



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

Regione Sicilia

Comune di Bronte



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



GeoloGIS



INGEM



GEOLÓGICA
 TOSCANA



Geoequipe



GeoES
 Studio di Geologia



GECO
 Servizi Geologici & Ingegneria Sismica

Data

Maggio 2022

Autore: Geol. Francesco Pintaudi

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	3
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	9
	2.1 SISMICITÀ STORICA DEL SETTORE INTERESSATO.....	9
	2.2 STORIA SISMICA DEL COMUNE DI BRONTE.....	14
	2.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DEL SITO.....	20
	2.4 ELEMENTI TETTONICO-STRUTTURALI.....	25
	2.5 SISTEMI DI FAGLIE ETNEE.....	27
	2.6 FAGLIE ATTIVE E CAPACI.....	29
3	ASSETTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO.....	31
	3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	31
	3.2 GEOMORFOLOGIA DEL TERRITORIO.....	32
	3.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO STRUTTURALE.....	34
	3.4 STRATIGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO.....	41
	3.5 UNITA' GEOLOGICHE AFFIORANTI.....	44
4	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	51
	4.1 ARCHIVIAZIONE INFORMATICA (DATABASE).....	51
	4.2 INDAGINI DI NUOVA ACQUISIZIONE.....	52
	4.3 DATI GEOTECNICI.....	52
	4.4 TRAVERSE SISMICHE.....	56
	4.5 INDAGINI HVSR.....	57
	4.6 PROVE SISMICHE MASW.....	59
	4.7 STIMA DEL BEDROCK SISMICO.....	62
	4.8 CLASSIFICAZIONE DELLE UNITA' GEOLOGICO-TECNICHE.....	65
5	MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	69
6	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	74
7	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	75
	7.1 PORTALE WEBGIS DI GOVERNANCE.....	76
8	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	78
	8.1 CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA.....	78
	8.2 CARTA DELLE INDAGINI.....	81
	8.3 CARTA GEOLOGICO-TECNICA.....	81
	8.4 CARTA DELLE FREQUENZE.....	84
	8.5 CARTA DELLE MOPS.....	86

9	CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	89
10	BIBLIOGRAFIA	95
11	ALLEGATI.....	98



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 Sicilia 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.3., con bando del 23 marzo 2018 GU/S 558 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 dei lavori di Microzonazione Sismica Livello 1 (MS1), Microzonazione Sismica Livello 3 e Analisi della Condizione Limite per l'Emergenza (CLE), nei Comuni della Regione Sicilia con $a_g > 0,125g$ di riferimento dei contesti territoriali (*c.d.* Azione 3). 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, GeoEs, Geoequipe, Geco, Geol. Dimitri Mazza, Ing. Antonio Cavallaro, Ing. Giuseppe di Filippo, Ing. Roberto Di Girolamo) è risultata aggiudicataria per i servizi sopra indicati, giusto decreto di aggiudicazione DDG/S3 n° 459 del 13 giugno 2019.

Il progetto di Microzonazione sismica di livello 1 (MS1) e di livello 3 (MS3) nei Comuni della regione Sicilia con $a_g > 0,125g$ di riferimento dei contesti territoriali, così come previsto dal DRPC Sicilia, si compone di n. 19 Comuni, distribuiti nella Sicilia Orientale, dall'estremità settentrionale tirrenica, fino a quella meridionale iblea interessando cinque province (Fig. 1.1).



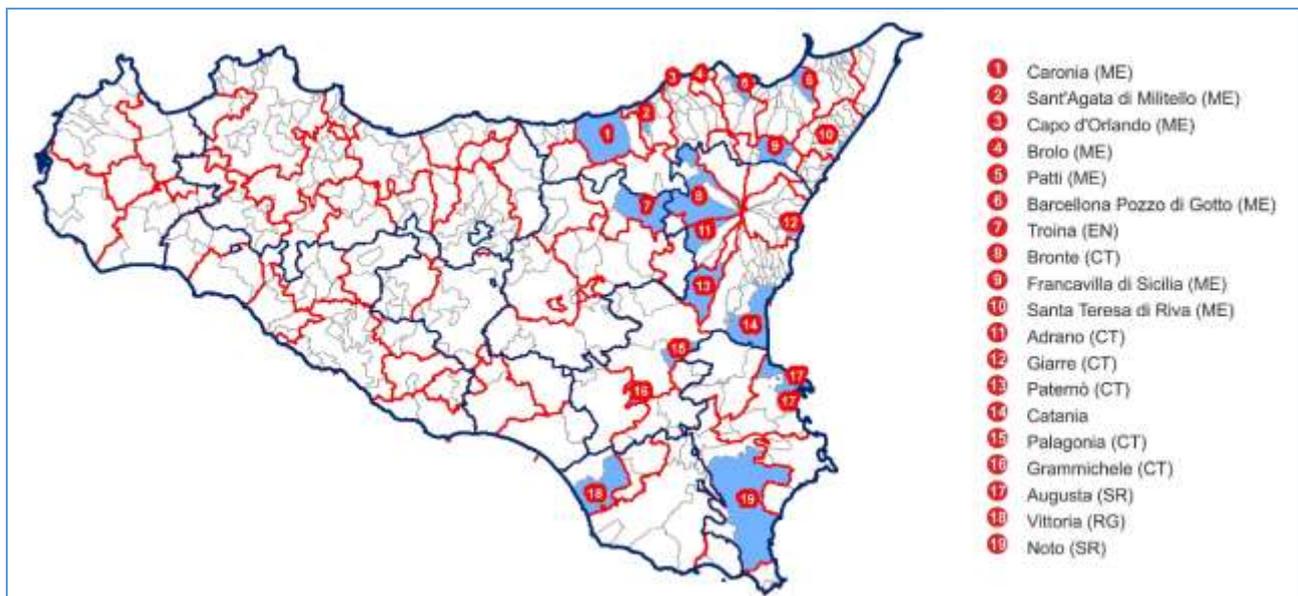


Figura 1.1 - Distribuzione geografica dei Comuni del Lotto Unico oggetto degli studi di MS1-MS3 – Estratto da Relazione Illustrativa nel Bando di Gara

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.

