e provenienza.

Per i terremoti dell'area vulcanica dell'Etna (Figura 2.1.1) la magnitudo macrosismica è stata determinata con la relazione di conversione da Io a M_L di Azzaro et al. (2011), valida per i terremoti dell'area. La relazione da Io a M_d di Azzaro et al. (2011) è stata invece applicata ai terremoti dell'area vulcanica dei Campi Flegrei e di Ischia per cui non è disponibile una relazione specifica. I valori di M_L e di M_d così ottenuti sono stati successivamente convertiti a M_w con le relazioni di Saraò et al. (2015) e Petrosino et al. (2008) valide rispettivamente per le aree vulcaniche dell'Etna e dei Campi Flegrei. I terremoti appartenenti a tali aree sono marcati nella colonna "Sect" del file del catalogo.

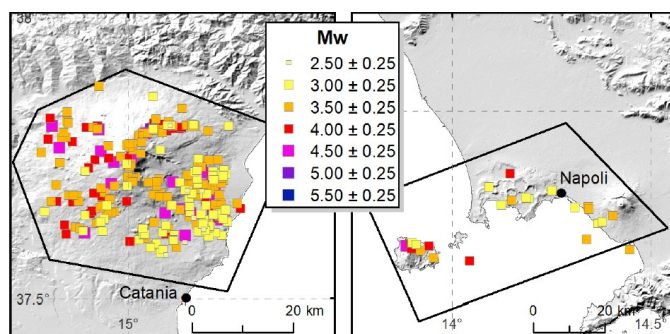


Figura 2. Aree vulcaniche dell'Etna (sinistra) e dei Campi Flegrei (destra) come definite per gli scopi di CPTI15 e relativa sismicità.

Figura 2.1.1 Estratto da Rovida et al., 2021 - Aree vulcaniche dell'Etna (sinistra) e dei Campi Flegrei (destra) come definite per gli scopi di CPTI15 e relativa sismicità.

Tra gli eventi sismici di maggiore rilevanza sicuramente si può annoverare il terremoto della Val di Noto dell'11 Gennaio 1693, che è quello che più si è impresso nella memoria storica locale dell'intera Sicilia orientale per molte ragioni: la vastità dell'area colpita, la gravità degli effetti, i mutamenti subiti da una intera rete insediativa e infine la straordinaria capacità progettuale che caratterizzò la fase di ricostruzione.

Viene di seguito riportata la descrizione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015.

**Terremoto del 11.01.1693, ore 13:30,
lat=37.42, lon=15.05, lmax=11, Me=7.5**

(CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes).

Il terremoto del gennaio 1693 colpì un territorio vastissimo, in due riprese, a distanza di due giorni. La prima scossa avvenne il 9 gennaio alle ore 4:30 italiane (21:00 GMT ca.).

Nonostante le difficoltà incontrate nel distinguere gli effetti di questo primo evento da quelli del terremoto

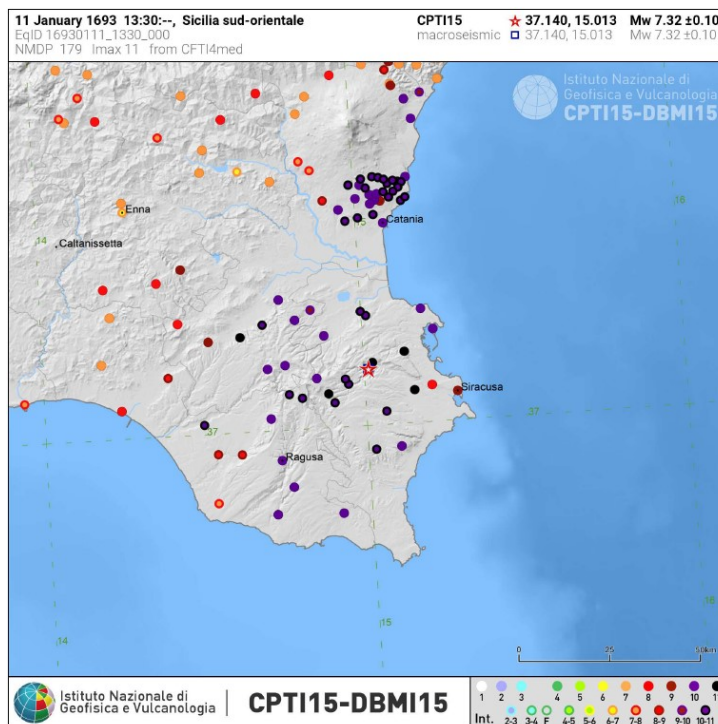


Fig. 2.1.2 Terremoto del 1693 – CPTI15-DBMI15

successivo, è stato possibile delineare, in maniera soddisfacente, il quadro complessivo degli effetti. La seconda scossa avvenne l'11 gennaio alle ore 21 italiane (13:30 GMT ca.).

Gli effetti furono catastrofici anche perché si sovrapposero in parte a quelli della scossa precedente. L'area colpita fu tuttavia molto più vasta: un intero territorio di oltre 14.000 kmq, considerando solo l'area dei danni maggiori, fu sconvolto; complessivamente danni di rilievo sono stati riscontrati in un'area che va dalla Calabria meridionale a Palermo e all'arcipelago maltese.

Ovviamente l'ampiezza totale dell'area di risentimento è sconosciuta perché il mare limita il riscontro degli effetti osservabili; tuttavia, sembra accertato che la scossa fu avvertita sensibilmente nella Calabria settentrionale e sulla costa tunisina.

Tutte le città più importanti della Sicilia sud orientale furono sconvolte. Catania fu quasi interamente distrutta, così come Acireale e tutti i piccoli insediamenti sparsi sul versante orientale dell'Etna.

Distruzioni vastissime si verificarono in tutti i centri della Val di Noto: Vizzini, Sortino, Scicli, Ragusa, Palazzolo Acreide, Modica, Melilli, Lentini, Ispica, Occhiolà, Carlentini, Avola, Augusta, Noto. Crolli molto estesi subirono Siracusa, Caltagirone, Vittoria, Comiso. In complesso sono 70 i centri nei quali si verificarono danni uguali o maggiori al IX grado MCS. Crolli e danni gravi subirono anche Messina ed alcuni centri della costa nordorientale, fra cui Patti e Naso; lesioni e crolli parziali si ebbero a Palermo, Agrigento, Reggio Calabria e, più gravi, a Malta; danni più leggeri, si ebbero in alcuni centri della Calabria Meridionale.

Questo disastro sismico costituisce quindi un importante episodio nella storia del popolamento e dell'urbanistica siciliana, nonché un evento di grande interesse per la storiografia e per la sismologia. In figura 2.1.2 si riportano i valori dell'intensità macrosismica dell'evento.

I terremoti di riferimento della storia sismica di Zafferana Etnea (con $I > 7$) sono quelli del 1818, del 1908 e del 1984 (Fig. 2.1.3 – 2.1.4 – 2.1.5)

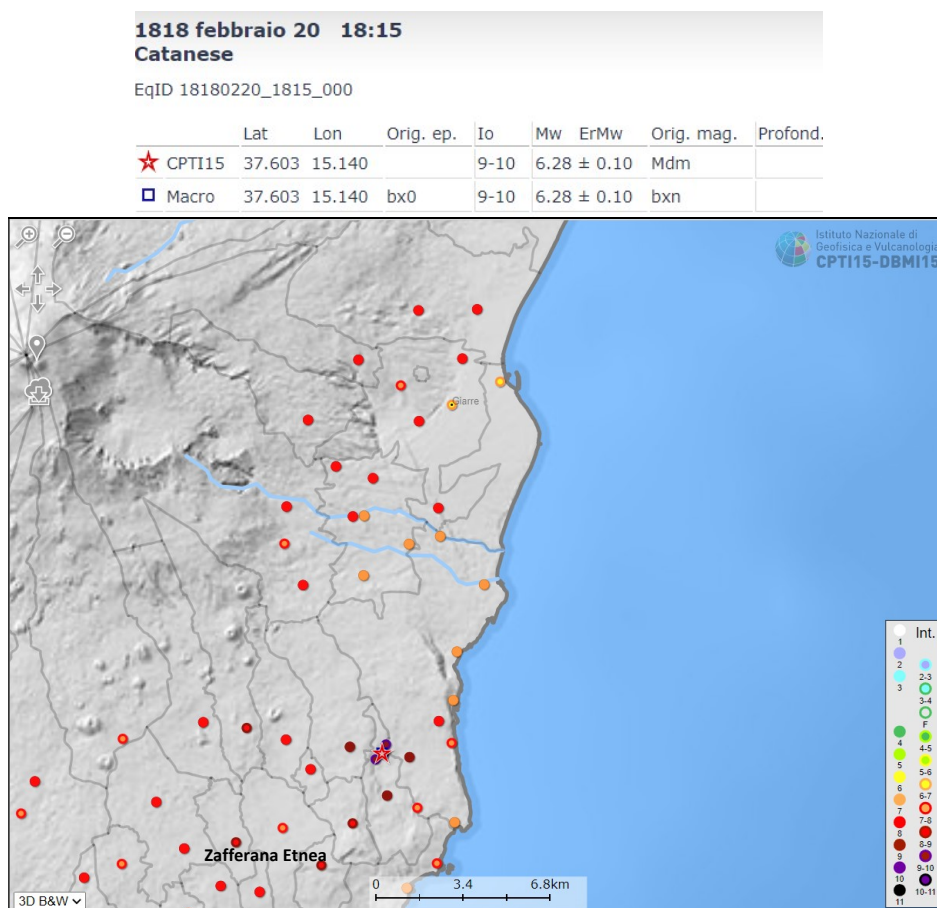


Fig. 2.1.3 – Terremoto del 1818 (CPTI15-DBMI15)

1908 dicembre 28 04:20:27
Stretto di Messina

EqID 19081228_0420_000

	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	38.146	15.687		11	7.10 ± 0.18		InsO	
□ Macro	38.146	15.687	bx0	11	7.12 ± 0.10		bxn	
Instr	-				7.10 ± 0.18		SM	

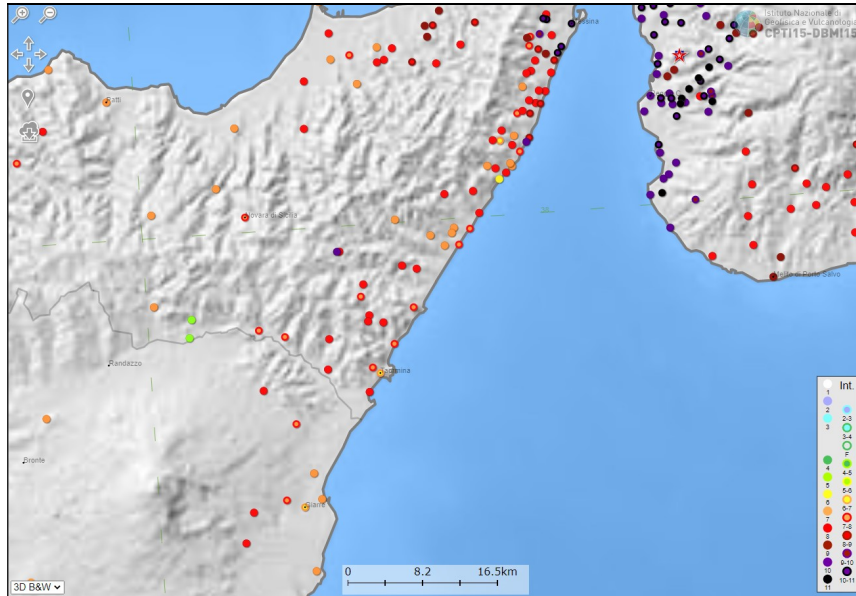


Fig. 2.1.4 – Terremoto del 1908 (CPTI15-DMBI15)

1984 ottobre 19 17:43:14.14
Etna - Zafferana Etnea

EqID 19841019_1743_000

	Lat	Lon	Orig. ep.	Io	Mw	ErMw	Orig. mag.	Profond.
★ CPTI15	37.708	15.079		7	4.55 ± 0.38		InsC	0.1
□ Macro	37.698	15.105	bx0	7	3.75 ± 0.34		IoV1	
◇ Instr	37.708	15.079	UNICT005		4.55 ± 0.38		Pry_MdMI	0.1

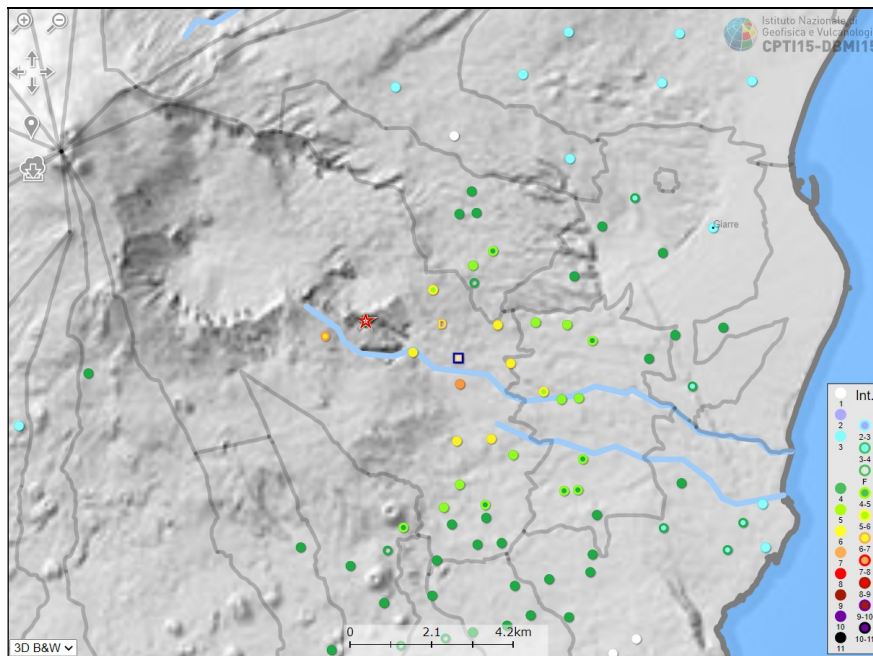


Fig. 2.1.5 – Terremoto del 1984 (CPTI15-DMBI15)

2.2 STORIA SISMICA DEL COMUNE DI ZAFFERANA ETNEA

Il “*Catalogo dei forti terremoti dal 461 a.C. al 1997*” dell’INGV permette di individuare più di venti forti terremoti con epicentro in Sicilia che, ipotizzando normali leggi di attenuazione dell’Intensità macrosismica, dovrebbero avere avuto a Zafferana Etnea effetti macrosismici di notevole intensità ($I > 6$ MCS) (Fig. 2.2.1)

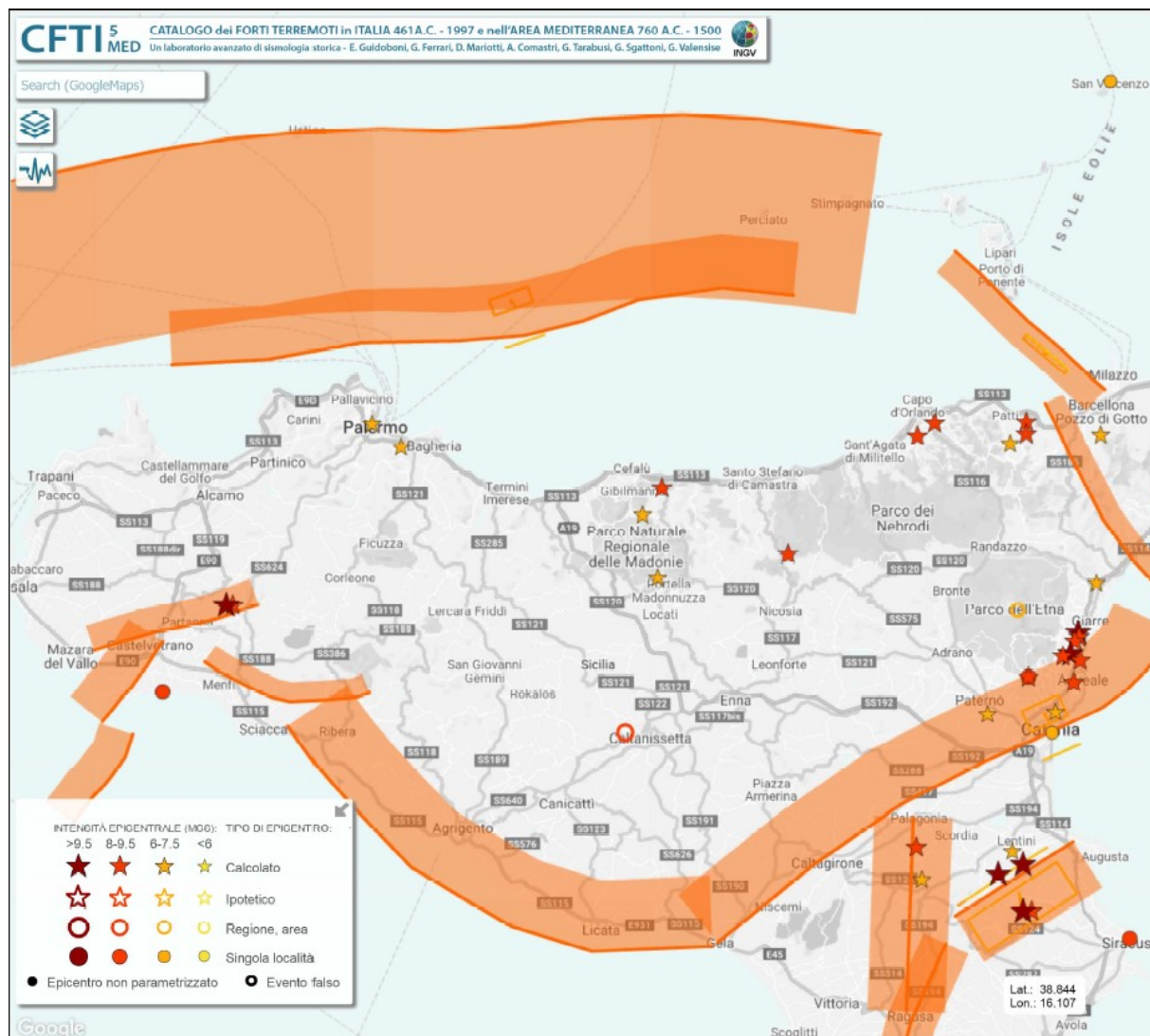


Fig. 2.2.1 - Il “*Catalogo dei forti terremoti dal 461 a.C. al 1997*” Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Sgattoni G., Valensise G. (2018) - CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell’area Mediterranea (760 a.C.-1500). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). doi: <https://doi.org/10.6092/ingv.it-cfti5> & Guidoboni E., Ferrari G., Tarabusi G., Sgattoni G., Comastri A., Mariotti D., Ciuccarelli C., Bianchi M.G., Valensise G. (2019), CFTI5Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area, Scientific Data 6, Article number: 80 (2019). doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0091-9>.

L'analisi della "storia sismica" è stata eseguita consultando il sito internet <http://emidius.mi.ingv.it>; nella figura 2.2.2 vengono riportati gli eventi sismici storici relativi all'areale di studio nel Comune di Zafferana Etnea.

Zafferana Etnea

PlaceID	IT_67981
Coordinate (lat, lon)	37.692, 15.105
Comune (ISTAT 2015)	Zafferana Etnea
Provincia	Catania
Regione	Sicilia
Numero di eventi riportati	150



Database Macrosismico Italiano

DBMI15

Versione 3.0

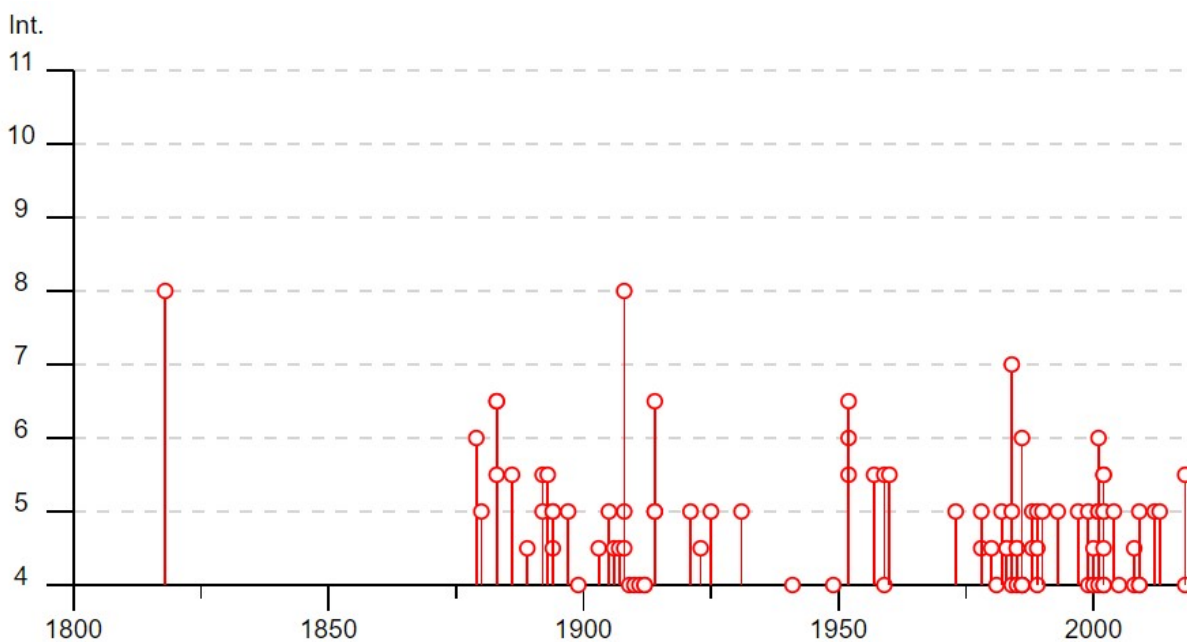


Figura 2.2.2 (CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes)

La figura 2.2.3 riporta il risultato della ricerca sul database DBMI15, che individua 150 eventi significativi per il territorio di Zafferana Etnea, a partire dall'evento del 1818.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8	🔗	1818	02	20	18	15	Catanese	128	9-10	6.28
3-4	🔗	1865	08	19	12	30	Etna - S. Maria Ammalati (Acireale)	16	8	4.31
6	🔗	1879	06	17	06	50	Etna - Bongiaro (S. Venerina)	25	8-9	4.59
5	🔗	1880	06	18	20	30	Etna - Versante orientale	5	5	2.63
6-7	🔗	1883	03	22	00	15	Etna - Nicolosi	7	8-9	4.59
6-7	🔗	1883	06	24	07	47	Etna - Versante orientale	4	7-8	4.03
5-6	🔗	1883	11	13	17	00	Etna - Versante orientale	3	5-6	2.91
3	🔗	1885	03	11	00	15	Etna - Macchia (Giarre)	8	5-6	2.91
5-6	🔗	1886	06	05	11	13	Etna - S. Venerina	21	7	3.75
4-5	🔗	1889	12	25	17	23	Etna - S. Maria Ammalati (Acireale)	25	7-8	4.03
2-3	🔗	1892	01	22	23	47	Monti Iblei	26	5	4.41
5-6	🔗	1892	07	08	18	50	Etna - Versante meridionale	13	7-8	4.03
5	🔗	1892	07	09	13	32	Etna - Versante orientale	4	6	3.19
3-4	🔗	1893	03	31	00	00	Etna - Nicolosi	9	6-7	3.47
5-6	🔗	1893	04	01	07	09	Etna - Zafferana Etnea	8	6-7	3.47
3	🔗	1893	04	22	03	20	Monti Nebrodi	33	6-7	4.83
4-5	🔗	1894	08	07	12	58	Etna - Zerbate (Aci S. Antonio)	12	6	3.19
5	🔗	1894	08	08	05	16	Etna - Mazzasette (Acireale)	45	8-9	4.59
5	🔗	1894	11	16	17	52	Calabria meridionale	303	9	6.12
5	🔗	1897	02	11	23	33 07	Ionio meridionale	96	5	5.03
3-4	🔗	1898	05	14	04	45	Etna - S. Maria Licodia	35	7-8	4.03
3	🔗	1898	11	03	05	59	Calatino	48	5-6	4.51
4	🔗	1899	07	02	04	54	Etna - Guardia (Acireale)	9	6	3.19
3	🔗	1899	09	23	22	11	Etna - Fossa Dell'Acqua (Acireale)	8	5-6	2.91
4-5	🔗	1903	11	20	09	57	Etna - Viagrande	19	6-7	3.47
5	🔗	1905	09	08	01	43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
4-5	🔗	1906	11	20	14	34	Etna - Versante orientale	11	5-6	2.91
4-5	🔗	1907	12	07	21	28	Etna - Fiandaca (Acireale)	24	7-8	4.03
4-5	🔗	1908	05	05	13	50	Etna - S. Venerina	4	6	3.19
5	🔗	1908	05	26	16	47	Etna - Versante orientale	15	6	3.19
3	🔗	1908	12	10	06	20	Monti Peloritani	64	7	5.11
8	🔗	1908	12	28	04	20 27	Stretto di Messina	772	11	7.10
3	🔗	1909	10	21	05	45	Etna - S. Maria Ammalati (Acireale)	18	6	3.19

4	🔗	1909 10 21 16 48	Etna - S. Giovanni Bosco (Acireale)	13	7	3.75
4	🔗	1910 07 03 03 57	Etna - S. Giovanni Montebello (Giarr	9	5-6	2.91
4	🔗	1911 10 15 08 52	Etna - Fondo Macchia (Giarre)	48	8-9	4.59
4	🔗	1912 12 11 10 22	Etna - Versante orientale	8	5-6	2.91
4	🔗	1912 12 22 08 05	Stretto di Messina	56	5-6	4.68
5	🔗	1914 05 07 17 36	Etna - Fiandaca (Acireale)	11	6	3.19
6-7	🔗	1914 05 08 18 01	Etna - Linera (S. Venerina)	82	9-10	5.15
5	🔗	1914 05 26 08 49	Etna - Lavinaio (Aci S. Antonio)	8	7	3.75
5	🔗	1921 01 21 17 28	Etna - Versante orientale	1	5	2.63
4-5	🔗	1923 11 15 20 00	Etna - Piedimonte Etneo	14	6-7	3.47
5	🔗	1925 07 06 06 36	Etna - Versante orientale	6	5	2.63
5	🔗	1931 08 03 21 12	Etna - Fiandaca (Acireale)	40	6-7	3.47
4	🔗	1941 03 27 05 20	Etna - Fleri (Zafferana E.)	12	6-7	3.47
NF	🔗	1947 05 11 06 32 15	Calabria centrale	254	8	5.70
4	🔗	1949 10 08 03 08	Sicilia sud-orientale	32	7	5.10
6	🔗	1952 03 01 12 29	Etna - Rocca D'Api (Zafferana E.)	22	6-7	3.47
5-6	🔗	1952 03 02 14 14	Etna - Rocca D'Api (Zafferana E.)	20	6-7	3.47
6-7	🔗	1952 03 19 08 13	Etna - Linera (S. Venerina)	105	7-8	4.03
3	🔗	1953 02 25 00 07 46	Vibonese	56	5-6	4.88
5-6	🔗	1957 03 03 09 27	Etna - Zafferana Etnea	18	6-7	3.47
5-6	🔗	1959 11 14 20 38	Etna - Zafferana Etnea	2	6-7	3.47
4	🔗	1959 12 23 09 29	Piana di Catania	108	6-7	5.11
5-6	🔗	1960 07 25 06 18	Etna - Zafferana Etnea	5	6-7	3.47
5	🔗	1973 08 03 19 49	Etna - S. Maria Ammalati (Acireale)	35	7	3.75
3	🔗	1973 08 18 22 38	Etna - Guardia (Acireale)	18	7	3.75
NF	🔗	1975 01 16 00 09 45	Stretto di Messina	346	7-8	5.18
NF	🔗	1977 06 05 13 59	Monti Nebrodi	108	6-7	4.61
4-5	🔗	1978 04 15 23 33 4	Golfo di Patti	330	8	6.03
5	🔗	1978 05 17 08 57	Etna - Versante orientale	3	5-6	2.91
2-3	🔗	1980 01 23 21	Monti Iblei	122	5-6	4.39
3	🔗	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4-5	🔗	1980 11 26 01 38	Etna - Fornazzo (Milo)	21	6-7	3.47
NF	🔗	1981 04 30 12 32	Etna - Pozzillo (Acireale)	29	6	3.96
4	🔗	1981 07 07 21 38	Etna - Rondinella (S. Venerina)	26	5-6	3.73
2-3	🔗	1981 07 19 12 56	Etna - Sciara (Giarre)	17	5-6	2.91

2-3	🔗	1981 09 01 23 32	Etna - S. Maria Ammalati (Acireale)	44	5-6	2.91
2-3	🔗	1981 09 13 04 49	Etna - S. Maria Ammalati (Acireale)	56	6-7	3.62
5	🔗	1982 07 06 14 37	Etna - C.da Algerazzi (Zafferana E.)	150	7	3.27
4-5	🔗	1983 07 20 22 03 3	Etna - Viagrande	106	7-8	4.30
4-5	🔗	1983 11 30 14 25	Etna - Ballo (Zafferana E.)	45	5-6	2.80
2-3	🔗	1984 06 17 16 51 0	Etna - S. Maria la Stella (Aci S. A	15	5-6	3.50
4	🔗	1984 06 19 15 19 2	Etna - Fiandaca (Acireale)	46	7	3.96
7	🔗	1984 10 19 17 43 1	Etna - Zafferana Etnea	124	7	4.55
5	🔗	1984 10 25 01 11 0	Etna - Fleri (Zafferana E.)	122	8	4.43
3-4	🔗	1984 11 07 08 56 2	Etna - Pedara	15	5-6	3.73
4-5	🔗	1985 10 10 19 26 0	Etna - Linera (S. Venerina)	39	5-6	3.85
4	🔗	1985 12 25 02 39 5	Etna - Piano Provenzana (Linguagloss	20	7	4.20
4-5	🔗	1985 12 26 02 34 0	Etna - S. Alfio	14	7	4.40
4	🔗	1986 01 12 06 29 5	Etna - Bongiaro (S. Venerina)	26	6	3.73
6	🔗	1986 01 12 23 37 3	Etna - S. Venerina	53	6-7	3.96
4	🔗	1986 01 18 00 16 0	Etna - Dagala (S. Venerina)	35	5-6	3.62
F	🔗	1986 01 18 21 41 3	Etna - Dagala (S. Venerina)	6	5-6	3.60
3	🔗	1986 02 01 22 52 3	Etna - S. Giovanni Bosco (Acireale)	48	6-7	3.85
3-4	🔗	1986 02 02 16 10 0	Etna - S. Giovanni Bosco (Acireale)	63	7	4.08
3-4	🔗	1986 10 05 11 28 4	Etna - Versante meridionale	19	5-6	3.27
4	🔗	1986 10 29 23 18 0	Etna - Piano Provenzana (Linguagloss	74	7	3.90
4	🔗	1986 11 03 06 32 5	Etna - C.da Algerazzi (Zafferana E.)	86	6-7	3.40
5	🔗	1988 04 01 23 43 2	Etna - Versante orientale	30	6-7	3.10
2-3	🔗	1988 06 19 01 44 23	Etna - Versante settentrionale	37	6	3.50
3	🔗	1988 10 28 18 48 45	Etna - Piano Pernicana (Linguaglossa)	66	6	3.62
4-5	🔗	1988 12 19 02 22 1	Etna - Ballo (Zafferana E.)	49	5-6	3.38
4	🔗	1989 01 29 07 30 3	Etna - Codavolpe (S. Venerina)	78	7	3.40
5	🔗	1989 06 28 21 36 3	Etna - Zafferana Etnea	32	5-6	2.80
4-5	🔗	1989 07 27 15 08 51	Etna - Caselle (Milo)	55	6	3.15
5	🔗	1990 12 13 00 24 2	Sicilia sud-orientale	304		5.61
2-3	🔗	1990 12 16 13 50 2	Ionio meridionale	105		4.38
5	🔗	1993 06 14 05 13 0	Etna - Ballo (Zafferana E.)	46	5-6	3.50
3-4	🔗	1993 10 12 20 21 2	Etna - Versante nord-occidentale	28	4	4.23
3-4	🔗	1996 12 02 13 01 40	Etna - C.da Luminaria (S. Venerina)	42	6	3.50
5	🔗	1997 09 02 10 42 4	Etna - Zafferana Etnea	33	5-6	3.50

NF	🔗	1997	11	11	07	27	56	Etna - S. Maria la Stella (Aci S. A	35	5-6	3.03
3	🔗	1997	11	11	18	44	1	Etna - S. Maria la Stella (Aci S. A	35	5-6	3.38
3-4	🔗	1998	01	10	08	45	18	Etna - Versante sud-occidentale	44	6-7	3.96
NF	🔗	1998	05	22	11	54	43	Etna - Nicolosi	29	6	3.50
4	🔗	1999	08	05	14	57	0	Etna - Versante sud-occidentale	35	6	4.00
5	🔗	1999	12	26	14	19	4	Etna - C.da Ilice Carlino (Milo)	43	5-6	3.27
4	🔗	2000	01	11	08	20	5	Etna - S. Alfio	39	6-7	3.38
4-5	🔗	2000	11	05	17	26	2	Etna - Versante meridionale	70	5-6	3.85
6	🔗	2001	01	09	02	51	5	Etna - Zafferana Etnea	104	6	3.73
4	🔗	2001	04	22	13	56	3	Etna - Versante occidentale	55	6	4.19
2	🔗	2001	05	17	11	43	0	Tirreno meridionale	206	4	4.97
3	🔗	2001	05	26	06	02	1	Ionio meridionale	35		4.46
5	🔗	2001	07	13	03	15	31	Etna - Versante meridionale	25	6-7	4.00
3-4	🔗	2001	07	14	05	53	1	Etna - C.da Calcerana (Adrano)	16	6	3.50
5	🔗	2001	07	22	12	32	1	Etna - Versante orientale	20	5	3.50
5	🔗	2001	08	20	22	44	5	Etna - Versante orientale	12	5	3.50
3-4	🔗	2001	10	28	09	03	5	Etna - S. Maria Ammalati (Acireale)	67	6	3.30
5	🔗	2002	03	24	23	05	3	Etna - Versante orientale	40	6	3.27
4	🔗	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
3	🔗	2002	09	22	16	01	5	Etna - Piano Provenzana (Linguagloss	35	6	3.85
4	🔗	2002	10	27	02	50	2	Etna - Piano Provenzana (Linguagloss	17	8	4.84
5-6	🔗	2002	10	29	10	02	2	Etna - Bongiaro (S. Venerina)	38	8	4.75
5-6	🔗	2002	10	29	17	14	0	Etna - Milo	17	7-8	3.90
5	🔗	2002	11	24	06	59	5	Etna - Versante orientale	15	6	3.70
4-5	🔗	2002	12	02	12	28	1	Etna - Macchia (Giarre)	30	6	3.20
3-4	🔗	2003	02	13	05	32	4	Etna - Piano Pernicana (Linguaglossa)	4	6	2.57
3	🔗	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
3	🔗	2004	06	01	10	32	2	Etna - Piano Pernicana (Linguaglossa)	17	6-7	3.73
5	🔗	2004	07	22	02	11	2	Etna - Versante orientale	34	6-7	3.62
4	🔗	2005	10	31	00	02	4	Etna - Trecastagni	32	6-7	3.80
3	🔗	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56
3-4	🔗	2006	12	19	14	58	0	Etna - Versante nord-occidentale	28	6	4.19
4-5	🔗	2008	04	09	04	14	3	Etna - Versante orientale	25	5-6	3.50
4	🔗	2008	12	16	02	30	1	Etna - Versante sud-occidentale	38	6	4.00
5	🔗	2009	03	14	09	26	5	Etna - Versante orientale	31	6	3.50

4	🔗	2009 05 13 14 13 4	Etna - San Matteo (Giarre)	58	6	3.60
NF	🔗	2009 08 25 16 58 0	Etna - Piano Pernicana (Linguaglossa)	8	4-5	3.60
4	🔗	2009 12 19 09 01 1	Etna - Maletto	64	6	4.39
3	🔗	2010 11 08 18 17 3	Etna - S. Maria la Stella (Aci S. A)	17	5	3.00
5	🔗	2012 06 27 21 58 0	Etna - Versante orientale	23	6	3.20
NF	🔗	2013 01 04 07 50 06	Monti Nebrodi	38	5	4.37
5	🔗	2013 05 23 13 04 4	Etna - Versante orientale	41	5	3.40
NF	🔗	2014 09 25 16 33 5	Etna - S. Maria la Stella (Aci S. An)	22	5-6	3.30
NF	🔗	2015 12 08 09 28 29	Etna - Versante nord-orientale	19	5	3.60
3	🔗	2016 02 08 15 35 4	Monti Iblei	58	5-6	4.44
4	🔗	2018 10 06 00 34 19	Etna - Versante sud-occidentale	44	7-8	4.72
5-6	🔗	2018 12 26 02 19 14	Etna - Fleri	48	8	5.02

Figura 2.2.3 – Eventi sismici significativi nel Comune di Zafferana Etnea

Nel **capitolo 9 “Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati”** sono stati descritti nel dettaglio i terremoti del 1894, 1914, 1984, 2002 e 2018. Quest’ultimo, avente ML 4.8, corrispondente a Mw 4.9, ha registrato come area epicentrale la zona di Fleri (frazione del Comune di Zafferana Etnea).

2.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO

Secondo l’UNDRO (United Nations Disaster Relief Office) con il termine **“Pericolosità sismica”** si definisce la probabilità del verificarsi in una determinata area e in un determinato periodo temporale, con una certa eccedenza, lo scuotimento atteso e generato da un evento sismico dannoso per le attività umane con l’insieme degli effetti geologici e geofisici a esso connessi.

Gli elementi fondamentali che concorrono ad una moderna valutazione della “Pericolosità sismica” sono pertanto da ricercare nelle caratteristiche storiche, sismologiche, sismogenetiche, geologiche, relative al territorio analizzato.

Per quanto riguarda la quantificazione della pericolosità si fa riferimento ad alcune grandezze.

La prima è **l’intensità sismica**, misura della potenzialità distruttiva del terremoto che può essere valutata in modi diversi: sono infatti ben note le Scale *Mercalli Modificata* (MM), *Medvedev-Sponhenar-Karnik* (MSK) e *Mercalli-Cancani-Sieberg* (MCS) che si riferiscono a gradi macrosismici.

Un altro parametro, che viene attualmente molto utilizzato è il **valore massimo dell'accelerazione al suolo (P.G.A.: Peak Ground Acceleration)**; l'accelerazione è misurata relativamente all'accelerazione di gravità ($g = 9,80 \text{ m/sec}^2$), un valore di $0,1g$ è già capace di generare danni.

Il parametro generalmente usato da Geologi e Geofisici per la quantificazione della pericolosità sismica è l'intensità macrosismica, per cui i valori di pericolosità possono essere espressi con riferimento sia all'uno che all'altro parametro.

Le zone sismiche previste dalle nuove norme vengono definite in base ai valori di accelerazione al suolo.

La magnitudo di un terremoto è l'energia totale scaricata dal sisma.

Un sisma di una certa magnitudo genera alla base di una costruzione una certa accelerazione sismica (espressa convenzionalmente come fattore dell'accelerazione di gravità) che può variare in relazione alla distanza, alla conformazione degli strati rocciosi di fondazione, alla morfologia e alle caratteristiche dell'onda.

Magnitudo e accelerazione sono comunque in relazione, ma ai fini edificatori è più importante definire l'accelerazione sismica di progetto o PGA (Parametro di scuotimento sismico).

Con l'emanazione della OPCM 3274/2003, seguita dall' Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519 e quindi dalle norme tecniche (NTC-2018), è stata introdotta un'importante evoluzione in materia di progettazione antisismica. Il territorio nazionale è stato riclassificato in 4 zone sismiche a pericolosità decrescente, abbandonando il concetto di "categoria" e superando il problema dei limiti amministrativi¹. Le zone sismiche previste dalle nuove norme vengono definite in base ai valori di accelerazione sismica al suolo a_g (accelerazione orizzontale massima su suolo di Cat. A) che sostituisce il coefficiente S .

La pericolosità sismica del territorio italiano viene espressa in termini di accelerazione massima del suolo come frazione dell'accelerazione di gravità (g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ($V_{s_{eq}} > 800 \text{ m/sec}$ – Cat A).

La mappa riportata in Fig. 2.3.1 mostra come il comune di Zafferana Etnea ricada in un'area con PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, cioè periodo di ritorno 475 a, compresa fra $0.200 g$ e $0.225 g$. Questa è una scelta di parametri convenzionale ed in particolare è il valore di riferimento per l'Eurocodice 8 (EC8), nel quale vengono stabilite le norme per il progetto e la costruzione di strutture.

¹ Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Akinci A., Faccioli E., Gasperini P., Malagnini L., Valensise G. (2004). Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale MPS04 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/sh/mps04/ag>

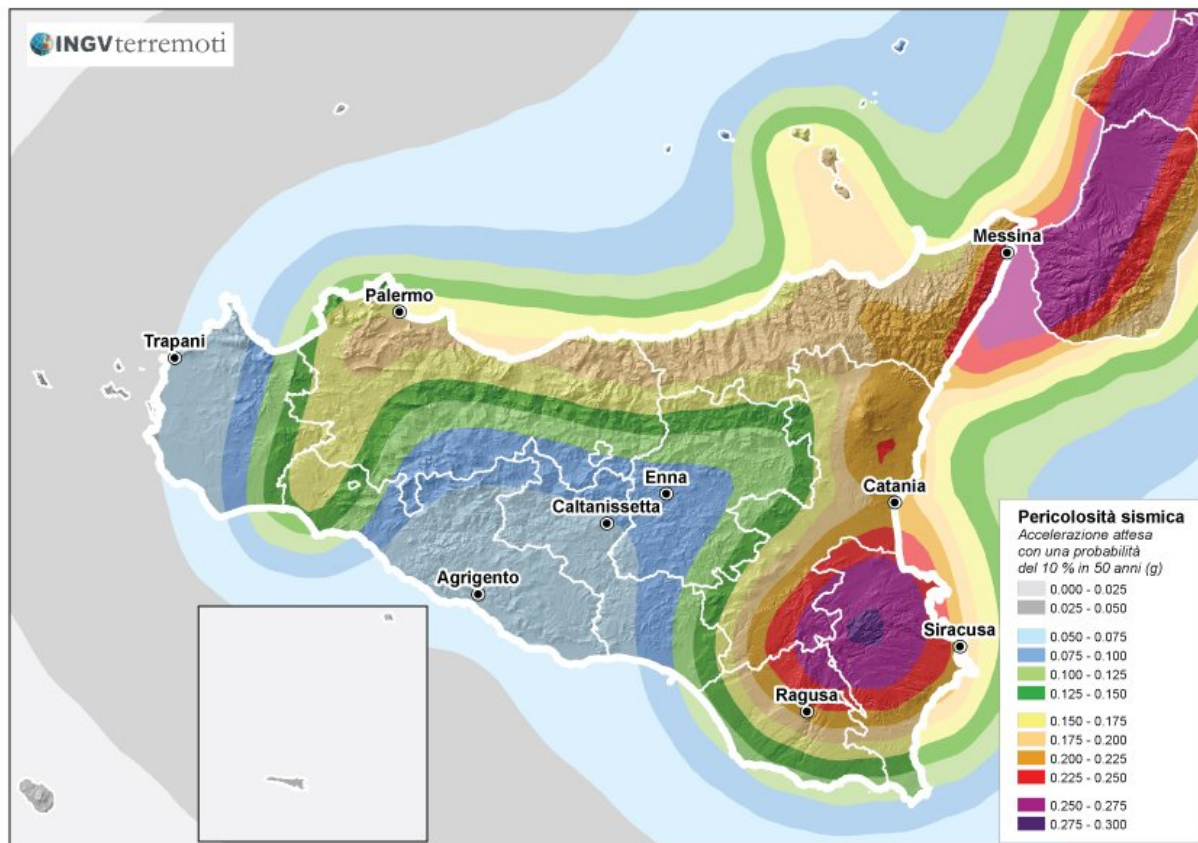


Fig. 2.3.1 Mappa della pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_S > 800$ m/s), Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All.1b; estratta da: <http://zonesismiche.mi.ingv.it>

Di fatto con l'introduzione della zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica, sparisce il territorio "non classificato".

L'attuazione dell'ordinanza n.3274 del 2003 ha permesso di ridurre notevolmente la distanza fra la conoscenza scientifica consolidata e la sua traduzione in strumenti normativi e ha portato a progettare e realizzare costruzioni nuove e più sicure, anche con l'uso di tecnologie innovative.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Ordinanza PCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), da attribuire alle 4 zone sismiche (Tabella 1).

ZONA SISMICA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (ag/g)
Zona 1	>25	0,35 g
Zona 2	0,15 – 0,25	0,25 g
Zona 3	0,05 – 0,15	0,15 g
Zona 4	<0,05 g	0,05 g

Tabella 1

Nella figura 2.3.2 sono riportate le zone sismiche in cui è suddiviso il territorio della Regione Siciliana, con evidenziate anche le aree ricadenti in zona 2 nelle quali gli studi relativi alle strutture strategiche devono essere condotti con un grado di approfondimento simile a quello della zona 1. Vista l'elevata pericolosità sismica, il comune di Zafferana Etnea risulta inserito in Zona Sismica 2 (Fig. 2.3.2).

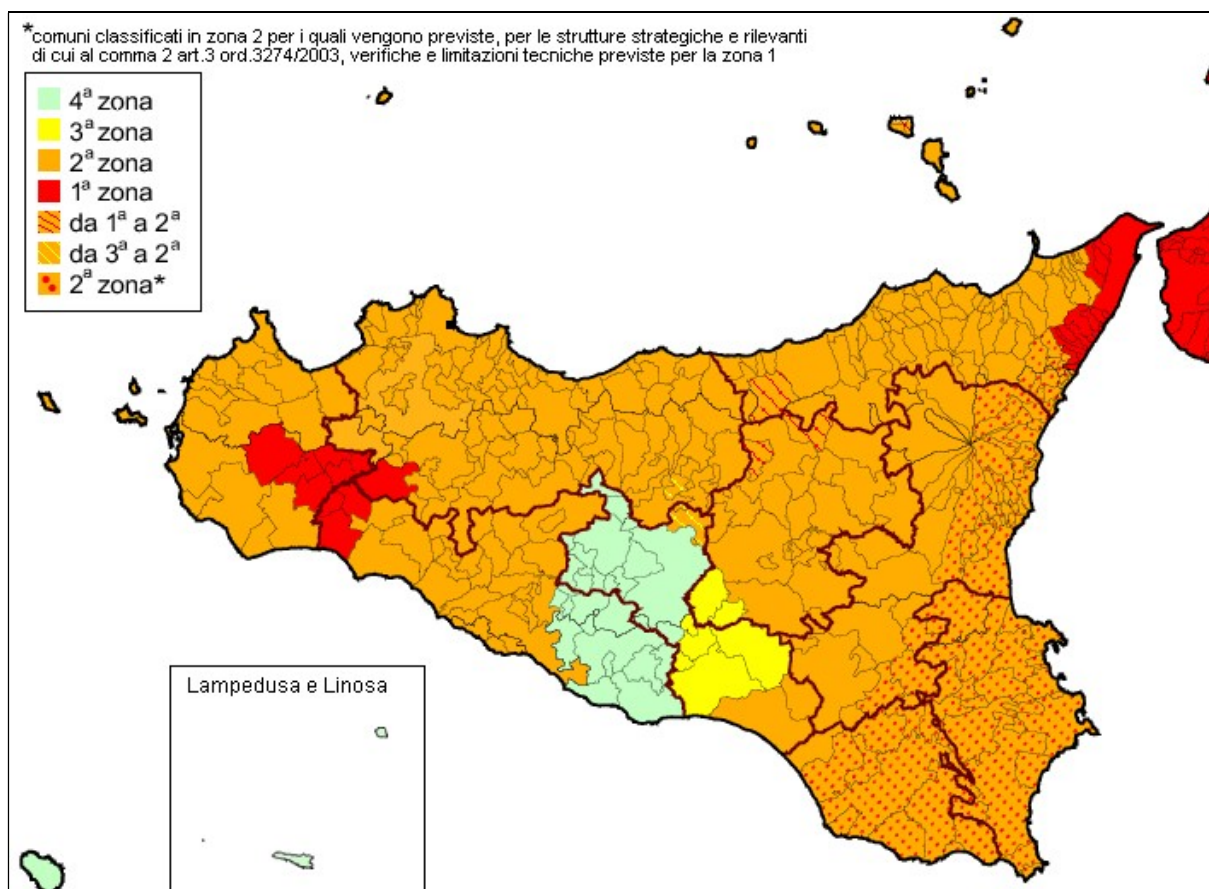


Figura 2.3.2 - Variazione regionale Sicilia n.97 comuni) Delibera della Giunta regionale n.408 19/12/2003

L'INGV, insieme al Dipartimento nazionale della Protezione Civile, ha sviluppato il Progetto S1 nell'ambito del quale è stata predisposta la mappa nazionale di pericolosità sismica dove vengono forniti, in una griglia regolare con passo 0,05°, i parametri di accelerazione al suolo in 'g' (accelerazione di gravità) con probabilità di superamento in 50 anni in funzione del periodo di ritorno (81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5% e 2% rispettivamente corrispondenti a periodi di ritorno di 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975, e 2475 anni).

I parametri significativi della pericolosità sismica sono disponibili, in forma interattiva, sul sito istituzionale del Progetto S1 dell'INGV. Il sistema permette di ottenere anche, per ciascun nodo della griglia, il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione (cioè il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosità del sito), nonché i valori medi di magnitudo.

La figura 2.3.3 e i successivi dati tabellati sono stati integralmente scaricati dal sito per il comune di Zafferana Etnea tra 4 nodi della griglia di pericolosità sismica.

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

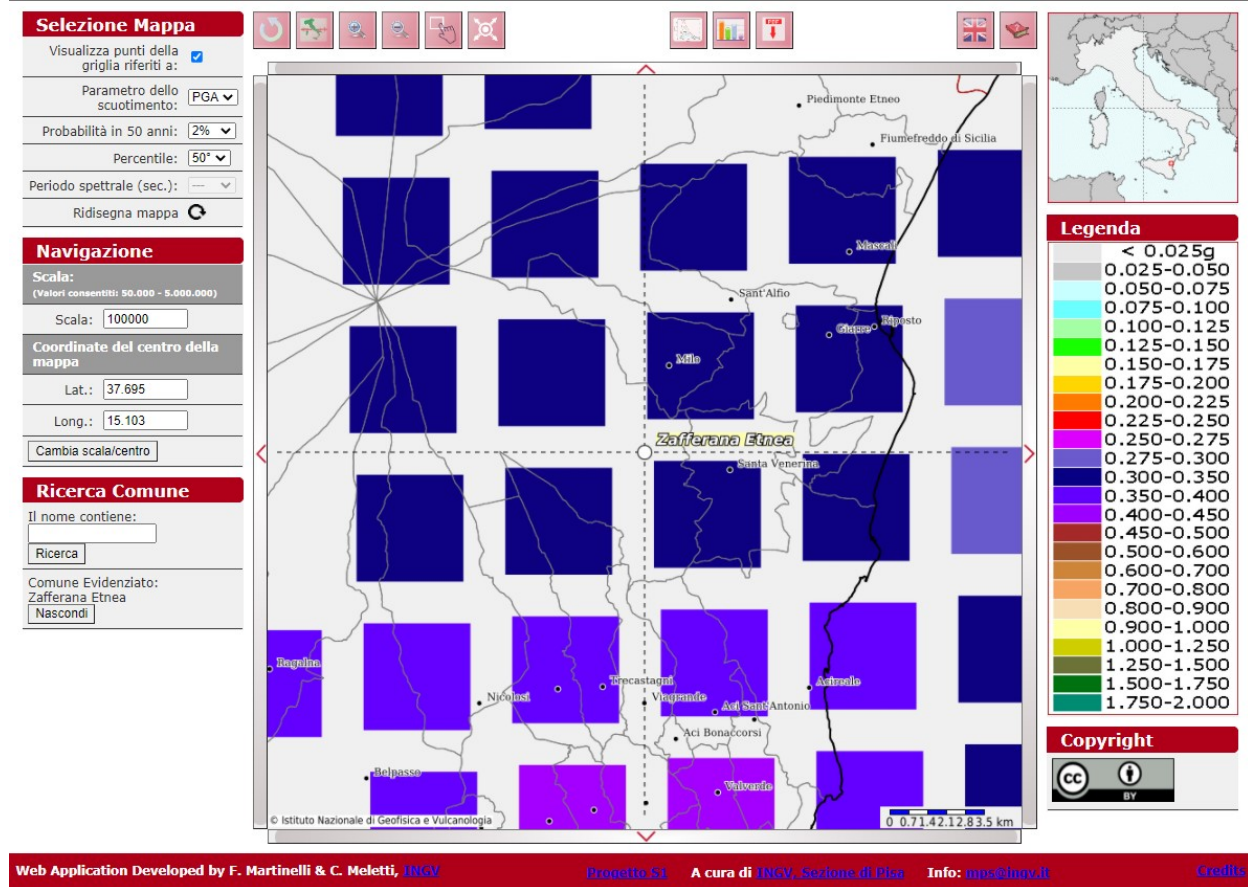


Figura 2..3.3 – Es. griglia di pericolosità sismica per il sito (Lat. 37.695 –Long 15.103) con probabilità in 50 anni al 2% e percentile al 50

La tabella 2 riporta i valori della pericolosità sismica relativi al comune di Zafferana Etnea, questa è espressa in termini di accelerazione orizzontale massima al suolo (PGA) con probabilità di eccedenza del 2, 5, 10, 22, 30% in 50 anni, su suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s), come previsto dall’Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b, estratta da: <http://zonesismiche.mi.ingv.it>.

Le stime di PGA sono state determinate con la tecnica di analisi statistica degli effetti stimati sulla base dei dati contenuti nei cataloghi sismici, proposta da Cornell (Cornell, 1968; Bender & Perkins, 1987; Gruppo di Lavoro MPS, 2004) e la loro incertezza è espressa mediante percentili, considerando il catalogo un campione rappresentativo dell’intera popolazione di eventi possibili con effetti significativi nel luogo.

Parametro di scuotimento PGA(g)	(Coordinate del punto lat: 37.673, lon: 15.128)				
	Probabilità in 50 anni/periodo di ritorno				
	2%	5%	10%	22%	30%
	ANNI				
	2475	975	475	201	140
16° percentile	0.3166	0.2247	0.1715	0.1272	0.1116
50° percentile	0.3461	0.2711	0.2258	0.1794	0.1620
84° percentile	0.4335	0.3424	0.2818	0.2190	0.1954

Tab. 2 – Valori di PGA stimati per il comune di Zafferana Etnea per differenti livelli di probabilità in 50 anni, o equivalentemente differenti periodi di ritorno, e per diverso percentile. I dati sono stati estratti dalla mappa digitale della pericolosità sismica presente al sito <http://esse1.mi.ingv.it/> e risultano riferiti a suoli rigidi ($V_s > 800$ /m).

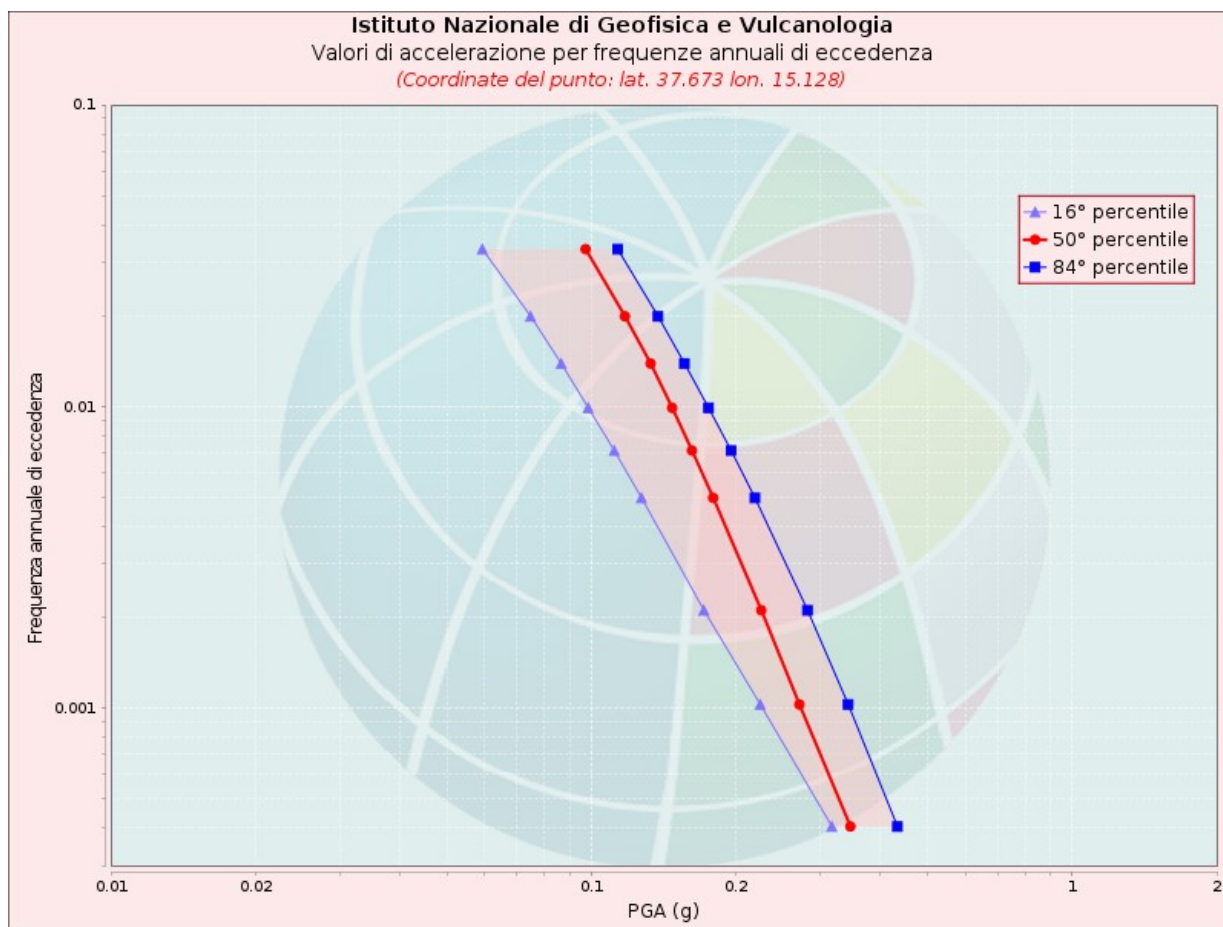


Figura 2.3.4 Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate lat: 37.673, lon: 15.128)

2.4 ELEMENTI TETTONICO-STRUTTURALI

Dal punto di vista strutturale, le faglie etnee presentano un quadro conoscitivo differente dal resto del territorio siciliano; ciò è dovuto sia all'elevata dinamica propria delle aree vulcaniche attive, caratterizzate da processi geologici estremamente veloci ed alti tassi di sismicità, che all'esistenza di numerosi studi specifici, che peraltro risultano in continuo aggiornamento (Figura 2.4.1)..

Le strutture tettoniche più importanti che interessano l'edificio vulcanico sono localizzate sul versante orientale, dove si sviluppano faglie con andamento NW-SE e NNW-SSE, di tipo normale con componente obliquo-destra.

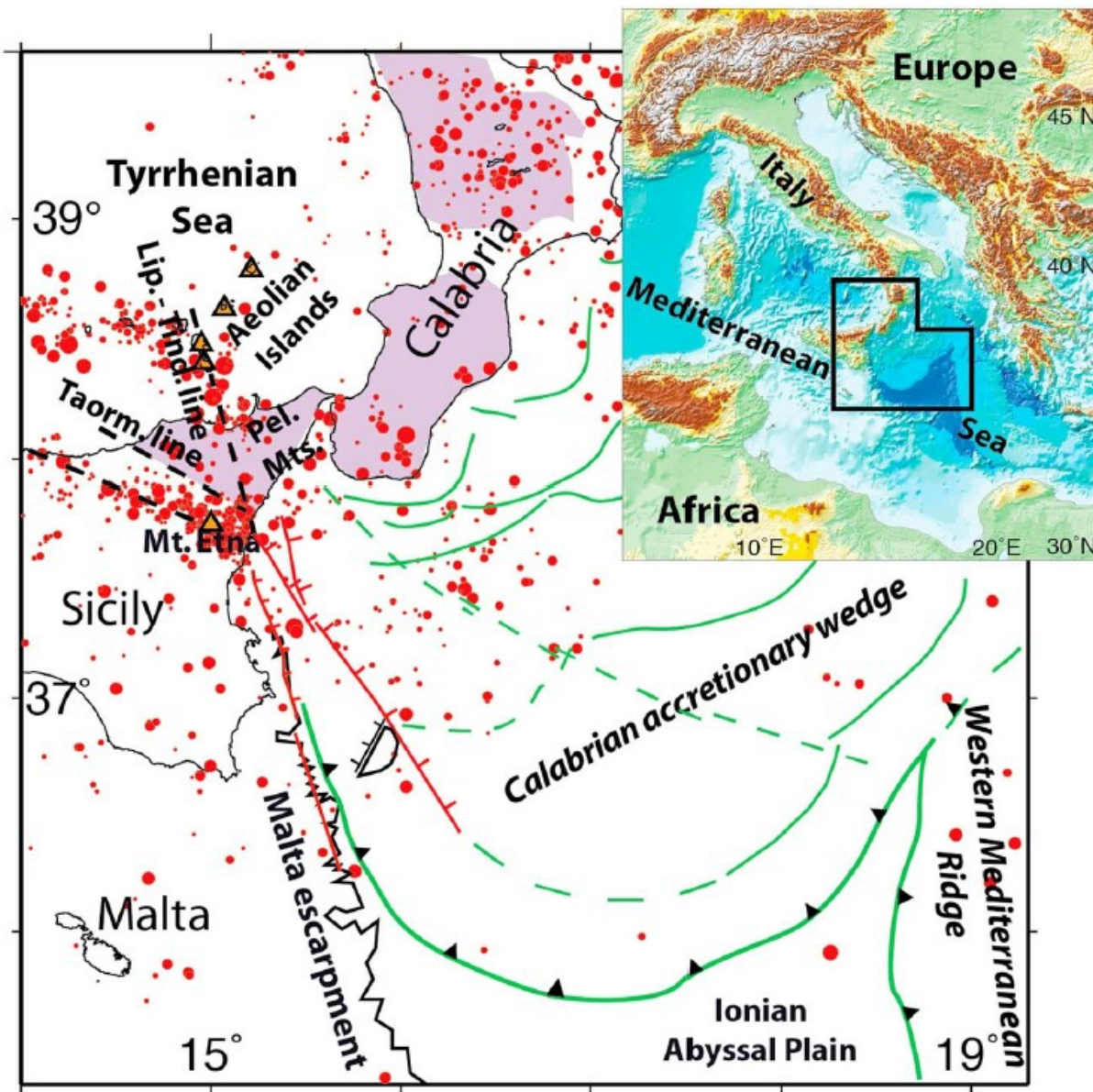


Figura 2.4.1: Mappa tettonica semplificata dell'Italia meridionale (da Gutscher et al., 2015)

Le aree sommitali del vulcano sono invece caratterizzate da sistemi di fessure secche ed eruttive, orientate prevalentemente da NNE a NE, sul versante nord-orientale, e da N a NNW, sul versante meridionale (Figura 2.4.2).

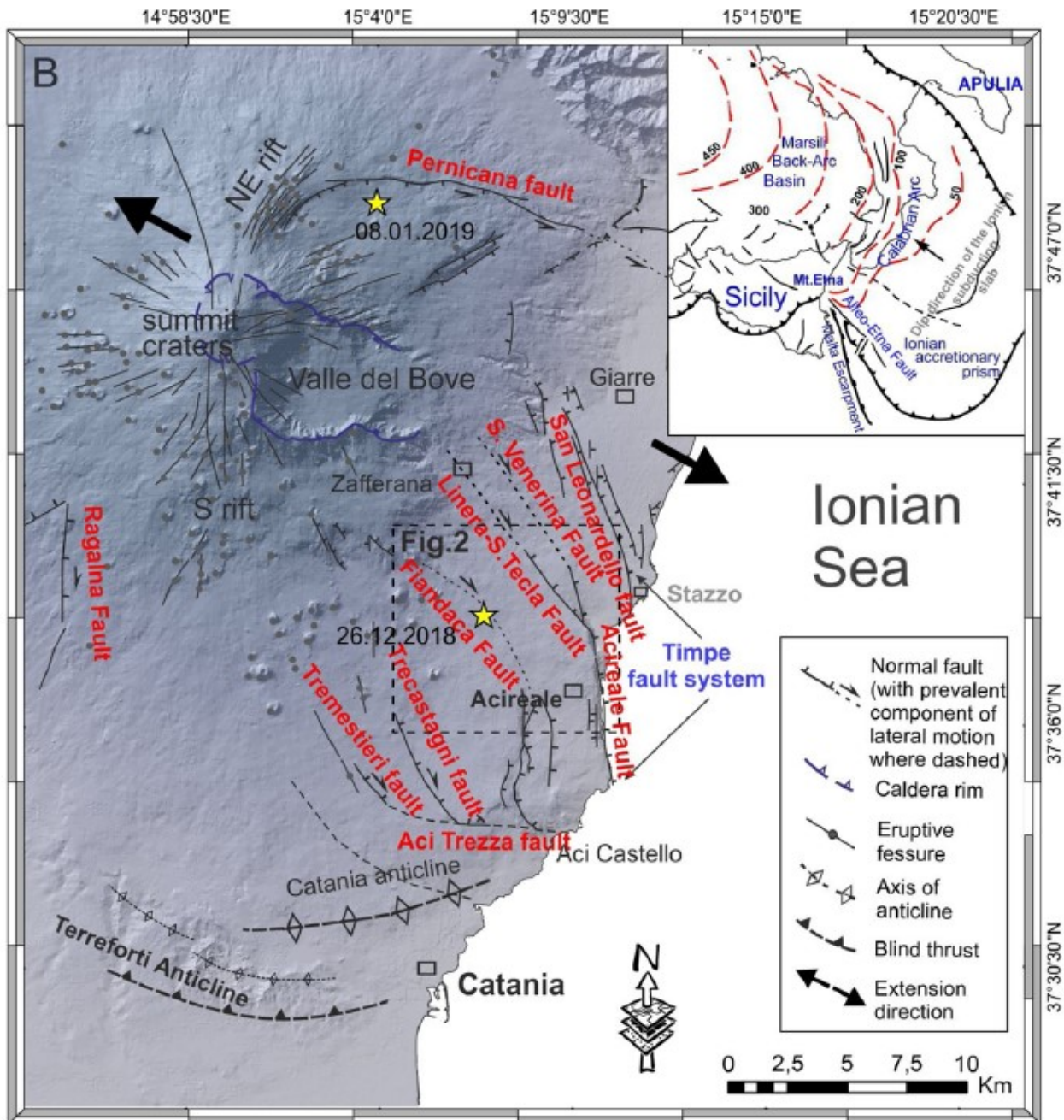


Figura 2.4.2: Schema strutturale del Monte Etna (da Monaco et al., 2020)

Le strutture tettoniche del versante sud-orientale dell'Etna si sviluppano secondo un sistema principale adiacente all'area costiera ionica, caratterizzato dalle faglie di S. Alfio-Guardia, San Leonardello-Trepunti, Acireale-S. Venerina e Aci Catena-Valverde (AZZARO, 1999; MONACO et al., 2010). Queste strutture formano a volte scarpate ("timpe") di età suprapleistocenico-olocenica che controllano

fortemente la topografia e il reticolo idrografico e sono in parte caratterizzate da una sismicità poco profonda associabile alla loro attività. Esse rigettano prodotti da 200.000 anni ad oggi, comprese colate preistoriche e storiche come quelle del 394 a.C., IX sec., 124, 1329, 1408, 1689. Strutture secondarie sono rappresentate dalle faglie di Linera, Fiandaca, Trecastagni e Tremestieri, che si sviluppano verso monte con scarsa evidenza morfologica. Il sistema costiero termina verso sud con la Faglia di Valverde, orientata NW-SE e disposta en-echelon rispetto alla faglia di Fiandaca con cui si ricollega per mezzo di un sistema di piccole faglie normali con direzione tra N-S e SSW-NNE.

2.5 SISTEMI DI FAGLIE ETNEE

Un quadro tettonico aggiornato del versante instabile dell'Etna è stato definito a seguito di analisi multidisciplinari effettuate integrando dati geologici e geofisici. Con l'avvento delle tecniche di misura satellitare delle deformazioni del suolo (GPS – Global Positioning System – e Interferometria SAR – Synthetic Aperture Radar) è stato possibile confermare che il versante orientale del vulcano e parte di quello meridionale si deformano pressoché continuamente, mostrando una chiara componente di traslazione, principalmente verso Est e Sud-Est, e compressioni e sollevamenti alla periferia meridionale del vulcano (Bonforte et al. 2011).

L'integrazione dei dati ha consentito di definire cinque domini cinematici nel fianco di scorrimento dell'Etna (Fig. 2.5.1):

- il blocco NE, delimitato dalla faglia Pernicana e caratterizzato dalle maggiori velocità di deformazione; la velocità del suolo diminuisce progressivamente verso Sud, con una rotazione in senso orario dei vettori definenti;
- il blocco che abbraccia la parte centrale del sistema Timpe;
- il cuneo di Giarre;
- il blocco Medio-Orientale, delimitato dalle faglie di S. Tecla e Trecastagni;
- il blocco SE delimitato, dal nascosto lineamento tettonico Belpasso-Ognina.

La dinamica di questi blocchi avviene attraverso movimenti discontinui: improvvise accelerazioni di breve termine legate all'intrusione di magma si sovrappongono ad uno scorrimento ESE di medio termine abbastanza costante (Bonforte et al. 2011).

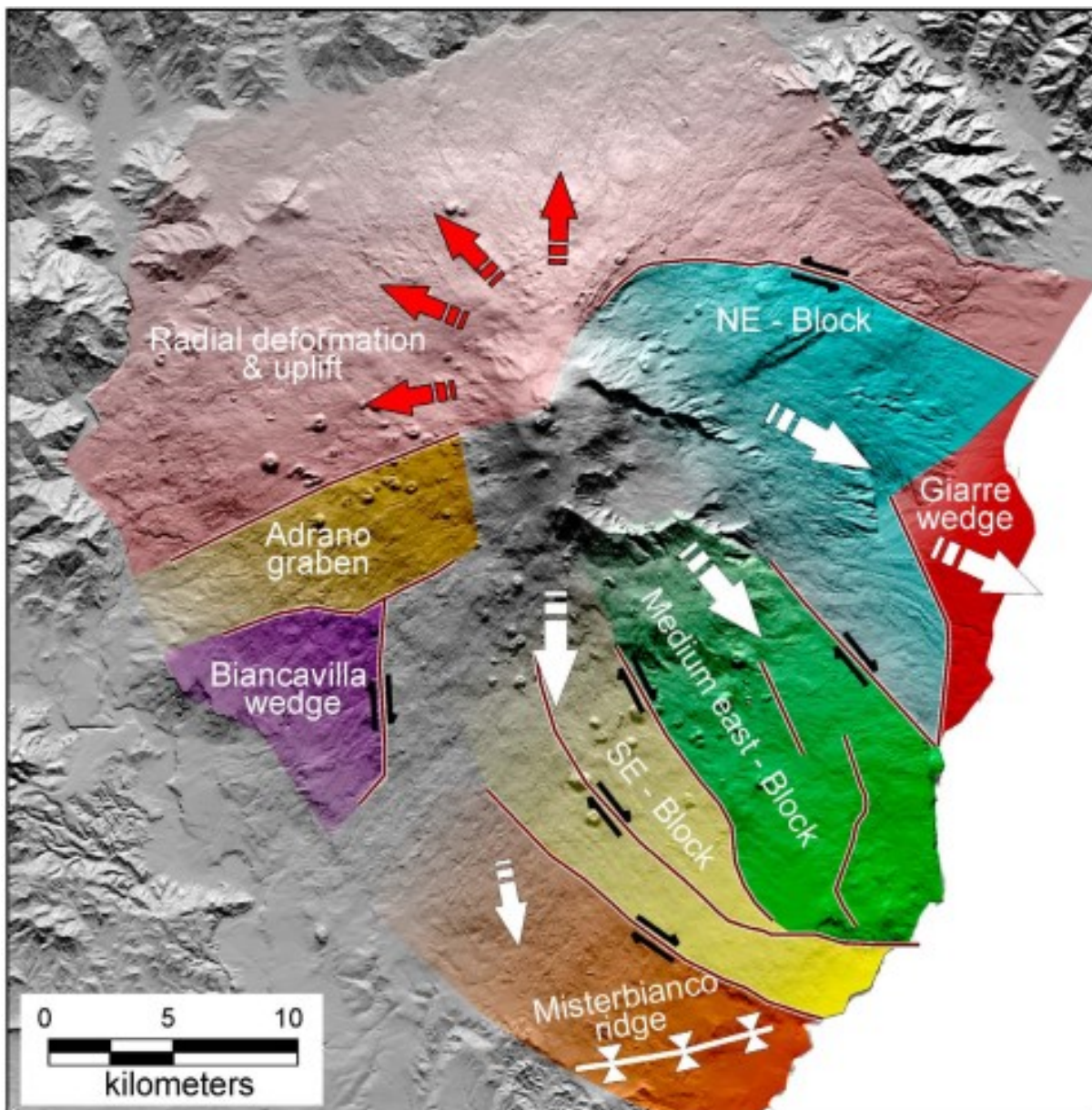


Figura 2.5.1 - Principali domini cinematici del vulcano Etna – (Bonforte et al. 2001).

Questo studio, integrato con tutti gli studi precedenti (Neri et al. 2009, Solaro et al. 2010 e Bonforte et al. 2011), è stato trasferito in una piattaforma GIS ed è consistito nella raccolta di tutti i dati disponibili, sia di campo che strumentali, riguardanti i diversi sistemi di faglie che si sviluppano nella parte orientale e versante meridionale dell'Etna (Barreca et al. 2013).

I sistemi di faglie includono un numero diverso di segmenti e sono denominati: Faglie Pernicana (PFS), Faglie Ripe della Naca (RNF), Timpe Fault System (TFS), South Fault System (SFS) e Ragalna Sistema di guasto (RFS).

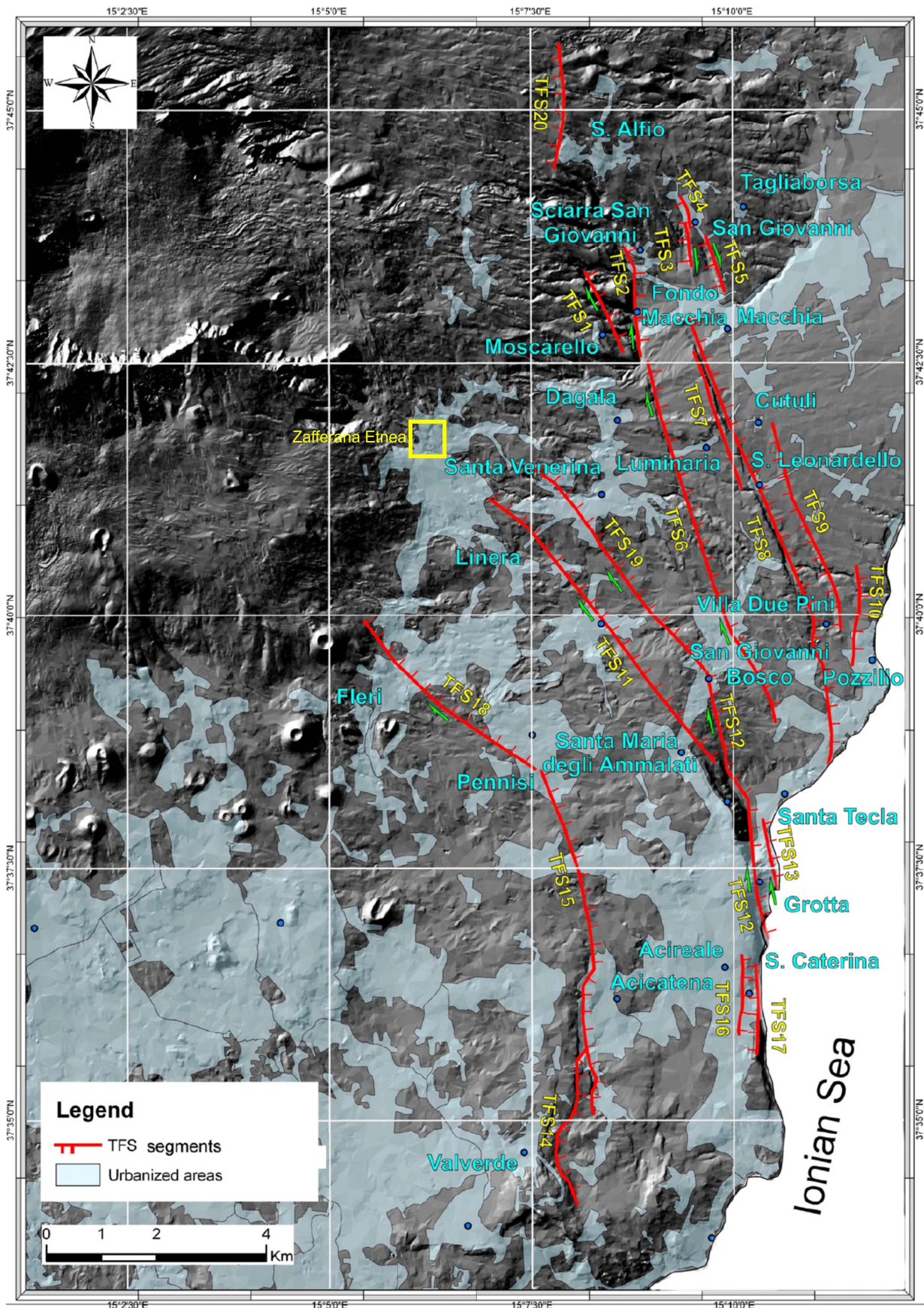


Figura 2..5.2 Faglie attive del sistema delle Timpe (TFS) presenti nel versante orientale etneo (Barreca et alii, 2013)

Da un'ulteriore ricerca effettuata nel Catalogo Macrosismico etneo (Azzaro et al., 2013) sono stati individuati 64 eventi di intensità EMS superiore a 4 che hanno interessato il territorio comunale dal 1879 al 2014. Dalla mappa in figura 2.5.3 si nota chiaramente come questi eventi risultano localizzati nel versante orientale dell'Etna, interessato da un sistema di faglie sismogenetiche soprannominato sistema delle Timpe.

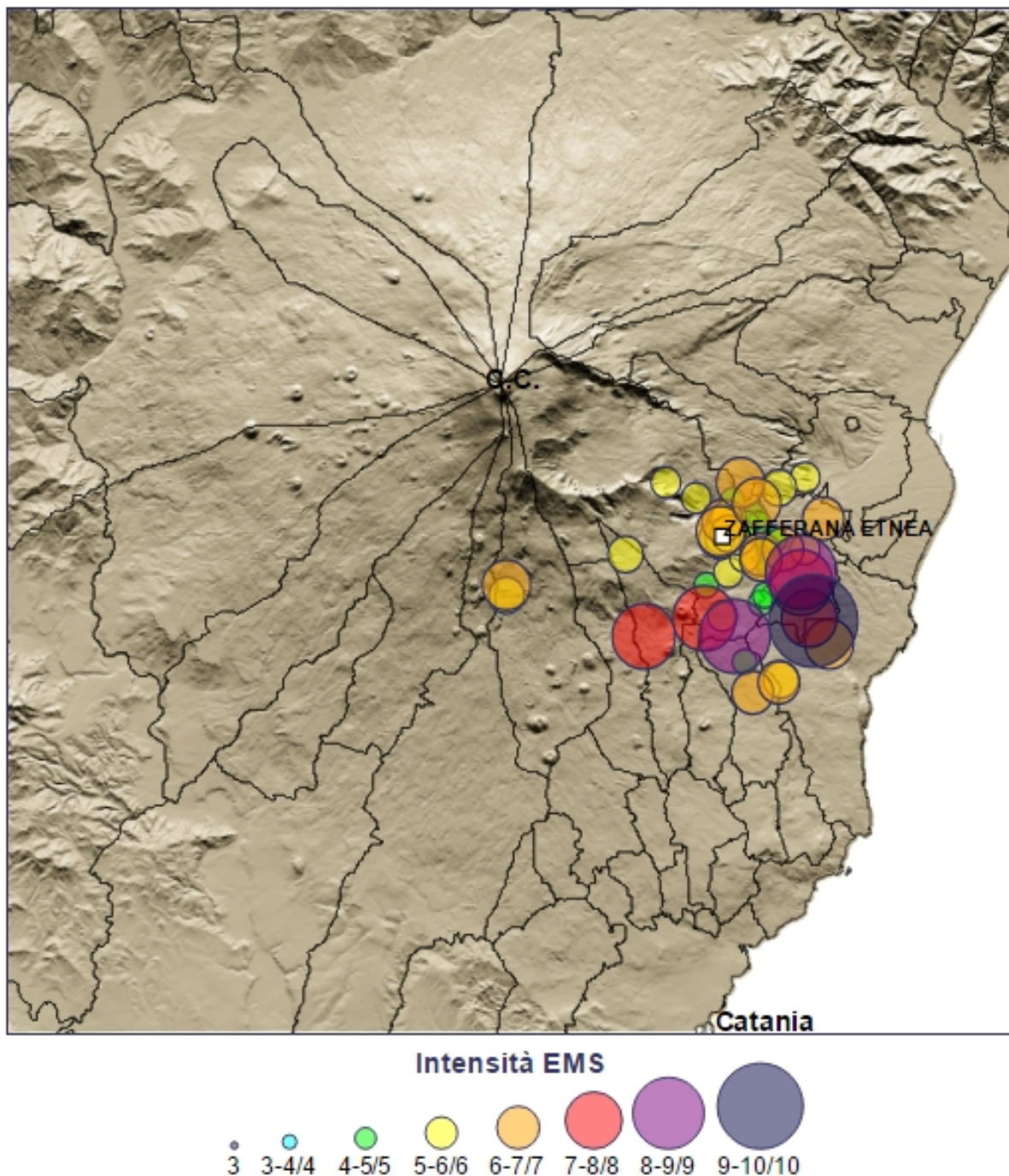


Figura 2.5.3: Epicentri dei macrosismi che hanno interessato il comune di Zafferana Etnea dal 1879 al 2014

(Azzaro et al., 2013)

2.6 FAGLIAZIONE COSISMICA E CREEP

I terremoti etnei, se con ipocentri poco profondi e valori di magnitudo $M \geq 3.4$, sono spesso accompagnati da vistosi effetti di fagliazione superficiale, ovvero estesi campi di fratture al suolo provocati dal movimento cosismico della faglia. Tale fenomenologia è ben documentata per l'area etnea sin dalla metà dell'800 (Azzaro, 1999) e produce effetti permanenti sul terreno quali gradini morfologici, fenditure e depressioni, con spostamenti relativi delle parti dislocate anche significativi (in alcuni casi anche fino a 90 cm sulla componente verticale) e lunghezze complessive del campo di fratture fino a 6-7 Km (figura 2.6.1).

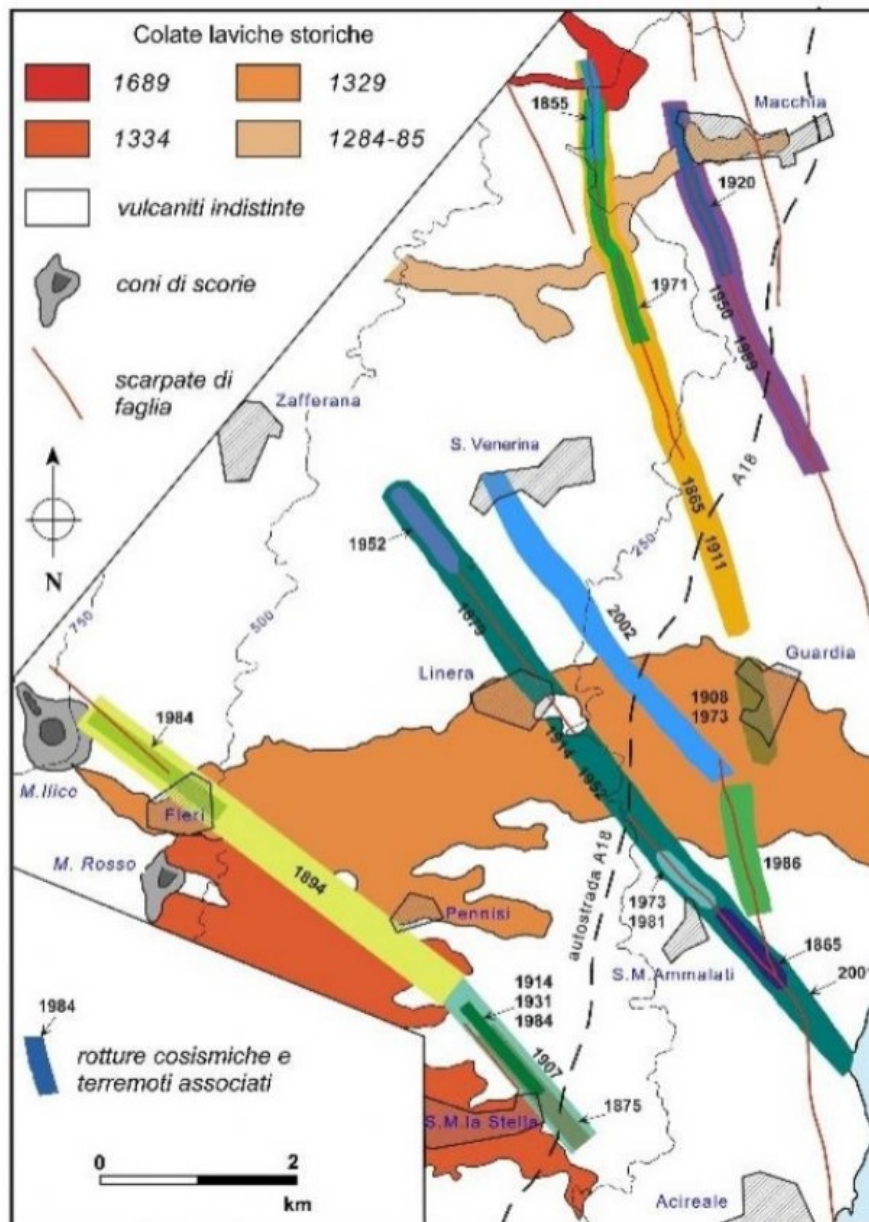


Figura 2.6.1: Dettaglio dell'area del versante orientale etneo maggiormente interessato dagli effetti di fagliazione superficiale cosismica (modificato da Azzaro, 1999).

Fenomeni analoghi si producono anche per scorrimento asismico, ovvero senza rilascio di energia sismica, di alcune faglie o settori di esse, soprattutto nell'area del basso versante orientale del vulcano (figura 2.6.2), lungo il sistema tettonico delle Timpe (Gresta et al., 1997).

Tale tipologia di attività tettonica, conosciuta in letteratura come *creep* asismico, implica un movimento lento ma continuo nel tempo, nell'ordine di mesi o anni e con tassi di spostamento variabili da 1 a 2 cm/anno (Rasà et al., 1996).

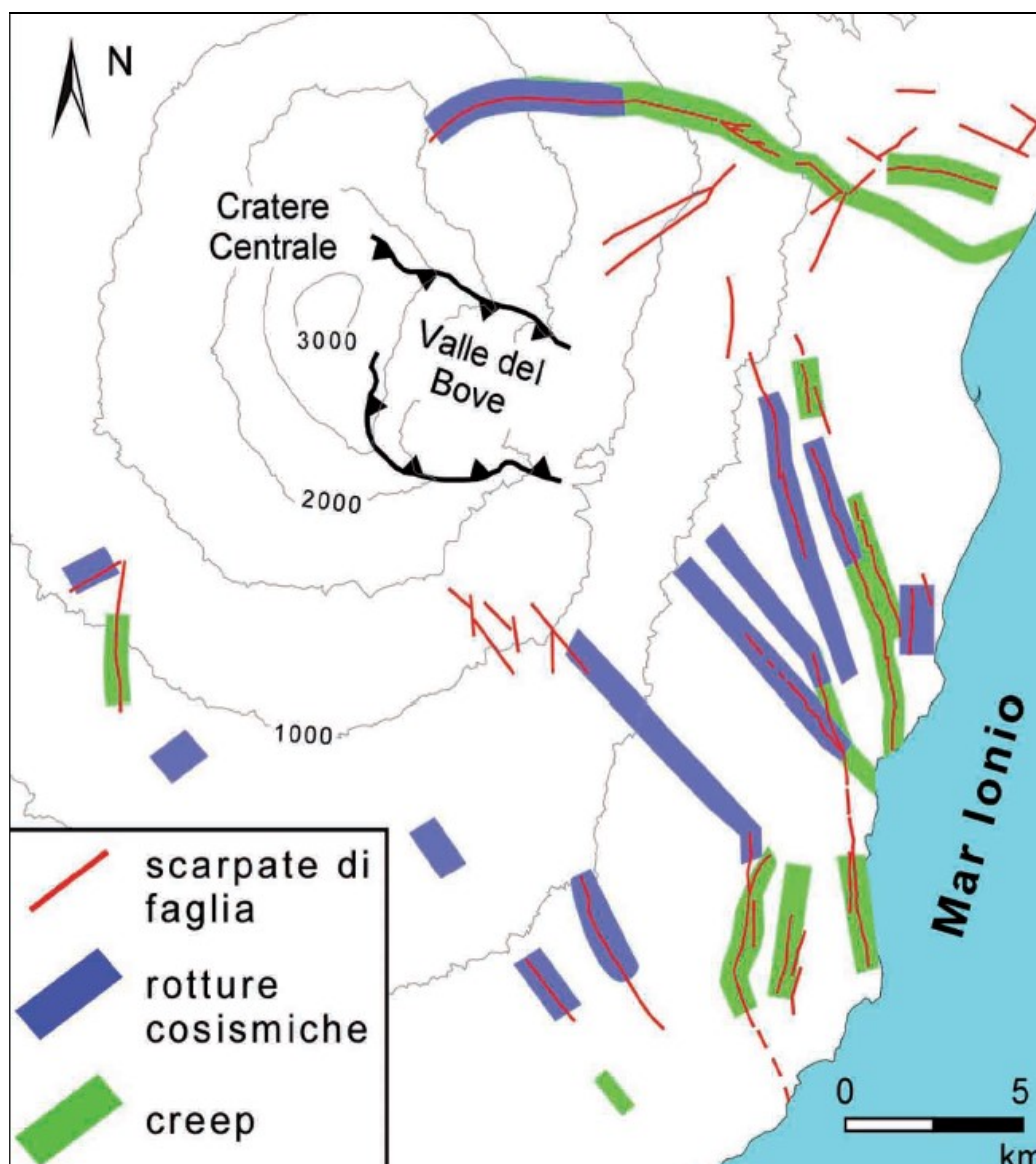


Figura 2.6.2: Distribuzione dei fenomeni di fagliazione superficiale cosismica e di creep asismico nella Regione Etnea (modificato da Azzaro, 1999).

2.7 FAGLIE ATTIVE E CAPACI

Come descritto nelle Linee guida “Per La Gestione Del Territorio In Aree Interessate Da Faglie Attive e Faglie Capaci (FAC) Presidenza del Consiglio dei Ministri Dipartimento della Protezione Civile”, “è considerata attiva una faglia che si è attivata almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (parte alta del Pleistocene superiore-Olocene)”, mentre “è considerata capace una faglia attiva che raggiunge la superficie topografica, producendo una frattura/dislocazione del terreno”.

Le conoscenze di cui dispone la comunità scientifica risultano sintetizzate all’interno di due database principali e che riguardano l’intero territorio nazionale:

- Database of Individual Seismogenic Sources (DISS, INGV);
- Database ITaly HAZard from Capable faults (ITHACA, ISPRA).

Il database DISS (versione 3.2.0. 2015) raggruppa tutte le informazioni relative a faglie attive, pieghe attive, potenziali sorgenti sismogenetiche individuali, sorgenti sismogenetiche composite e sorgenti sismogenetiche dibattute in letteratura. La consultazione del suddetto database relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che l’area in studio ricade in area esterna (subito a Nord) alla Sorgente sismogenetica composita ITCS029 “Gela-Catania”, con profondità stimata 3-10 Km, magnitudo massima 6.0 e slip rate 0.1-0.5 mm/anno (Guidoboni et al., 2007; Rovida et al., 2011).

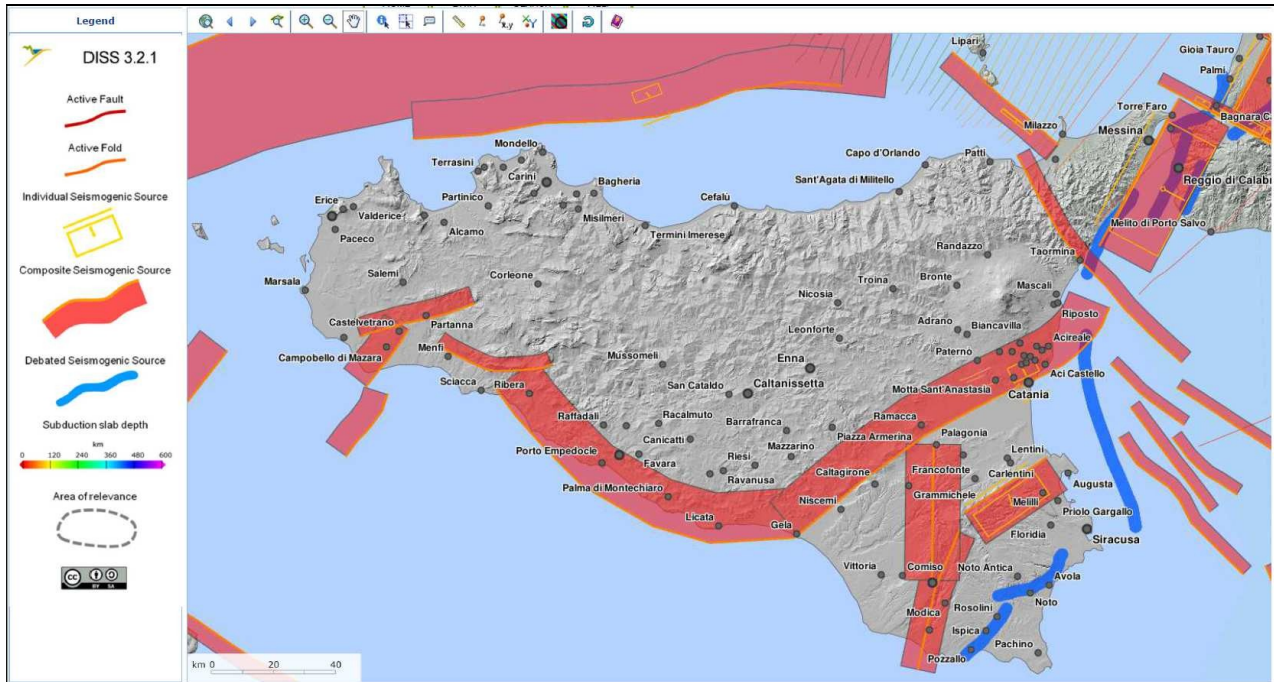


Figura 2.7.1 – Database DISS

Il database ITHACA, di proprietà dell'ISPRA, tiene conto invece delle faglie capaci, cioè di faglie potenzialmente in grado di creare deformazione permanente in superficie, al di là della natura strutturale.

Per quanto riguarda la definizione di faglia attiva e capace ITHACA adotta la seguente definizione di faglia capace, che tiene conto delle definizioni riportate sopra e del contesto geodinamico italiano.

- Una faglia è definita capace quando ritenuta in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione/dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa.
- La deformazione attesa può essere sia una dislocazione ben definita lungo un piano di rottura (fault displacement/offset) che una deformazione distribuita (warping).
- La riattivazione attesa viene definita in funzione del regime tettonico in atto, rispetto al quale deve essere compatibile. Elementi secondari possono però mostrare rotture "anomale", ad esempio movimenti compressivi in un ambiente distensivo, a causa di geometrie locali delle strutture riattivate.

Si evidenzia che nel Catalogo ITHACA l'intervallo considerato per le strutture capaci (< 125 ka sensu IAEA, 2010 e 2015) è più esteso di quello (40 ka) considerato negli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (Dipartimento Protezione Civile, 2008) redatti dal Dipartimento di Protezione Civile (DPC) e poi nelle Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC).

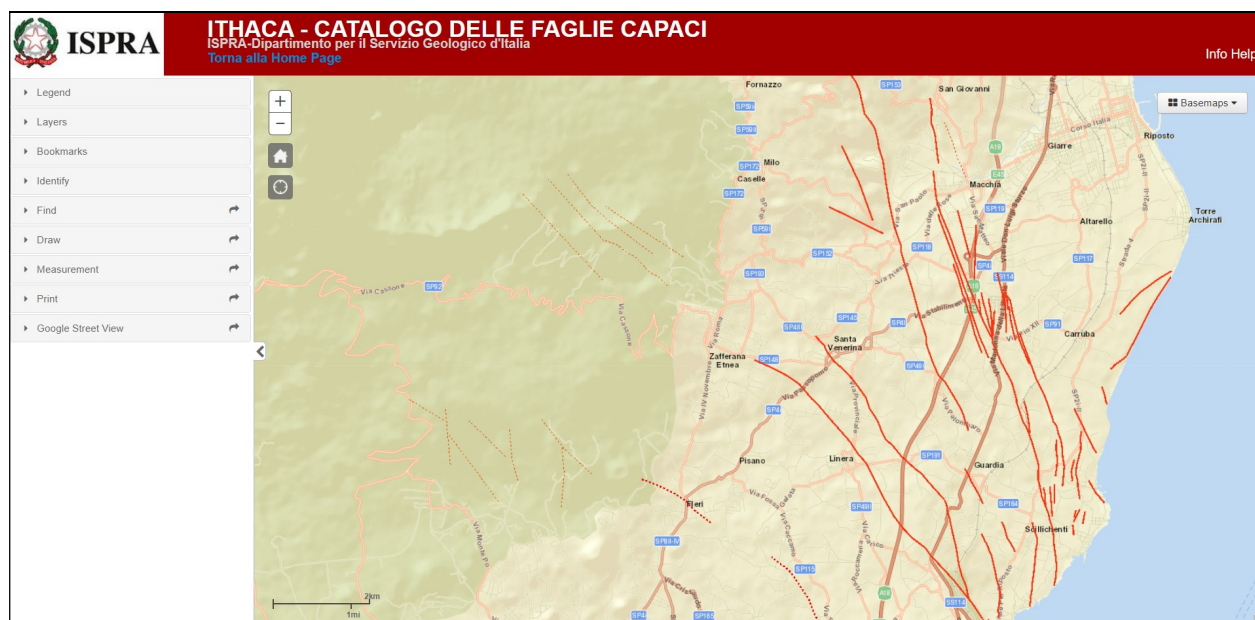


Figura 2.7.2 – Database ITHACA

Da una ricerca condotta sul catalogo ITHACA, nel territorio comunale di Zafferana Etnea, sono state individuate 3 zone interessate dalla presenza di faglie capaci e sismogenetiche (fig. 2.7.3).

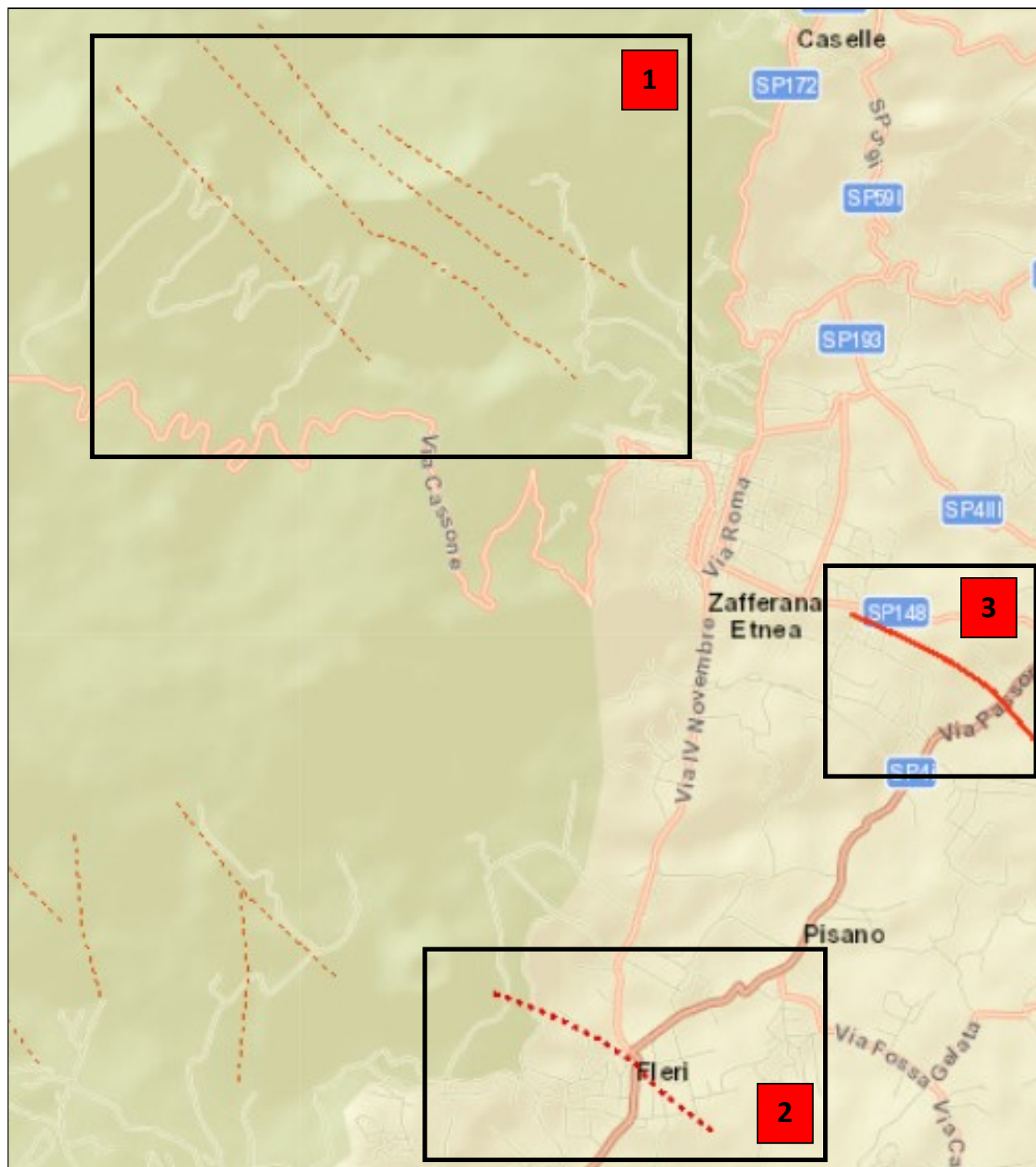


Figura 2.7.3 – Zone interessate da faglie attive e capaci (Database ITHACA)

La **zona 1**, situata a NW rispetto al centro abitato di Zafferana Etnea, è caratterizzata da un sistema di quattro faglie quasi parallele tra di loro, soprannominato Monti Fiori di Cosimo (tabella 3). Tali faglie di natura vulcano-tettonica, riconosciute da evidenze geomorfologiche (AZZARO, 2004) hanno una lunghezza variabile dai 2 ai 4 km e si sviluppano in direzione NW-SE fin dentro Val Calanna. Dalla storia

sismica del comune, si osserva come ad eccezione dei terremoti del 1818 di Aci Sant'Antonio e dello stretto di Messina del 1908 di intensità EMS registrata pari a 8, il terremoto con intensità maggiore (7 scala EMS) risulta essere quello del 19/10/1984, con intensità epicentrale pari a 7 e magnitudo momento pari a 4,55. Questo terremoto è stato localizzato tra C.da Cassone (intensità 6,5) e C.da Bosco Bonanno (intensità 6) e risulta essere correlato con questo sistema di faglie "Monti Fiori di Cosimo" (fig.2.7.4).

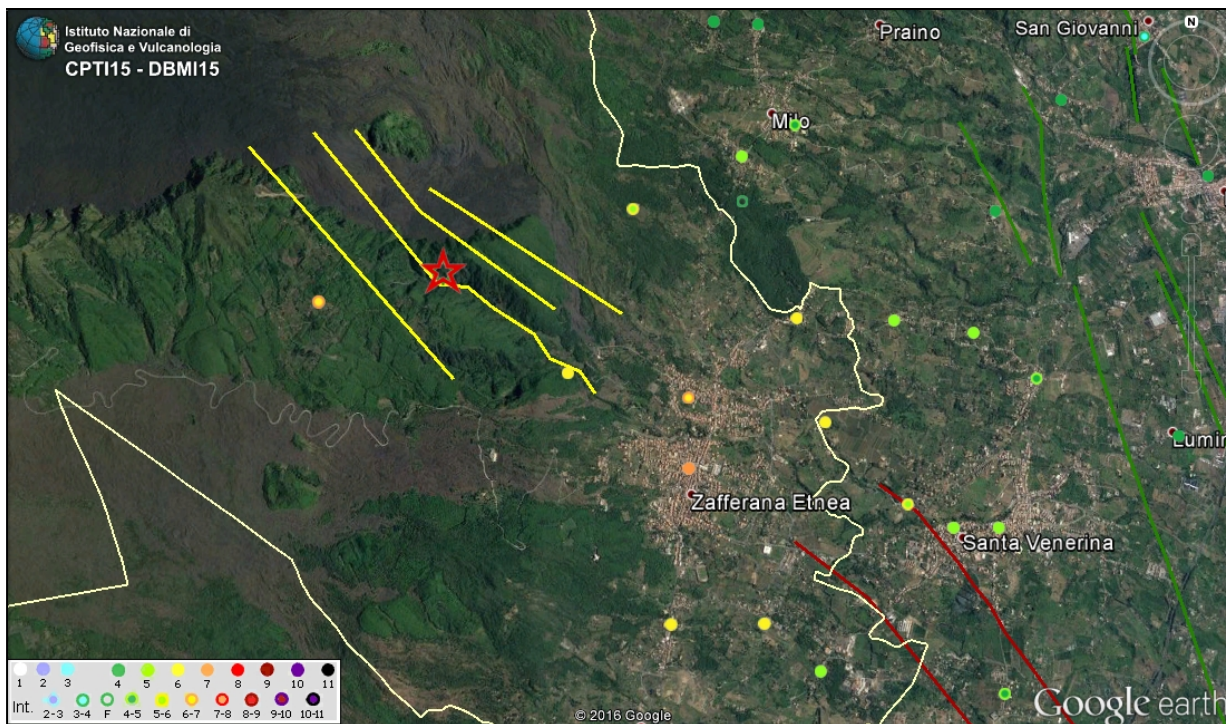


Figura 2.7.4 - Terremoto del 19/10/1984 (stella rossa). In giallo il sistema di faglie Monti Fiori di Cosimo (da catalogo ITHACA); in rosso le faglie di Santa Tecla-Linera e quella di Santa Venerina e in verde i segmenti di faglia del sistema delle Timpe (Azzaro et al., 2012). In bianco il limite comunale di Zafferana Etnea.

La **zona 2** è situata nel quartiere Fleri, ubicato nel settore meridionale del territorio comunale, ed è caratterizzata dalla presenza di una faglia, soprannominata Faglia di Fleri (tabella 4), con direzione NW-SE, riconosciuta dagli effetti al suolo. La faglia è caratterizzata da rottura cosismica.

La **zona 3** è situata in prossimità del cimitero comunale, ad Est rispetto al centro abitato di Zafferana Etnea, ed è caratterizzata dalla presenza della faglia di Santa Tecla-Linera (Tabella 5). Questa faglia rappresenta una delle più importanti strutture tettoniche presenti nel versante orientale dell'Etna.

GEOLOGIC SETTING	This fault is located in the eastern sector of the Mt. Etna volcano, the largest active strato volcano in Sicily.
SYNOPSIS	The Monti Fiori di Cosimo fault is a volcano-tectonic structure and shows recent activity, revealed by geomorphic evidences.
FAULT NAME	Monti Fiori di Cosimo
FAULT CODE	14400
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Monti Fiori di Cosimo
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	310
DIP	90
LENGTH (Km)	2
GEOMETRY	
SEGMENTATION	no
DEPTH (Km)	
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:200000
LAST ACTIVITY	Late Pleistocene
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	
SLIP-RATE (mm/yr)	
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	
MAX CREDIBLE SLIP (m)	
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

Tabella 3: Dati relativi al sistema di Faglie di Monte Fiori di Cosimo estratta dal catalogo ITHACA.

GEOLOGIC SETTING	This fault is located in the southeastern sector of the Mt. Etna volcano, the largest active strato volcano in Sicily.
SYNOPSIS	The Fleri fault is a volcano-tectonic structure and shows recent activity, revealed by ground effects collected during field surveys. The fault is characterized by coseismic ruptures.
FAULT NAME	Fleri
FAULT CODE	12501
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Fiandaca
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	310
DIP	90
LENGTH (Km)	1.75
GEOMETRY	
SEGMENTATION	no
DEPTH (Km)	5
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:10000
LAST ACTIVITY	Historical (<3,000)
ACTIVITY RELIABILITY	High reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	18
SLIP-RATE (mm/yr)	2
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	
MAX CREDIBLE SLIP (m)	2
KNOWN SEISMIC EVENTS	Date I (MSK) 1875/01/07 VII 1894/08/08 VII-VIII 1907/12/07 VII 1914/05/07 V-VI 1931/08/03 VII 1984/06/17 V 1984/06/19 VI-VII 1984/10/25 VIII 1997/11/11 VI
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	5.23
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	VIII
STUDY QUALITY	HIGH

Tabella 4: Dati relativi alla Faglia di Fleri estratta dal catalogo ITHACA.

GEOLOGIC SETTING	This fault is one of the most outstanding tectonic feature of the Timpe fault system in the Mt. Etna volcano eastern flank.
SYNOPSIS	The S. Tecla - Linera fault shows recent extensional kinematics (with a right component) and activity as revealed by geomorphological (eastern sector) and seismological (western sector) data. The fault is characterized by coseismic ruptures.
FAULT NAME	Santa Tecla - Linera
FAULT CODE	11600
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	S. Tecla
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	330
DIP	90
LENGTH (Km)	7.4
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	5
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:10000
LAST ACTIVITY	Historical (<3,000)
ACTIVITY RELIABILITY	High reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	22
SLIP-RATE (mm/yr)	1.9
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	6.5
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0.5
KNOWN SEISMIC EVENTS	Date I (MSK) 1865/08/19 VII - VIII 1879/06/17 VIII 1914/05/08 IX 1952/03/02 VI - VII 1952/03/19 VII - VIII 1973/08/03 VI - VII 1981/09/13 VI 2001/10/28
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	3.5
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	IX
STUDY QUALITY	HIGH

Tabella 5: Dati relativi alla Faglia di Santa Tecla-Linera estratta dal catalogo ITHACA.

2.7.1 STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI PRIMO LIVELLO (OPCM 3278-2003)

A seguito della crisi sismica-eruttiva che ha interessato l'Etna nel 2002, sono stati condotti i primi studi di microzonazione sismica di primo livello nei comuni del versante orientale del vulcano (AZZARO et ali., 2010).

Tra le attività svolte durante questo studio vi è stata quella del rilievo delle fratture al suolo, eseguito partendo dal censimento di tutti gli elementi deformativi che si sono manifestati nelle aree urbanizzate. Queste fratture sono state seguite anche in aperta campagna, dove hanno interessato il suolo agrario, strade interpoderali e manufatti rurali. Lo studio è stato completato con la realizzazione di carte a scala 1:10.000, nelle quali sono state riportate le zone di frattura che si sono generate in epoca storica a seguito di terremoti o eventi di creep asismico.

La ricerca si è basata sull'analisi dei dati storici pubblicati, reperiti nelle varie biblioteche ed emeroteche pubbliche, negli istituti universitari e di ricerca, e sulle informazioni e testimonianze che sono state verificate in loco.

Per quanto riguarda il territorio comunale di Zafferana Etnea, sono state riconosciute le seguenti zone di fratturazione (ZF):

- **ZF di Fleri** (Figura 2.7.1.1) Si tratta di una zona di frattura che interessa le seguenti località: C.da Cavotta, San Giovannello e Fleri, fino a quasi Sciare Torrisi. È estesa per circa 1 km secondo una direzione N330 e ampia almeno 40-50 m (fig. 2.7.1.1). Anche se bibliograficamente viene associata alla Faglia di Fiandaca (Azzaro, 1999; Azzaro, 2000), non è detto che sia direttamente connessa a questa. I terremoti nei quali è stata rilevata una sua attivazione sono: 08/08/1894 (Boschi et al., 1995); 25/10/1984 (Patanè e Imposa, 1995).

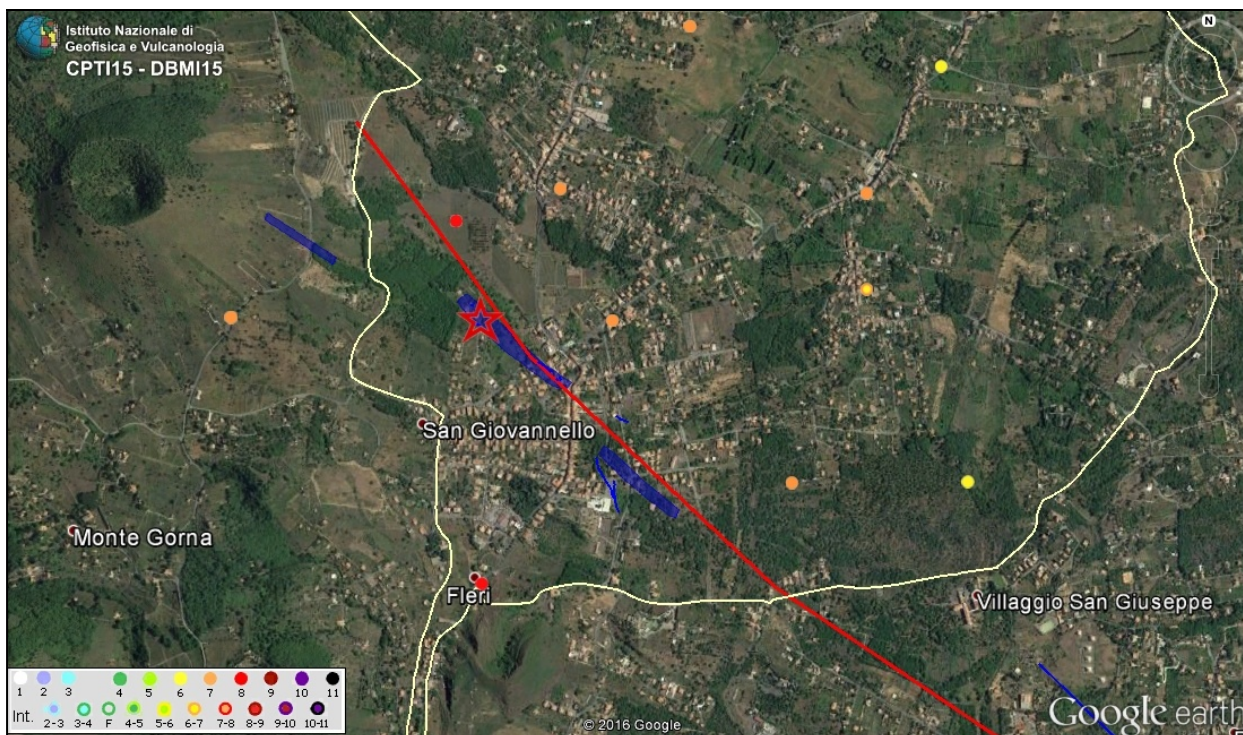


Figura 2.7.1.1 - Terremoto del 25/10/1984 (stella rossa). In rosso la faglia di Fiandaca-Fleri (Azzaro et al., 2012). Le aree in blu rappresentano le fasce di fratturazione cosismica storica individuate dallo studio di microzonazione sismica. In bianco il limite comunale di Zafferana Etnea.

- **ZF di Pisano - Mazzasette**. Si tratta di una zona di fratturazione che bibliograficamente viene associata alla struttura tettonica denominata Faglia di Fiandaca (Azzaro, 1999; Azzaro, 2000). A parte i dati che emergono dai rilievi successivi al terremoto del 1894, nessuna altra informazione di riattivazione è stata reperita per quanto concerne altri eventi sismici avvenuti successivamente nella zona. A questo terremoto sono associate fratture al suolo con cinematica estensionale, che in località Mazzasette, orientate circa N-S, hanno prodotto anche a spostamenti orizzontali compresi tra 8 e 15 cm (Platania e Platania, 1894, Riccò, 1894, Boschi et al. 1995, Azzaro, 1999).

- **ZF di Passomopo - Rocca d'Api.** Si identifica con il proseguimento della zona di fratturazione di Santa Tecla, Santa Maria Ammalati, Linera, Passopomo (fig. 2.7.1.2). I terremoti nei quali sono state rilevate fratture in questo territorio sono il terremoto del 08/05/1914, tra Linera, Passopomo e Rocca d'Api (Platania, 1915; C.S.LLPP 1914; Sabatini, 1914), e il terremoto del 19/03/1952, nel quale è stata riconosciuta una zona di frattura tra Passopomo e Rocca d'Api, sino all'area del cimitero (Mancino, 1953-54). Durante lo sciame sismico del mese di marzo del 1952, gli epicentri di due eventi (1-2 marzo) sono stati localizzati in prossimità del cimitero comunale di Zafferana Etnea.

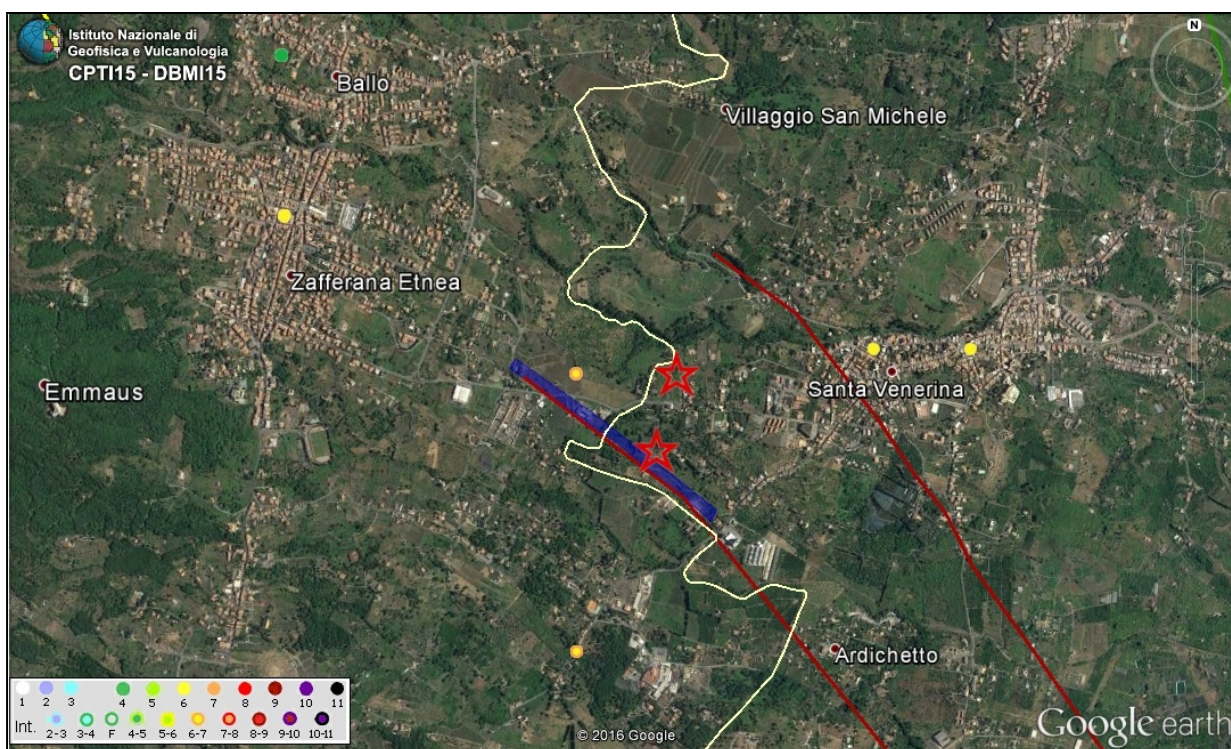


Figura 2.7.1.2 - Terremoti dell'1-2/03/1952 (stelle rosse). In rosso le faglie di Santa Tecla-Linera e quella di Santa Venerina (Azzaro et al., 2012). Le aree in blu rappresentano le fasce di fratturazione cosismica storica individuate dallo studio di microzonazione sismica. In bianco il limite comunale di Zafferana Etnea.

2.7.2 FOCUS DELLE FAGLIE ATTIVE DEL SISTEMA DELLE TIMPE (Santa Tecla – Linera e Fiandaca – Fleri)

A seguito degli studi condotti da Azzaro et al. (1999, 2004 e 2012) sulle strutture sismogenetiche dell'Etna, anche a seguito della microzonazione sismica di primo livello (OPCM3278/2003), sono state redatte nel corso degli anni delle cartografie sempre più dettagliate su tali sistemi di faglie.

In letteratura, per quanto riguarda il versante orientale etneo, il sistema di faglie principale viene soprannominato sistema delle Timpe: è un sistema di faglie normali con componente laterale-destra

avente direzione prevalente circa NNW-SSE. Il sistema delle Timpe è caratterizzato da 20 segmenti di faglia, tra la zona di Acireale a sud e i paesi di Giarre-Macchia a nord. Queste faglie sono fortemente sismogenetiche, caratterizzate da elevati valori di magnitudo e intensità macrosismica, oltre che ad essere caratterizzate da fenomeni di creep asismico per alcuni tratti.

Le faglie che attraversano il territorio comunale di Zafferana Etnea appartengono a questo sistema delle Timpe e sono state nominate Faglia di Fiandaca-Fleri e Faglia di Santa Tecla-Linera (fig. 2.7.2.1), entrambe con direzione NW-SE e con spostamento obliquo (normale e laterale destro).

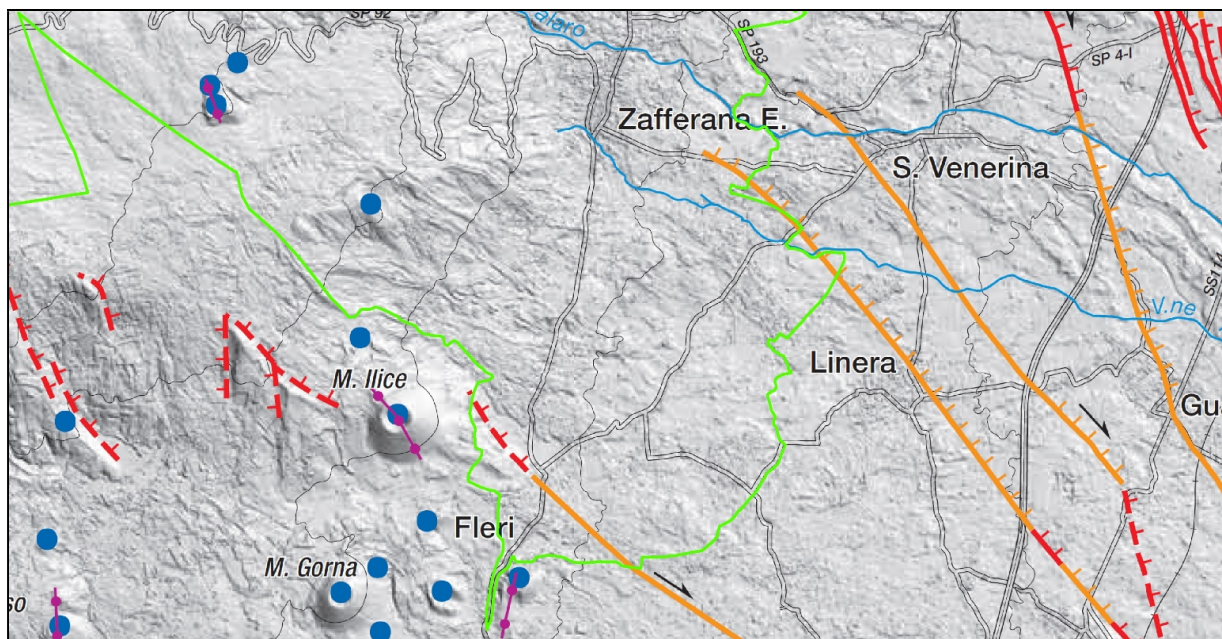


Figura 2.7.2.1 - Stralcio della carta vulcano-tettonica dell'Etna (Azzaro, 2012). In arancione le faglie nascoste (hidden), in rosso tratteggiato le faglie sepolte (buried). In verde è rappresentato il territorio comunale di Zafferana Etnea.

Faglia di Fiandaca-Fleri (FF)

Il tratto di faglia soprannominato Fiandaca – Fleri (FF) ha origine tra le frazioni di Salemi e Pennisi, nel comune di Acireale e procede verso NW fino ad arrivare al comune di Zafferana Etnea, attraversando la porzione meridionale del territorio comunale, da SE a NW, passando da Mazzasette verso il quartiere Fleri, dove prosegue con direzione NNW-SSE, per terminare a ridosso del cono di scorie di M. Illice. Tale faglia è stata classificata come nascosta (hidden) per la maggior parte della sua lunghezza e la traccia del piano di faglia risulta nascosta a causa delle colate laviche storiche, mentre l'estremità a NW ubicata a ridosso di Monte Illice è stata classificata come sepolta (buried). Il termine “nascosta” rappresenta strutture la cui evidenza di rottura superficiale è subordinata alla presenza di manufatti e non permane nel tempo a causa delle ridotte dimensioni delle fratturazioni al suolo. Il

termine “sepolta” rappresenta invece una struttura soggetta a processi di erosione intensa, oppure mascherata da materiali epiclastici.

Nella tabella 6 (Azzaro, 2004) vengono presentati i dati sismici e geologici della faglia di Fiandaca-Fleri. Gli eventi sismici associati rappresentano tutti quei terremoti che hanno evidenziato rotture superficiali. Il terremoto del 25/10/1984, con intensità macrosismica pari a $I_0 = 8$ (scala EMS) e magnitudo momento pari a $M_w = 4.43$, rappresenta l’evento principale. Esso infatti causò danni gravi ed alcuni crolli nel paese di Fleri e borgate limitrofe. Danni minori si ebbero anche a Monterosso Etneo, Sarro e Malopasso. Il terremoto fu avvertito in quasi tutta l’area etnea. I danni più gravi si ebbero a Fleri (foto 1) e Pisano. Vi furono anche crolli di muri a secco che ostruirono numerose strade delle zone rurali.

Faults	Length (km)	Strike	Dominant faulting style	Slip-rates (mm/yr)	Time (yr)	Associated earthquakes
Fiandaca (FF)	11	135 °	Dextral, oblique slip	0.8-2	394 BC	1875.01.07 M = 3.7
						1894.08.08 M = 3.9
						1907.12.07 M = 3.7
						1914.05.07 M = 3.2
						1931.08.03 M = 3.7
						1984.06.17 M = 3.3
						1984.06.19 M = 3.5
						1984.10.25 M = 4.1
1997.11.11 M = 3.2						

Tabella 6: Parametri geologici e sismici relativi alla faglia di Fiandaca-Fleri (Azzaro,2004).



Terremoto del 25.10.1984, Fleri.

Foto 1: Fleri, terremoto del 1984

Durante gli studi per la revisione del Piano Regolatore Generale lo scrivente geologo professionista, incaricato nel 2016 dal Comune di Zafferanata Etnea, al fine di implementare la conoscenza geologica nelle aree tettonicamente attive ed esposte nei paragrafi precedenti ha programmato ed eseguito n. 22 misure di noise ambientale a stazione singola (sismica passiva) per l'esecuzione del metodo HVSr e la determinazione delle frequenze di picco. Questo metodo consiste nel calcolo del rapporto (tipicamente indicato come H/V) della media delle componenti orizzontali rispetto alla componente verticale dello spettro di Fourier del rumore ambientale, registrato in un unico sito da un sensore tridimensionale (velocimetro 3D). L'evidenza empirica, supportata da simulazioni numeriche, indica che il massimo del rapporto spettrale H/V avviene, generalmente, a livello o vicino alla frequenza di risonanza fondamentale del sito, a condizione che vi sia un contrasto d'impedenza sufficientemente forte in profondità.

Contestualmente a tale analisi, sono state calcolate le variazioni azimutali del rapporto H/V per tutte le misure effettuate, ruotando le componenti NS e EW del segnale di intervalli di 10° a partire da 0° N fino a 180° e rappresentando in un grafico i contours del rapporto H/V in funzione della frequenza e della direzione del movimento. Questo approccio, pur rappresentando una stima relativa che dipende fortemente dal comportamento della componente verticale, consente di evidenziare il verificarsi di specifiche amplificazioni direzionali.

La scelta dell'utilizzo di indagini di sismica passiva concentrate nell'intorno delle due faglie presenti nel centro abitato derivò dal fatto che negli ultimi anni l'Università di Catania aveva già condotto diversi studi sulle faglie etnee utilizzando la tecnica del rapporto H/V. I risultati ottenuti dalle varie analisi di noise ambientale registrato nelle aree dove sono presenti delle faglie, indicano che:

- In prossimità dell'area di faglia la presenza di materiale fratturato provoca un'amplificazione del moto del suolo durante i terremoti
- E' evidente la presenza di una persistente polarizzazione del moto del suolo sul piano orizzontale
- Gli effetti direzionali sono riscontrabili anche a distanza di diverse centinaia di metri dalle faglie
- Nelle faglie investigate i massimi di polarizzazione formano con la direzione della faglia angoli di circa 60°
- Le polarizzazioni osservate tendono a presentare direzioni variabili e più uniformemente distribuite al crescere della distanza dalla faglia.

Il significato di tali direzionalità del rapporto H/V potrebbe essere correlato sia con i movimenti obliqui presenti nelle faglie dell'area etnea, che comportano la presenza di un campo di fratturazioni in queste direzioni, che all'influenza del campo di stress regionale.

I risultati ottenuti dall'indagine integrativa effettuata confermano quelli ottenuti per le altre faglie etnee. La Tabella 7 mostra i valori delle frequenze di picco ottenuti in un range di frequenze compreso tra 0,5 e 20 Hz. Dai risultati si osserva come i picchi di amplificazione sono presenti sia a basse frequenze (0,97 – 2 Hz) che a frequenze medio-alte. In alcuni casi, all'interno del range di frequenza considerato, vengono segnalati due o tre picchi.

NOME	LatN	LongE	Località	f ₀	A ₀	f ₁	A ₁	f ₂	A ₂
H/V_1	37,659944	15,091061	Via S. Giovannello	1,2	2,37	8,35	2,07		
H/V_2	37,663665	15,096459	Via Poggiofelice	3,57	2,46	16,09	4,24		
H/V_3	37,660800	15,094034	Via Nava	0,98	4,79	7,21	3,74		
H/V_4	37,658098	15,090334	Via S. Giovannello	0,99	2,1	9,6	1,44		
H/V_5	37,658948	15,097121	Via delle Mimose	0,97	3,73	3,01	2,48	5,36	2,08
H/V_6	37,657156	15,095729	Via del Pino	2,76	1,66	5,02	2,11		
H/V_7	37,659999	15,099565	Via Armando Diaz	2,26	1,7	6,74	4,43		
H/V_8	37,654557	15,100661	Via Alexander Flaming	1,85	2,71	3,62	2,38	19,2	3,9
H/V_9	37,651403	15,105141	Via Salemi Pennisi	4,11	2,73				
H/V_10	37,654331	15,095026	Via Vincenzo Bellini	4,06	2,76				
H/V_11	37,686853	15,116027	Via Rocca d'Api	5,68	2,88	11,96	5,6		
H/V_12	37,688503	15,112391	Via Marco Polo	4,84	2,51				
H/V_13	37,690831	15,113493	Via Marco Polo	4,66	2,8				
H/V_14	37,685955	15,111253	Via Marco Polo	3,79	2,04				
H/V_15	37,682161	15,113566	Via Cimitero Civita	4,27	2,81				
H/V_16	37,692058	15,107437	Viale dei Giardini	3,25	3,15	9,18	2,44		
H/V_17	37,691101	15,102166	Via Giuseppe Verdi	0,99	3,49	3,02	2,09	11,12	2,61
H/V_18	37,688899	15,100625	Via Airone	2	2,3	4,79	1,26		
H/V_19	37,696616	15,108064	Piazza Ballo Europa	5,22	4,38				
H/V_20	37,702273	15,110977	Via Malabranca	5,99	2,23				
H/V_21	37,698384	15,119409	Via Giacomo Matteotti	3,84	3,94				
H/V_22	37,696432	15,118173	Via Riggio	10,6	9,6				

Tabella 7 - Siti di misura del noise ambientale e risultati della prova HVSR - Zafferana Etnea (PRG 2017)

Per quanto concerne i risultati della rotazione delle componenti, si osserva una forte direzionalità del picco H/V a frequenze comprese tra 1 e 10 Hz, con una prevalente orientazione circa WSW-ENE, sia nella zona di Fleri che in quella del centro di Zafferana Etnea. La direzionalità del rapporto H/V risulta essere quasi perpendicolare con la direzione delle faglie, risultato compatibile con i risultati ottenuti dall'Università di Catania nelle altre faglie etnee.

Per la porzione meridionale del territorio comunale (Fleri), tale direzionalità è maggiormente apprezzabile nei punti di misura ubicati esattamente a ridosso della faglia, mentre risulta meno distinguibile in quelli più distanti da essa (fig. 2.7.2.2).

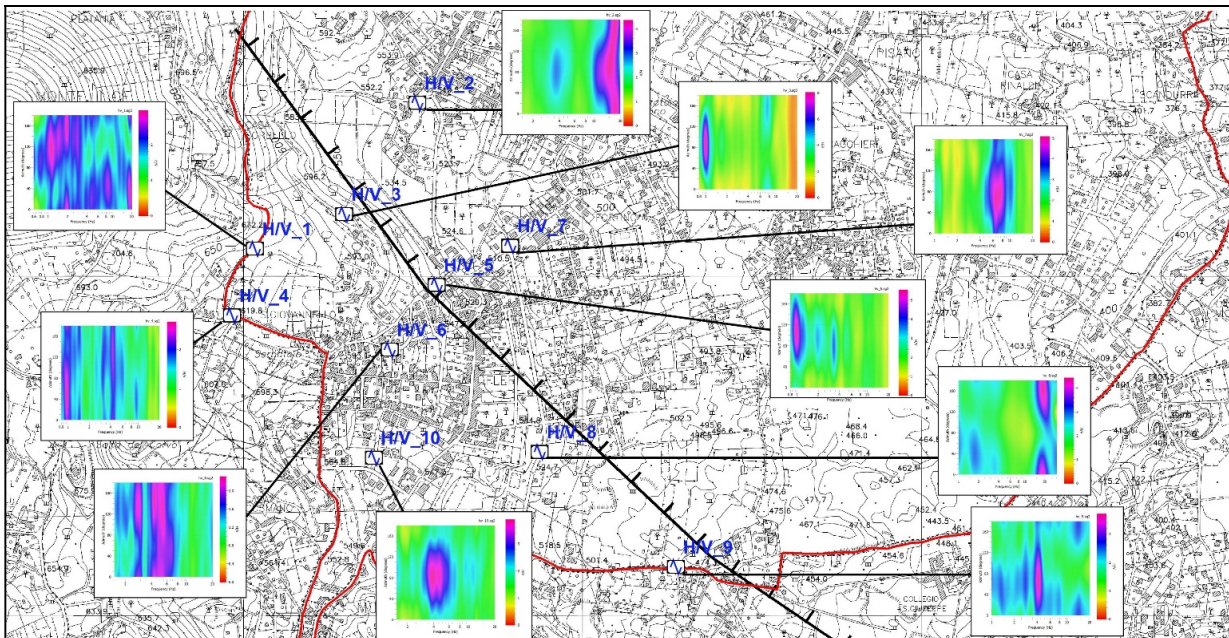


Figura 2.7.2.2 - Ubicazione delle registrazioni di noise ambientale nella porzione meridionale del territorio comunale (linea rossa). I contours rappresentano il rapporto H/V in funzione della frequenza (asse orizzontale) e della direzione di movimento (asse verticale). La faglia di Fiandaca-Fleri è rappresentata con la linea nera.

Per quanto riguarda invece la zona del centro, si osserva una marcata direzionalità del rapporto H/V anche in quei punti dove non viene ubicata nessuna faglia, ovvero nella zona del centro storico e nella parte sud orientale di quest'ultimo. (fig. 2.7.2.3). Tali risultati configurano l'ipotesi di una possibile continuità della faglia di Santa-Tecla Linera, proseguendo il suo percorso con direzione NW-SE.

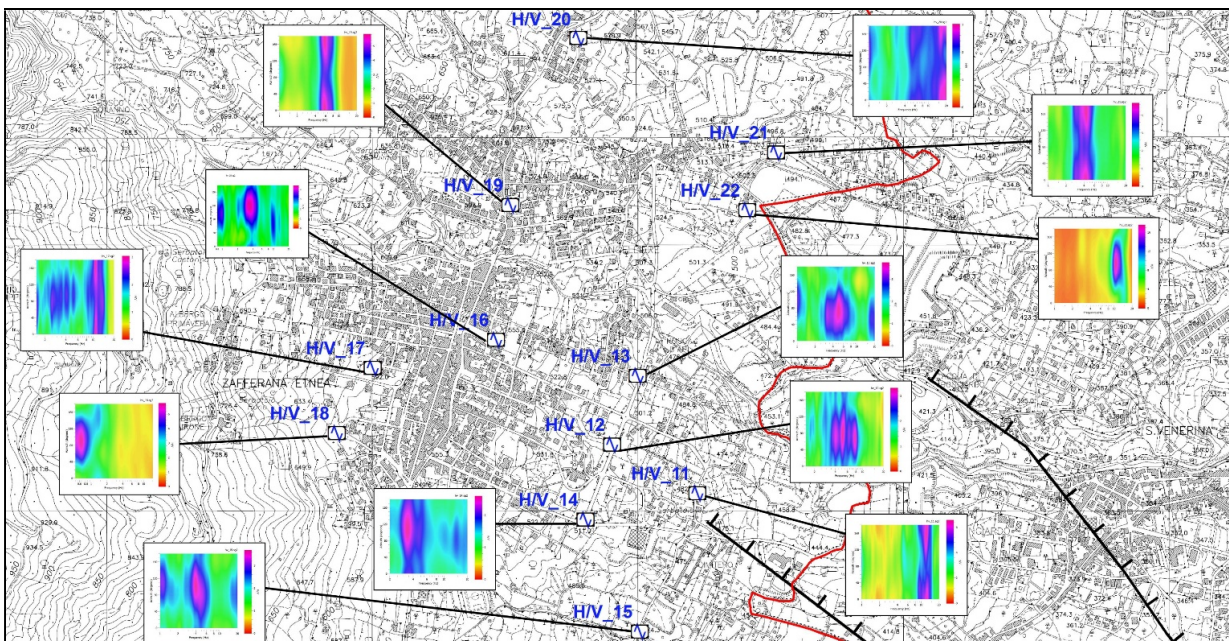


Figura 2.7.2.3: Ubicazione delle registrazioni di noise ambientale nella porzione centro-orientale del territorio comunale (linea rossa). I contours rappresentano il rapporto H/V in funzione della frequenza (asse orizzontale) e della direzione di movimento (asse verticale). La faglia di Santa Tecla-Linera e quella di Santa Venerina sono rappresentate con le linee nere.

I risultati ottenuti da questa campagna di indagini sono inoltre comparabili con un recente studio di Panzera et ali., (2016). In tale studio sono state effettuate 135 misure di noise ambientale nel basso fianco orientale dell'Etna ai nodi di una griglia con spaziatura 1 x 1 km. I valori di H/V ottenuti sono stati suddivisi in 7 gruppi aventi ciascuno forma simile, usando l'analisi dei gruppi (cluster analysis). Da questa analisi è stata elaborata una mappa delle macro-zone aventi i gli stessi valori di frequenza di picco e la stessa forma della curva H/V (fig. 2.7.2.4).

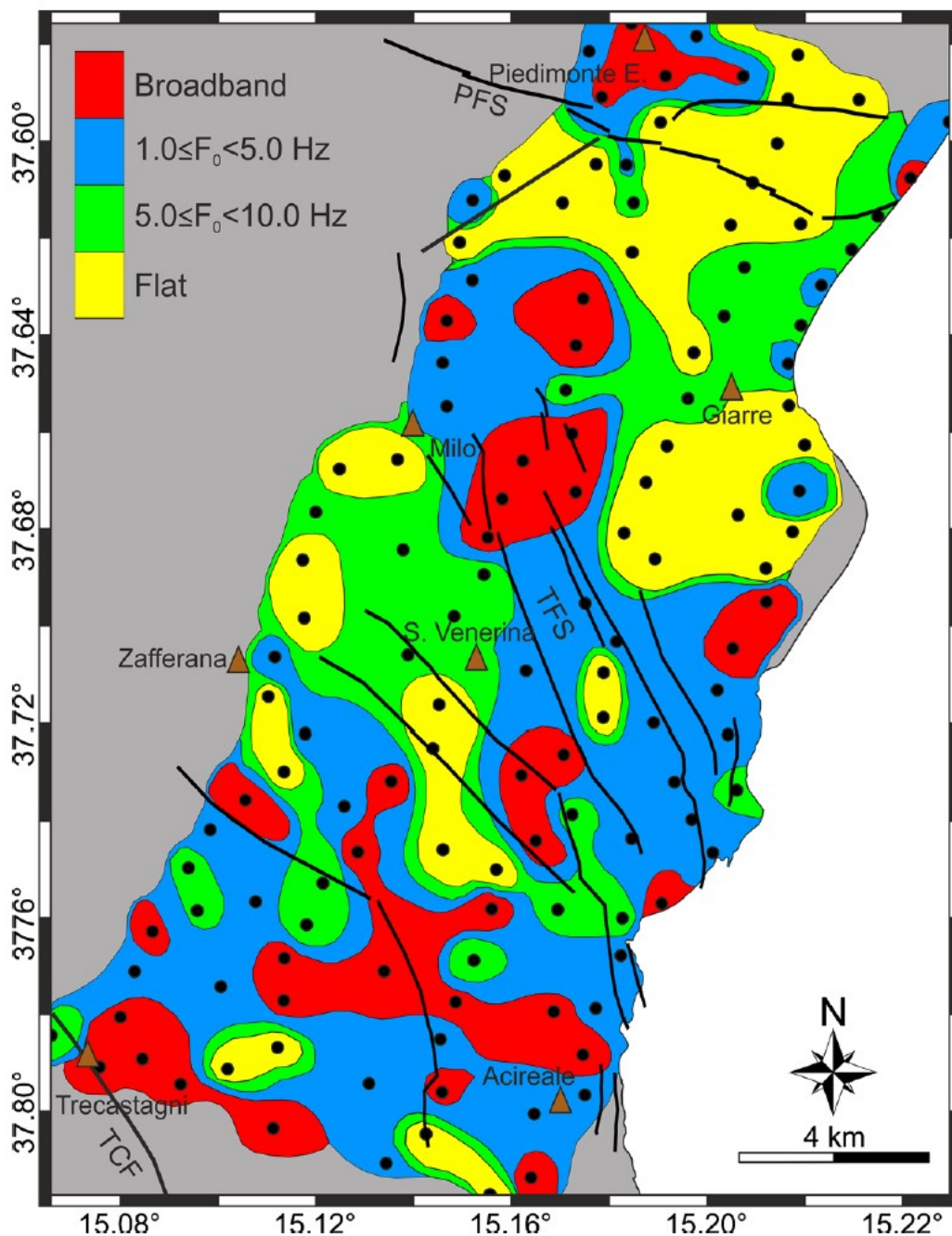


Figura 2.7.2.4 - Mappa delle macro-zone omogenee della frequenza di picco (Panzera et ali., 2016).

Si osserva innanzitutto come le colate laviche, generalmente considerate come rocce rigide, sono caratterizzate dalla presenza di aree estese dove si registrano amplificazioni. Questo comportamento può essere giustificato con la presenza di un'alternanza di strati rigidi e soffici che molto spesso caratterizzano le successioni laviche.

Si osserva inoltre come i risultati della prova HVSR non possono essere facilmente interpretati in termini di litologie affioranti e risulta pertanto difficoltoso identificare il bedrock sismico.

Infine è possibile osservare come la maggior parte di queste macro-aree sono allungate in direzione coincidente con quella delle faglie appartenenti al sistema delle Timpe (TFS). Questo potrebbe essere correlato all'esistenza di un'area di fratturazione diffusa connessa alle faglie principali presenti.

I rapporti spettrali H/V sono stati calcolati anche effettuando la rotazione delle componenti orizzontali ad intervalli di 10° a partire da 0° (N) fino a 180° (S) nel range di frequenza 1.0-5.0 Hz. Per riassumere il trend generale delle direzioni di polarizzazione ad ogni sito di misura sono stati calcolati i diagrammi a rosa. Ciascuno di questi rappresenta un istogramma circolare in cui le misure di polarizzazione orizzontale sono raffigurate come settori di un cerchio di ampiezza 10° aventi in comune l'origine. Tutti i risultati sono stati rappresentati nella mappa riportata in figura 2.7.2.5.

È possibile identificare due aree principali (zona 1 e 3 nella figura 2.7.2.5) caratterizzate da forti amplificazioni direzionali della componente orizzontale del moto del suolo, e in particolare con direzioni NW-SE e WNW-ESE, le quali appaiono quasi perpendicolari al trend del sistema di faglie della Pernicana e delle Timpe rispettivamente.

La polarizzazione osservata in queste due zone può essere collegata alla presenza di un campo di fratturazione secondario rispetto ai lineamenti tettonici principali.

In tale contesto, i risultati ottenuti dall'indagine a supporto della revisione del PRG (2017) oltre a confermare quelli di Panzera et al. (2016), aumentano il grado di approfondimento della zona oggetto di studio, concentrandosi principalmente sulle zone di faglia ed estendendosi più ad ovest nel territorio di Zafferana Etnea, dove persiste la polarizzazione della componente orizzontale del moto del suolo con direzione prevalente WNW-ESE.

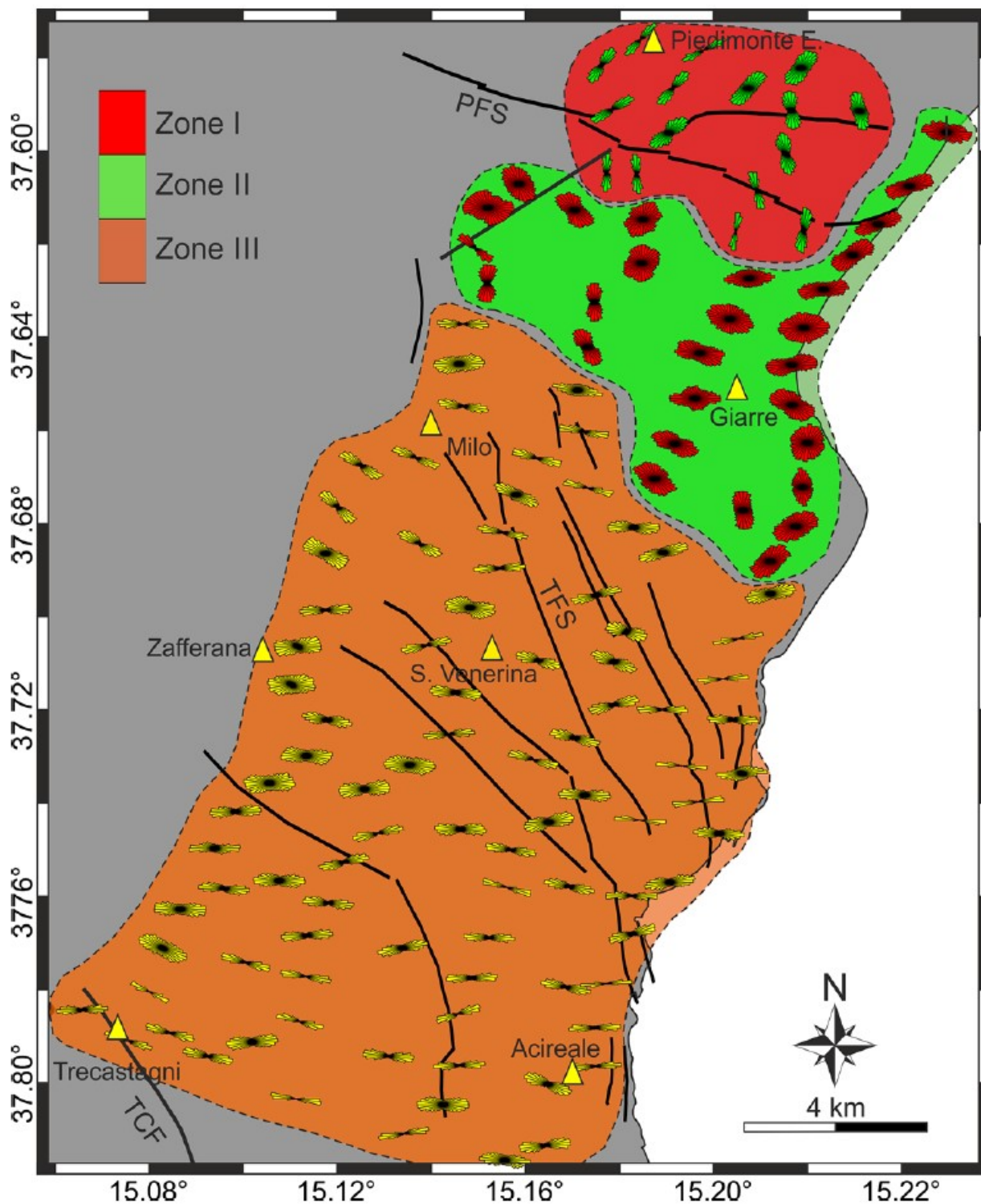


Figura 2.7.2.5 - Diagrammi a rosa delle direzioni di polarizzazione nel range di frequenza 1.0-5.0 Hz per ciascun sito di registrazione. Le tre aree individuate raggruppano assieme i diagrammi a rosa che mostrano caratteristiche e/o direzioni simili (Panzera et al., 2016).

2.7.3 PROLUNGAMENTO DELLA FAGLIA DI SANTA TECLA-LINERA (STF) – “ZAF”

I risultati ottenuti dalle indagini a supporto della revisione del PRG (2017), relative al centro di Zafferana Etnea mostrano una direzionalità del rapporto H/V (figura 2.6.2.3); risultati analoghi sono stati ottenuti da Panzera et al. (2016). Ciò potrebbe significare che l'intera zona risulta essere soggetta a una fratturazione diffusa, correlata verosimilmente alle strutture principali appartenenti al sistema di faglie delle Timpe, e che la stessa prosegue verso NW. Tuttavia, solo tale nuovo e interessante risultato non consente ancora di poter estendere il sistema di fratture principali ed in particolare la faglia di Santa Tecla – Linera con il sistema di faglie di Monti Fiori di Cosimo. Per tale motivo sono stati condotti ulteriori studi multidisciplinari relativi alla porzione di territorio compresa tra il cimitero comunale e la C.da Piano dell'Acqua.

Da una ricerca sul Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (2015) si osserva come numerosi epicentri di terremoti ricadenti nella porzione di territorio contrassegnata siano allineati lungo una direttrice NW-SE (fig. 2.7.3.1). La presenza di questa sismicità risulta essere compatibile con l'ipotesi della prosecuzione della faglia di Santa Tecla – Linera in tale direzione.

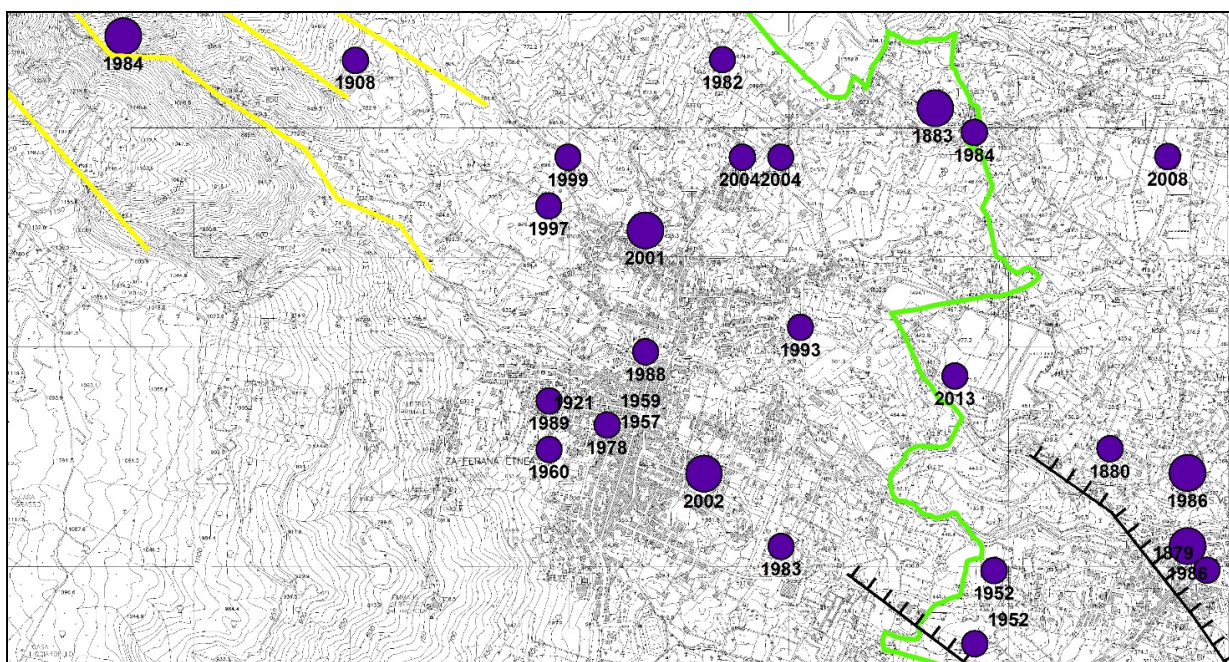


Figura 2.7.3.1 - Epicentri dei terremoti di magnitudo momento maggiore di 2 (punti viola) dal CPTI-2015. Le linee nere rappresentano la faglia di Santa Tecla – Linera (in basso a destra) e quella di Santa Venerina (nell'angolo in basso a destra della figura). In giallo le faglie Monti Fiori di Cosimo (catalogo ITHACA). In verde il limite comunale.

Dopo aver correlato i dati macrosismici con le risultanze delle indagini geofisiche effettuate nella campagna 2016, al fine di completare il quadro delle conoscenze dell'area con un approccio scientifico multidisciplinare, sono stati utilizzati anche i prodotti interferometrici ricavati dai dati satellitari disponibili in rete (Geoportale Nazionale) ed in particolare i dati elaborati provenienti dal satellite ERS nel periodo 1995-2000. Dall'analisi dei dati satellitari di tipo ascending, nella zona in esame è stata osservata una discontinuità nel campo di velocità media del moto del suolo (in mm/a) lungo la verticale dei punti utilizzati dal satellite per l'analisi interferometrica (fig. 2.7.3.2).

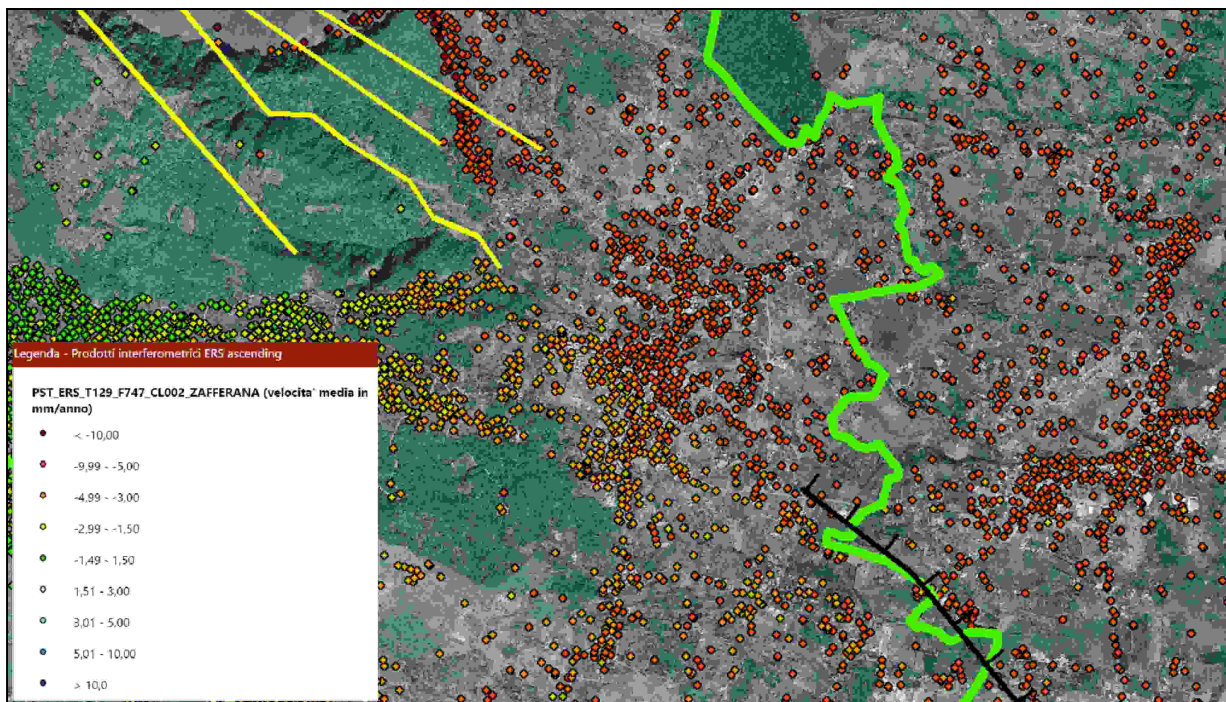


Figura 2.7.3.2 - Prodotti interferometrici ricavati dal satellite ERS in fase "ascending" tra il 1995 e il 2000. La linea nera rappresenta la faglia di Santa Tecla – Linera (in basso a destra). In giallo le faglie Monti Fiori di Cosimo (catalogo ITHACA). In verde il limite comunale.

A maggiore conferma di quanto sopra ipotizzato, un'analisi dettagliata dei prodotti interferometrici relativi al Monte Etna condotta da Bonforte et al., (2011), utilizzando i dati del satellite ERS, ha confermato lo spostamento verso Est del fianco orientale del vulcano. Inoltre sono state osservate molte discontinuità nel campo delle velocità medie ottenute, che risultano essere per la maggior parte dei casi coincidenti con le principali strutture tettoniche presenti nei vari fianchi dell'Etna.

La porzione di territorio analizzata ricade in una delle discontinuità principali (numero 3 in figg. 2.7.3.3 e 2.7.3.4) caratterizzata da evidenti gradienti di velocità spostandosi da W verso E. La direzione di questa risulta essere sempre NW-SE, coincidente con i due sistemi di faglie sopra esposti.

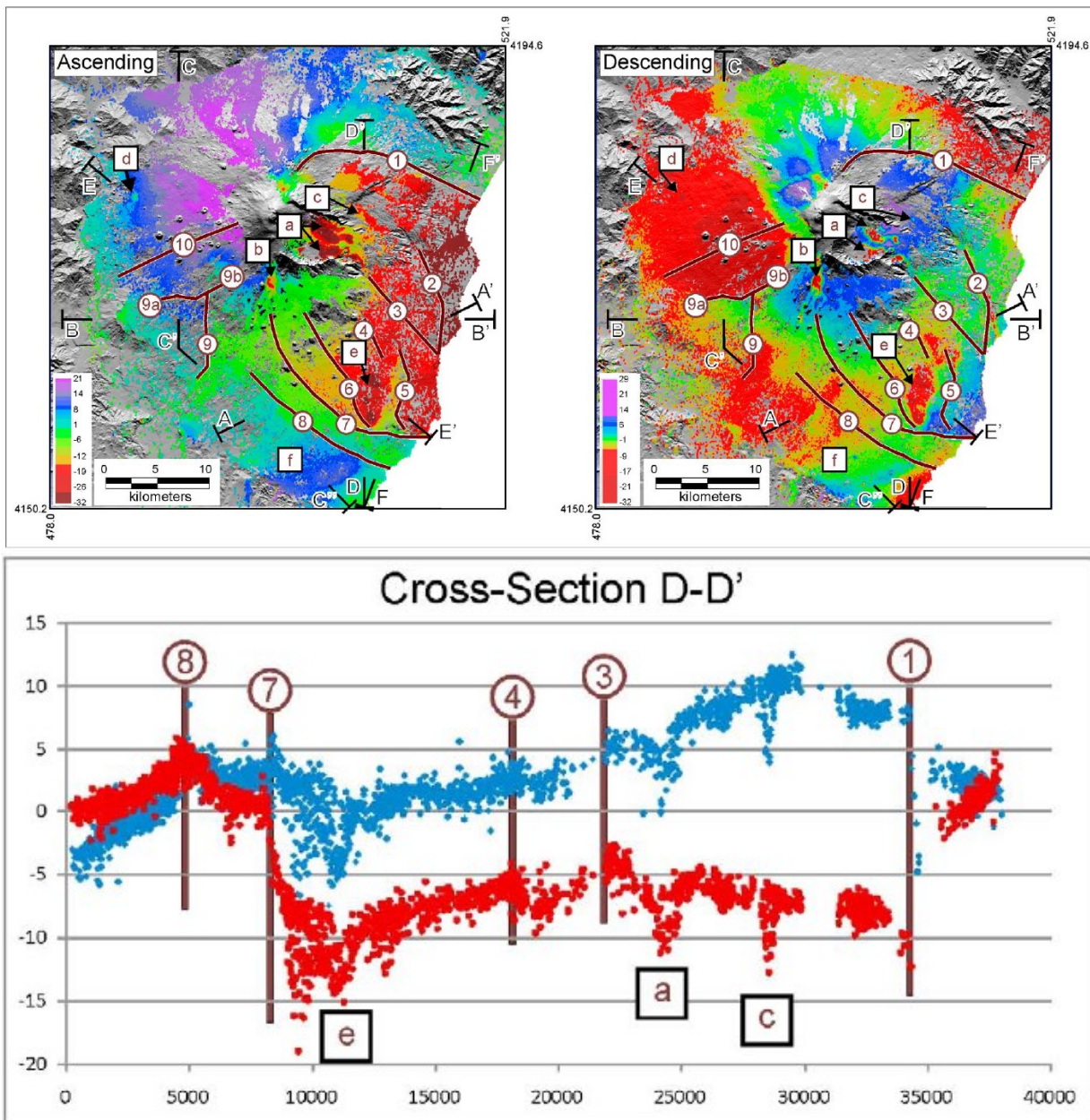


Figura 2.7.3.3 - Mappa dei prodotti interferometrici ricavati dal satellite ERS in fase “ascending” e descending (tra il 1995 e il 2000). Le linee marroni rappresentano le varie discontinuità nel campo di velocità osservate. Con il numero 3 è rappresentata quella che passa per centro di Zafferana Etnea. In basso è riportata la sezione D-D’ per l’ascending (in rosso) e il descending (in blu). *Bonforte et al., 2011*

Lo studio dettagliato dei prodotti interferometrici mostra che questo dominio in scivolamento verso ESE è in realtà suddiviso in diversi blocchi che mostrano differenti velocità di scivolamento (figura 2.7.3.5). La discontinuità presente nella zona in studio, secondo Bonforte et al., (2011), delimita il blocco medio-orientale con quello di NE, e corrisponde all’allineamento delle faglie di Santa Tecla e Santa Venerina. Questo settore, che coinvolge l’intero fianco NE del vulcano dal rift di NE fino alla

costa, si sposta verso E tra la faglia della Pernicana e il sistema di faglie Santa Tecla – Santa Venerina a velocità maggiori di 20 mm/anno (figura 2.7.3.6).

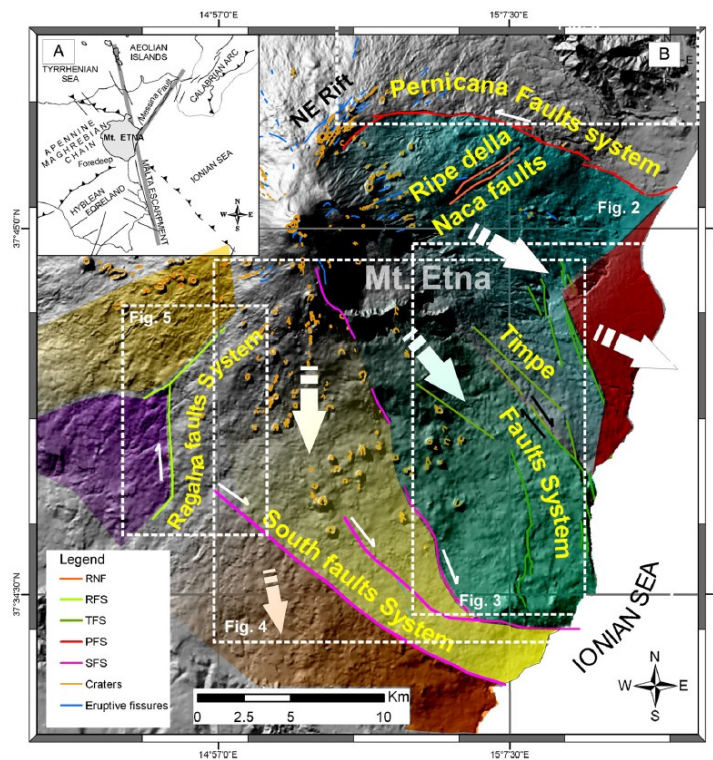


Figura 2.7.3.4 - Mappa dei principali sistemi di Faglia dell’Etna (Barreca et al., 2013)

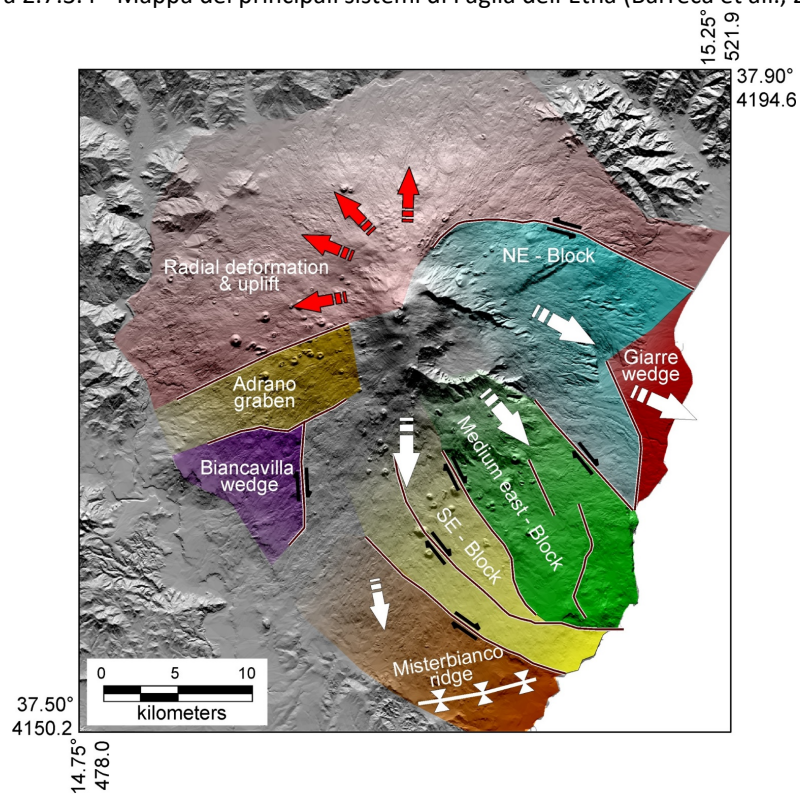


Figura 2.7.3.5 - Mappa dei principali domini crostali dell’Etna (Bonforte et al., 2011)

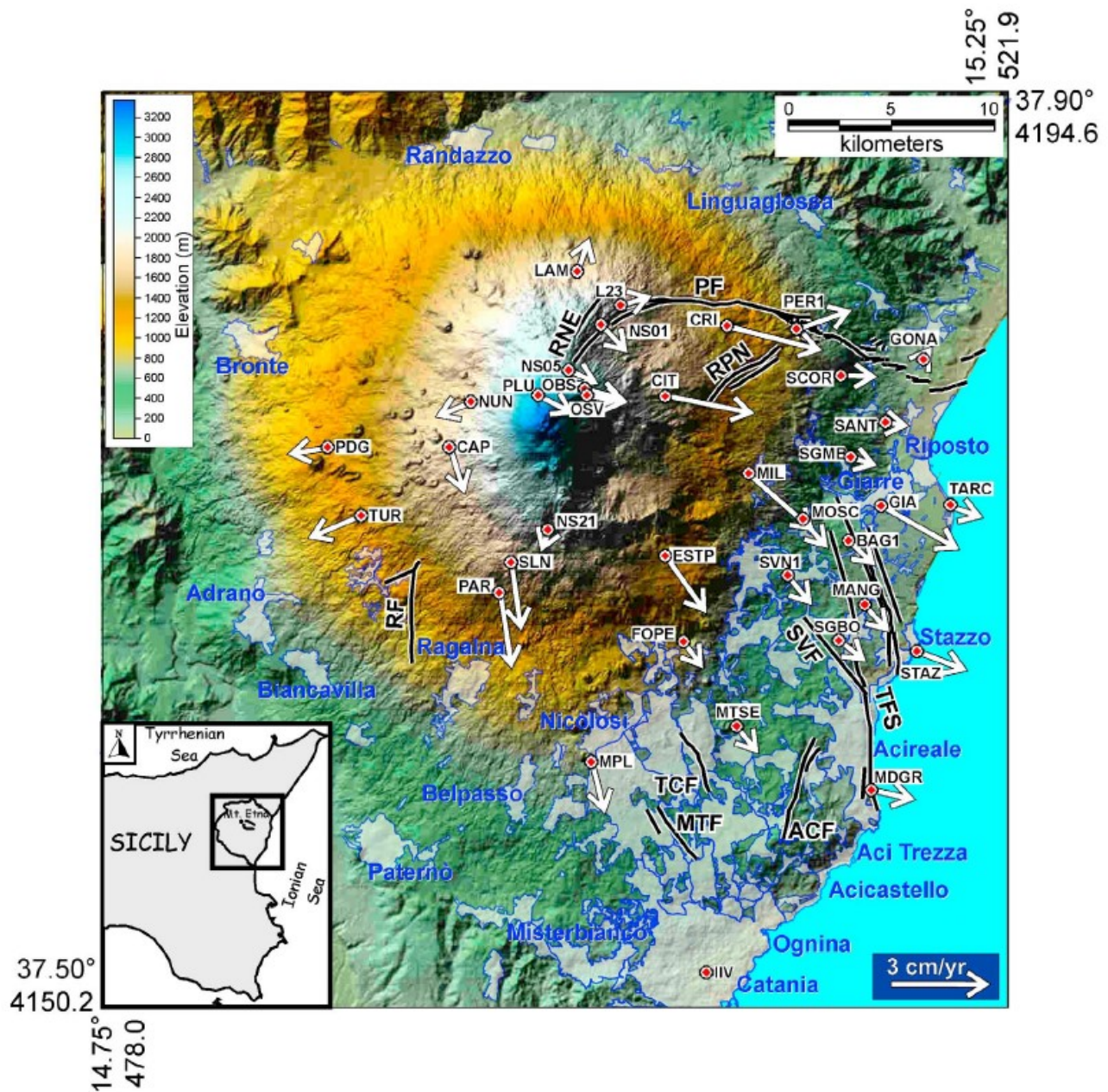


Figura 2.7.3.6 – Schema strutturale dell’Etna con l’ubicazione delle stazioni GPS con relativo vettore di velocità (Bonforte et al., 2011)

Le risultanze dell’analisi multidisciplinare condotta per lo studio sulla pericolosità sismica hanno permesso pertanto di ipotizzare la presenza di una struttura tettonica sepolta sotto il centro storico di Zafferana Etnea (Figura 2.7.3.6), in continuità strutturale con i lineamenti già noti in letteratura (faglia di Santa Tecla – Linera e il sistema di faglie di Monti Fiori di Cosimo). Tale segmento di faglia, nella carta delle MOPS è stato trattato come una FAC_b (incerta).

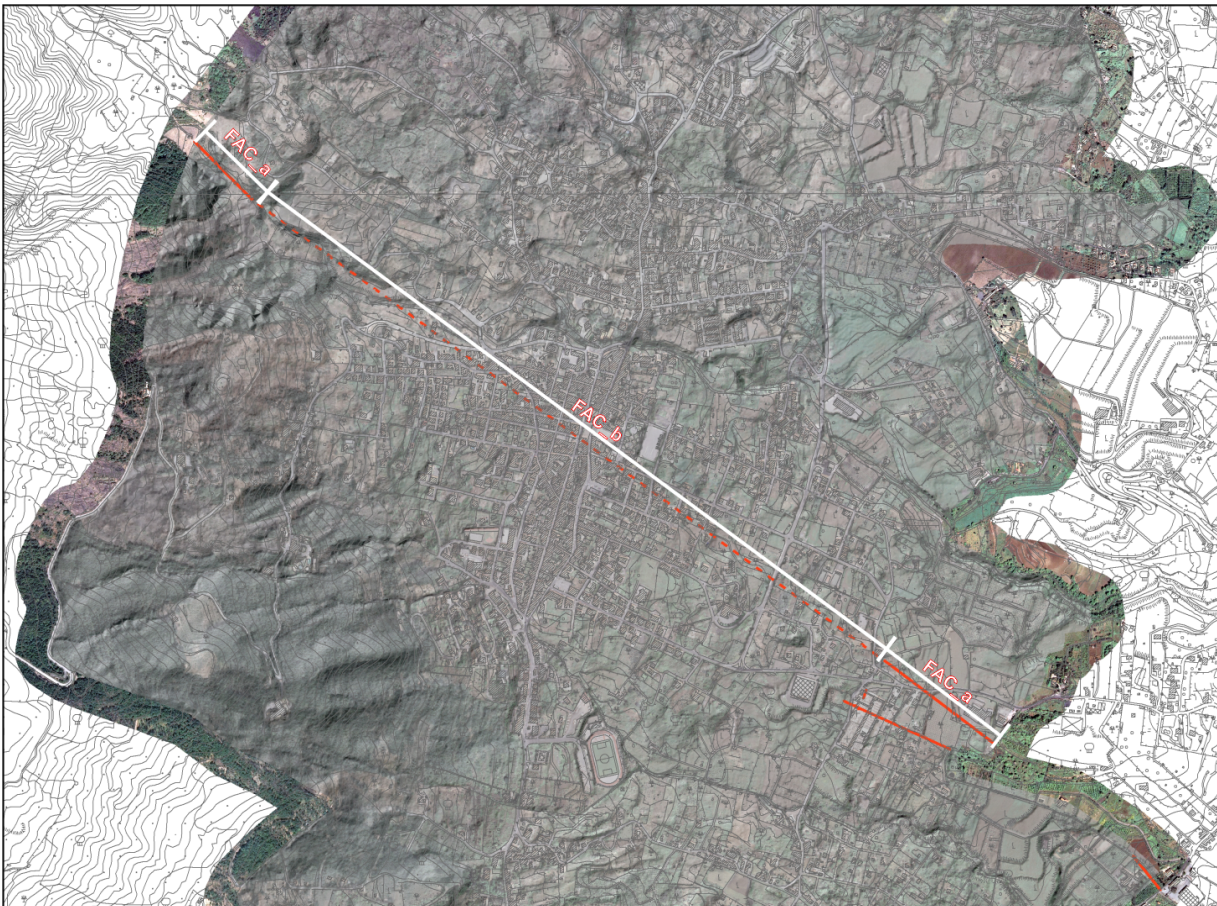


Figura 2.7.3.7 – Allineamento dei segmenti di faglia: Monti Fiori di Cosimo (FAC_a), Zafferana “ZAF” (FAC_b) e Santa Tecla - Linera FAC_a).

2.7.4 FAGLIA DI POGGIOFELICE – (PGF Fault)

Durante gli studi di MS1, il 26 dicembre 2018 la frazione Fleri è stata epicentro di un terremoto ML 4.8, corrispondente a Mw 4.9. Tale evento sismico è stato descritto in dettaglio nel **capitolo 9 “Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati”**.

Lo scrivente, dopo l’evento sismico che ha interessato il territorio comunale ed in particolar modo le frazioni di Fleri e Poggio Felice, ha concentrato le indagini del programma MS1 in tali aree (sondaggi geognostici, prove sismiche in foro e di superficie, rilievi dei campi di fratturazione, etc).

Durante le attività di analisi MS1, Il DRPC Sicilia ha fornito un servizio WMS che, a partire dai dati delle schede AeDES, hanno fornito un quadro qualitativo sulla distribuzione del danno nell’area colpita dal sisma.

A seguito dell’evento sismico del 2018, il gruppo di ricerca EMERGEO ha realizzato una pubblicazione scientifica (JOURNAL OF MAPS 2019, VOL. 15, NO. 2, 831–837) inerente il rilevamento di tutte le

- N. 1 Prova sismica in foro tipo DH
- N. 1 Tomografia elettrica con stendimento L=150 m
- N. 1 Prova sismica passiva tipo HVSR

Le risultanze e le interpretazioni delle indagini dirette e indirette sono state trattate nel capitolo 4.

Dalla distribuzione del danneggiamento lungo la Via Fortino-Fleri è possibile osservare un aumento degli edifici inagibili in corrispondenza del campo di fratturazione (allineamento) rilevato (Fig 2.7.4.2). Tale dato, infatti, correlato con le risultanze delle prove geofisiche sismiche ed elettriche ha permesso l'individuazione di una "instabilità cosismica" con allineamento circa N-S.



Figura 2.7.4.2 Carta del rilievo delle fratturazioni cosismiche

Tali deformazioni, in alcuni punti dell'allineamento, sono state registrate anche nel terremoto del 1984, come testimoniato da diversi residenti dell'isolato.

Al fine di approfondire e cercare eventuale conferma su tale “anomalia” lungo la via Fortino Fleri, in corrispondenza del civico 39 è stata programmata ed eseguita una prova di geoelettrica 2D - ERT (087055L27) con uno stendimento di 150 m.



Figura 2.7.4.3 Ubicazione prova geoelettrica ERT 087055L27 (Via Fortino Fleri)

In figura 2.7.4.3 è possibile notare come al centro della sezione elettro-tomografica vi sia una chiara ed inequivocabile discontinuità laterale in termini di resistività. Infatti, nella parte destra della sezione, i valori di resistività nelle colate diminuiscono notevolmente rispetto alla porzione occidentale della stessa.

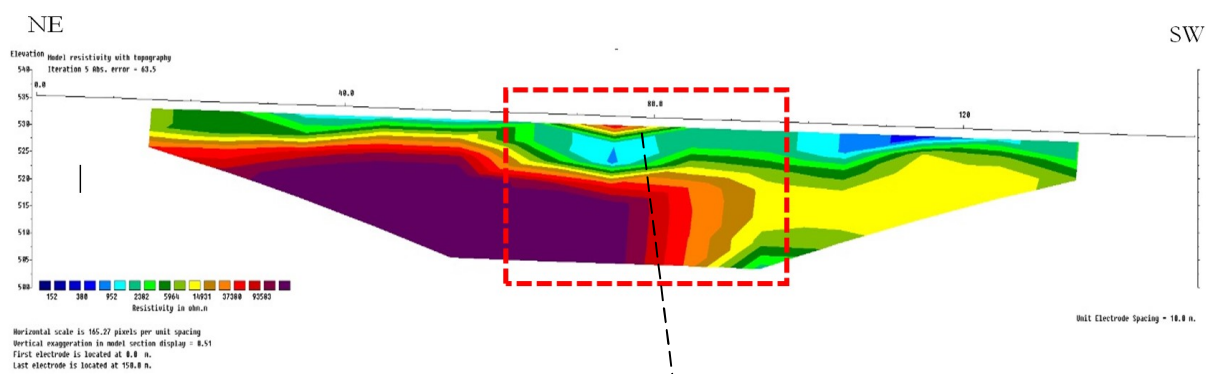


Figura 2.7.4.3 Sezione elettro-tomografica - ERT (087055L27)

La tomografia elettrica ha permesso di raggiungere la profondità di circa 30 metri dal piano campagna e tale variazione di resistività potrebbe essere interpretata come un aumento della fratturazione nelle colate laviche in corrispondenza di un ipotetico blocco ribassato in faglia diretta.

Tale interpretazione trova riscontro nella metodologia utilizzata su terreni simili interessati da fagliazione superficiale certa (da letteratura). Infatti, in corrispondenza delle zone di fratturazione (damage zone) si osserva una diminuzione rilevante dei valori di resistività (Figg. 2.7.4.4 e 2.7.4.5).