Gli studi di MS1 rivestono, in particolare, una notevole importanza nella pianificazione territoriale, fornendo una base conoscitiva della pericolosità sismica locale, al fine di stabilire gerarchie di pericolosità utili per la programmazione di interventi di riduzione del rischio sismico a varie scale, orientare la scelta di aree per nuovi insediamenti, definire gli interventi ammissibili in una determinata area, programmare le indagini e i livelli di approfondimento, stabilire orientamenti, modalità e priorità di intervento nelle aree urbanizzate.

Ogni attività prevista e esplicitata più avanti terrà conto, pertanto, degli obiettivi e delle ricadute in termini di pianificazione territoriale e di protezione civile.

Tutto ciò avviene attraverso l'individuazione di Zone stabili in cui sono assenti effetti locali e gli scuotimenti attesi sono equiparabili a quelli forniti dagli studi di pericolosità sismica di base; di Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio; e di Zone di attenzione per le instabilità esposte ad attivazione di fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazione, fagliazione superficiale, addensamenti indotti).

Gli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMS) approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Provincie 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), rappresenteranno il riferimento fondamentale per la stesura degli elaborati cartografici di consegna e della relazione tecnica illustrativa riguardo gli studi di MS1.

Nella presente relazione si esplicitano, in conformità e coerenza con quanto indicato dal Capitolato Speciale Descrittivo e Prestazionale i contenuti, le procedure e le modalità di realizzazione degli studi di Microzonazione di Livello 1 (MS1) inerenti il comune di **Bronte** in Provincia di Catania (Fig. 1.2).

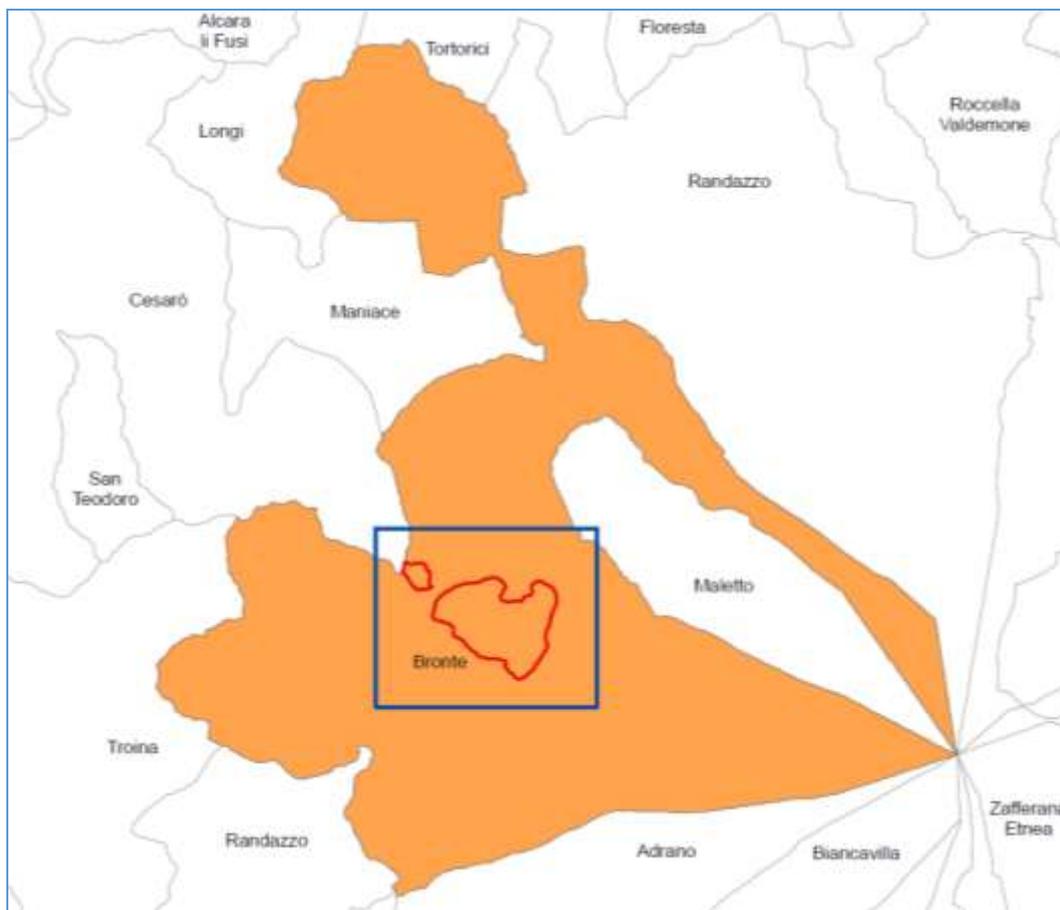


Figura 1.2 - Individuazione del territorio comunale nel lotto

Il servizio inerente gli studi di MS1 sarà comunque svolto sempre in conformità alle disposizioni tecniche vigenti, ai riferimenti tecnici e normativi elencati nelle pp. 2 e 3 del Capitolato allegato al bando di gara, nonché in base alle indicazioni suggerite dal Soggetto Validatore.