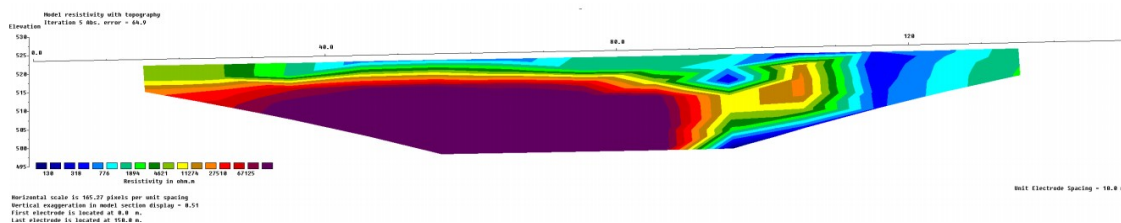


Figura 2.7.4.4 Sezione elettro-tomografica - ERT (087055L26) – Via Fleming (Fleri)

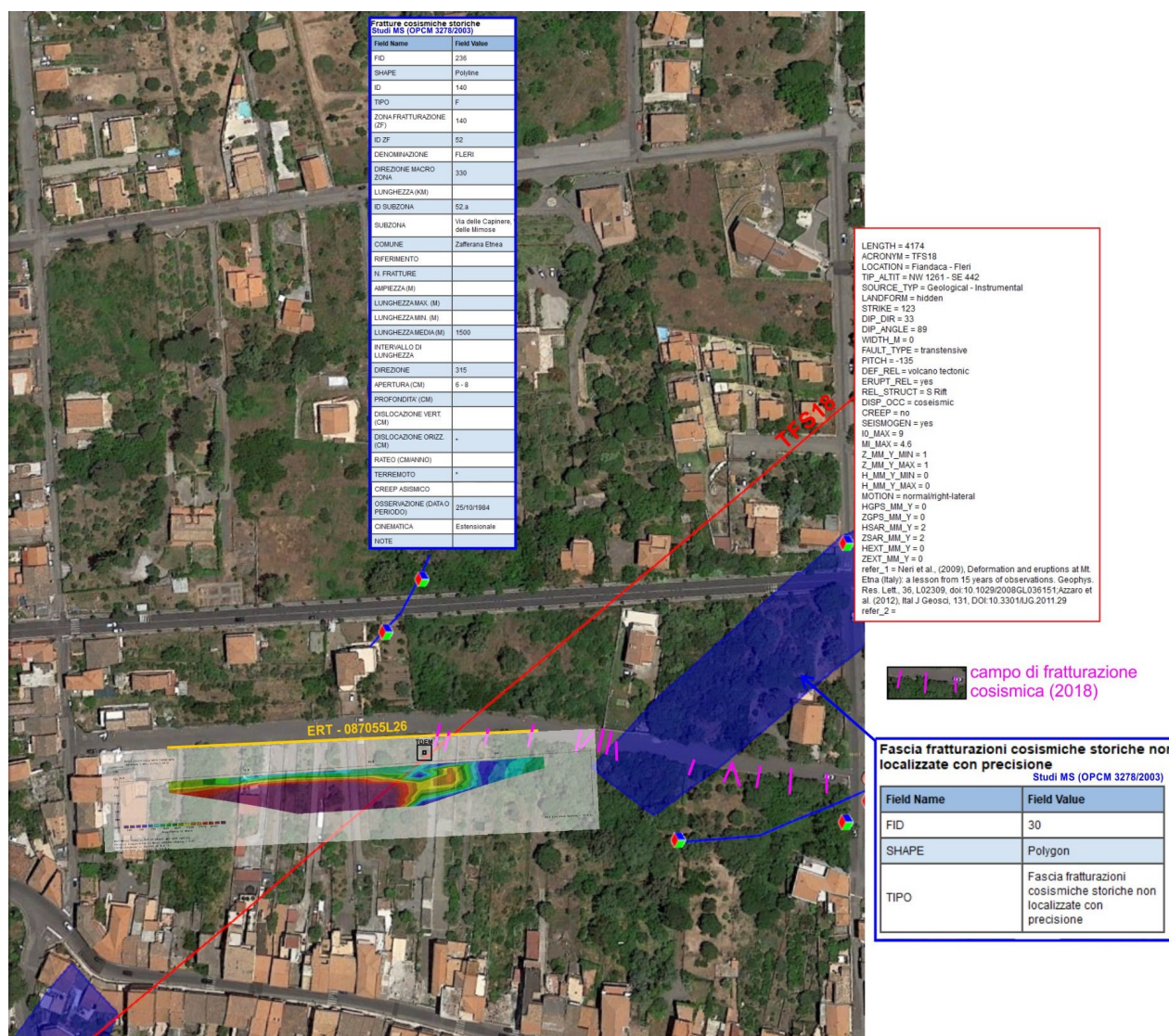


Figura 2.7.4.5 Sezione elettro-tomografica - ERT (087055L26) e TDEM su ortofoto con ubicazioni faglie e fasce di fratturazione cosmiche (Via Fleming - Fleri)

Sullo stendimento della **ERT - 087055L26** in Via Fleming è stata eseguita una indagine elettromagnetica **TDEM** (indagine premiante) al fine di raffrontare i dati delle due tipologie di indagine. Il TDEM non è stato caricato nel SoftMS in quanto non previsto tra le indagini standard per la MS1. In figura 2.7.4.5 è riportata l'ubicazione dello stendimento elettromagnetico, con profondità massima di indagine di 220 m e DOI di 149 m dal piano campagna. Le differenze nei dati sono giustificate dal differente grado di accuratezza legato alle due metodologie (maggiore nel sistema TDEM, essendo una indagine puntuale). Naturalmente la metodologia TDEM ha permesso di estendere le informazioni ottenute preliminarmente dalla campagna di indagini geoelettriche a profondità maggiori e con un elevato grado di accuratezza. Da segnalare una netta diminuzione dei valori di resistività a partire dagli 80 metri di profondità dal piano campagna, probabilmente associata alla presenza di falda (Fig. 2.7.4.6).

Print Date: 12.11.2020
Database Name: Project187.gdb
UTMX: 508789
UTMY: 4167747
EPSG: WGS 84 UTM zone 33N (epsg:32633)
Importer: Not Available
Version: Not Available
Data Residual: 2.6
No. of Layers: 20
DOI: 149m
Program: SPIA64.exe, version 3.4.1.0

#	Res	ResSTD	Thk	ThkSTD	Dep	DepSTD
1	38.4	2.49	2.63	1	2.63	1
2	36.5	2.01	2.97	1	5.59	1
3	34.2	1.73	3.35	1	8.94	1
4	33	1.64	3.78	1	12.7	1
5	34.9	1.69	4.27	1	17	1
6	42.3	1.78	4.82	1	21.8	1
7	57.1	1.84	5.44	1	27.2	1
8	79.9	1.89	6.14	1	33.4	1
9	107	1.95	6.93	1	40.3	1
10	125	1.99	7.83	1	48.1	1
11	113	1.99	8.84	1	57	1
12	63.4	1.92	9.98	1	67	1
13	15.7	1.73	11.3	1	78.2	1
14	1.22	1.2	12.7	1	90.9	1
15	3.2	1.51	14.4	1	105	1
16	1.18	1.7	16.2	1	122	1
17	0.624	1.75	18.3	1	140	1
18	1.44	2.11	20.7	1	160	1
19	2.79	2.67	23.3	1	184	1
20	4.16	3.3				

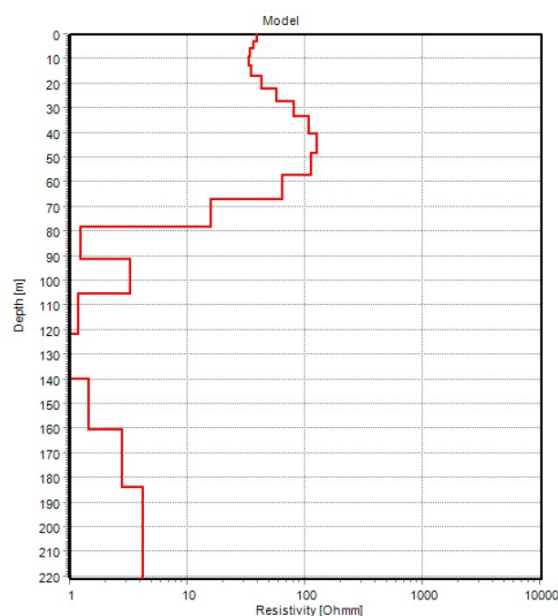
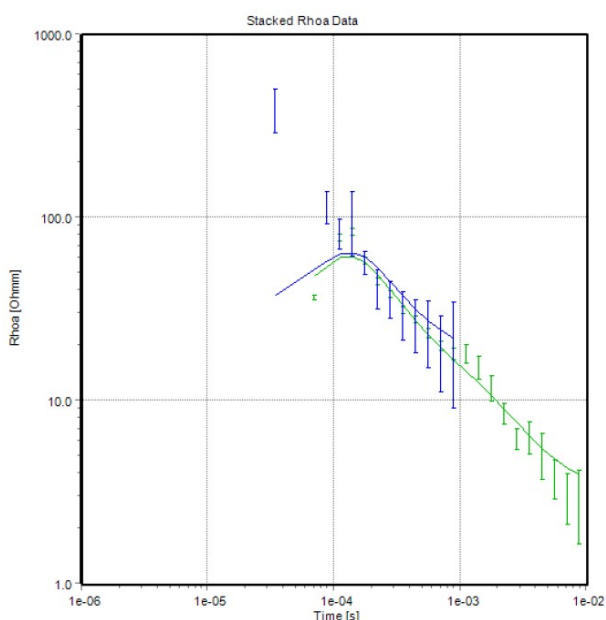


Figura 2.7.4.6 - Dati e grafici della prova TDEM eseguita in Via Fleming

La natura della instabilità cosismica riscontrata in Via Fortino Fleri a Poggiofelice potrebbe pertanto, a parere dello scrivente, essere associata alla presenza di una faglia (o fascia di fratturazione). Tale ipotesi, supportata da diversi elementi quali la geofisica e i rilievi delle fratture, può essere ricondotta ad un modello geologico strutturale caratterizzato a larga scala dalla presenza di una dislocazione tettonica principale di tipo trastensiva destra (Faglia di Fiandaca-Fleri), così come ormai identificata ed ubicata dalla recente letteratura scientifica, dalla cui terminazione settentrionale, ubicata nell'area di Poggiofelice, potrebbero dipartirsi uno (o più) "splay" estensionali (tipo horse-tail) ad orientazione circa N-S (Fig. 2.7.4.7).



Figura 2.7.4.7 - Modello schematico geostrutturale ipotizzato

Questo modello (Kim et al., 2006) prevede che al *tip* di una faglia trastensiva esistano delle fratturazioni secondarie associate, dovute alle differenti condizioni di stress a cui sono sottoposte le zone adiacenti la terminazione della struttura principale.

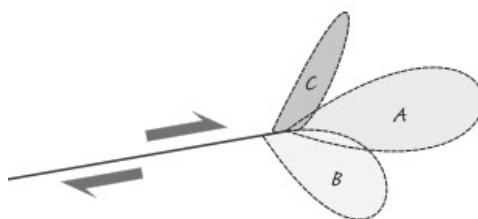


Figura 2.7.4.8 - Schema del danneggiamento alla terminazione di una faglia trastensiva destra (Kim et alii, 2006)

Come è possibile osservare in figura 6, Kim et alii (2006) distingue tre diverse zone sulla base del tipo di fratturazione e del tipo di stress a cui sono sottoposte:

- **Zona A:** sottoposta a stress compressivo, è caratterizzata dalla presenza di *fratture antitetiche* le quali si collocano ad alto angolo rispetto la faglia principale ($60^\circ - 70^\circ$) e con movimento opposto a quest'ultima (Figura 2.7.4.9)



Figura 2.7.4.9 - Schema disposizione fratture antitetiche (Kim et alii, 2006)

- **Zona B:** sottoposta a stress estensionale, è caratterizzata dalla presenza delle cosiddette *horsetail fractures*, cioè fratture a basso angolo rispetto la principale (circa 30°) ravvicinate tra loro. **Questo risulta essere il modello strutturale ipotizzato per la faglia di Poggiofelice** (Figura 2.7.4.10)

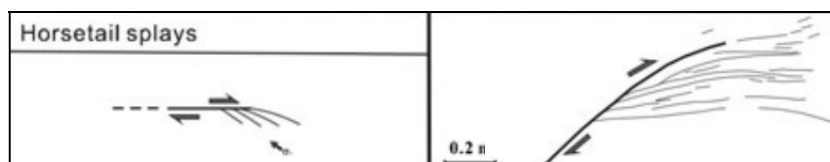


Figura 2.7.4.10 - Schema disposizione fratture Horsetail (Kim et alii, 2006)

- **Zona C:** sottoposta a stress contrazionale, è caratterizzata dalla presenza delle *solution surfaces*, ovvero fratture di compressione disposte ad angoli compresi fra 90° e 160° rispetto la faglia principale (Figura 2.7.4.11)

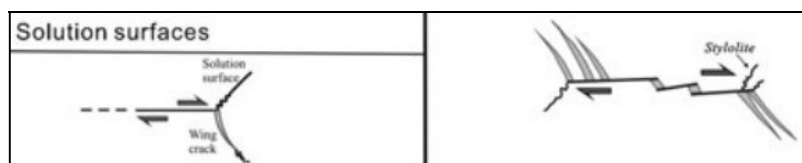


Figura 2.7.4.11 - Schema disposizione Solution Surfaces (Kim et alii, 2006)

Le risultanze dell'analisi multidisciplinare condotta per lo studio sulla pericolosità sismica dell'area di Poggiofelice hanno permesso pertanto di ipotizzare la presenza di una faglia attiva e capace a cinematismo non definito (incerta).

Tale segmento di faglia, nella carta delle MOPS è stato trattato come una FAC_b (incerta).

3 ASSETTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio del Comune di Zafferana Etnea trova ubicazione nel versante orientale del Monte Etna ed in particolare comprende l'intera Valle del Bove; esso presenta forma irregolare, allungata in direzione NS nella sua porzione più orientale e confina a Nord con i comuni di Milo e Sant'Alfio, ad Est con i comuni di Giarre, Santa Venerina e Acireale, a Sud con i territori dei Comuni di Aci Sant'Antonio, Viagrande, Trecastagni e Pedara e ad Ovest con il territorio del comune di Nicolosi (Fig. 3.1)

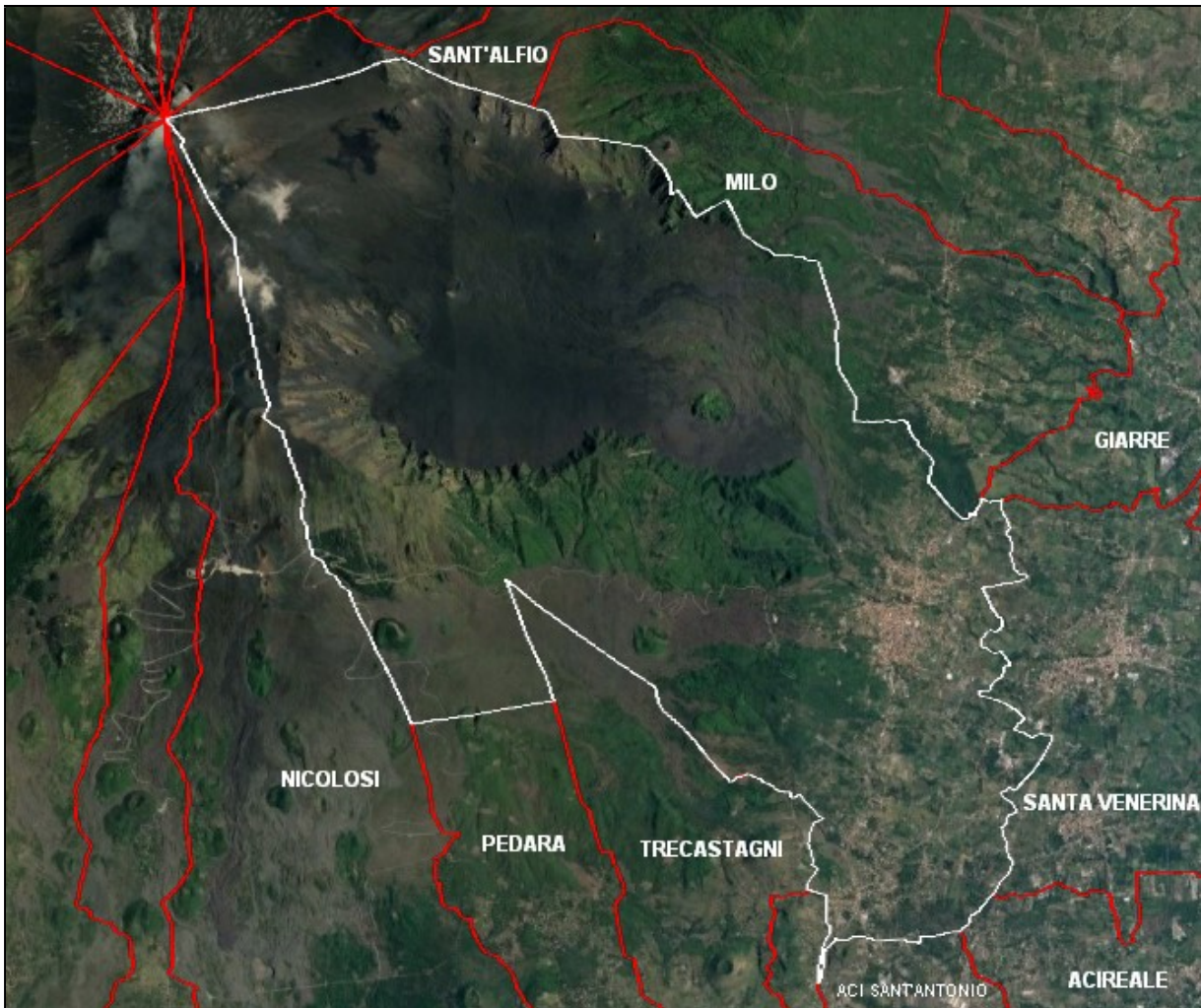


Figura 3.1 Perimetrazione del territorio comunale di Zafferana Etnea

3.2 GEOMORFOLOGIA DEL TERRITORIO

Nel versante orientale etneo sono chiaramente individuabili tre fasce altimetriche a differente morfologia:

- Zona Pedemontana: compresa tra la linea di costa e la quota di 600 m.s.l.m., caratterizzata da pendii abbastanza blandi e regolari degradanti da Ovest verso Est.
- Zona Montana: compresa tra la quota 600 e 1.800 m.s.l.m. caratterizzata dai primi rilievi collinari e montani con pendenze più accentuate e con frequenti bruschi dislivelli.
- Zona Altomontana: comprendente le quote più elevate fino alla sommità del vulcano, caratterizzata da pendii assai ripidi che culminano in maniera più o meno concentrica nel Cratere Centrale.

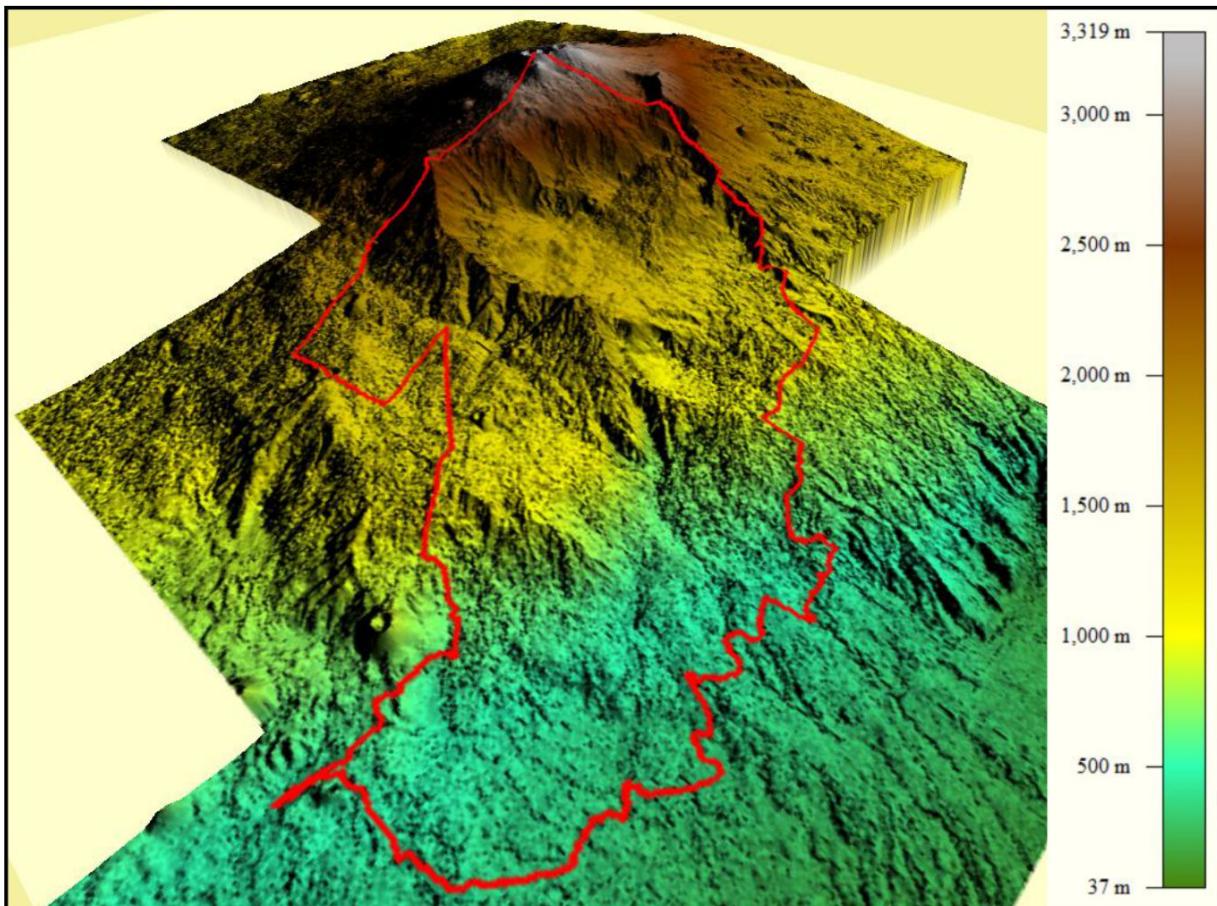


Figura 3.2.1 Elaborazione 3D del territorio comunale di Zafferana Etnea

Il territorio comunale di Zafferana Etnea ricade all'interno di tutte e tre le fasce altimetriche, in particolare la zona urbanizzata del centro storico e le frazioni principali rientrano nella fascia Pedemontana ai piedi dei monti Pomiciaro (1715 m s.l.m.), Zoccolaro (1739 m s.l.m.) e Fior di Cosimo (1178 m s.l.m.), mentre il resto del territorio si trova nella zona montana ed altomontana (Fig. 3.2.1).

Il territorio, oltre a mostrare il tipico motivo morfologico delle basse pendici dell'Etna, con versanti globalmente regolari degradanti verso Est, comprende tre importanti valli che caratterizzano l'intero fianco orientale dell'Etna: Valle del Bove, Val Calanna e Valle San Giacomo.

La Valle del Bove si presenta desertica, ricoperta da colate laviche recenti (1991-'93 e seguenti) ed occupa una superficie di circa 37 km². Il recinto craterico all'interno del quale si trova la valle si sviluppa per un perimetro di circa 18 chilometri e presenta a nord e a sud pareti dall'altezza variabile tra i 400 e i 1.000 metri. A est, invece, si apre in una spianata interrotta dal Monte Calanna che emerge isolato dalle recenti lave. Uno scosceso pendio, il Salto della Giumenta, affievolito dalla colata lavica del 1991-'93, la separa dalla sottostante Val Calanna. Nella valle sono presenti diverse dagale (porzioni di vegetazione isolata circondate da lave) e sono visibili alcuni crateri avventizi recenti come Monte Simone (eruzione del 1811-1812) e i Monti Centenari (eruzione del 1852-1853) nonché alcune formazioni rocciose risalenti a collassi del Trifoglietto.

La Val Calanna si è formata a seguito della coalescenza di caldere. Il più evidente segno morfologico di questo processo di sprofondamento è rappresentato dal Salto della Giumenta, un dislivello altimetrico perpendicolare che separa la Val Calanna dalla Valle del Bove, successivamente attenuato nella sua pendenza dalle lave dell'eruzione etnea del 1991-'93. La Val Calanna è lunga 3 chilometri e larga due chilometri ed è delimitata a sud dal Monte Fior di Cosimo, che la divide dalla Valle San Giacomo, a nord dal Monte Calanna, ad ovest dal Salto della Giumenta e a est dalle colate laviche del 1991-'93. Durante l'eruzione del 1991-'93 le lave provenienti dalla Valle del Bove attraversarono il Salto della Giumenta e hanno interamente colmato la Val Calanna, distruggendo le coltivazioni, le case rurali, le sorgenti e i pozzi d'acqua che approvvigionavano l'abitato di Zafferana Etnea. Oggi, quindi, la Val Calanna si presenta come una distesa di deserto lavico, privo di vegetazione, e da cui emerge, a nord, il Monte Calanna, che appare, circondato da lave, come un'oasi di vegetazione.

La Valle San Giacomo (o anche Vallone San Giacomo) dista tre chilometri dal centro abitato di Zafferana Etnea ed è situata ad una quota compresa tra 730 e 1200 m s.l.m.; è disposta tra due costoni, il Cugno di Mezzo e il Monte Fior di Cosimo, e affiancata da un'altra vallata minore, Vallone Cavasecca, che confluisce in essa. Ha una caratteristica forma a "V" e pareti ripide che diventano impraticabili verso l'alto. Nella Valle San Giacomo si raccolgono le acque provenienti dai costoni rocciosi che la circondano e dal Vallone Cavasecca, alimentando, durante la stagione invernale, il torrente omonimo, Torrente San Giacomo che, raggiunto il centro abitato, muta il nome in Torrente Salaro.

Numerosi sono i coni di scorie presenti all'interno del territorio comunale, sia all'interno della Valle del Bove (es. M. Centenari, M.Lepre, M.Simone) che nella porzione meridionale del territorio (es. M.Salifizio, M.Serra Pizzuta Calvarina, M.Monaco, M.Arcimis), caratterizzati dall'aver forma conica e

fianchi ripidi e formati esclusivamente da piroclastiti a seguito di attività eruttive. La loro presenza è spesso collegata con una o più fratture eruttive.

Il reticolo idrografico che si imposta nel territorio comunale, ha origine dal fianco meridionale della Valle del Bove e si presenta con un pattern pennato e subparallelo. L'organizzazione gerarchica del reticolo è poco sviluppata sia per la presenza di spandimenti lavici che per la ridotta dimensione dei bacini idrografici (fig. 3.2.2).

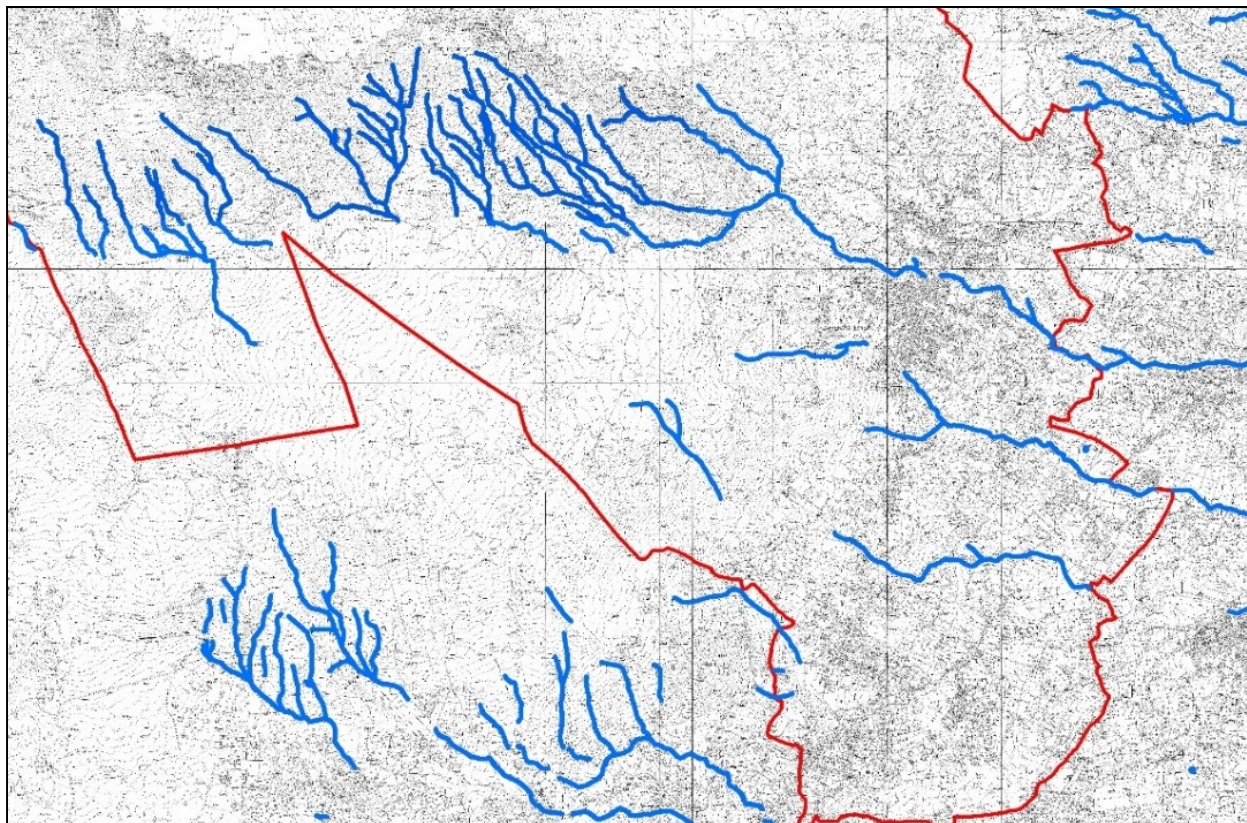


Figura 3.2.2 Reticolo idrografico del territorio comunale

Il reticolo è caratterizzato inoltre da un determinato orientamento preferenziale dei segmenti fluviali in direzione E-SE, e convergenti verso un'asta torrentizia principale. Inoltre, a causa di impedimenti di natura tettonica e/o geologica (faglie, colate laviche), sono presenti numerose aste torrentizie senza sbocco in un altro ricettore. Il regime dei corsi d'acqua presenti è a carattere torrentizio, cioè con deflusso episodico e strettamente limitato all'entità della precipitazione.

Per quanto riguarda il rischio geomorfologico, nel PAI non sono state cartografate dissesti nel territorio comunale in studio. Nella CGT sono state riportate le geometrie di un dissesto censito a seguito dei rilievi condotti dopo il terremoto del 2018. Si tratta di una frattura di circa 60 metri osservabile in località Poggiofelice, traversa Fortino Fleri che è stata associata ad un movimento gravitativo causato dalla morfologia locale. Ci troviamo infatti al fronte della colata lavica storica del 1634-36.

Nel centro abitato di Zafferana e più precisamente in Via Garibaldi in corrispondenza del Municipio è stata realizzata una prova ERT (087055L12), inizialmente per verificare la presenza di un ingrottamento lavico sotto la strada con accesso dalla piazzetta sottostante. L'elaborazione dei dati ha consentito di individuare sia la sezione del tunnel lavico ma soprattutto di verificare quando notiziato dai residenti dell'area circa l'eventuale presenza di una antica canalizzazione dell'acqua prima della urbanizzazione recente dell'area.

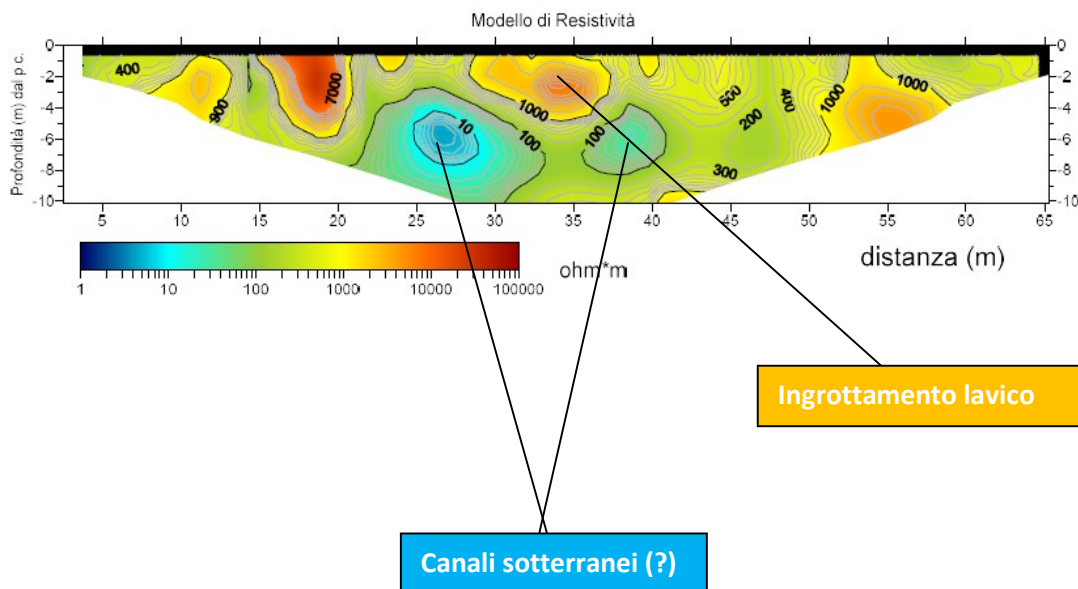


Figura 3.2.3 - Prova ERT 087055L12

Infine, una prova sismica a rifrazione con interpretazione tomografica SR (087055L13), eseguita sul terrazzo fluviale affiorante subito a nord dell'abitato di Fleri, ha permesso l'individuazione dell'asse di paleoalveo riportato in Carta geologica-geomorfologica (Figura 3.2.4).

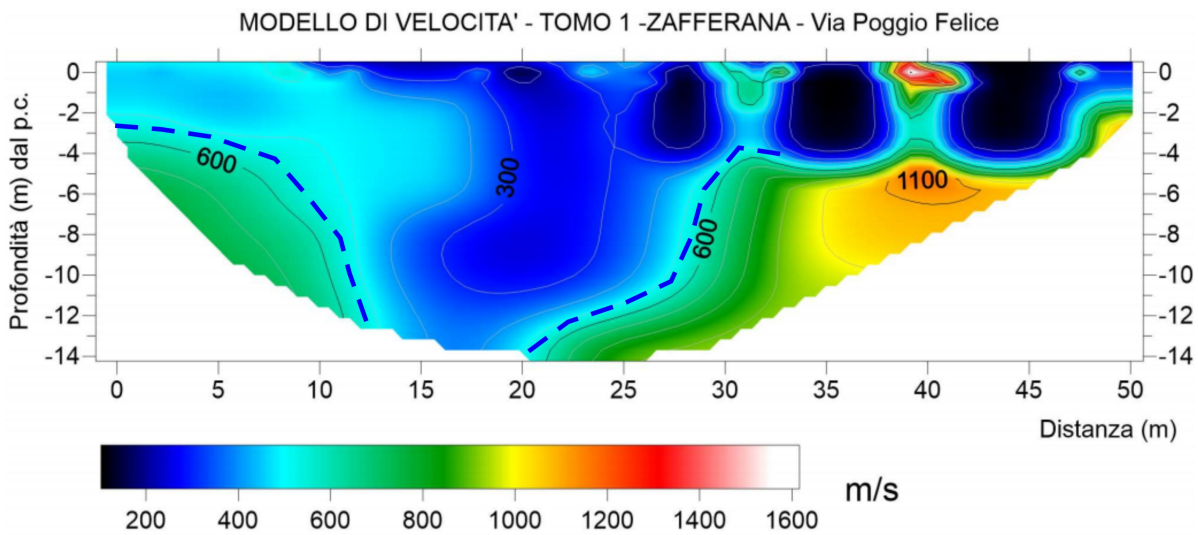
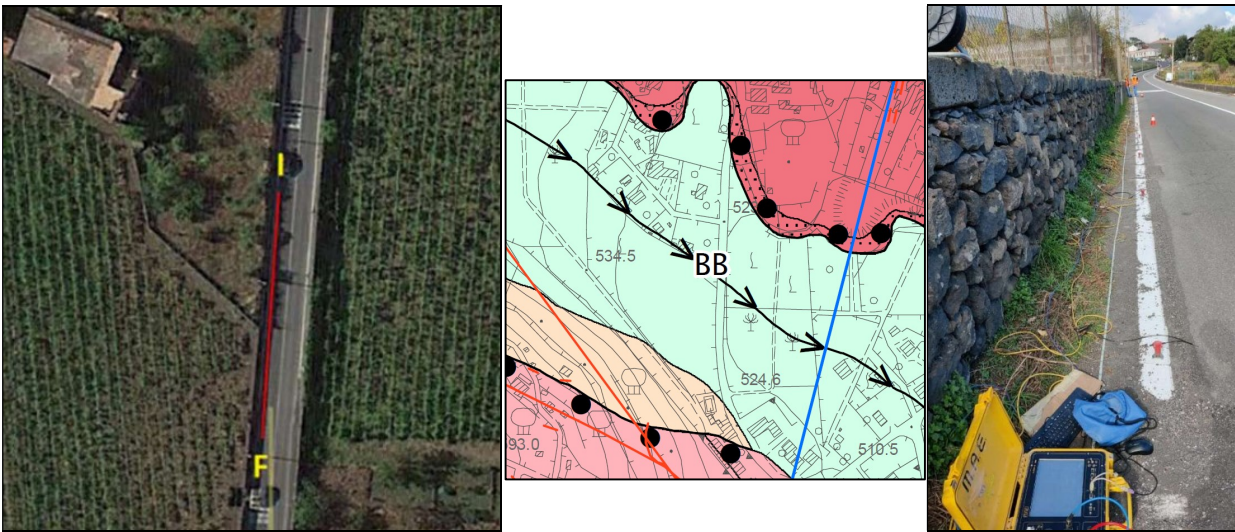


Figura 3.2.4 - Prova SR (087055L13)

3.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE

Il M. Etna, in sintesi, si è sviluppato sul margine meridionale della Catena Appenninico-Maghrebide, al di sopra di una successione pelitica del Pleistocene inferiore-medio deposta sul bordo deformato del Blocco Pelagiano (Lentini 1982; Monaco et al. 2010). Nella sua parte meridionale, invece, sull'avanfossa Catania-Gela. In particolare, l'area dell'apparato vulcanico rappresenta una parte del footwall del sistema di faglie normali che, nel tardo Quaternario (Monaco et al. 1997; Nicolich et al. 2000; Argnani & Bonazzi 2005), ha parzialmente riattivato la Scarpata Maltese (Monaco et al. 2010).

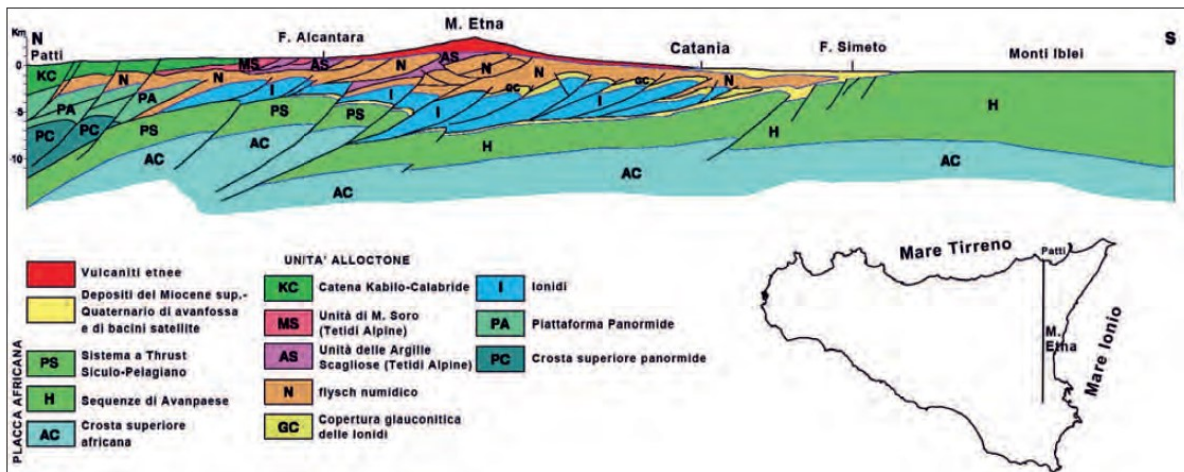


Figura 3.3.1 - Sezione crostale schematica attraverso il M. Etna (Lentini et. al. 2007 mod.)

La sua copertura areale è di circa 1.260 km² e raggiunge una quota che supera i 3.300 m s.l.m., il suo perimetro misura quasi 180 km, di cui 45 km si sviluppano lungo la costa ionica, delimitata per $\frac{3}{4}$ da affioramenti di terreni sedimentari costituenti il basamento, esso rappresenta uno dei maggiori vulcani attivi di tutta l'area mediterranea, nonché il più grande d'Europa.

I primi studi sulle caratteristiche geologiche del M. Etna risalgono alla seconda metà dell'ottocento, in particolare furono condotti da Gemmellaro nel 1858, Lyell 1859 e Waltershausen 1880. Tali studi portarono a distinguere, sulla base della litologia dei prodotti e delle giaciture delle bancate di lave e tufi, due edifici vulcanici sovrapposti, il Trifoglietto ed il Mongibello.

Sulla base di questi studi, fu elaborata la prima carta geologica dell'Etna in scala 1:100.000 (Waltershausen, 1884). Per la redazione di una nuova carta geologica del Monte Etna si dovette aspettare quasi un secolo. Essa fu pubblicata nel 1979 dal Consiglio Nazionale delle Ricerche in scala 1:50.000 e fu coordinata da R. Romano in cui si consideravano cinque fasi dell'evoluzione geologica dell'Etna.

Nell'ambito del progetto CARG per la redazione dei fogli 625 - Acireale, 634 - Catania, 633 - Paternò e 613 - Taormina (Branca et al., 2009a; Carbone et al. 2009;2010), venne utilizzato un approccio

stratigrafico diverso; infatti, la presenza di superfici di inconformità all'interno della successione vulcanica, permise di raggruppare insieme di unità litostratigrafiche in *sintemi*, secondo la procedura suggerita dalla guida stratigrafica internazionale della ISSC (HEDBERG, 1976; SALVADOR, 1994) a limiti inconformi (UBSU) ripresa dal Quaderno 1, serie III, del SGN (Branca et al. 2009).

Nella nuova Carta geologica del Vulcano Etna, pubblicata dall'I.N.G.V. nel 2011 (Branca e al.) viene rivista la cronologia delle colate laviche dell'edificio etneo con un organizzazione strutturata in Supersintemi, Sintemi, Unità litosomatiche e unità litostratigrafiche; inoltre sono stati datate alcune colate permettendo la correzione di diverse datazioni storiche (Figure 3.3.2 e 3.3.3).

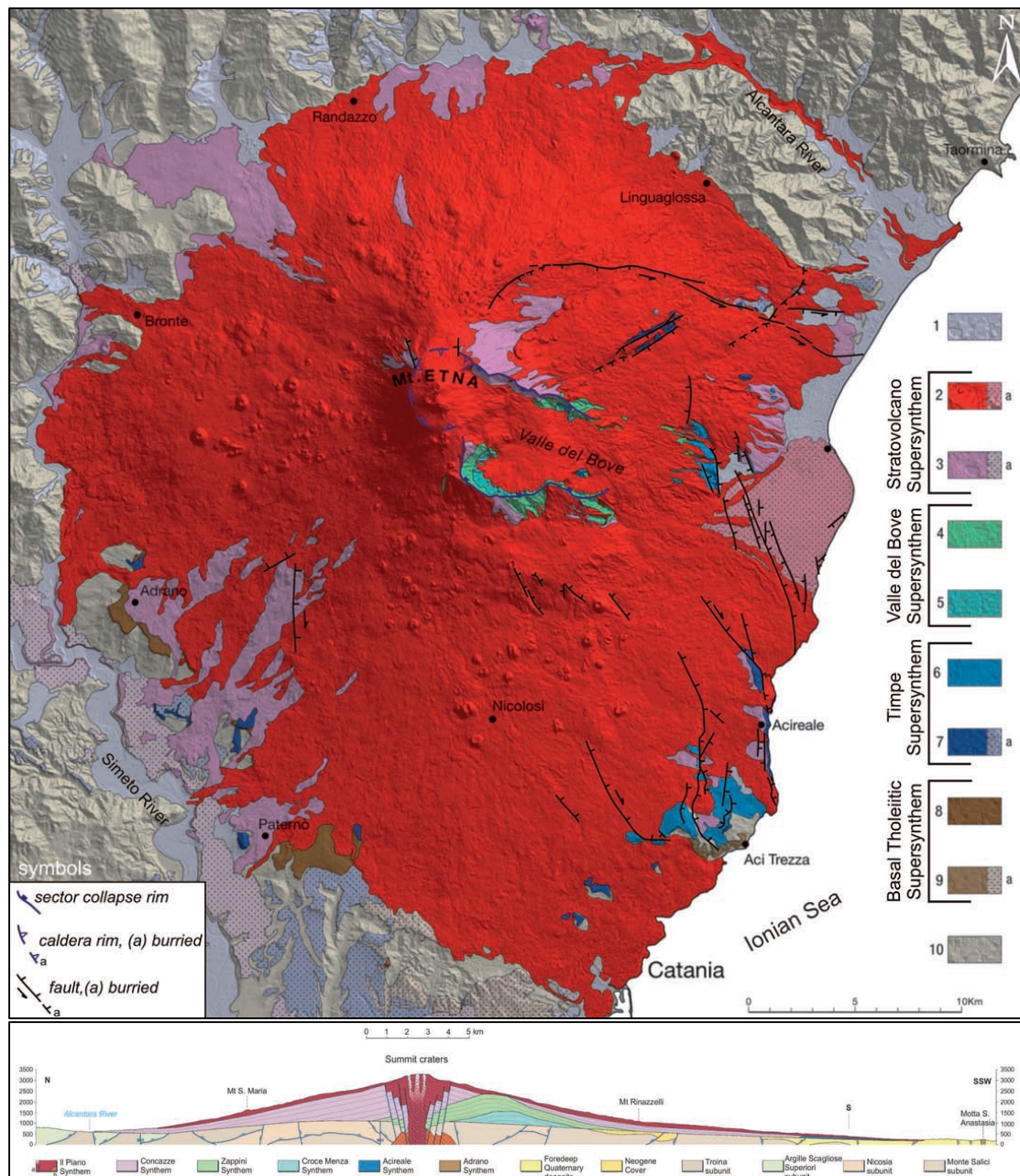


Figura 3.3.2– Geological map of Etna volcano, Branca et alii, 2011

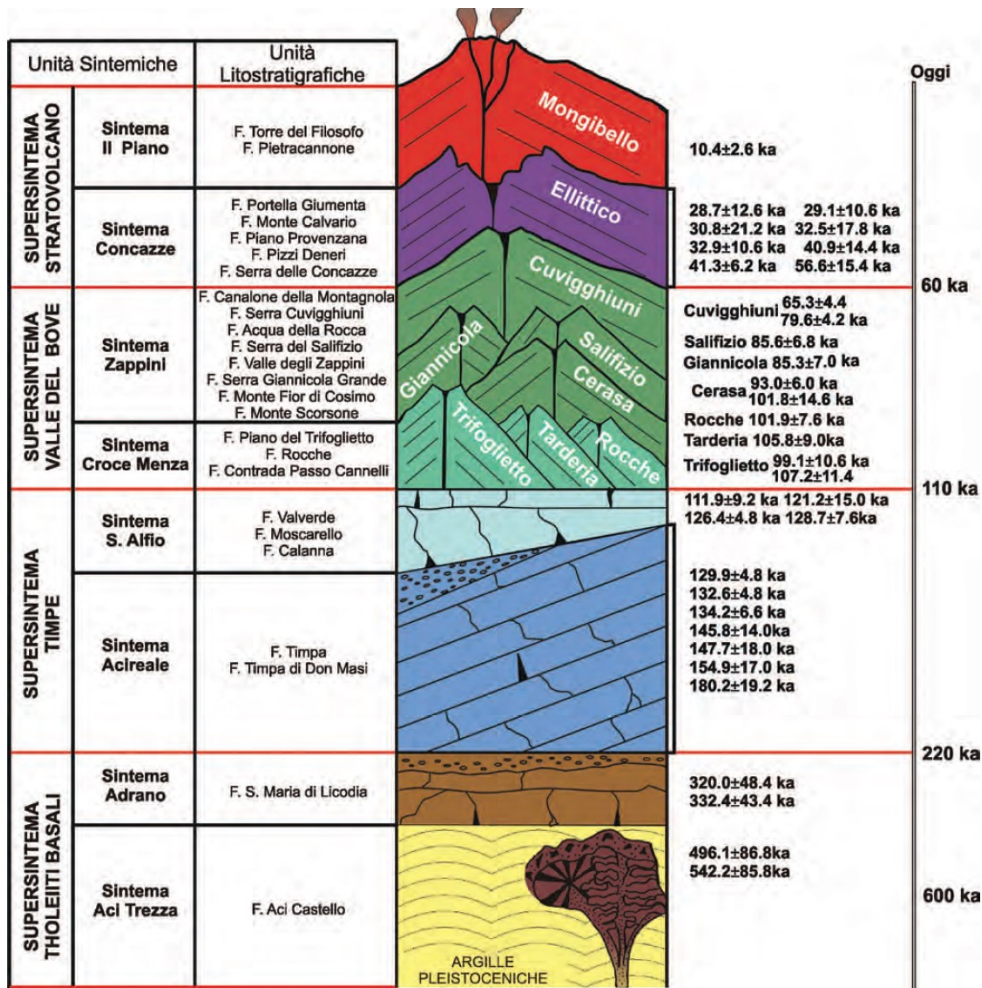


Figura 3.3.3– Ricostruzione cronostratigrafica della successione vulcanica etnea (Branca et alii, 2011)

Il Monte Etna è litologicamente costituito da un'alternanza di prodotti lavici e prodotti piroclastici che testimoniano la variabilità, e l'evoluzione nel tempo, dell'attività effusiva; l'insieme di tali prodotti è definito nella letteratura geologica col nome di "strato – vulcano".

La sovrapposizione degli edifici vulcanici Calanna, Trifoglietto e Mongibello, formati in tempi diversi per l'emissione di prodotti scarsamente differenziati, risaliti lungo assi eruttivi differenti ma arealmente vicini, migrati da SE a NO ha generato l'attuale struttura del Monte Etna (Figura 3.3.4).

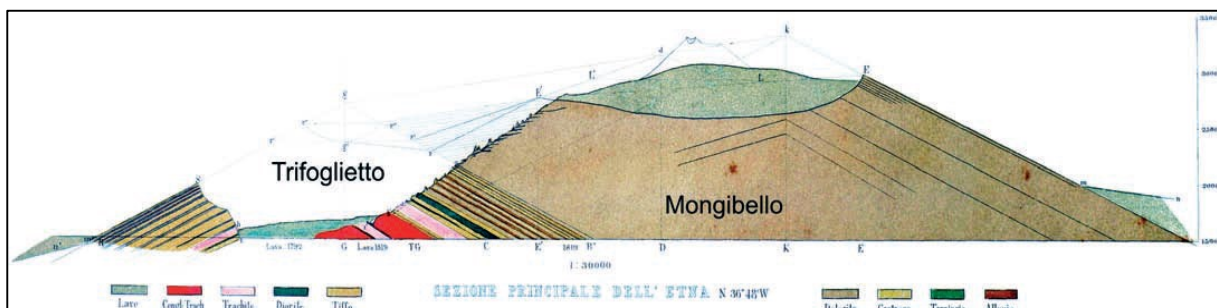


Figura 3.3.4– – Sezione dell'edificio vulcanico (WALTERSHAUSEN, 1880)

I prodotti effusivi più antichi, denominate Lave di Base, risalgono a circa 600.000 anni fa e sono costituiti da lave-sub alcaline sia sub-marine che sub-aeree, successivamente tra i 170.000 ed i 100.000 anni fa si ebbero vulcaniti alcali – basaltiche emessi da diversi centri eruttivi isolati il più importante dei quali fu Monte Calanna.

Tra i 100.000 e gli 8.000 anni fa si verificò un'acidificazione dei magmi, con conseguente aumento dell'attività esplosiva e con la formazione di due principali e successivi strato – vulcani: il primo denominato "Trifoglietto" il cui collasso risale a circa 64.000 anni fa ha dato luogo all'odierna Valle del Bove; il secondo chiamato Mongibello Antico, con i centri eruttivi dell'Ellittico e del Leone il cui collasso finale si fa risalire a circa 8.000 anni fa.

Nell'ultimo periodo fino ad oggi si è avuta una netta prevalenza dei prodotti effusivi basici rispetto a quelli piroclastici esplosivi; l'insieme di tali prodotti ha generato l'attuale centro d'emissione denominato Mongibello Recente.

L'attività più recente dell'Etna si esplica sia attraverso un sistema assiale di condotti, corrispondenti alle bocche della zona sommitale (eruzioni terminali e sub-terminali), sia attraverso bocche avventizie, poste a quote più basse con emissioni di lava anche imponenti (eruzioni laterali).

Le eruzioni terminali avvengono direttamente dai crateri sommitali. Nella parte sommitale dell'Etna o in prossimità di essa si ha un'attività persistente, pressoché continua nel tempo, rappresentata da un ampio spettro di manifestazioni, comprendenti: attività stromboliana, fontane di lava, effusioni laviche lente ed esplosioni vulcaniche. Le eruzioni laterali, invece, anche se piuttosto frequenti, hanno carattere episodico, sono caratterizzate da una maggiore velocità di emissione dei prodotti lavici e sono solitamente legate a fessure eruttive a sviluppo radiale, associate spesso a coni avventizi disposti "a bottoniera" e ad estesi ricoprimenti lavici.

Lo sviluppo planimetrico delle colate generate dalle suddette eruzioni è fortemente condizionato dalla morfologia e dall'acclività delle aree invase; generalmente aumentando la pendenza diminuisce la larghezza del fronte di espansione e viceversa. Una tipica colata lavica etnea è rappresentata da strati scoriacei e litoidi di spessore solitamente alquanto variabile e tra i due termini litologici, non esistono precisi rapporti giaciture; infatti la facies scoriacea si presenta sia sotto forma di intercalazioni che di sacche di colmamento delle originarie asperità topografiche; tra colate non coeve possono essere presenti delle lenti costituite da materiale piroclastico e da terreno di alterazione di colore rossastro.

Dal punto di vista geologico l'area in studio è caratterizzata esclusivamente da terreni di origine vulcanica dell'edificio etneo. Dal rilevamento geologico effettuato si riscontrano affioramenti

chiaramente delimitabili in corrispondenza delle colate laviche più recenti e quindi morfologicamente più fresche mentre nei prodotti più antichi la presenza di coperture detritiche e di alterazione maschera i contatti tra le diverse colate. Si tratta di più colate laviche sovrapposte, la cui differenziazione è fatta in base alle evidenze morfologiche ed in base alla datazione, essendo indistinguibili dal punto di vista petrografico. I litotipi di natura vulcanica sono rappresentati da colate laviche litoidi, visibilmente fessurate e fratturate, associate ad orizzonti vulcanoclastici a carattere scoriaceo. Spesso le colate laviche sono coperte da uno strato di sedimenti incoerenti sciolti, di colore bruno, derivato dai lenti processi di alterazione chimico-fisica della roccia in posto e dalla degradazione meteorica.

I rapporti di giacitura tra i vari orizzonti lavici e vulcanoclastici variano localmente, così come i caratteri tessiturali della porzione scoriacea. In seno agli ammassi lavici s.l. sono presenti frequenti lenti costituite da prodotti lavici scoriacei eterometrici, variamente addensati e a granulometria variabile da fine a grossolana. Le colate laviche ben conservate risultano costituite da basalti di colore grigio, tendente al bruno, la cui superficie si presenta bollosa e scoriacea, e la parte interna compatta e di colore scuro. L'andamento stratigrafico e le differenziazioni litologiche dei prodotti eruttivi sono estremamente variabili da punto a punto in funzione sia delle caratteristiche fisico-meccaniche del magma, che delle modalità e della velocità di raffreddamento dei vari livelli. Gli spessori dei singoli livelli risultano variabili da una colata all'altra, in funzione delle caratteristiche dei terreni eruttivi che li hanno prodotti e dell'età della loro messa in posto, avendosi orizzonti più cospicui laddove l'azione degli agenti esogeni non è stata ancora rilevante e le porzioni superficiali delle colate non hanno subito trasformazioni pedogenetiche spinte.

Nel complesso le varie colate laviche risultano generalmente costituite da una parte centrale litoide di colore grigio scuro variamente fratturata, localmente vacuolare, compresa tra due intervalli scoriacei alterati di colore bruno-rossastro posti alla base ed alla sommità, denominati nella terminologia locale "rifusa" (Foto 3). Le lave scoriacee sono costituite da blocchi di lava bollosa con spigoli netti ed irregolari, localmente rinsaldati; esse sono dovute al rapido raffreddamento della crosta superficiale della colata che viene successivamente frammentata e rimobilizzata dal flusso della parte interna ancora fluida.

Le lave litoidi sono generalmente interessate da intensa fratturazione legata al raffreddamento della massa magmatica (contrazione termica); sono inoltre presenti cavità di varie dimensioni rappresentate principalmente da bolle e vacuoli ricollegabili ad una incompleta degassazione (lave vacuolari) e da cunicoli di svuotamento dovuti al defluire del magma al di sotto della crosta superficiale già consolidata (grotte e cunicoli di scorrimento lavico). L'insieme delle suddette caratteristiche litologiche e giaciturali

dipende dalle modalità di messa in posto dei vari corpi lavici; infatti il processo di raffreddamento della massa lavica inizia già nelle prime fasi di scorrimento a partire dalle zone superficiali e laterali della colata stessa che in breve tempo si trasformano in una confusa massa di blocchi scoriacei spigolosi e frastagliati che vengono in parte abbandonati ai fianchi ed in parte continuamente trasportati fino al fonte lavico dove i blocchi, rotolando dalla sommità, vengono investiti e sormontati dalla colata stessa.

Tale meccanismo di avanzamento spiega l'eterogeneità e l'estrema variabilità giaciturale che può caratterizzare gli intervalli litoidi e le frazioni scoriacee sia nell'ambito della medesima colata lavica che nei confronti delle lave sottostanti (Figura 3.3.5).

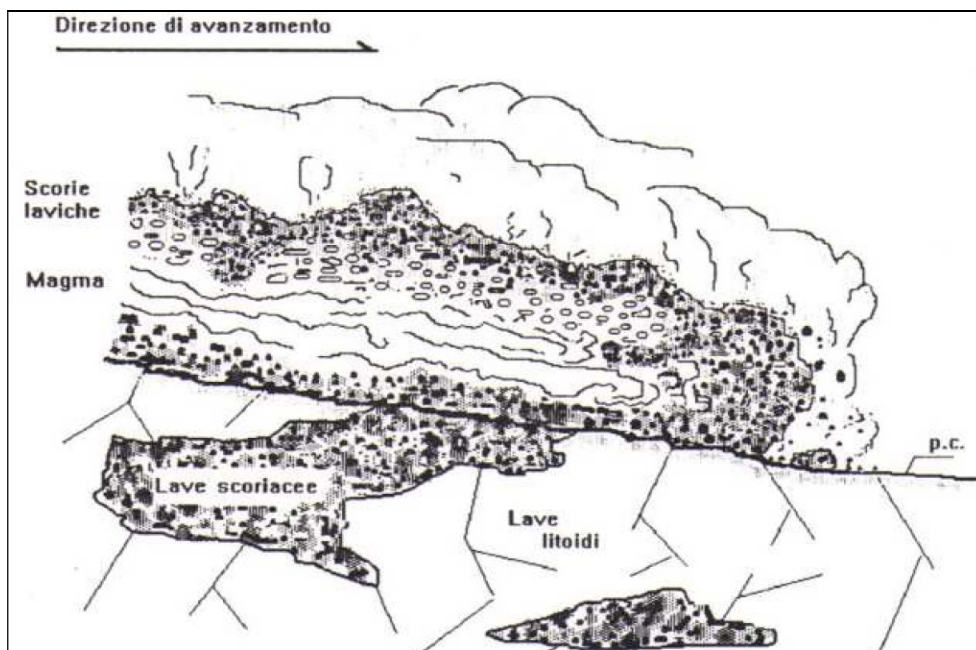


Figura 3.3.5– Schema di avanzamento di una colata lavica etnea.



Foto 2: Avanzamento di una colata lavica (eruzione giugno 2021)



Foto 3: Fronte di cava nei pressi di Milo caratterizzato dalla presenza di tre distinti orizzonti lavici (da Fig. 23 delle Linee guida per la realizzazione della Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica con adattamento dai contesti vulcanici).

3.4 STRATIGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO

L'assetto geologico stratigrafico dell'area è stato ricostruito facendo riferimento alla cartografia allegata allo studio geologico del P.R.G. del Comune di Zafferana Etnea (C. Cassaniti, 2017 – in revisione), alla cartografia geologica ufficiale del progetto CARG curato dall'ISPRA - foglio 625 "Monte Etna", in scala 1:50.000, realizzata dal CNR Roma (Branca et al., 2009), alla "Carta geologica del Vulcano Etna" (Branca et al. 2011).

Nell'area in studio affiorano terreni di natura vulcanica riferibili e appartenenti alle seguenti unità litostatigrafiche (da Branca et al., 2011):

- **Formazione di Torre del Filosofo**
- **Formazione Pietracannone**
- **Formazione Serra delle Concazze**

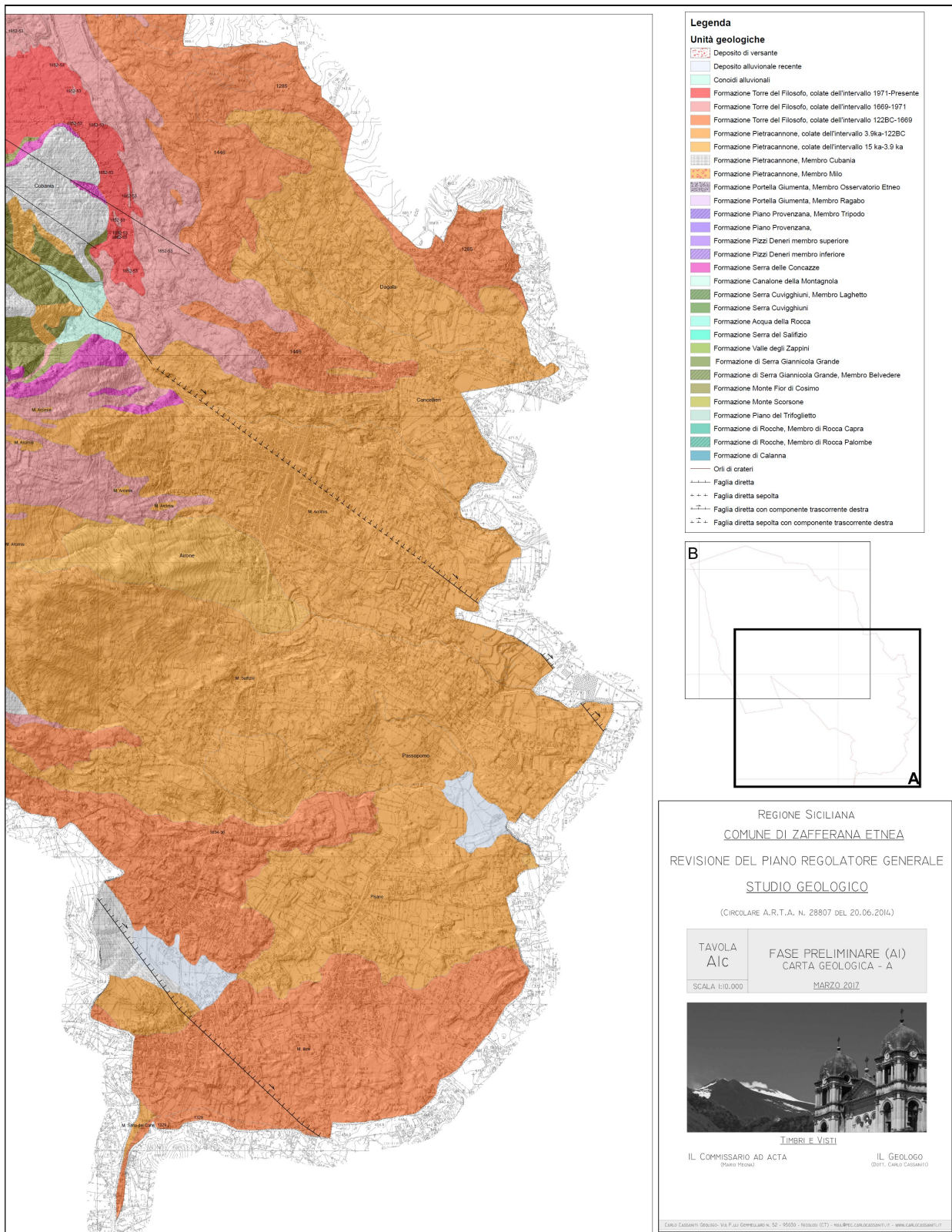


Figura 3.4.1 – Carta geologica del PRG (Cassaniti, 2017)

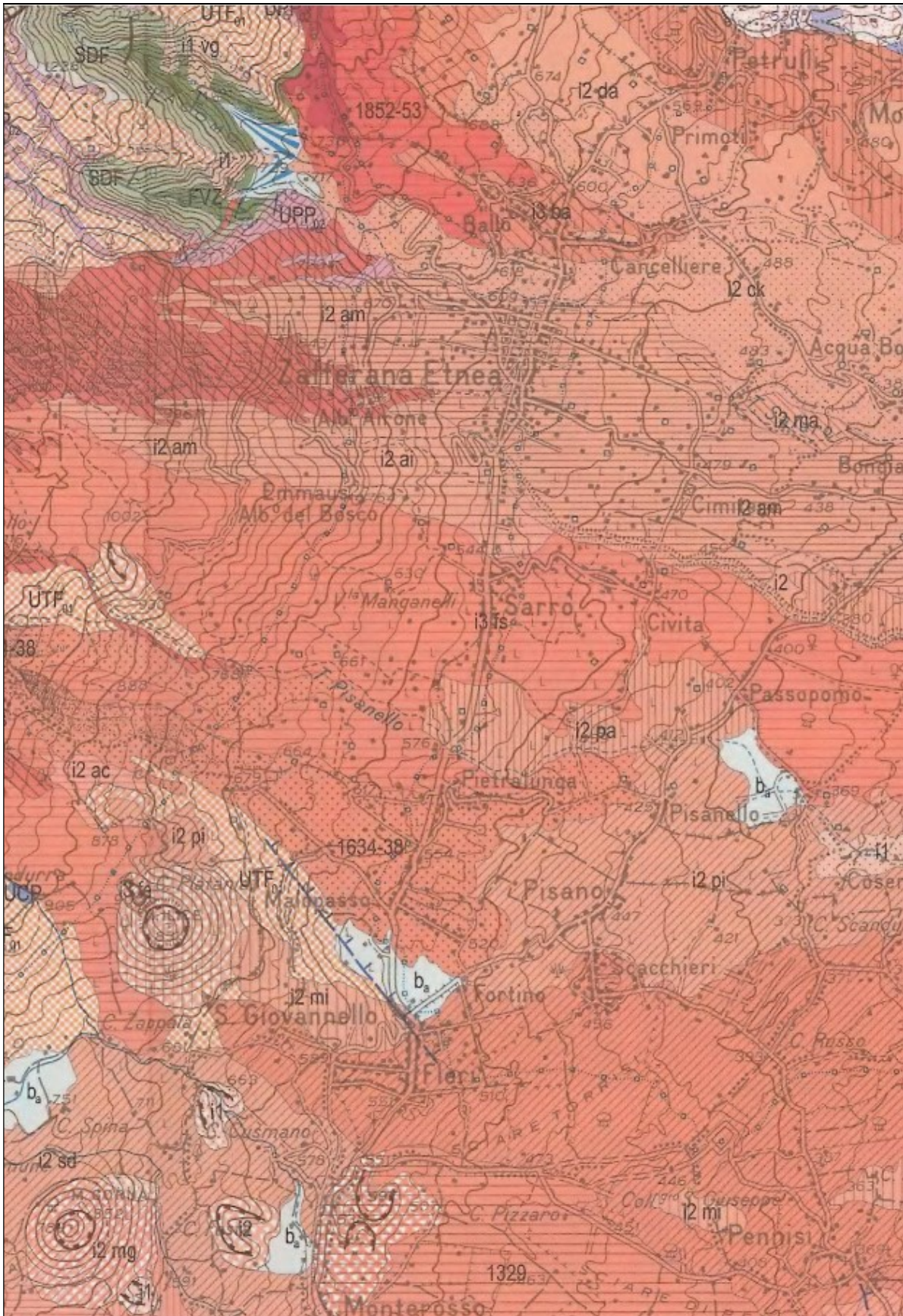


Figura 3.4.2 – Stralcio CARG Foglio 625 Acireale relativo al territorio di Zafferana Etnea

In figura 3.4.3, sono riportati in legenda della Carta del Vulcano Etna (Branca et al., 2011) i rapporti stratigrafici delle formazioni sopra elencate.

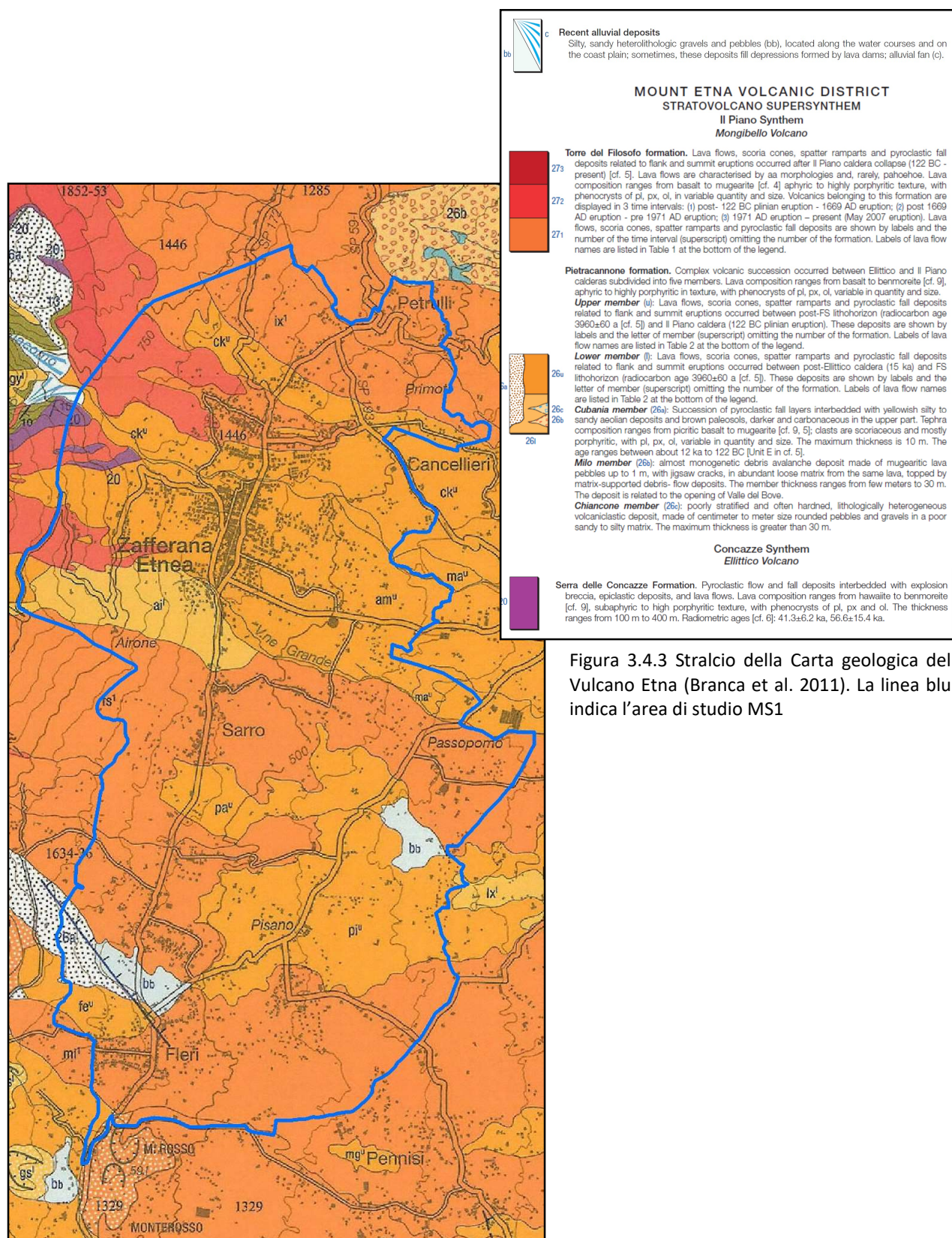


Figura 3.4.3 Stralcio della Carta geologica del Vulcano Etna (Branca et al. 2011). La linea blu indica l'area di studio MS1

3.5 UNITA' GEOLOGICHE AFFIORANTI

Nella Carta geologica-geomorfologica, così come indicato nei “*Criteri e raccomandazioni per la stesura della Carta geologica-geomorfologica (CGG)*” forniti dal DRPC Sicilia per gli studi in corso, è stata riportata una sintesi della cartografia geologica esistente e dei rilievi geologici originali ed in particolare una raccomandazione relativa all'utilizzo di una tabella (LegendaGeologia_CARG) al fine di uniformare i prodotti cartografici dei vari lotti.

Nella figura 3.5.2 è riportato un confronto tra gli schemi dei rapporti stratigrafici dei Fogli geologici relativi al Progetto CARG e la nuova Carta geologica del Vulcano Etna (Branca et al. 2011).

Nel caso di studio, partendo dalla letteratura originale (Carta geologica del PRG-2017 e Carta del Vulcano Etna, Branca et al. 2011), unitamente ai rilievi in campo condotti dal sottoscritto, nella legenda della CGG le unità litostratigrafiche affioranti sono state “tradotte” così come riportato in figura 3.5.1:

Legenda

	A3_B	ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso-limoso. <i>Olocene</i> .
	BB	Alternanza di livelli sabbiosi, a struttura generalmente laminata, e livelli ghiaiosi di natura vulcanica, sedimentaria e cristallina. <i>Olocene</i> .
	UTF_15	Colate laviche, depositi piroclastici di bombe e lapilli scoriacei costituenti il cono sommitale e parte degli apparati avventizi e depositi piroclastici di caduta distale. <i>Prodotti dell'intervallo 1971 - Attuali</i>
	UTF_14	Colate laviche, depositi piroclastici di bombe e lapilli scoriacei costituenti il cono sommitale e parte degli apparati avventizi e depositi piroclastici di caduta distale. <i>Prodotti dell'intervallo 1669-1971</i>
	UTF_13_CONO_DI_SCORIE	Cono e bastioni di scorie vulcaniche. <i>Prodotti dell'intervallo 122 a.C-1669.</i>
	UTF_13	Colate laviche, depositi piroclastici di bombe e lapilli scoriacei costituenti il cono sommitale e parte degli apparati avventizi e depositi piroclastici di caduta distale. <i>Prodotti dell'intervallo 122 a.C-1669.</i>
	UTF_12	Colate laviche, depositi piroclastici di bombe e lapilli scoriacei costituenti il cono sommitale e parte degli apparati avventizi e depositi piroclastici di caduta distale. <i>Prodotti dell'intervallo 3,9 ka - 122 a.C.</i>
	UTF_02	Successione costituita alla base da un deposito di debris avalanche monogenico, costituito da blocchi di lava mugearitica di dimensioni fino a 1 m, talora con fratture jigsaw, immersi in un'abbondante matrice scarsamente consolidata formata da frammenti di lava alterata della medesima composizione dei blocchi; a tetto sono presenti livelli di debris flow a prevalente supporto di matrice. Il membro presenta spessori variabili da alcuni metri a un massimo di circa 30 m. <i>Pleistocene Sup.-Olocene.</i>
	UTF_01	Successione di livelli piroclastici di ricaduta alternati a depositi eolici siltitico-sabbiosi di colore giallo e paleosuoli marroni che divengono più scuri e carboniosi nella parte alta della successione. <i>Pleistocene Sup.-Olocene.</i>
	UTF_11	Colate laviche, depositi piroclastici di bombe e lapilli scoriacei costituenti il cono sommitale e parte degli apparati avventizi e depositi piroclastici di caduta distale. <i>Prodotti dell'intervallo 15 ka-3.9 ka.</i>
	SDZ	Successione formata da depositi piroclastici di caduta e di flusso con intercalate brecce di esplosione nonché depositi epiclastici e localmente di lahar. Intercalate a tali depositi lungo la parete settentrionale della Valle del Bove si trovano quattro bancate laviche principali talora di spessore importante (> di 100 m), la cui composizione varia da hawaitica a benmoreitica; hanno tessitura variabile da subafirica a fortemente porfirica con fenocristalli di plagioclasio, pirosseno e olivina. Lungo la parete occidentale della Valle del Bove affiora una successione di sottili bancate laviche potente circa 170 m che passa verso l'alto e lateralmente a una fitta e irregolare alternanza di lave e depositi piroclastici ed epiclastici. Lo spessore complessivo della formazione è compreso tra i 100 m e i 400 m circa. <i>Pleistocene Sup.</i>

Figura 3.5.1 – Legenda CGG – MS1

Unità Sintemica	Unità Litosomatica	Unità Litostratigrafica																						
Sintema Il Piano	vulcano Mongibello	<table border="1"> <tr><td>5</td><td>Prodotti Vulcanici</td></tr> <tr><td>4</td><td>Prodotti Sedimentari</td></tr> <tr><td>3</td><td>formazione Torre del Filosofo</td></tr> <tr><td>2</td><td>5.1971AD - Presente</td></tr> <tr><td>1</td><td>1.1669AD - 1971AD</td></tr> <tr><td></td><td>3.122 a.C. - 1669AD</td></tr> <tr><td></td><td>2.3.9 ka - 122 a.C.</td></tr> <tr><td></td><td>1.15 ka - 3.9 ka</td></tr> <tr><td></td><td>membro Cubania (a)</td></tr> <tr><td></td><td>membro Milo (b)</td></tr> <tr><td></td><td>membro Chiancone (c)</td></tr> </table>	5	Prodotti Vulcanici	4	Prodotti Sedimentari	3	formazione Torre del Filosofo	2	5.1971AD - Presente	1	1.1669AD - 1971AD		3.122 a.C. - 1669AD		2.3.9 ka - 122 a.C.		1.15 ka - 3.9 ka		membro Cubania (a)		membro Milo (b)		membro Chiancone (c)
5	Prodotti Vulcanici																							
4	Prodotti Sedimentari																							
3	formazione Torre del Filosofo																							
2	5.1971AD - Presente																							
1	1.1669AD - 1971AD																							
	3.122 a.C. - 1669AD																							
	2.3.9 ka - 122 a.C.																							
	1.15 ka - 3.9 ka																							
	membro Cubania (a)																							
	membro Milo (b)																							
	membro Chiancone (c)																							
Sintema Concazze	vulcano Ellittico	<table border="1"> <tr><td>a</td><td>b</td></tr> </table> formazione Portella Giumenta membro Osservatorio Etno (b) membro Ragabo (a)	a	b																				
		a	b																					
		<table border="1"> <tr><td>b</td><td>e</td></tr> </table> formazione Piano Provenzana membro Zoccalaro (c) membro Tagliaborsa (b) membro Tripodo (a)	b	e																				
		b	e																					
		Formazione Pizzi Deneri																						
Formazione Serradelle Concazze																								
Formazione Monte Scorsone																								
formazione Contrada Ragaglia																								
Sintema Girolamo	vulcano Cuvigghiu	Formazione Volta del Girolamo Formazione Canalone della Montagnola formazione Serra Cuvigghiu membro Laghetto (a)																						
Sintema Zappini	vulcano Salifizio	formazione Acqua della Rocca																						
		Formazione Serra del Salifizio																						
Sintema Acireale	vulcano Tarderìa	Formazione Valle degli Zappini																						
		vulcano Giannicola	Formazione Serra Giannicola Grande membro Belvedere (a)																					
		vulcano Trifoglietto	formazione Piano del Trifoglietto																					
Sintema Acireale	vulcano Rocche	formazione Rocche membro Rocca Capra (b) membro Rocca Palombe (a)																						
		formazione Contrada Passo Cannelli																						
		Calanna formation membro M. Catania (a)																						
		formazione Moscarello																						
Sintema Timpe	vulcano Rocche	formazione S. Maria Ammalati membro Timpa S. Tecla (a) membro Serra S. Biagio (b)																						
		formazione La Timpa membro Leucatia (c) membro Fondo Macchia (b) membro S. Maria la Scala (a)																						
		Formazione Simeto membro Paternò (a)																						
Sintema Adrano	vulcano Rocche	formazione Timpa di Don Masi membro S. Caterina (b) membro Fermata S. Venera (a)																						
		Depositi alluvionali																						
Sintema Adrano	vulcano Rocche	formazione S. Maria di Licodia membro Motta S. Anastasia neck (a)																						
		Conglomerati di M. Tiriti																						
		Sabbie di San Giorgio																						
Sintema Adrano	vulcano Rocche	Formazione Aci Trezza membro Aci Castello (a) membro Isole Ciclop (b)																						

Unità Sintemica	Unità Litosomatica	Unità Litostratigrafica												
Supersintema Stratovolcano	Sintema Il Piano	<table border="1"> <tr><td>3</td><td>Prodotti Vulcanici</td></tr> <tr><td>2</td><td>Prodotti Sedimentari</td></tr> <tr><td>1</td><td>formazione Torre del Filosofo</td></tr> <tr><td></td><td>3.1971AD - Presente</td></tr> <tr><td></td><td>2.1669AD - 1971AD</td></tr> <tr><td></td><td>1.122 a.C. - 1669AD</td></tr> </table> formazione Pietracannone membro Superiore: 3.9 ka - 122 a.C. membro Inferiore: 15 ka - 3.9 ka membro Cubania (a) membro Milo (b) membro Chiancone (c)	3	Prodotti Vulcanici	2	Prodotti Sedimentari	1	formazione Torre del Filosofo		3.1971AD - Presente		2.1669AD - 1971AD		1.122 a.C. - 1669AD
	3	Prodotti Vulcanici												
2	Prodotti Sedimentari													
1	formazione Torre del Filosofo													
	3.1971AD - Presente													
	2.1669AD - 1971AD													
	1.122 a.C. - 1669AD													
Sintema Concazze	vulcano Ellittico	formazione Portella Giumenta membro Igniribite Biancavilla-Moniale (c) membro Osservatorio Etno (b) membro Ragabo (a) formazione Monte Calvario formazione Simeto membro Contrada Ragaglia (b) membro Piano D'Aragona (a) formazione Piano Provenzana membro Tagliaborsa (b) membro Tripodo (a) Formazione Pizzi Deneri membro Superiore (b) membro Inferiore (a) Formazione Serradelle Concazze												
Supersintema Valle del Bove	Sintema Zappini	vulcano Cuvigghiu	Formazione Canalone della Montagnola formazione Serra Cuvigghiu membro Laghetto (a)											
		vulcano Salifizio	formazione Acqua della Rocca Formazione Serra del Salifizio Formazione Valle degli Zappini											
		vulcano Giannicola	Formazione Serra Giannicola Grande membro Belvedere (a)											
	Sintema Croce Menza	vulcano Monte Cerasa	formazione Monte Fior di Cosimo Formazione Monte Scorsone											
		vulcano Trifoglietto	formazione Piano del Trifoglietto											
		vulcano Rocche	formazione Rocche membro Rocca Capra (b) membro Rocca Palombe (a)											
Supersintema Timpe	Sintema S. Alfio	vulcano Tarderìa	formazione Contrada Passo Cannelli formazione Valverde formazione Moscarello formazione Calanna											
		vulcano Rocche	formazione S. Maria Ammalati membro Timpa S. Tecla (a) membro Piano Carrubba (b)											
		vulcano Rocche	formazione Timpa membro Leucatia (c) membro Paternò (b) membro S. Maria la Scala (a)											
Supersintema Tholeiiti basali	Sintema Adrano	formazione Timpa di Don Masi membro S. Caterina (b) membro Fermata S. Venera (a) formazione San Placido												
	Sintema Aci Trezza	formazione S. Maria di Licodia membro Motta S. Anastasia (a) Conglomerati di M. Tiriti Sabbie di San Giorgio formazione Aci Castello membro Isole Ciclop (a)												

Figura 3.5.2 – Confronto tra gli schemi dei rapporti stratigrafici dei Fogli geologici relativi al progetto CARG (a sinistra) (SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA 2009a, b, 2010a, b) e la nuova carta geologica qui presentata (a destra). Legenda dei colori di sfondo: rosso=nuova unità stratigrafica; azzurro=limiti modificati di un'unità stratigrafica senza modificarne la posizione stratigrafica; verde=nuova posizione stratigrafica e/o cambio di rango di un'unità stratigrafica precedentemente definita; viola=nuovo nome di un'unità litostratigrafica precedentemente definita senza cambiamento di estensione e di posizione stratigrafica; giallo=unità stratigrafica abbandonata (da Branca et al. 2015).

Viene di seguito presentata una descrizione delle unità geologiche affioranti nel territorio comunale di Zafferana Etnea, in conformità con le unità litostratigrafiche presentate nella carta geologica dell'Etna (Branca et alii, 2011), partendo da quelle stratigraficamente più antiche fino ad arrivare alle unità più recenti.

Supersintema Valle del Bove, Sintema Concazze, Formazione Serra delle Concazze

SIGLA CARG: SDZ

Questa Formazione, definita per la prima volta da COLTELLI et alii (1994), è costituita da una successione di colate intercalate ad abbondanti depositi piroclastici e affiora in tre aree distinte correlabili tra loro in base alla loro posizione stratigrafica, alla geometria e alla litologia. Lungo la parete settentrionale della Valle del Bove la Formazione è caratterizzata da un'alternanza tra prodotti clastici e vulcanoclastici con colate laviche di spessore anche considerevole e dotate di buona continuità areale. La Formazione affiora lungo la parete settentrionale della Valle del Leone e della Valle del Bove fino alla zona di Serracozzo, per una lunghezza complessiva di circa 3,5 km. Lo spessore risulta compreso tra i 100 e i 250 m circa, con gli spessori maggiori che ricadono in corrispondenza di paleodepressioni. A letto la Formazione si sovrappone in discordanza angolare sulla Formazione Monte Scorsone (Vulcano Monte Cerasa), mentre verso l'alto è delimitata dalla Formazione Pizzi Deneri che la ricopre con locali discordanze angolari. Nel suo insieme la successione è composta da prodotti piroclastici di flusso e di caduta spesso rimaneggiati, breccie di esplosione, lahar ed epiclastiti, in rapporti laterali che sfumano frequentemente tra i vari termini. Intercalati ai livelli clastici si trovano orizzonti lavici talora di spessore importante (> 100 m), dotati di buona continuità areale. Lungo la parete settentrionale della Valle del Bove, poco a est delle Bocche del 1928, tra 2100 m e 2330 m di quota sul mare, nell'ambito delle vulcanoclastiti sono presenti breccie di esplosione a Rocca della Valle e nella porzione medio-alta della parete posta a nord di Monte Simone. Alcuni orizzonti vulcanoclastici costituiti da breccie ad abbondante matrice giallastra e lahar si presentano privi di gradazione e sono probabilmente legati a fenomeni di interazione magma-acqua. La composizione delle lave varia da hawaiiitica a benmoreitica (Branca et alii, 2009a). La giacitura della formazione risulta inclinata verso NE e ENE di 15-35°, con significative variazioni in corrispondenza di repentini cambi di morfologia delle paleosuperfici di appoggio. In particolare è presente una vistosa paleodepressione nel settore compreso tra Rocca della Valle e le Bocche del 1928, inclinata verso NE; i prodotti che la riempiono, prevalentemente vulcanoclastici, sono stati canalizzati nella paleodepressione assumendo forti pendenze. Lungo le pareti occidentali e meridionali della Valle del Bove la Formazione è costituita da limitate colate laviche affioranti in Serra Giannicola Grande e in Serra Giannicola Piccola. La migliore esposizione dei prodotti relativi a questa

Formazione era offerta, in questa zona, dagli affioramenti di Serra Giannicola Piccola per uno spessore complessivo di quasi 200 m, anche se non era visibile il limite a letto; adesso la successione si presenta completamente ricoperta dall'attività eruttiva degli ultimi anni. Altre colate laviche sempre appartenenti a questa Formazione affiorano nella zona di Monte Zoccolaro, Val Calanna e Vallone San Giacomo. Il contatto tra i prodotti della Formazione Serra delle Concazze e quelli dei vulcani precedenti (Vulcano Giannicola e Vulcano Cuvigghiuni) è assai limitato in affioramento, ed è caratterizzato da una netta discordanza angolare, come visibile in Serra Giannicola Grande poco sotto il cono del 1908. Una discordanza angolare è visibile anche a est di Monte Zoccolaro, dove le vulcaniti di questa Formazione si sovrappongono a quelle della formazione Monte Fior di Cosimo. Questi depositi sono attribuiti alla Formazione Serra delle Concazze del Vulcano Ellittico in base alla giacitura (in Serra Giannicola Piccola e nella cresta immediatamente a sud, l'immersione è verso SE con inclinazione di 30°), all'aumento dello spessore della sequenza verso nord e alle caratteristiche petrografiche delle lave confrontabili con la parte inferiore della sequenza del Vulcano Ellittico affiorante lungo la parete settentrionale della Valle del Bove. Due colate campionate lungo il versante settentrionale e quello meridionale della Valle del Bove sono state datate rispettivamente a $56,6 \pm 15,4$ ka e $41,3 \pm 6,2$ ka (DE BENI et alii, 2011).

Supersintema Valle del Bove, Sintema Il Piano, Formazione Pietracannone

La formazione, definita per la prima volta da Branca et alii (2011a), è costituita da una complessa successione vulcanica che è stata divisa in cinque membri, ciascuno costituito da un corpo con caratteristiche litologiche omogenee. In particolare si tratta di una successione lavica che include depositi piroclastici prossimali, quali coni di scorie, e distali (sottili depositi di ricaduta) generati durante eruzioni sia laterali che sommitali comprese tra la formazione della caldera dell'Ellittico (15 ka) e quella de Il Piano (122 a.C.). Tale successione è stata divisa in due membri (inferiore e superiore) dal lito-orizzonte piroclastico FS (età radiocarbonio: 3960 ± 60 anni dal presente, COLTELLI et alii, 2000). La composizione delle lave varia da basaltica a benmoreitica (Branca et alii, 2011a). Una successione piroclastica di caduta con intercalati livelli di depositi eolici e paleosuoli è rappresentata dal membro Cubania. Infine una complessa successione vulcanoclastica, connessa con la formazione della Valle del Bove, è stata divisa in due membri chiamati Milo e Chiancone.

Membro inferiore (15.000 anni – 3960 ± 60 anni)

Il membro, definito per la prima volta da Branca et alii (2011a), è costituito da colate laviche, coni di scorie, bastioni di scorie saldate e depositi piroclastici di caduta distali generati da eruzioni laterali e

sommitali comprese tra la formazione della caldera dell'Ellittico (15 ka) e l'eruzione del lito-orizzonte piroclastico FS. Il membro include anche le colate laviche di riempimento della caldera dell'Ellittico, esposte in Valle del Leone e lungo la parete occidentale della Valle del Bove. I campi lavici sono caratterizzati da morfologie prevalenti di tipo "aa" e raramente "pahoehoe" e presentano una copertura discontinua costituita da suolo, depositi epiclastici e piroclastici con spessori variabili da poche decine di centimetri a oltre un metro. Le lave hanno una tessitura variabile da afirica ad altamente porfirica con fenocristalli di plagioclasio, pirosseno e olivina in quantità e dimensioni variabili.

Colata Airone - SIGLA CARG UTF_i1: affiora a sud di Zafferana Etnea e presenta una tessitura sub-afirica di colore grigio scuro, con rari fenocristalli di plagioclasio. È ricoperta da un deposito epiclastico di colore marrone, spesso più di un metro. Localmente mostra una morfologia di tipo aa e localmente si presenta intercalato al deposito piroclastico del 122 a.C. (Branca, Coltelli, & Groppelli, 2011).

Membro superiore (3.930 anni – 122 a.C.)

Il membro, definito in Branca et alii (2011a), è costituito da colate laviche, coni di scorie, bastioni di scorie saldate e depositi piroclastici di ricaduta distali generati da eruzioni laterali e sommitali avvenute dopo l'eruzione del lito-orizzonte piroclastico FS e prima della formazione della Caldera de Il Piano. Il membro include anche depositi di breccia e depositi di flusso del tipo "block-and-ash". I campi lavici sono caratterizzati da morfologie prevalenti di tipo aa e raramente pahoehoe e presentano una copertura discontinua costituita da suolo, depositi epiclastici e piroclastici con spessori variabili da poche decine di centimetri a oltre un metro. Le lave hanno una tessitura variabile da afirica ad altamente porfirica con fenocristalli di plagioclasio, pirosseno e olivina in quantità e dimensioni variabili.

Colata Fleri - SIGLA CARG UTF_i2: situata presso Fleri, presenta una tessitura porfirica di colore grigio scuro con fenocristalli di plagioclasio e più raramente di pirosseno. Localmente presenta una morfologia di tipo aa ed è ricoperta dal deposito piroclastico del 122 a.C. e da un suolo di 50 cm di spessore (Branca, Coltelli, & Groppelli, 2011).

Colata Passopomo - SIGLA CARG UTF_i2: situata nel basso versante orientale a sud di Santa Venerina; presenta una tessitura porfirica di colore grigio, con fenocristalli di plagioclasio fino a 8 mm di dimensione e abbondanti pirosseni e olivine. È ricoperta da uno spesso suolo.

Colata Mangano - SIGLA CARG UTF_i2: situata nei pressi di Villa Mangano, presenta un colore grigio scuro con fenocristalli di plagioclasio con dimensioni che arrivano ai 5 mm e fenocristalli di pirosseno e olivina. La morfologia è di tipo aa, con la presenza di alcuni canali lavici ben conservati. Localmente è ricoperta da un suolo spesso meno di 50 cm (Branca, Coltelli, & Groppelli, 2011).

Colata Pisano - SIGLA CARG UTF_i2: situata presso Pisano, tra Fleri e Linera; presenta una tessitura porfirica di colore grigio con fenocristalli di plagioclasio. La morfologia prevalente è quella di tipo aa. La fessura eruttiva si trova a quota 850 m ed è composta da un bastione di spatter. Il deposito piroclastico del 122 a.C. si trova direttamente sovrapposto alla fessura eruttiva (Branca, Coltelli, & GropPELLI, 2011).

Colata Cancellieri - SIGLA CARG UTF_i2: affiora tra Zafferana Etna e S. Venerina, presenta una tessitura sub-afirica di colore grigio con scarsi fenocristalli di plagioclasio e rari di pirosseno. Mostra localmente una morfologia di tipo aa ed è ampiamente ricoperta da suolo (Branca, Coltelli, & GropPELLI, 2011).

Colata M. Arcimis - SIGLA CARG UTF_i2: affiora in una vasta area compresa tra Zafferana Etna e Santa Venerina con una morfologia di tipo aa. Presenta una tessitura porfirica di colore grigio chiaro con abbondanti fenocristalli di plagioclasio e scarsi fenocristalli di pirosseno. Localmente è ricoperta dal deposito del 122 a.C. e da suolo. La fessura eruttiva è costituita da due coni di scorie coalescenti situati a una quota di 1.200 m. Datazioni archeo-magnetiche hanno evidenziato un'età preistorica (Branca, Coltelli, & GropPELLI, 2011).

Colata M. Salto del Cane- SIGLA CARG UTF_i2: situata nel basso versante sud-orientale, presenta una tessitura porfirica di colore grigio chiaro, con abbondanti fenocristalli di plagioclasio di dimensioni fino a 5 mm e pirosseno (Branca, Coltelli, & GropPELLI, 2011).

Membro Cubania - SIGLA CARG UTF_01:

Il membro, definito per la prima volta da Branca et alii (2009) e modificato da Branca et alii (2011a), è costituito da una successione di livelli piroclastici di ricaduta alternati a depositi epiclastici siltitico-sabbiosi di colore giallastro che diventano più scuri per la presenza di materiale organico nella parte alta della successione. Questo membro, che prende il nome dalla Pineta della Cubania, affiora in diverse aree sul versante settentrionale e orientale dell'Etna. È costituito dai depositi piroclastici che sono stati prodotti a partire da 12 ka, nel periodo tardo glaciale e olocenico, da eruzioni esplosive attribuibili principalmente ai crateri sommitali del vulcano. La successione si chiude con alcuni livelli piroclastici prodotti da eruzioni avvenute in epoca storica fino all'anno 1000 circa. Intercalati ai depositi di ricaduta distale si trovano occasionalmente depositi prossimali prodotti dall'attività stromboliana di coni e fessure eruttive, localizzati soprattutto nei settori nord-orientale e sud-orientale del vulcano. La successione è potente fino a 10 m ed è composta, nelle sezioni più complete, per due terzi dello spessore dai depositi vulcanoclastici depositatisi negli ultimi 4000 anni. I depositi di ricaduta del membro Cubania sono formati in genere da lapilli scoriacei o ceneri grossolane con fenocristalli di

plagioclasio, pirosseno e olivina in quantità e rapporti molto variabili. Nella sequenza sono presenti anche livelli cineritici di caduta più o meno induriti. All'interno del membro Cubania sono presenti alcuni depositi che rappresentano dei livelli guida (marker stratigrafici) per la stratigrafia dell'Etna. Essi sono stati denominati da COLTELLI et alii (2000) M1 (12240±70 a), TV (5340±60 a), FS (3930±60 a), FL (3150±60 a), FG (112 a.C.) e FF (44 a.C.). Questi depositi sono stati prodotti da eruzioni la cui magnitudo varia da vulcaniana a sub-pliniana fino a pliniana per l'eruzione del 122 a.C. (per i dettagli cfr. COLTELLI et alii, 1998) che ha prodotto il livello FG di epoca storica. La successione si presenta ben stratificata in alternanze piano-parallele di depositi piroclastici primari di colore nero o rossastro, ed epiclastici di colore giallo-bruno, di deposizione prevalentemente eolica e secondariamente fluviale. Alcuni livelli epiclastici risultano fortemente pedogenizzati e ricchi di materiale carbonioso, in particolare quelli formati negli ultimi 5.000 anni. Gli spessori sono molto variabili da un massimo di 10 m a meno di 1 m. Le superfici di contatto basali poggiano principalmente su colate laviche e secondariamente su depositi epiclastici più vecchi di 15 ka; le sezioni in cui affiorano alla base i prodotti pomicei del membro Osservatorio Etno sono molto rare. Le superfici di tetto sono rappresentate, spesso, dalla superficie topografica e secondariamente da colate laviche che hanno ricoperto la successione vulcanoclastica. La sezione-tipo della successione vulcanoclastica del membro Cubania si trova esposta per uno spessore di oltre 10 m lungo le pareti di un canalone in località Casa del Fanciullo nella Pineta della Cubania, dove poggia sulla colata lavica di Contrada Serracozzo, della formazione Pietracannone, e sopra un sottile deposito clastico di natura fluviale. Qui la successione è formata da oltre 30 livelli piroclastici di ricaduta di granulometria variabile da piccole bombe alla cenere fine (la taglia media è quella dei lapilli) intercalati da livelli epiclastici.

Membro Milo - SIGLA CARG UTF_02:

Il membro, definito per la prima volta da Branca et alii (2009) e modificato da Branca et alii (2011a), è un deposito vulcanoclastico costituito alla base da blocchi lavici di dimensioni metriche immersi in una matrice costituita da lava fratturata e alterata e al tetto da un livello conglomeratico a supporto sia clastico che di matrice. Il membro ha un'estensione areale di circa 6 km² allo sbocco della Valle del Bove con un'ampiezza massima di 2,5 km, affiora più in basso tra il paese di Milo a nord e quelli di Petrulli, Monacella e Dagala a sud. I depositi relativi a questo membro si appoggiano sulle colate della formazione Moscarello, come visibile nella parte alta della scarpata che costituisce la timpa omonima. Al tetto è coperto da colate (la più antica è la colata Villaggio Musco – formazione Pietracannone) e da depositi piroclastici (membro Cubania) appartenenti al Vulcano Mongibello. Le colate si sono messe in posto in profondi valloni, indicando una fase erosiva che ha interessato il membro Milo prima della



deposizione delle colate sovrastanti. Il membro Milo ha uno spessore massimo di circa 30 m ed è stato suddiviso in due sequenze ben visibili a Villa Nicolosi (circa 1 km a sud di Milo): la sequenza inferiore, non stratificata e priva di gradazione, dello spessore massimo di circa 20 m, è costituita da breccia con clasti immersi in un'abbondante matrice scarsamente consolidata formata da frammenti di lava alterata della medesima composizione dei blocchi, da cristalli sciolti di pirosseno e da caolino; i blocchi di lava mugearitica raggiungono la lunghezza massima di oltre 1 m e presentano nella parte alta della sequenza fratture pervasive tipo "jigsaw". La sequenza superiore, dello spessore massimo di 10 m in località Monacella di Sotto, è costituita da diversi flussi che ricoprono una morfologia irregolare (tipo hummocky) e che sono formati da blocchi eterometrici (da centimetrici a decimetrici) ed eterolitologici immersi in un'abbondante matrice sabbiosa di colore da marrone a grigio. Un campione proveniente da un paleosuolo posto all'interno della sequenza superiore ha fornito un'età di 8.350 ± 160 anni fa (C-14, CALVARI et alii, 1998). Il membro Milo è costituito dal deposito di debris avalanche legato al collasso gravitativo della Valle del Bove (CALVARI et alii, 1998; 2004).

Supersintema Valle del Bove, Sintema Il Piano, Formazione Torre del Filosofo

La formazione, definita per la prima volta da Branca et alii (2009) e modificata da Branca et alii (2011a), è costituita in prevalenza da colate laviche e secondariamente da depositi piroclastici di caduta sia prossimali che distali costituenti il cono sommitale del vulcano Etna e gli apparati avventizi, ampiamente distribuiti lungo i suoi fianchi. Tali prodotti sono stati generati da eruzioni sia laterali che sommitali dopo la formazione della caldera de Il Piano fino al presente. Le colate laviche sono rappresentate in prevalenza da campi lavici composti caratterizzati principalmente da una morfologia scoriacea di tipo aa e raramente di tipo pahoehoe o a blocchi. Le fessure eruttive delle colate sono costituite da singoli coni di scorie, formati da un'alternanza di livelli di bombe e lapilli, o dalla coalescenza di diversi coni di scorie, oppure da bastioni di brandelli scoriacei saldati. Le lave sono caratterizzate da tessiture variabili da afiriche a fortemente porfiriche. Complessivamente il litotipo più frequente presenta una tessitura porfirica con fenocristalli di plagioclasio, pirosseno e olivina in quantità e rapporti molto variabili. La composizione delle lave varia da basalti a mugeariti (Branca et alii, 2011a). Le colate laviche e i relativi depositi piroclastici sono stati distinti in tre intervalli temporali: (1) post 122 a.C - 1669 d.C.; (2) post 1669 d.C. - pre 1971 d.C.; (3) 1971 d.C. – presente (eruzione maggio 2007).

1° intervallo temporale della Formazione Torre del Filosofo (122 a.C. – 1669 d.C.)

Colata M. Solfizio - SIGLA CARG UTF_i3: situata nel basso versante sud-orientale, presenta una tessitura porfirica di colore grigio chiaro con fenocristalli di plagioclasio e pirosseno. La morfologia è di tipo aa

mista a morfologia di tipo toothpaste; la lunghezza massima della colata è di 10,3 km e quest'ultima è parzialmente ricoperta dalle lave del 1792-93 e dalle lave del 1634-36. La fessura eruttiva si trova a una quota di 1800 m ed è costituita da un piccolo cono di scorie (M. Solfizio), situato nel versante meridionale della Valle del Bove. L'età archeo-magnetica stimata è del 550±60 d.C. (Branca, Coltelli, & Gropelli, 2011).

Colata M. Illice - SIGLA CARG UTF_i3: Presenta una tessitura porfirica di colore grigio chiaro con fenocristalli di plagioclasio e pirosseno con dimensioni fino a 5 mm e rari fenocristalli di olivina. La morfologia è di tipo aa, localmente ricoperta da suolo. La lunghezza massima è di 10,2 km. La fessura eruttiva si trova a una quota di 700 m, presso Monte Illice. L'età archeo-magnetica è 1030±40 d.C. (Branca, Coltelli, & Gropelli, 2011).

Colata del 1285 - SIGLA CARG UTF_i3: situata nel basso versante orientale, nella località di Monacella appare diviso in due porzioni; si estende fino al villaggio di Macchia. La tessitura è afirica di colore grigio scuro, con rari fenocristalli di plagioclasio e pirosseno con dimensioni di 1-2 mm. La morfologia è di tipo aa, sono presenti canali lavici ben sviluppati; è parzialmente ricoperta da suolo, specialmente nei pressi di Macchia (Branca, Coltelli, & Gropelli, 2011).

Colata del 1329 - SIGLA CARG UTF_i3: situata nel basso versante orientale, presenta una tessitura porfirica di colore grigio chiaro con abbondanti fenocristalli di plagioclasio, minori quelli di pirosseno e olivina. Presenta una morfologia di tipo aa con canali lavici ben sviluppati; la lunghezza massima è di 5,6 km. La fessura eruttiva è formata da coni di scorie coalescenti e si trova a una quota di 520 m (Branca, Coltelli, & Gropelli, 2011).

Colata del 1446 - SIGLA CARG UTF_i3: situata alla base della Valle del Bove nel suo fianco meridionale e nei pressi di Zafferana Etnea: presenta una tessitura porfirica di colore grigio scuro con abbondanti fenocristalli di plagioclasio e rari di pirosseno. La morfologia è di tipo aa ed è preservata nei pressi di Zafferana Etnea (Branca, Coltelli, & Gropelli, 2011).

Colata del 1634-36 - SIGLA CARG UTF_i3: si sviluppa a sud della Valle del Bove e presenta una tessitura fortemente porfirica di colore grigio chiaro con abbondanti fenocristalli di plagioclasio con dimensioni che raggiungono i 10 mm e di pirosseno con dimensioni che raggiungono gli 8 mm. La morfologia è di tipo aa nelle zone con pendenza più accentuata, mentre nelle zone più pianeggianti è caratterizzata da unità fratturate e/o tiltate con morfologia di tipo toothpaste; sono presenti nella parte centrale dei mega tumuli. La lunghezza massima della colata è di 9,3 km. La fessura eruttiva si trova a una quota di 2090-1975 m ed è costituita da un bastione di spatter. Tale colata ha minacciato Fleri e ha danneggiato le coltivazioni (Branca, Coltelli, & Gropelli, 2011).

2° intervallo temporale della Formazione Torre del Filosofo (1669 d.C. – 1971 d.C.)

Colata del 1792-93 - SIGLA CARG UTF_i4: situata nel medio versante sud-orientale, presenta una tessitura porfirica di colore grigio chiaro, con fenocristalli di plagioclasio e di pirosseno fino a 5 mm di dimensione e rari fenocristalli di olivina con dimensioni di 1-2 mm. Morfologia toothpaste, localmente di tipo aa. Le fessure eruttive sono orientate NW-SE e si trovano a una quota compresa tra 2050 e 1900 m; sono formate da bastioni di spatter. All'inizio dell'eruzione si è formato il cratere a pozzo della Cisternazza a quota 2600 m (Branca, Coltelli, & Groppelli, 2011).

Colata del 1852-53 - SIGLA CARG UTF_i4: situata nella Valle del Bove, presenta una tessitura porfirica di colore grigio chiaro con abbondanti fenocristalli di plagioclasio con dimensioni fino a 4 mm e scarsi fenocristalli di pirosseno e olivina. La morfologia è di tipo aa, con la presenza di canali lavici. La fessura eruttiva è quasi completamente sepolta, è costituita da un cono di scorie e si trova a una quota di 1750 m (Branca, Coltelli, & Groppelli, 2011).

3° intervallo temporale della Formazione Torre del Filosofo (1971 d.C – presente)

Colata del 1991-93 - SIGLA CARG UTF_i5: situata nella Valle del Bove, presenta una tessitura porfirica di colore grigio con fenocristalli prevalentemente di plagioclasio, secondariamente femici. La complessa morfologia è di tipo aa e di tipo toothpaste, con presenza di numerosi tumuli. La fessura eruttiva è orientata NNW-SSE ed è formata da piccoli bastioni di spatter situati a una quota compresa tra 2300 m e 2400 m (Branca, Coltelli, & Groppelli, 2011).

TERRENI SEDIMENTARI

Depositi alluvionali recenti - SIGLA CARG BB e conoidi alluvionali - SIGLA CARG A3B: : Si tratta di limi sabbiosi e lenti di ghiaie (bb), distribuiti lungo i corsi d'acqua o le piane costiere; talora riempiono depressioni morfologiche a monte di sbarramenti lavici o formano piccole conoidi alluvionali (Branca, Coltelli, & Groppelli, 2011).

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

4.1 ARCHIVIAZIONE INFORMATICA (DATABASE)

I dati delle indagini geologiche e geofisiche pregressi, premianti e integrativi, funzionali allo studio di microzonazione di livello 1 sono stati catalogati in forma di DB (database) georeferenziato seguendo gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica elaborati dalla Commissione Tecnica Nazionale per la Microzonazione sismica, nell'ultima versione 4.1, utilizzando il software specifico SoftMS.

Per tutte le indagini pregresse e di nuova realizzazione, puntuali e lineari, si è proceduto alla compilazione delle tabelle "Sito", "Indagine" e "Parametri" tramite SoftMs". Contestualmente, ricavate le coordinate geografiche in ETRF89, sono stati ubicati i punti di indagine editando gli shapefile "Ind_Pu" e "Ind_In". Per entrambi gli shapefile in Gis è stato compilato anche il campo "ID_SPU" e "ID_SLN" con il codice generato su SoftMS, che rappresenta il campo chiave per permettere il join con le tabelle compilate, contenenti tutte le informazioni archiviate per ogni sito di indagine.

Le indagini archiviate tramite il software SoftMS, ubicate cartograficamente in ambiente GIS rappresentano la base per la costruzione della Carta delle Indagini.

In particolare i dati geotecnici e geofisici di base utilizzati per lo studio consistono in:

- Dati pregressi di Lavori Pubblici ritenuti utili ai fini degli studi tra quelli resi disponibili dall'Amministrazione Comunale e da altri Enti (Es. Provincia Regionale, Genio Civile, DRPC Sicilia etc) tramite il Dipartimento di Protezione Civile Regionale.
- Dati pregressi nella disponibilità dei professionisti componenti la rete MZS Sicilia e/o messi a disposizione da altri professionisti.
- Rilevamenti geologici di controllo sul terreno.
- Misure passive del rumore ambientale integrative, mediante tecnica a stazione singola.
- Sondaggi geognostici, prove sismiche MASW, tomografie sismiche ed elettriche aggiuntivi e premianti.

I dati utilizzati pregressi ricadenti nell'area di studio sono elencati nella seguente tabella 8.

INDAGINI PREGRESSE	QUANTITA'
Sondaggi a carotaggio continuo	13
Down-hole	4
Indagini MASW	6
Indagini HVSr	27
Traverse sismiche	2

Tab. 8 – Sintesi delle prove geognostiche e geofisiche pregresse che riguardano le aree di Zafferana Etnea

4.2 INDAGINI DI NUOVA ACQUISIZIONE

Al fine di integrare il quadro delle indagini sono state realizzate indagini migliorative e aggiuntive secondo quanto riportato nella tabella 9:

INDAGINI NUOVE	QUANTITA'
Indagini HVSr	15
Indagini MASW	9
Sondaggi a carotaggio continuo (30 m)	3
Campioni prelevati (con indagini di laboratorio)	8
Prove penetrometriche del tipo SPT	5
Down-hole	3
Tomografie elettriche	3
Traverse sismiche	4
TDEM	1

Tab. 9 – Sintesi delle indagini di nuova acquisizione che riguardano le aree perimetrate di Zafferana Etnea

4.3 DATI GEOTECNICI

Sulla base dei dati raccolti nelle indagini geognostiche (pregresse e nuove) è stato possibile definire la caratterizzazione geotecnica dei terreni affioranti nell'area in studio. Negli studi di MS (OPCM 3278-2003) sono state individuate le seguenti unità geotecniche (Tab. 10):

- **R: Riporti** – In questa unità sono stati inseriti tutti i materiali principalmente granulari.
- **T: Tufiti** – Si tratta di materiali prevalentemente medio-fini (sabbiosi), angolari, nerastri, e finissimi (cenere e lapilli), localmente grossolani.
- **E: Lava compatta** – Bancata lavica con presenza di fenocristalli. Talvolta non si è potuto riconoscere l'eventuale presenza, all'interno di potenti colate attraversate da perforazioni descritte senza dettagli, di intercalazioni vulcanoclastiche e di prodotti scoriacei, di lava a blocchi o rifiuta.

- **E₁: Lave compatte mediamente fratturate** – Rappresentano tutte le colate laviche presenti sul territorio.
- **E₂: Lave basaltiche molto fratturate**
- **X: Lave compatte vacuolari, lave vacuolari scoriacee, lave vacuolari fratturate, lave vacuolari scoriacee molto fratturate** – In ragione della sua stessa origine, questa unità geotecnica si presenta estremamente eterogenea. Il materiale è spesso assimilabile a ghiaia e ciottoli, talvolta debolmente rinsaldati (rifusa).
- **P: Piroclastiti.**

DESCRIZIONE SCHEMATICA DEI SONDAGGI			
CLASSI BASILARI		CARATTERISTICHE DISTINTIVE	
R	riporto	1	Lava mediamente fratturata
E	lave	2	Lava molto fratturata
X	lave scoriacee	v	Origine vulcanica
p	piroclastiti		
T	tufiti		

Tab. 10 – Unità geotecniche individuate negli studi di MS (OPCM 3278-2003)

LITOTIPO	SIGLA	V _s (m/s)	γ (kN/m ³)
Materiale di riporto	R	150 ÷ 230	17 ÷ 19
Lave vacuolari; lave scoriacee	X	220 ÷ 420	18 ÷ 18.5
Lave compatte e bollose molto fratturate	E ₂	400 ÷ 600	22 ÷ 24
Bancata lavica basaltica vacuolare e con presenza di vuoti	E ₁	600 ÷ 1100	22 ÷ 24
Bancata lavica basaltica; lava compatta	E	1100 ÷ 1400	22 ÷ 24
Piroclastici grossolani	P	250 ÷ 500	16 ÷ 17
Piroclastici fini	P _f	250 ÷ 500	16 ÷ 17
Tufiti	T	200 ÷ 360	19 ÷ 20

Tab. 11 – Valori di V_s attribuite alle unità geotecniche individuate negli studi di MS (OPCM 3278-2003)

Nello figura 4.3.1 è stato possibile riassumere la variabilità del comportamento geotecnico dei prodotti vulcanici che ovviamente influenza fortemente la risposta sismica degli stessi.

Schema geolitologico e geotecnico

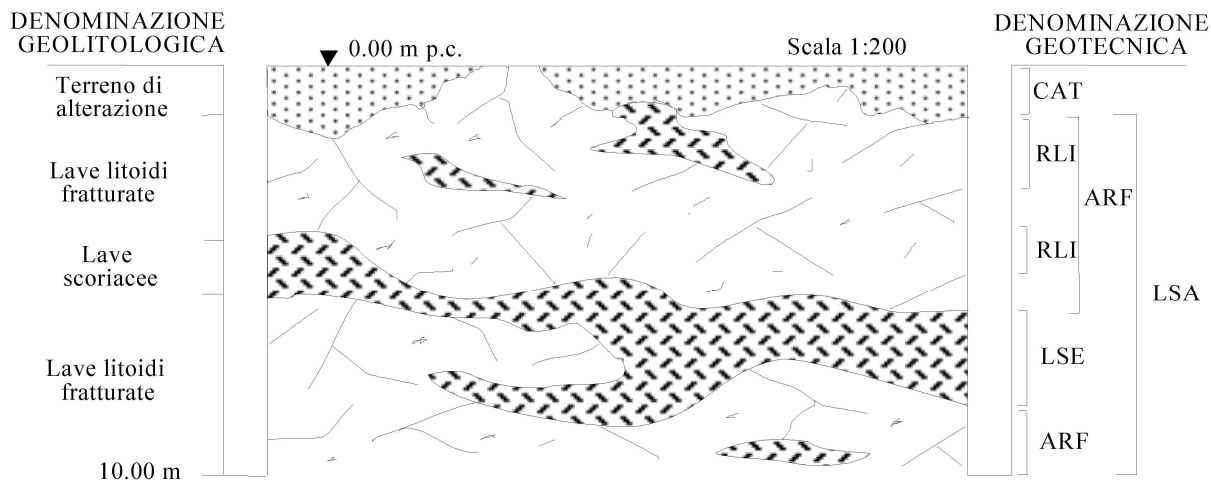


Figura 4.3.1 Schema geolitologico e geotecnico delle lave etnee

Nelle formazioni laviche rappresentate nello schema in fig. 4.3.1, si possono distinguere i seguenti litotipi a diverso comportamento geomeccanico:

Denominazione Geotecnica	Descrizione Litologica
RLI	Roccia lavica integra
ARF	Ammasso roccioso lavico fratturato
SLE	Scorie laviche eterometriche
LSA	Lave fratturate e scorie laviche associate
CAT	Copertura di alterazione terrosa

Tabella 12

Le colate laviche etnee risultano infatti costituite da diverse facies litologiche associate ad un reticolo fessurativo più o meno sviluppato che determina l'individuazione di unità solide geometricamente variabili, con volumi unitari similmente vari.

Ad integrazione dei dati diretti pregressi, nell'area di studio MS1 sono stati eseguiti 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, spinti alla profondità di 30 metri dal piano campagna.


Scala (mL)		Litologia	Descrizione	Quota (m)	RQD	%Carotaggio	Quota falda acquifera	S.P.T.	Prelievo Campioni	Caloria Carotiere	Pocket Penetrometer Kg/cm ²	Scissometro Tascabile N/cm ²	Strum. Geotecnica:
1			Materiale di riporto										
2				3.00									
3													
4			Lave basaltiche scoriaee, di colore grigio rossastro molto alterate					n 38/Rif 4,00 m - PC		W/Cs			
5					23%								
6				6.90	10%								
7					87%				7.40 CL 1 7.55				
8			Lava basaltica vacuolare massiva di colore grigio chiaro. Da 10.20 si presenta vacuolare e fratturata, fino a 13.0 m		93%				8.90 CL 2 9.00				
9					100%								
10					32%								
11					41%								
12													
13					37%								
14				14.90	91%				14.60 CL 3 14.90				
15					27%								
16			Lava scoriaea alterata di rossastro		0%								
17													
18													
19													
20													
21					10%								
22				22.80									
23			Sabbie medio fini con breccie centimetriche vulcaniche di colore rossastro, addensate					n 11/28/22 24,00 m - PC		W/Cs			
24													
25													
26													
27													
28			Lava scoriaea alterata di rossastro										
29													
30													

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio,
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Corona: W-Widia, D-Diamantata Campioni: CL campione litoido

Cassette catalogatrici N° 6

Redattore

Figura 4.3.2 Sondaggio S-DH1 (087055P57)

Committente	 Dipartimento di Protezione Civile	SONDAGGIO VERTICALE S2 DH				Ordine n°IP 818	Pag 1/1					
Redattore Dott. Geol. Marco Andolina	Ubicazione: Comune di Zafferana (CT)				Quota Bocca Foro s.l.m.: 525 m	Inizio/Fine Esecuzione 24/08/2020 - 26/08/2020						
Operatore Salvatore Pirrera	Profondità raggiunta 30,00 m	Foro Attrezzato: tubazione per sismica in foro		Tipo Carotaggio Continuo a rotazione idraulica	Tipo Sonda T 45	Coordinate X: 37° 39' 32" N Y: 15° 05' 51" E						
Scala (mt.)	Litologia	Descrizione	Quota (m)	RQD	%Carotaggio	Quota falda acquifera	S.P.T.	Prelievo Campioni	Carotaggio	Pocket Penetrometer Kg/cm²	Scissometro Tascabile N/cm²	Strum. Geotecnica:
1		Materiale di riporto	1.30									
2		Lave basaltiche vacuolari e scoriacee, di colore grigio rossastro molto alterate e fratturate con livello di sabbie fini grigio scuro da 6.90 a 7.50 m							M/Cs			tubazione per sismica in foro
3	48%											
4	0%											
5	0%											
6	0%											
7	9%											
8	0%											
9	14%											
10	0%											
11	0%											
12	0%											
13	51%											
14	12%											
15	0%											
16		Lava basaltica massiva di colore grigio scuro	15.60					16.30				
17			17.25					CL 1 16.70	D/Cs			
18		Sabbie vulcaniche scoriacee molto addensate di colore grigio rossastro	19.0				n 31/47/Rif 18,00 m - PC					
19		Lava scoriacea molto fratturata e alterata di colore grigio rossastro							M/Cs			
20												
21												
22												
23												
24		24.30					22.80 CL 2 23.00					
25		Sabbie fini debolmente limo argillose di natura vulcanica rossastre addensate							M/Cs			
26												
27												
28												
29												
30							27.50 CL 3 27.70					

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio,
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Corona: W-Widla, D-Diamantata Campioni: CL (litoide)

Cassette catalogatrici N° 6

Redattore

Figura 4.3.3 Sondaggio S-DH2 (087055P58)

Scala (mt.)		Litologia	Descrizione	Quota (m)	RQD	%Carotaggio	Quota falda acquifera	S.P.T.	Prelievo Campioni	Carotiere Carotiere	Pocket Penetrometer Kg/cm ²	Scissometro Tascabile N/cm ²	Strum. Geotecnica:
1			Materiale di riporto costituito da sabbie medio fini vulcaniche con poche ghiaie	2.30									
2													
3													
4													
5													
6			Scorie costituite da sabbie e ghiaie vulcaniche di colore grigio scuro molto addensate										
7													
8													
9													
10													
11				10.90									
12						93%							
13			Lava basaltica massiva poco fratturata di colore grigio scuro			88%							
14						98%							
15						96%							
16				15.80		92%							
17													
18													
19													
20			Lava scoriacea di colore rossastro, tenera e alterata										
21													
22													
23													
24													
25													
26													
27				27.00									
28			Lava basaltica vacuolare fratturata, colore grigio rossastro	28.60									
29			Lava scoriacea di colore rossastro, tenera	30.00									

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio,
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Corona: W-Widia, D-Diamantata - Campioni: CL campione litoido
Cassette catalogatrici N° 6 Redattore

Figura 4.3.4 Sondaggio S-DH3 (087055P59)

Nei sondaggi sono stati prelevati i seguenti campioni per le prove di laboratorio:

-Sondaggio S-DH1 (087055P57): CL1 – CL2 – CL3

-Sondaggio S-DH2 (087055P58): - CL1 – CL2 – CL3

-Sondaggio S-DH3 (087055P59): CL1 – CL2

I campioni di roccia sono stati sottoposti a prove di laboratorio (Tabella 13) ed in particolare:

- Massa volumica apparente
- Compressione uniassiale

Campione	Massa volumica (KN/m ³)	Resistenza a compressione (MPa)
S-DH1: CL1	24,25	76,79
S-DH1: CL2	25,06	105,05
S-DH1: CL3	24,11	69,05
S-DH2: CL1	24,65	81,59
S-DH2: CL2	22,82	46,41
S-DH2: CL3	24,97	104,96
S-DH3: CL1	23,79	66,10
S-DH3: CL2	23,39	36,69

Tabella 13 Parametri ottenuti dalle prove sui campioni di roccia prelevati

Nel sondaggio Sondaggio S-DH2 (087055P58) è stato prelevato un campione rimaneggiato e sottoposto alle seguenti prove di laboratorio geotecnico (Tab. 14):

- Caratteristiche fisiche
- Analisi granulometrica
- Taglio diretto

Sond.	Camp.	prof. (m)	W	γ	γ _s	e ₀	n	Sr	granulometria				Taglio		Descrizione visiva
			(%)	(t/m ³)				(%)	Chiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	c'	φ'	
S2DH	CR1	7,00 - 7,30	9,65	1,90	2,75	0,59	0,37	44,75	33,05	57,92	--	--	16	35	Sabbia vulcanica di colore grigio-scuro con inclusi litici della stessa natura

Tabella 14 Quadro di sintesi delle prove geotecniche eseguite sul campione CR1 del Sondaggio S2DH (087055P58)

4.4 TRAVERSE SISMICHE

Ad integrazioni delle 2 traverse sismiche pregresse sono state eseguite nuove indagini geofisiche di superficie attraverso la nuova acquisizione di n. 4 tomografie sismiche. I siti di esecuzione delle prove sono stati scelti cercando di indagare/caratterizzare presunti allineamenti tettonici, le principali microzone omogenee prevedibili, con attenzione alla distribuzione dell'edificato, delle prove già esistenti e ricercando di una distribuzione sistematica.

Si riportano di seguito i risultati di tali prove indirette che consistono nella restituzione dell'immagine sismica del sottosuolo espressa in termini di velocità di propagazione delle onde sismiche P (modello di velocità default e modello di velocità normalizzato al valore massimo riscontrato).

TOMOGRAFIA SISMICA – ST_1 (087055L13)

Via Poggiofelice

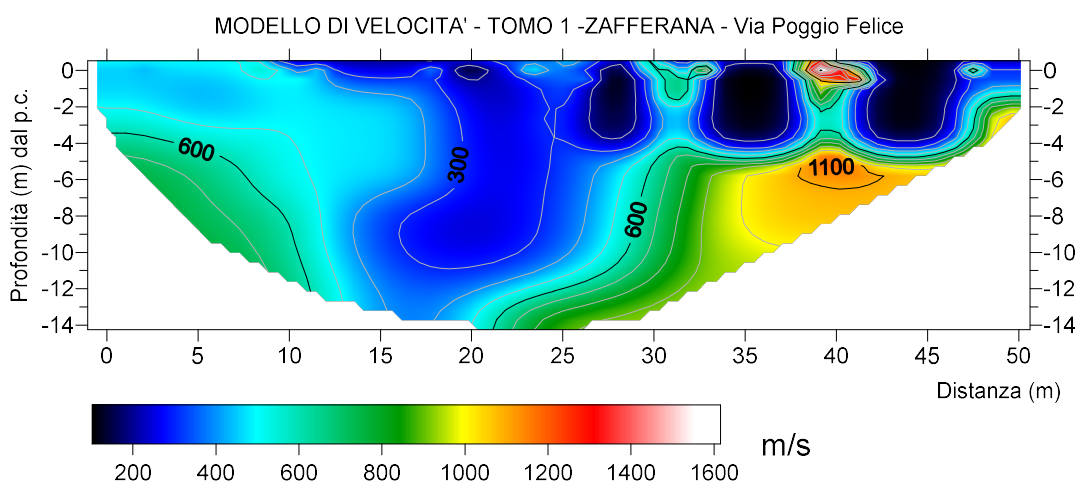


Figura 4.4.1 –Modello di velocità – Linea sismica ST_1

Via San Giacomo



MODELLO DI VELOCITA' - TOMO 2 -ZAFFERANA - Via San Giacomo

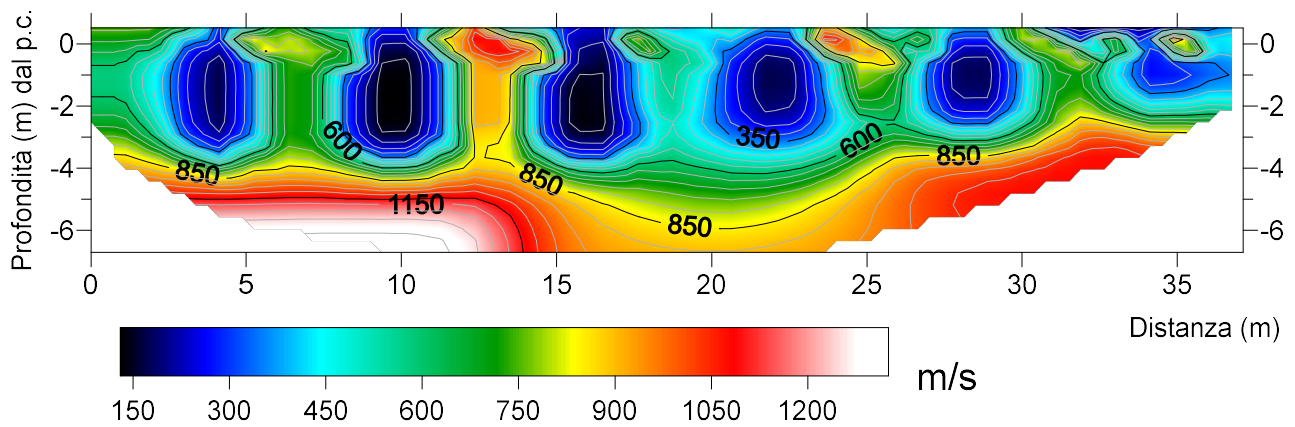


Figura 4.4.2 –Modello di velocità – Linea sismica ST_2

Via Fleming - Parcheggio



MODELLO DI VELOCITA' - TOMO 3 - ZAFFERANA -Via Fleming (Parcheggio)

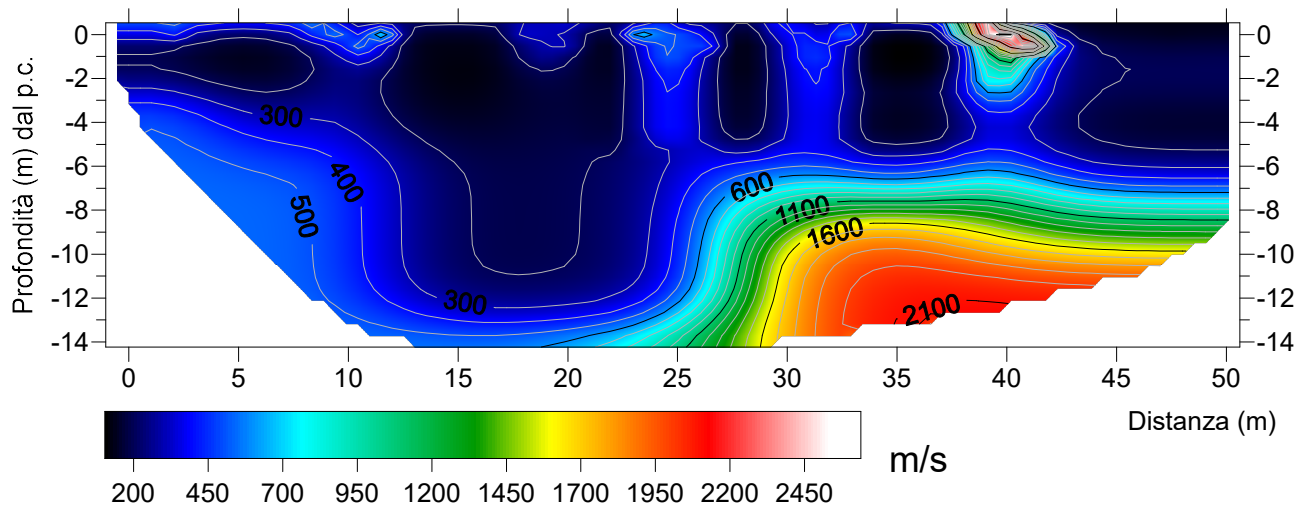


Figura 4.4.3 –Modello di velocità – Linea sismica ST_3

Via Marco Polo



MODELLO DI VELOCITA' - TOMO 4 -ZAFFERANA - via Marco Polo

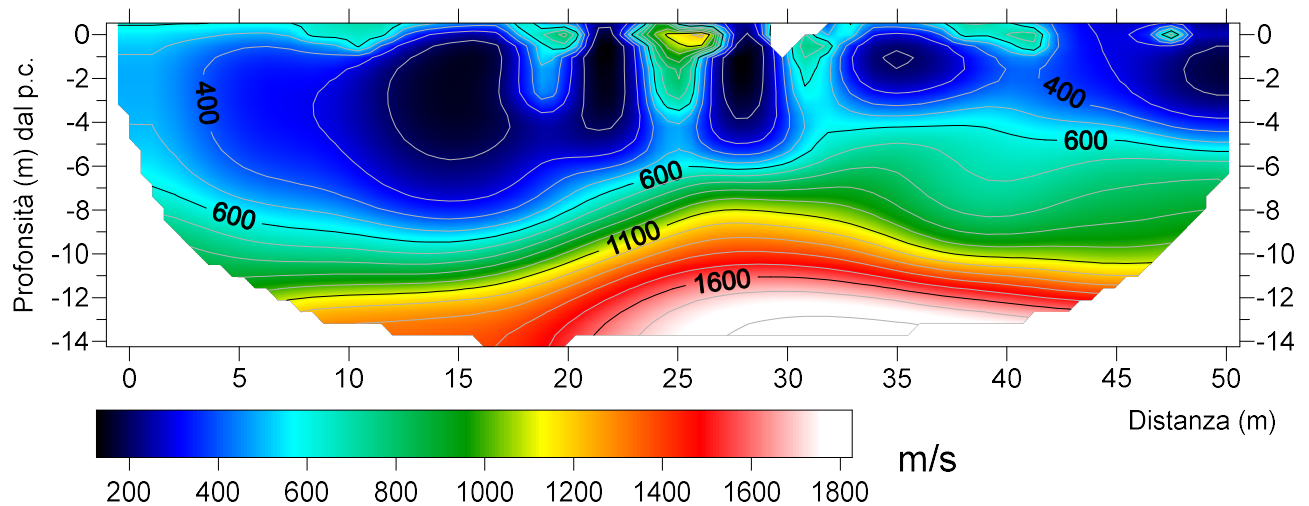


Figura 4.4.4 –Modello di velocità – Linea sismica ST_4

4.5 INDAGINI HVSR

Ad integrazioni delle prove HVSR pregresse ed in particolare:

- N. 21 prodotte a supporto dello studio geologico PRG (Cassaniti, 2017 in revisione)
- N. 6 prodotte a supporto dello studio geologico PRG vigente (non utilizzabili per la mancanza del valore di amplificazione)

sono state eseguite nuove indagini geofisiche mediante la tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, attraverso la nuova acquisizione di n. 15 registrazioni a stazione singola. I siti di esecuzione delle prove sono stati scelti cercando di indagare/caratterizzare le principali microzone omogenee prevedibili, con attenzione alla distribuzione dell'edificato, delle prove già esistenti e ricercando di una distribuzione sistematica.

Per le nuove registrazioni dei dati di campagna è stato usato il TROMINO®, brevettato da Micromed che possiede i vantaggi di essere estremamente compatto, leggero e dotato di una grande semplicità di utilizzo. Il dispositivo utilizzato per le acquisizioni di questa indagine è dotata di tre canali velocimetrici elettrodinamici, ad alta risoluzione, disposti secondo tre direzioni tra di loro ortogonali e smorzati criticamente.

Il segnale del microtremore, rilevato dai velocimetri, è inviato ad un convertitore integrato A/D a 24 bit, equivalenti a 128 Hz, e registrato in una scheda di memoria interna da 1 Gb: in questo modo sono stati evitati cavi di connessione potenzialmente in grado di introdurre rumori meccanici od elettronici nel processo di acquisizione.

Il costruttore dichiara un'operatività del sistema nell'intervallo di frequenze 0,1 - 1024 Hz su tutti i canali, che può estendersi fino a 32 kHz limitando le registrazioni a due canali, garantendo la visibilità di microtremori fino a ± 1.5 mm/s con un'accuratezza, al di sopra di 0,1 Hz, maggiore di 10^{-4} .

In tabella 15 è stato prodotto un quadro sinottico con le indagini HVSR (pregresse ed integrative).

ID_SPU	NOME	UTMx	UTMy	F ₀	H ₀ /V ₀	F ₁	H ₁ /V ₁	F ₂	H ₂ /V ₂
087055P42	HVSR1	510423,78	4173010,97	0,85	3,20	6,20	5,65	12,70	4,00
087055P43	HVSR2	509355,29	4173374,14	0,80	6,00	17,60	7,75		
087055P44	HVSR3	508956,93	4172875,36	0,96	7,06	2,70	3,10	17,50	2,70
087055P45	HVSR4	508725,18	4172341,82	0,93	6,91	2,05	5,60	8,00	4,00
087055P46	HVSR5	508376,45	4170887,76	0,88	6,85	1,40	5,80	14,80	5,90
087055P47	HVSR6	508971,44	4169744,75	1,28	2,91				
087055P48	HVSR7	508827,41	4169050,31	0,70	5,00	12,63	6,15		
087055P49	HVSR8	509395,90	4169070,58	1,20	5,15	17,34	9,00		
087055P50	HVSR9	510244,44	4170042,85	0,96	5,02	10,50	4,20		
087055P51	HVSR10	510577,93	4168988,99	1,06	6,95				
087055P52	HVSR11	510524,83	4168262,38	1,80	3,70	8,10	3,10	15,93	4,17
087055P53	HVSR12	509860,42	4168100,26	1,02	6,67				
087055P54	HVSR13	509523,81	4167620,20	0,90	3,40	1,90	2,80		
087055P55	HVSR14	509132,19	4168075,60	0,88	3,23	6,66	3,32		
087055P56	HVSR15	508772,00	4168504,00	0,70	2,25	5,31	2,12	9,83	2,43
MS1 2020									
087055P1	H/V_1	Via S. Giovannello		1,20	2,37	8,35	2,07		
087055P2	H/V_2	Via Poggiofelice		3,57	2,46	16,09	4,24		
087055P3	H/V_3	Via Nava		0,98	4,79	7,21	3,74		
087055P4	H/V_4	Via S. Giovannello		0,99	2,10	9,60	1,44		
087055P5	H/V_5	Via delle Mimose		0,97	3,73	3,01	2,48	5,36	2,08
087055P6	H/V_6	Via del Pino		2,76	1,66	5,02	2,11		
087055P7	H/V_7	Via Armando Diaz		2,26	1,7	6,74	4,43		
087055P8	H/V_8	Via Alexander Flaming		1,85	2,71	3,62	2,38	19,2	3,90
087055P9	H/V_10	Via Vincenzo Bellini		4,06	2,76				
087055P10	H/V_11	Via Rocca d'Api		5,68	2,88	11,96	5,6		
087055P11	H/V_12	Via Marco Polo		4,84	2,51				
087055P12	H/V_13	Via Marco Polo		4,66	2,80				
087055P13	H/V_14	Via Marco Polo		3,79	2,04				
087055P14	H/V_15	Via Cimitero Civita		4,27	2,81				
087055P15	H/V_16	Viale dei Giardini		3,25	3,15	9,18	2,44		
087055P16	H/V_17	Via Giuseppe Verdi		0,99	3,49	3,02	2,09	11,12	2,61
087055P17	H/V_18	Via Airone		2,0	2,30	4,79	1,26		
087055P18	H/V_19	Piazza Ballo Europa		5,22	4,38				
087055P19	H/V_20	Via Malabranca		5,99	2,23				
087055P20	H/V_21	Via Giacomo Matteotti		3,84	3,94				
087055P21	H/V_22	Via Riggio		10,6	9,60				
PRG 2017									

Tabella 15 – Quadro sinottico elaborazione dati da misure di sismica passiva HVSR

4.6 PROVE SISMICHE MASW

Ad integrazione delle prove sismiche tipo M.A.S.W. pregresse, sono state programmate ed eseguite n. 8 prove MASW, di seguito riportate.

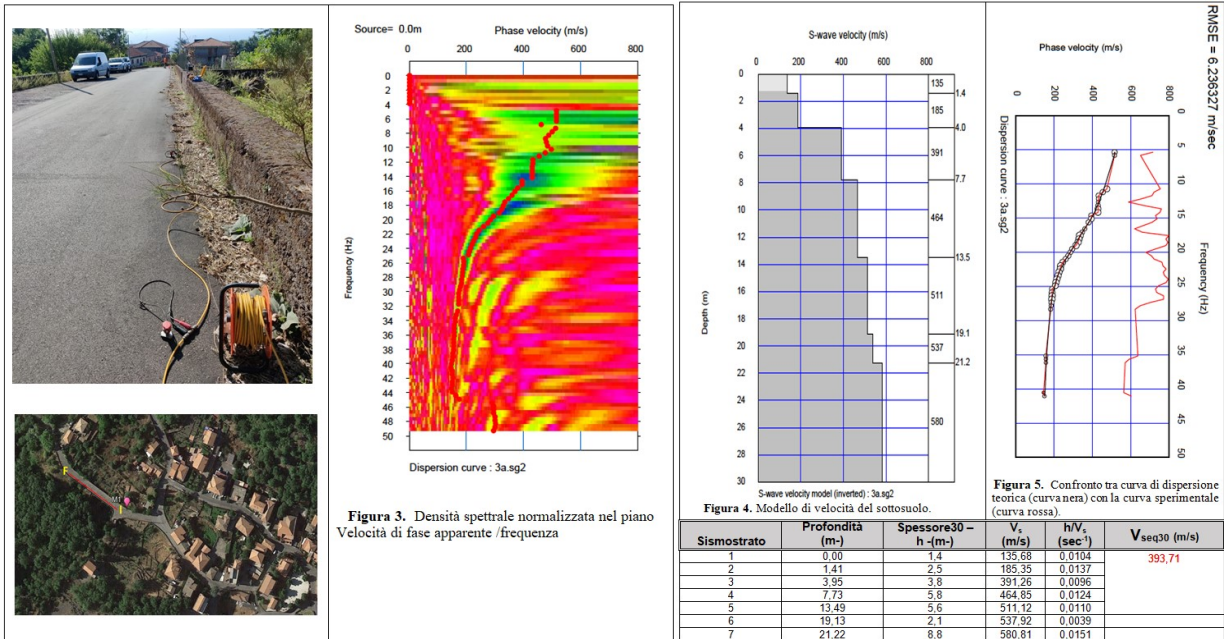


Figura 4.6.1 – Prova M.A.S.W.1 - 087055L17 – Via Zerbate

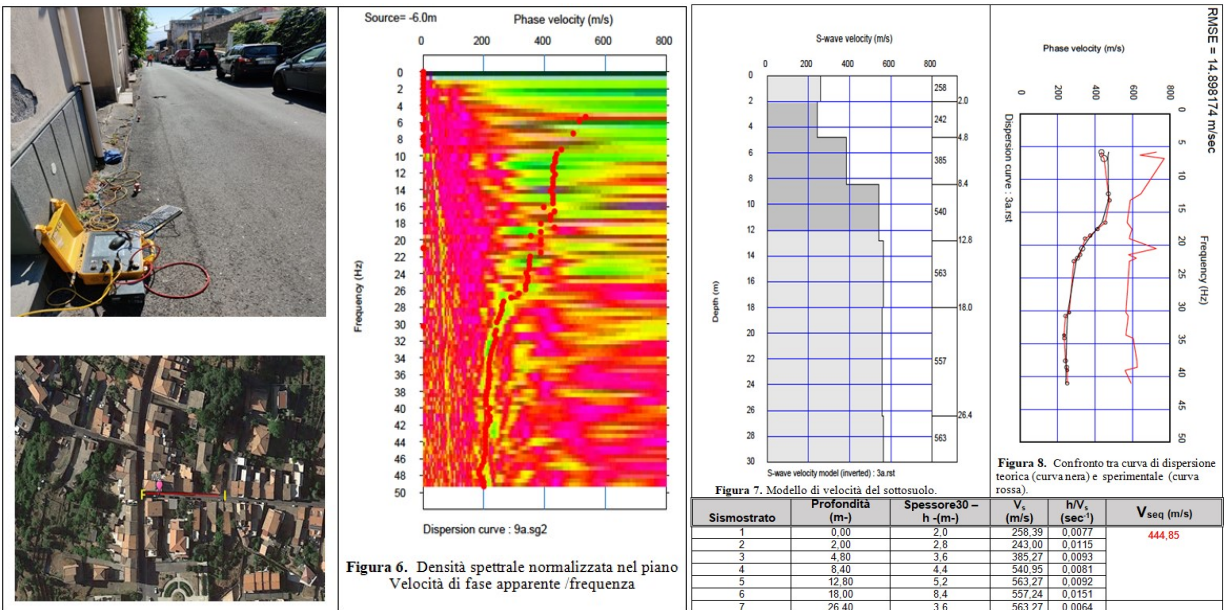


Figura 4.6.2 – Prova M.A.S.W.2 - 087055L18 – Via Cancelliere

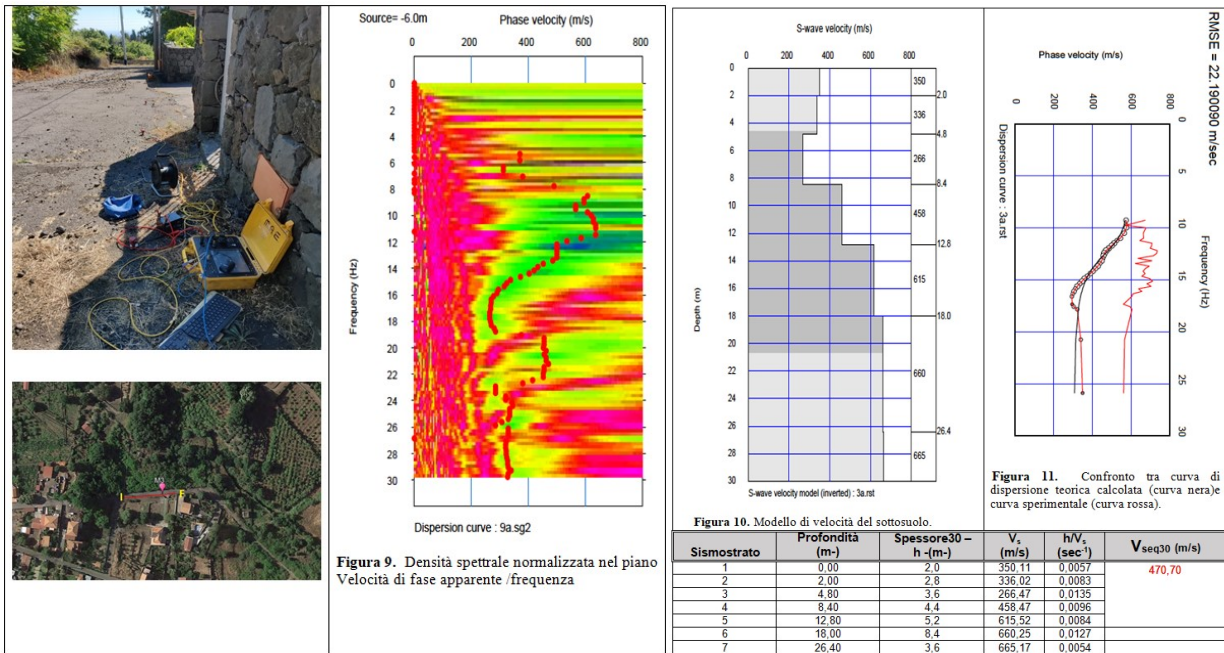


Figura 4.6.3 – Prova M.A.S.W.3 - 087055L19 – Via Gandhi

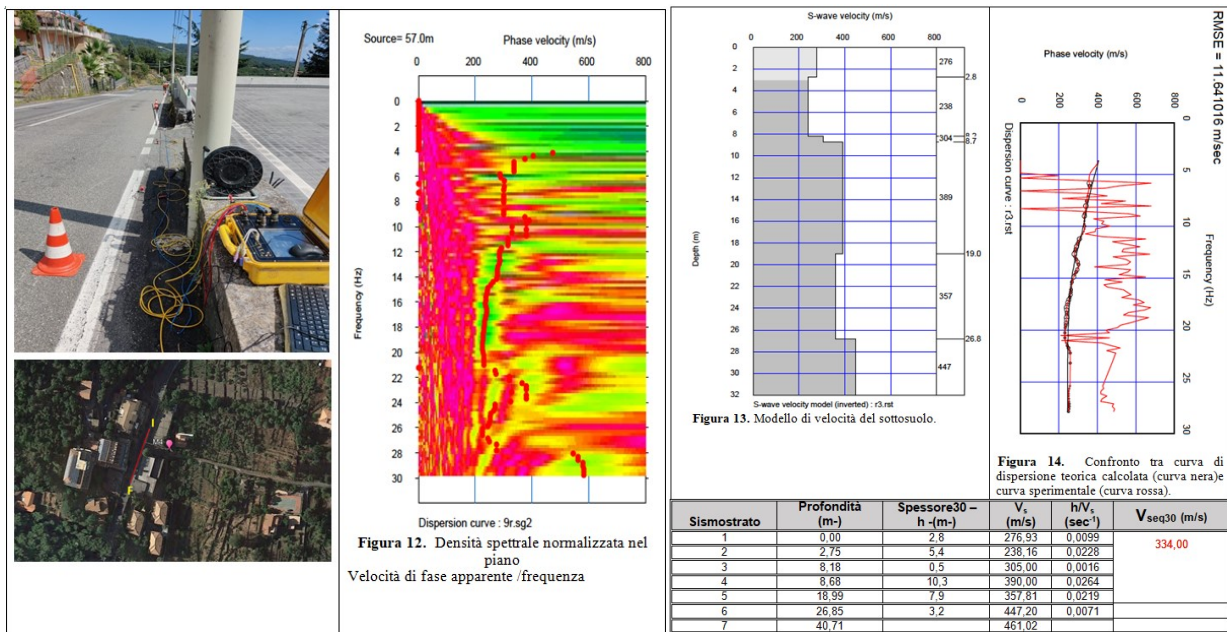


Figura 4.6.4 – Prova M.A.S.W.4- 087055L20 – Via Cassone

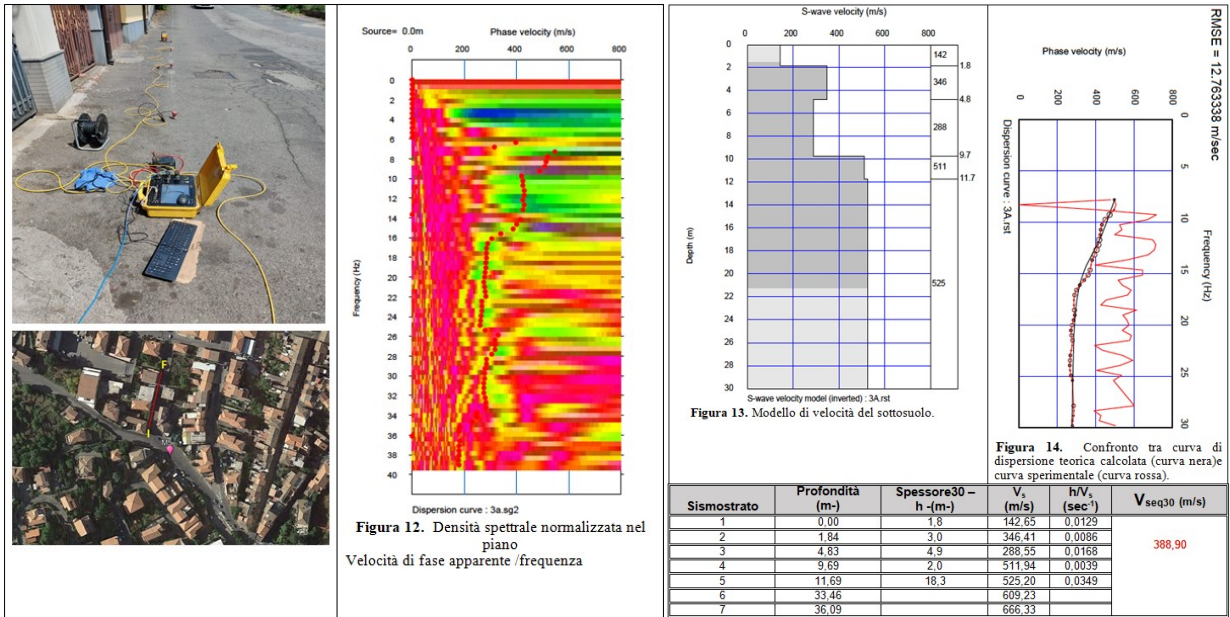


Figura 4.6.5 – Prova M.A.S.W.5- 087055L21 – Via P. Nenni

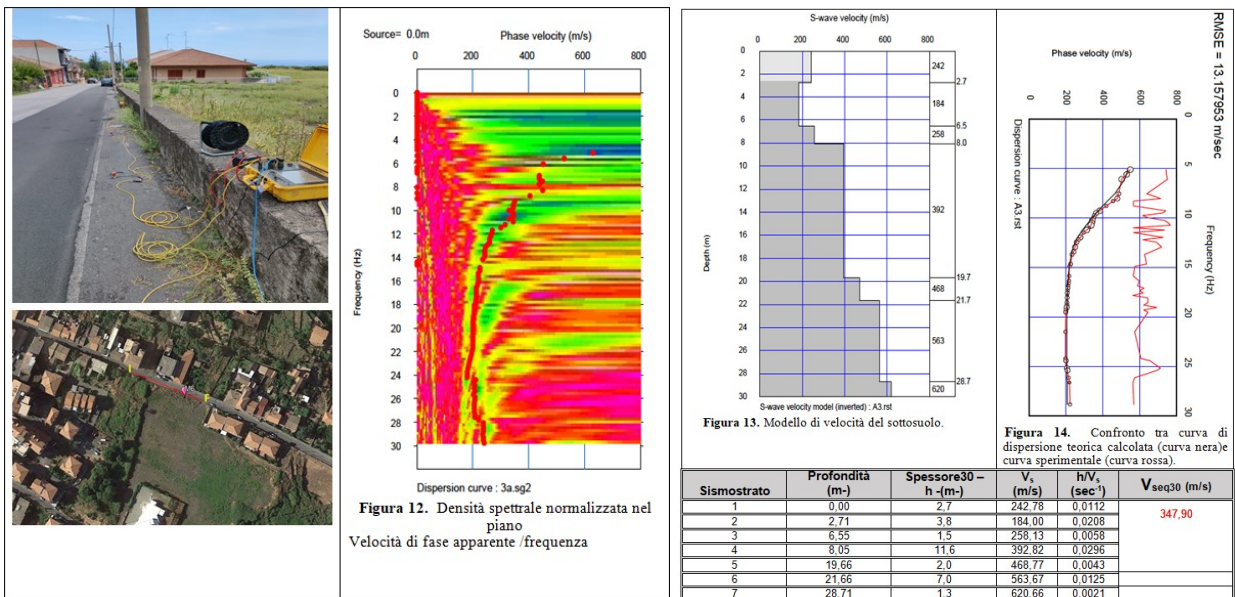


Figura 4.6.6 – Prova M.A.S.W.6- 087055L22 – Via Guglielmo Marconi

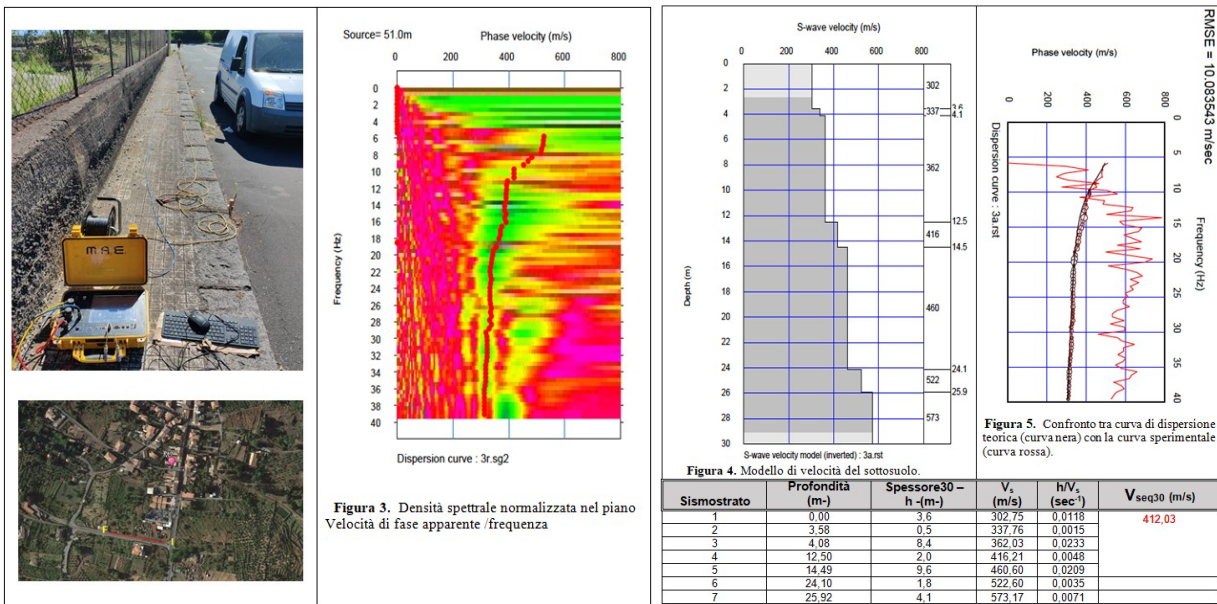


Figura 4.6.7 – Prova M.A.S.W.7- 087055L23 – Via Bicocca

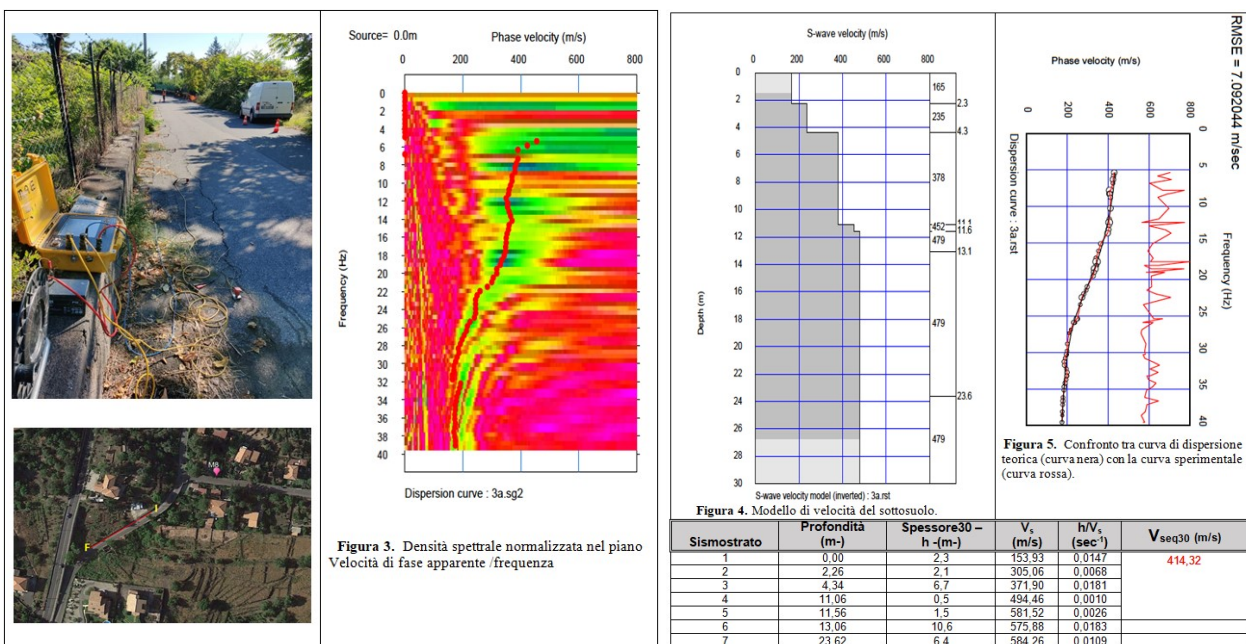


Figura 4.6.8 – Prova M.A.S.W.8- 087055L24 – Via Vecchia Prov.le Malopasso

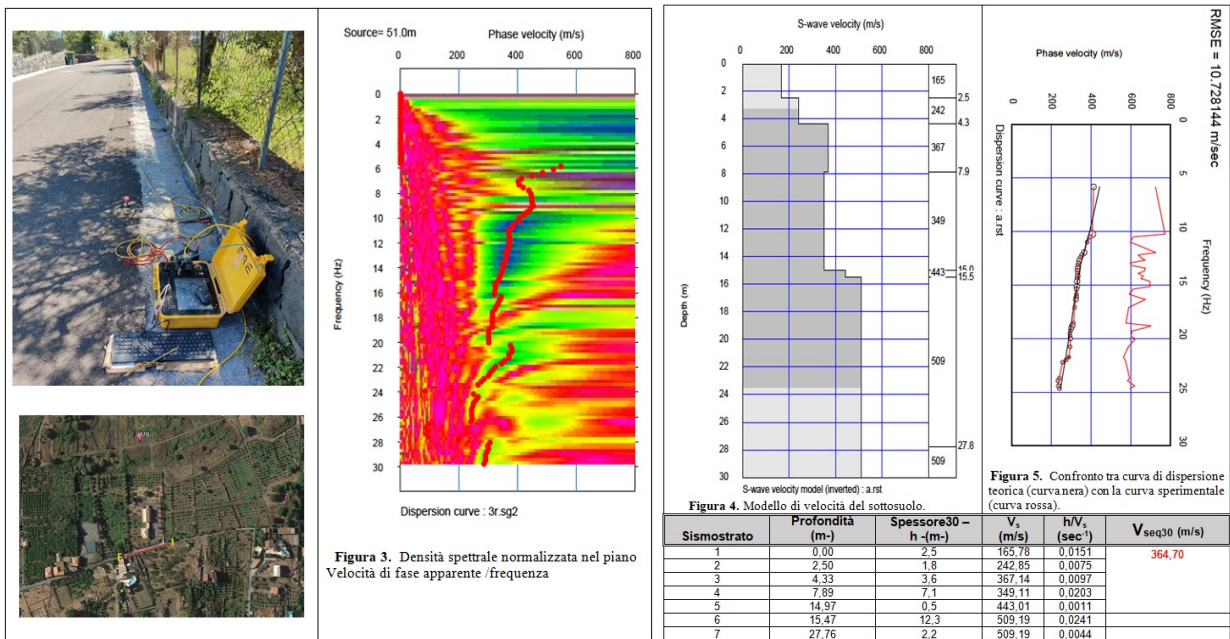


Figura 4.6.9 – Prova M.A.S.W.9- 087055L25 – Via Rossi Petrone

4.7 PROVE SISMICHE IN FORO DOWN HOLE

Nei 3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, realizzati a supporto degli studi MS1 e attrezzati opportunamente, sono state eseguite prove sismiche in foro tipo down hole.

La metodologia down-hole, come le altre tecniche di sismica in foro, ha il vantaggio di non avere come condizione che la velocità aumenti con la profondità (es. sismica di rifrazione superficiale), giacché i tempi di arrivo delle onde elastiche vengono valutati via via che queste ultime penetrano negli strati più profondi del terreno. Con tale tecnica è altresì sempre possibile valutare eventuali inversioni di velocità nell’ambito del pacco di litotipi incontrati nella perforazione.

Si riportano nelle figure seguenti si riportano i dati ottenuti dalle elaborazioni (Dromocrone, velocità media ed intervallo).

DH1 – Parcheggio Municipio (087055P57)

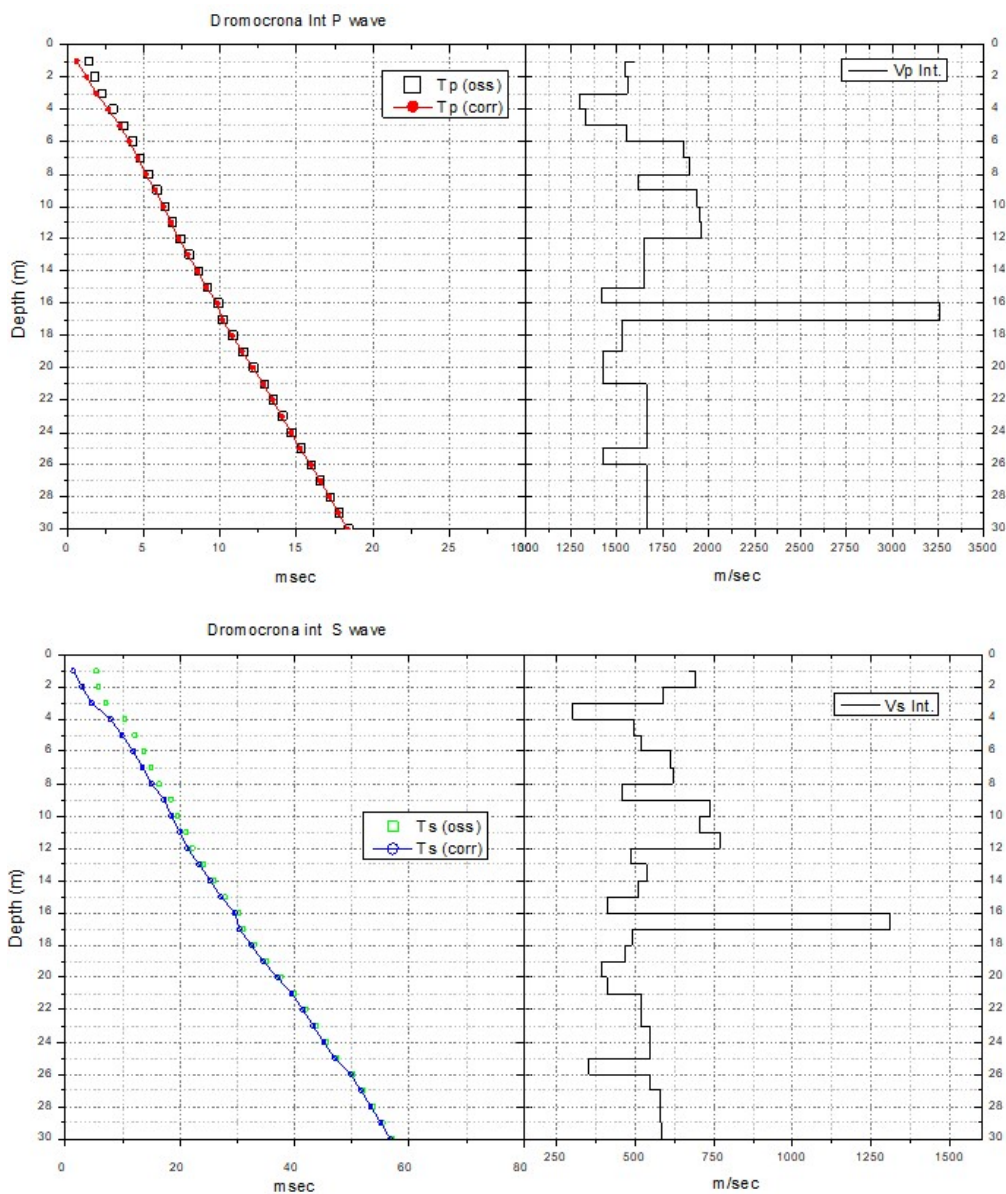
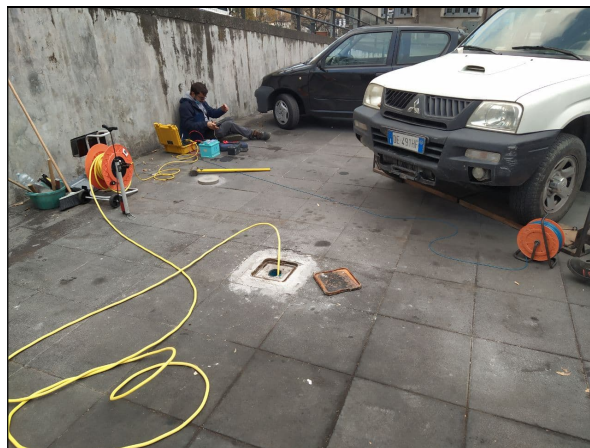


Figura 4.7.1 – Prova sismica in foro DH - 087055P57 (Dromocrone, velocità media ed intervallo)

TABELLA VALORI INTERVALLO

OFFSET (m)	Prof. (m)	YPi (m/sec)	YSi (m/sec)	γ_{din} (gr/cm ³)	G (Kg/cmq)	k (Kg/cmq)	E (Kg/cmq)	M (Kg/cmq)	σ	Vp/Vs	Imp. Sismica (t ³ m ⁻² sec ⁻¹)	Coeff. t	Coeff. ξ
	1.0	1070.49	188.12	1.92	6.9E+02	2.2E+04	2.1E+03	2.2E+04	0.4841	5.69	361.10	0.9843	0.0157
	2.0	651.16	200.38	1.75	7.2E+02	6.6E+03	2.1E+03	7.6E+03	0.4477	3.25	349.97	1.1255	-0.1255
	3.0	980.64	238.58	1.89	1.1E+03	1.7E+04	3.2E+03	1.9E+04	0.4685	4.11	450.40	0.8690	0.1310
	4.0	1410.05	171.10	2.02	6.0E+02	4.0E+04	1.8E+03	4.1E+04	0.4925	8.24	346.08	1.5632	-0.5632
	5.0	1601.87	597.64	2.07	7.5E+03	4.4E+04	2.1E+04	5.4E+04	0.4191	2.68	1238.48	1.2363	-0.2363
	6.0	2063.78	922.10	2.17	1.9E+04	6.9E+04	5.2E+04	9.4E+04	0.3753	2.24	2005.10	0.8298	0.1702
	7.0	1809.40	670.45	2.12	9.7E+03	5.8E+04	2.8E+04	7.1E+04	0.4204	2.70	1421.89	0.7875	0.2125
	8.0	1366.73	459.29	2.01	4.3E+03	3.3E+04	1.2E+04	3.8E+04	0.4363	2.98	923.49	0.9989	0.0011
	9.0	1595.37	445.03	2.07	4.2E+03	4.8E+04	1.2E+04	5.4E+04	0.4578	3.58	921.51	0.9631	0.0369
	10.0	1556.69	415.32	2.06	3.6E+03	4.6E+04	1.1E+04	5.1E+04	0.4617	3.75	855.99	1.0482	-0.0482
	11.0	1968.30	437.40	2.16	4.2E+03	8.0E+04	1.2E+04	8.5E+04	0.4740	4.50	942.61	1.0372	-0.0372
	12.0	1527.22	494.46	2.05	5.1E+03	4.2E+04	1.5E+04	4.9E+04	0.4415	3.09	1015.41	0.9906	0.0094
	13.0	1515.96	485.95	2.05	4.9E+03	4.1E+04	1.4E+04	4.8E+04	0.4427	3.12	996.53	0.9868	0.0132
2	14.0	1645.56	465.99	2.08	4.6E+03	5.1E+04	1.3E+04	5.8E+04	0.4564	3.53	970.62	1.0025	-0.0025
	15.0	1659.30	467.60	2.09	4.7E+03	5.2E+04	1.4E+04	5.9E+04	0.4569	3.55	975.50	0.9569	0.0431
	16.0	1659.73	428.95	2.09	3.9E+03	5.3E+04	1.1E+04	5.9E+04	0.4642	3.87	894.92	1.0698	-0.0698
	17.0	1653.94	493.64	2.08	5.2E+03	5.1E+04	1.5E+04	5.8E+04	0.4511	3.35	1029.21	1.0009	-0.0009
	18.0	1655.35	494.47	2.09	5.2E+03	5.1E+04	1.5E+04	5.8E+04	0.4510	3.35	1031.09	0.9537	0.0463
	19.0	1654.67	450.72	2.09	4.3E+03	5.2E+04	1.3E+04	5.8E+04	0.4599	3.67	939.79	1.0554	-0.0554
	20.0	1798.17	495.70	2.12	5.3E+03	6.3E+04	1.5E+04	7.0E+04	0.4589	3.63	1050.04	0.9928	0.0072
	21.0	1657.11	496.24	2.09	5.2E+03	5.1E+04	1.5E+04	5.8E+04	0.4507	3.34	1035.00	0.9763	0.0237
	22.0	1658.09	473.24	2.09	4.8E+03	5.2E+04	1.4E+04	5.8E+04	0.4557	3.50	987.14	1.0004	-0.0004
	23.0	1658.88	473.54	2.09	4.8E+03	5.2E+04	1.4E+04	5.9E+04	0.4556	3.50	987.85	1.0169	-0.0169
	24.0	1532.82	497.26	2.06	5.2E+03	4.2E+04	1.5E+04	4.9E+04	0.4412	3.08	1021.88	0.9838	0.0162
	25.0	1662.63	474.01	2.09	4.8E+03	5.2E+04	1.4E+04	5.9E+04	0.4558	3.51	989.25	1.0002	-0.0002
	26.0	1662.75	474.19	2.09	4.8E+03	5.2E+04	1.4E+04	5.9E+04	0.4557	3.51	989.64	1.0243	-0.0243
	27.0	1661.23	497.90	2.09	5.3E+03	5.2E+04	1.5E+04	5.9E+04	0.4507	3.34	1038.96	1.0002	-0.0002
	28.0	1661.64	498.08	2.09	5.3E+03	5.2E+04	1.5E+04	5.9E+04	0.4506	3.34	1039.37	1.0002	-0.0002
	29.0	1662.00	498.22	2.09	5.3E+03	5.2E+04	1.5E+04	5.9E+04	0.4506	3.34	1039.71	1.0339	-0.0339
	30.0	1812.65	524.43	2.12	5.9E+03	6.3E+04	1.7E+04	7.1E+04	0.4543	3.46	1112.61	0.0000	1.0000

Tabella 16 – Prova sismica in foro DH - 087055P57 - Parametri sismici

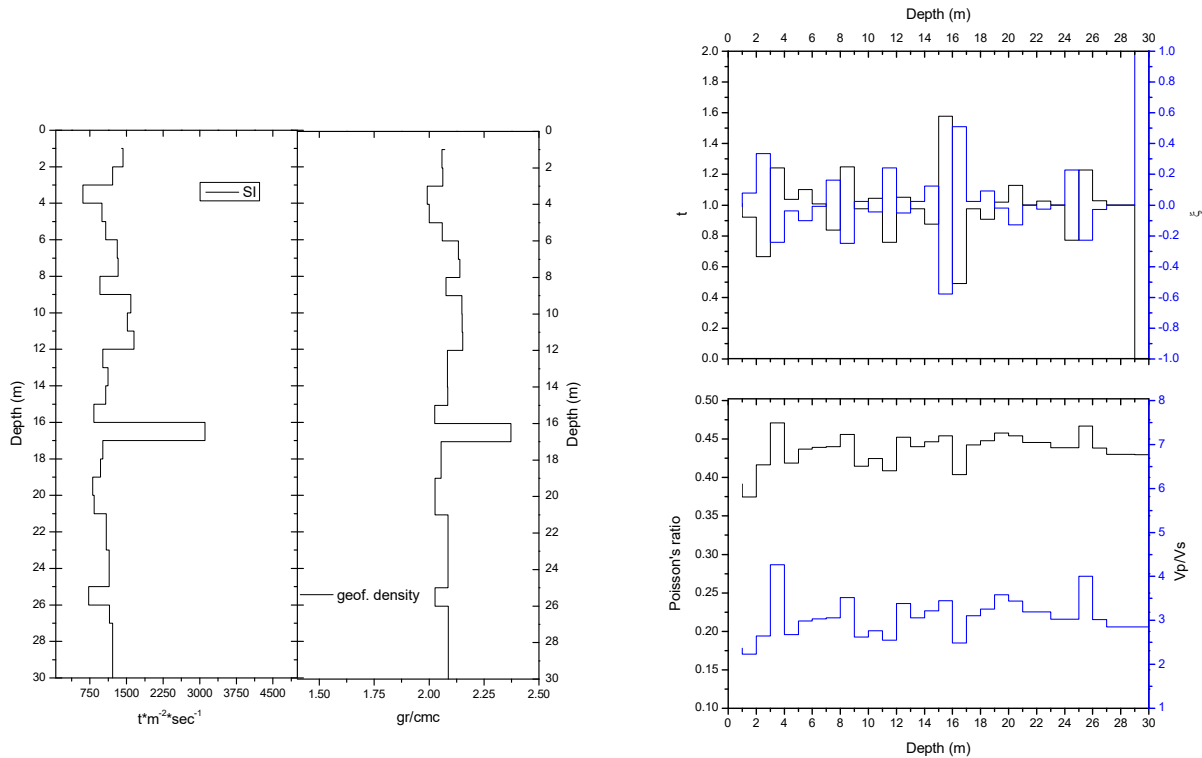


Figura 4.7.2 – Prova sismica in foro DH - 087055P57 (Impedenza sismica, Densità geofisica, Coefficiente di Poisson Vp/Vs Coefficiente di rifrazione e di riflessione /Profondità)

DH2 – Chiesa Fleri (087055P58)

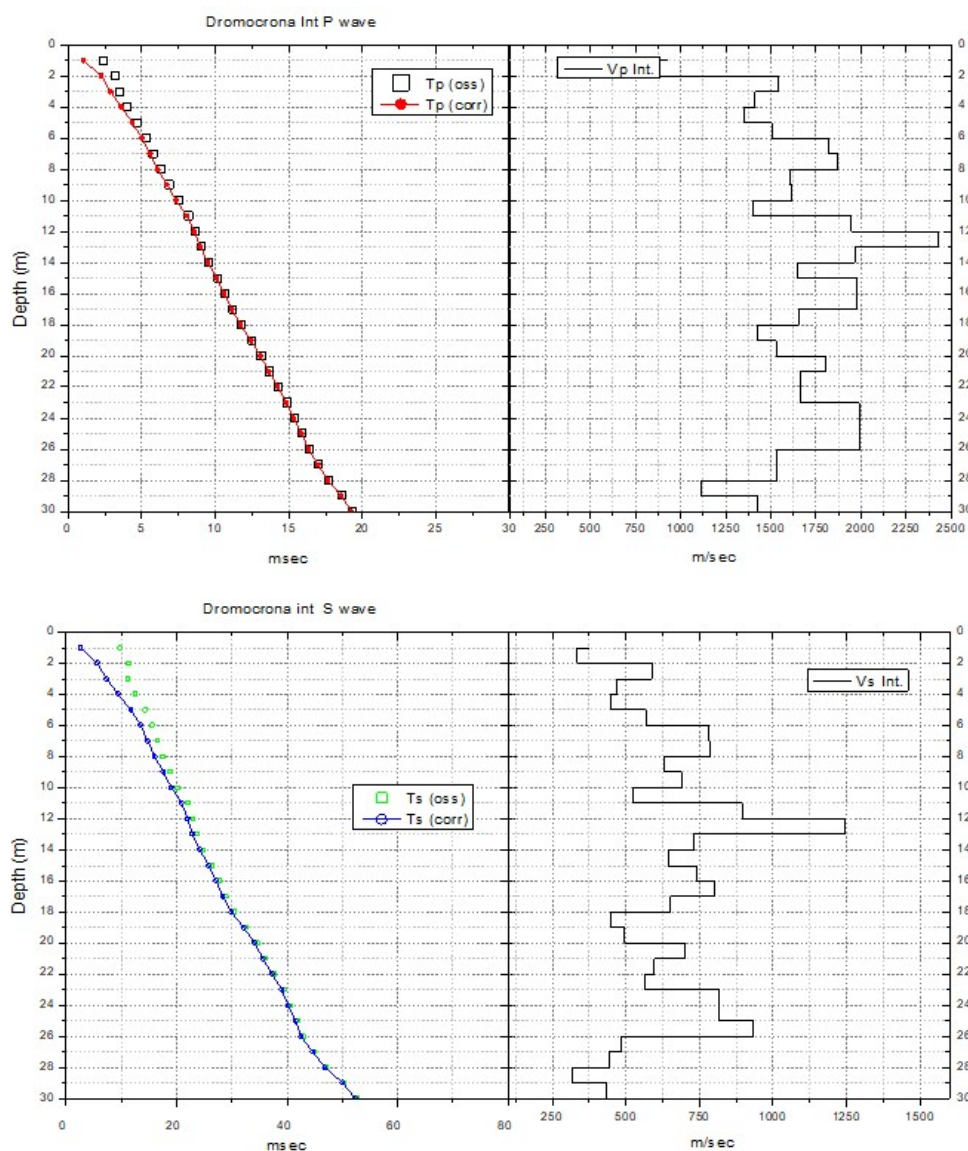
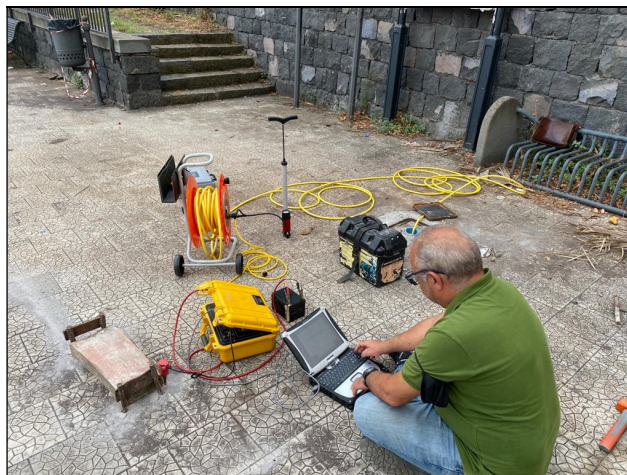


Figura 4.7.3 – Prova sismica in foro DH - 087055P58 (Dromocrone, velocità media ed intervallo)