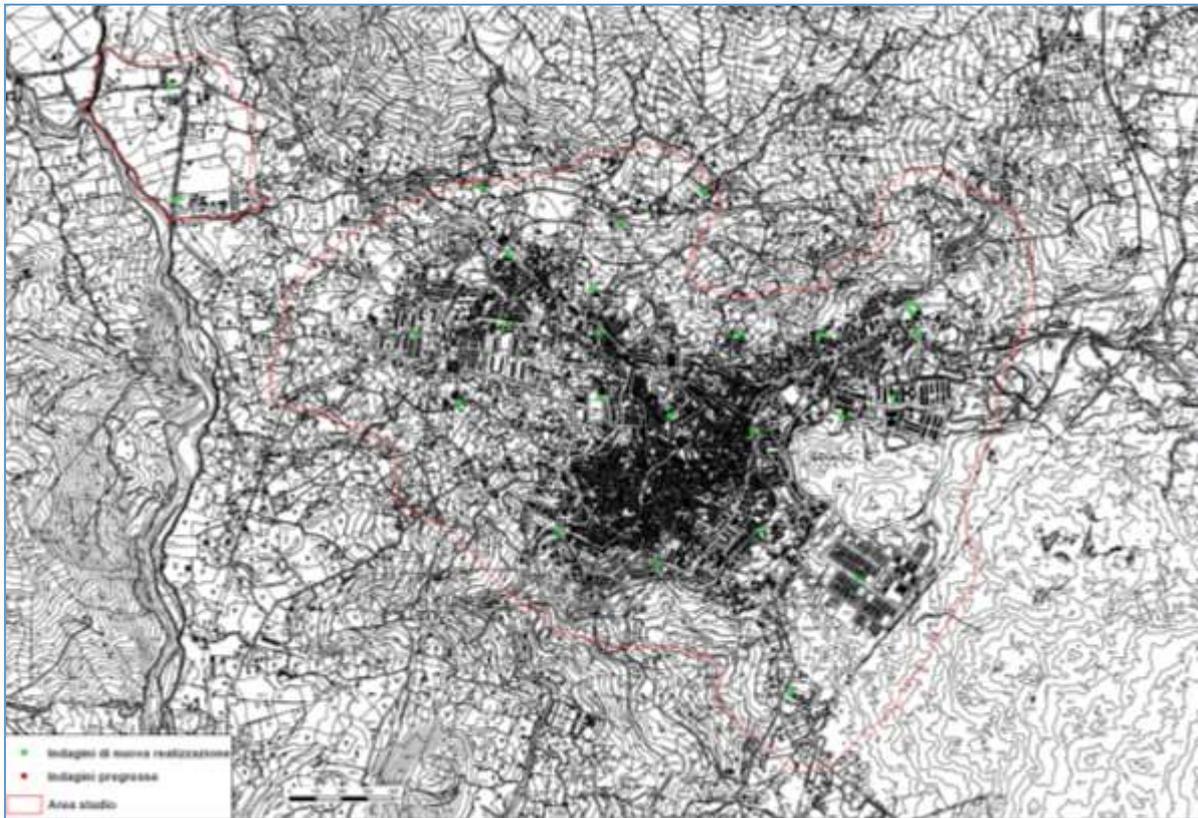


Figura 1.3 – Perimetrazione area studio MS1

I Comuni integreranno i propri strumenti di pianificazione urbanistica con le risultanze degli studi di microzonazione sismica che individuano il grado di pericolosità locale di ciascuna parte del territorio attraverso la realizzazione della “Carta delle microzone a comportamento sismico omogeneo”, secondo le modalità stabilite dalla Circ. n. 3/DRA del 20.06.2014.

Per ognuno dei centri urbani individuati, le attività sono state scadenzate in due fasi, volte alla conoscenza delle caratteristiche geologiche, geotecniche, geofisiche e strutturali dei terreni, oltre che degli assetti geometrici, funzione di possibili effetti di amplificazione e di instabilità connessi con un evento sismico.

Finalità degli studi:

- Individuare le aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica di Livello 3;
- Definire il tipo di effetti attesi;
- Indicare, per ogni area, il livello di approfondimento necessario;
- Definire il modello geologico, in termini di caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche del sottosuolo che costituirà la base per la microzonazione sismica.

Questa relazione illustrativa descrive tutti gli elementi caratterizzanti gli allegati cartografici a corredo (vedi sotto) e le aree di approfondimento degli studi di MS3 in cui effettuare le indagini integrative, propedeutiche alla caratterizzazione di tutte le tipologie di MOPS, ma anche necessarie per definire

eventuali incertezze, non ultimo la stima della profondità del substrato rigido, uno degli obiettivi primari degli approfondimenti successivi.

Alla presente sono allegati gli elaborati cartografici obbligatori previsti dalla MS1 per il Comune oggetto di studio, cioè:

a) *Carta delle indagini*: in questo elaborato, realizzato in scala 1:10.000 sono state chiaramente indicate le indagini pregresse e quelle di nuova realizzazione, classificate in base al tipo ed alla profondità raggiunta nel Database di SoftMS.

b) *Carta geologica Tecnica* e sezioni geologiche (scala 1:5.000/10.000); In quest'ultimo

c) Nella CGT_MS saranno delineate le caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologico-tecniche, distinte in terreni di copertura e substrato geologico, gli elementi tettonico-strutturali e, più in generale, tutte le informazioni utili per la determinazione del modello di sottosuolo.