TABELLA VALORI INTERVALLO

OFFSET (m)	Prof. (m)	VpI (m/sec)	VsI (m/sec)	γ_{din} (gr/cm ³)	G (Kg/cmq)	k (Kg/cmq)	E (Kg/cmq)	M (Kg/cmq)	σ	Vp/Vs	Imp. Sismica (t*m ² *sec ⁻¹)	Coeff. t	Coeff. ξ
	1.0	931.69	375.26	1.87	2.7E+03	1.3E+04	7.5E+03	1.7E+04	0.4032	2.48	701.57	0.9326	0.0674
	2.0	840.74	334.32	1.83	2.1E+03	1.0E+04	5.9E+03	1.3E+04	0.4061	2.51	612.93	1.3280	-0.3280
	3.0	1539.80	588.94	2.06	7.3E+03	4.0E+04	2.1E+04	5.0E+04	0.4143	2.61	1211.33	0.8791	0.1209
	4.0	1407.95	469.81	2.02	4.6E+03	3.5E+04	1.3E+04	4.1E+04	0.4374	3.00	950.00	0.9721	0.0279
	5.0	1348.78	447.92	2.01	4.1E+03	3.2E+04	1.2E+04	3.7E+04	0.4380	3.01	898.38	1.1287	-0.1287
	6.0	1505.61	568.20	2.05	6.7E+03	3.8E+04	1.9E+04	4.7E+04	0.4170	2.65	1163.70	1.1743	-0.1743
	7.0	1822.10	779.36	2.12	1.3E+04	5.4E+04	3.7E+04	7.2E+04	0.3880	2.34	1655.08	1.0057	-0.0057
	8.0	1868.95	784.50	2.13	1.3E+04	5.8E+04	3.7E+04	7.6E+04	0.3931	2.38	1674.03	0.8780	0.1220
	9.0	1603.10	632.06	2.07	8.4E+03	4.3E+04	2.4E+04	5.4E+04	0.4080	2.54	1309.99	1.0440	-0.0440
	10.0	1616.39	689.16	2.08	1.0E+04	4.2E+04	2.8E+04	5.5E+04	0.3889	2.35	1430.58	0.8532	0.1468
	11.0	1401.78	526.75	2.02	5.7E+03	3.3E+04	1.6E+04	4.0E+04	0.4178	2.66	1064.25	1.2885	-0.2885
	12.0	1945.93	896.35	2.15	1.8E+04	6.0E+04	4.8E+04	8.3E+04	0.3653	2.17	1927.45	1.1819	-0.1819
	13.0	2423.92	1242.09	2.24	3.5E+04	8.7E+04	9.3E+04	1.3E+05	0.3220	1.95	2784.72	0.7222	0.2778
2	14.0	1963.35	730.74	2.15	1.2E+04	6.9E+04	3.3E+04	8.5E+04	0.4196	2.69	1574.00	0.9202	0.0798
	15.0	1647.42	643.82	2.08	8.8E+03	4.6E+04	2.5E+04	5.8E+04	0.4099	2.56	1341.30	1.0866	-0.0866
	16.0	1972.98	740.18	2.16	1.2E+04	7.0E+04	3.4E+04	8.6E+04	0.4181	2.67	1595.80	1.0404	-0.0404
	17.0	1976.62	802.29	2.16	1.4E+04	6.7E+04	4.0E+04	8.6E+04	0.4014	2.46	1730.32	0.8795	0.1205
	18.0	1654.15	651.46	2.08	9.0E+03	4.6E+04	2.5E+04	5.8E+04	0.4082	2.54	1358.27	0.8038	0.1962
	19.0	1421.48	450.52	2.03	4.2E+03	3.6E+04	1.2E+04	4.2E+04	0.4442	3.16	912.66	1.0537	-0.0537
	20.0	1530.41	494.65	2.05	5.1E+03	4.2E+04	1.5E+04	4.9E+04	0.4417	3.09	1016.20	1.1872	-0.1872
	21.0	1806.53	700.15	2.12	1.1E+04	5.6E+04	3.0E+04	7.1E+04	0.4116	2.58	1484.44	0.9117	0.0883
	22.0	1658.42	596.21	2.09	7.6E+03	4.8E+04	2.2E+04	5.9E+04	0.4258	2.78	1243.68	0.9747	0.0253
	23.0	1659.17	566.78	2.09	6.8E+03	4.9E+04	2.0E+04	5.9E+04	0.4339	2.93	1182.40	1.1976	-0.1976
	24.0	1988.78	817.30	2.16	1.5E+04	6.7E+04	4.1E+04	8.7E+04	0.3984	2.43	1764.74	1.0010	-0.0010
	25.0	1989.82	818.78	2.16	1.5E+04	6.8E+04	4.1E+04	8.7E+04	0.3981	2.43	1768.12	1.0657	-0.0657
	26.0	1990.72	933.94	2.16	1.9E+04	6.2E+04	5.2E+04	8.7E+04	0.3589	2.13	2016.97	0.6618	0.3382
	27.0	1534.40	485.31	2.06	4.9E+03	4.3E+04	1.4E+04	4.9E+04	0.4444	3.16	997.50	0.9542	0.0458
	28.0	1534.67	442.77	2.06	4.1E+03	4.4E+04	1.2E+04	4.9E+04	0.4546	3.47	910.10	0.8051	0.1949
	29.0	1109.99	317.28	1.93	2.0E+03	2.2E+04	5.8E+03	2.4E+04	0.4555	3.50	613.23	1.1777	-0.1777
	30.0	1425.86	433.26	2.03	3.9E+03	3.7E+04	1.1E+04	4.2E+04	0.4491	3.29	878.21	0.0000	1.0000

Tabella 17 – Prova sismica in foro DH - 087055P58 - Parametri sismici

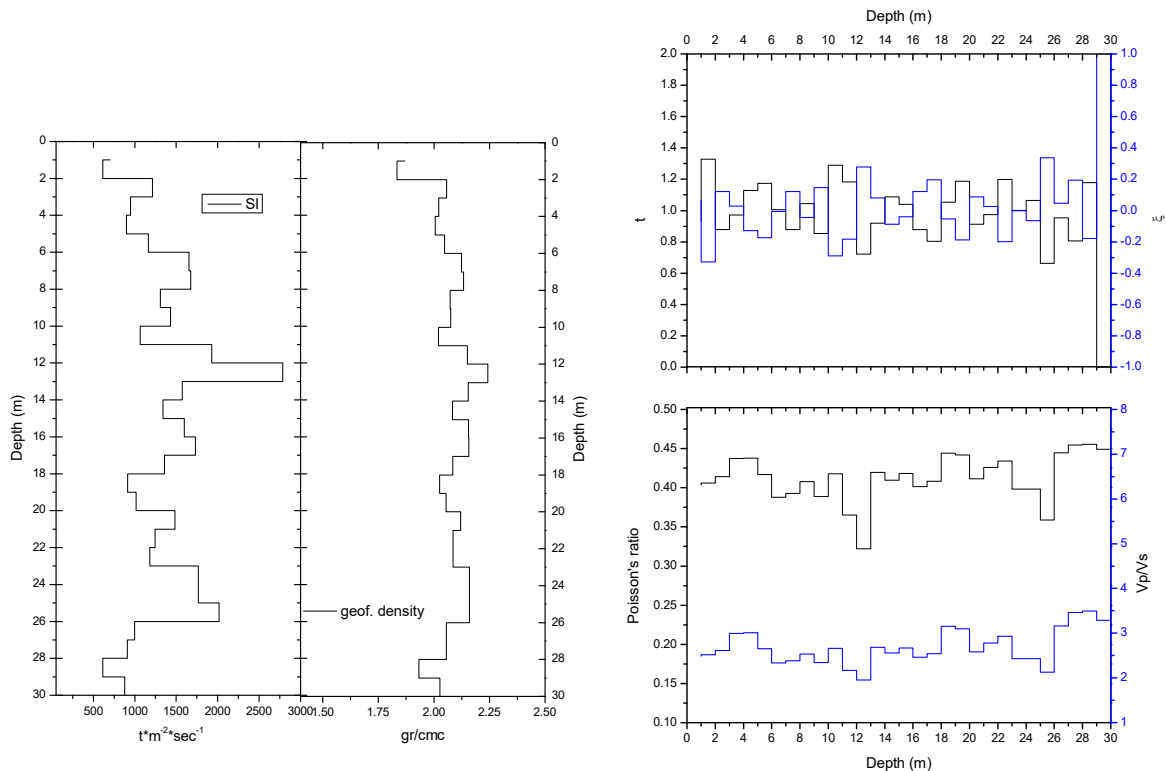


Figura 4.7.4 – Prova sismica in foro DH - 087055P58 (Impedenza sismica, Densità geofisica, Coefficiente di Poisson Vp/Vs Coefficiente di rifrazione e di riflessione /Profondità)

DH3 – Via Fortino Fleri, Poggiofelice (087055P58)

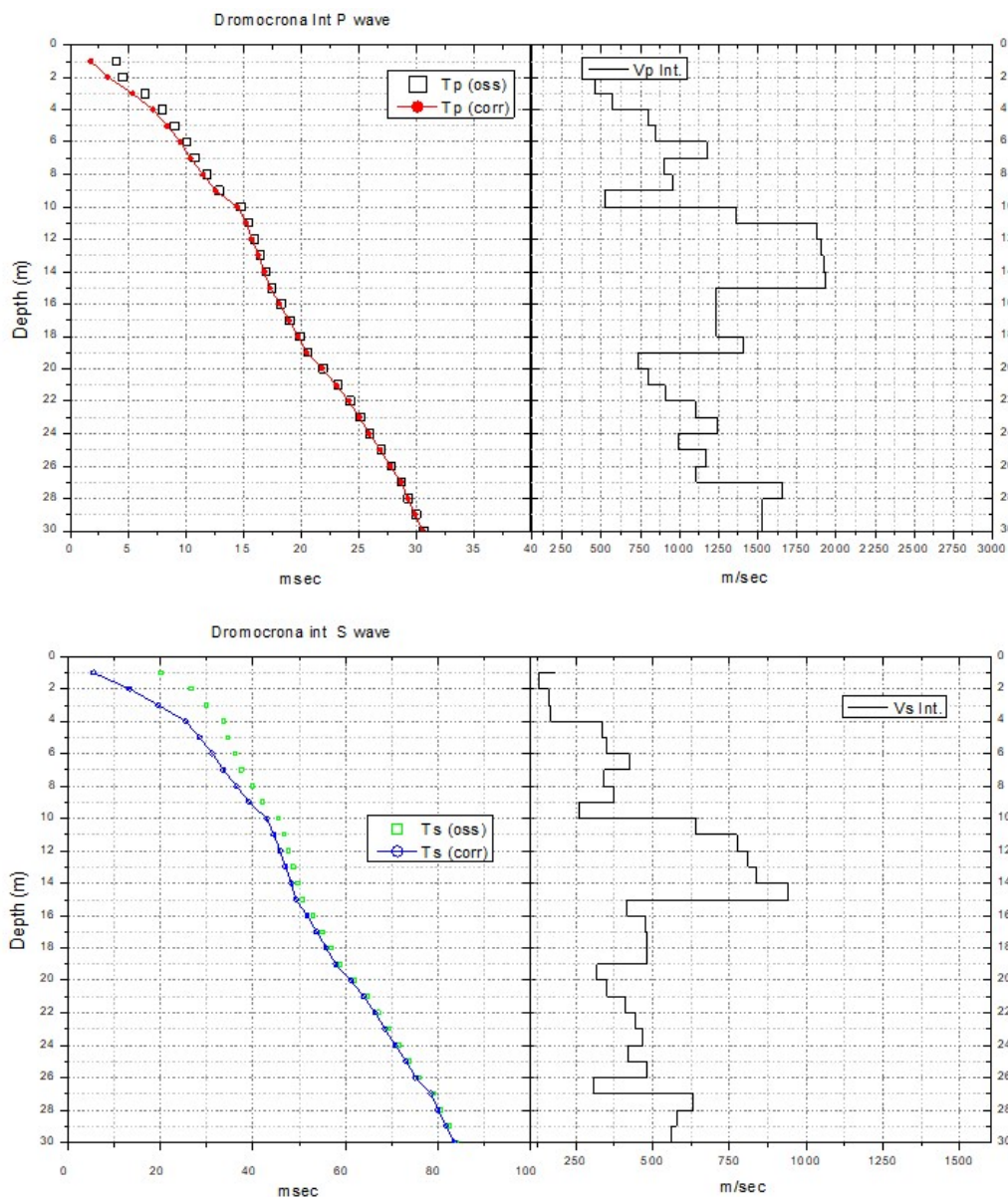


Figura 4.7.5 – Prova sismica in foro DH - 087055P59 (Dromocrone, velocità media ed intervallo)

TABELLA VALORI INTERVALLO

OFFSET (m)	Prof. (m)	V _{Pi} (m/sec)	V _{Si} (m/sec)	γ _{din} (gr/cm ³)	G (Kg/cmq)	k (Kg/cmq)	E (Kg/cmq)	M (Kg/cmq)	σ	V _p /V _s	Imp. Sismica (t*m ⁻² *sec ⁻¹)	Coeff. t	Coeff. ξ
	1.0	1242.26	298.14	1.97	1.8E+03	2.9E+04	5.3E+03	3.1E+04	0.4694	4.17	588.70	0.8090	0.1910
	2.0	1217.49	203.29	1.97	8.3E+02	2.9E+04	2.5E+03	3.0E+04	0.4857	5.99	399.88	1.5223	-0.5223
	3.0	1612.41	614.16	2.07	8.0E+03	4.4E+04	2.3E+04	5.5E+04	0.4151	2.63	1274.29	0.7097	0.2903
	4.0	1418.29	346.15	2.02	2.5E+03	3.8E+04	7.3E+03	4.2E+04	0.4683	4.10	700.92	1.4965	-0.4965
	5.0	2067.17	957.86	2.18	2.0E+04	6.8E+04	5.5E+04	9.5E+04	0.3633	2.16	2083.50	0.5590	0.4410
	6.0	1353.47	402.73	2.01	3.3E+03	3.3E+04	9.6E+03	3.7E+04	0.4514	3.36	808.28	1.2841	-0.2841
	7.0	1861.29	679.88	2.13	1.0E+04	6.2E+04	2.9E+04	7.5E+04	0.4230	2.74	1449.67	0.7062	0.2938
	8.0	1221.98	401.96	1.97	3.2E+03	2.6E+04	9.3E+03	3.0E+04	0.4393	3.04	791.22	1.5965	-0.5965
	9.0	2353.34	1404.41	2.23	4.5E+04	6.6E+04	1.1E+05	1.3E+05	0.2234	1.68	3131.00	0.8250	0.1750
	10.0	1933.89	1023.56	2.15	2.3E+04	5.1E+04	6.0E+04	8.2E+04	0.3054	1.89	2198.39	1.0098	-0.0098
	11.0	1946.87	1042.58	2.15	2.4E+04	5.1E+04	6.2E+04	8.3E+04	0.2990	1.87	2242.09	0.8181	0.1819
	12.0	1640.00	745.64	2.08	1.2E+04	4.1E+04	3.2E+04	5.7E+04	0.3697	2.20	1552.11	1.0998	-0.0998
	13.0	1963.04	880.39	2.15	1.7E+04	6.2E+04	4.7E+04	8.5E+04	0.3741	2.23	1896.27	0.8069	0.1931
2	14.0	1647.70	615.59	2.08	8.1E+03	4.7E+04	2.3E+04	5.8E+04	0.4189	2.68	1282.52	1.1572	-0.1572
	15.0	1972.92	816.74	2.16	1.5E+04	6.6E+04	4.1E+04	8.6E+04	0.3966	2.42	1760.87	0.6176	0.3824
	16.0	1244.42	398.31	1.98	3.2E+03	2.7E+04	9.2E+03	3.1E+04	0.4429	3.12	786.74	1.0539	-0.0539
	17.0	1420.41	432.66	2.03	3.9E+03	3.7E+04	1.1E+04	4.2E+04	0.4489	3.28	876.34	1.0222	-0.0222
	18.0	1421.19	452.29	2.03	4.2E+03	3.6E+04	1.2E+04	4.2E+04	0.4437	3.14	916.21	1.3970	-0.3970
	19.0	1982.54	983.69	2.16	2.1E+04	5.8E+04	5.7E+04	8.6E+04	0.3367	2.02	2122.77	1.0011	-0.0011
	20.0	1984.52	985.76	2.16	2.1E+04	5.8E+04	5.7E+04	8.7E+04	0.3362	2.01	2127.63	1.1100	-0.1100
	21.0	1986.19	1229.13	2.16	3.3E+04	4.2E+04	7.9E+04	8.7E+04	0.1897	1.62	2653.34	0.5978	0.4022
	22.0	1109.29	585.39	1.93	6.8E+03	1.5E+04	1.8E+04	2.4E+04	0.3070	1.89	1131.30	0.5944	0.4056
	23.0	1051.24	250.07	1.91	1.2E+03	2.0E+04	3.6E+03	2.2E+04	0.4700	4.20	478.36	1.0255	-0.0255
	24.0	1051.25	263.14	1.91	1.4E+03	2.0E+04	4.0E+03	2.2E+04	0.4666	4.00	503.36	0.9270	0.0730
	25.0	1051.27	227.33	1.91	1.0E+03	2.0E+04	3.0E+03	2.2E+04	0.4755	4.62	434.87	1.1277	-0.1277
	26.0	1051.29	293.90	1.91	1.7E+03	1.9E+04	4.9E+03	2.2E+04	0.4576	3.58	562.22	1.0000	0.0000
	27.0	1051.33	293.90	1.91	1.7E+03	1.9E+04	4.9E+03	2.2E+04	0.4576	3.58	562.20	0.9855	0.0145
	28.0	1051.36	285.52	1.91	1.6E+03	1.9E+04	4.6E+03	2.2E+04	0.4602	3.68	546.19	1.2336	-0.2336
	29.0	1425.10	433.79	2.03	3.9E+03	3.7E+04	1.1E+04	4.2E+04	0.4489	3.29	879.18	1.0453	-0.0453
	30.0	1425.33	474.97	2.03	4.7E+03	3.6E+04	1.3E+04	4.2E+04	0.4375	3.00	962.68	0.0000	1.0000

Tabella 18 – Prova sismica in foro DH - 087055P59 - Parametri sismici

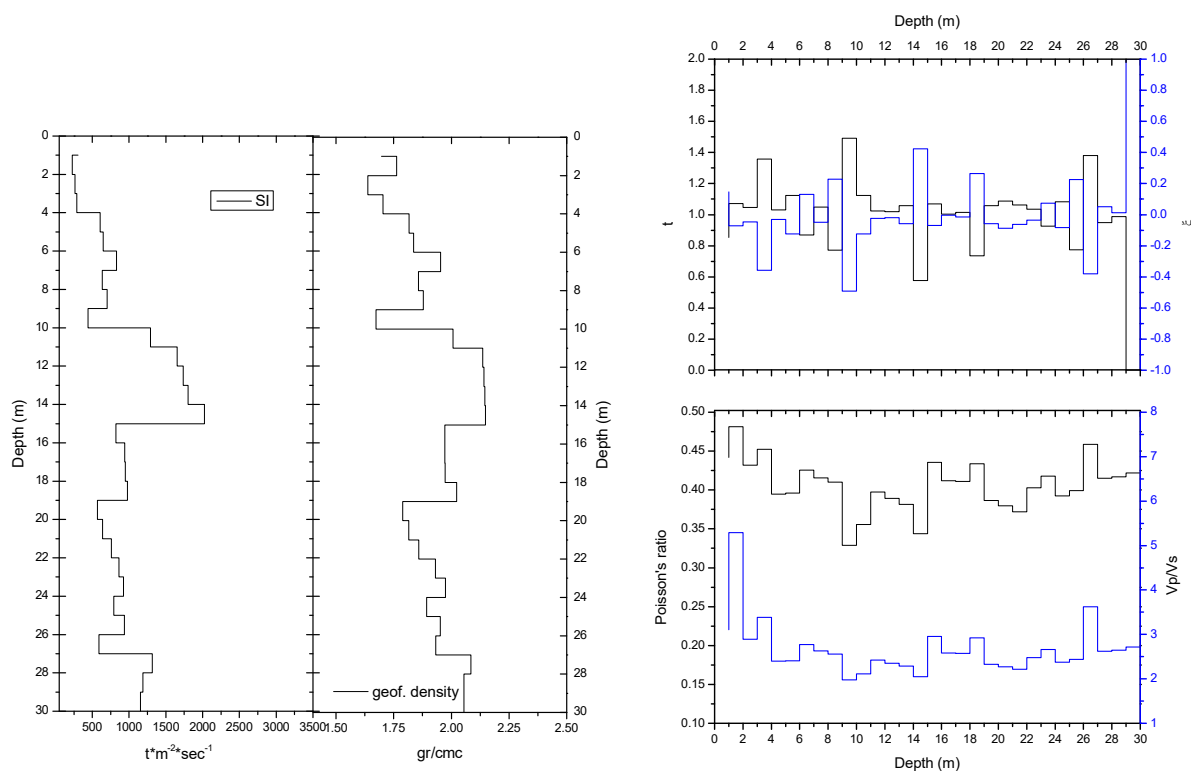


Figura 4.7.6 – Prova sismica in foro DH - 087055P59 (Impedenza sismica, Densità geofisica, Coefficiente di Poisson Vp/Vs Coefficiente di rifrazione e di riflessione /Profondità)

4.8 CLASSIFICAZIONE DELLE UNITA' GEOLOGICO-TECNICHE

Contestualmente all'archiviazione dei dati utili pregressi e acquisiti nella campagna di studi in corso, le unità geologiche affioranti nell'area da sottoporre a studi di microzonazione sismica di livello 1 e/o presenti nel sottosuolo sono state tradotte in unità litotecniche, differenziando i terreni di copertura (Fig. 4.8.1) dal substrato geologico (Fig. 4.8.2) secondo quanto indicato negli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.1_Sicilia.







Terreni di copertura		
	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
	GC	Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
	SW	Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose
	SP	Sabbie pulite con granulometria poco assortita
	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
	SC	Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla
	OL	Limi organici, argille limose organiche di bassa plasticità
	OH	Argille organiche di media-alta plasticità, limi organici
	MH	Limi inorganici, sabbie fini, Limi micacei o diatomitici
	ML	Limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
	CL	Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre
	CH	Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse
	PT	Torbe ed altre terre fortemente organiche
	LC	Litoide di copertura

Figura 4.8.1 - Legenda della CGT_MS: terreni di copertura (Vers. 4.1 Sicilia)

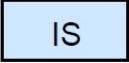




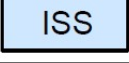





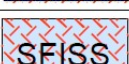



Substrato geologico		
	IS	Incoerente o poco consolidato
	LP	Lapideo
	GR	Granulare cementato
	CO	Coesivo sovraconsolidato
	AL	Alternanza di litotipi
	ISS	Incoerente o poco consolidato, stratificato
	LPS	Lapideo, stratificato
	GRS	Granulare cementato, stratificato
	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
	SFIS	Incoerente o poco consolidato fratturato / alterato
	SFLP	Lapideo fratturato / alterato
	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
	SFCO	Coesivo sovraconsolidato fratturato / alterato
	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato / alterato
	SFISS	Incoerente o poco consolidato, stratificato fratturato / alterato
	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato
	SFGRS	Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato
	SFCOS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
	SFALS	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato

Figura 4.8.2 - Legenda della CGT_MS: substrato geologico

Utile e talora fondamentale ai fini della idonea e funzionale discriminazione delle varie unità litologiche è stata l'analisi della cartografia disponibile, anche a diverso tematismo (geomorfologica, geologica, idrogeologica e/o geologico-tecnica).

Per cartografare le coperture è stato considerato uno spessore minimo di 3 metri e sono state classificate utilizzando il sistema *"Unified Soil Classification System"* (leggermente modificato, ASTM, 1985), un sistema di classificazione dei suoli, utilizzato sia in ingegneria che in geologia, che può essere applicato alla maggioranza dei materiali non consolidati, composto da una sigla formata da 2 lettere.

Con alcune modifiche, tale classificazione è stata recepita negli *"Standard di rappresentazione e archiviazione informatica"*, in ultimo nella Versione 4.1_Sicilia (gennaio 2020), che prevede la suddivisione in sei gruppi principali a loro volta suddivisi in sottogruppi in relazione ad alcune proprietà indice.

Nella nuova versione, rispetto ai precedenti standard di archiviazione, sono stati introdotti nuovi codici relativi agli ambienti genetico-deposizionali e una nuova tipologia di terreni denominata *"Litoide di Copertura"* a cui viene associato il codice LC al fine di poter classificare all'interno dei terreni di copertura anche materiali consolidati e litoidi appartenenti a formazioni superficiali (Es. Lave).

I codici, oltre che nella legenda sono riportati anche sulla singola area nella carta. Per cui ogni unità sarà identificata dal codice relativo al terreno di copertura e dal codice relativo all'ambiente genetico-deposizionale che aggiunge importanti indicazioni, soprattutto sulla geometria 2D dei corpi litologici.

Nelle tabelle 19 e 20 sono state riportate le conversioni utilizzate per la classificazione nella CGT delle unità litostratigrafiche (o nelle sezioni geologico-tecniche) riconosciute nell'area di studio del comune di Zafferana Etnea.

SUBSTRATO GEOLOGICO				
	UNITÀ LITOSTRATIGRAFICA	TIPOLOGIA DI SUBSTRATO	SIGLA	STRATIFICAZIONE
UML ?	Supersintema Timpe Sintema S.Alfio Formazione Moscarello	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato	SFALS	si

Tabella 19

TERRENI DI COPERTURA				
CARG	UNITÀ LITOSTRATIGRAFICA	SIGLA	DESCRIZIONE	Ambiente deposizionale
A3_B	Conoide alluvionale	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo	ca
BB	Terrazzo fluviale	SM	Sabbie limose, miscela di sabbia e limo	tf
UTF_15	Colate laviche e piroclastiti (1971 - attuali)	LC	Colate laviche - Litoide di copertura	la
UTF_14	Colate laviche e piroclastiti (1669 – 1971)	LC	Colate laviche - Litoide di copertura	la
UTF_13	Cono di scorie (122 a.C. – 1669)	GW	Scorie laviche costituite da ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di sabbia e ghiaia	sc
UTF_13	Colate laviche e piroclastiti (122 a.C. – 1669)	LC	Colate laviche - Litoide di copertura	la
UTF_12	Colate laviche e piroclastiti (3.9K – 1669)	LC	Colate laviche - Litoide di copertura	la
UTF_02	Successione costituita da deposito di debris avalanche monogenico (Lahar)	GW	Depositi di lahar costituiti da ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie	lh
UTF_01	Successione di livelli piroclastici di ricaduta alternati a depositi eolici e paleosuoli	SW	Piroclastiti costituite da sabbie limose, miscela di sabbia e limo	pc
UTF_11	Colate laviche e piroclastiti (15 ka – 3.9 Ka)	LC	Colate laviche - Litoide di copertura	la
SDZ	Successione di colate laviche, depositi piroclastici, brecce e, depositi epiclastici, lahar,	LC	Colate laviche - Litoide di copertura	la

Tabella 20

4.9 STIMA DEL BEDROCK SISMICO

Alla luce dei dati pregressi reperiti, non avendo sondaggi geognostici spinti fino al substrato rigido non è stato possibile definire la profondità del bedrock sismico. Come già riportato in studi di MS1 condotti nei comuni del versante orientale etneo, tale substrato probabilmente ricade all'interno della potente successione argillosa che costituisce il substrato sedimentario pre-vulcanico.

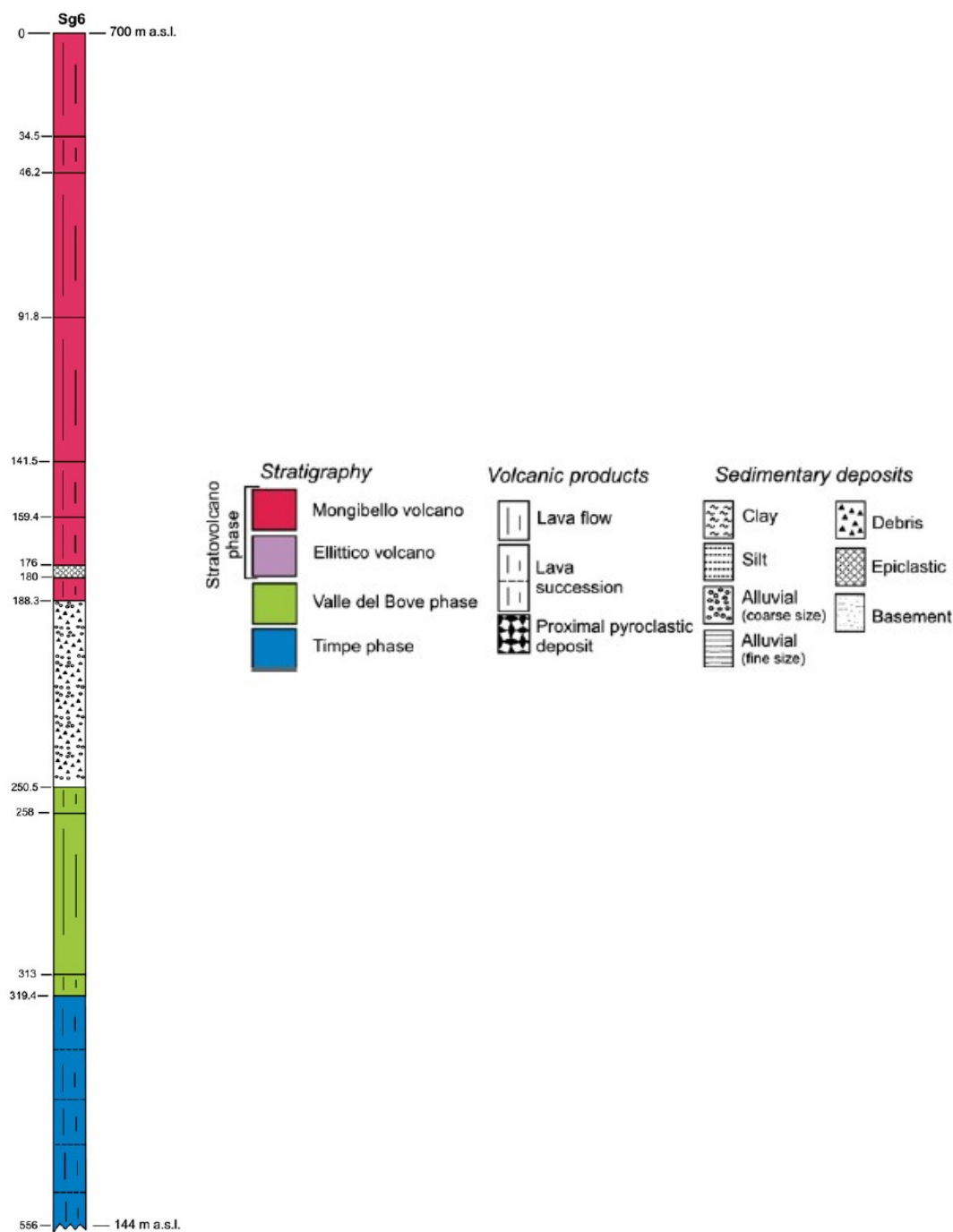


Figura 4.9.2 – Stratigrafia sondaggio Sg6 (Branca et al.,2012)

Anche gli orizzonti lavici assegnati al substrato (SFALS), seppure in mancanza di dati diretti misurati, in considerazione dello stato di estrema fatturazione e della presenza di ripetute intercalazioni di livelli vulcanoclastici, sono probabilmente caratterizzati da velocità inferiori agli 800 m/s, in analogia a quanto misurato all'interno delle colate laviche di copertura e pertanto, in mancanza di misure dirette della velocità delle onde di taglio che confermino il contrario, si è ritenuto opportuno non classificare le lave di substrato come substrato rigido con significato di "bedrock" sismico.

L'analisi critica della cartografia geologica esistente e le verifiche di dettaglio con rilevamento in campo, unitamente ai dati di sottosuolo provenienti dalle indagini geologiche e geofisiche reperite e dalle nuove indagini realizzate nell'ambito del presente studio, hanno permesso una prima ricostruzione schematica dell'assetto geologico dell'area in studio. Il modello geologico del sottosuolo, propedeutico alla ricostruzione del modello geologico-tecnico preliminare per la microzonazione sismica di 1° livello (MS1), è stato ricostruito lungo tre sezioni geologiche schematiche 2d rappresentative del territorio studiato (Allegato 1).

Le tracce delle sezioni sono riportate in figura 5.1 e nella carta Geologica e Geomorfológica redatta appositamente (criterio premiante) nell'ambito di questo progetto.

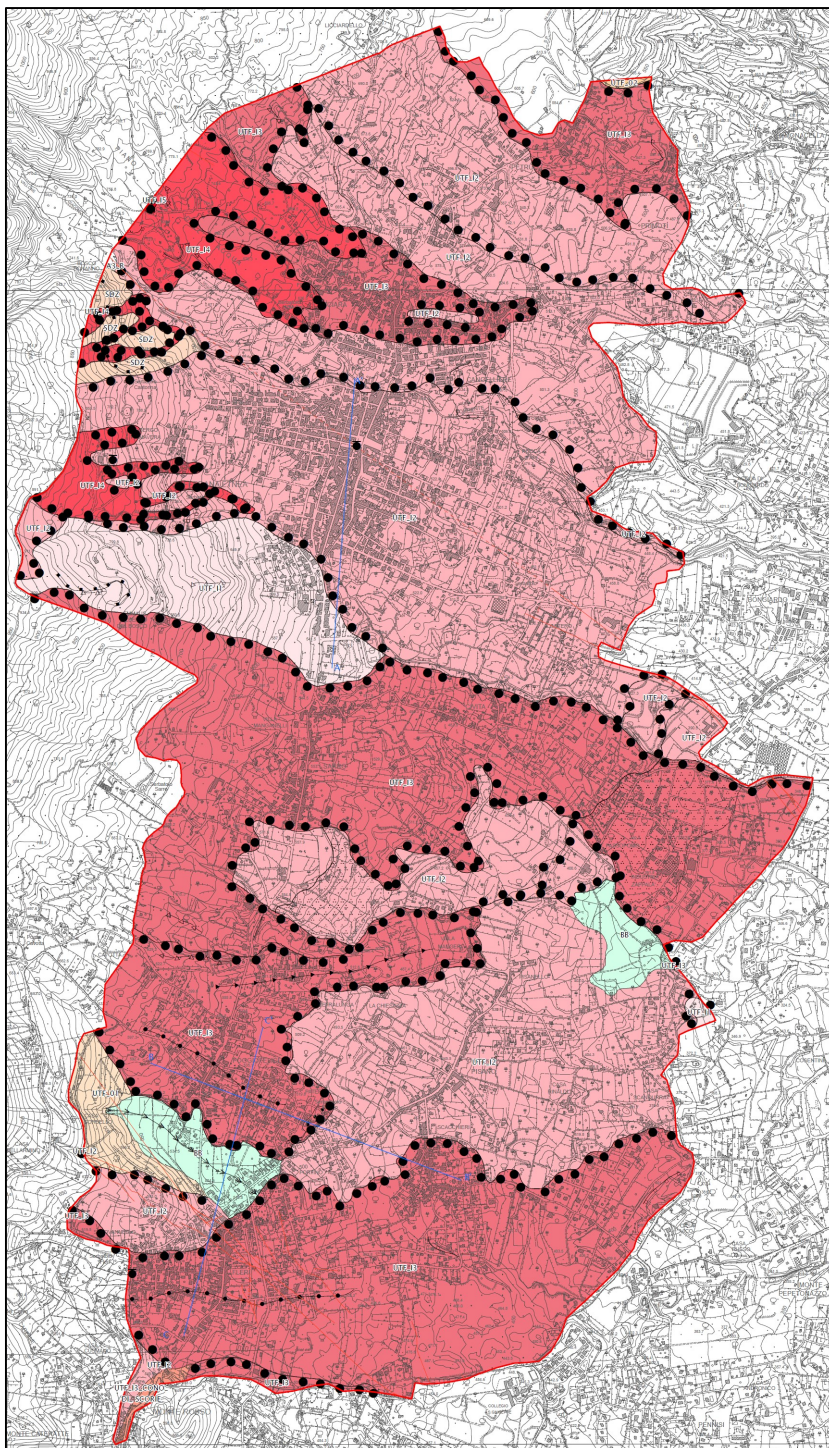


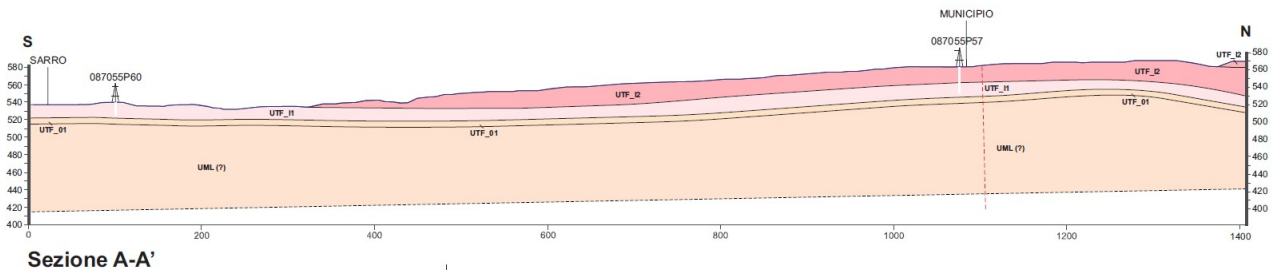
Figura 5.1 – Carta geologica e geomorfologica (CGG – MS1)

Sezione A – A'

Il sottosuolo dell'area rappresentata nella sezione A – A' è caratterizzato dalla presenza di colate laviche poggianti sul deposito piroclastico riferibile al Membro di Cubania (UTF_01), che a sua volta si sviluppa (presumibilmente) su un substrato geologico (UML) affiorante esternamente all'area di studio (località Petrulli). Le coperture laviche sono state investigate nel **sondaggio 087055P57 (Parcheggio Municipio)** fino a 30 metri di profondità (fine sondaggio) e nel **sondaggio 087055P60**.

La mancanza di dati diretti e sismici più profondi non ha permesso di definire il substrato geologico come il bedrock sismico.

Nella sezione A-A' è stata riportata la faglia ipotizzata (ZAF) sotto il centro storico di Zafferana Etnea, in continuità strutturale con i lineamenti già noti in letteratura (faglia di Santa Tecla – Linera e il sistema di faglie di Monti Fiori di Cosimo), descritta nel capitolo 2.6.3.



Legenda

TERRENI DI COPERTURA

BB	Alternanza di livelli sabbiosi, a struttura generalmente laminata, e livelli ghiaiosi di natura vulcanica, sedimentaria e cristallina. Olocene.
UTF_13	Unità Torre del Filosofo: colate laviche. Prodotti dell'intervallo 122 a.C-1669.
UTF_12	Unità Torre del Filosofo: colate laviche. Prodotti dell'intervallo 3.9 ka - 122 a.C.
UTF_11	Unità Torre del Filosofo: colate laviche. Prodotti dell'intervallo 15ka - 3.9 ka.
UTF_01	Unità Torre del Filosofo: successione di livelli piroclastici di ricaduta alternati a depositi silteico-sabbiosi di colore giallo e paleosuoli marroni che divengono più scuri e carboniosi nella parte alta della successione.

SUBSTRATO GEOLOGICO

UML (?)	Sistema Sant'Alfo - Formazione Moscarello: sequenza lavica formata da colate tabulari, massive, localmente con intercalazioni di depositi piroclastici prossimali costituiti da bombe scoriaee di colore rossiccio. Spessore massimo 150 metri.
----------------	---

	Sondaggio
	Prova sismica HVSr
	Faglia a cinematismo non definito attiva e capace (incerta)
	Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (incerta)
	Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (certa)
	Intersezione sezioni geologiche

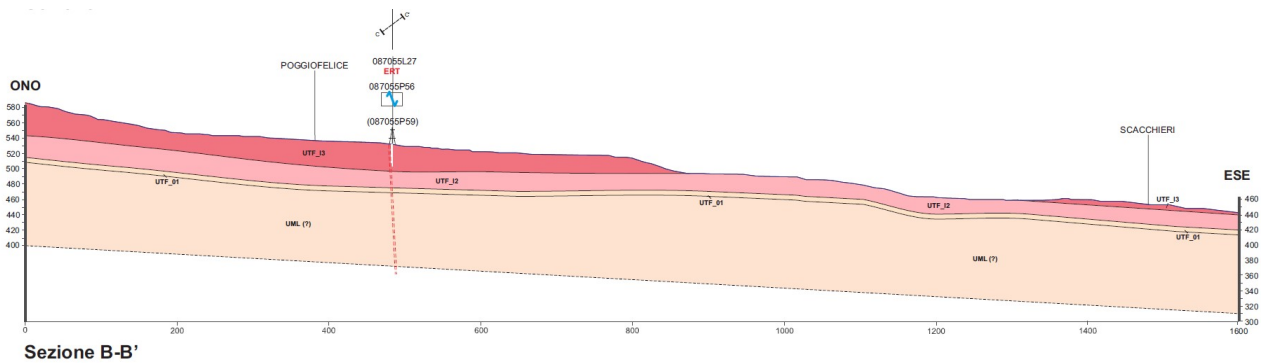
Figura 5.2 – Sezione geologica A – A'

Sezione B – B'

La sezione B-B' incrocia la sezione C-C' in corrispondenza del sondaggio **087055P59**, realizzato in località Poggiofelice (Via Fortino-Fleri). Il sottosuolo è caratterizzato dalla presenza di colate laviche (UTF_I3) investigate nel sondaggio **08702P59**, poggianti sul deposito piroclastico riferibile al Membro di Cubania (UTF_01), che a sua volta si sviluppa (presumibilmente) su un substrato geologico (UML) affiorante esternamente all'area di studio (località Petrulli).

La mancanza di dati diretti e sismici più profondi non ha permesso di definire il substrato geologico come il bedrock sismico.

Nella sezione B-B' è stata riportata la faglia ipotizzata (PGF) nella frazione di Poggiofelice e descritta nel capitolo 2.6.4.



Legenda

TERRENI DI COPERTURA

BB	Alteranza di livelli sabbiosi, a struttura generalmente laminata, e livelli ghiaiosi di natura vulcanica, sedimentaria e cristallina. Olocene.
UTF_I3	Unità Torre del Filosofo: colate laviche. Prodotti dell'intervallo 122 a.C-1669.
UTF_I2	Unità Torre del Filosofo: colate laviche. Prodotti dell'intervallo 3.9 ka - 122 a.C.
UTF_I1	Unità Torre del Filosofo: colate laviche. Prodotti dell'intervallo 15ka - 3.9 ka.
UTF_01	Unità Torre del Filosofo: successione di livelli piroclastici di ricaduta alternati a depositi siltico-sabbiosi di colore giallo e paleosuoli marroni che divengono più scuri e carboniosi nella parte alta della successione.

SUBSTRATO GEOLOGICO

UML (?)	Sistema Sant'Alfio - Formazione Moscarello: sequenza lavica formata da colate tabulari, massive, localmente con intercalazioni di depositi piroclastici prossimali costituiti da bombe scoriaee di colore rossiccio. Spessore massimo 150 metri.
----------------	--

	Sondaggio
	Prova sismica HVSR
	Faglia a cinematisimo non definito attiva e capace (incerta)
	Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (incerta)
	Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (certa)
	Intersezione sezioni geologiche

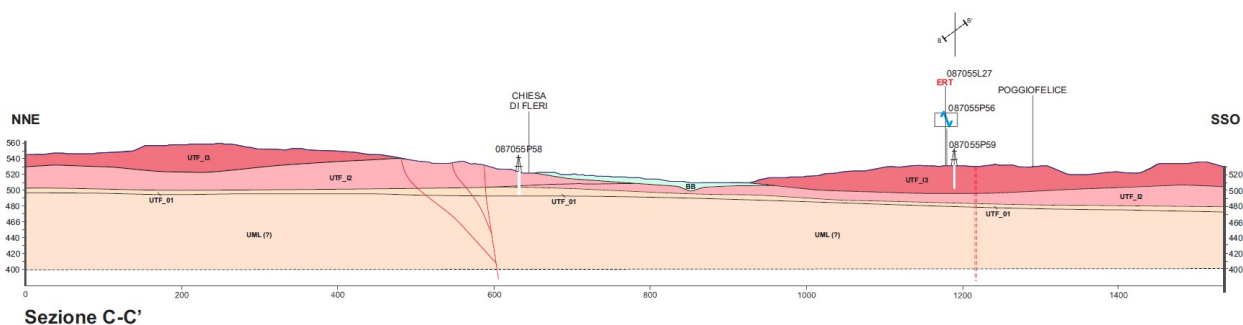
Figura 5.3 – Sezione geologica B - B'

Sezione C – C'

Nella sezione C-C', che si sviluppa tra la frazione di Fleri (a sud) e la frazione di Poggiofelice (a nord), il sottosuolo è caratterizzato da una successione di colate laviche (UTF_I2) investigate nel sondaggio **08702P58** (UTF_I3) e nel sondaggio **08702P59**, poggianti sul deposito piroclastico riferibile al Membro di Cubania (UTF_01), che a sua volta si sviluppa (presumibilmente) su un substrato geologico (UML) affiorante esternamente all'area di studio (località Petrulli).

La mancanza di dati diretti e sismici più profondi non ha permesso di definire il substrato geologico come il bedrock sismico.

Nella sezione C-C' sono state riportate la faglia di Fiandaca-Fleri nella frazione di Fleri e la faglia ipotizzata (PGF) nella frazione di Poggiofelice (Vedi descrizione nel capitolo 2.6).



Legenda

TERRENI DI COPERTURA

BB	Alternanza di livelli sabbiosi, a struttura generalmente laminata, e livelli ghiaiosi di natura vulcanica, sedimentaria e cristallina. Olocene.
UTF_I3	Unità Torre del Filosofo: colate laviche. Prodotti dell'intervallo 122 a.C.-1669.
UTF_I2	Unità Torre del Filosofo: colate laviche. Prodotti dell'intervallo 3.9 ka - 122 a.C.
UTF_I1	Unità Torre del Filosofo: colate laviche. Prodotti dell'intervallo 15ka - 3.9 ka.
UTF_01	Unità Torre del Filosofo: successione di livelli piroclastici di ricaduta alternati a depositi siltico-sabbiosi di colore giallo e paleosuoli marroni che divengono più scuri e carboniosi nella parte alta della successione.

SUBSTRATO GEOLOGICO

UML (?)	Sistema Sant'Alfio - Formazione Moscarello: sequenza lavica formata da colate tabulari, massive, localmente con intercalazioni di depositi piroclastici prossimali costituiti da bombe scoriaee di colore rossiccio. Spessore massimo 150 metri.
----------------	--

	Sondaggio
	Prova sismica HVSR
	Faglia a cinematisimo non definito attiva e capace (incerta)
	Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (incerta)
	Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (certa)
	Intersezione sezioni geologiche

Figura 5.4 – Sezione geologica C - C'

Definito il modello geologico rappresentato nelle tre sezioni geologiche elaborate si è passati alla conversione nel modello geologico-tecnico di sintesi (Allegato 3). Le formazioni geologiche sono state suddivise in unità litotecniche omogenee, accorpando quei terreni di copertura o di substrati geologici (Fig. 5.5 e Fig. 5.6) che presentano tra loro caratteri simili tenendo in considerazione, oltre alle caratteristiche litostratigrafiche, anche tutte le altre caratteristiche in grado di influenzare lo scuotimento sismico come ad esempio l'assetto geomorfologico, strutturale, geotecnico e geofisico e, non ultimo, idrogeologico. La fase di accorpamento e semplificazione, laddove possibile, è stata utile per poter realizzare l'elaborato finale degli studi MS1, ovvero alla carta delle MOPS.

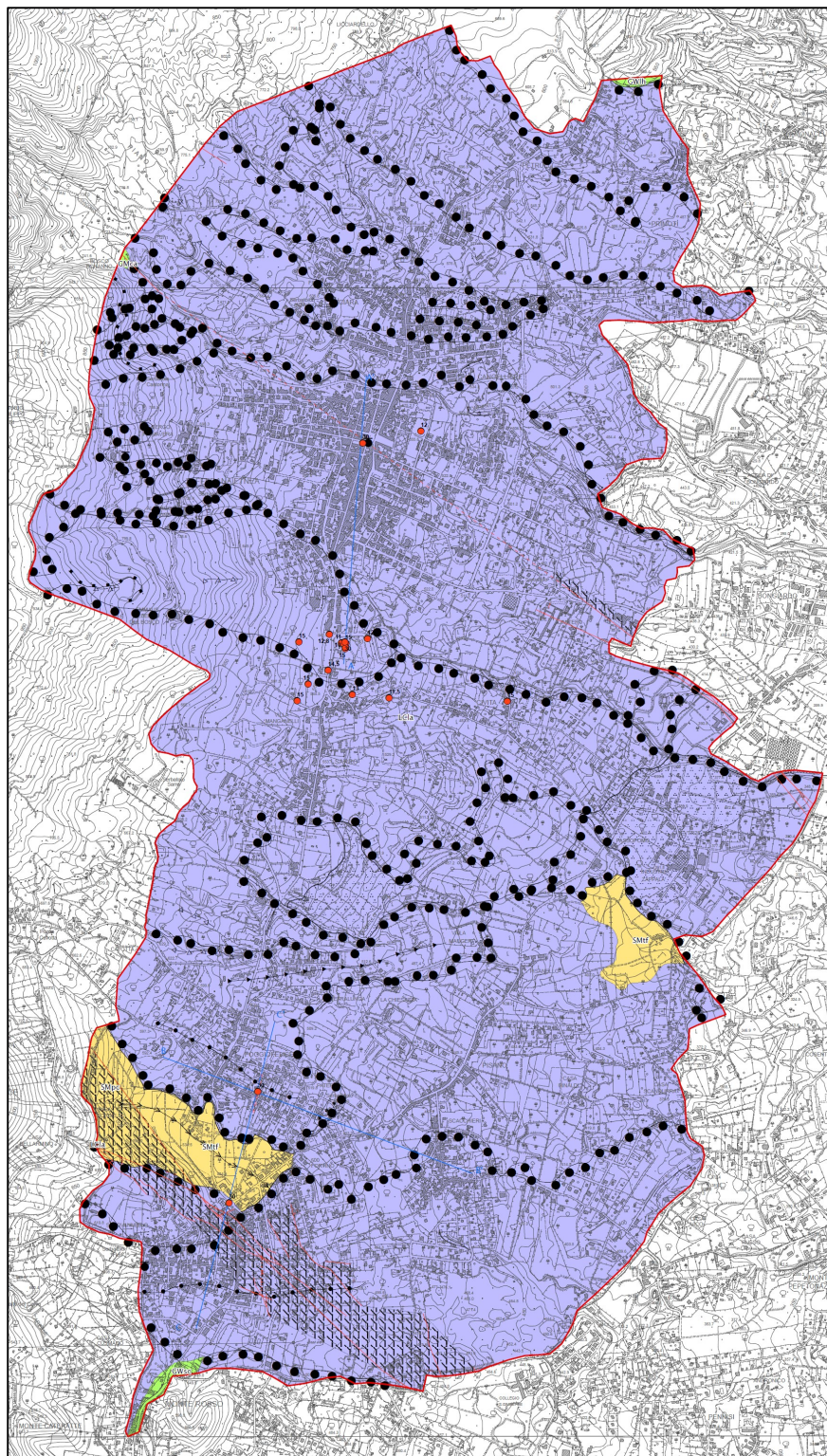
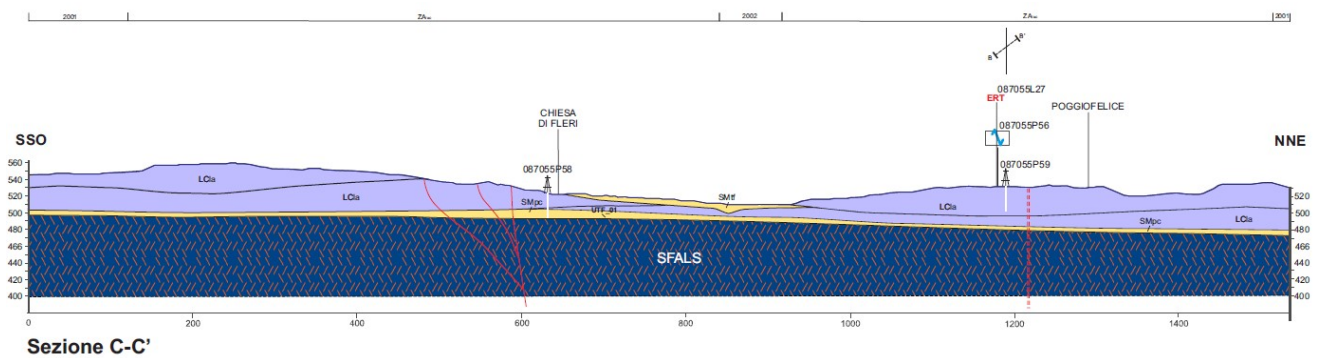
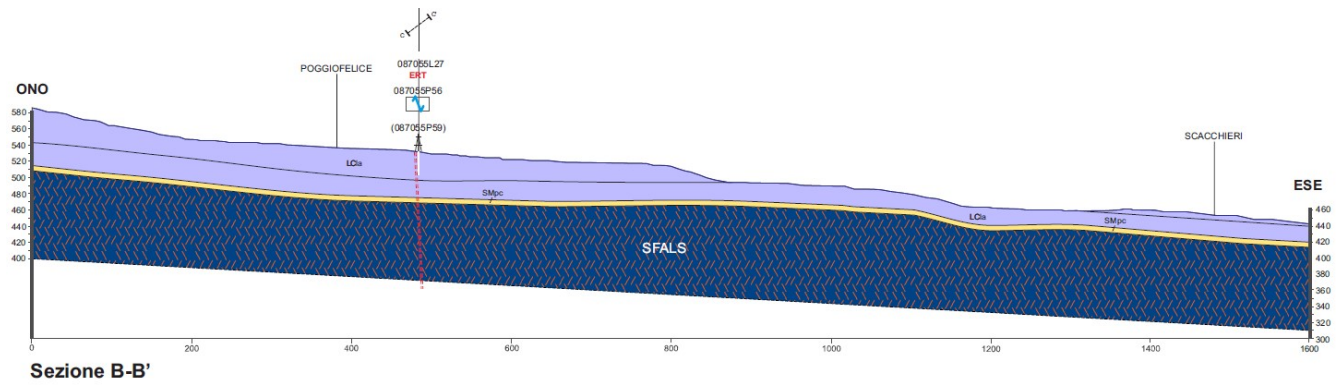
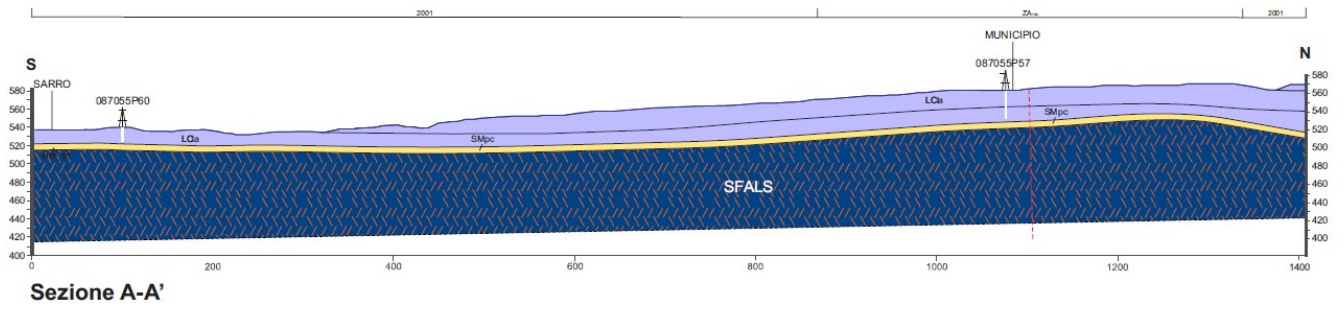


Figura 5.5 – Carta geologico-tecnica (CGT – MS1)



Legenda

TERRENI DI COPERTURA

- LC** Colate laviche costituite da litoide di copertura (la)
- SM** Piroclastiti costituite da sabbie limose, miscela di sabbia e limo (pc)
Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (tf)

SUBSTRATO GEOLOGICO

- SFALS** Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato

- Sondaggio
- Prova sismica HVSR
- Faglia a cinematicismo non definito attiva e capace (incerta)
- Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (incerta)
- Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (certa)
- Intersezione sezioni geologiche

Figura 5.6 – Sezioni geologico-tecniche A – A', B - B' e C – C'

Il modello geologico ricostruito sulla base della revisione e reinterpretazione dei rilievi geologici allegati al P.R.G., aggiornato con la letteratura geologica recente (Carta del Vulcano Etna, Branca et al. 2011) e vincolato tenendo conto delle conoscenze pregresse e delle nuove informazioni acquisite durante gli studi di microzonazione di tutta la regione limitrofa, va inteso come la migliore sintesi possibile, affidabile dal punto di vista dei rapporti giacitureali tra le diverse unità, che sono stati ritenuti significativi per la individuazione delle diverse tipologie di microzone omogenee.

I dati geognostici hanno permesso di caratterizzare i terreni di copertura, sia geometricamente che da punto di vista geotecnico e sismico, ma la carenza di dati e indagini dirette profonde rappresenta in questa fase di studio una importante incertezza per definire il substrato ed individuarne al suo interno il substrato sismico.

Pertanto, al fine di valutare eventuali variazioni litologiche in profondità, che potrebbero influenzare la risposta sismica di sito (in particolar modo per gli effetti di amplificazione a bassa frequenza), sarà necessario un approfondimento con indagini dirette e indirette più profonde nel corso degli studi di livello superiore. Infatti, il modello geologico proposto in questa fase rappresenta una prima base di conoscenza su cui effettuare i successivi approfondimenti che potrebbero anche definire nuove di suddivisioni (o accorpamenti) delle attuali microzone.

Come già descritto nel capitolo dei dati geofisici, i dati ricavati dai 3 down-hole realizzati nei sondaggi di nuova acquisizione hanno permesso di analizzare i profili delle Vs medie nei diversi litotipi; appare evidente che la stratigrafia nei primi 30 metri di profondità è caratterizzata da inversioni delle velocità delle onde sismiche. Questo fenomeno trova conferma nei dati raccolti in aree vulcaniche in occasione di precedenti studi di microzonazione nei territori del versante orientale etneo e pone molti interrogativi che andranno risolti nelle indagini di approfondimento successive, che dovranno essere volte ad una accurata misura delle Vs nei diversi corpi geologici. In ogni caso resta l'incertezza sul modello dovuta alla impossibilità di programmare una fitta campagna di indagini su un'area caratterizzata da litotipi caratterizzati da una estrema variabilità sia verticale che laterale.

Alla luce di quanto descritto sopra, la definizione dei caratteri geotecnici e della geometria del bedrock sismico rimane uno degli obiettivi imprescindibili nelle successive fasi d'approfondimento, nel corso delle quali bisognerà analizzare meglio anche le coperture detritico-eluviali e i prodotti piroclastici e vulcanoclastici.

Infine, come riportato nel capitolo 2.6, tutte le strutture tettoniche attive riportate in carta, sia quelle note in letteratura (spesso ridondanti e, come riportato nella Carta delle MOPS, raggruppate in un

unico campo di fratturazione - Fiandaca-Fleri), sia le strutture individuate ed ipotizzate in questo primo livello di approfondimento (Faglia ZAF e Faglia PDF), dovranno necessariamente essere oggetto di studi specifici del livello 3 al fine di definire le corrette geometrie, cinematiche, etc.

Risulta pertanto auspicabile, nei livelli successivi di approfondimento (MS3) eseguire in corrispondenza di punti chiave un piano di indagini con sondaggi geognostici a carotaggio continuo, indagini geofisiche e geotecniche, al fine di verificare e dettagliare il modello proposto.

7 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Come già esposto, i dati di base sono rappresentati dalle indagini puntuali pregresse, dalle indagini dirette ed indirette realizzate ex-novo e dai rilievi di campagna confrontati con le cartografie tematiche ufficiali (CARG, IFFI, PAI, PRG).

Il **censimento presso i Comuni** ha permesso di analizzare la documentazione geologica relativa ai seguenti piani/progetti:

- *Studio geologico a supporto della revisione del Piano Regolatore Generale (C. Cassaniti 2017 - in corso di revisione)*
- *Piano di protezione civile comunale – Anno 2013*
- *Relazione geologica a supporto del progetto “C.O.M. adeguamento locali ex macello”*
- *Relazione geologica a supporto del progetto di riqualificazione e messa a norma della Piazza Umberto I ed aree annesse, struttura locale e servizi igienici*
- *Relazione geologica a supporto del progetto per opere di adeguamento agli standard di confort e sicurezza dell’edificio scolastico Scuola media a Fleri.*
- *Relazione geologica a supporto del progetto per la edificazione di un palazzetto sportivo polifunzionale da sorgere in Via Alessandro Manzoni, angolo via Rocca d’Api.*
- *Relazione geologica a supporto del progetto per la messa in sicurezza degli edifici scolastici “Scuola elementare Matteo Maglia” – Lavori di manutenzione straordinaria per interventi di miglioramento statico ed opere connesse.*

Sono state inoltre consultate diverse pubblicazioni tecniche e scientifiche che si riportano in bibliografia.

Per la definizione delle forme vulcaniche (bordi di colata, etc) sono state utilizzate le banche dati regionali relative al volo 2018 (Ortofoto e DTM).

La prima fase è stata l'omogeneizzazione delle diverse unità geologiche secondo la legenda CARG condivisa con DRPC Sicilia e la redazione della carta geologica-geomorfologica.

Dalle unità geologiche si è quindi passato alle unità geologico-tecniche con la redazione delle carta geologico-tecnica per poi definire le microzone omogenee in prospettiva sismica e relativa carta delle MOPS. I dati delle indagini di sismica passiva HVSR, dopo essere stati processati ed elaborati, sono stati riportati nella Carta delle Frequenze.

Come indicato negli Standard Vers. 4.1_Sicilia (pag. 32) nella carta delle MOPS sono state definite le tracce di sezione topografica che definiscono le aree di attenzione rispetto alle amplificazioni topografiche, le quali dovranno essere oggetto di quantificazione nei livelli di approfondimento successivi.

7.1 PORTALE WEBGIS DI GOVERNANCE

Tutti i dati analizzati e omogeneizzati sono stati caricati nel **portale WebGis di governance** (attività premiante) che ne ha permesso la visualizzazione mentre le elaborazioni delle cartografie tematiche è stata effettuata utilizzando software GIS, necessario per la gestione di numerosi tematismi e di una mole importante di dati.

In particolare, al fine di velocizzare e rendere omogenea la classificazione degli elementi di MS è stato adottato, ad uso interno, un portale Web Gis (Figura 7.1) il cui accesso è stato consentito ad ogni singolo operatore autorizzato (referente geologo del Comune).

Il portale rappresenta uno strumento condiviso da tutti gli operatori all'interno del quale sono univocamente rappresentate le informazioni di base (quali ad esempio la cartografia correttamente georeferenziata nel sistema 7792, l'altimetria ricavata da DTM, i limiti amministrativi e le sezioni ISTAT), le informazioni oggetto di censimento (indagini, elementi geologici e geotecnici) nonché eventuali altre informazioni ricavate da collegamenti in WMS e/o WMF da siti ufficiali (Geoportale nazionale / Dati Ispra / ecc).

Questa caratteristica garantisce sulla uniformità dell'informazione geografica gestita e, al contempo, consente un'analisi "in continuo topografico" del territorio. Il portale riproduce fedelmente le maschere di caricamento siti, indagini e parametri del software MS Software, si popolano in automatico campi quali la quota (automaticamente ricavata dalle cartografie / dtm disponibili), il

codice comunale (automaticamente ricavato dai limiti ISTAT), le coordinate del punto/i corrispondente/i al sito puntuale/lineare. Questa caratteristica garantisce sulla correttezza dell'informazione geografica di tutti i siti censiti nonché della consistenza dei codici alfanumerici associati ad ogni elemento. Il Portale Web Gis poggia su un database Postgres sul quale è definita l'intera struttura dei dati geospaziali utili agli studi di Microzonazione Sismica.

Tutte le feature spaziali del portale sono definite nel rispetto degli standard INSPIRE e, per gli oggetti che rientrano nella categoria di Oggetti Cartografici, nel rispetto dello standard definito dal Catalogo degli Oggetti Territoriali e, per alcune componenti specifiche, dagli standard imposti dal sistema cartografico regionale siciliano (SITR e direttive varie).

Le componenti specialistiche quali quelle dei moduli MS e CLE sono invece strutturalmente identiche a quelle previste dai software SoftMS del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile. Questo garantisce che alla fine del popolamento, direttamente eseguibile via piattaforma WebGis, sarà possibile popolare il file access di consegna così come previsto dai software SoftMS ed estrarre gli shape file Ind_In e Ind_pu corrispondenti proprio alle indagini lineari e puntuali.

L'estrazione del file access e dei file shape avviene direttamente dal database Postgres e questo garantisce sulla corretta corrispondenza tra i codici degli shape e quelli delle tabelle corrispondenti in access.

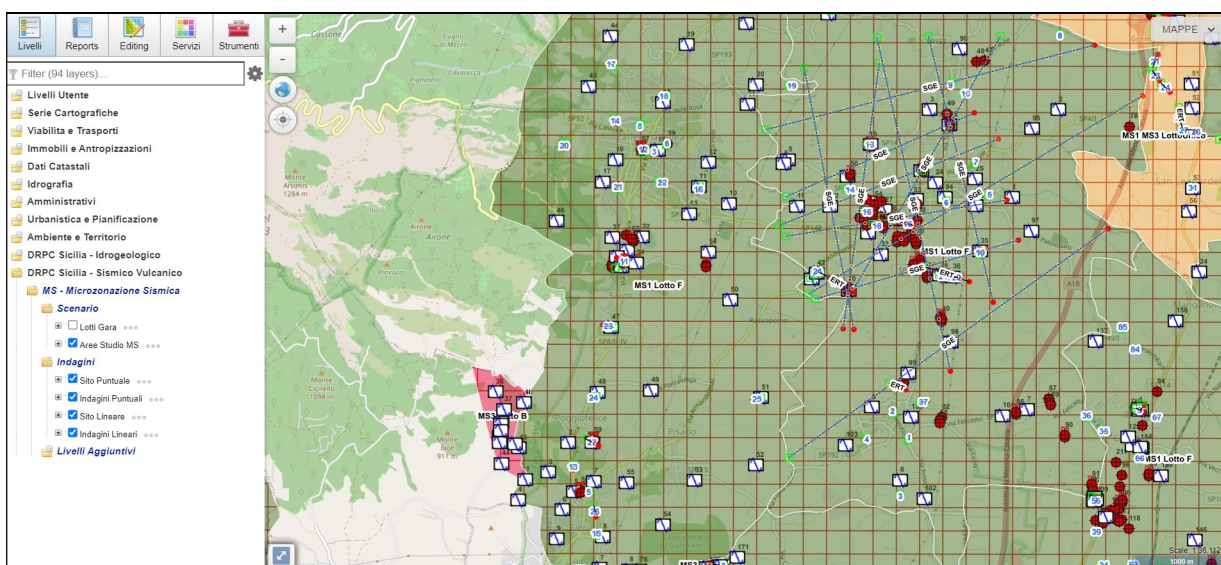


Figura 7.1 – Schermata del portale Web-Gis

Il portale Webgis di governance è stato sviluppato ed implementato con la consulenza tecnica del Dott. Salvatore Di Mauro.

7.2 ANALISI DI RISPOSTA SISMICA LOCALE

Sulla base delle informazioni provenienti dalle indagini geognostiche e geofisiche per gli studi di Microzonazione sismica di Livello 1 è stata effettuata una **analisi di riposta sismica locale 1D** (attività premiante). In particolare, per la definizione delle caratteristiche litostratigrafiche è stato utilizzato il sondaggio denominato **S2-DH (08755P59)**.

Nella prima fase sono state reperite le informazioni provenienti dalle indagini geognostiche e geofisiche per gli studi di Microzonazione sismica di Livello 1 che hanno permesso una valutazione qualitativa e complessiva dei dati disponibili (rapporti di prove e/o indagini condotte in sito e in laboratorio, tavole tematiche relative alla litografia e stratigrafia del terreno).

Dall'interpretazione dei risultati sperimentali, si è passati alla definizione del modello geologico e geotecnico del terreno che ha richiesto anche la conoscenza delle curve $G/G_0 - \gamma$ e $D - \gamma$ per descrivere la non linearità del terreno.

Per la definizione degli input sismici da utilizzare nelle analisi di risposta sismica, è stato utilizzato il tool **ESM_REXELweb** (<https://esm-db.eu>) che permette di ottenere, sulla base di determinati parametri inseriti dall'utente, 7 accelerogrammi i cui spettri di risposta in accelerazione sono, in media, compatibili con lo spettro di riferimento (NTC2018), in un determinato intervallo di periodi, con un'assegnata tolleranza. In particolare, le coordinate del sito sono state definite considerando il punto centrale ai 5 comuni appartenenti al Lotto F: Milo, Zafferana Etnea, Acireale, Piedimonte Etneo e Riposto. La fase successiva attiene alla vera e propria valutazione quantitativa della risposta sismica locale.

Le analisi sono state condotte attraverso il codice di calcolo **STRATA** (Kottke et al. 2008) che valuta la risposta sismica di un deposito di terreno schematizzandolo come un sistema di n strati omogenei e viscoelastici sovrastanti un semispazio uniforme. Ogni strato è descritto per mezzo dello spessore H , della velocità delle onde di taglio V_S , del peso dell'unità di volume γ , delle curve del decadimento del modulo di taglio e dell'incremento dello smorzamento in funzione della deformazione a taglio ($G/G_0 - \gamma$; $D - \gamma$).

I risultati sono stati analizzati in termini di accelerazione massima al variare della profondità, di fattori di amplificazione, di funzioni di amplificazione e di spettri di risposta. I risultati ottenuti sono stati anche confrontati con quelli forniti dalle attuali Norme Tecniche per le Costruzioni, approvate con il D.M. del 17 Gennaio 2018. Le NTC [2018] adottano un approccio di tipo probabilistico per la definizione della pericolosità sismica di base e forniscono un approccio semplificato per tener conto delle effettive condizioni stratigrafiche e topografiche del sito. I risultati mostrano che il fattore di

amplificazione ottenuto dalle analisi di risposta sismica è leggermente superiore rispetto al coefficiente di amplificazione stratigrafica fornito dalle NTC[2018]. Inoltre, lo spettro di risposta fornito dalla normativa risulta meno conservativo rispetto allo spettro di risposta medio ottenuto mediante le analisi di risposta sismica per periodi compresi tra 0.3 s e 0.8 s.

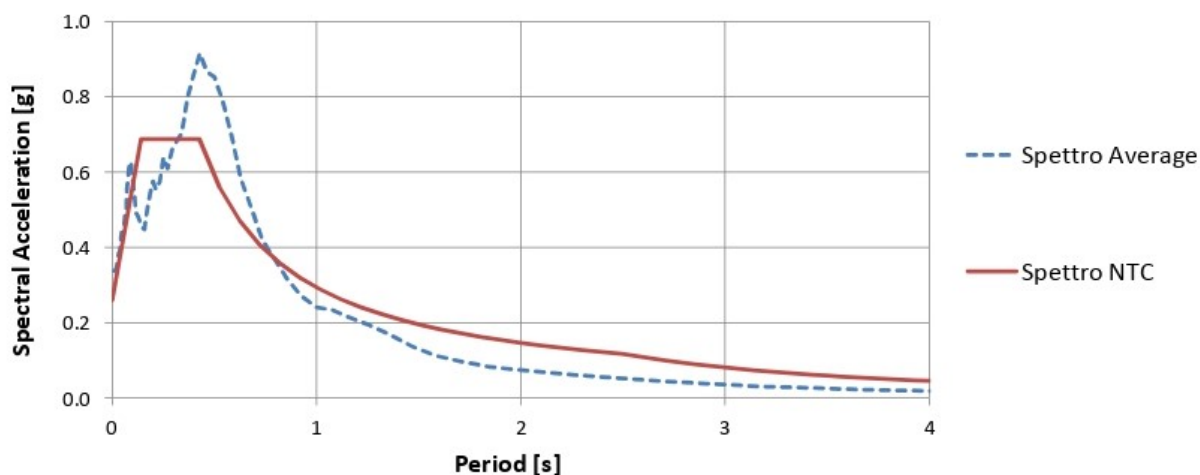


Figura 7.2 – Spettro di risposta medio in termini di accelerazione ottenuto in superficie considerando uno smorzamento del 5%. È anche riportato lo spettro di risposta elastico fornito dalla normativa.

Infine, a partire dai risultati delle analisi di amplificazione, è stato calcolato il fattore FA secondo la seguente procedura:

- 1) calcolo del periodo di massimo valore dello spettro medio di input (TA_i) e di quello medio di output (TA_o);
- 2) calcolo dei valori medi degli spettri di input ($SA_{m,i}$) e di output ($SA_{m,o}$) nell'intorno di TA_i e TA_o

$$SA_m = \frac{1}{TA} \int_{0.5TA}^{1.5TA} SA(T) dt \quad (5.1)$$

Dove:

SA_m è il valore medio dello spettro e può essere $SA_{m,i}$ o $SA_{m,o}$;

$SA(T)$ è lo spettro di risposta elastico in accelerazione pari a SA_i per l'input, SA_o per l'output;

TA vale TA_i per l'input TA_o per l'output

- 3) Calcolo di FA come rapporto $SA_{m,o} / SA_{m,i}$

La Tabella 21 riporta i valori dei periodi sopradescritti, i valori medi degli spettri e il fattore FA risultante.

TA_i	0.20 s
TA_o	0.43 s
0.5 TA_i	0.10 s
1.5 TA_o	0.64 s
$SA_{m,i}$	0.51
$SA_{m,o}$	0.63
FA	1.24

Tab. 21 – Calcolo del fattore FA

La caratterizzazione geotecnica e dinamica del sito, il calcolo dell'azione sismica (sicurezza e prestazione attese), la valutazione dell'amplificazione sismica locale (definizione input sismico, definizione del modello di terreno, risultati) sono riportati in Allegato 6, redatto con la collaborazione scientifica del DICAR – Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura - Università degli Studi di Catania.

8 ELABORATI CARTOGRAFICI

A corredo dello studio MS1 sono state elaborate le seguenti carte in scala 1:10.000:

1. Carta geologica e geomorfologica (CGG)
2. Carta delle indagini
3. Carta geologico-tecnica (CGT)
4. Carta delle frequenze
5. Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)

Le stesse sono state prodotte in formato cartaceo e digitale. In ogni elaborato sono riportati i dati e le simbologie, secondo quanto espresso nelle specifiche tecniche degli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.1 Sicilia".

8.1 CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

Come elaborato premiante è stata realizzata la carta geologica e geomorfologica, fondamentale base per una più robusta definizione, nell'ambito degli studi di MS1, della Carta geologico-tecnica (CGT) e della Carta delle MOPS.

In riferimento alle perimetrazioni degli ambiti comunali approvati dal DRPC/Validatore, la definizione e rappresentazione dell'assetto geologico/stratigrafico e tettonico, è stata uniformata agli standard formazionali previsti dall'ISPRA (Cartografia CARG della Regione Siciliana).

Quindi, dove pubblicato è stato utilizzato come base il CARG che in relazione al dettaglio della cartografia 1:10.000 è stato aggiornato, verificato, riadattato e nelle zone scoperte integrato da adeguati rilievi di campo *ex-novo* mirati per ridefinire i contatti geologici. Nell'areale etneo le analisi sono state integrate con le informazioni e i dati della Carta Geologica del Vulcano Etna (Branca et al. 2011).

Nella fase operativa particolare attenzione è stata posta alla definizione dei seguenti aspetti:

- mappatura dei depositi di copertura con particolare riferimento a quelli con spessore > 3 m;
- ricostruzione dettagliata di tutte le forme geomorfologiche e dei fenomeni gravitativi di versante;
- rilievo delle unità geo-litologiche affioranti;
- individuazione di eventuali linee tettonico-strutturali di dislocazione quali faglie e sovrascorrimenti.

Le formazioni geologiche sono state distinte su base litostratigrafica includendo qualora presenti le unità di ordine inferiore (membri, intercalazioni, ecc.), distinguibili all'interno della stessa, per caratteristiche litologiche, quindi passibili di potenziale differente risposta sismica, delimitando tutte le formazioni geologiche, unità di copertura e unità di substrato e anche le sub-litofacies che le costituiscono.

Nella stesura della carta geologica e geomorfologica si è tenuto conto dei dati geognostici e geofisici pregressi reperiti e di quelli di nuova acquisizione (es. sondaggi, prove penetrometriche, prospezioni geofisiche). Per i depositi di copertura la distinzione è stata basata sulla base delle caratteristiche litologiche (corrispondenti a caratteristiche fisico-meccaniche differenti). Sono stati consultati ed analizzati i dati degli studi geologici a supporto della revisione del PRG nonché studi e indagini geologiche a supporto di progetti per OO.PP..

La cartografia geologica è stata corredata da un numero adeguato di colonne stratigrafiche rappresentative della successione geo-litologica dell'area oggetto degli studi e da 3 sezioni geologiche, orientate in modo da evidenziare quelle situazioni che possono essere pre-condizione di potenziali effetti locali. Il rilievo geologico è stato strettamente correlato con quello geomorfologico. Oltre alle informazioni geologiche

nella carta sono stati riportati i dati strutturali indicati nella carta geologica (faglie, sovrascorrimenti, giaciture), le unità geologiche mappate, commutate in unità geologico-tecniche secondo le classi predefinite negli ICMS (2008), ed eventuali lineazioni rilevate dall'analisi di foto aeree e DEM.

Lo stato di attività dei fenomeni è stato dedotto, oltre che da osservazioni di campagna, prestando particolare attenzione alla presenza o meno di indizi di evoluzione, anche dal geo-database interferometrico dei dati pubblici disponibili. Le frane sono state classificate secondo lo stato di attività, considerando anche la tipologia di movimento secondo la classificazione di Cruden & Varnes (1996).

L'elaborato cartografico contiene i dati estratti dalla carta dei dissesti del PAI Sicilia e ai dissesti derivanti da altre fonti ufficiali (IFFI, SCAI, AVI, ecc.). Sono state infine consultate numerosi pubblicazioni tecniche prodotte dagli enti di ricerca sul vulcano (riportate in bibliografia).

In **legenda** sono stati riportati:

- **Unità geologiche**

- **A3_B** – Conoide alluvionale
- **BB** – Alluvioni terrazzate
- **UTF_I5** - Colate laviche, depositi piroclastici di bombe e lapilli scoriacei costituenti il cono sommitale e parte degli apparati avventizi e depositi piroclastici di caduta distale. Prodotti dell'intervallo 1971- Attuali
 - **UTF_I4** - Colate laviche, depositi piroclastici di bombe e lapilli scoriacei costituenti il cono sommitale e parte degli apparati avventizi e depositi piroclastici di caduta distale. Prodotti dell'intervallo 1669-1971.
 - **UTF_I3** - Colate laviche, depositi piroclastici di bombe e lapilli scoriacei costituenti il cono sommitale e parte degli apparati avventizi e depositi piroclastici di caduta distale. Prodotti dell'intervallo 122 a.C-1669.
 - **UTF_I3** – Cono e bastione di scorie vulcaniche - Prodotti dell'intervallo 122 a.C-1669.
 - **UTF_I2** – Colate laviche, depositi piroclastici di bombe e lapilli scoriacei costituenti il cono sommitale e parte degli apparati avventizi e depositi piroclastici di caduta distale. Prodotti dell'intervallo 3.9K - 122 a.C.
 - **UTF_02** – Successione costituita alla base da un deposito di debris avalanche monogenico, costituito da blocchi di lava mugearitica di dimensioni fino a 1 m, talora con fratture jigsaw, immersi in un'abbondante matrice scarsamente consolidata

formata da frammenti di lava alterata della medesima composizione dei blocchi; a tetto sono presenti livelli di debris flow a prevalente supporto di matrice. Il membro presenta spessori variabili da alcuni metri a un massimo di circa 30 m. Pleistocene Sup.- Olocene.

- **UTF_01** – Successione di livelli piroclastici di ricaduta alternati a depositi eolici siltitico-sabbiosi di colore giallo e paleosuoli marroni che divengono più scuri e carboniosi nella parte alta della successione. Pleistocene Sup.-Olocene.
 - **UTF_11** – Colate laviche, depositi piroclastici di bombe e lapilli scoriacei costituenti il cono sommitale e parte degli apparati avventizi e depositi piroclastici di caduta distale. Prodotti dell'intervallo 15 ka-3.9 ka.
 - **SDZ** – Successione formata da depositi piroclastici di caduta e di flusso con intercalate brecce di esplosione nonché depositi epiclastici e localmente di lahar. Intercalate a tali depositi lungo la parete settentrionale della Valle del Bove si trovano quattro bancate laviche principali talora di spessore importante (> di 100 m), la cui composizione varia da hawaiana a benmoreitica; hanno tessitura a variabile da subafirica a fortemente porfirica con fenocristalli di plagioclasio, pirosseno e olivina. Lungo la parete occidentale della Valle del Bove affiora una successione di sottili bancate laviche potente circa 170 m che passa verso l'alto e lateralmente a una fitta e irregolare alternanza di lave e depositi piroclastici ed epiclastici. Lo spessore complessivo della formazione è compreso tra i 100 m e i 400 m circa. Pleistocene Sup.
- **Elementi tettonico strutturali**
 - Faglia a cinematisma non definito attiva e capace (incerta)
 - Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (certa)
 - Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (incerta)
 - **Instabilità di versante**
 - Non definita – Non definito
 - **Forme di superficie e sepolte**
 - Conoide alluvionale
 - Ventaglio di lava al piede di pendii o scarpate sepolte
 - Depositi incoerenti sepolti
 - Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20m)
 - Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (> 20m)
 - Cresta

-
- Scarpata sepolta
 - Asse di valle sepolta stretta ($C \geq 0.25$)
 - Asse di valle sepolta larga ($C < 0.25$)
 - Limite di campo lavico
 - Asse di paleoalveo
 - Cavità isolata
 - Traccia di sezione geologica significativa e rappresentativa del modello del sottosuolo
 - **Area di studio**

8.2 CARTA DELLE INDAGINI

Nella carta delle indagini sono riportate sia quelle pregresse sia quelle realizzate ex-novo all'interno dell'area di studio MS1. Nel geodatabase compilato, utilizzando SoftMS, versione 4.1 Sicilia, software per la compilazione delle tabelle per la Carta delle Indagini, sono stati inseriti n. 38 siti puntuali pregressi, n. 23 siti puntuali nuovi, n. 8 siti lineari pregressi e n. 16 siti lineari di nuova acquisizione.

La **tabella "indagini puntuali"** collegata a quella dei siti puntuali e al relativo shapefile Ind_pu contiene n. 75 indagini, come di seguito specificato.

DATI ESISTENTI

- n. 13 Sondaggio a carotaggio continuo che non intercettano il substrato
- n. 4 prove sismiche DH
- n. 27 prove HVSr;
- n. 2 traverse sismiche

DATI NUOVI

- n. 3 Sondaggio a carotaggio continuo che non intercetta il substrato
- n. 3 prove sismiche DH
- n. 5 prove SPT in foro
- n. 3 sondaggi con campioni sottoposti a indagini di laboratorio.
- n. 15 prove HVSr;

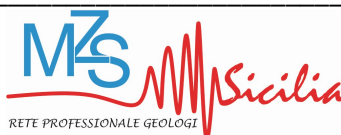
La **tabella "indagini lineari"** collegata a quella dei siti lineari e al relativo shapefile Ind_li contiene n. 10 indagini, come di seguito specificato.

DATI ESISTENTI

- n. 6 MASW
- n. 2 traverse sismiche

DATI NUOVI

- n. 9 prova sismica MASW
- n. 4 traverse sismiche
- n. 1 tomografia sismica.
- n. 3 ERT



8.3 CARTA GEOLOGICO-TECNICA

La Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica è stata redatta sulla base di un'accurata analisi della documentazione esistente (PRG, dati stratigrafici, litotecnici e sismici esistenti e di nuova acquisizione) e di un dettagliato e indispensabile rilievo geologico di campagna, confrontato con la cartografia ufficiale esistente (Carta Geologica del progetto CARG, Carta geologica del Vulcano Etna (Branca et al. 2011); PAI; progetto IFFI, etc).

Nella carta geologico-tecnica CGT, redatta in scala 1:10.000, sono stati riportati:

- Terreni di copertura – Sono stati cartografati per spessore ≥ 3 m e sono stati caratterizzati relativamente alla granulometria/tipologia e relativamente all'ambiente genetico deposizionale
- Substrato – E' stato cartografato il substrato geologico affiorante e sub-affiorante (con eventuale copertura < 3 m)
- Elementi tettonico-strutturali, giaciture degli strati del substrato
- Elementi geologici ed idrogeologici (profondità del substrato geologico quando raggiunto dal sondaggio, profondità dei sondaggi che non hanno raggiunto il substrato, profondità della falda nelle aree di piana costiera o fluviale)
- Instabilità di versante
- Forme di superficie e sepolte che potrebbero generare la focalizzazione delle onde sismiche, fenomeno che sta alla base dell'amplificazione topografica, quali le discontinuità morfologiche più marcate, creste, orli di scarpata morfologica (> 20 m) e ($> 10 < 20$ m), picchi isolati
- Informazioni sulla giacitura degli strati del substrato geologico
- Traccia delle sezioni geologiche

Di seguito si descrivono gli elementi individuati nel territorio studiato e inseriti nella cartografia geologico-tecnica allegata (o nelle sezioni geologico-techniche).

8.3.1 Substrato geologico

SFALS – Substrato lapideo stratificato fratturato e/o alterato.

Il substrato rappresentato dalla Formazione Moscarello (**UML**), non affiorante nell'area di studio MS1, è rappresentato da una sequenza lavica formata da colate tabulari, massive, localmente con intercalazioni di depositi piroclastici prossimali costituiti da bombe scoriacee di colore rossiccio. Spessore massimo 150 metri.

8.3.2 Terreni di copertura

GMca- Conoide alluvionale costituita da ghiaie limose, miscela di ghiaia , sabbia e limo.

Si tratta dei depositi presenti nel vallone San Giacomo, in località Bosco Bonanno.

GWlh - Depositi di lahar costituiti da ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie.

Sono i depositi di debris avalanche del membro di Milo che affiorano in una limitatissima porzione nella parte settentrionale dell'area in studio.

GWsc - Scorie laviche costituite da ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie.

Si tratta dell'affioramento dei depositi costituenti il conetto eruttivo di Monte Rosso, ubicato nella estrema periferia meridionale dell'area in studio.

SMpc - Piroclastiti costituite da sabbie limose, miscela di sabbia e limo

In tale unità geologico-tecnica sono state raggruppati tutti i livelli piroclastici di ricaduta alternati e i depositi eolici del membro Cubania (**UTF_01**).

SMtf – Terrazzo fluviale costituito da sabbie limose, miscela di sabbia e limo

In tale unità geologico-tecnica sono state raggruppati i depositi fluviali terrazzati presenti nell'area di Fleri e a sud di Passopomo.

LClA – Litoide di copertura costituito da colate laviche sovrapposte con livelli scoriacei, piroclastici e vulcanoclastici.

Nel caso delle lave di copertura (LC), nella prospettiva della microzonazione di primo livello è necessario tenere conto anche dell'estrema variabilità laterale delle litofacies che compongono le diverse parti di una singola colata e di contemplare le diverse casistiche di giacitura delle successioni laviche in relazione all'articolazione del substrato sub-vulcano.

Nella carta geologico-tecnica, sono stati ricostruiti, con un grado di affidabilità dipendente dalle effettive esposizioni in superficie, i limiti delle singole colate, con l'indicazione dell'ordine di sovrapposizione. Nella lettura ed interpretazione della carta, va rilevato che sia i fianchi che il fronte delle colate sono discontinuità che possono costituire elementi di concentrazione dell'amplificazione sismica in quanto generalmente caratterizzati da una notevole quantità di materiale scoriaceo fittamente alternato a livelli di lave massive, in contrapposizione alle porzioni centrali di riempimento di canali, dove possono prevalere lave massive sormontate da uno spessore variabile di scorie (Fig. 8.3)

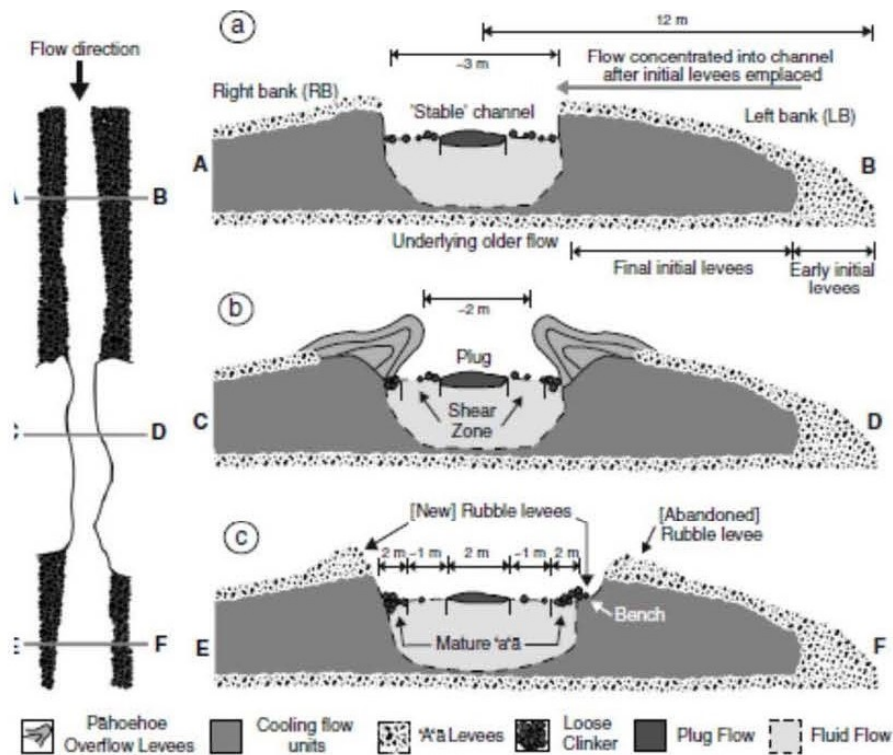


Figura 8.3 Profili di flusso attraverso colate laviche canalizzate nei suoi diversi settori (da Baylei et al., 2006)

8.3.3 Elementi tettonico strutturali

- Faglia a cinematismo non definito attiva e capace (incerta)
- Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (certa)
- Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (incerta)

8.3.4 Instabilità di versante

Nella CGT sono state riportate le geometrie di un dissesto censito a seguito dei rilievi condotti dopo il terremoto del 2018. Si tratta di una frattura di circa 60 metri osservabile in località Poggiofelice, traversa Fortino Fleri che è stata associata ad un movimento gravitativo causato dalla morfologia locale. Ci troviamo infatti al fronte della colata lavica storica del 1634-36 (Foto 4).

Il dissesto non ha evidenze sufficienti per essere inserita nel P.A.I. (Allegato 8 - Appendice 8).

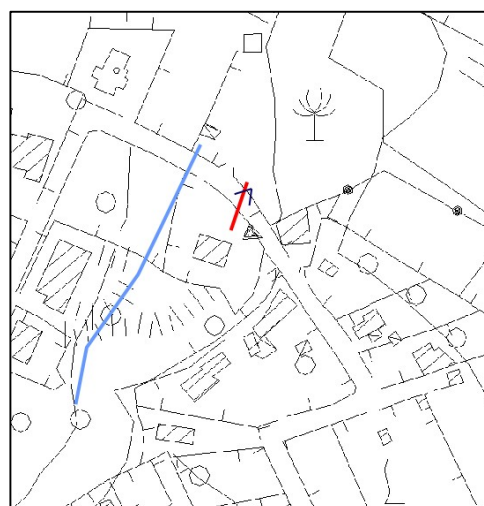




Foto 4 – Fratturazione rilevata in località Poggiofelice, traversa Fortino-Fleri

8.3.5 Forme di superficie e sepolte

Nella carta sono stati riportati le seguenti forme di superficie:

- Conoide alluvionale
- Ventaglio di lava al piede di pendii o scarpate sepolte
- Depositi incoerenti sepolti
- Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20m)
- Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (> 20m)
- Cresta
- Scarpata sepolta
- Asse di valle sepolta stretta ($C \geq 0.25$)
- Asse di valle sepolta larga ($C < 0.25$)
- Limite di campo lavico
- Asse di paleoalveo
- Cavità isolata

8.3.6 Elementi geologici ed idrogeologici

Sono stati ubicati tutti i sondaggi censiti e di nuova realizzazione (che hanno o non hanno raggiunto il substrato).

Sono state infine segnate le tracce di sezione geologica significativa e rappresentativa del modello del sottosuolo.

8.4 CARTA DELLE FREQUENZE

In questa carta sono stati riportati tutti i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore di f_0 del picco significativo a più bassa frequenza corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale e di altri picchi significativi a più alta frequenza o indicazione dell'assenza di picchi).

La tecnica *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (H.V.S.R.) consente attraverso l'analisi dei microtremori di individuare i fenomeni di risonanza sismica e di stimare le frequenze di risonanza del sottosuolo attraverso le quali si può valutare la profondità del contrasto di impedenza sismica che genera il picco e l'entità dell'amplificazione dello stesso alla frequenza f misurata.