In particolare verranno descritti ed evidenziati:

- *i caratteri litostratigrafici;*
- *i caratteri geomorfologici;*
- *i caratteri strutturali, geomeccanici, geotecnici e geofisici;*
- *le caratteristiche idrologiche e idrogeologiche;*
- *tutti i dati necessari alla definizione di un modello di sottosuolo funzionale alla*
- *realizzazione della MOPS.*

d) *Carta delle frequenze naturali dei terreni (f)*, a scala almeno 1: 10.000, derivate da indagini svedite di sismica passiva (HVSR sulle vibrazioni ambientali nell'intervallo 0.1 - 20 Hz). 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).

e) *Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)*: è il documento fondamentale di questo livello di approfondimento. In questa cartografia dovranno essere chiaramente indicate le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari.

Le microzone della carta saranno classificate in tre categorie:

- *zone stabili*, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato rigido in affioramento con morfologia pianeggiante o poco acclive – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°); in queste zone non sono quindi richiesti ulteriori approfondimenti;
- *zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale; nelle zone con variazioni stratigrafiche



lateralmente poco significative (zone di pianura, valli ampie) sono ritenuti sufficienti approfondimenti di secondo livello; nelle zone in cui la stratigrafia presenta variazioni laterali significative e il modello geologico non è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale, come valli strette, conche intramontane e fasce pedemontane o zone prossime a strutture tettoniche sepolte (in prima approssimazione: zone con coefficiente di forma $C > 0.25$ dove $C = H/L$, H = spessore della coltre alluvionale, L = semiampiezza della valle), sono richiesti approfondimenti di terzo livello;

- *zone suscettibili di instabilità*, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (instabilità di versante in presenza di pendii instabili e potenzialmente instabili, liquefazioni, densificazioni, cedimenti differenziali).

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 ai precedenti.

1) La **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 perimetrare 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.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

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 (Figura 1), e contiene 4860 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 lo a ML di Azzaro et al. (2011), valida per i terremoti dell'area.

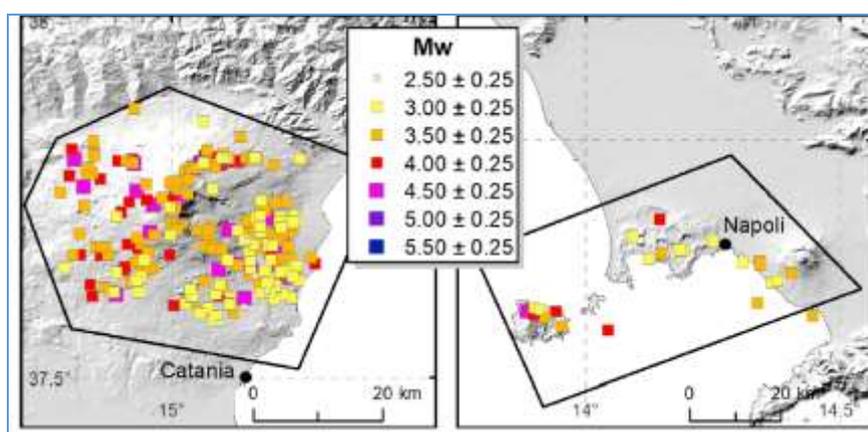


Figura 2.1.1 - Estratto da Rovida et al., 2021 Aree vulcaniche dell'Etna (sinistra) e dei Campi Flegrei (destra) come definite per gli scopi di CPTI15 e relativa sismicità.

La relazione da lo a Md 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 ML e di Md così ottenuti

sono stati successivamente convertiti a Mw 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.

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 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 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 14000 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

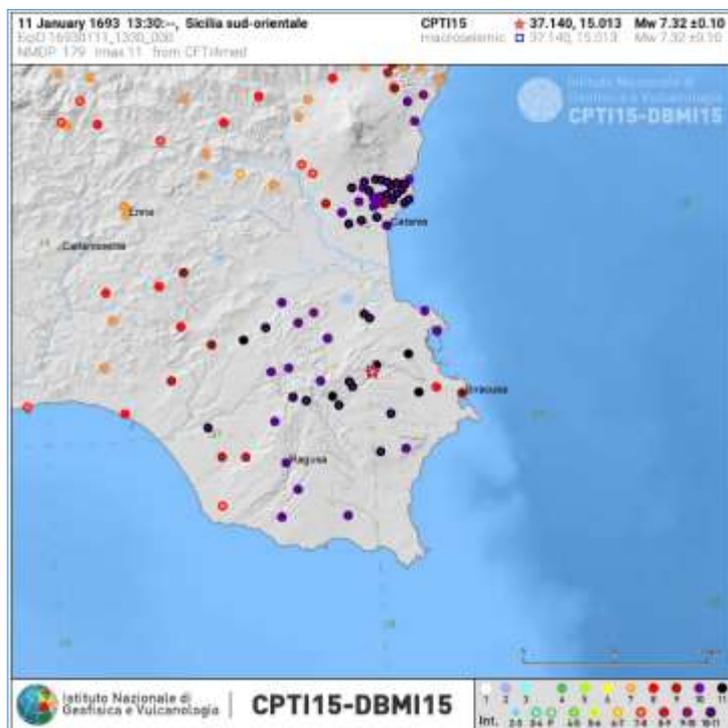


Figura 2.1.2 - Terremoto del 1693 – CPTI15-DBMI15

Acreide, Modica, Melilli, Lentini, Ispica, Occhiola, 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 2.1.3 si riportano i valori dell'intensità macrosismica dell'evento; il Comune di Bronte viene catalogato con intensità VI-VII MCS (Barbano, 1985).