Il rumore sismico ambientale consente di analizzare la variazione della risposta sismica di un sito al variare delle condizioni litostratigrafiche.

Il valore di risonanza del sottosuolo rappresenta un parametro fondamentale per una corretta progettazione sismica delle strutture ingegneristiche in quanto è ormai conclamato che le strutture subiscono le sollecitazioni sismiche maggiori quando la frequenza di vibrazione naturale del suolo attraversato dalle perturbazioni sismiche coincide con quella della struttura.

Tutte le valutazioni sulle condizioni di amplificazione di sito sono state effettuate considerando la finestra di interesse ingegneristico compresa tra 0,5-20 Hz.

- Nell'ambito del presente studio, le frequenze di risonanza sono state ottenute utilizzando il software applicativo Grilla in dotazione a Tromino®, secondo la procedura proposta in Castellaro et al., (2005) e Albarello & Castellaro (2011), che prevede quanto segue:
- larghezza delle finestre di analisi pari a 20 s;
- lisciamento secondo una finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
- rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine/media a lungo termine) superiore a 2;

-
- rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti;
 - verifica dell'affidabilità delle curve H/V secondo i criteri di qualità SESAME (2004)

La carta è stata restituita sulla base C.T.R. 1:10.000 della Regione Sicilia, dove oltre alle frequenze, fino a un massimo di 3, sono state riportate le amplificazioni della curva H/V con un rapporto > 2 ; rapporto sotto il quale non si devono considerare le amplificazioni sismiche dovute ad effetti locali in base al progetto SESAME, che pur se "datato" di fatto detta ancora le linee guida per misure sismiche HVSR.

Le misure HVSR riportate in carta quantificano l'amplificazione sismica locale in termini di frequenza e ampiezza riferite al solo contributo stratigrafico e non considerano l'amplificazione dovuta agli effetti topografici e alle morfologie complesse sepolte.

8.5 CARTA DELLE MOPS

Nella Carta delle MOPS del livello 1, viene suddiviso il territorio in microzone qualitativamente omogenee, che in caso di eventi sismici possono avere analogo comportamento rispetto alla sollecitazione sismica.

Sono state individuate le seguenti zone:

- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto della situazione litostratigrafica e/o morfologica locale.
- Zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio.

Si precisa che nel territorio investigato non sono state riscontrate situazioni da classificare come zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura, se non lo scuotimento funzione dell'energia e della distanza dell'evento.

Inoltre appare doveroso sottolineare che per la definizione delle MOPS è stato adottato un approccio tendente all'esemplificazione. E' stato cercato di accorpate piuttosto che suddividere litotipi e condizioni assimilabili dal punto di vista geologico-sismico, partendo dal presupposto che un estremo dettaglio nella definizione delle microzone, peraltro spazialmente non definibile in modo corretto, allontani il risultato dalla realtà fisica del territorio.

Le coperture (LCIa) sono state accorpate prevalentemente attraverso una lettura delle forme e della genesi, che inevitabilmente si riflette sulla componente litologica e sul comportamento meccanico,

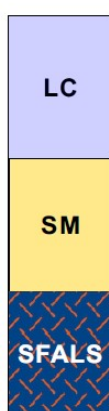
evitando di suddividerle in numerose microzone magari per la presenza di qualche lente con composizione di poco differente.

In riferimento alla problematica legata all'amplificazione topografica, come indicato negli Standard Vers. 4.1_Sicilia - pag. 32, nella carta delle MOPS sono state definite e riportate le tracce di sezione topografica che definiscono le aree di attenzione rispetto alle amplificazioni topografiche, le quali dovranno essere oggetto di quantificazione nei livelli di approfondimento successivi (Allegato 5).

Di seguito si riporta la descrizione dettagliata per ciascuna microzona omogenea individuata (Allegato 4 – Schemi dei rapporti litostratigrafici delle MOPS – Zone stabili suscettibili ad amplificazioni locali).

2001

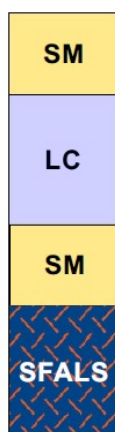
ZONA 1



Colate laviche sovrapposte (LCla), costituite da campi lavici complessi caratterizzati da un'alternanza di livelli scoriacei e massivi con una notevole variabilità verticale e orizzontale delle litofacies con spessori massimi compresi tra 50 e 60 metri, poggianti su depositi piroclastici (SM) potenti fino a 5 metri che si sviluppano sul substrato geologico stratificato, fratturato/alterato e costituito da una alternanza di litotipi (SFALS) con spessore presunto fino a 200 metri.

2002

ZONA 2



Terrazzi fluviali (Smtf) con spessore fino a 10 ÷ 12 metri nella zona di Fleri, poggianti sulla successione della zona 1.

2003

ZONA 3



Depositi di lahars (GWlh) potenti, all'interno dell'area di studio MS1, fino a 10 metri e che si sviluppano sul substrato geologico (SFALS) con spessore presunto fino a 200 metri.

2004

ZONA 4



Scorie laviche (GWsc) costituenti il cono vulcanico di Monte Rosso con spessore, nell'area di studio MS1, fino a 5 metri e poggianti su terreni indeterminati (?).

Di seguito si riporta la descrizione delle zone di attenzione per le instabilità.

Zone di attenzione per Instabilità



Z_{AFAC} – Zona di Attenzione per Faglie Attive e Capaci



Z_{AFR} – Zona di Attenzione per Instabilità di versante – Zona I

Z_{AFAC}

Nella carta delle MOPS sono state riportate le zone di attenzione delle rispettive faglie attive e capaci (certe ed incerte) rilevate. La zona di Attenzione Z_{AFAC} ha una dimensione di 400 m (200+200m) a cavallo della traccia del piano di rottura principale della faglia attiva e capace incerta.

In relazione alla complessità strutturale dell'area in studio, caratterizzata dalla presenza di diversi sistemi di faglie attive e capaci, lo scrivente ha consultato la letteratura scientifica fin oggi prodotta ed in particolare sono state cartografate tutte le faglie definite nei seguenti lavori:

- *ITHACA Working Group (2019). ITHACA (Italy HAZard from Capable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. ISPRA Geological Survey of Italy. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>*
- *Azzaro et al. (2012), Ital J Geosci*
- *Bonforte et al. (2011), Geochem. Geophys. Geosys.*
- *Civico et al. 2019 "Surface ruptures following the 26 December 2018, Mw 4.9, Mt. Etna earthquake, Sicily (Italy)" Journal of Maps*
- *Neri et al., (2009), Deformation and eruptions at Mt. Etna (Italy): a lesson from 15 years of observations. Geophys*
- *Carta delle fratturazioni al suolo – Studi di microzonazione sismica di primo livello (OPCM 3278-2003)*

Sono stati inoltre cartografate due "nuovi" segmenti di faglia ed in particolare il tratto di faglia (ZAF) in continuità strutturale con i lineamenti già noti in letteratura (faglia di Santa Tecla – Linera e il sistema di faglie di Monti Fiori di Cosimo), descritta nel capitolo 2.6.3 e la faglia di Poggiofelice (PGF).

Un nuovo approccio metodologico è stato adottato per la definizione della zona di attenzione (Z_{fac}) della Faglia di Fleri, in quanto sono stati considerati tutti i segmenti di faglia proposti per tale zona dalla letteratura scientifica ed è stato creato un involucro, corrispondente alla forma di superficie

“campo di fratturazione cosismica” (Figura 8.5.1). Da tale area di involucro è stato operato il buffer di 200 metri per la creazione della ZA_{fac} (Figura 8.5.2)

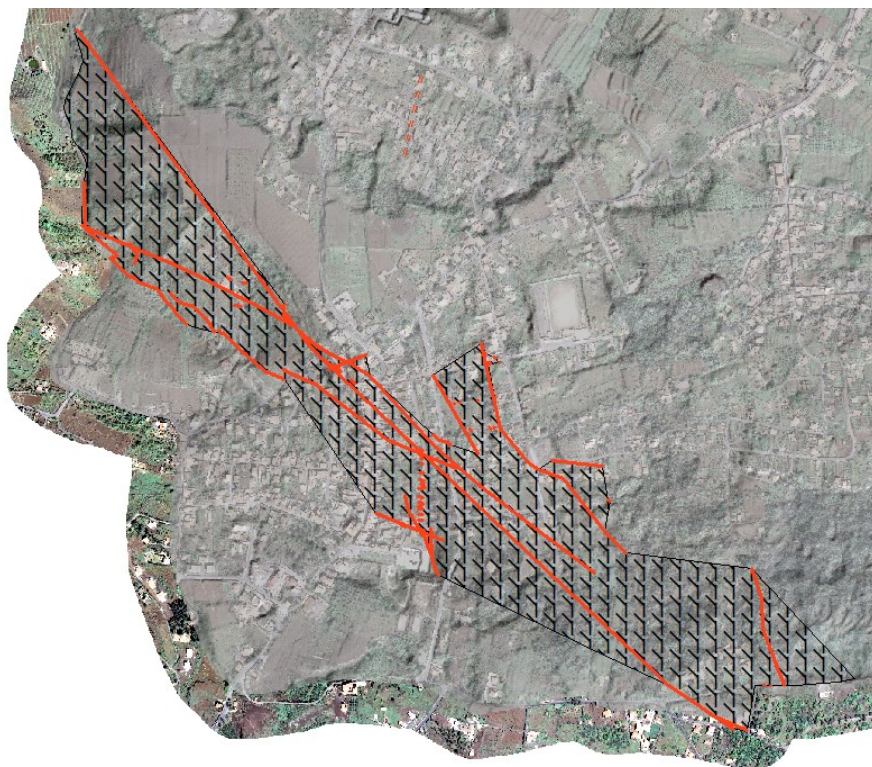


Figura 8.5.1 - Area di involucro corrispondente alla forma di superficie “campo di fratturazione cosismica”

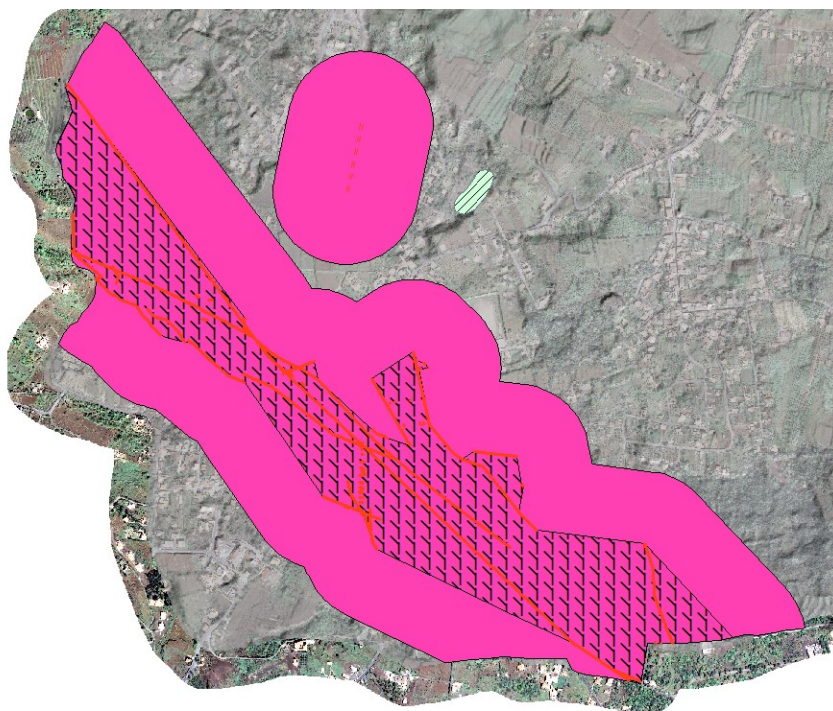


Figura 8.5.2 - Zone di attenzione FAC – Fleri e Poggiofelice

La perimetrazione di queste zone FAC rimanda obbligatoriamente ad approfondimenti con l'acquisizione di elementi informativi specifici, propri del 3° livello (Gruppo di lavoro MS, 2008).

ZA_{FR}

E' stata identificata una zona di attenzione per instabilità di versante (vedi capitolo 8.3.4).

FORME DI SUPERFICIE E SEPOLTE

In riferimento alle forme di superficie nell'area sono stati individuati i seguenti elementi:

- Conoide alluvionale
- Ventaglio di lava al piede di pendii o scarpate sepolte
- Depositi incoerenti sepolti
- Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (10-20m)
- Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale (> 20m)
- Cresta
- Scarpata sepolta
- Asse di valle sepolta stretta ($C \geq 0.25$)
- Asse di valle sepolta larga ($C < 0.25$)
- Limite di campo lavico
- Asse di paleoalveo
- Cavità isolata

PUNTI DI MISURA DI RUMORE AMBIENTALE

- Punto di misura di rumore ambientale con indicazioni del valore f_0

FAGLIE ATTIVE E CAPACI

- Faglia con cinematisimo non definito (incerta)
- Faglia trascorrente/obliqua (certa)
- Faglia trascorrente/obliqua (incerta)

9 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Negli ultimi 180 anni, Zafferana Etnea è stata colpita da più di 140 eventi sismici con intensità macrosismica epicentrale uguale o maggiore di V nella Scala Macrosismica Europea (EMS) localizzati nel versante orientale e meridionale dell'Etna (Gresta, 2010). Di questi 140 eventi, 44 sono quelli situati nella zona di interesse e con intensità compresa tra V e VII della EMS; gli eventi sismici più forti sono stati associati tramite studi macrosismici e tettonici al proseguimento della Faglia di Santa Tecla, orientata NNW – SSE, la quale è considerata una faglia sepolta (in questo studio denominata ZAF e classificata incerta).

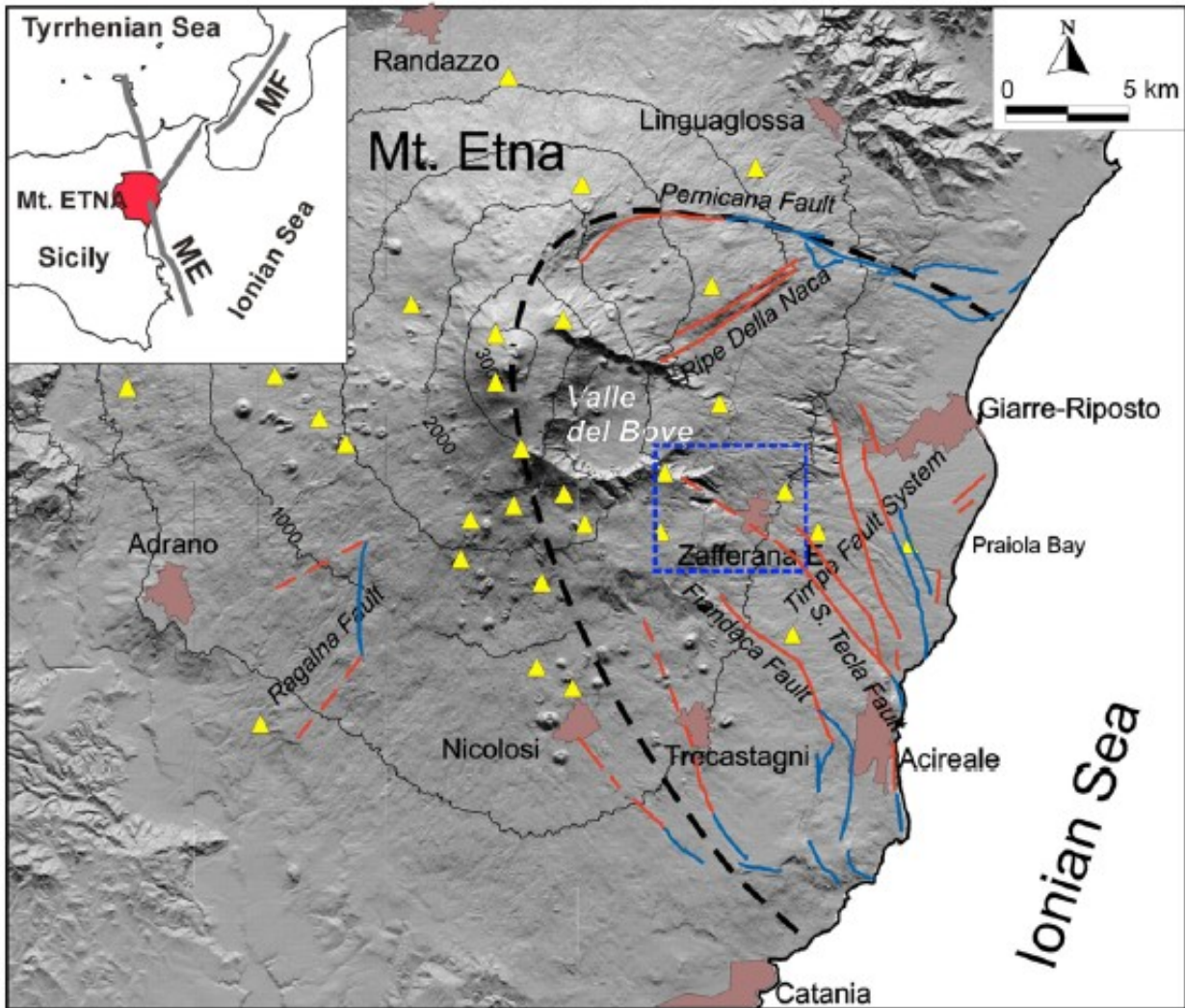


Figura 9.1 – Mappa delle superfici di faglia dell'Etna (modificata da Azzaro et al., 2012). La linea nera tratteggiata indica il settore di scorrimento, il rettangolo blu l'area di studio, i triangoli gialli le stazioni sismiche permanenti.

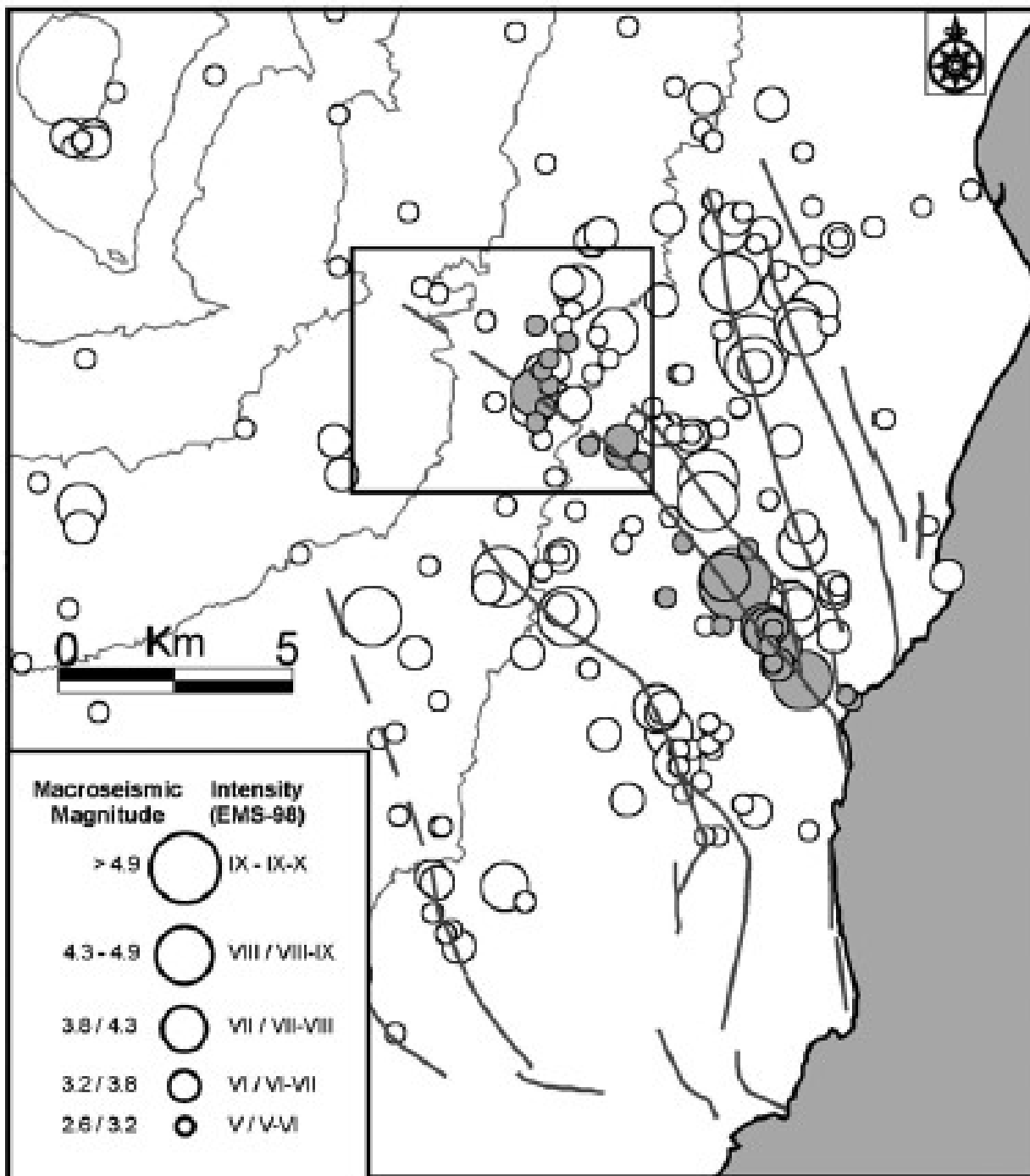


Figura 9.2 – Epicentri macrosismici con intensità maggiore di V nella scala EMS ($M > 2.6$) che si sono verificati tra il 1832 e il 2005 nel fianco sud-est dell'Etna. I cerchi grigi indicano eventi collegati alla Faglia di Santa Tecla.

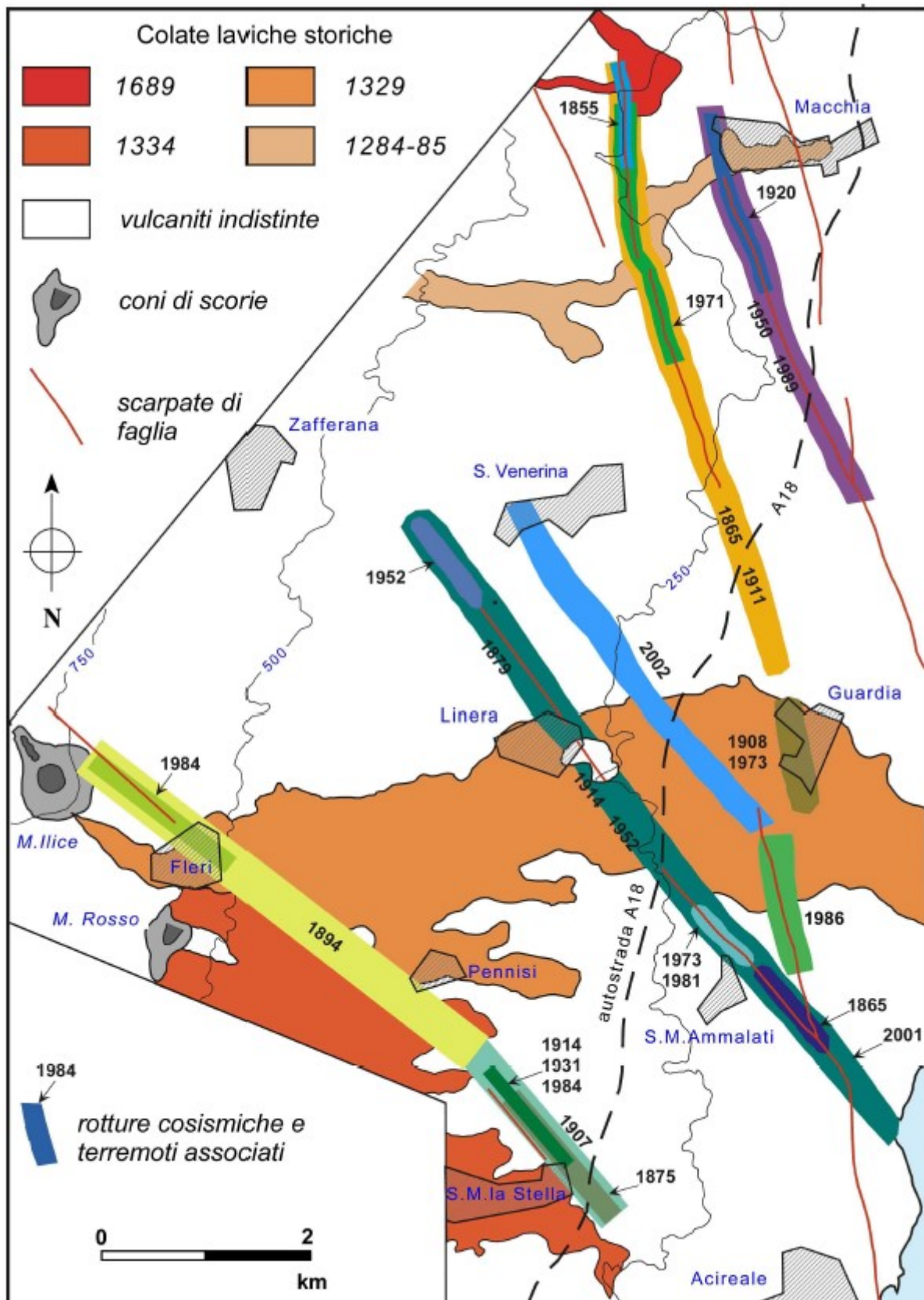


Figura 9.3 – Effetti di fagliazione superficiale cosmica versante orientale etneo (Azzaro, 1999)

9.1 Il terremoto del 20 febbraio 1818

Un terremoto che da fonti storiche ha causato dei danni nel Paese di Zafferana Etnea è quello del 20 febbraio 1818 (Figura 9.1), che interessò prevalentemente la regione etnea e fu avvertito in tutta la Sicilia.

I comuni interessati dal sisma, in funzione dei danni subiti furono suddivisi in 4 classi (Fonte Archivio di Stato di Catania):

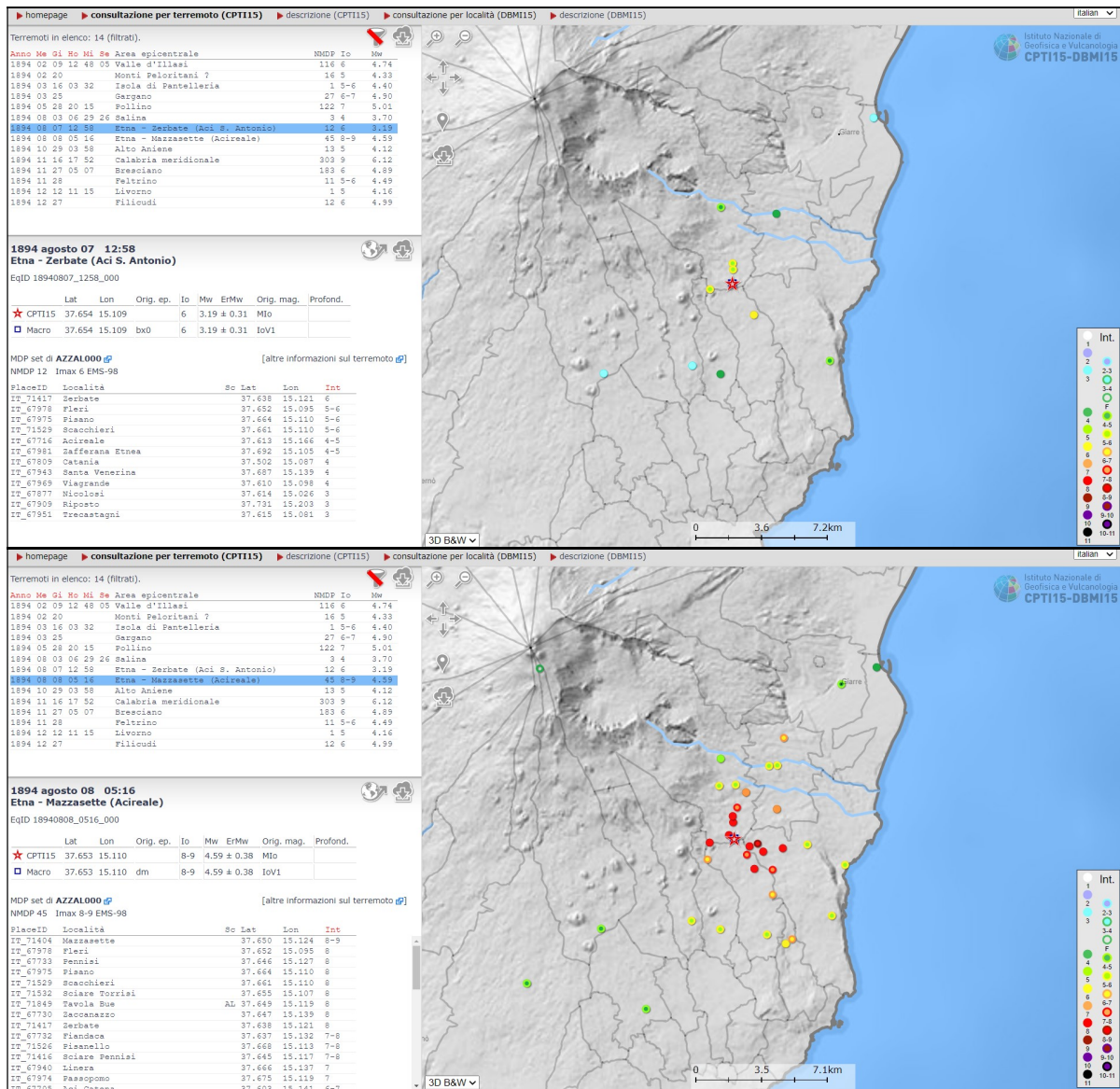
- Prima classe che ha sofferto le massime rovine.
- Seconda classe che ha subito danni generali.
- Terza classe che ha subito danni medi.
- Quarta classe che ha subito danni lievi.

Zafferana Etnea rientrò nella Prima Classe.



Figura 9.1 – Terremoto del 1818

9.2 I terremoti del 1894



Da Note su i terremoti etnei dell'agosto 1894 di Gaetano Platania

(estratto da i Rendiconti dell'Accademia di Scienze Lettere e Arti degli Zelanti di Acireale, nuova serie, vol. VI, 1894)

Come è noto, le scosse, che produssero danni rilevanti, furono due, avvenute a circa 16 ore di intervallo: la prima alle ore 13,58 del giorno 7 e la seconda alle ore 6.16 del giorno 8 agosto.

La zona in cui si deplorarono danni più gravi (area mesosismica) comprende le borgate di Fleri, Pisano e le regioni Scaccheri, Mazzasette, Pennisi e Zerbate, a NW di Acireale.

Gli autori descrivono minutamente i disastri prodotti dalle scosse in questi luoghi, da osservazioni fatte sul posto.

...

A S. Venerina e Bongiardo nessun danno.

Oltrepassato Bongiardo la via ripiega verso Sud; dopo alcuni minuti di cammino si ricominciano a vedere i muri delle strade qua e là danneggiati e poscia, in contrada Passopomo, si trova qualche casa con muri diroccati.

Man mano che ci si avvicina a Pisano, i guasti prodotti dal terremoto si osservano sempre più gravi, e questo crescendo si nota a Pisanello e nella stessa borgata Pisano, dove le distruzioni delle case sono maggiori nella parte meridionale.

Seguendo la via che mena verso Fleri, dove le rovine sono pure notevoli, si vede che prima ancora di oltrepassare la borgata, i danni diminuiscono. Anche a est di M. Ilice si osserva qualche casa con i muri abbattuti.

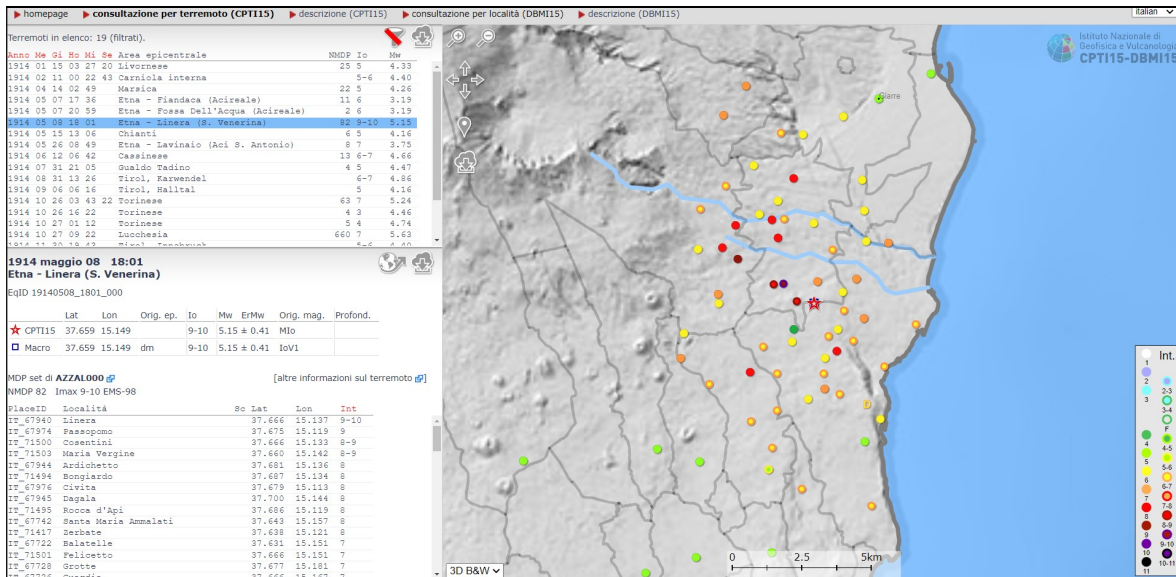
9.3 Il terremoto del 1914

Una violenta scossa di terremoto causò la distruzione pressochè totale del paese di Linera e delle borgate limitrofe nel basso versante orientale dell'Etna. Le vittime furono circa 70.

S. Venerina, Dagala, Zafferana Etnea, Fleri e numerosi altri centri vicini ad Acireale subirono danni più o meno gravi. Il terremoto fu avvertito in tutta l'area etnea. I danni più gravi si ebbero a Linera, Cosentini, Mortara e Passopomo (Foto 5). Nell'area epicentrale si aprirono profonde ed estese fenditure nel terreno.



Foto 5 -. Passopomo (Zafferana E.): crollo di una casa in muratura costruita con pietre non squadrate (Platania, G., 1915)



Quadro dei danni prodotti nelle borgate colpite dai terremoti dell' 8 Maggio 1914

BORGATE	Popolazione agglomerata in cifra tonda	Numero di case crollate quasi totalmente	Numero di case crollate in parte	Numero di case fortemente lesionate	Numero di case lievemente lesionate
Linera pr. d.	500	60	30	10	-
B.Vergine della Catena	250	20	20	15	-
Passo Pomo	300	30	20	10	-
Bongiardo pr. d.	500	5	25	70	-
Cosentini	600	40	40	50	-
Zerbatì	300	10	15	25	-
S. M. dei Malati	1000	40	60	95	-
S. Cosimo	200	-	-	15	30
Guardia	1.500	-	10	90	150
S. Venerina	2100	-	-	100	440
Dagala	1300	10	10	45	100
Civita	?	5	6	5	-
Cancelliere	?	-	-	-	30
Sarro	?	-	-	-	20
Pisano	650	-	6	50	80
Fleri	800	-	-	5	60
Zafferana Etnea (centro)	3100	-	-	10	100
Stazzo	400	-	-	-	5
S. Maria delle Grazie	?	-	-	10	20
Loreto	?	-	-	3	10
Rocca d' Api	150	3	3	5	15

Figura 9.3.1 - Quadro dei danni prodotti nelle borgate colpite dal terremoto dell'8 maggio 1914

(G. Platania, 1915)

9.4 Il terremoto del 1984

Nel 1984 Zafferana Etnea è stata interessata in particolare da due eventi sismici: il terremoto del 19 Ottobre alle ore 17.45 con epicentro a Zafferana Etnea di magnitudo 4.2 e il terremoto del 25 Ottobre alle ore 01:11 con epicentro a Fleri di magnitudo 3.9 (Intensità epicentrale macrosismica rispettivamente di VII e VIII della scala EMS).

Tale sismicità è stata collegata alla Faglia di Fiandaca che da Maggio 1980 a Ottobre 1984 è stata caratterizzata da strike slip e dip slip normale di 27 cm e 23 cm. La grandezza di tali fratture risulta maggiore del dislocamento stimato dalla sismicità, ciò indica che la maggior parte dello scorrimento sul piano di faglia è stato asismico. Il terremoto del 19 Ottobre è localizzato nei pressi della faglia di Santa Tecla mentre quello del 25 Ottobre è collegato all'attività della Faglia di Fiandaca.

I terremoti causarono un morto a Zafferana e 12 feriti a Fleri dove il numero dei feriti sarebbe stato molto più alto se la maggior parte degli abitanti non avesse trascorso la notte fuori dalle abitazioni, spaventata dalla prima scossa intorno alle 22.00 del giorno prima. I senzatetto furono circa mille e una parte di essi fu alloggiata negli alberghi e nelle cittadine limitrofe, mentre altri sfollati trovarono sistemazione nelle tende allestite nelle principali piazze del paese.

Fleri è stata quasi completamente distrutta, molti edifici a Zafferana sono stati gravemente danneggiati e il 70% delle costruzioni dell'intero comune, inclusi gli edifici pubblici, sono stati dichiarati inagibili.

Intervennero la Regione Siciliana e la Provincia Regionale di Catania. L'assessore regionale ai Lavori Pubblici dispose un finanziamento di cinquecento milioni di lire, che venne utilizzato per il rifacimento dei muri sottostanti la villa comunale, la piazza Belvedere e la Chiesa Madre. La Provincia Regionale di Catania dispose un contributo di cento milioni di lire a favore della cittadina. Gravissimi danni riportò l'edificio della Scuola Elementare Matteo Maglia e anche la principale struttura religiosa di Zafferana, la Chiesa Madre Maria SS. Della Provvidenza, fu dichiarata inagibile: il danno più ingente si registrò a carico della volta della navata centrale che crollò per metà della sua lunghezza travolgendo e distruggendo il pulpito. Crepe e fratture si aprirono anche sul resto della struttura e gli stucchi della cupola, dell'abside e dei capitelli vennero danneggiati. Le funzioni religiose si svolsero all'interno di una tensostruttura installata nella piazza della Regione Siciliana, rimasta fino al 30 Ottobre 1997 quando venne riaperta al culto la Chiesa Madre. Il 22 Ottobre 1984 il ministro della Protezione Civile si recò in visita a Zafferana per verificare l'entità dei danni. Furono disposti i primi provvedimenti, fra i quali la concessione di un contributo mensile di 300.000 di lire da attribuire ai terremotati per trovare una autonoma sistemazione e l'esenzione dal pagamento dei tributi. A un anno di distanza dal sisma arrivarono i primi finanziamenti (circa dieci miliardi di lire) per la ristrutturazione degli edifici privati.

Le somme che sono state accreditate fino ad oggi ammontano a circa ottanta miliardi di lire e una parte

di essi sono stati destinati per il ripristino delle strutture pubbliche: sono state infatti ripristinate e consolidate tutte le chiese, le scuole e il Palazzo Municipale. (Cannavò, Gambino, Puglisi, & Velardita, 2016).

N° identificativo	Data	Ora	Epicentro	Lat	Long	Nmo	Ie	Mm	Md
1500	19/10/1984	17:43	ZAFFERANA ETNEA	37.694	15.103	124	7	3.8	4.2

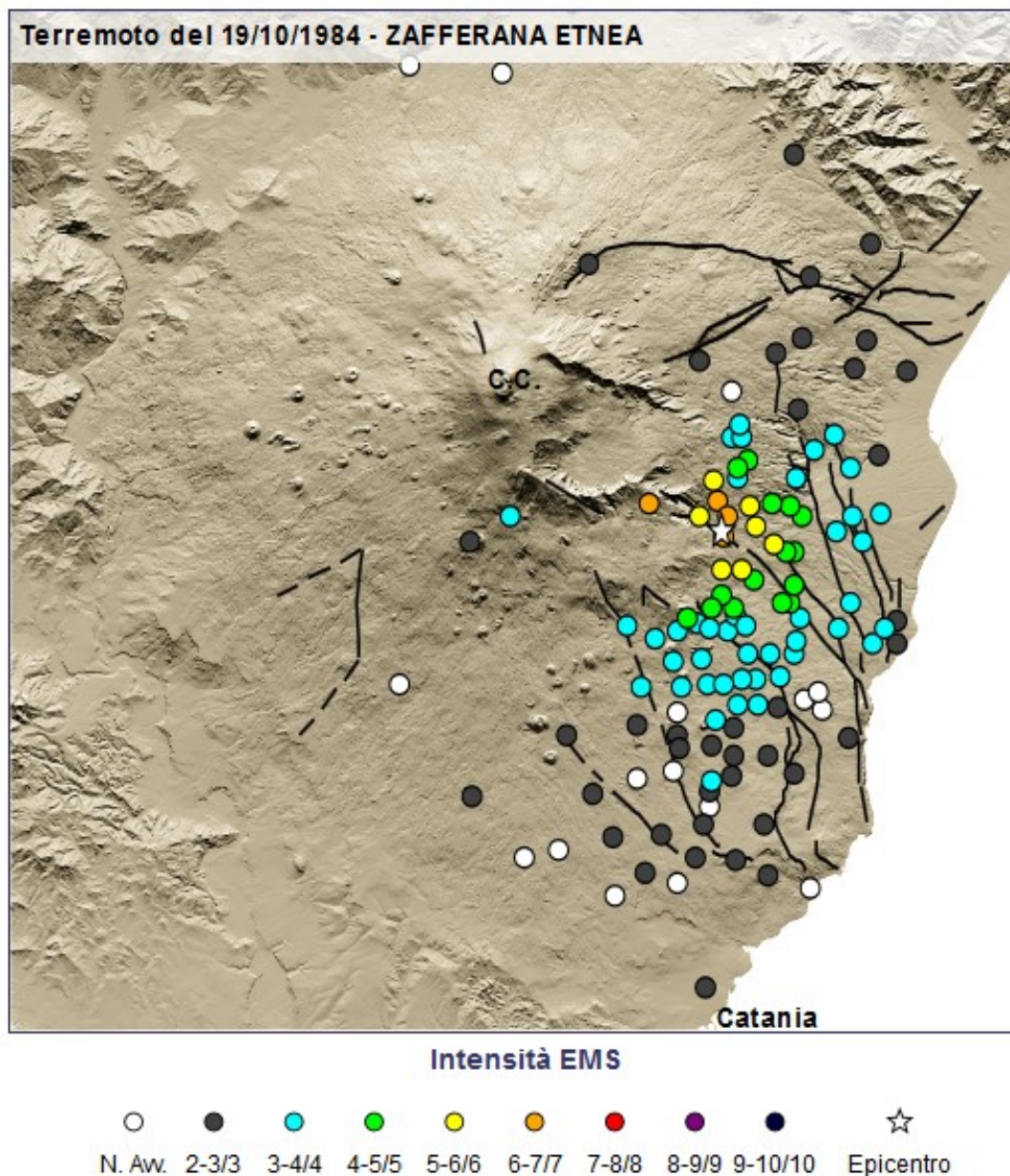


Figura 9.4.1 – Terremoto del 19/10/1984 – Intensità EMS - Zafferana Etnea (Sito INGV.it)

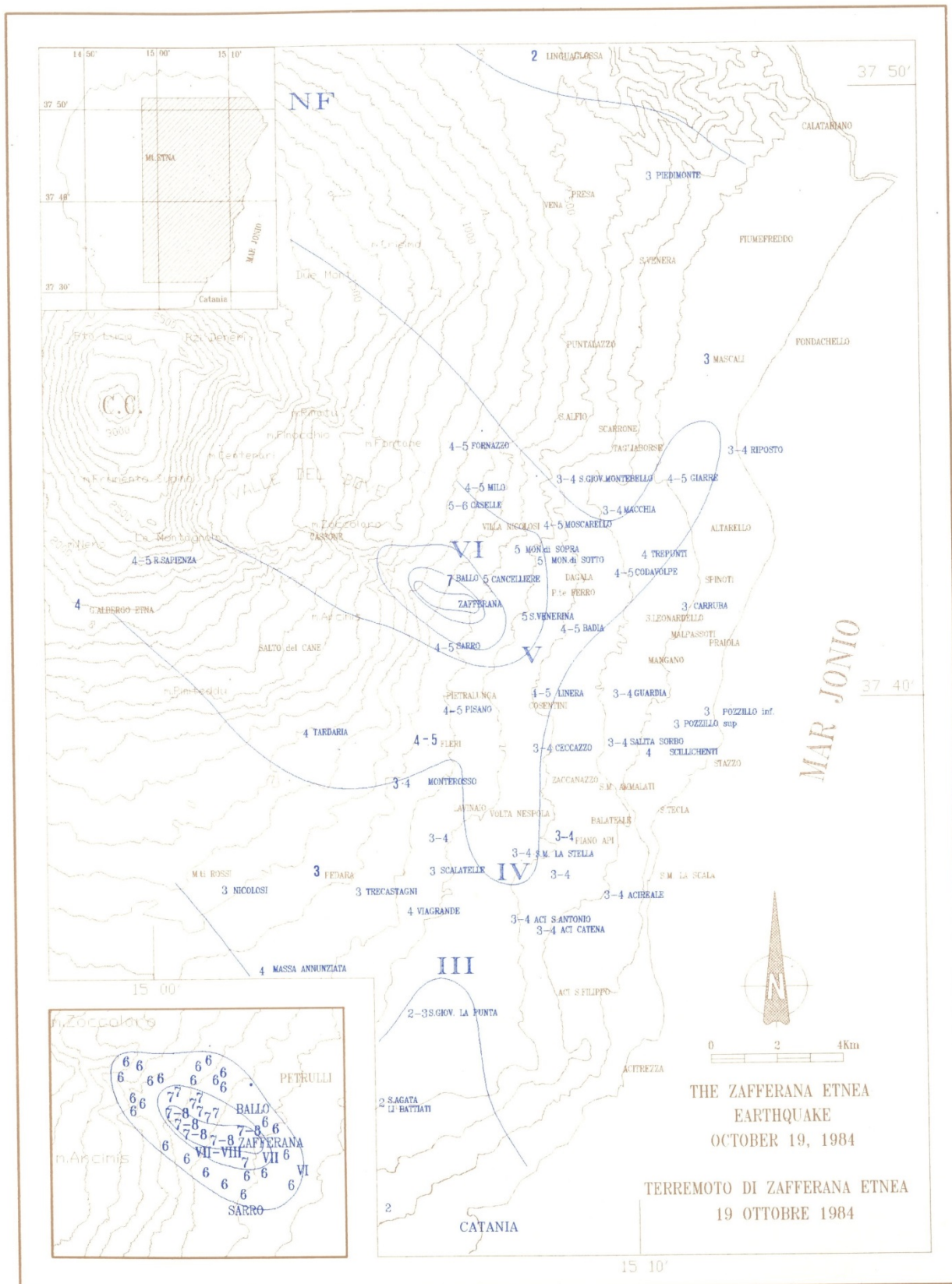


Figura 9.4.2 – Isosiste del terremoto del 19 Ottobre 1984 con epicentro a Zafferana Etnea; Atlante delle isosiste dei terremoti etnei dal 1971 al 1991, Patanè e Imposa (1995).

EFFETTI PERMANENTI:

- Lesioni nelle strutture costruite in cemento armato (tipo C) rilevate a: Alb. Airone, Ballo, **Zafferana Etnea**.
- Lesioni alle strutture di tipo A e B, rilevate a: Acqua Bongiaro, Badia, Ballo, Bongiaro, Cancelliere, Caselle, Cimitero (Zafferana Etnea), Civita, Contrada Algerazzi, Dagala, Emmaus, Malopasso, Monacella, Passopomo, Petrulli, Primoti, Sarro, S. Venerina, Vallone S. Giacomo, **Zafferana Etnea**.
- Fratture sulla pavimentazione della piazza principale di **Zafferana Etnea** e traslazione, verso Est, di un muro paraterra in conglomerato cementizio, limitante la piazza stessa, orientato circa N-S.
- Crolli di muri di recinzione e paraterra costruiti con blocchi lavici non cementati, rilevati a: Ballo, Caselle, Cimitero (**Zafferana Etnea**), Civita, Contrada Bongiaro, Monacella, **Zafferana Etnea**.
- Crolli di cornicioni rilevati a **Zafferana Etnea**.
- **Frane** rilevate a: Cava Secca, Cugno di Mezzo, Monte Fior di Cosimo, Vallone San Giacomo, Val Calanna.
- Traslazione di oggetti rilevata a: Alb. Airone, Contrada Agerazzi, Cimitero (**Zafferana Etnea**), Emmaus, Petrulli, Rifugio Sapienza, S. Venerina.
- Distacco di frammenti di intonaco rilevato a: Fleri, Monacella.

EFFETTI TRANSITORI:

- Rumore simile a quello provocato da un tuono o dal vento, sentito a: Alb. Airone, Ballo, Caselle, Cosentini, Milo, Moscarello, Petrulli, Pietralunga, Scilichenti, Rifugio Sapienza.
- Movimento verticale del suolo avvertito a: Cosentini, Civita, Dagala, Fleri, Guardia, Luminaria, Macchia, Milo, S. Venerina, **Zafferana Etnea**.
- Movimento orizzontale del suolo avvertito a: Acireale, Belpasso, Bongiaro, Ceccazzo, Civita, Contrada Salmeri, Cosentini, Ficarazzi, Fornazzo, Gravina di Catania, Guardia, Lavina, Linera, Linguaglossa, Luminaria, Malopasso, Mascali, Mascalucia, Massa Annunziata, Milo, Monacella, Monterosso, Moscarello, Nicolosi, Pedara, Pennisi, Piedimonte Etneo, Pietralunga, Pozzillo, Rifugio Puchoz, Rifugio Sapienza, S. G. Bosco, S. G. la Punta, S. G. Montebello, S. Leonardello, S. A. li Battiatì, S. Venerina, Scalatelle, Sciare Pennisi, Scilichenti, Tardaria, Trappeto, Trecastagni, Tremestieri Etneo, **Zafferana Etnea**, Volta Nespole.
- Perdita di equilibrio rilevata a: Aci Catena, Acireale, Alb. Airone, Ballo, Bongiaro, Caselle, Dagala, Ficarazzi, Fornazzo, Giarre, Guardia, Linera, Luminaria, Malopasso, Milo, Monacella, Monterosso, Petrulli, Piano Api, Piedimonte Etneo, S. G. Montebello, S. Leonardello, Sarro, Scilichenti, S. G. la Punta, S. M. la Stella, Tardaria, Tremestieri Etneo, **Zafferana Etnea**.
- Vibrazione di vetri, mobili e oggetti vari osservata a: Aci S. Antonio, Badia, Bongiaro, Cosentini, Emmaus, **Fleri**, Fornazzo, Giarre, Guardia, Lavinaio, Massa Annunziata, Monacella, Pennisi, Rifugio Sapienza, S. Venerina, Sarro, Sciare Pennisi, Trecastagni, Valverde, Viagrande, Volta Nespole.

- Oscillazioni di oggetti appesi o appoggiati osservata a: Civita, Codavolte, Guardia, Lavinaro, Massa Annunziata, Sarro, Scillichenti, Scalatelle, Trepunti, Valverde, Viagrande, Volta Nespole.

OSSERVAZIONI

La pavimentazione della piazza principale di **Zafferana Etnea** mostra alcune ondulazioni provocate dalla propagazione dell'energia sismica in direzione E-O.

Intensità Zafferana: VIII-VII

N° identificativo	Data	Ora	Epicentro	Lat	Long	Nmo	Ie	Mm	Md
1502	25/10/1984	01 11	FLERI	37.660	15.095	122	8	4.3	3.9

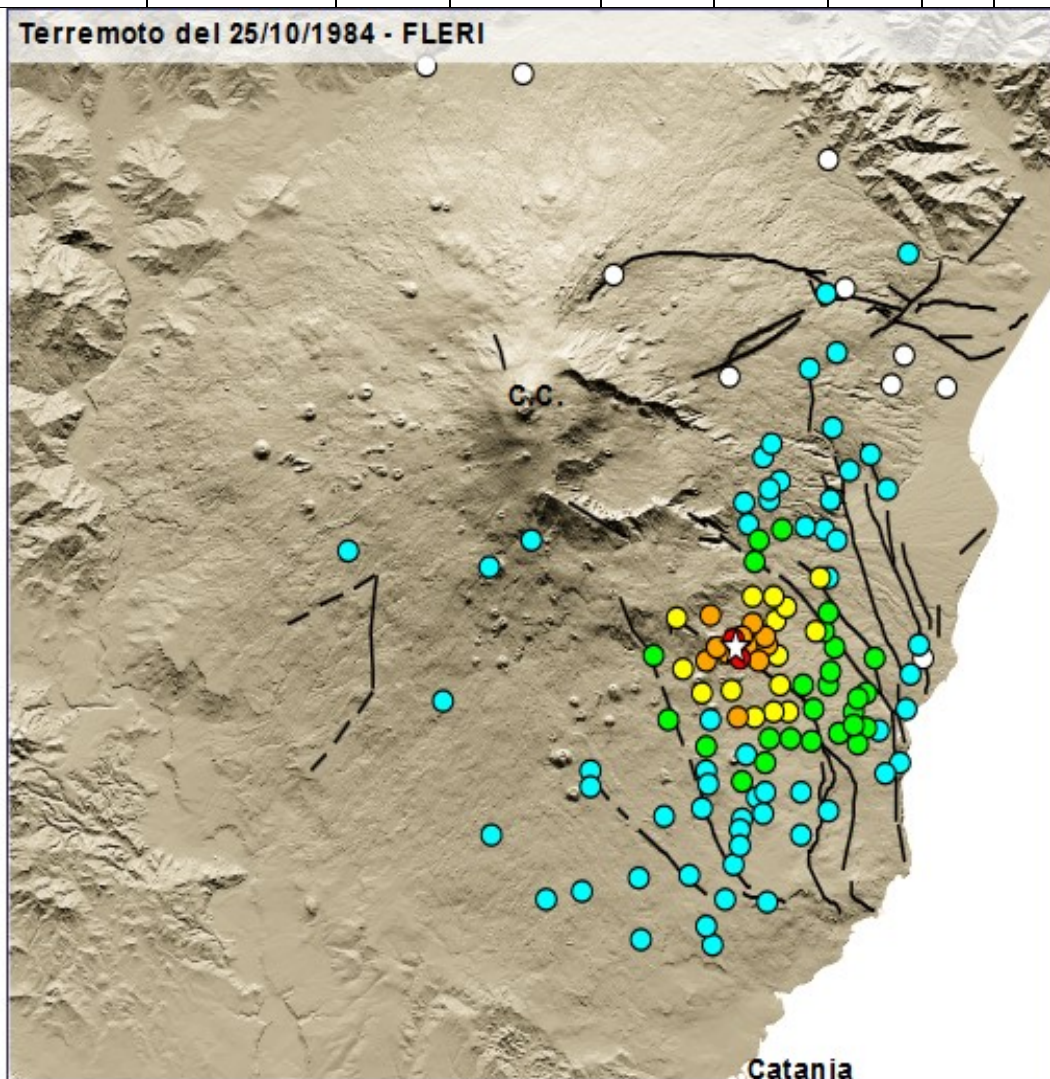


Figura 9.4.3 – Terremoto del 25/10/1984 – Intensità EMS Fleri (Sito INGV.it)

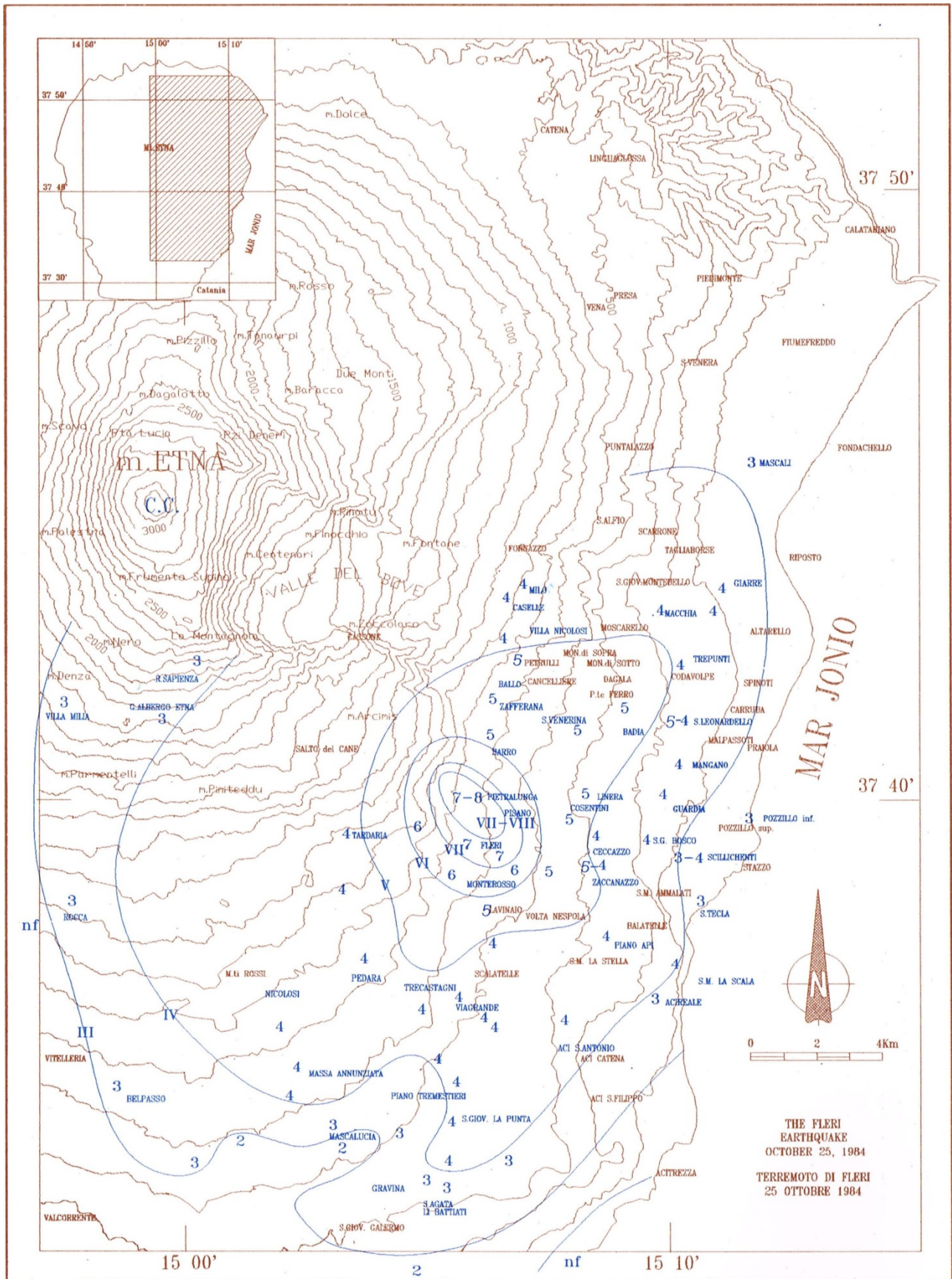


Figura 9.4.4 – Isosiste del terremoto del 25 Ottobre 1984 con epicentro a Fleri; Atlante delle isosiste dei terremoti etnei dal 1971 al 1991, Patanè e Imposa (1995).

EFFETTI PERMANENTI :

- Fratture nel suolo e in corrispondenza del manto stradale rilevate in: Contrada Cavotta, Malopasso, **S. Giovannello**.
- Crolli di muri paraterra e di recinzione costruiti con blocchi di lava non cementati rilevati a: Fossa Gelata, Malopasso, Contrada Mazzasette, Monterosso, Monte Cateratte, Monte Ilice, Pietralunga, pisano, Salto del Corvo, **S. Giovannello**, Scacchiere, Sciare Pennisi, Sciare Torrisi.
- Numerose fratture nei muri di edifici di tipo A, B, e C rilevate a: Fleri, Malopasso, Pietralunga, Pisano, S. Giovannello.
- Crollo totale e/o parziale di edifici di tipo A e B rilevato a: **Pisano**, Scacchiere, **S. Giovannello**.
- Crollo parziale di edificio di tipo C rilevato a **S. Giovannello**.
- Traslazione di oggetti osservata a: Acireale, Giarre, Monterosso, Piano Api.

EFFETTI TRANSITORI

- Rumore simile a quello provocato da un tuono o dal vento sentito a: Codavolpe, Contrada Grotta Comune, Cosentini, Giarre, Guardia, Lavinaio, Linera, Malopasso, S. G. Bosco, Scalatelle, Scillicenti, Viagrate.
- Movimento verticale del suolo avvertito a: Acireale, Codavolpe, Giarre, Lavinaio, Malopasso, Mangano, Monte Ilice, Pennisi, Piano Api, Pisano, S. Leonardello, Sarro, Viagrande, Volta Nespola.
- Movimento orizzontale del suolo avvertito a: Cevvazzo, Contrada Grotta del Bue, Guardia, Lavinaio, Mascalucia, Massa Annunziata, Milo, Rifugio Sapienza, S. P. Clarenza, S. Tecla, Vill. Inchiuso, Monte Sona, S. G. Galermo, S. G. la Punta, S. Gregorio, Scalatelle, Scillicenti.
- Oscillazione di oggetti sospesi osservata a: Aci Sant'Antonio, Barriera del Bosco, Guardia, Maria Vergine, Mascalucia, Monte Sona, Piano Api, Vill. Inchiuso.

Intensità Zafferana: V



Terremoto del 25.10.1984, crollo parziale di abitazione di tipo B in pietra lavica, rilevato a Fleri.



Terremoto del 25.10. 1984, lesioni in abitazione di tipo B rinforzato, rilevato a Fleri.

Foto 6 - Edifici danneggiati a Fleri dal terremoto del 25.10.1984



Foto 7 - Chiesa di Fleri danneggiata dal terremoto del 25.10.1984 (Lo Giudice & Novelli, 1991)

9.5 Il terremoto di Santa Venerina (29 ottobre 2002)

Scossa del 29 Ottobre 2002, ore 10:02 - Bongiardo

29 Ottobre 2002 10:02 (GMT)		Area epicentrale: Bongiardo	
Intensità epic. $I_0 = 8$		Magnitudo macr. $M_m = 4.1$ Magnitudo strum. $M_d = 4.4$	
Epic. macr.	37.674 N	15.143 E	H = -1.7 km
Epic. strum.	37.693 N	15.112 E	

Il 29 Ottobre 2002 si sono verificate oltre 80 scosse nel basso ventre orientale del vulcano, tra tutte quella delle ore 10:02 con epicentro a Bongiardo è stata la più intensa, con magnitudo macrosismica 4.1 e magnitudo strumentale 4.4. Il terremoto è stato infatti ampiamente avvertito nell'area etnea e in alcuni centri delle province di Messina e Siracusa, e ha avuto gli effetti maggiori nei comuni di S. Venerina, **Zafferana Etnea** e Acireale.

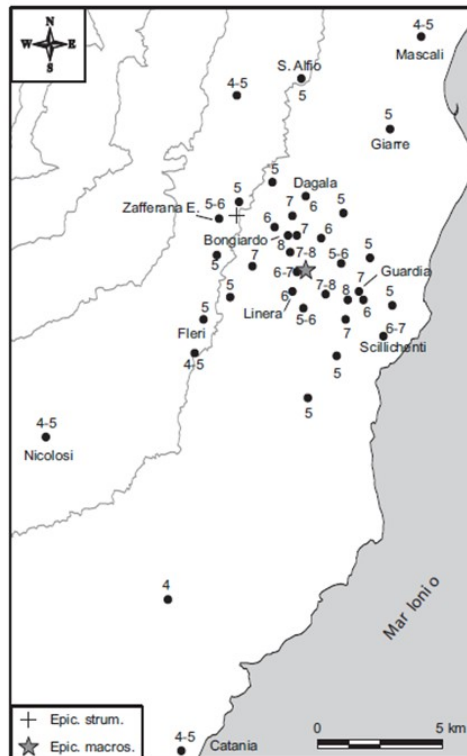


Figura 9.5.1 - 29 Ottobre 2002, 10:02: Mappa delle intensità macrosismiche osservate. Hanno collaborato al rilievo: M.S. Barbano, A. Tertulliani e M. Vecchi.

Scossa del 29 Ottobre 2002, ore 17:14 – Milo

29 Ottobre 2002 17:14 (GMT)		Area epicentrale: Milo	
Intensità epic. $I_0 = 7$		Magnitudo macr. $M_m = 3.7$ Magnitudo strum. $M_d = 4.1$	
Epic. macr.	37.713 N	15.113 E	H = 1.5 km
Epic. strum.	37.721 N	15.108 E	

La scossa delle ore 17:14 con epicentro a 1 km a ovest da Milo ha avuto magnitudo macrosismica 3.7 e magnitudo strumentale 4.1.

Essa ha provocato danni diffusi a Milo dove molte costruzioni in muratura di classe B hanno riportato lesioni di 2° grado, alcune di 3° grado (come le lesioni a croce di S. Andrea e caduta di pezzi di muri esterni); inoltre 45 edifici vengono dichiarati inagibili. Diffusa è stata la caduta di calcinacci e cornicioni e lo scivolamento di tegole dai tetti. Effetti di danni analoghi sono stati riscontrati anche a

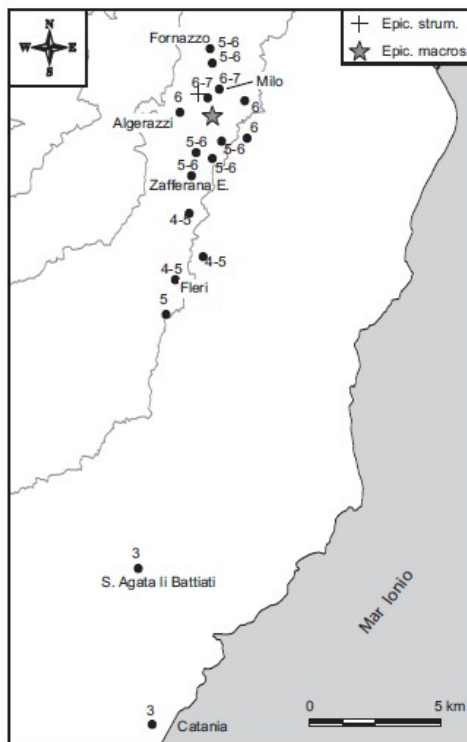


Figura 9.5.2 - 29 Ottobre 2002, 17:14: Mappa delle intensità macrosismiche osservate. Hanno collaborato al rilievo: M.S. Barbano, A. Tertulliani e M. Vecchi.

Caselle. Nelle località limitrofe comprese tra **Zafferana** e Fornazzo il danneggiamento è minore: negli edifici in muratura si riscontrano lesioni alle pareti, in alcuni casi passanti, disaggregazioni di angolate murarie, rotture di tetti; in alcuni casi vengono dichiarati inagibili. Alcune costruzioni rurali, con scadenti caratteristiche costruttive, di classe A, hanno subito crolli parziali. Negli edifici in cemento armato di classe C si è osservato il distacco tra telaio e tramezzature e lesioni agli intonaci.

Lungo le strade nell'area epicentrale, tra Milo e Caselle e nelle Contrade Algerazzi e Salice, numerosi crolli di muri a secco di terrazzamento hanno temporaneamente interrotto la viabilità.

Per quanto riguarda gli edifici pubblici e di culto si segnala:

- La Chiesa Madre di Milo, recentemente restaurata, è fortemente danneggiata e dichiarata inagibile per le lesioni agli archi delle volte nella navata destra, il distacco tra gli archi e la navata in senso longitudinale, e la caduta di grossi pezzi di intonaco dal soffitto.

- Il Municipio di Milo, edificio in cemento armato, dove si osservano ampie fratture ai tramezzi e caduta di grossi pezzi di intonaco.

- La chiesa di S. Mauro di Monacella ha danni all'interno ed è stata dichiarata inagibile.

È grazie alla localizzazione del terremoto in settori del vulcano ad alta quota, e quindi non abitati, se non si sono registrati effetti macrosismici più rilevanti dato il valore di magnitudo registrato (4.1), per il quale solitamente si raggiunge il grado 8 di intensità.

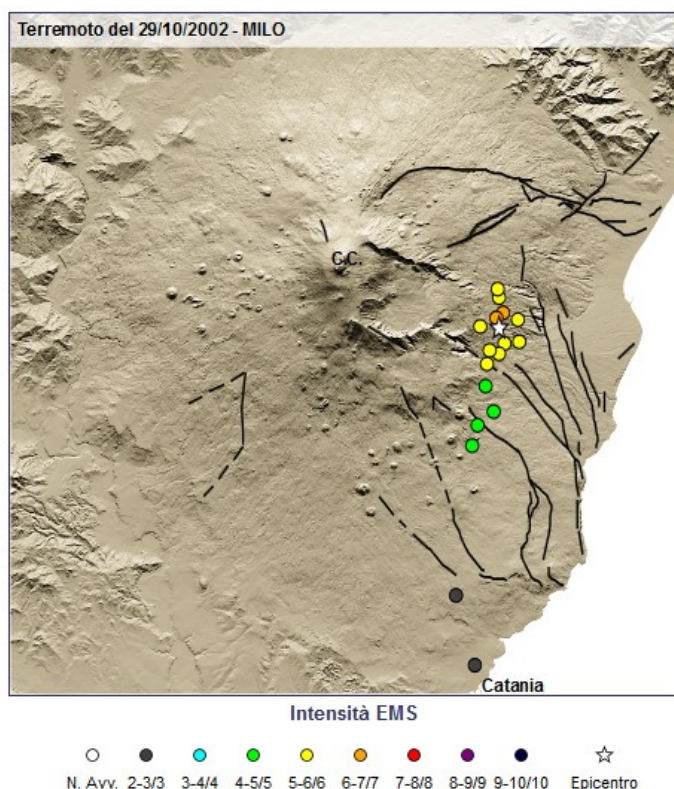


Figura 9.5.3 – Terremoto del 29/10/2002 – Intensità EMS (Sito INGV.it)

Durante l'emergenza Etna è stata condotta una campagna di rilievo del danno e valutazione dell'agibilità post sismica della abitazioni colpite. Nella figura 9.5.4 sono illustrati gli esiti di tali rilievi per il Comune di Zafferana Etnea (MS 2002 – Azzaro et al. 2010).

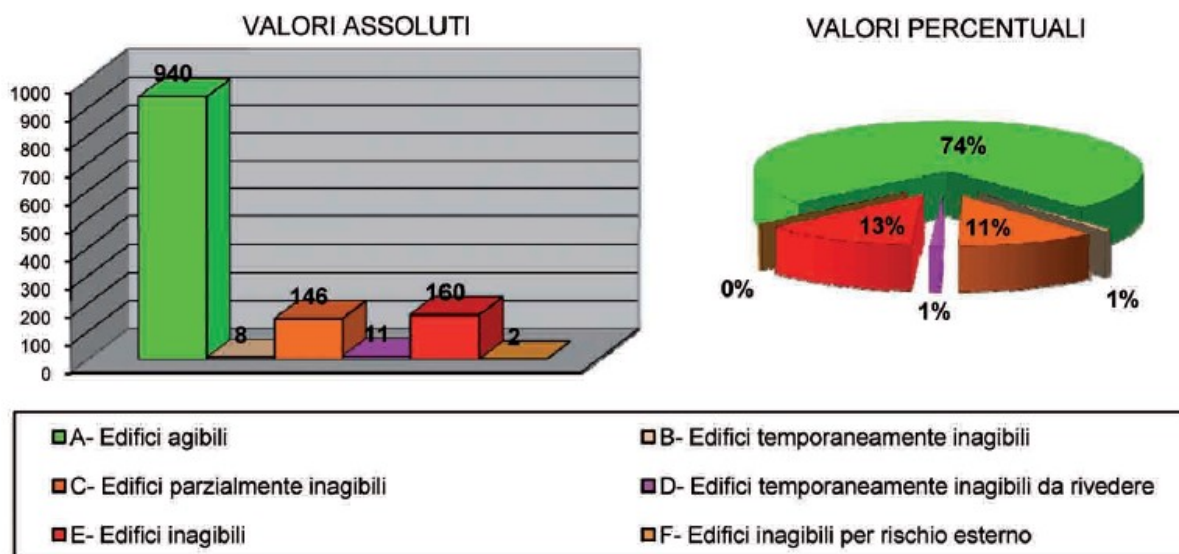


Figura 9.5.4 – Esiti di agibilità nel Comune di Zafferana Etnea dopo gli eventi sismici del 2002

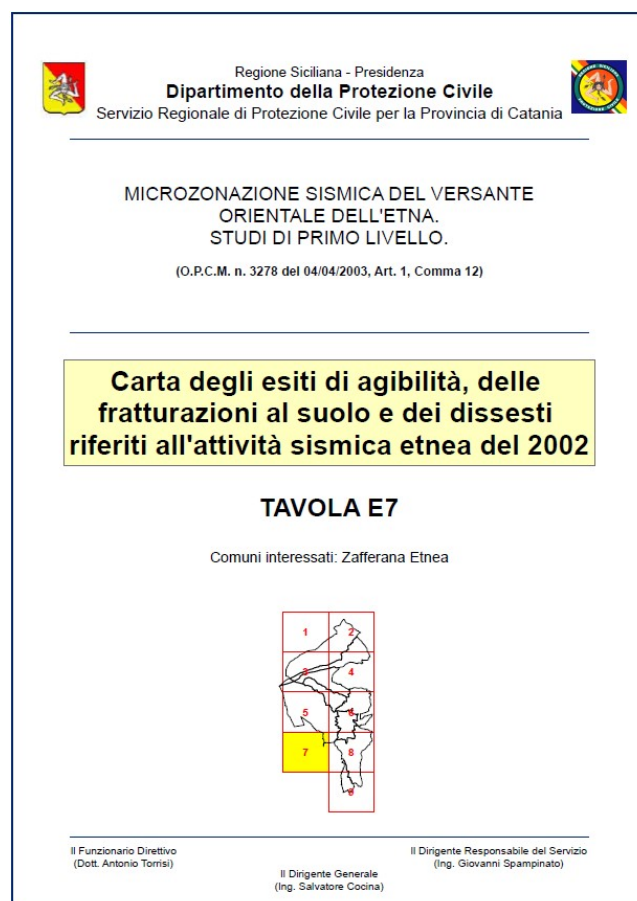


Figura 9.5.5 – Carta degli esiti delle agibilità (OPCM 3278/2003)

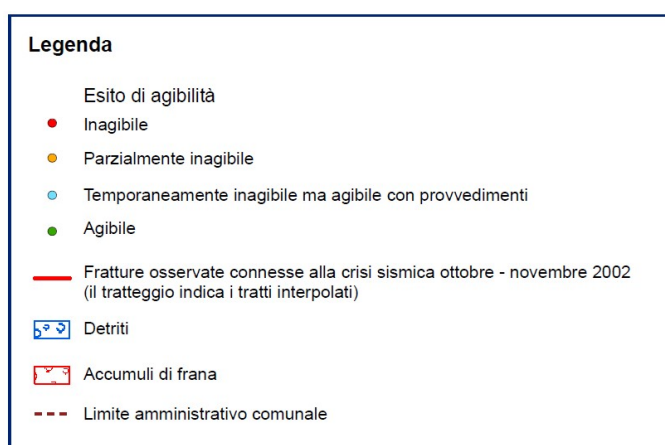
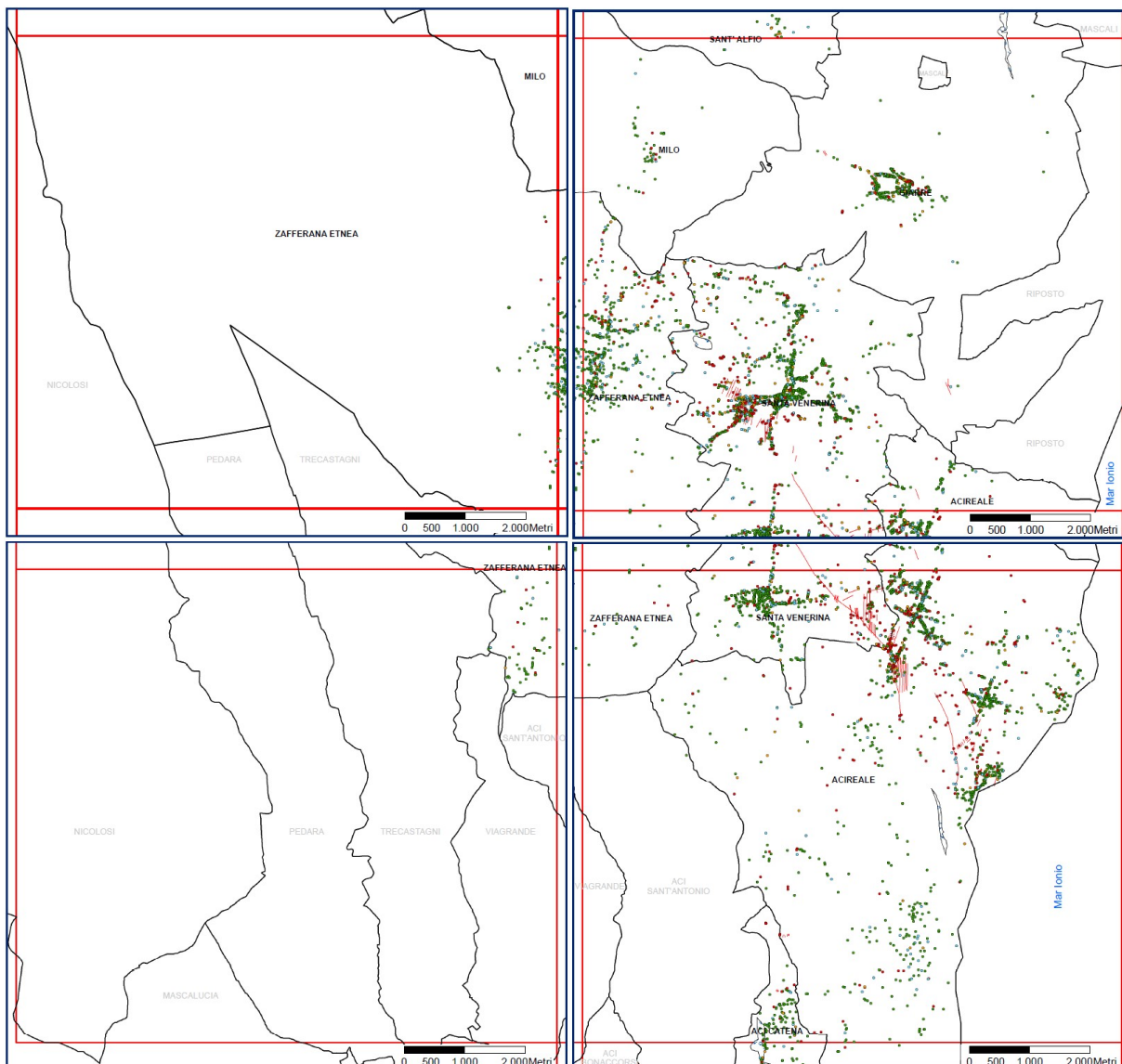


Figura 9.5.6 – Carta degli esiti delle agibilità nel territorio di Zafferana Etnea (OPCM 3278/2003)

9.6 Il terremoto di Santo Stefano (Fleri) - 2018

Il 26 dicembre 2018 un terremoto ML 4.8, corrispondente a Mw 4.9, con area epicentrale nella zona di Fleri (frazione del Comune di Zafferana Etnea) ha interessato anche il versante sud-orientale del vulcano (Fig. 9.6.1). Il sisma, il cui epicentro è stato localizzato a 4 km NE dal centro abitato di Viagrande (CT) e con ipocentro ad una profondità di poche centinaia di metri (fonte INGV), rappresenta il “mainshock” (Mw=4,9) di un lungo sciame sismico che ha interessato la zona nel periodo di tempo che va dal 19 dicembre 2018 al 08 gennaio 2019 (Fig. 9.6.2).

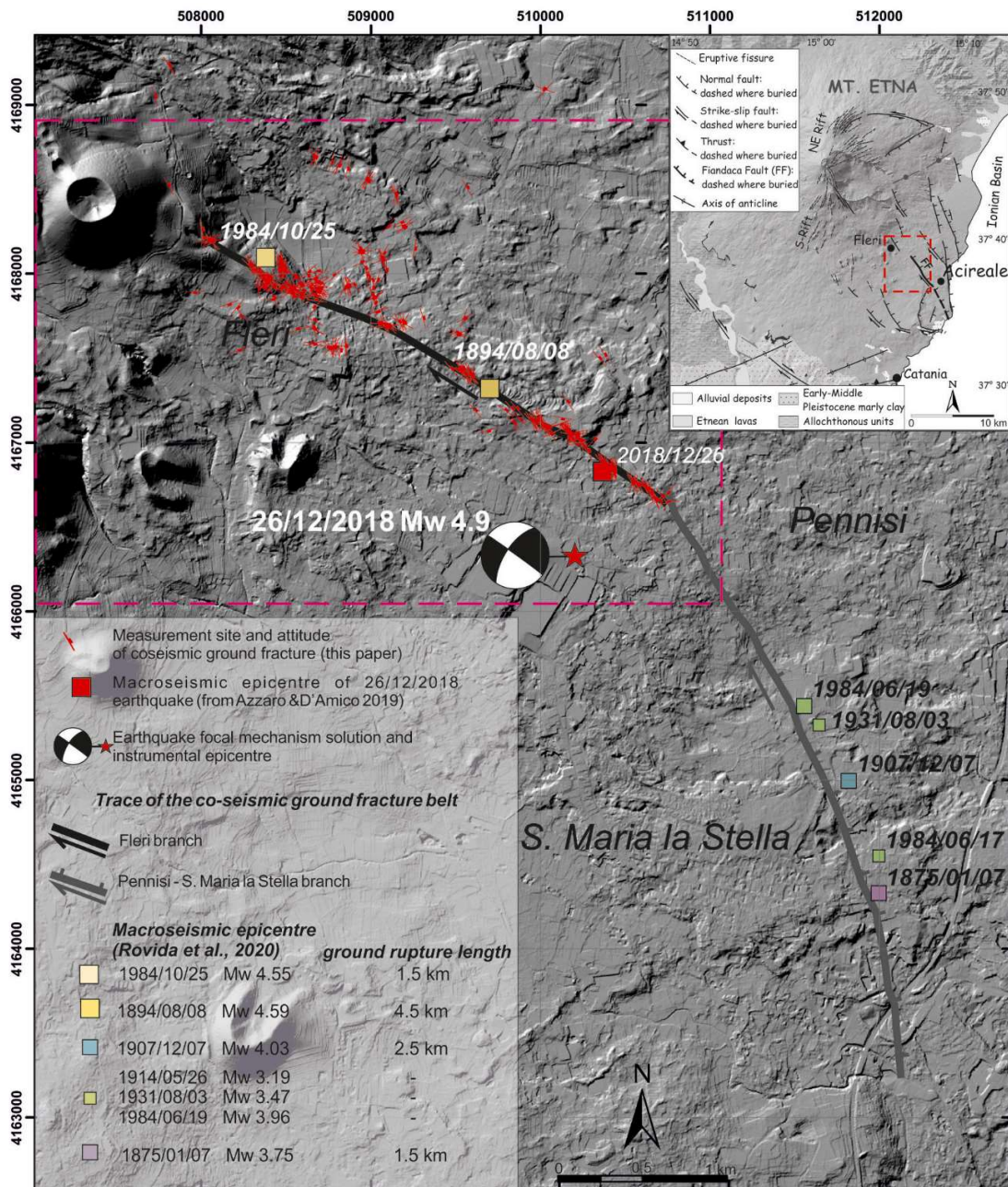


Figura 9.6.1 Geometria della Fiandaca Fault (FF), con relativa ubicazione dell'evento sismico del 26/12/2018. (Tortorici et al., 2021)

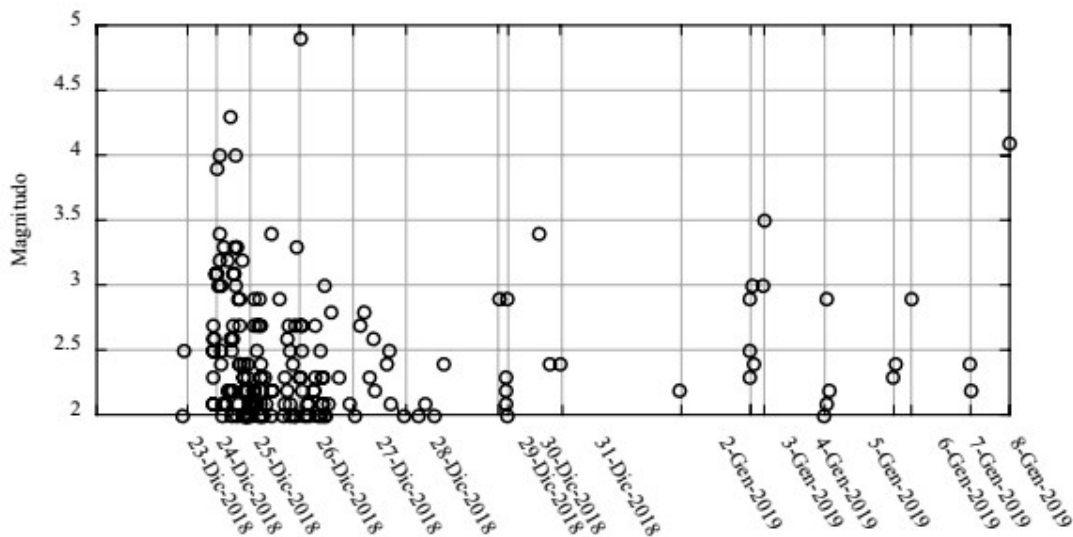


Figura 9.6.2 - Terremoti con $M > 2$ dello sciame sismico nell'area dell'Etna dal 19.12.2018 al 08.01.2019. (Iervolino 2019)

Il meccanismo focale indica un movimento trascorrente destro su un piano sub-verticale orientato NW-SE (Figura 9.6.3); dopo tale shock, la maggior parte della sismicità si è spostata a circa 1 km a nord-est dell'estremità settentrionale della faglia di Fiandaca con ipocentri a 1-3 km di profondità e soluzioni focali che indicano rispettivamente movimenti normali e inversi sui piani orientati NE-SW e E-O. (Monaco et alii, 2020).

L'origine di questo evento, conseguenza della completa riattivazione della Faglia di Fiandaca, è attribuibile alla risalita verso la superficie di un grosso dicco magmatico orientato N-S (Bonforte et alii, 2019) che, come spesso accaduto in passato nel territorio etneo, ha percorso vie di risalita non consuete e provocato tensioni all'interno della crosta terrestre con conseguenti rilasci di energia (Figura 9.6.4).

La spinta esercitata dal dicco, però, avrebbe provocato anche la vigorosa deformazione del versante orientale dell'Etna, attivando il movimento della faglia di Fiandaca e sottraendo energia alla spinta propulsiva del magma in risalita. In altre parole, il sisma del 26 dicembre avrebbe "disinnescato" una possibile eruzione laterale a bassa quota lungo il fianco meridionale del vulcano, drenando il magma in profondità ed impedendogli di raggiungere la superficie (Bonforte et alii, 2019).

Come già richiamato nei capitoli precedenti, la Faglia di Fiandaca, è inquadrabile all'interno del sistema di faglie denominato delle Timpe.

Essa è una struttura attiva non nuova ad eventi sismici analoghi a quello del 2018, tra i quali quello del 1894 e quello del 1984 (epicentri e magnitudo riportati in Fig. 9.3), caratterizzata nel tempo solamente da riattivazioni parziali e mai complete per tutta la sua estensione (situazione avvenuta per la prima volta nel 2018).