Locality	MCS	Locality	MCS
Acate (Biscari)	X	Massanunziata	X
Aci Bonaccorsi	X	Mazzarino	VII
Aci Castello	X	Melilli	XI
Aci La Consolazione	X	Messina	VIII
Acireale	X	M. Etna	VIII-IX
Aci San Filippo	X	Militello in Val di Catania	IX
Aci Sant' Antonio	X	Mineo	X
Aci Trezza	X	Misterbianco	X
Agrigento (Girgenti)	VI	Modica	IX
Aidone	X	Monterosso Almo	X
Augusta	X	Motta S. Anastasia	X
Avola	X	Naso	VI
Belpasso (Fenicia)	IX	Nicosia	VII-VIII
Biancavilla (Li Greci)	VIII	Niscemi	VIII-IX
Borrello	X	Noto	XI
Bronte	VI- VII	Oriolo	NF
Buccheri	X	Pachino	IX
Butera	VI - VII	Palagonia	IX
Calatabiano	VIII - IX	Palazzolo Acreide	X
Calatafimi	VII	Palermo	VII
Caltagirone	VIII - IX	Paternò	VIII-IX
Caltanissetta	VI	Patti	VI-VII
Capomulini	X	Pedara	X
Carlentini	XI	Piazza Armerina	VII
Cassaro	XI	Plachi	X
Castiglione di Sicilia	VIII	Ragusa	IX-X
Catania	X	Randazzo	VII-VIII
Centuripe (Centorbiy)	VIII	Reggio Calabria	VI
Chiaromonte Gulfi	X	San Giovanni La Punta	X
Comiso	VIII	San Gregorio	X
Ferla	XI	San Michele di Ganzeria	VIII
Fiumefreddo	IX	Sant' Agata li Battiati	X
Floridia	X	Sciacca	NF
Francavilla	VIII-IX	Scichi	X
Francofonte	X	Scordia	IX
Gela	VII	Siracusa	X
Giarratana	X	Sortino	XI
Grammichele (Occhiola)	X	Taormina	IX
Ispica (Spaccaforo)	IX	Trapani	NF
Lentini	XI	Trecastagni	X
Licata	VII	Tremestieri	X
Licodia Eubea	IX	Troina	VII-VIII
Linguaglossa	VIII-IX	Valverde	X
Lipari	VI	Viagrande	X
Malta	VIII	Villa San Giovanni	VII
Mascali	IX	Vittoria	VIII
Mascalucia	X	Vizzini	IX

Figura 2.1.3 - Intensità macrosismica delle località colpite dal terremoto della Val di Noto dell'11 gennaio 1693, da Barbano (1985).

Il terremoto di riferimento della storia sismica di Bronte è quello del 1818 (Fig. 2.1.4).

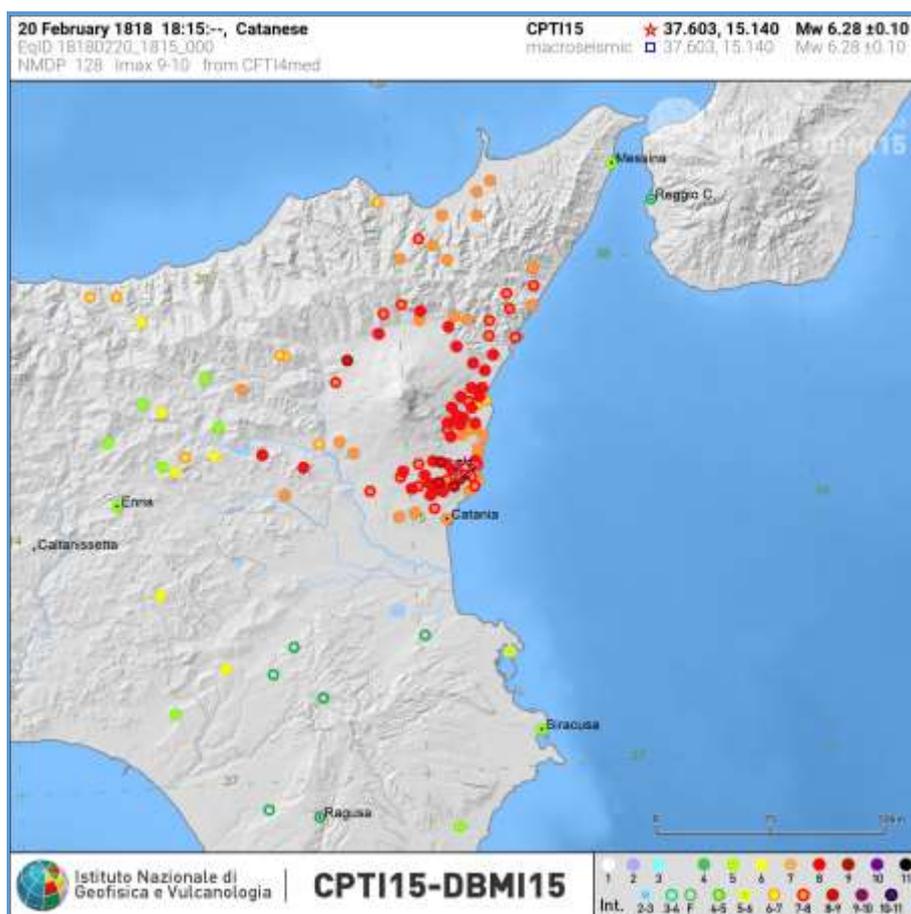


Figura 2.1.4 – Terremoto del 1818 (CPTI15-DBMI15)

Terremoto del 26.12.2018, ore 02:19, lat=37.644, long=15.116, Imax=8, Mw=5.02:

Il terremoto verificatosi il 26 dicembre 2018, alle ore 02:19 UTC, costituisce l'evento più energetico registrato dalla rete sismica dell'INGV-OE a seguito dell'apertura della frattura eruttiva il 24 dicembre. Localizzato strumentalmente nel basso versante orientale dell'Etna tra gli abitati di Fleri e Pennisi (lat. 37.6444, long. 15.1157), con una magnitudo ML 4.8 (Mw 4.9, dato RCMT) ed una profondità inferiore al chilometro. Il terremoto ha avuto sin dalle primissime ore una eco mediatica rilevante per via del danneggiamento apparso subito grave e dei vistosi fenomeni di fagliazione superficiale che hanno interessato la Faglia di Fiandaca, la più meridionale del sistema tettonico delle Timpe.

L'evento in questione rappresenta, in particolare, il mainshock di una sequenza sismica di circa 50 scosse localizzate lungo la faglia di Fiandaca, verificatisi nell'arco di un mese circa.

L'area maggiormente colpita comprende tutte le località attraversate dalla Faglia di Fiandaca, grosso modo allineate lungo una direzione NO-SE per circa 5 km. Da nord verso sud, sono: Poggiofelice, Fleri, S. Giovannello, Mazzasette, Pennisi, C.de Campanaro e Testa di Vipera.

L'area interessata da un danneggiamento piuttosto diffuso ma di minore entità, comprende alcune frazioni e contrade densamente urbanizzate, collocate in posizione più periferica rispetto allo sviluppo della Faglia di Fiandaca. Tra queste si

segnalano, da nord verso sud: C.da Monte Ilice, Pisano e il sobborgo di Scacchiere, Fossa Gelata, Sciare di Pennisi, Fiandaca e Fossazze.

Nelle altre località circostanti, il terremoto ha provocato danni lievi di tipo non strutturale, quali: screpolatura/caduta di intonaci, distacco tra tramezzature e strutture portanti. Si segnalano tuttavia danni di un certo rilievo ai (pochi) edifici rurali di classe A. Le località per le quali è stata stimata una intensità del VI grado EMS, sono: Zafferana E., Sarro, Monterosso, Lavinaio, S. Maria la Stella, Volta Nespola, Linera e Cosentini.

Una tipologia di danno particolare, collegata alla presenza degli effetti di fagliazione superficiale rilevati, è quella relative alle infra-strutture, principalmente strade e reti dei servizi. Questi effetti sono presenti lungo tutta la Faglia di Fiandaca, da Fleri fino all'autostrada A18 Messina-Catania; numerose le strade interrotte, soprattutto per il crollo di muri a secco e di recinzione.

Il terremoto è stato avvertito fortemente in tutta la zona etnea provocando, fino ad una distanza di circa 15-20 km dall'epicentro, il risveglio della popolazione, la caduta di suppellettili, forti oscillazioni di lampadari; in alcuni casi, si è notata la riapertura di lesioni preesistenti negli intonaci. In questi casi è stata assegnata una intensità del V grado EMS.

L'areale di risentimento è complessivamente ampio, esteso a buona parte della Sicilia orientale fino ad una distanza di circa 70-80 km (particolarmente verso sud, nel settore ibleo).

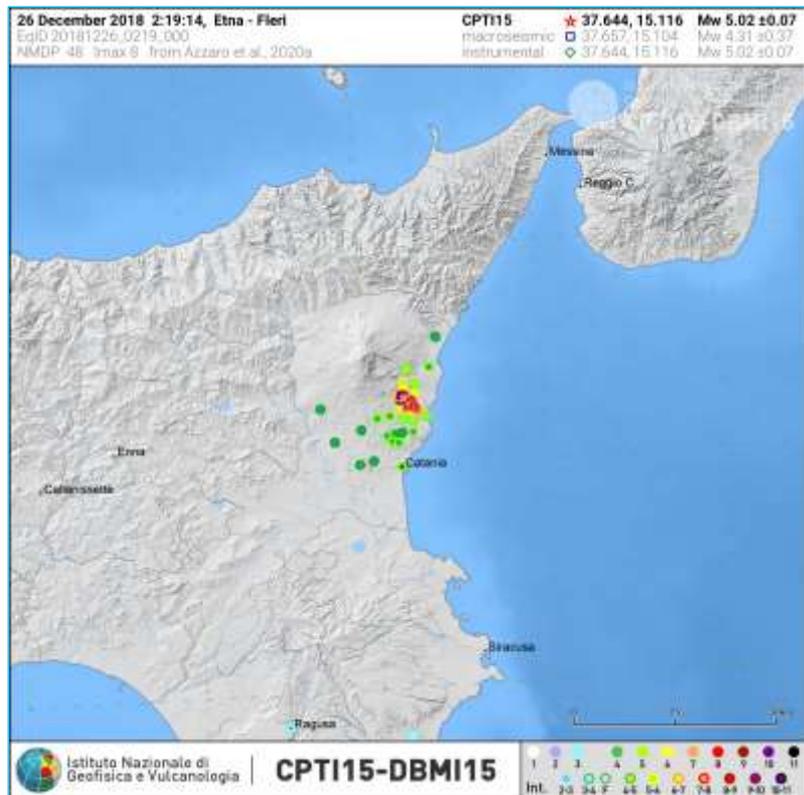


Figura 2.1.5 - Terremoto del 2018 – CPTI15-DBMI15

2.2 STORIA SISMICA DEL COMUNE DI BRONTE

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 ad Bronte effetti macrosismici di notevole intensità ($I > 6$ MCS) (Fig. 2.2.1)