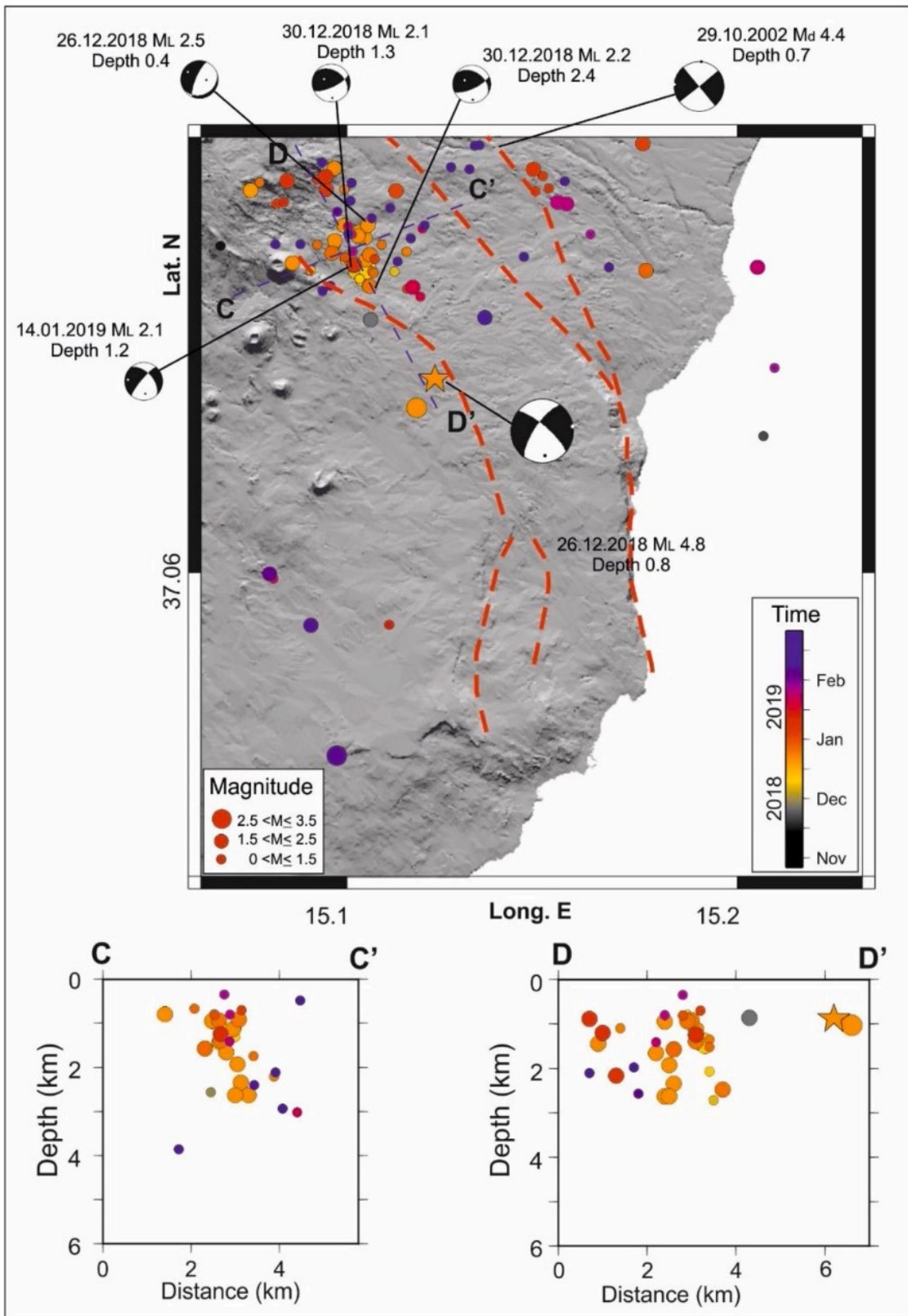


Figura 9.6.3.- Distribuzione epicentri sciame sismico dicembre 2018/gennaio2019 (Monaco et al, 2020)

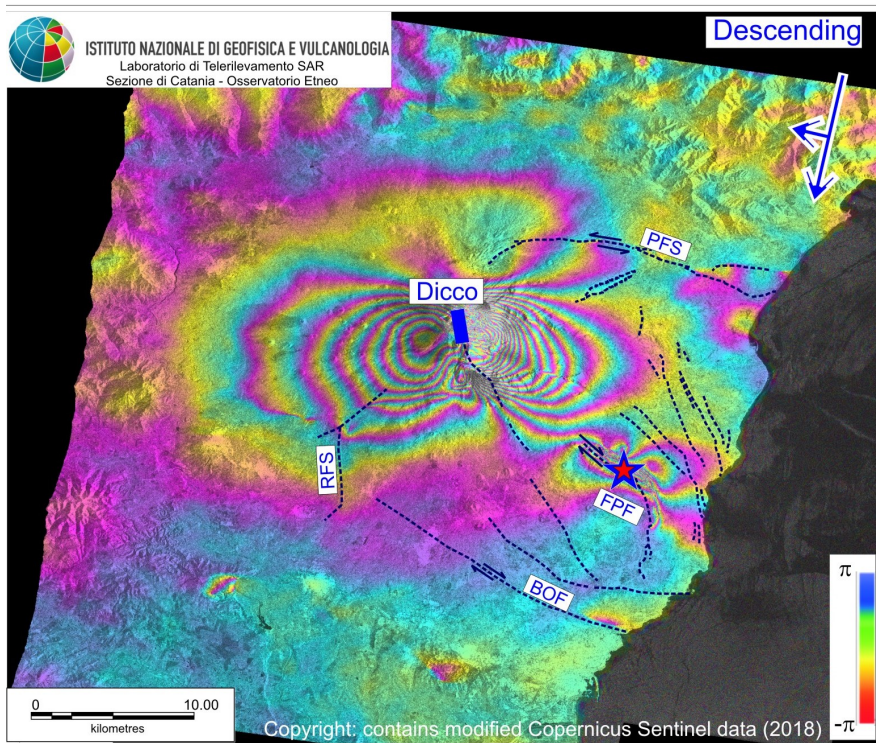
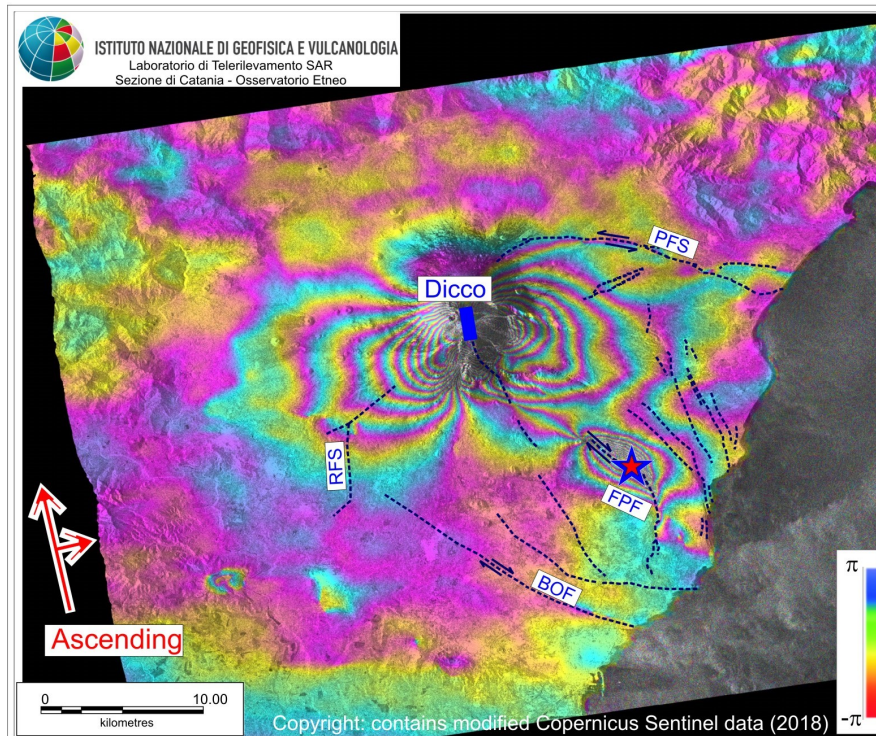


Figura 9.6.4.- Elaborazione su dati SAR dell'evento sismico del 2018 (INGV-OE Catania)

A seguito dell'evento sismico del 2018, il gruppo di ricerca EMERGEIO (INGV) ha realizzato una pubblicazione scientifica (JOURNAL OF MAPS 2019, VOL. 15, NO. 2, 831–837) inerente il rilevamento di tutte le fratture superficiali presenti lungo la faglia di Fiandaca (Fig. 9.6.5).

Per quanto sopra esposto si evince che il territorio comunale di Zafferana Etnea è stato interessato da fagliazione superficiale cosismica in corrispondenza dell'areale di Fleri ed è pertanto rientrato nei comuni terremotati e oggetto di ricostruzione dopo gli eventi sismici del 2018 (D.P.C.M. 05.08.2019, ai sensi dell'art.6 del D.L. 18.04.2019 n. 32, convertito con modificazioni dalla L. 14.06.2019 n. 55), per aver registrato danni su strutture ed infrastrutture.

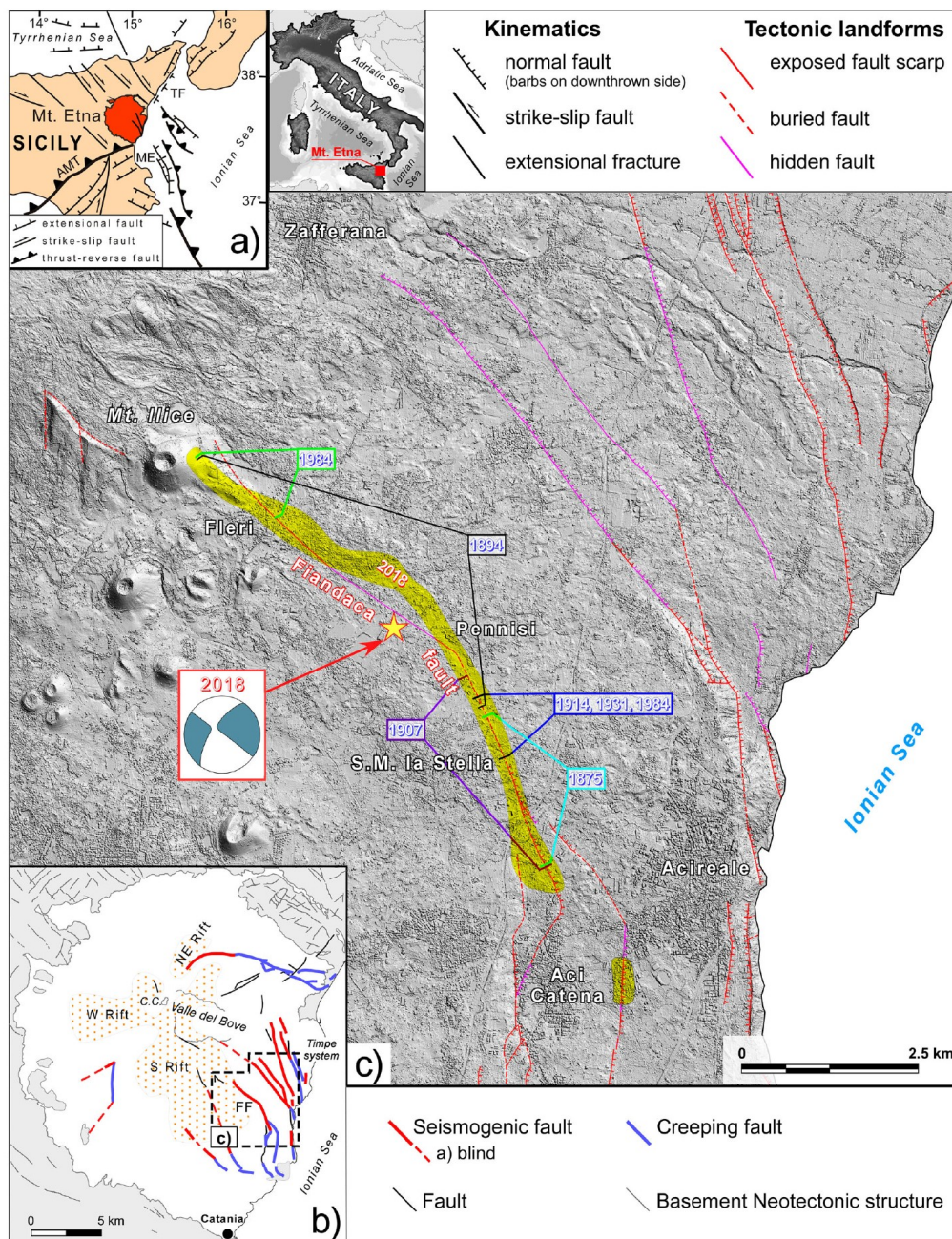
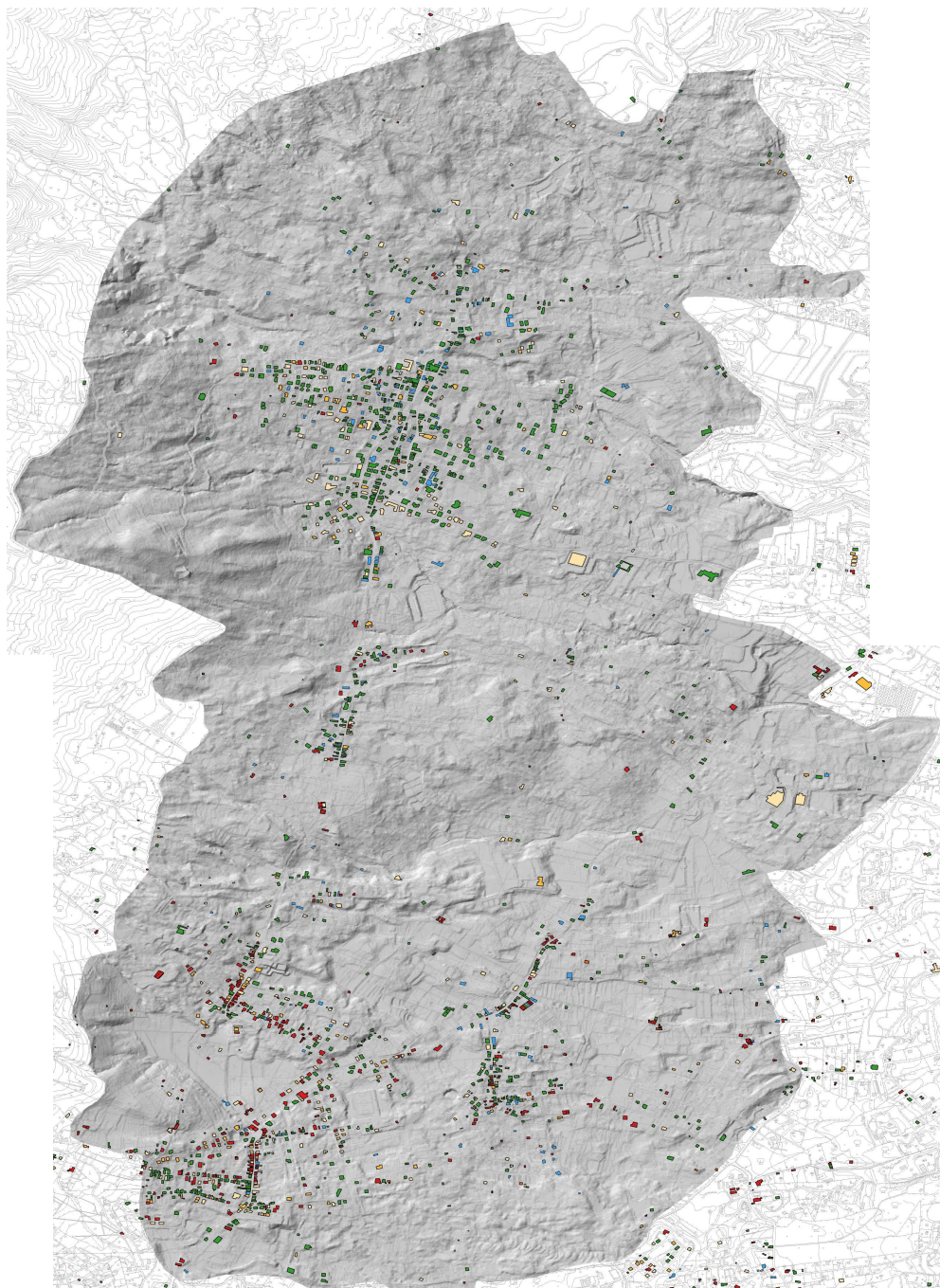


Figura 9.6.5 - Rilievi effettuati dal Gruppo EMERGEO (Etna 2018) – Civico et al, 2019

Durante le attività di analisi MS1, il DRPC Sicilia ha fornito un servizio WMS con le istante pervenute dal quale è stato possibile produrre una prima carta dei danni nel Comune di Zafferana Etnea (fig. 9.6.6).



- A. EDIFICIO AGIBILE
- B. EDIFICIO TEMPORANEAMENTE INAGIBILE (IN TUTTO O IN PARTE) MA AGIBILE CON PROVVEDIMENTI DI P.I.
- C. EDIFICIO PARZIALMENTE INAGIBILE
- D. EDIFICIO TEMPORANEAMENTE INAGIBILE DA RIVEDERE CON APPROFONDIMENTI
- E. EDIFICIO INAGIBILE
- A-F. EDIFICIO AGIBILE DAL PUNTO DI VISTA STRUTTURALE MA INAGIBILE PER RISCHIO ESTERNO
- B-F. EDIFICIO TEMPORANEAMENTE INAGIBILE DAL PUNTO DI VISTA STRUTTURALE MA INAGIBILE PER RISCHIO ESTERNO
- C-F. EDIFICIO PARZIALMENTE INAGIBILE DAL PUNTO DI VISTA STRUTTURALE E INAGIBILE PER RISCHIO ESTERNO
- D-F. EDIFICIO TEMPORANEAMENTE INAGIBILE DAL PUNTO DI VISTA STRUTTURALE E INAGIBILE PER RISCHIO ESTERNO
- E-F. EDIFICIO INAGIBILE DAL PUNTO DI VISTA STRUTTURALE E INAGIBILE PER RISCHIO ESTERNO
- DA VALUTARE

Figura 9.6.6 – Carta dei danni nel Comune di Zafferana Etnea (<http://www.protezionecivilesicilia.it:8080/geoserver/wms?>)



Foto 8 – Danni alla chiesa di Fleri, ad edifici privati e deformazioni permanenti nelle strade e nei muri a seguito del terremoto del 26.12.2018.

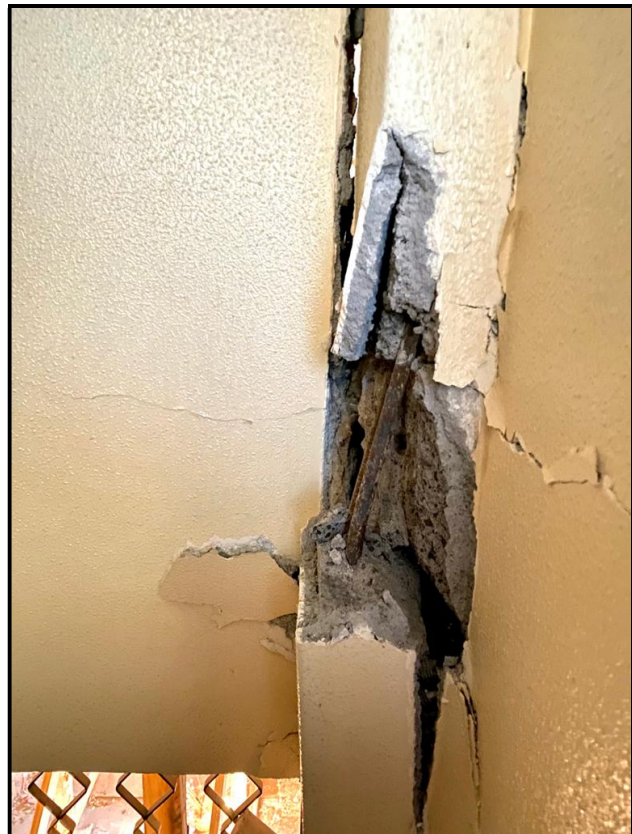
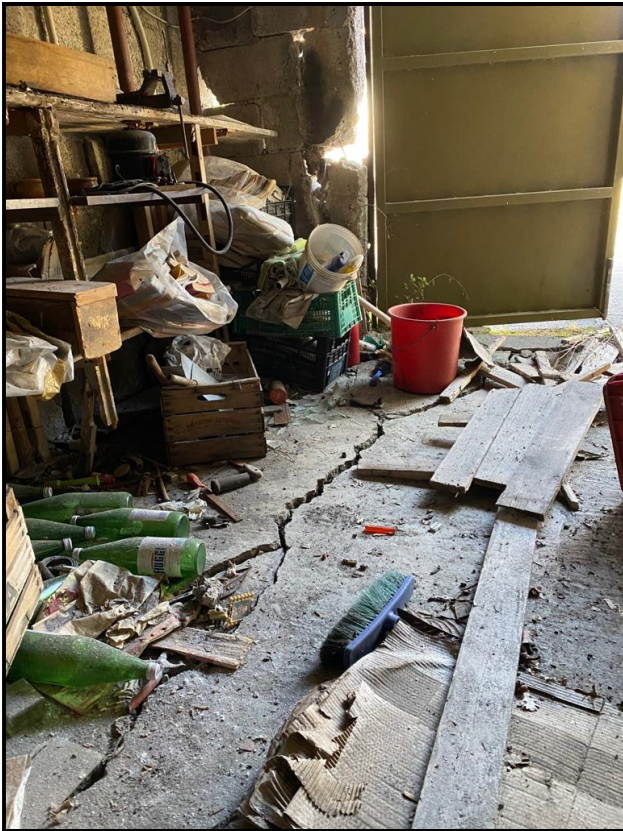


Foto 9 – Fratturazione al suolo e danneggiamento alle strutture portanti di un edificio ubicato in Via Fortino Fleri (Poggiofelice) a seguito del terremoto del 26.12.2018

10 BIBLIOGRAFIA

ALPARONE, S., D'AMICO, S., & GAMBINO, S. (2013). Buried active faults in the Zafferana Etna territory (South-Eastern flank of Mt. Etna): Geometry and kinematics by earthquake..

ALBARELLO D. & CASTELLARO S. (2011) - Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria sismica Anno XXVIII, n. 2- 2011, 32-62.

AZZARO R., 1999 "Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics" Journal of Geodynamics

AZZARO R., BARBANO M.S. (2000) – Contributo alla compilazione della carta delle faglie attive della Sicilia. In: Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-99), CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma (pp. 227–235).

AZZARO ET ALI., 2010 "Microzonazione sismica del versante orientale dell'Etna. Studi di primo livello. Regione siciliana. Dipartimento di Protezione Civile.

AZZARO ET ALI., 2012 "The volcano-tectonic map of Etna volcano, 1:100.000 scale: an integrated approach based on a morphotectonic analysis from high-resolution DEM constrained by geologic, active faulting and seismotectonic data" Ital.J.Geosci. (Boll.Soc.Geol.It.), Vol. 131, No. 1 (2012), pp. 153-170, 13 figs., 1 tab., 1 extra pl. (DOI: 10.3301/IJG.2011.29) © Società Geologica Italiana, Roma 2012

BARRECA ET ALI., 2013 "A pilot GIS database of active faults of Mt. Etna (Sicily): A tool for integrated hazard evaluation" Journal of Volcanology and Geothermal Research 251 (2013) 170–186.

BASILONE L. (2012) - Litostratigrafia della Sicilia. Arti Grafiche Palermitane Ed., 159 pp.

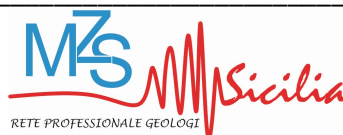
BONFORTE, A. ET ALI., 2011, "Structural assessment of Mount Etna volcano from Permanent Scatterers analysis" Geochem. Geophys. Geosyst., 12, Q02002, doi:10.1029/2010GC003213.

BRAMERINI ET AL. 2020 "Microzonazione sismica – Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.1 Sicilia – Commissione tecnica per la microzonazione sismica.

BRANCA ET ALI., 2011 "Geological map of Etna volcano, 1:50,000 scale". Ital.J.Geosci. (Boll.Soc.Geol.It.), Vol. 130, No. 3 (2011), pp. 265-291, 16 figs., 3 tabs., 1 extra pl. (DOI: 10.3301/IJG.2011.15) © Società Geologica Italiana, Roma 2011

BRANCA E FERRARA, 2012 "The morphostructural setting of Mount Etna sedimentary basement (Italy): Implications for the geometry and volume of the volcano and its flank instability". Tectonophysics.

BRANCA ET ALI., 2015 "Carta geologica del Vulcano Etna" – Memorie descrittive della carta geologica d'Italia VOLUME XCVIII"



-
- CANNAVÒ, F., GAMBINO, S., PUGLISI, B., & VELARDITA, R. (2016, Gennaio 18). Modeling ground deformation associated with the destructive earthquakes occurring on Mt. Etna's southeastern flank in 1984 .
- CIVICO et al. 2019 "Surface ruptures following the 26 December 2018, Mw 4.9, Mt. Etna earthquake, Sicily (Italy)" *Journal of Maps*
- D'AMICO, S., MOSTACCIO, A., SCARFI, L., & Tuvè, T. (2007, Gennaio). Terremoti con effetti macrosismici in Sicilia orientale nel periodo Gennaio 2002 - Dicembre 2005.
- GRESTA, S. (2010). Microzonazione sismica del versante Orientale dell'Etna; studi di primo livello. Capitolo 5: Zone di Fratturazione al suolo, rilievo e perimetrazione.
- GUIDOBONI E., FERRARI G., MARIOTTI D., COMASTRI A., TARABUSI G., SGATTONI G., VALENSISE G. (2018) - CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). doi: <https://doi.org/10.6092/ingv.it-cfti5>
- GUIDOBONI E., FERRARI G., TARABUSI G., SGATTONI G., COMASTRI A., MARIOTTI D., CIUCCARELLI C., BIANCHI M.G., VALENSISE G. (2019), CFTI5Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area, *Scientific Data* 6, Article number: 80 (2019). doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0091-9>
- GUTSCHER ET ALI., 2015 "Tectonic expression of an active slab tear from high-resolution seismic and bathymetric data offshore Sicily (Ionian Sea)" *Tectonics*.
- ITHACA Working Group (2019). ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019. ISPRA Geological Survey of Italy. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>
- LOCATI M., CAMASSI R., ROVIDA A., ERCOLANI E., BERNARDINI F., CASTELLI V., CARACCILOLO C.H., TERTULLIANI A., ROSSI A., AZZARO R., D'AMICO S., CONTE S., ROCCHETTI E. (2016) – Database Macrosismico Italiano (DBMI15). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <https://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.
- MONACO et al. 2020 "The seismogenic source of the 2018 December 26th earthquake (Mt. Etna, Italy): A shear zone in the unstable eastern flank of the volcano - *Journal of Geodynamics* 143 (2021) 101807
- NERI. M., CARBONE M.L., CHIAVETTA F, FILETTI G., MARINO C. (2020), Area interessata da fagliazione superficiale cosismica in occasione del terremoto del 26 dicembre 2018 con individuazione preliminare delle Zone di Suscettibilità (ZSFAC) e di Rispetto (ZRFAC). Presidenza del Consiglio dei Ministri, Struttura Commissariale Ricostruzione Area Etna – Area Geologia. Regione Siciliana, Ufficio del Genio Civile di Catania, <https://commissariosismaareaetnea.it/>.
- PANZERA ET ALI., 2016 "Exploratory seismic site response surveys in a complex geologic area: a case study from Mt. Etna volcano (southern Italy)" *Nat Hazards* (2016). doi:10.1007/s11069-016-2517-4.

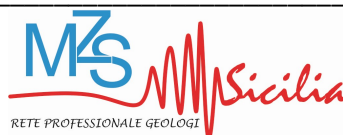
-
- PATANÈ, & IMPOSA, S. (1995). Atlante delle isosiste dei terremoti etnei dal 1971 al 1991.
- ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B., GASPERINI P. (2016) – Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <https://doi.org/10.6092/INGV.IT - CPTI15>.
- ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B., GASPERINI P., ANTONUCCI A. (2021). *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15)*, versione 3.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.3>.
- ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B., GASPERINI P. (2020). The Italian earthquake catalogue CPTI15. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18(7), 2953-2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>
- RUSSO, G. (s.d.). Zafferana e la sua Storia.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2009) – Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 – Foglio 625 “Acireale”. CNR – Roma.
- STUCCHI M., MELETTI C., MONTALDO V., AKINCI A., FACCIOLE E., GASPERINI P., MALAGNINI L., VALENSISE G. (2004) Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale MPS04 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/sh/mps04/ag>
- TORTORICI et al. 2021 “The effect of recent resurfacing in volcanic areas on the distribution of co-seismic ground deformation due to strike-slip earthquakes: New insights from the 12/26/2018 seismic event at Mt. Etna - *Journal of Structural Geology* 145 (2021) 104308

11 ALLEGATI

- Allegato 1: Sezioni geologiche
- Allegato 2: Colonne geologico tecniche
- Allegato 3: Sezione geologico-tecniche
- Allegato 4: Schemi dei rapporti stratigrafici delle MOPS
- Allegato 5: Profili topografici
- Allegato 6: Analisi di Riposta Sismica Locale
- Allegato 7: Appendice 9 – Check list per l'identificazione di faglie attive e capaci negli studi MS1
- Allegato 8: Appendice 8 – Check list per l'inserimento di nuove frane nel P.A.I. o modifica delle geometrie per frane già presenti.

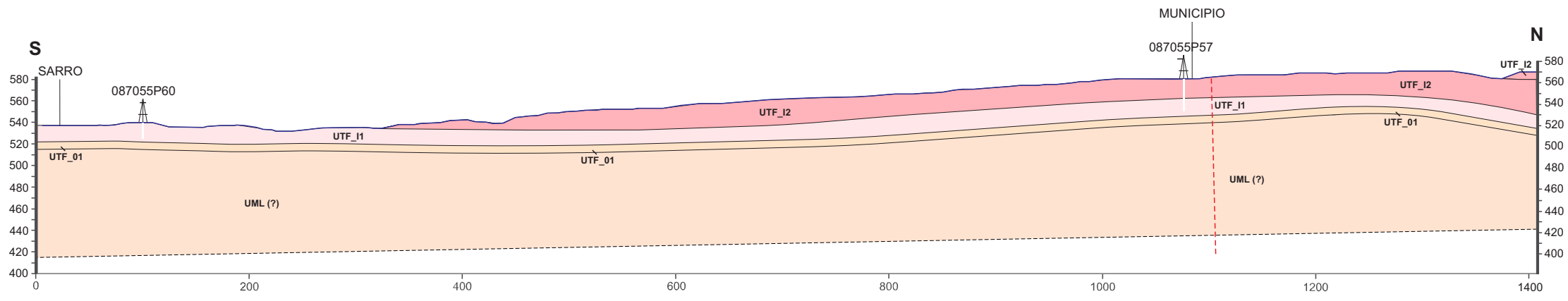
F.to

Dott. Geologo Carlo Cassaniti

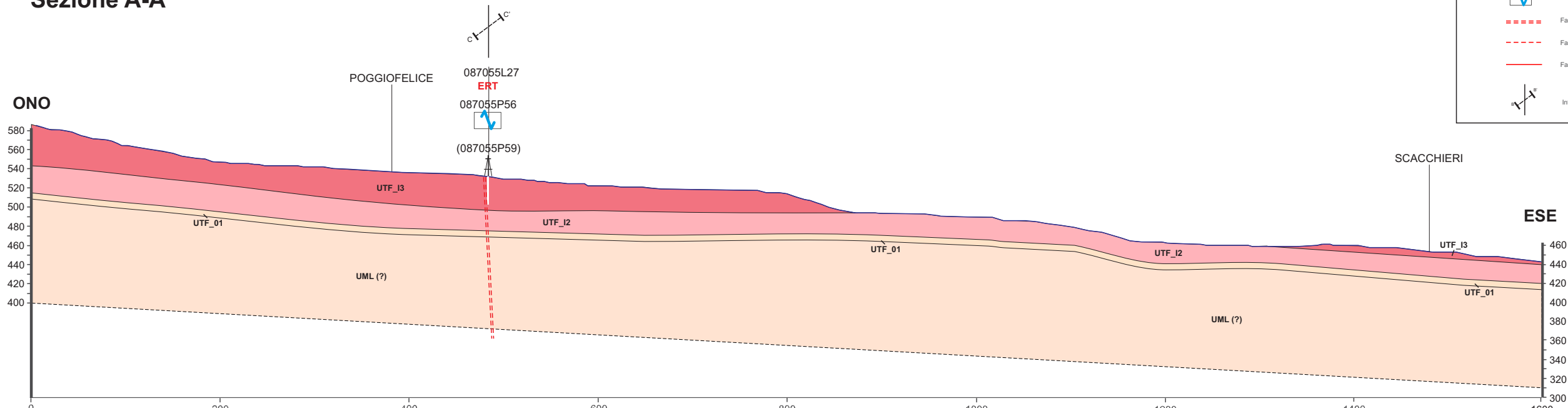
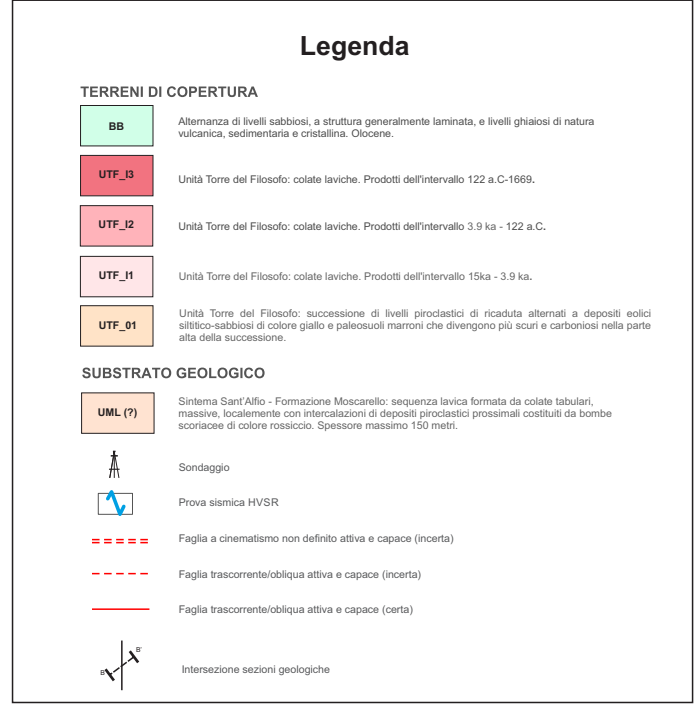


Allegato 1 – Sezioni geologiche

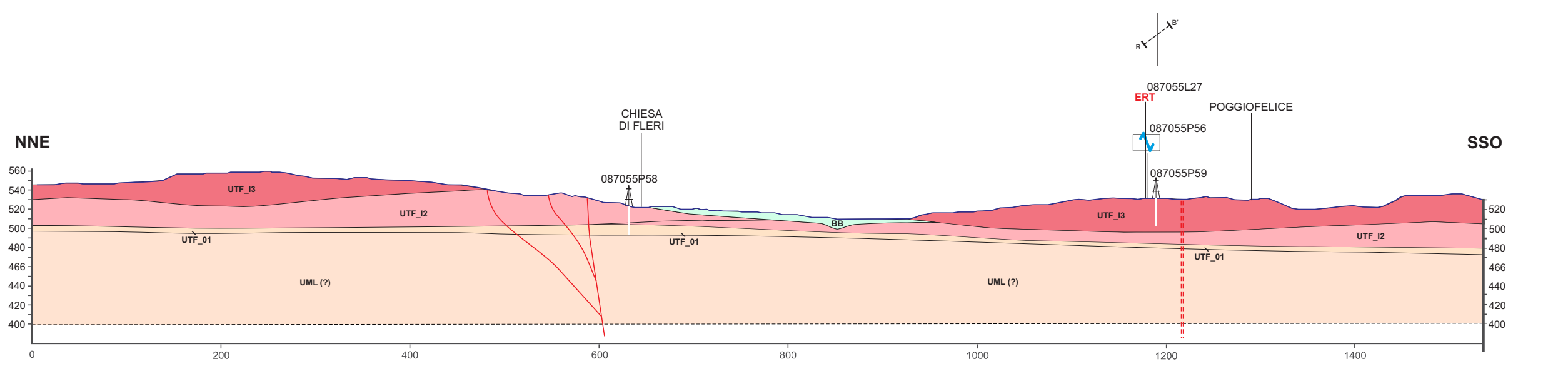
Scala 1:5000



Sezione A-A'



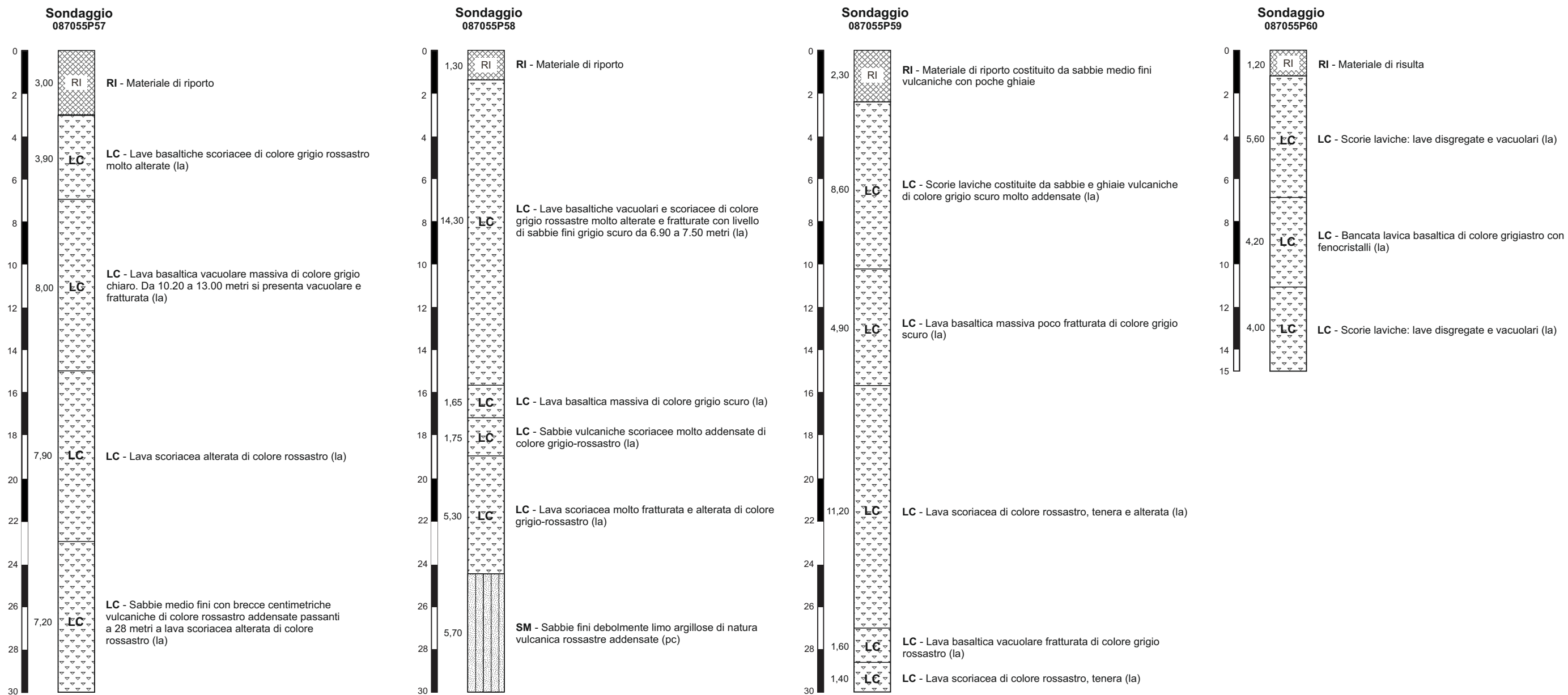
Sezione B-B'



Sezione C-C'

Allegato 2 – Colonne geologico–tecniche

Scala 1:200



Allegato 3 – Sezioni geologico-tecniche

Scala 1:5000

Legenda

TERRENI DI COPERTURA

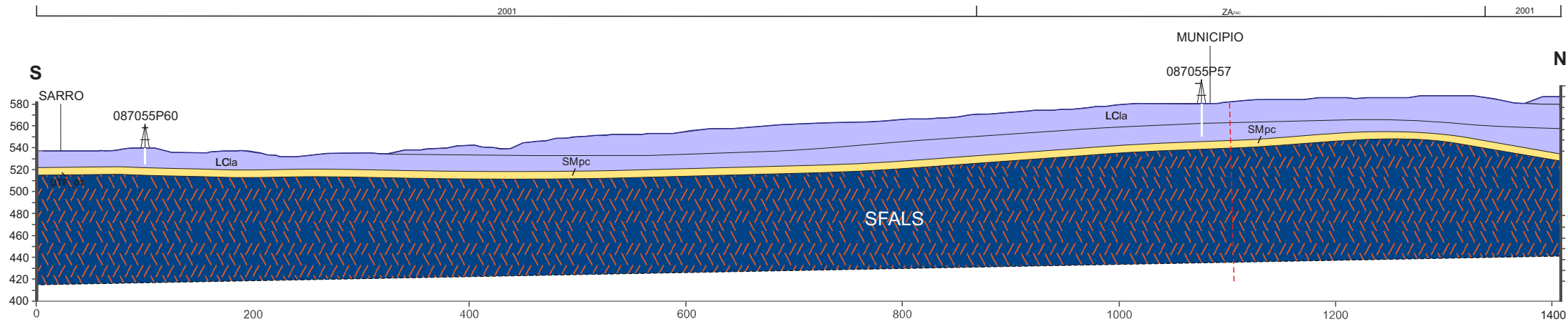
- LC** Colate laviche costituite da litoidi di copertura (la)
- SM** Piroclastiti costituite da sabbie limose, miscela di sabbia e limo (pc)
Sabbie limose, miscela di sabbia e limo (tf)

SUBSTRATO GEOLOGICO

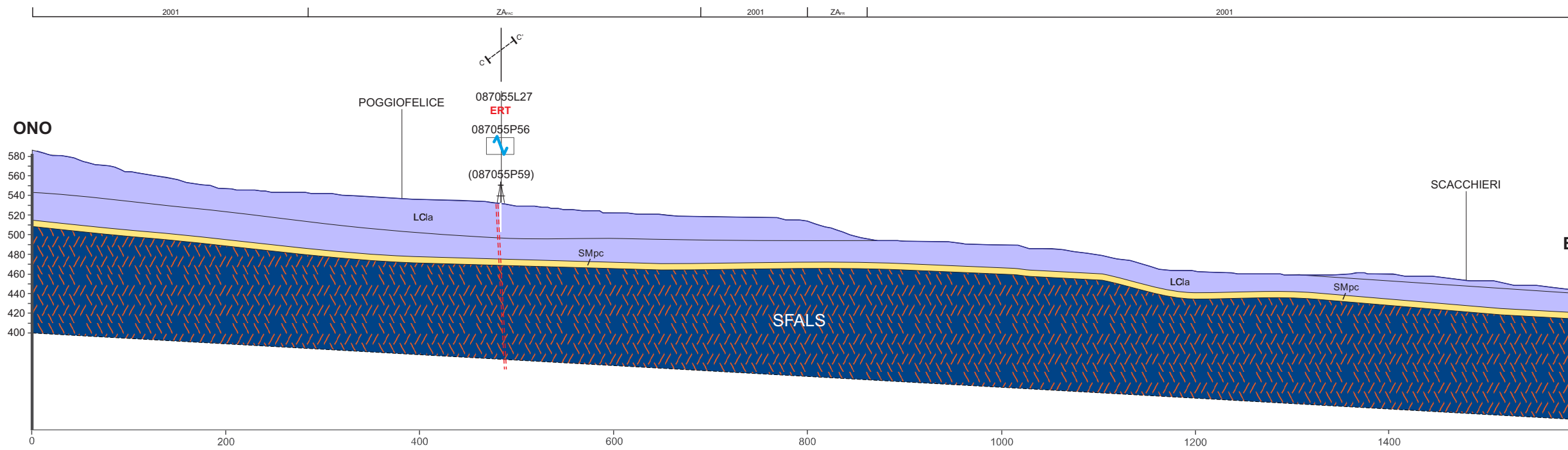
- SFALS** Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato

Simboli:

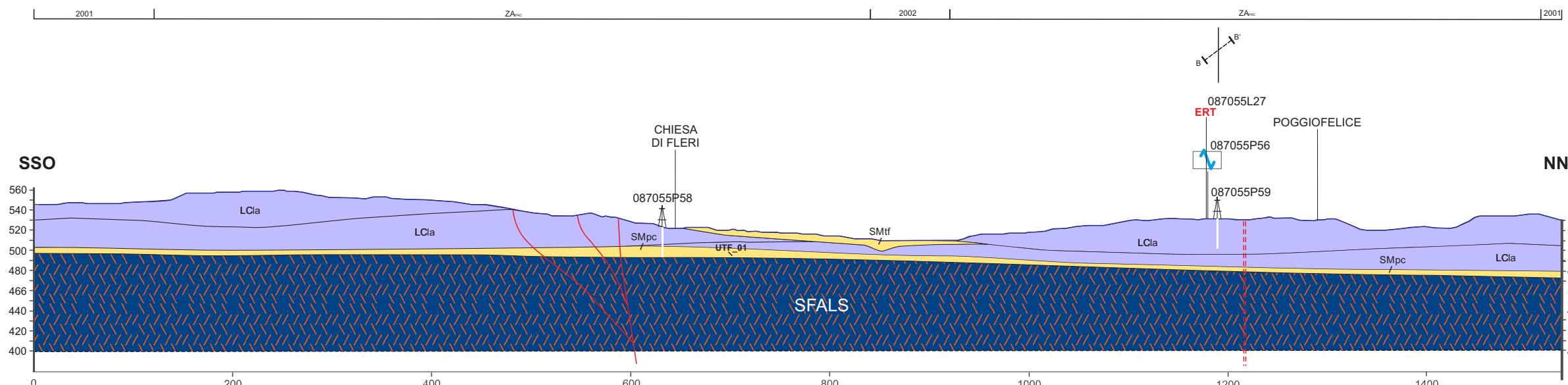
- Sondaggio
- Prova sismica HVSR
- Faglia a cinematismo non definito attiva e capace (incerta)
- Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (incerta)
- Faglia trascorrente/obliqua attiva e capace (certa)
- Intersezione sezioni geologico-tecniche



Sezione A-A'



Sezione B-B'



Sezione C-C'

Allegato 4 – Schemi dei rapporti litostratigrafici delle MOPS

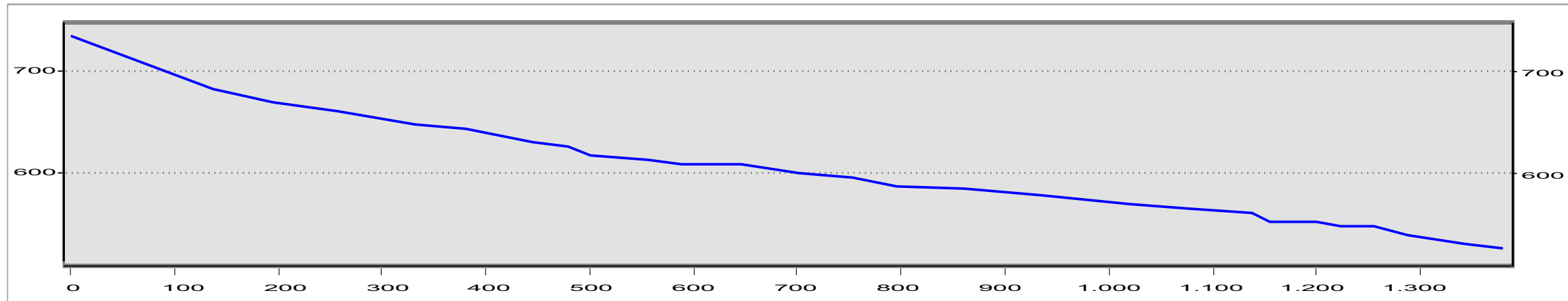
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



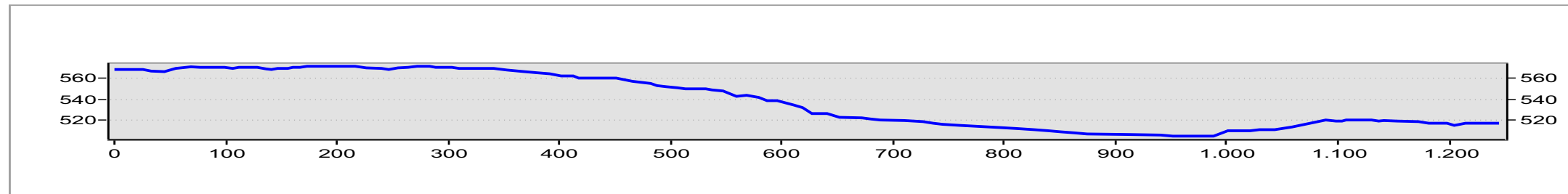
Allegato 5 – Profili topografici

Scala 1:5000

Profilo topografico 1



Profilo topografico 2



Allegato 6

TITOLO DEL PROGETTO: Analisi di pericolosità Geotecnica Sismica per lo studio di Microzonazione Sismica di livello 1 (MS1) e per l'analisi della condizione limite per l'emergenza (CLE), nei Comuni dell'Isola con $ag > 0,125g$ non compresi nelle attività finanziate dall'OPCM 3907/2010, Lotti: A (CIG 7324955815), C (CIG 7324983F2E), D (CIG 7325003FAF), E (CIG 732501271F), F (CIG 7325016A6B) – CUP G69D17001500009 - per alcuni casi tipo e/o per macroaree.

RELAZIONE: Analisi di Riposta Sismica Locale per alcuni casi tipo e/o per macro-aree, nei comuni appartenenti al Lotto F

COMUNE DI ZAFFERANA ETNEA

INDICE

<u>1. Premessa</u>	3
<u>2. Caratterizzazione geotecnica e dinamica del Sito</u>	4
<u>3. Calcolo dell’Azione Sismica: Sicurezza e Prestazioni Attese</u>	9
<u>4. Risposta Sismica Locale</u>	16
<u>5. Valutazione della Risposta Sismica Locale</u>	18
<i>10.1 Definizione dell’Input Sismico</i>	<i>18</i>
<i>10.2 Definizione del Modello di terreno</i>	<i>27</i>
<i>10.3 Risultati</i>	<i>28</i>
<u>6. Conclusioni</u>	35

1. Premessa

Il lavoro effettuato mira alla definizione della pericolosità geotecnica sismica per lo studio di Microzonazione Sismica di livello 1 (MS1) e per l'analisi della condizione limite per l'emergenza (CLE), nei Comuni appartenenti al **Lotto F**: Milo, Zafferana Etnea, Acireale, Piedimonte Etneo e Riposto.

La presente relazione si prefigge di illustrare i risultati ottenuti dalle analisi di risposta sismica locale per il comune di Zafferana Etnea, i cui limiti amministrativi sono riportati in Figura 1.1.

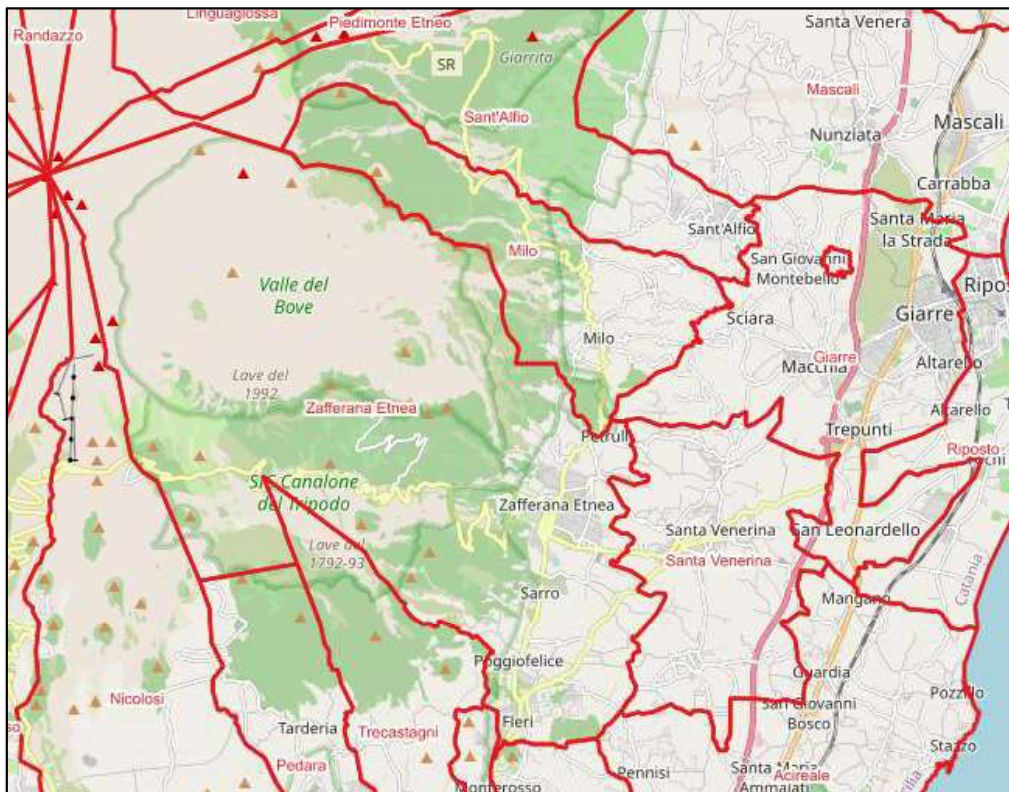


Figura 1.1 Limiti amministrativi del comune di Zafferana Etnea(π -WebGis)

Per valutare la risposta sismica locale è indispensabile disporre di un'approfondita conoscenza delle caratteristiche geotecniche del sito. Sono state quindi reperite le informazioni provenienti dalle indagini geognostiche e geofisiche per gli studi di Microzonazione sismica di Livello 1.

Tali indagini consistono in sondaggi a carotaggio continuo che si spingono fino alla profondità di 30.0 m, con prelievo di campioni, nonché di prove geofisiche per la determinazione della velocità delle onde di taglio. Per descrivere il comportamento dissipativo del terreno è inoltre fondamentale la disponibilità di curve $G/G_0 - \gamma$ e $D - \gamma$ (G/G_0 = modulo di taglio normalizzato, D = rapporto di smorzamento, γ = deformazione di taglio).

Sulla base di quanto previsto dalle NTC[2018], è stata definita la pericolosità sismica di base, ovvero su sito di riferimento rigido (Categoria A) e con superficie topografica orizzontale. Dopo aver definito la pericolosità sismica di base, occorre tener conto delle effettive condizioni stratigrafiche e topografiche del sito. È stato dunque utilizzato l'approccio semplificato fornito dalla normativa che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione del valore della velocità equivalente delle onde di taglio. Sono stati quindi definiti gli spettri di risposta elastici in

accelerazione della componente orizzontale del moto sismico per lo SLV considerando uno smorzamento del 5%.

Dopo aver evidenziato l'importanza degli studi di risposta sismica ed aver definito i principali fattori che influenzano lo scuotimento sismico, sono stati valutati gli effetti sismici locali mediante l'utilizzo di metodi numerici.

Nell'ambito del presente studio, le analisi sono state condotte attraverso il codice di calcolo lineare equivalente STRATA (Kottke et al. 2008) che effettua delle analisi di risposta sismica nel dominio della frequenza. Gli input sismici sono stati selezionati in modo tale che i relativi spettri di risposta approssimino gli spettri di risposta elastici nel campo dei periodi propri di vibrazione di interesse per il problema in esame. I risultati sono stati analizzati in termini di accelerazione massima al variare della profondità, di fattori di amplificazione, di funzioni di amplificazione e di spettri di risposta.

2. Caratterizzazione geotecnica e dinamica del Sito

Il comune di Zafferana Etnea è ubicato nelle pendici orientali dell'Etna e confina a Nord con Sant'Alfio, ad Est con Milo, Giarre e Santa Venerina, a Sud con Acireale, Aci Sant'Antonio, Viagrande, Trecastagni e Pedara, ed ad Ovest con Nicolosi.

Per valutare la risposta sismica locale nell'area oggetto di studio è indispensabile disporre di una vasta ed approfondita conoscenza delle caratteristiche geologiche, geotecniche e geofisiche del sito. Ai fini del presente studio, si è fatto riferimento alla campagna di indagine eseguita per gli studi di Microzonazione sismica di Livello 1.

Per la definizione delle caratteristiche litostratigrafiche è stato utilizzato il sondaggio denominato S3 DH, la cui ubicazione (Coordinate X: 37°39' 49" N; Y 15°05' 58" E) è riportata in Figura 2.1.



Figura 2.1 Ubicazione del sondaggio S3 DH (Comune di Zafferana Etnea)

Dal sondaggio S3 DH è stata rilevata la successione stratigrafica riportata in Figura 2.2.

Comititante		Dipartimento di Protezione Civile	SONDAGGIO VERTICALE S3 DH				Ordine n°: 3P	Pag. 1/1					
Redattore		Dott. Geol. Marco Andolina		Ubicazione: Comune di Zafferanea Etnea - Via Fortino Fleri n.3 (CT)		Quota Bocca Foro s.l.m.: 534 M	Inizio/Fine Esecuzione 06/06/2020 - 23/06/2020						
Operatore		Salvatore Piersa	Profondità raggiunta 30,00 m	Foro Adrezzato: tubazione per sismica in foro	Tipo Carotaggio: Continuo a rotazione idraulica		Tipo Sonda: EGT 710VD	Coordinate: X 37°39,833 N Y 15°05,973 E					
Scala (m)	Litologia	Descrizione	Quota (m)	RQD	%Carotaggio	Quota beta assoluta	S.P.T.	Prelievo Campioni	Carotaggio Continuo	Pocket Penetrometro "Kipari"	Solconometro "Tascable Icon"	Stron Geotecnica	
1		Materiale di riporto costituito da sabbie medio fini vulcaniche con poche ghiaie	2.30										
3		Scorie costituite da sabbie e ghiaie vulcaniche di colore grigio scuro molto addensate	10.90						W/Cs			tubazione per sismica in foro	
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11		Lava basaltica massiva poco fratturata di colore grigio scuro	15.80						D/CD				
12													93%
13													88%
14													98%
15		96%											
16		92%											
17		Lava scoriacea di colore rossastro, tenera e alterata	27.00						W/Cs				
18													
19													
20													
21													
22													
23		Lava basaltica vacuolare fratturata, colore grigio rossastro	28.60										
24													
25		Lava scoriacea di colore rossastro, tenera	30.00										
26													
27													
28													
29													
30													

Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio.
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa
Corona: W-Widla, D-Diamantata Campioni: CL campione litoido

Cassette catalogatrici N° 6

Redattore

Figura 2.2 Successione stratigrafica ottenuta dal sondaggio S3 DH

Nel sondaggio S3 DH è stata inoltre eseguita una prospezione sismica di tipo Down-Hole con letture ogni metro di profondità. I risultati di tale prova sono riportati nella Tabella 2.1.

La Figura 2.3 mostra il profilo della velocità delle onde di taglio, V_s , ottenuto dalla prova DH.

Tabella 2.1 Risultati della prova DH

z (m)	Spessore (h (m))	Vs (m/s)	h/Vs (sec)	Vs z (m/s)
1.0	1.0	298.14	0.0034	298.14
2.0	1.0	203.29	0.0049	241.75
3.0	1.0	614.16	0.0016	302.99
4.0	1.0	346.15	0.0029	312.74
5.0	1.0	957.86	0.0010	361.42
6.0	1.0	402.73	0.0025	367.71
7.0	1.0	679.88	0.0015	393.52
8.0	1.0	401.96	0.0025	394.56
9.0	1.0	1404.41	0.0007	428.82
10.0	1.0	1023.56	0.0010	455.27
11.0	1.0	1042.58	0.0010	479.84
12.0	1.0	745.64	0.0013	494.53
13.0	1.0	880.39	0.0011	511.79
14.0	1.0	615.59	0.0016	518.03
15.0	1.0	816.74	0.0012	530.97
16.0	1.0	398.31	0.0025	520.15
17.0	1.0	432.66	0.0023	514.03
18.0	1.0	452.29	0.0022	510.16
19.0	1.0	983.69	0.0010	523.42
20.0	1.0	985.76	0.0010	535.99
21.0	1.0	1229.13	0.0008	550.78
22.0	1.0	585.39	0.0017	552.27
23.0	1.0	250.07	0.0040	524.70
24.0	1.0	263.14	0.0038	503.83
25.0	1.0	227.33	0.0044	480.46
26.0	1.0	293.90	0.0034	469.01
27.0	1.0	293.90	0.0034	458.88
28.0	1.0	285.52	0.0035	449.14
29.0	1.0	433.79	0.0023	448.59
30.0	1.0	474.97	0.0021	449.43

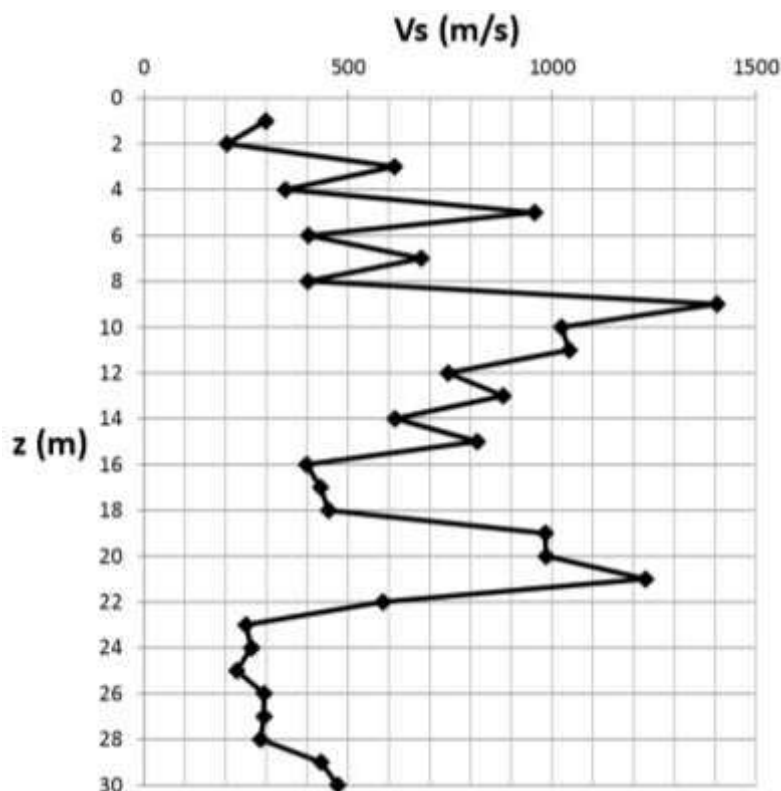


Figura 2.3 . Velocità delle onde di taglio lungo la profondità ottenute dalla prova DH

Nella definizione dei dati di input per le analisi di risposta sismica locale è fondamentale la disponibilità di curve $G/G_0 - \gamma$ e $D - \gamma$ (G/G_0 = modulo di taglio normalizzato, D = rapporto di smorzamento, γ = deformazione di taglio), che descrivano in maniera accurata il comportamento non lineare e dissipativo del terreno interessato sotto azioni dinamiche.

Data la natura dei terreni presenti, non sono stati prelevati campioni indisturbati. Pertanto, per descrivere la dipendenza del modulo di taglio e dello smorzamento dalla deformazione, è stato necessario fare riferimento a curve di decadimento di letteratura. In particolare, considerando gli strati identificati sulla base del profilo stratigrafico, si sono utilizzate le curve proposte in letteratura considerando la tipologia di terreno incontrato, la profondità e l'andamento delle onde di taglio e di compressione. Ai fini della descrizione delle curve di decadimento del modulo di taglio e dell'incremento dello smorzamento in funzione del livello di deformazione, si è utilizzata l'equazione proposta da Yokota et al. (1981) opportunamente calibrata ai terreni oggetto di studio.

$$\frac{G(\gamma)}{G_0} = \frac{1}{1 + \alpha\gamma(\%)^\beta} \quad (2.1)$$

in cui:

$G(\gamma)$ = modulo di taglio dipendente dalla deformazione;

γ = modulo di taglio;

α, β = costanti del terreno.

$$D(\gamma)(\%) = \eta \cdot \exp\left[-\lambda \cdot \frac{G(\gamma)}{G_0}\right] \quad (2.2)$$

in cui:

$D(\gamma)$ = smorzamento dipendente dalla deformazione;

γ = deformazione di taglio;

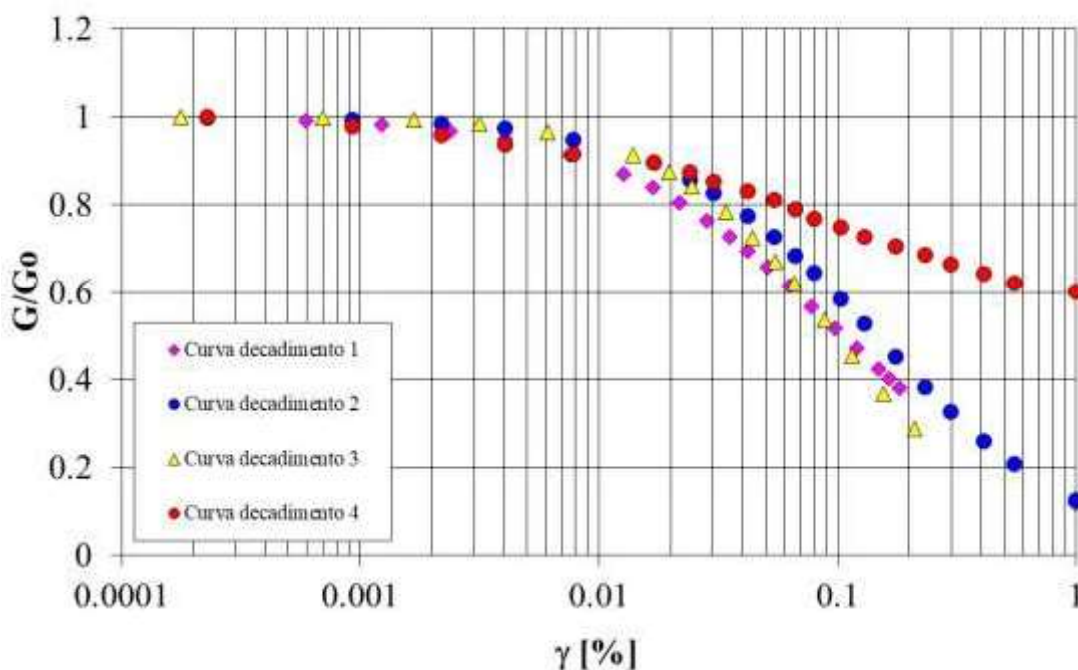
η, λ = costanti del terreno.

Infine, per la caratterizzare il substrato roccioso (lava basaltica massiva) si è utilizzata una legge lineare di decadimento per il modulo di taglio, mentre per lo smorzamento si è utilizzato un valore di $D_0 = 0.5\%$.

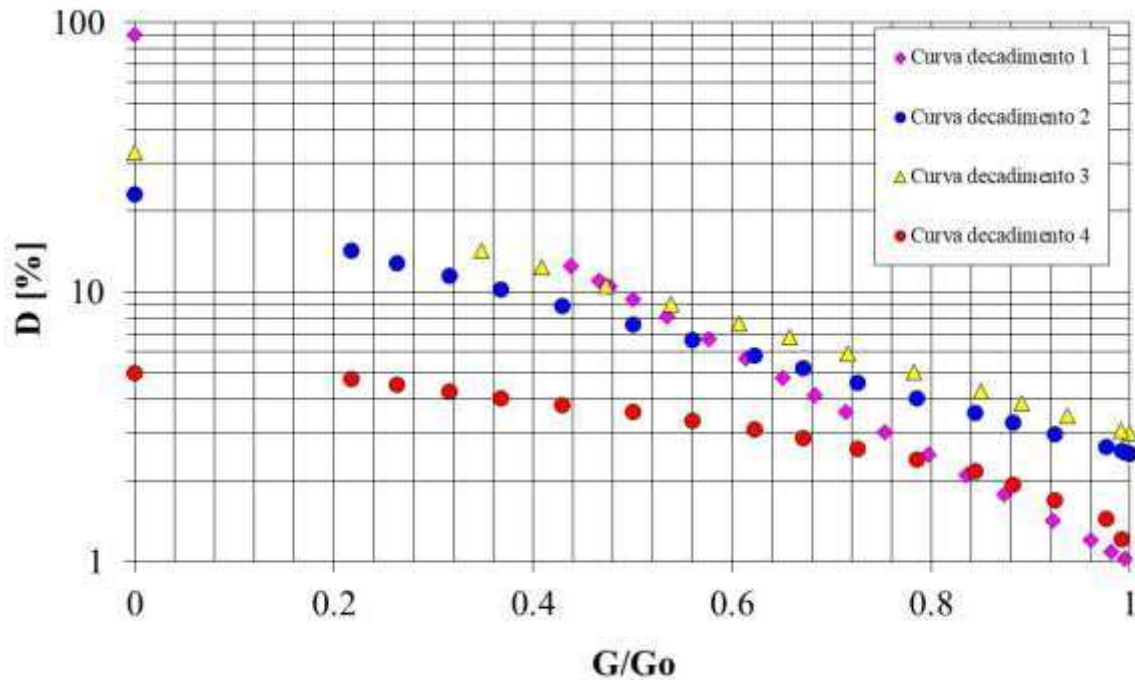
Le curve di decadimento del modulo di taglio e dell'incremento dello smorzamento in funzione del livello di deformazione sono rispettivamente riportate nella Tabella 2.2 e in Figura 2.4.

Tabella 2.2 Curve di decadimento utilizzate per le analisi di risposta sismica locale.

Curve decadimento	α	β	η	λ
1	7.5	0.897	90	4.5
2	6.9	1	23	2.21
3	16	1.2	33	2.4
4	Lineare	Lineare	Lineare	Lineare



(a)



(b)

Figura 2.4. Curve di decadimento del modulo di taglio (a) e dello smorzamento (b), utilizzate per le analisi di risposta sismica locale.

3. Calcolo dell’Azione Sismica: Sicurezza e Prestazioni Attese

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni, NTC[2018], approvate con Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018, adottano un approccio prestazionale alla progettazione delle nuove strutture ed alla verifica di quelle esistenti. La normativa valuta la sicurezza e le prestazioni di un’opera in relazione agli stati limite che possono verificarsi durante la sua Vita nominale. Quest’ultima è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l’opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

La normativa definisce i valori minimi della Vita nominale, da adottare per diversi tipi di costruzione, così come riportato in Tabella 3.1.

Tabella 3.1. Valori minimi della Vita nominale V_N per diversi tipi di costruzione (Tab. 2.4.I, NTC [2018])

TIPI DI COSTRUZIONE		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le NTC [2018] suddividono le costruzioni nelle seguenti classi d’uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di V_N per il coefficiente d'uso C_U :

$$V_R = V_N C_U \quad (3.1)$$

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito dalla normativa, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tabella 3.2.

Tabella 3.2. Valori del coefficiente d'uso C_U (Tab. 2.4.II, NTC [2018])

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una *pericolosità sismica di base*, ovvero su sito di riferimento rigido (Categoria A) e con superficie topografica orizzontale. La *pericolosità sismica di base* in un generico sito è descritta a partire dai valori dei seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*_C valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

- *Stato Limite di Operatività (SLO)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

- *Stato Limite di Danno (SLD)*: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- *Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

- *Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC)*: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

La normativa riporta inoltre le probabilità di superamento nel periodo di riferimento, indicate con P_{VR} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati (Tabella 3.3).

Tabella 3.3. Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato (Tab. 3.2. I, NTC [2018])

Stati Limite	Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Infine, per ciascun stato limite è possibile ricavare il periodo di ritorno del sisma utilizzando la seguente relazione:

$$T_R = -\frac{V_N}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.2)$$

Dopo aver definito la *pericolosità sismica di base*, occorre tener conto delle effettive condizioni stratigrafiche e topografiche del sito mediante delle specifiche analisi di risposta sismica locale. In alternativa, la normativa fornisce un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

La classificazione del sottosuolo si effettua sulla base dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dalla seguente espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}} \quad (3.3)$$

dove h_i = spessore dell'i-esimo strato; $V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato; N=numero di strati; H=profondità del substrato caratterizzata da una V_S non inferiore a 800 m/s. Per depositi con profondità del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo H=30 m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo sono definite nella tabella 3.4.

Tabella 3.4. Categorie di sottosuolo (Tab. 3.2. II, NTC [2018])

Categoria	Caratteristiche della categoria di sottosuolo
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Per tener conto di condizioni topografiche complesse è necessario effettuare delle specifiche analisi di risposta sismica. Invece, nel caso di configurazioni superficiali semplici, la normativa fornisce la classificazione riportata in Tabella 3.5.

Tabella 3.5. Categorie di topografiche (Tab. 3.2. III, NTC [2018])

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

Le NTC [2018] definiscono lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico sulla base delle seguenti espressioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \quad (3.4)$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \quad (3.5)$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C}{T} \right) \quad (3.6)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g S \eta F_0 \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right) \quad (3.7)$$

Dove:

-T è il periodo di vibrazione;

-S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni stratigrafiche attraverso la seguente relazione:

$$S = S_S S_T \quad (3.8)$$

con S_S coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T coefficiente di amplificazione topografica;

- η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi ξ , diverso dal 5%, mediante la seguente relazione:

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0,55 \quad (3.9)$$

- F_0 è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, dato dalla seguente relazione:

$$T_C = C_C T_C^* \quad (3.10)$$

dove C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo;

- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, dato dalla relazione:

$$T_B = \frac{T_C}{3} \quad (3.11)$$

- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratta a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la seguente relazione:

$$T_D = 4,0 \frac{a_g}{g} + 1,6 \quad (3.12)$$

I coefficienti S_S e C_C possono essere calcolati in funzione dei valori F_0 e T_C^* mediante le espressioni fornite dalla Tabella 3.6. Il coefficiente S_T si ottiene in funzione delle categorie topografiche (Tabella 3.7).

Tabella 3.6. Espressioni di S_S e di C_C (Tab. 3.2. IV, NTC [2018])

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,4 F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,6 F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 3.7. Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica (Tab. 3.2. V, NTC [2018])

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

Lo spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali $S_{De}(T)$ si ricava dalla corrispondente risposta in accelerazione $S_e(T)$ mediante la seguente espressione:

$$S_{De}(T) = S_e(T) \left(\frac{T}{2\pi} \right)^2 \quad (3.13)$$

purché il periodo proprio di vibrazione T non ecceda i valori T_E indicati in Tabella 3.8

Tabella 3.8. Valori dei parametri T_E e T_F (Tab. 3.2. VII, NTC [2018])

Categoria di sottosuolo	T_E [s]	T_F [s]
A	4,5	10,0
B	5,5	10,0
C, D, E	6,0	10,0

Per periodi di vibrazione eccedenti T_E , le ordinate dello spettro possono essere ottenute dalle seguenti formule:

$$T_E < T \leq T_F \quad S_{De}(T) = 0,025 a_g S T_C T_D \left[F_o \eta + (1 - F_o \eta) \frac{T - T_E}{T_F - T_E} \right] \quad (3.14)$$

$$T > T_F \quad S_{De}(T) = d_g \quad (3.15)$$

Dove d_g è dato la seguente espressione:

$$d_g = 0,025 a_g S T_C T_D \quad (3.16)$$

Lo spettro di risposta di progetto $S_d(T)$ da utilizzare è lo spettro di risposta elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerato (Tabella 3.3). Per valutare la domanda verrà utilizzato tale spettro, nel caso di analisi non lineare statica ponendo $\eta = 1$, nel caso di analisi lineare, statica o dinamica con le ordinate ridotte sostituendo nelle equazioni (3.4), (3.5), (3.6) e (3.7) η con $1/q$, dove q è il fattore di comportamento.

Sulla base di quanto previsto dalle NTC[2018], è stata definita la *pericolosità sismica di base*, ovvero su sito di riferimento rigido (Categoria A) e con superficie topografica orizzontale.

Le coordinate del sito sono state definite considerando il punto centrale ai 5 comuni appartenenti al Lotto F: Milo, Zafferana Etnea, Acireale, Piedimonte Etneo e Riposto (Figura 3.1).

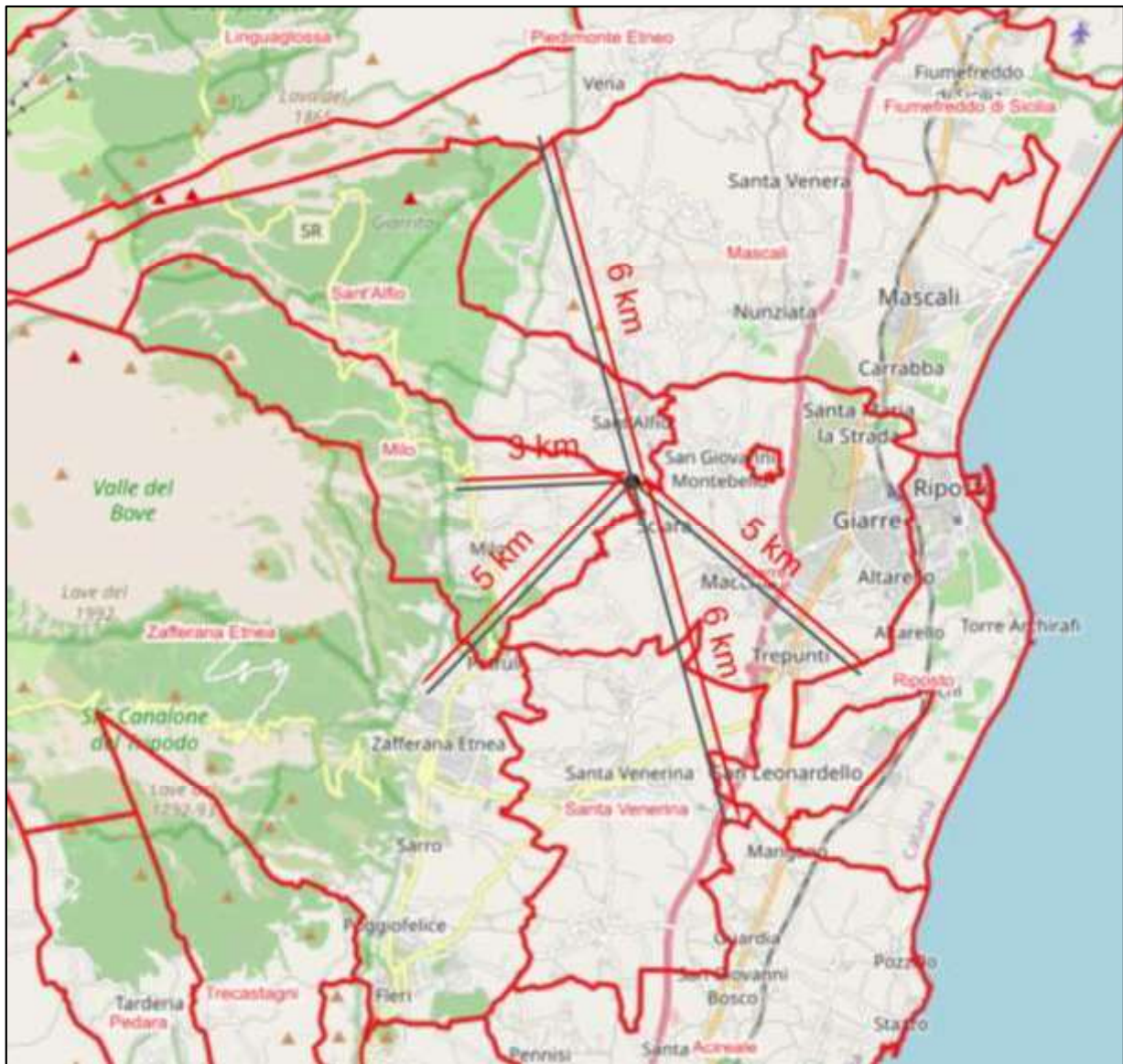


Figura 3.1. Punto centrale ai 5 comuni appartenenti al Lotto F: Milo, Zafferana Etnea, Acireale, Piedimonte Etneo e Riposto

Considerando dunque una latitudine ed una longitudine di 37.723 e 15.129, rispettivamente, una Vita nominale $V_N = 50$ anni e un Coefficiente d'uso della struttura $C_u = 1$ sono stati ottenuti i parametri a_g , F_0 e T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati ai diversi Stati Limite (Tabella 3.9).

Tabella 3.9. Valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati ai diversi Stati Limite

STATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.097	2.547	0.239
SLD	50	0.117	2.552	0.251
SLV	475	0.224	2.642	0.307
SLC	975	0.267	2.692	0.327

Dopo aver definito la *pericolosità sismica di base*, occorre tener conto delle effettive condizioni stratigrafiche e topografiche del sito. È stato dunque utilizzato l'approccio semplificato fornito dalla normativa che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione del valore della velocità

equivalente delle onde di taglio (Equazione 3.3). Quest'ultima nel caso in esame, è definita dal parametro $V_{s,30}$ poiché la profondità del substrato è superiore a 30 m.

Sulla base dei risultati forniti dalla prove Down-Hole (D-H) otteniamo un valore di $V_{s,30}$ pari a 449 m/s. Ai fini dell'identificazione della categoria di riferimento il sottosuolo può essere dunque considerato appartenente alla Categoria B (Tabella 3.4).

Da un punto di vista topografico il sito risulta pianeggiante quindi appartenente alla Categoria Topografica T1 (Tabella 3.5) alla quale corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica S_T pari a 1,00 (Tabella 3.7).

I parametri dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV sono riportati in Tabella 3.10.

La figura 3.2 riporta lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico per lo SLV considerando uno smorzamento del 5%.

Tabella 3.10. Parametri dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.224 g
F_O	2.642
T_C^*	0.307 s
S_S	1.164
S_T	1.000
S	1.164
C_C	1.393
T_B	0.143 s
T_C	0.428 s
T_D	2.495 s
η	1

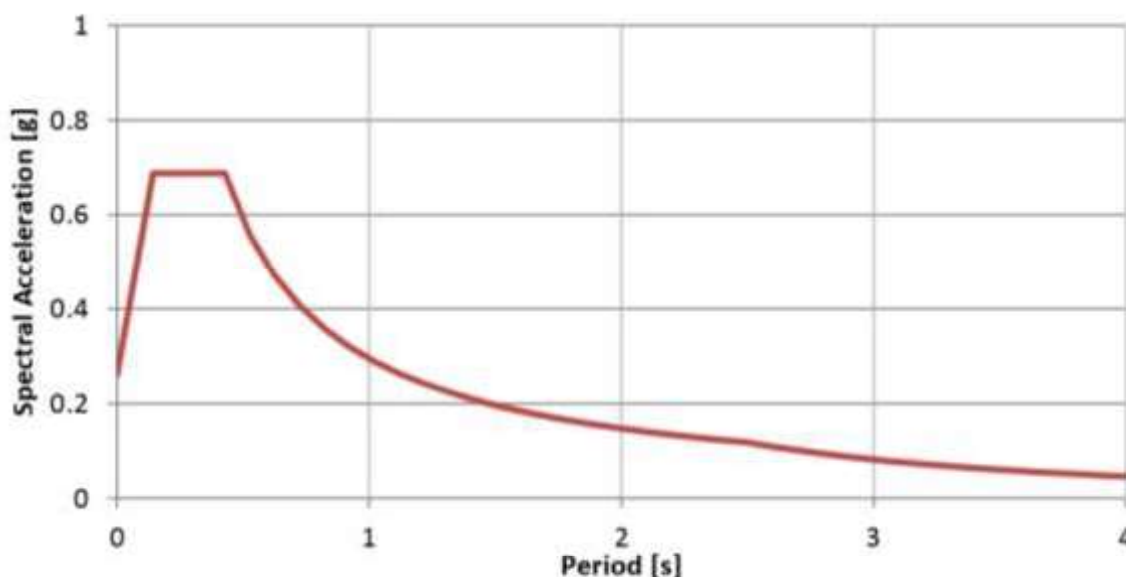


Figura 3.2. Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico per lo SLV considerando uno smorzamento del 5%

4. Risposta Sismica Locale

Le analisi di Risposta Sismica Locale rappresentano un elemento di fondamentale rilevanza nell'ottica di un efficace intervento mirato alla mitigazione del Rischio Sismico. Anche le attuali Norme tecniche per le costruzioni [NTC2018] sottolineano l'importanza di tener conto delle effettive condizioni stratigrafiche e topografiche del sito mediante delle specifiche analisi di risposta sismica locale.

Studiare tale fenomeno significa capire, mediante la conoscenza delle proprietà fisiche, meccaniche e dinamiche del terreno, unitamente alle caratteristiche del moto sismico, come un segnale sismico imposto come input alla base di un dato deposito di terreno si modifichi attraversando gli strati di terreno in cui lo stesso si propaga. Di fatto, uno stesso evento sismico può subire, a causa delle condizioni locali del sito, delle variazioni in termini di ampiezza, durata e contenuto in frequenza che possono rendere il sisma più potente e disastroso di quanto si possa immaginare.

Il meccanismo di generazione e propagazione delle onde sismiche ha una natura molto complessa. L'energia liberata durante un terremoto viene in parte dissipata sotto forma di calore, sviluppato per effetto dell'attrito derivante dallo scorrimento delle masse rocciose lungo la superficie di faglia, in parte è spesa come lavoro, per compiere lo spostamento delle masse coinvolte, e in parte si propaga nel terreno sotto forma di onde sismiche di volume.

Le onde sismiche di volume associate a stati di compressione-dilatazione volumetrica sono chiamate onde P, mentre quelle connesse a stati deformativi distorsionali sono dette onde S.

Le onde P sono caratterizzate da una velocità di propagazione V_P pari a:

$$V_P = \sqrt{\frac{M_V}{\delta}} \quad (4.1)$$

dove M_V è il modulo di rigidezza a compressione monodimensionale e δ è la densità del mezzo.

Mentre, le onde S si propagano con velocità V_S pari a:

$$V_S = \sqrt{\frac{G}{\delta}} \quad (4.2)$$

Dove G è il modulo di rigidezza a taglio del materiale.

Il fenomeno di vibrazione prodotto da un evento sismico è dunque il risultato della propagazione dalla sorgente di onde elastiche di volume, che in profondità attraversano ammassi rocciosi ed in superficie in genere interessano formazioni di terreni sciolti.

Generalmente le onde sismiche durante il loro cammino di propagazione nel terreno non incontrano un mezzo omogeneo, bensì stratificato e quindi costituito da strati caratterizzati da diverse proprietà fisiche e meccaniche. Nell'impatto con le superfici di contatto fra i vari strati le onde sismiche vengono in parte rifratte e in parte riflesse, subendo importanti modifiche nella direzione di propagazione e con una perdita di energia crescente con la distanza, anche a causa di fenomeni dissipativi di tipo isteretico nei mezzi attraversati (Figura 4.1).

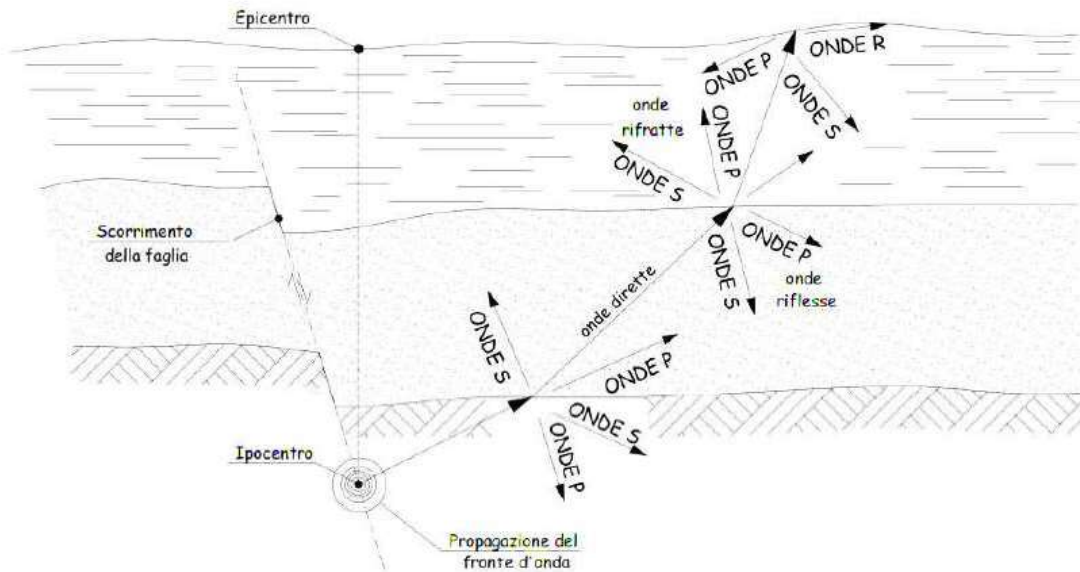


Figura 4.1. Fenomeno di riflessione e rifrazione delle onde sismiche e raddrizzamento della direzione di propagazione

I principali fattori che influenzano lo scuotimento sismico in un sito in condizioni *free field* (superficie libera da manufatti) sono:

- a) la sorgente;
- b) il percorso di propagazione;
- c) le condizioni locali

a) Sorgente

Generalmente l'influenza dei meccanismi di sorgente prevale su quella degli altri fattori in un'area compresa entro un raggio all'incirca uguale alla lunghezza della frattura, spesso compresa fra i 15 ed i 20km e indicata in letteratura come *near field*. I parametri che influenzano maggiormente lo scuotimento sismico sono la profondità della sorgente, la lunghezza della frattura e l'energia rilasciata dal terremoto.

b) Percorso di propagazione

Le onde di volume sono delle onde sismiche che si propagano nel terreno secondo fronti d'onda sferici, coinvolgendo volumi di terreno sempre maggiori.

Nei mezzi elastici, omogenei e isotropi la propagazione delle onde di volume segue la seconda legge fondamentale della dinamica e, le equazioni del moto per un volume elementare di tale materiale assumono, in un riferimento cartesiano (x, y, z) , la seguente forma:

$$\mu \nabla^2 s + (\lambda + \mu) \nabla(\nabla s) = \rho \frac{\partial^2 s}{\partial t^2} \quad (4.3)$$

nella quale:

- $s(u,v,w)$ è il vettore delle componenti cartesiane dello spostamento;

- ρ è la densità del materiale;
- $\nabla = \left(\frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y}, \frac{\partial}{\partial z} \right)$ è l'operatore vettoriale gradiente;
- $\nabla^2 = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}, \frac{\partial^2}{\partial y^2}, \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right)$ è l'operatore scalare di Laplace;
- t è il tempo;
- λ e μ sono le costanti elastiche di Lamé (1859)

c) Condizioni locali

Con il termine condizioni locali si intende l'insieme di quei fattori naturali che interagendo con le onde sismiche possono modificare, rispetto allo scuotimento della roccia sottostante (*bedrock*), le caratteristiche dello scuotimento sismico in superficie. Tali fattori sono di natura geologica (caratteristiche stratigrafiche, discontinuità tettoniche e litologiche, livello di falda, età geologica, ecc.), topografica (morfologia superficiale e sepolta) e geotecnica (proprietà dei terreni in campo statico e dinamico).

5. Valutazione dell'Amplificazione Sismica Locale

Nell'ambito del presente studio, le analisi sono state condotte attraverso il codice di calcolo STRATA (Kottke et al. 2008) che effettua delle analisi di risposta sismica nel dominio della frequenza. STRATA calcola la risposta di una colonna monodimensionale di terreno utilizzando la propagazione lineare delle onde con proprietà dinamiche che dipendono dal livello deformativo. Questo è comunemente indicato come metodo di Analisi Lineare Equivalente (EQL), che è stato utilizzato per la prima volta nel codice di calcolo SHAKE (Schnabel et al. 1972; Idriss & Sun 1992).

Gli input sismici e il modello di terreno utilizzati nelle analisi RSL sono di seguito descritti. Infine, i risultati sono stati opportunamente riportati e confrontati con l'approccio semplificato fornito dalla normativa.

5.1. Definizione dell'Input Sismico

Le NTC [2018], al paragrafo 3.2.3.6, affermano che gli stati limite, ultimi e di esercizio, possono essere verificati mediante l'uso di storie temporali del moto del terreno artificiali o naturali.

Gli *accelerogrammi artificiali* devono avere uno spettro di risposta elastico coerente con lo spettro di risposta adottato nella progettazione. La coerenza con lo spettro di risposta elastico è da verificare in base alla media delle ordinate spettrali ottenute con i diversi accelerogrammi, per un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente del 5%. L'ordinata spettrale media non deve presentare uno scarto in difetto superiore al 10%, rispetto alla corrispondente componente dello spettro elastico, in alcun punto del maggiore tra gli intervalli $0,15s \div 2,0s$ e $0,15s \div 2T$, in cui T è il periodo proprio di vibrazione della struttura in campo elastico, per le verifiche agli stati limite ultimi, e $0,15 s \div 1,5 T$, per le verifiche agli stati limite di esercizio. Nel caso di costruzioni con isolamento sismico, il limite superiore dell'intervallo di coerenza è assunto pari a $1,2 T_{is}$, essendo T_{is} il periodo equivalente della struttura isolata, valutato per gli spostamenti del sistema d'isolamento prodotti dallo stato limite in esame. L'uso di storie temporali del moto del terreno artificiali non è ammesso nelle analisi dinamiche di opere e sistemi geotecnici.

L'uso di storie temporali del moto del terreno generate mediante simulazione del meccanismo di sorgente e della propagazione (*sismogrammi*) è ammesso a condizione che siano adeguatamente giustificate le ipotesi relative alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente e del mezzo di propagazione e che, negli intervalli di periodo sopraindicati, l'ordinata spettrale media non presenti uno scarto in difetto superiore al 20% rispetto alla corrispondente componente dello spettro elastico. L'uso di *storie temporali del moto del terreno naturali o registrate* è ammesso a condizione che la loro scelta sia rappresentativa della sismicità del sito e sia adeguatamente giustificata in base alle caratteristiche sismogenetiche della sorgente, alle condizioni del sito di registrazione, alla magnitudo, alla distanza dalla sorgente e alla massima accelerazione orizzontale attesa al sito.

Le storie temporali del moto del terreno registrate devono essere selezionate in modo tale che i relativi spettri di risposta approssimino gli spettri di risposta elastici nel campo dei periodi propri di vibrazione di interesse per il problema in esame. Nello specifico la compatibilità con lo spettro di risposta elastico deve essere verificata in base alla media delle ordinate spettrali ottenute con i diversi accelerogrammi associati alle storie per un coefficiente di smorzamento viscoso equivalente del 5%. L'ordinata spettrale media non deve presentare uno scarto in difetto superiore al 10% ed uno scarto in eccesso superiore al 30%, rispetto alla corrispondente componente dello spettro elastico in alcun punto dell'intervallo dei periodi propri di vibrazione di interesse per l'opera in esame per i diversi stati limite.

ESM_REXELweb (Iervolino et al. 2010), liberamente utilizzabile dal sito <https://esm-db.eu>, è un tool che permette di costruire, sulla base di determinati parametri inseriti dall'utente, uno spettro di riferimento in accordo con le Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC2018) o con l'Eurocode 8. Inoltre, il tool ricerca 7 accelerogrammi i cui spettri di risposta in accelerazione sono, in media, compatibili con lo spettro di riferimento, in un determinato intervallo di periodi, con un'assegnata tolleranza (Felicetta et. al. 2017).

I parametri di ingresso sono di seguito elencati:

- Spettro di riferimento
- Coordinate geografiche del sito
- Categoria di sottosuolo
- Classe topografica (T1, T2, T3 o T4)
- Vita nominale della struttura
- Classe d'uso
- Stato limite di esercizio o stato limite ultimo
- Parametri di ricerca:
 - Componenti del moto di riferimento
 - Categoria di sottosuolo (A, A*, B, B*, C, C*, D, E)
 - Magnitudo massima e minima
 - Tipo di magnitudo (MW, ML, o MW ed ML)
 - Distanza epicentrale (in km) massima e minima
 - Possibilità di includere registrazioni analogiche e/o late triggered
 - Meccanismo focale (NF, SS, TF ecc.)
- Parametri relativi alla spettro compatibilità:
 - Intervallo di periodo (in s)
 - Tolleranza (in percentuale) richiesta nell'intervallo di periodo scelto
 - Possibilità di applicare un fattore di scala agli accelerogrammi reali

Con riferimento al caso in esame, attraverso l'utilizzo di ESM_REXELweb, è stato ottenuto lo spettro di risposta su sito di riferimento rigido (Categoria A) e con superficie topografica orizzontale per SLV, inserendo le informazioni relative alla latitudine e longitudine del sito (Lat. 37.735; Long. 15.139), Vita nominale ($V_N = 50$) e Coefficiente d'uso della struttura ($C_u = 1$) (Figura 5.1).

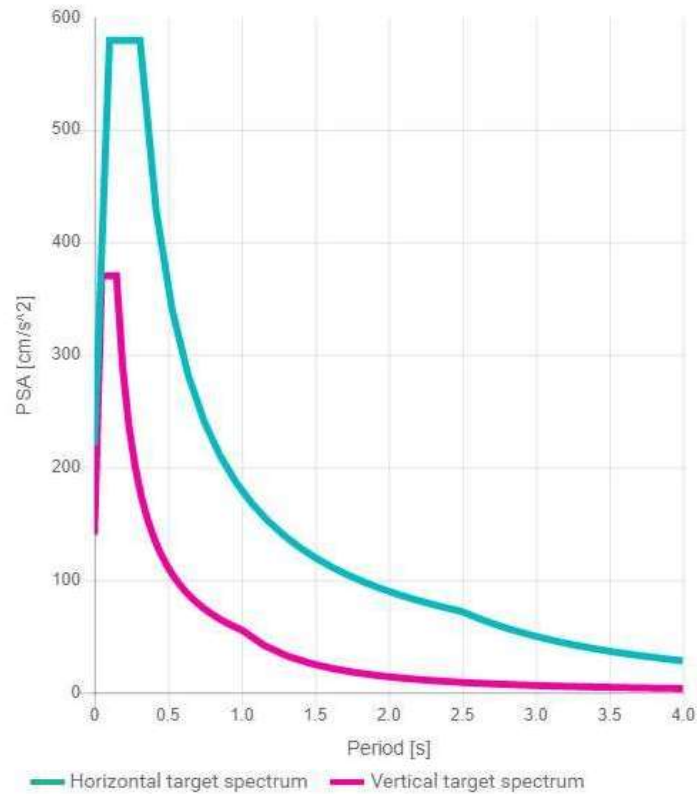


Figura 5.1. Spettro di risposta elastico in termini di accelerazioni su sito di riferimento rigido ottenuto da
ESM_REXELweb

Per determinare gli intervalli di magnitudo e di distanza occorre ricavare i valori dell'analisi di disaggregazione. La disaggregazione è una procedura mediante la quale si determinano i parametri del terremoto che più influenzano la pericolosità sismica di un sito. Ipotizzando che l'accelerazione superi un valore di interesse, con la disaggregazione si calcola per ciascuna possibile coppia magnitudo (M) e distanza del sito dalla sorgente del terremoto (R), la probabilità che tale superamento sia causata da quella coppia (Iervolino et al. 2009).

Dal sito <http://essel-gis.mi.ingv.it> è possibile ottenere la disaggregazione della pericolosità sismica considerando una probabilità di superamento del 2%, 5%, 10%, 22%, 30%; 39%, 50%, 63% o 81% in 50 anni, corrispondenti ai tempi di ritorno di 2475, 975, 475, 201, 140, 101, 72, 50 e 30 anni (Meletti et al. 2006)

Nel caso in esame i dati di disaggregazione, riportati nelle Figure 5.2 e 5.3, sono stati ottenuti considerando un probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

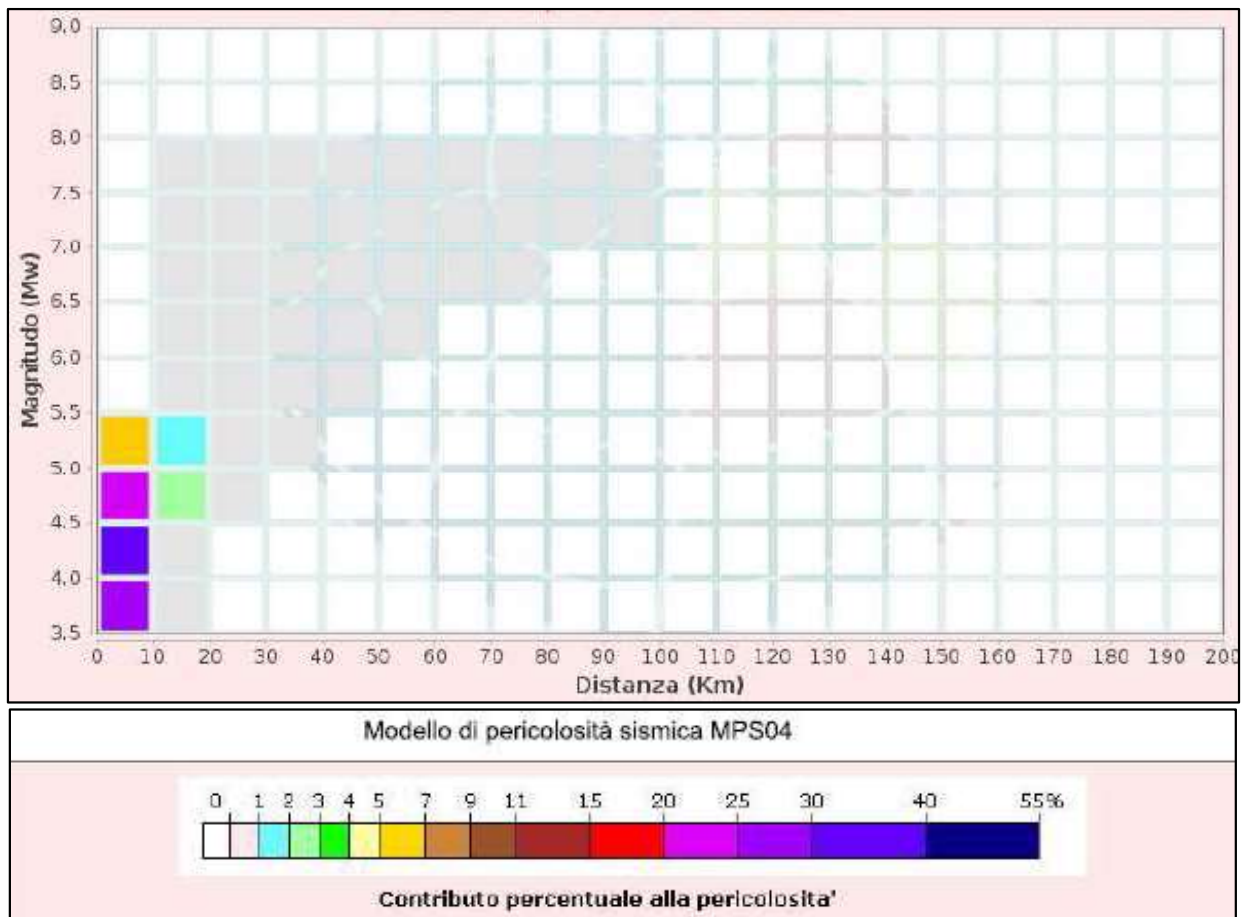


Figura 5.2 Dati di disaggregazione rappresentati graficamente ottenuti dal sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>

Distanza (Km)	Magnitudo (Mw)										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	26.4000	36.8000	23.9000	6.2000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10-20	0.0097	0.8000	2.0000	1.0700	0.3020	0.1540	0.1210	0.1150	0.0204	0.0000	0.0000
20-30	0.0000	0.0000	0.0015	0.0450	0.1860	0.2170	0.2880	0.3400	0.0680	0.0000	0.0000
30-40	0.0000	0.0000	0.0000	0.0006	0.0224	0.0681	0.1410	0.2170	0.0499	0.0000	0.0000
40-50	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0114	0.0604	0.1240	0.0321	0.0000	0.0000
50-60	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0211	0.0678	0.0198	0.0000	0.0000
60-70	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0046	0.0361	0.0122	0.0000	0.0000
70-80	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003	0.0158	0.0067	0.0000	0.0000
80-90	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0052	0.0033	0.0000	0.0000
90-100	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0008	0.0010	0.0000	0.0000
100-110	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
110-120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
120-130	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
130-140	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
140-150	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
150-160	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
160-170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
170-180	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
180-190	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
190-200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.39	5.06	1.46

Figura 5.3. Dati di disaggregazione in forma tabellare e valori medi ottenuti dal sito <http://essel-gis.mi.ingv.it>

Gli intervalli di magnitudo e di distanza sono stati quindi determinati dai valori ottenuti dall'analisi di disaggregazione:

- Intervallo di Magnitudo: 3.5-6.2
- Intervallo di Distanza: 0-20 km

Al fine di garantire la spettro-compatibilità è stata considerata una tolleranza minima del 10% e una tolleranza massima del 30% nell'intervallo di periodo compreso tra 0.1s ÷ 1.0 s.

I parametri di ingresso utilizzati sono riassunti nella Tabella 5.1.

Tabella 5.1 Parametri di ingresso in ESM_REXELweb (<https://esm-db.eu>)

Target	NTC18-Italian Building Code (D.M. 2018)
Latitudine	37.735
Longitudine	15.139
Soil Type	A
Nominal life	50 years
Functional type	II
Limit State	SLV
Preliminary	
Component	One horizontal component
Inferred soil class	yes
Late trigger events	no

Soil Type	A
T ₁ [s]	0.1
T ₂ [s]	1.0
Instrument type	Any
Style of faulting	Any
Criterion	Magnitude-distance
Type of magnitude	Moment or local magnitude
Minimum event magnitude	3.5
Maximum event magnitude	6.2
Minimum epicentral distance [km]	0
Maximum epicentral distance [km]	20
Matching	
Lower tol. [%]	10
Upper tol. [%]	30
T ₁ [s]	0.1
T ₂ [s]	1.0
Additional tolerance [%]	0
Set size	7
Number of combinations	3
Adimensional flag	no
Check on PGA	yes

Le Figure 5.4- 5.6 riportano le principali caratteristiche, gli spettri e le storie temporali dei sette accelerogrammi ricavati da ESM_REXELweb

Combination #	Waveform ID #	ESM ID #	Network #	Station code #	Series # ID #	Instrument code #	Orientation #	ML #	MS #	Style of faulting #	Epicenter distance (km) #	EC8 code #	Vs30 (m/s) #	Score #	Scale Factor #
2	IV EVRN 00 HN EMSC-20181226_0000014	EMSC-20181226_0000014	IV	EVRN	00	HN	E	4.8	4.9	Strike-slip faulting	5.3	A		E 0.482	E 1.000
2	IV T1212 00 HN EMSC-20181026_0000077	EMSC-20181026_0000077	IV	T1212	00	HN	E	5.4	5.4	Normal faulting	15.2	A		E 0.329	E 1.000
2	E SRCC 00 HN IT 1876-0030	IS 1876-0030	E	SRCC	00	HN	E	6.0	6.0	Thrust faulting	15.8	A		E 0.239	E 1.000
2	IV SLLI 00 HN IT 2010-0032	IS 2010-0032	IV	SLLI	00	HN	E	4.8	4.7	Strike-slip faulting	11.4	A		E 0.553	E 1.000
2	IT SVN 00 HG EMSC-20181226_0000014	EMSC-20181226_0000014	IT	SVN	00	HG	N	4.8	4.9	Strike-slip faulting	4.5	A		N 0.275	N 1.000
2	IT ACC 00 HG EMSC-20181026_0000029	EMSC-20181026_0000029	IT	ACC	00	HG	E	6.1	6.5	Normal faulting	18.8	A		E 0.882	E 1.000
2	IV FEMA 00 HN EMSC-20181026_0000077	EMSC-20181026_0000077	IV	FEMA	00	HN	E	5.4	5.4	Normal faulting	11.5	A		E 0.325	E 1.000

Figura 5.4. Combinazione di accelerogrammi ottenuta da ESM_REXELweb: caratteristiche principali

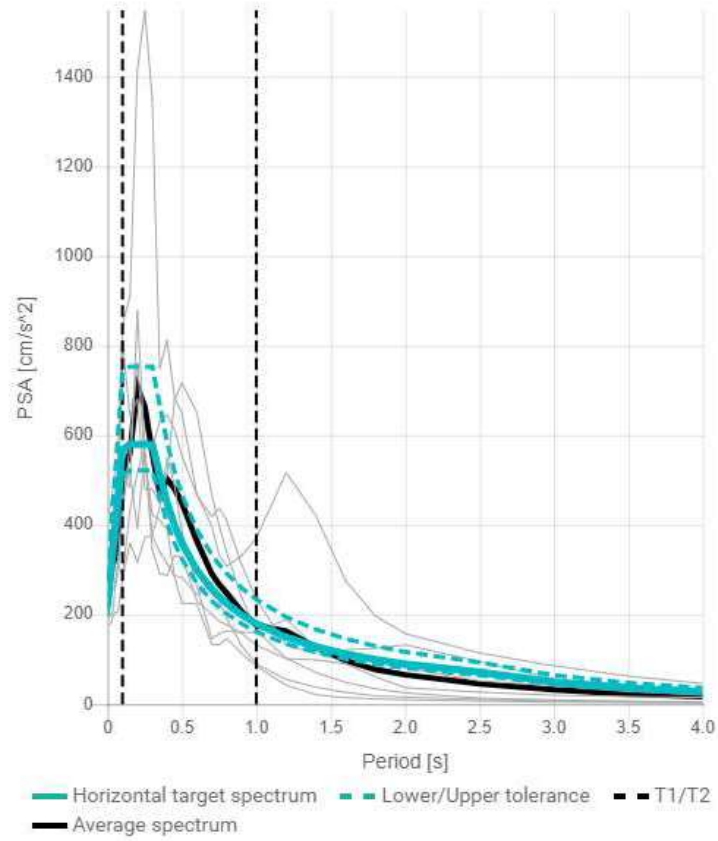
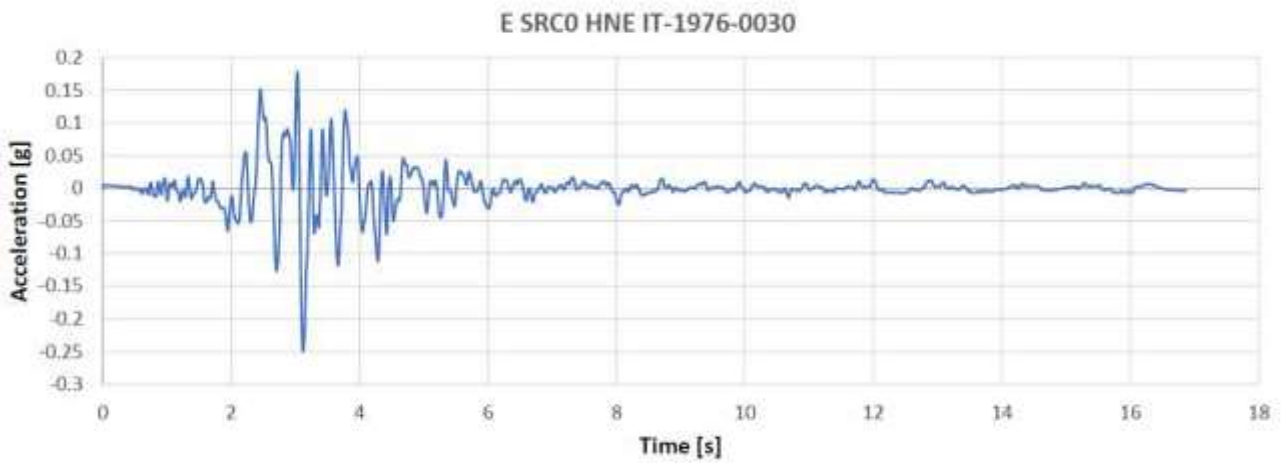
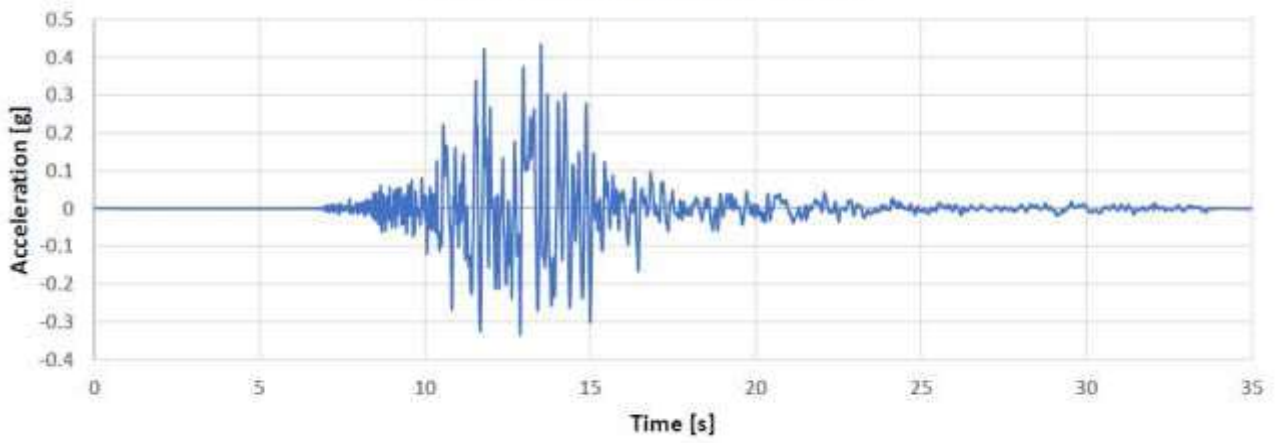


Figura 5.5. Combinazione di accelerogrammi ottenuta da ESM_REXELweb-Spettro compatibilità (Combinazione n. 2): spettri



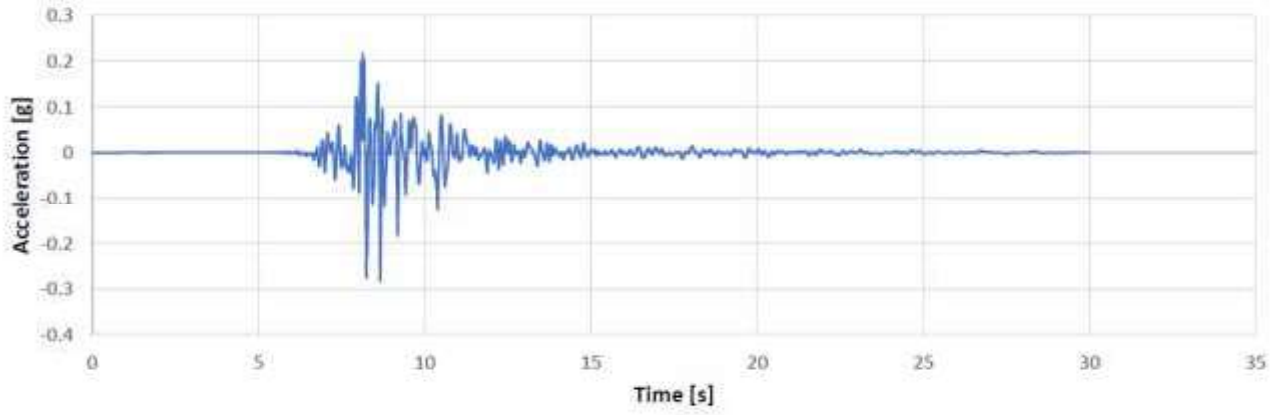
(a)

IT ACC HGE EMSC-20161030_000029



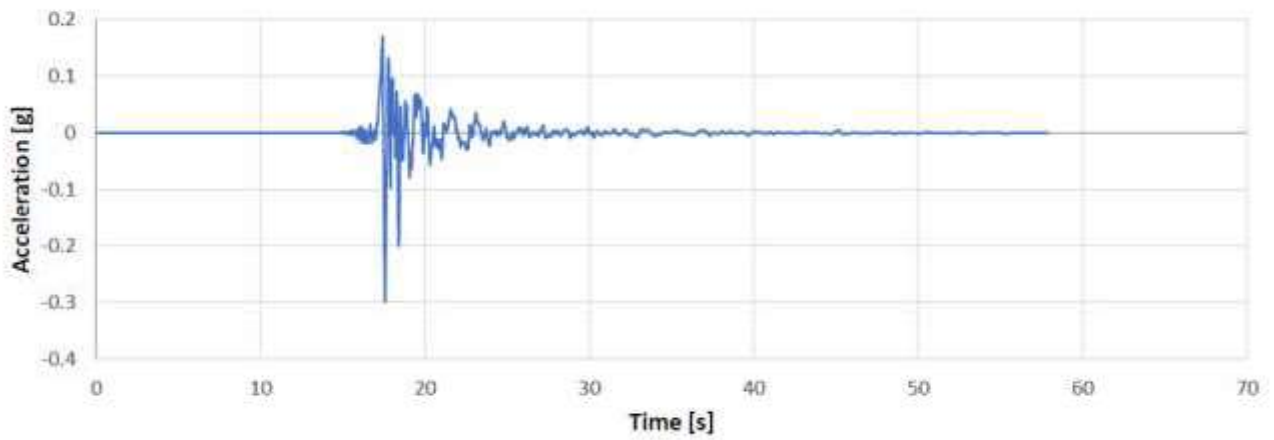
(b)

IT SVN HGE EMSC-20181226-000014

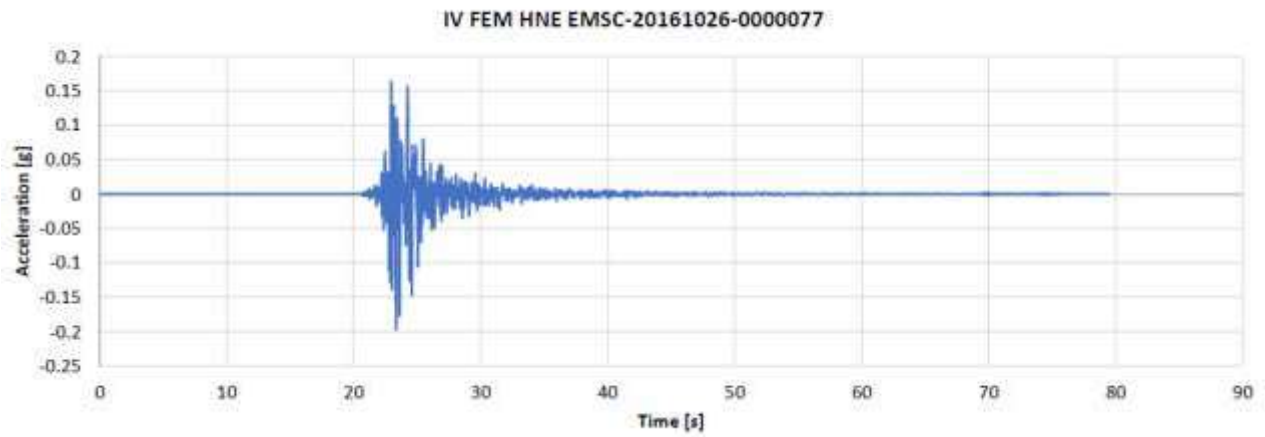


(c)

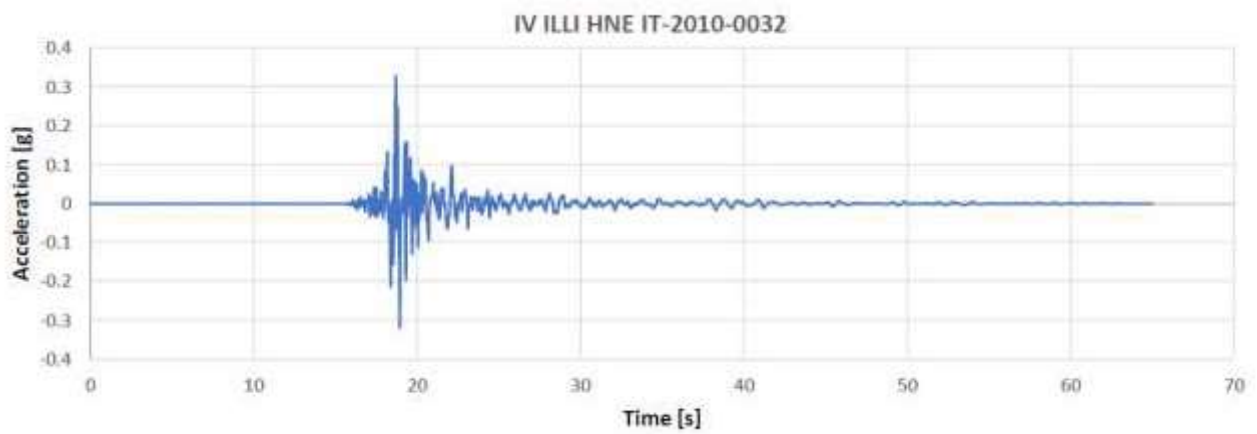
IV EVRN HNE EMSC-20181226-000014



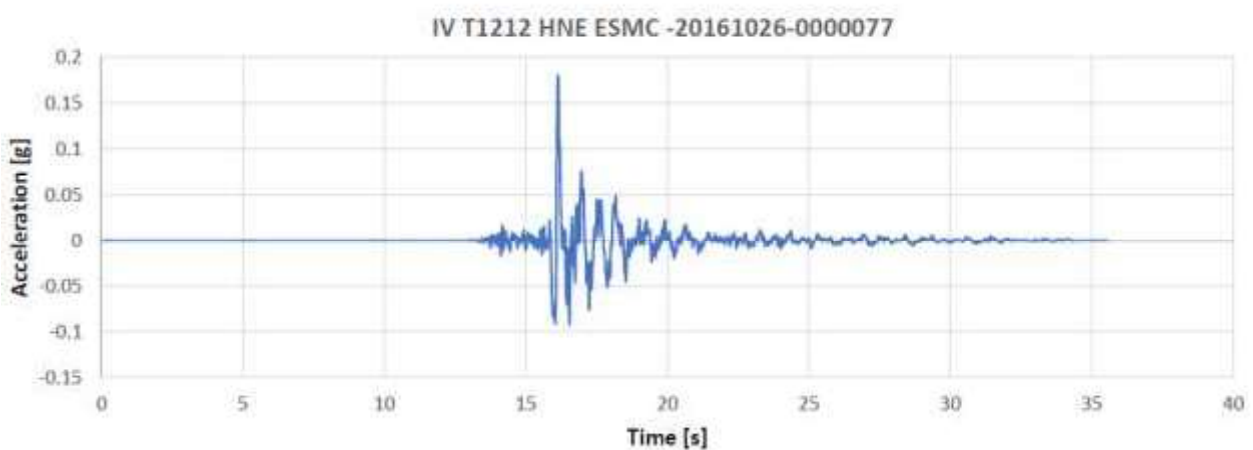
(d)



(e)



(f)



(g)

Figura 5.6. Accelerogrammi ricavati da ESM_REXELweb: a) E SRC0 HNE IT-1976-0030; b) IT ACC HGE EMSC-20161030_0000029; c) IT SVN HGE EMSC-20181226-0000014; d) IV EVRN HNE EMSC-20181226-0000014; e) IV FEM HNE EMSC-20161026-0000077; f) IV ILLI HNE IT-2010-0032; g) IV T1212 HNE ESMC -20161026-0000077

5.2. Definizione del Modello di Terreno

Nell'ambito del presente studio, le analisi sono state condotte attraverso il codice di calcolo STRATA (Kottke et al. 2008) che valuta la risposta sismica di un deposito di terreno schematizzandolo come un sistema di n strati omogenei e viscoelastici sovrastanti un semispazio uniforme. Ogni strato è descritto per mezzo dello spessore H , della velocità delle onde di taglio V_S , del peso dell'unità di volume γ , delle curve del decadimento del modulo di taglio e dell'incremento dello smorzamento in funzione della deformazione a taglio (G/G_0 - γ ; D - γ).

La velocità delle onde di taglio, V_S , svolge un ruolo fondamentale nelle analisi di risposta sismica. Il profilo delle V_S , utilizzato nelle presenti analisi, è stato ottenuto dalla prova D-H, precedentemente descritta, che fornisce un profilo dettagliato della velocità lungo la profondità. Il peso dell'unità di volume è stato ottenuto dalle prove di laboratorio. Inoltre, per tenere in considerazione la non linearità del terreno, le curve G/G_0 - γ e D - γ sono state inserite nel codice.

La risposta dinamica del modello richiede la conoscenza della posizione del *bedrock*. La profondità convenzionalmente adottata corrisponde ad un valore di V_S pari a 800 m/s (Categoria di Sottosuolo A) secondo le NTC [2018]. Il criterio adottato per la valutazione di quest'ultima consiste nell'interpolazione lineare del profilo delle velocità delle onde di taglio. La profondità ottenuta è di circa 42 m. La frequenza naturale del deposito ($f=V_S/4H$) è pari a 2.89 Hz (ovvero $T=0.35$ s).

Il modello di terreno analizzato è riportato in Tabella 5.2.

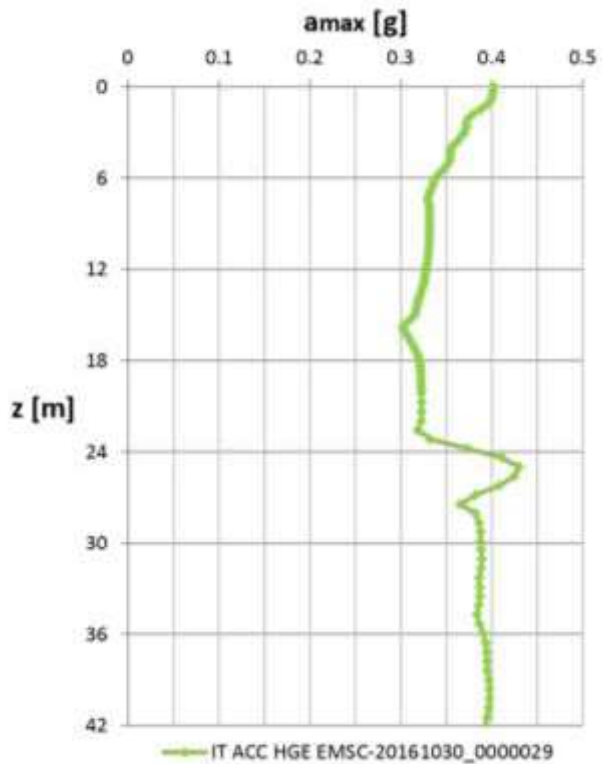
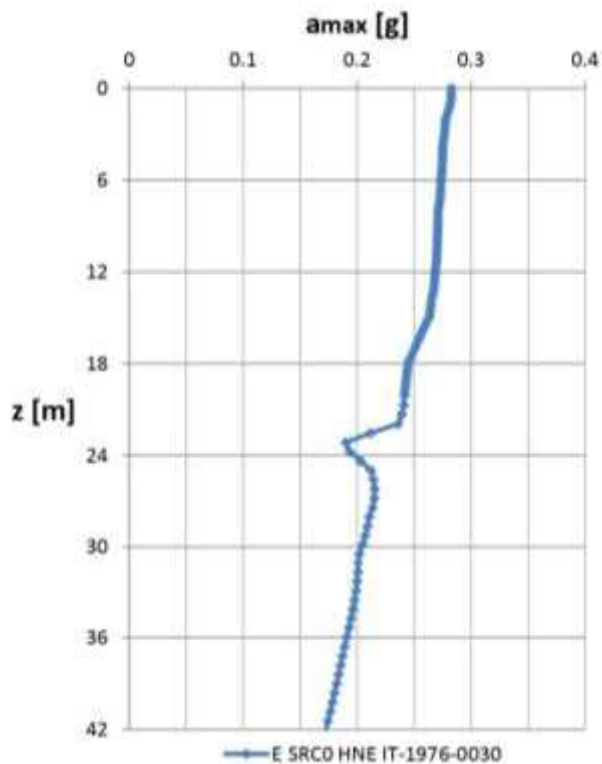
Tabella 5.2. Modello di terreno utilizzato nelle analisi di risposta sismica locale

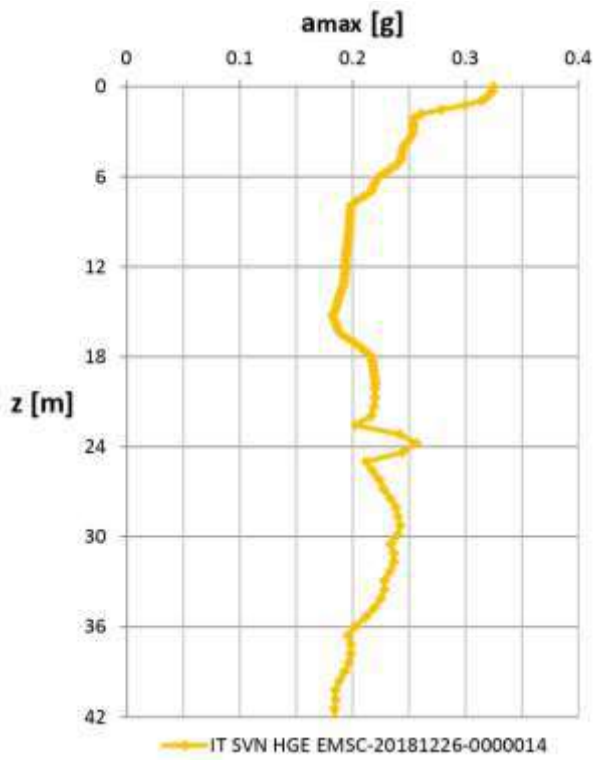
Layer	Depth [m]	Thickness [m]	V_S [m/s]	G/γ - D/γ	γ [kN/m ³]
1	0	1	298	2	18.6
2	1	1	203	2	18.6
3	2	1	614	1	18.6
4	3	1	346	1	18.6
5	4	1	958	1	18.6
6	5	1	403	1	18.6
7	6	1	680	1	18.6
8	7	1	402	1	18.6
9	8	1	1404	1	18.6
10	9	1	1024	1	18.6
11	10	1	1043	1	18.6
12	11	1	746	4	18.6
13	12	1	880	4	18.6
14	13	1	616	4	18.6
15	14	1	817	4	18.6
16	15	1	398	4	18.6
17	16	1	433	3	18.6
18	17	1	452	3	18.6
19	18	1	984	3	18.6
20	19	1	986	3	18.6
21	20	1	1229	3	18.6
22	21	1	585	3	18.6
23	22	1	250	3	18.6
24	23	1	263	3	18.6
25	24	1	227	3	18.6
26	25	1	294	3	18.6
27	26	1	294	2	18.6
28	27	1	286	2	18.6

29	28	1	434	1	18.6
30	29	1	475	1	18.6
31	30	1	455	1	18.6
32	31	1	486	1	18.6
33	32	1	517	1	18.6
34	33	1	548	1	18.6
35	34	1	579	1	18.6
36	35	1	610	1	18.6
37	36	1	641	1	18.6
38	37	1	672	1	18.6
39	38	1	703	1	18.6
40	39	1	734	1	18.6
41	40	1	765	1	18.6
42	41	1	795	1	18.6
43	42	-	826	BEDROCK	21.0

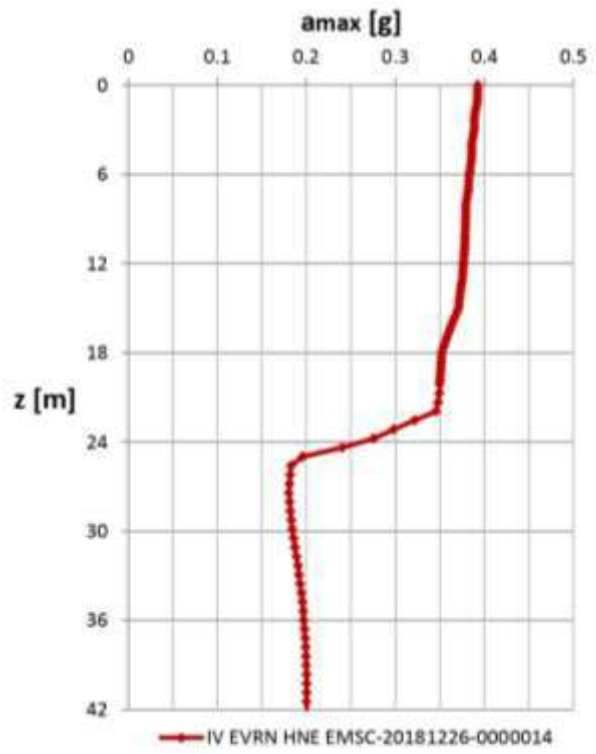
5.3. Risultati

Le Figure 5.7 e 5.8 riportano i profili dell'accelerazione massima lungo la profondità e gli accelerogrammi di risposta in superficie ricavati utilizzando il codice di calcolo STRATA ed i sette accelerogrammi definiti nel paragrafo 5.1. La Tabella 5.3 mostra i valori di accelerazione massima di input e di output, ed il Fattore di amplificazione R per ogni accelerogramma.

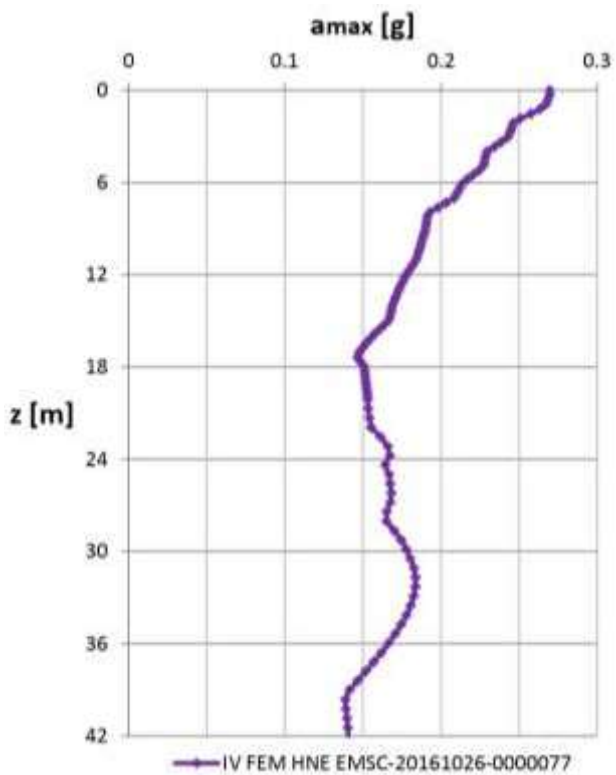




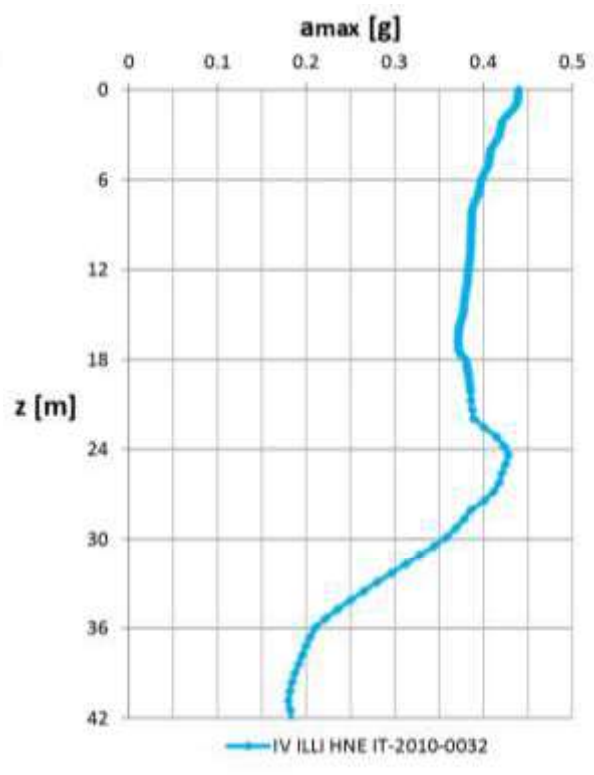
(c)



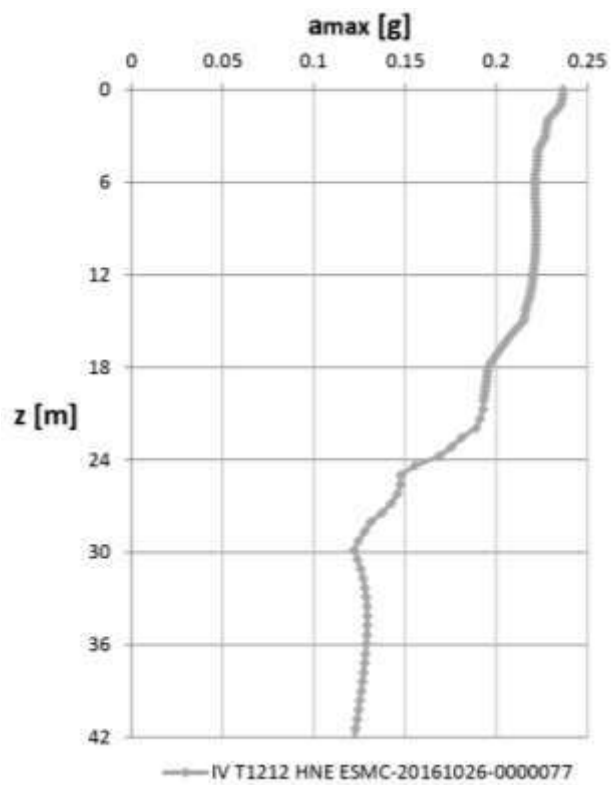
(d)



(e)

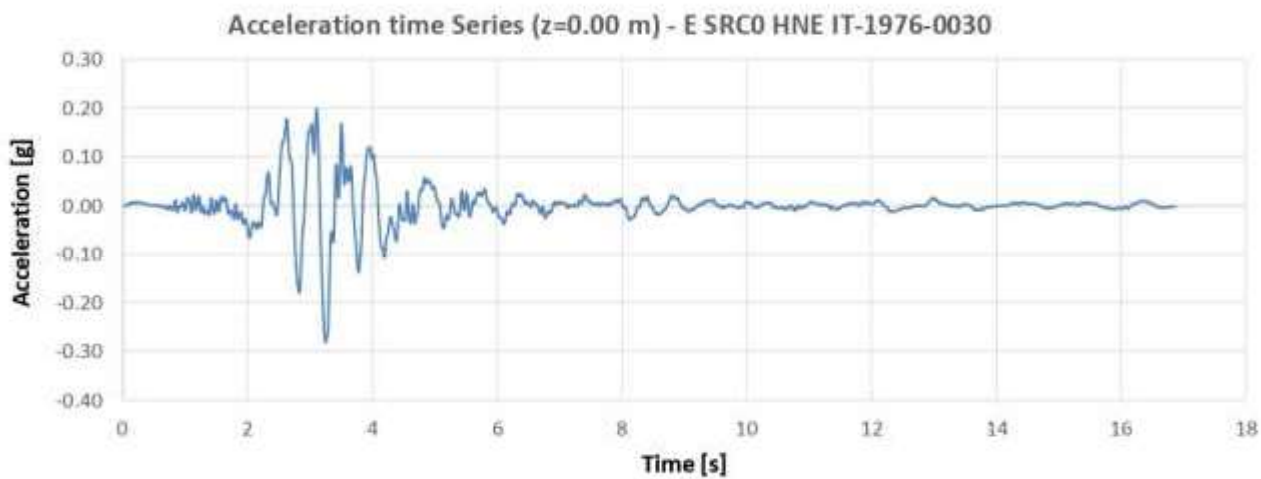


(f)

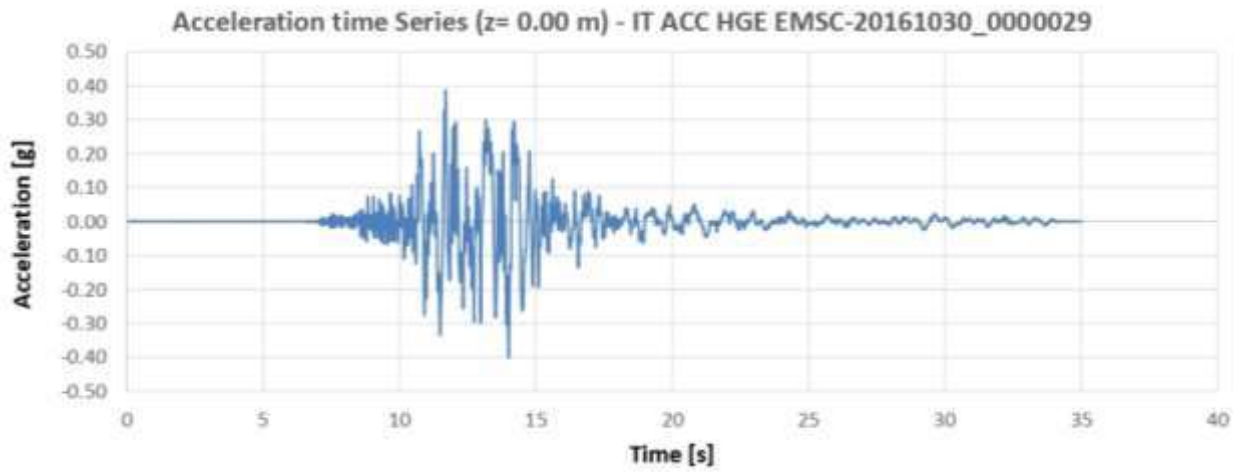


(g)

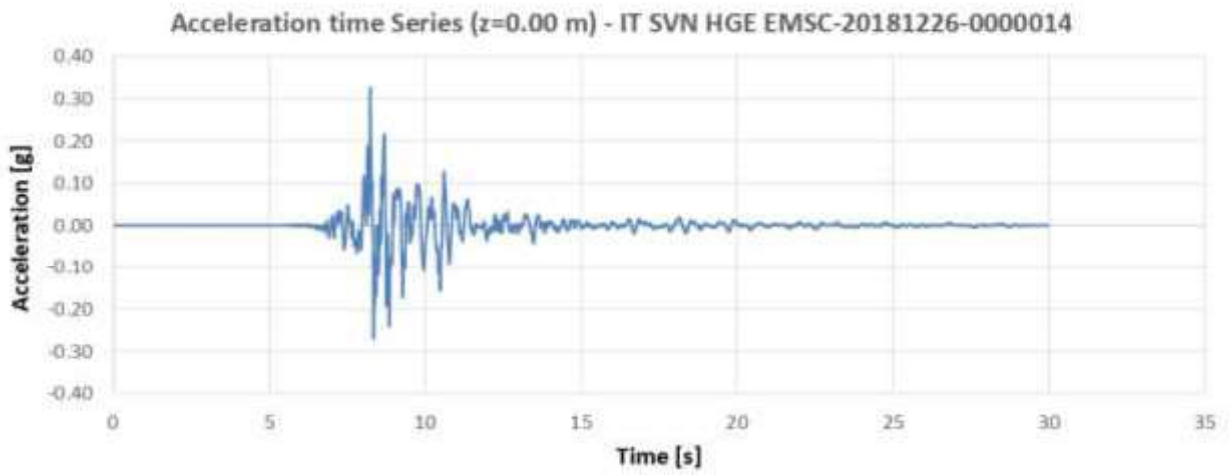
Figura 5.7. Profili dell'accelerazione massima lungo la profondità ricavati utilizzando il codice di calcolo STRATA a) E SRC0 HNE IT-1976-0030; b) IT ACC HGE EMSC-20161030_0000029; c) IT SVN HGE EMSC-20181226-0000014; d) IV EVRN HNE EMSC-20181226-0000014; e) IV FEM HNE EMSC-20161026-0000077; f) IV ILLI HNE IT-2010-0032; g) IV T1212 HNE ESMC -20161026-0000077



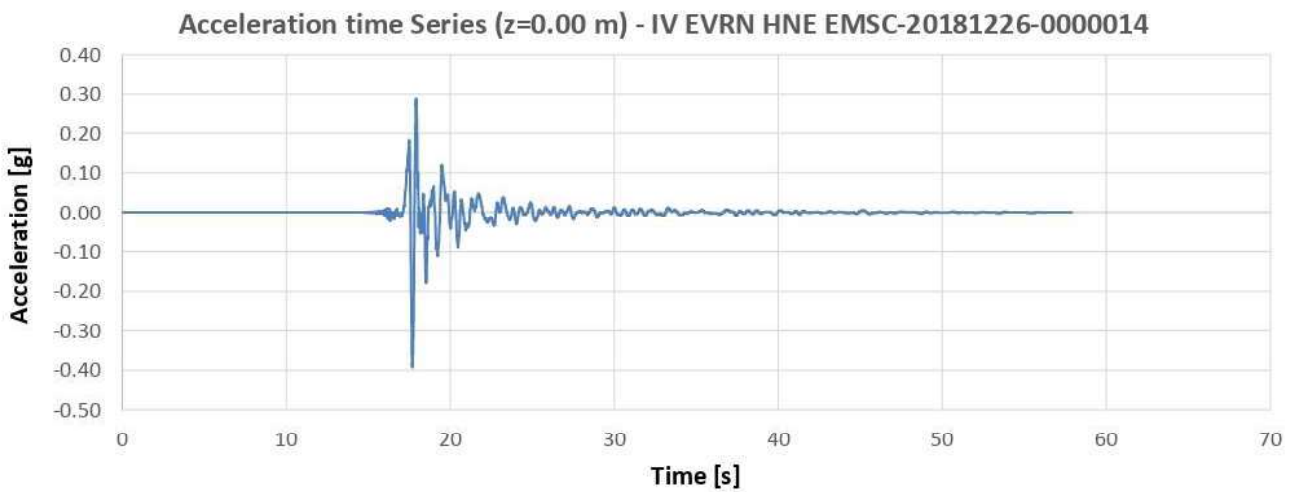
(a)



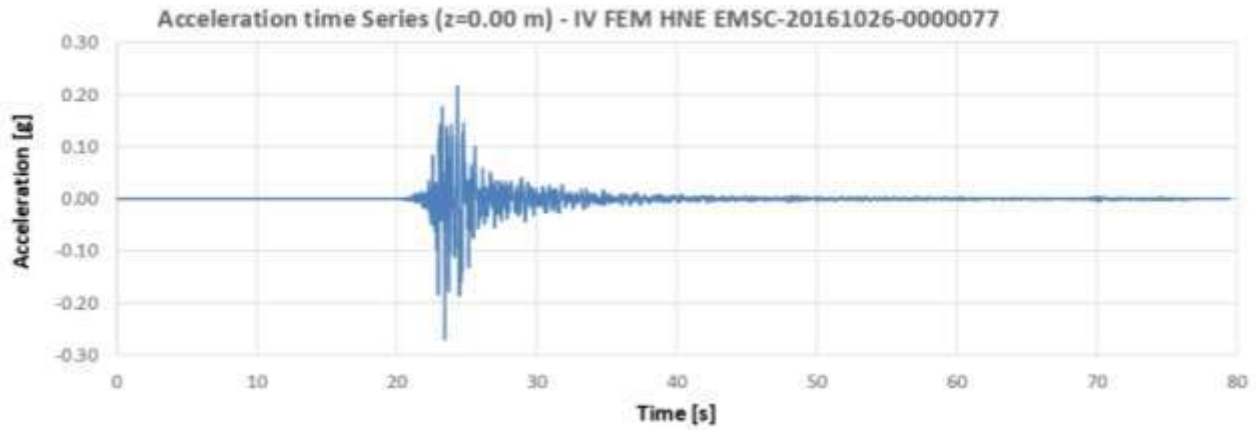
(b)



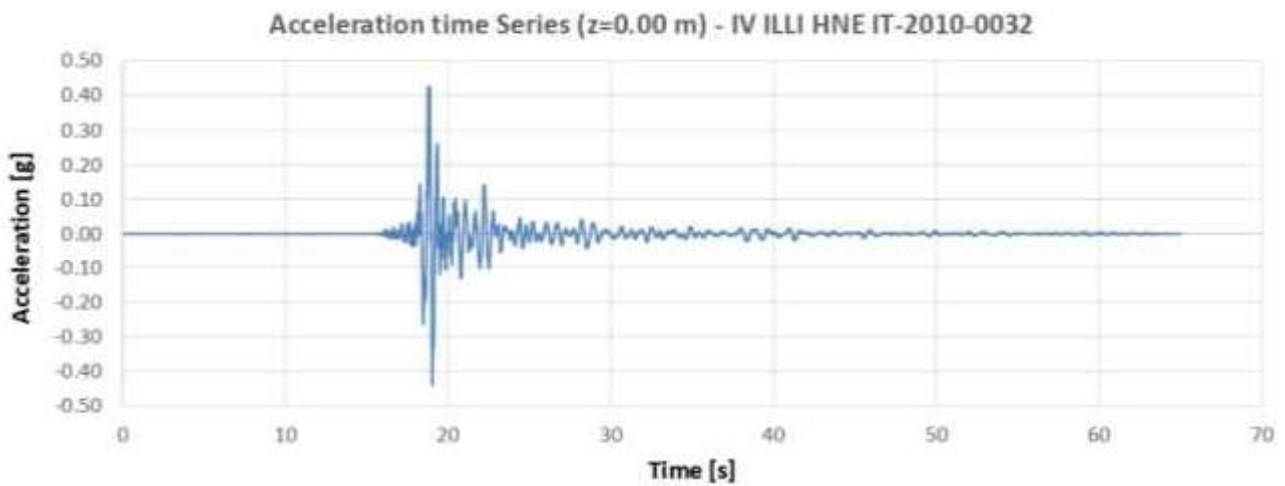
(c)



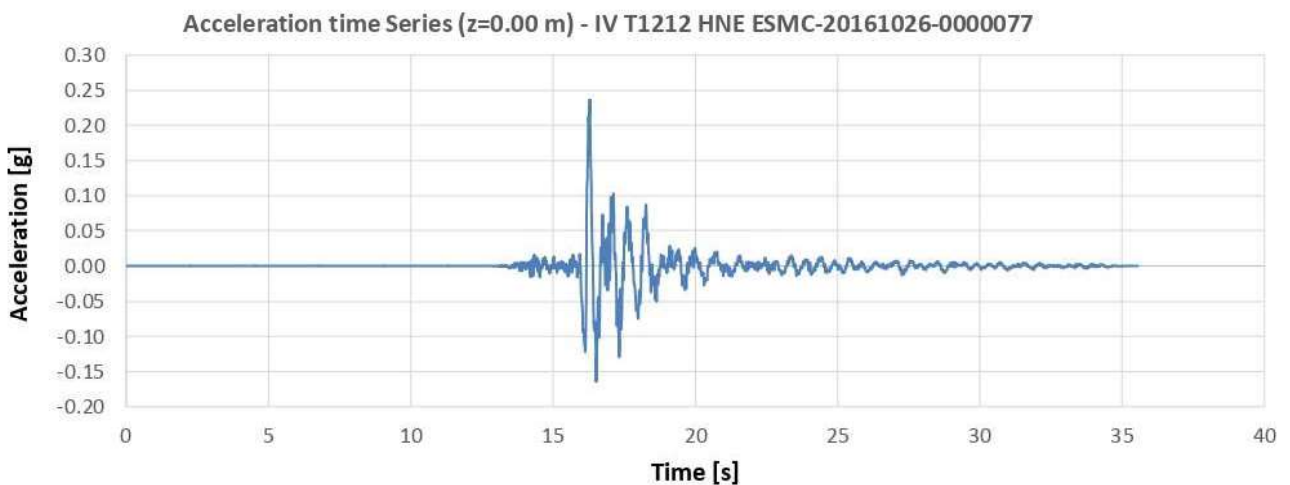
(d)



(e)



(f)



(g)

Figura 5.7. Accelerogrammi di risposta in superficie ottenuti utilizzando il codice di calcolo STRATA a) E SRC0 HNE IT-1976-0030; b) IT ACC HGE EMSC-20161030_0000029; c) IT SVN HGE EMSC-20181226-0000014; d) IV EVRN HNE EMSC-20181226-0000014; e) IV FEM HNE EMSC-20161026-0000077; f) IV ILLI HNE IT-2010-0032; g) IV T1212 HNE ESMC -20161026-0000077

Tabella 5.3. Valori di accelerazione massima di input e di output, ed il Fattore di amplificazione R per ogni accelerogramma: a) E SRC0 HNE IT-1976-0030; b) IT ACC HGE EMSC-20161030_0000029; c) IT SVN HGE EMSC-20181226-0000014; d) IV EVRN HNE EMSC-20181226-0000014; e) IV FEM HNE EMSC-20161026-0000077; f) IV ILLI HNE IT-2010-0032; g) IV T1212 HNE ESMC -20161026-0000077

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)
PGA _{input}	0.25 g	0.43 g	0.28 g	0.30 g	0.20 g	0.33 g	0.18 g
PGA _{output}	0.28 g	0.40 g	0.33 g	0.39 g	0.27 g	0.44 g	0.24 g
R= PGA _{output} /PGA _{input}	1.13	0.93	1.15	1.31	1.36	1.33	1.31

Le funzioni di amplificazione A(f) e gli spettri di risposta in superficie ottenuti considerando uno smorzamento del 5% sono riportati nelle Figure 5.8 e 5.9, rispettivamente. È possibile notare che la prima frequenza risultante è circa uguale alla frequenza naturale del terreno, pari a 2.89 Hz (ovvero T=0.35 s).

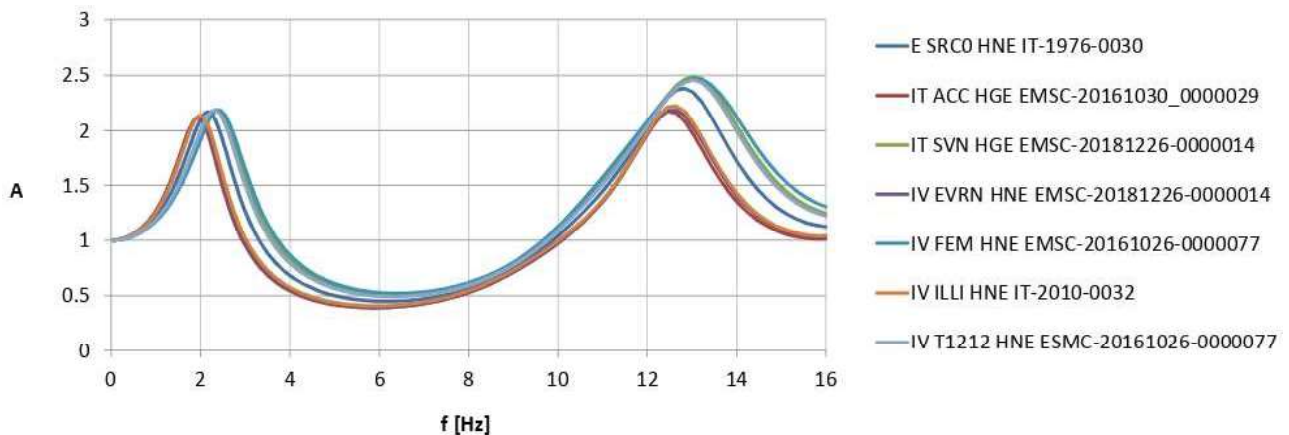


Figura 5.8. Funzioni di amplificazione A(f) ottenute per ogni input sismico mediante il codice di calcolo STRATA

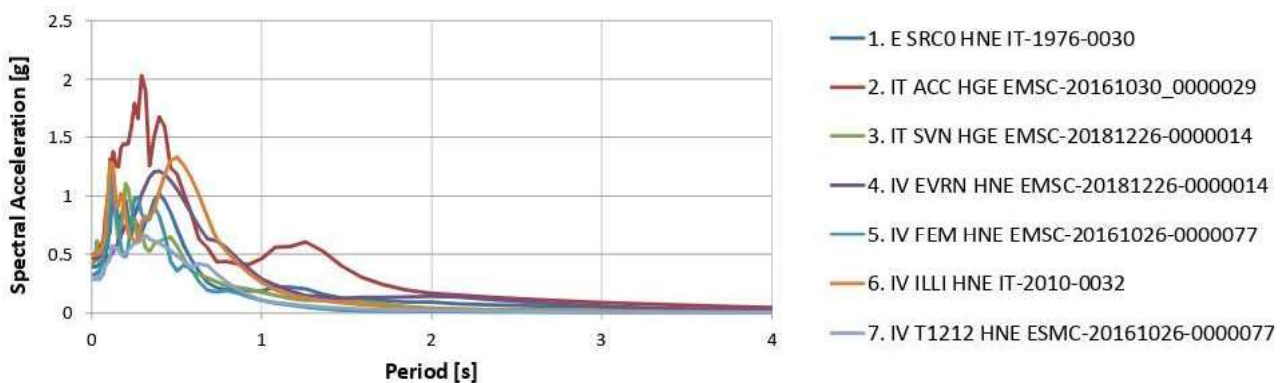


Figura 5.8. Spettri di risposta in superficie ottenuti per ogni input sismico mediante il codice di calcolo STRATA

La Figura 5.9 riporta lo spettro di risposta medio in termini di accelerazione ottenuto in superficie considerando uno smorzamento del 5%. Inoltre, è anche riportato lo spettro di risposta fornito dalla normativa per lo SLV ottenuto considerando una Vita nominale di 50 anni, un coefficiente d'uso pari a 1 ed una Categoria di Sottosuolo B. I risultati mostrano che lo spettro di risposta elastico fornito dalla normativa NTC [2018] è meno conservativo rispetto allo spettro di risposta medio ottenuto mediante le analisi di risposta sismica per periodi compresi tra 0.3 s e 0.8 s. Inoltre, è possibile anche confrontare l'accelerazione massima di input media, pari a 0.282 g, con

l'accelerazione massima di output media, che è uguale a 0.337 g, ottenendo un fattore di amplificazione R pari a 1.195, che risulta leggermente più elevato del Coefficiente di amplificazione previsto dalle NTC2018 uguale a 1.164.

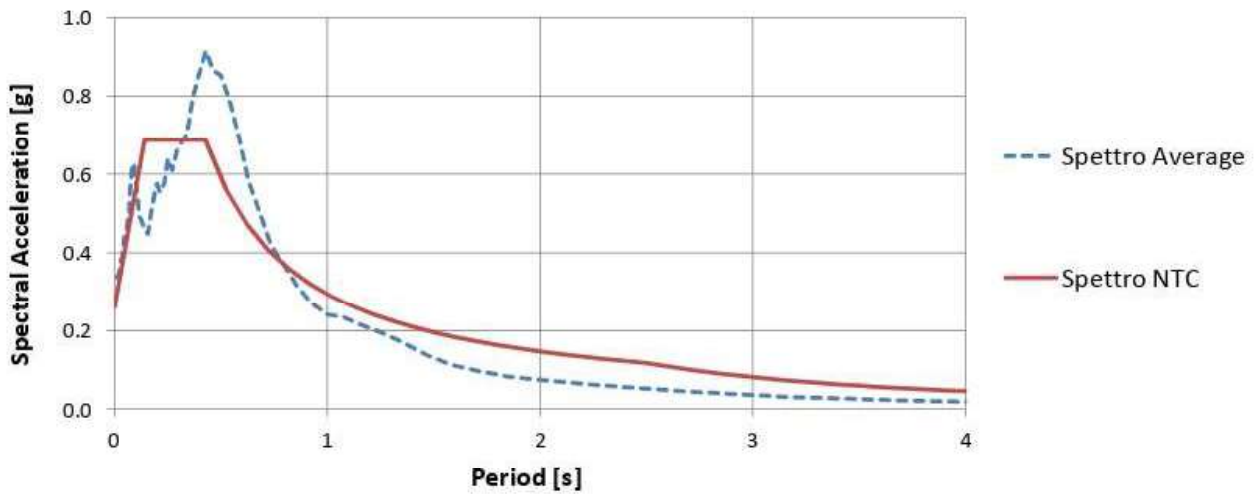


Figura 5.9 Spettro di risposta medio in termini di accelerazione ottenuto in superficie considerando uno smorzamento del 5% . È anche riportato lo spettro di risposta elastico fornito dalla normativa.

Infine, a partire dai risultati delle analisi di amplificazione, è stato calcolato il fattore FA secondo la seguente procedura:

- 1) calcolo del periodo di massimo valore dello spettro medio di input (TA_i) e di quello medio di output (TA_o);
- 2) calcolo dei valori medi degli spettri di input ($SA_{m,i}$) e di output ($SA_{m,o}$) nell'intorno di TA_i e TA_o

$$SA_m = \frac{1}{TA} \int_{0.5TA}^{1.5TA} SA(T) dt \quad (5.1)$$

Dove:

SA_m è il valore medio dello spettro e può essere $SA_{m,i}$ o $SA_{m,o}$;

$SA(T)$ è lo spettro di risposta elastico in accelerazione pari a SA_i per l'input, SA_o per l'output;

TA vale TA_i per l'input TA_o per l'output

- 3) Calcolo di FA come rapporto $SA_{m,o} / SA_{m,i}$

La Tabella 5.4 riporta i valori dei periodi sopradescritti, i valori medi degli spettri e il fattore FA risultante.

Tabella 5.4. Calcolo del fattore FA

TA _i	0.20 s
TA _o	0.43 s
0.5 TA _i	0.10 s
1.5 TA _o	0.64 s
SA _{m,i}	0.51
SA _{m,o}	0.63
FA	1.24

6. Conclusioni

Nell'ambito del progetto "Analisi di pericolosità Geotecnica Sismica per lo studio di Microzonazione Sismica di livello 1 (MS1) e per l'analisi della condizione limite per l'emergenza (CLE), nei Comuni dell'Isola con $ag > 0,125g$ non compresi nelle attività finanziate dall'OPCM 3907/2010, Lotti: A (CIG 7324955815), C (CIG 7324983F2E), D (CIG 7325003FAF), E (CIG 732501271F), F (CIG 7325016A6B) – CUP G69D17001500009 - per alcuni casi tipo e/o per macroaree", è stato avviato il presente studio di risposta sismica locale per il comune di Zafferana Etnea condotto in differenti fasi.

Nella prima fase sono state reperite le informazioni provenienti dalle indagini geognostiche e geofisiche per gli studi di Microzonazione sismica di Livello 1 che ha permesso una valutazione qualitativa e complessiva dei dati disponibili (rapporti di prove e/o indagini condotte in sito e in laboratorio, tavole tematiche relative alla litografia e stratigrafia del terreno).

Dall'interpretazione dei risultati sperimentali, si è passati alla definizione del modello geologico e geotecnico del terreno che ha richiesto anche la conoscenza delle curve $G/G_0 - \gamma$ e $D - \gamma$ per descrivere la non linearità del terreno.

Per la definizione degli input sismici da utilizzare nelle analisi di risposta sismica, è stato utilizzato il tool ESM_REXELweb (<https://esm-db.eu>) che permette di ottenere, sulla base di determinati parametri inseriti dall'utente, 7 accelerogrammi i cui spettri di risposta in accelerazione sono, in media, compatibili con lo spettro di riferimento (NTC2018), in un determinato intervallo di periodi, con un'assegnata tolleranza. In particolare, le coordinate del sito sono state definite considerando il punto centrale ai 5 comuni appartenenti al Lotto F: Milo, Zafferana Etnea, Acireale, Piedimonte Etneo e Riposto.

La fase successiva attiene alla vera e propria valutazione quantitativa della risposta sismica locale. Le analisi sono state condotte attraverso il codice di calcolo STRATA (Kottke et al. 2008) che valuta la risposta sismica di un deposito di terreno schematizzandolo come un sistema di n strati omogenei e viscoelastici sovrastanti un semispazio uniforme. Ogni strato è descritto per mezzo dello spessore H , della velocità delle onde di taglio V_s , del peso dell'unità di volume γ , delle curve del decadimento del modulo di taglio e dell'incremento dello smorzamento in funzione della deformazione a taglio ($G/G_0 - \gamma$; $D - \gamma$).

I risultati sono stati analizzati in termini di accelerazione massima al variare della profondità, di fattori di amplificazione, di funzioni di amplificazione e di spettri di risposta. I risultati ottenuti sono stati anche confrontati con quelli forniti dalle attuali Norme Tecniche per le Costruzioni, approvate con il D.M. del 17 Gennaio 2018. Le NTC[2018] adottano un approccio di tipo probabilistico per la definizione della pericolosità sismica di base e forniscono un approccio semplificato per tener conto delle effettive condizioni stratigrafiche e topografiche del sito.

I risultati mostrano che il fattore di amplificazione ottenuto dalle analisi di risposta sismica è leggermente superiore rispetto al coefficiente di amplificazione stratigrafica fornito dalle NTC[2018]. Inoltre, lo spettro di risposta fornito dalla normativa risulta meno conservativo rispetto allo spettro di risposta medio ottenuto mediante le analisi di risposta sismica per periodi compresi tra 0.3 s e 0.8 s.

ALLEGATO 7

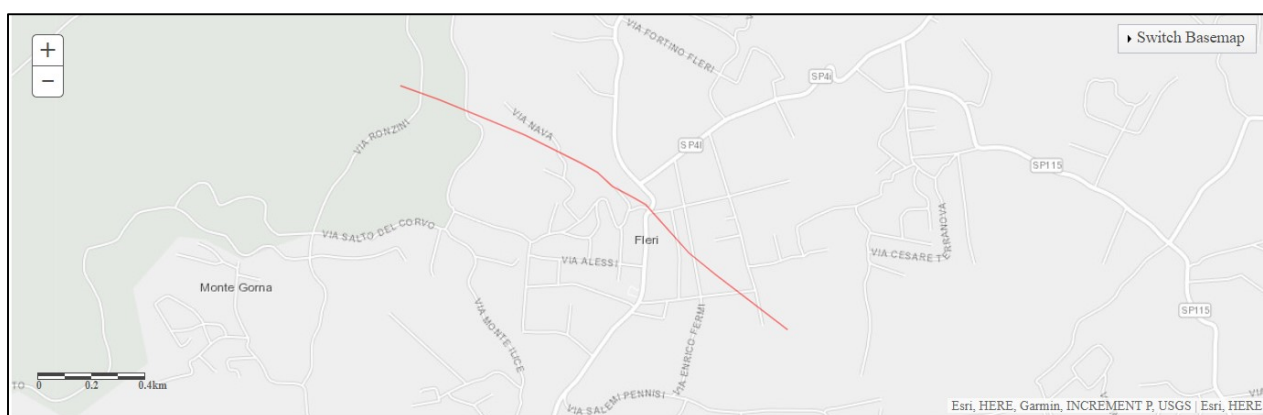
Appendice 9 - Check List per l'identificazione di faglie attive e capaci negli studi di MS1 (carta delle MOPS)

FAGLIA DI FLERI

FAGLIA ATTIVA E CAPACE PRESENTE IN LETTERATURA (ITHACA)

Coordinate geografiche WGS84 dei vertici interessanti l'area oggetto di MS:

Lat. 37.661535° Long. 15.090682° - Lat. 37.654141° Long. 15.104393°



Fault description

GENERAL IDENTIFICATION

Fault Code	12501
Fault Name	Fleri
Region Name	Sicilia
Tectonic Environment	ND
System Name	Fiandaca
Synopsis	
Rank	Primary

GEOMETRY AND KINEMATICS

Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	
Dip (°)	Undefined
Dip Direction	NE
Fault Length (km)	1.7
Mapping Scale	1:25000
Fault Depth (m)	
Kinematics	Oblique Normal DX

ACTIVITY

Surface Evidence	ND
Last Activity	Historical (<3,000)
Applied Technique	Geomorphologic data
Evidence for Capability	Coseismic Rupture Deformation
Lithology	volcanic units

SLIP PARAMETERS

Recurrence Interval (yr)	
Slip Rate (mm/yr)	
Max Credible Rupture Length (km)	
Max Credible Slip (m)	
Time Since Last Event (yr)	
Max Known Magnitude (Mw)	
Max Known Intensity (MCS)	
Known Seismic Events	

FINAL REMARKS

Capability Consensus	
Study Quality	HIGH
Notes	
Fault Trace Reference	
Last Update	

REFERENCES

Authors	Title	Reference	Year
LO GIUDICE E.	Particolari aspetti del rischio sismico nell'area Etna.	Istituto Internazionale di Vulcanologia, Pubblicazione n. 281, 1988, 59-85.	1988
AZZARO R.	Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics.	J. Geodynamics, 28, 193-213.	1999

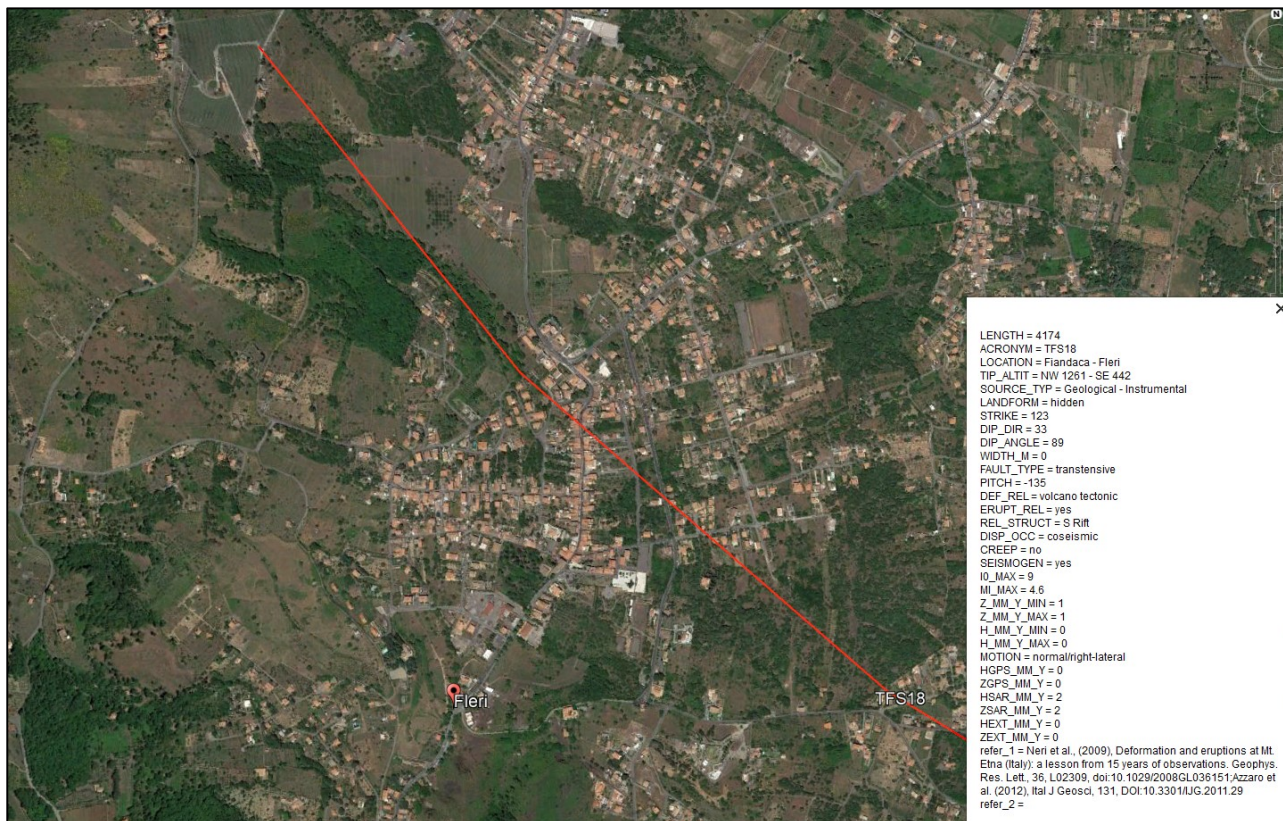
Il sottoscritto Dott. Geol. Carlo Cassaniti dichiara che la faglia attiva e capace ha evidenze sufficienti per essere valutata in uno studio di MS3.

FAGLIA DI FLERI

FAGLIA ATTIVA E CAPACE PRESENTE IN LETTERATURA (Neri et al., 2009)

Coordinate geografiche WGS84 dei vertici interessanti l'area oggetto di MS:

Lat. 37.665811° Long. 15.090479° - Lat. 37.665264° Long. 15.090952°



Il sottoscritto Dott. Geol. Carlo Cassaniti dichiara che la faglia attiva e capace ha evidenze per essere valutata in uno studio di MS3.

PGF – Faglia di Poggiofelice

FAGLIA ATTIVA E CAPACE NON PRESENTE IN LETTERATURA

Coordinate geografiche WGS84 dei vertici interessanti l'area oggetto di MS:

Lat. 37.664696° Long. 15.099728° - Lat. 37.662997° Long. 15.099266°



Per la descrizione delle evidenze geologiche che hanno portato all'identificazione e rappresentazione in carta si rimanda al paragrafo 2.7.4 della relazione illustrativa (pag. 52).

Il sottoscritto Dott. Geol. Carlo Cassaniti dichiara che la faglia attiva e capace non ha evidenze sufficienti ma ritiene necessario che la stessa dovrà essere valutata in uno studio di MS3.

Slip Rate (mm/yr)
Max Credible Rupture Length (km)
Max Credible Slip (m)
Time Since Last Event (yr)
Max Known Magnitude (Mw)
Max Known Intensity (MCS)
Known Seismic Events
FINAL REMARKS
Capability Consensus
Study Quality HIGH
Notes
Fault Trace Reference
Last Update

REFERENCES

Authors	Title	Reference	Year
PLATANIA G.	Sul periodo sismico del maggio 1914 nella regione orientale dell'Etna	Tip. Orario delle Ferrovie - Pubblicazioni dell'Ist. Geograf. Fisica e Vulc. -Univ. di Catania	1915
GRASSI M.	Relazione storica ed osservazioni sulla eruzione etnea del 1865 e sù tremuoti flegrei che la seguirono.	Tip. Galatola, Catania, 91 pp.	1865
AZZARO R.	Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics.	J. Geodynamics, 28, 193-213.	1999
SABATINI V.	Note sul terremoto di Linera dell'8 maggio 1914	Boll. Regio Comitato Geologico d'Italia, vol. 45, (IV° della V serie)	1915
G. PATANE' & S. IMPOSA	Atlas of isoseismal maps of etnean earthquakes from 1971 to 1991	CNR- GNGTS - Università degli Studi di Catania	1995
AZZARO R.	Seismicity and active tectonics in the Etna region: constraints for a sesmotectonic model.	Mt. Etna: Volcano Laboratory. Geophysical Monograph Series, 143. American Geophysical Union. 10.1029/143GM13, 205-220.	2004
LO GIUDICE E.	Particolari aspetti del rischio sismico nell'area Etna.	Istituto Internazionale di Vulcanologia, Pubblicazione n. 281, 1988, 59-85.	1988

Il sottoscritto Dott. Geol. Carlo Cassaniti dichiara che la faglia attiva e capace ha evidenze sufficienti per essere valutata in uno studio di MS3.

FAGLIA DI SANTA TECLA – LINERA

FAGLIA ATTIVA E CAPACE PRESENTE IN LETTERATURA (Bonforte et al, 2011)

Coordinate geografiche WGS84 dei vertici interessanti l'area oggetto di MS:

Lat. 37.684858° Long. 15.114811° - Lat. 37.683528° Long. 15.118507°



Il sottoscritto Dott. Geol. Carlo Cassaniti dichiara che la faglia attiva e capace ha evidenze sufficienti per essere valutata in uno studio di MS3.

ZAF – Faglia di Zafferana

FAGLIA ATTIVA E CAPACE NON PRESENTE IN LETTERATURA

Coordinate geografiche WGS84 dei vertici interessanti l'area oggetto di MS:

Lat. 37.698739° Long. 15.094186° - Lat. 37.685874° Long. 15.116403°

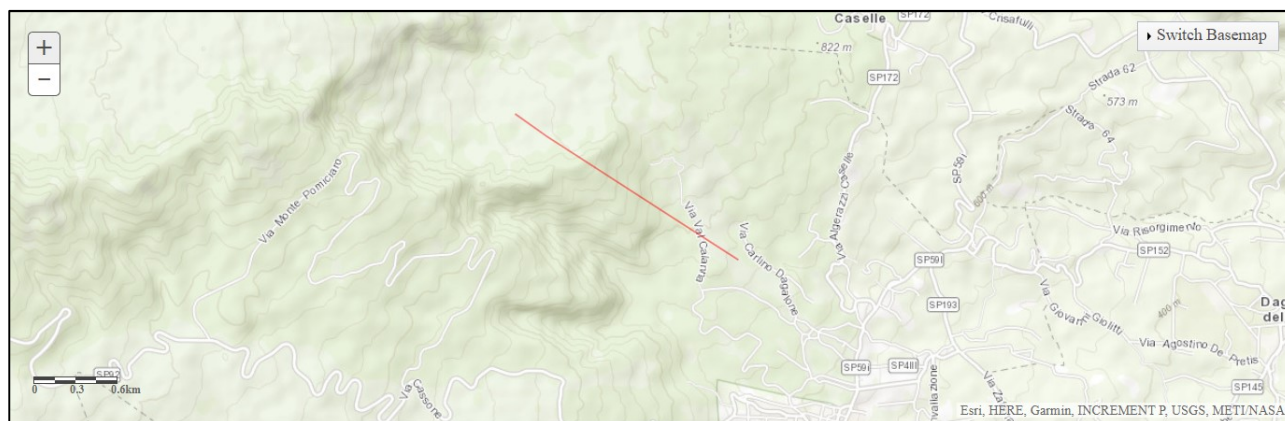


Per la descrizione delle evidenze geologiche che hanno portato all'identificazione e rappresentazione in carta si rimanda al paragrafo 2.7.3 della relazione illustrativa (pag. 47).

Il sottoscritto Dott. Geol. Carlo Cassaniti dichiara che la faglia attiva e capace non ha evidenze sufficienti ma ritiene necessario che la stessa dovrà essere valutata in uno studio di MS3.

FAGLIA MONTI FIORI DI COSIMO

FAGLIA ATTIVA E CAPACE PRESENTE IN LETTERATURA (ITHACA)



Coordinate geografiche WGS84 dei vertici interessanti l'area oggetto di MS:

Lat. 37.704977° Long. 15.096543° - Lat. 37.704283° Long. 15.097887°

Fault description

GENERAL IDENTIFICATION

Fault Code	14400
Fault Name	Monti Fiori di Cosimo
Region Name	Sicilia
Tectonic Environment	VOLCANIC
System Name	Monti Fiori di Cosimo

Synopsis

Rank	Secondary
------	-----------

GEOMETRY AND KINEMATICS

Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	310
Dip (°)	Sub-Vertical
Dip Direction	NE
Fault Length (km)	2.0
Mapping Scale	1:200000
Fault Depth (m)	
Kinematics	ND

ACTIVITY

Surface Evidence	well expressed
Last Activity	Late Pleistocene
Applied Technique	Geomorphologic data
Evidence for Capability	Displacement of latest Pleistocene-Holocene deposits and/or land forms
Lithology	volcanic units

SLIP PARAMETERS

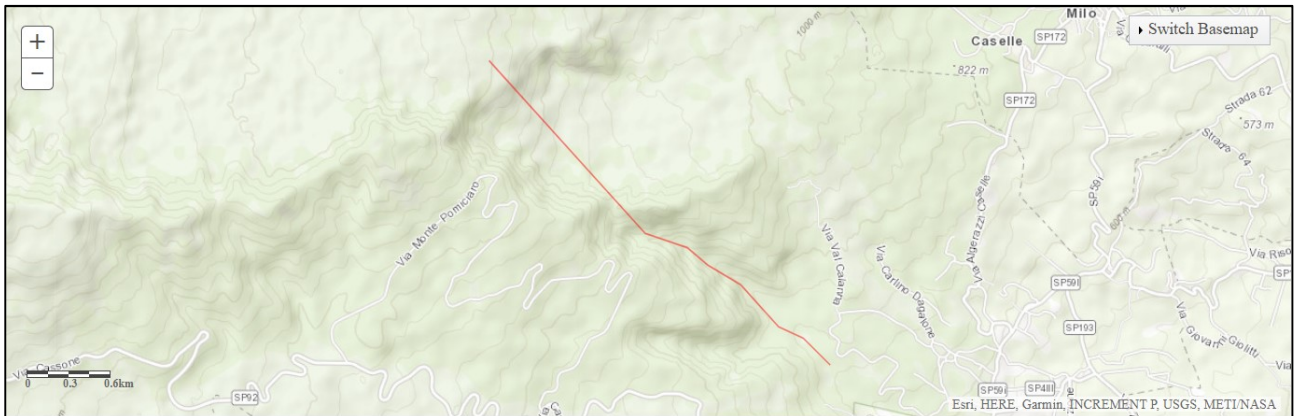
Recurrence Interval (yr)	
--------------------------	--

Slip Rate (mm/yr)			
Max Credible Rupture Length (km)			
Max Credible Slip (m)			
Time Since Last Event (yr)			
Max Known Magnitude (Mw)			
Max Known Intensity (MCS)			
Known Seismic Events			
FINAL REMARKS			
Capability Consensus	Medium reliability		
Study Quality	LOW		
Notes			
Fault Trace Reference			
Last Update			
REFERENCES			
Authors	Title	Reference	Year
AZZARO R.	Seismicity and active tectonics in the Etna region: constraints for a sesmotectonic model.	Mt. Etna: Volcano Laboratory. Geophysical Monograph Series, 143. American Geophysical Union. 10.1029/143GM13, 205-220.	2004

Il sottoscritto Dott. Geol. Carlo Cassaniti dichiara che la faglia attiva e capace ha evidenze sufficienti per essere valutata in uno studio di MS3.

FAGLIA MONTI FIORI DI COSIMO - 02

FAGLIA ATTIVA E CAPACE PRESENTE IN LETTERATURA (ITHACA)



Coordinate geografiche WGS84 dei vertici interessanti l'area oggetto di MS:

Lat. 37.683528° Long. 15.118507° - Lat. 37.700336° Long. 15.092170°

Fault description

GENERAL IDENTIFICATION

Fault Code	14402
Fault Name	Monti Fiori di Cosimo_02
Region Name	Sicilia
Tectonic Environment	VOLCANIC
System Name	Monti Fiori di Cosimo

Synopsis

Rank	Secondary
------	-----------

GEOMETRY AND KINEMATICS

Segmentation	Single Segment
Average Strike (°)	320
Dip (°)	Sub-Vertical
Dip Direction	NE
Fault Length (km)	3.4
Mapping Scale	1:200000
Fault Depth (m)	
Kinematics	ND

ACTIVITY

Surface Evidence	well expressed
Last Activity	Late Pleistocene
Applied Technique	Geomorphologic data
Evidence for Capability	Displacement of latest Pleistocene-Holocene deposits and/or land forms
Lithology	volcanic units

SLIP PARAMETERS

Recurrence Interval (yr)	
--------------------------	--

Slip Rate (mm/yr)			
Max Credible Rupture Length (km)			
Max Credible Slip (m)			
Time Since Last Event (yr)			
Max Known Magnitude (Mw)			
Max Known Intensity (MCS)			
Known Seismic Events			
FINAL REMARKS			
Capability Consensus	Medium reliability		
Study Quality	LOW		
Notes			
Fault Trace Reference			
Last Update			
REFERENCES			
Authors	Title	Reference	Year
AZZARO R.	Seismicity and active tectonics in the Etna region: constraints for a sesmotectonic model.	Mt. Etna: Volcano Laboratory. Geophysical Monograph Series, 143. American Geophysical Union. 10.1029/143GM13, 205-220.	2004

Il sottoscritto Dott. Geol. Carlo Cassaniti dichiara che la faglia attiva e capace ha evidenze sufficienti per essere valutata in uno studio di MS3.

Appendice 8

Checklist per l'inserimento di nuove frane nel P.A.I. o modifica delle geometrie per frane già presenti

FRANA NON PRESENTE NEL P.A.I.:

indicare le coordinate geografiche del baricentro

- Lat. 37.662967° Long. 15.103358°

FRANA PRESENTE NEL P.A.I. (GEOMETRIA MODIFICATA):

indicare le coordinate geografiche del baricentro della frana già riportata nel P.A.I. per la quale si richiede una modifica della geometria

- Lat. _____ Long. _____

Descrivere il tipo di frana secondo la classificazione di Varnes (tipo di movimento, materiale):

Crollo di roccia

Indicare il tipo di indagini effettuate per accertarne la presenza e definirne la geometria (*è possibile indicare anche più tipi di indagini*):

o rilievo aereofotogrammetrico

rilievo geologico e geomorfologico

o indagini geofisiche

o indagini geognostiche

o indagini geotecniche di laboratorio

o analisi numeriche

Descrivere lo stato di attività della frana:

“Un'unica frattura lunga circa 60 metri e orientata NE-SO, interessa una limitata porzione di territorio, ed è ascrivibile ad un assestamento gravitativo del terreno in un punto in cui la morfologia dei luoghi diventa più acclive per la presenza del fronte, alto 15-20 metri circa, di una colata lavica. Pertanto, anche se in questa porzione di territorio (PoggioFelice) non si può individuare la presenza di faglie attive, potrebbero esistere delle condizioni litostratigrafiche e morfologiche particolari che tendono ad amplificare l'accelerazione sismica locale, e che devono essere adeguatamente approfondite in fase di progettazione degli interventi di riparazione o ricostruzione” (fonte Relazione Generale - Area interessata da fagliazione superficiale cosismica in occasione del terremoto del 26 dicembre 2018 con individuazione preliminare delle Zone di Suscettibilità (ZS_{FAC}) e di Rispetto (ZR_{FAC}) elaborazione basata sulle Linee Guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC) - S.C.R.A.E.).

Il sottoscritto Dott. Geol. CASSANITI CARLO dichiara che la frana **NON** ha evidenze sufficienti per essere inserita (o, se già segnalata, per essere modificata nella sua geometria e/o attività) nel P.A.I.

Nicolosi, 04/01/2022

F.to

Dott. Geologo Carlo Cassaniti