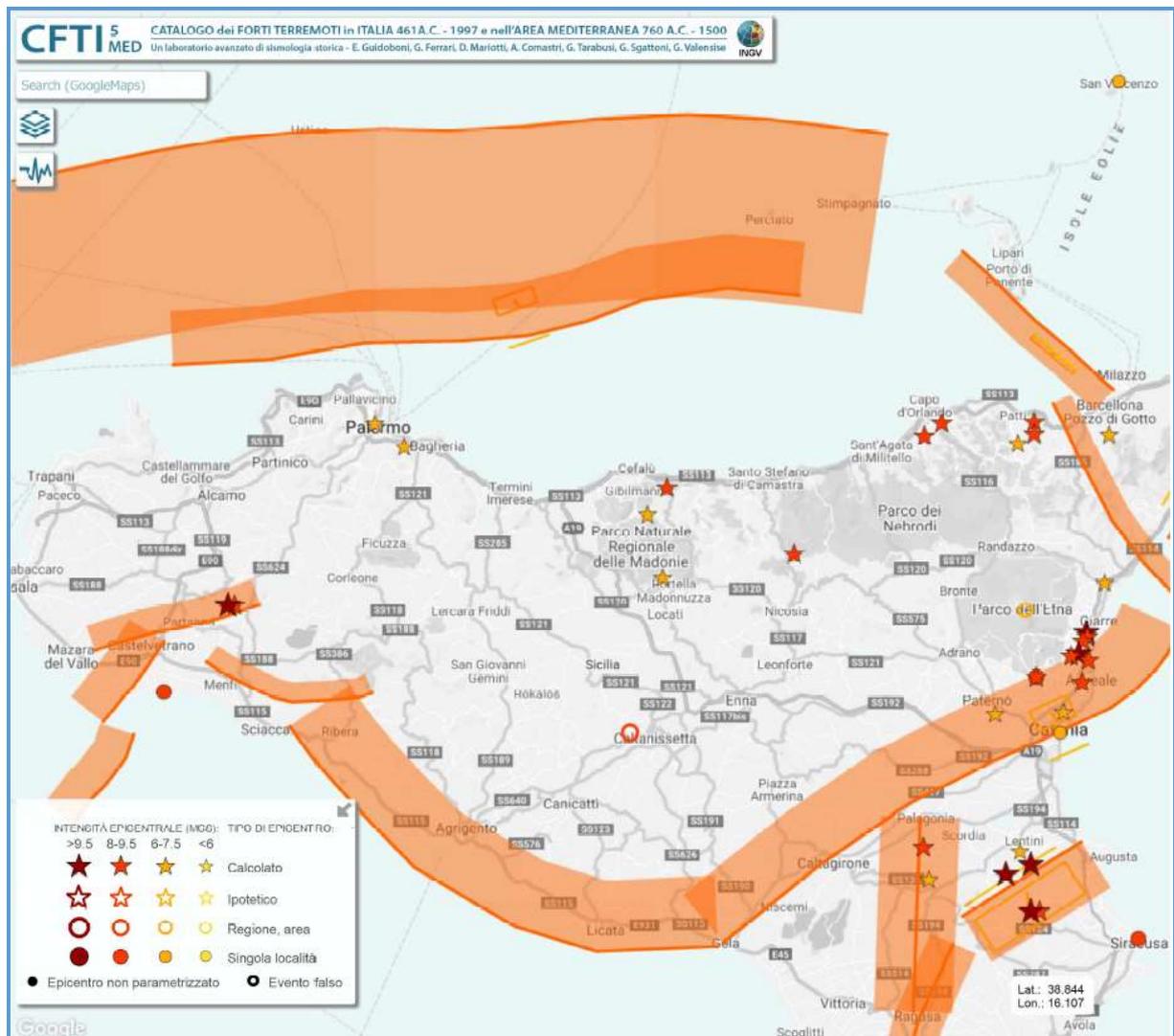


Figura 2.2.1 - Il “*Catalogo dei forti terremoti dal 461 a.C. al 1997*” Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Sgattoni G., Valensise G. (2018) - CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell’area Mediterranea (760 a.C.-1500). Istituto Nazionale di 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 <http://emidius.mi.ingv.it>; nella figura 2.2.2 vengono riportati gli eventi sismici storici relativi all’areale di studio, relativi al Comune di Bronte.

La figura 2.2.3 riporta il risultato della ricerca sul database DBMI11, che individua 73 eventi significativi per

il territorio di Bronte, a partire dall'evento del 1693.

Seismic history of	Bronte
PlaceID	IT_67756
Coordinates (lat, lon)	37.786, 14.834
Municipality (ISTAT 2015)	Bronte
Province	Catania
Region	Sicilia
No. of reported earthquakes	73

Int. at place	N	Year	Mo	Da	Ho	Mi	Se	EpicentralArea	IoDef	MwD ef	ErM wDef
7	551	1693	1	11	13	30		Sicilia sud-orientale	11	7,32	0,1
F	639	1717	4	22				Monti Peloritani	6-7	4,91	0,34
5-6	712	1739	6	5				Etna - Versante nord-occidentale	6-7	3,47	0,33
7-8	1040	1818	2	20	18	15		Catanese	9-10	6,28	0,1
5-6	1116	1832	10	31				Etna - Versante occidentale	6-7	3,47	0,33
6	1189	1846	4	22	19	45		Piana di Catania	6	4,94	0,46
3	1475	1883	4	5	8	58		Etna - Nicolosi	6-7	3,47	0,33
3-4	1486	1884	1	10	20	35		Etna - Versante settentrionale	6	3,19	0,31
2-3	1516	1886	6	5	11	13		Etna - S. Venerina	7	3,75	0,34
3	1587	1892	3	16	12	38		Alicudi	7	5,24	0,45
4-5	1594	1892	7	8	18	50		Etna - Versante meridionale	7-8	4,03	0,36
3	1611	1893	4	22	3	20		Monti Nebrodi	6-7	4,83	0,23
4	1618	1894	2	20				Monti Peloritani ?	5	4,33	0,31
3-4	1624	1894	8	8	5	16		Etna - Mazzasette (Acireale)	8-9	4,59	0,38
4-5	1626	1894	11	16	17	52		Calabria meridionale	9	6,12	0,1
4	1732	1898	5	14	4	45		Etna - S. Maria Licodia	7-8	4,03	0,36
5	1883	1905	9	8	1	43		Calabria centrale	10-11	6,95	0,09
NF	1903	1906	6	2	0	10		Etna - Massa Annunziata (Mascalucia)	6	3,19	0,31
3	1952	1908	5	26	16	47		Etna - Versante orientale	6	3,19	0,31
5	1970	1908	12	10	6	20		Monti Peloritani	7	5,11	0,19



2	1978	1909	1	23	18	28		Stretto di Messina	7	5,15	0,3
3	2761	1957	3	3	9	27		Etna - Zafferana Etnea	6-7	3,47	0,33
3	2805	1959	12	23	9	29		Piana di Catania	6-7	5,11	0,15
4	3091	1974	3	28	21	34		Etna - Versante meridionale	6	3,19	0,31
NF	3108	1975	1	16	0	9	45	Stretto di Messina	7-8	5,18	0,08
2-3	3171	1977	6	5	13	59		Monti Nebrodi	6-7	4,61	0,1
5	3194	1978	4	15	23	33	48,15	Golfo di Patti	8	6,03	0,1
NF	3226	1980	1	23	21			Monti Iblei	5-6	4,39	0,1
3-4	3256	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	10	6,81	0,1
NF	3342	1982	7	6	14	37		Etna - C.da Algerazzi (Zafferana E.)	7	3,27	0,32
NF	3363	1983	3	27	8	5	6,32	Etna - C.da Calcerana (Adrano)	6-7	3,47	0,33
3	3366	1983	7	20	22	3	30,04	Etna - Viagrande	7-8	4,3	0,37
NF	3385	1984	4	15	3	10	45,17	Etna - Vallone Licodia (S. Maria Licodia)	6-7	3,5	0,33
4	3448	1985	6	13	21	18	25,58	Etna - Versante occidentale	6	3,96	0,35
NF	3503	1986	10	29	23	18	7,29	Etna - Piano Provenzana (Linguaglossa)	7	3,9	0,35
NF	3504	1986	11	3	6	32	55,63	Etna - C.da Algerazzi (Zafferana E.)	6-7	3,4	0,33
4-5	3537	1987	8	13	7	22	9,91	Etna - Maletto	6	4,75	0,1
2-3	3568	1988	6	19	1	44	23	Etna - Versante settentrionale	6	3,5	0,33
NF	3573	1988	10	28	18	48	45	Etna - Piano Pernicana (Linguaglossa)	6	3,62	0,34
3	3590	1989	7	27	15	8	51	Etna - Caselle (Milo)	6	3,15	0,31
3-4	3642	1990	12	13	0	24	25,68	Sicilia sud-orientale		5,61	0,1
3-4	3674	1991	12	15	20	0	50	Etna - Versante meridionale	5-6	4,3	0,37
NF	3697	1992	9	27	11	55	15,73	Sicilia centro-settentrionale		4,16	0,13
4	3720	1993	10	12	20	21	21,27	Etna - Versante nord-occidentale	4	4,23	0,15
4	3754	1995	2	10	8	15	45	Etna - Versante occidentale	5	4,31	0,37
4-5	3921	1997	12	24	9	40	7	Etna - Versante meridionale	6	4,08	0,36
4-5	3925	1998	1	10	8	45	18	Etna - Versante sud-occidentale	6-7	3,96	0,35

4	3981	1999	2	14	11	45	53,99	Golfo di Patti	6	4,66	0,07
4-5	3991	1999	8	5	14	57	38,4	Etna - Versante sud-occidentale	6	4	0,36
3-4	4054	2000	11	5	17	26	27,04	Etna - Versante meridionale	5-6	3,85	0,35
4	4060	2001	1	9	2	51	58,31	Etna - Zafferana Etnea	6	3,73	0,34
5	4066	2001	4	22	13	56	34,32	Etna - Versante occidentale	6	4,19	0,07
3	4070	2001	5	17	11	43	57,9	Tirreno meridionale	4	4,97	0,07
4	4076	2001	7	13	3	15	31	Etna - Versante meridionale	6-7	4	0,36
NF	4079	2001	7	14	5	53	17,45	Etna - C.da Calcerana (Adrano)	6	3,5	0,33
NF	4121	2002	3	24	23	5	34,94	Etna - Versante orientale	6	3,27	0,32
NF	4142	2002	9	22	16	1	50,22	Etna - Piano Provenzana (Linguaglossa)	6	3,85	0,35
4-5	4155	2002	10	27	2	50	24,05	Etna - Piano Provenzana (Linguaglossa)	8	4,84	0,07
NF	4234	2004	5	5	13	39	42,93	Isole Eolie		5,42	0,07
NF	4281	2005	10	31	0	2	41,21	Etna - Trecastagni	6-7	3,8	0,35
NF	4295	2006	5	20	7	5	55,58	Etna - Versante sud-occidentale	6	3,91	0,13
4-5	4309	2006	12	19	14	58	5,94	Etna - Versante nord-occidentale	6	4,19	0,07
NF	4338	2008	4	9	4	14	35,66	Etna - Versante orientale	5-6	3,5	0,33
NF	4356	2008	12	16	2	30	14,17	Etna - Versante sud-occidentale	6	4	0,36
NF	4397	2009	5	13	14	13	46,68	Etna - San Matteo (Giarre)	6	3,6	0,34
NF	4411	2009	11	8	6	51	16,41	Monti Nebrodi	5	4,52	0,07
4-5	4418	2009	12	19	9	1	14,58	Etna - Maletto	6	4,39	0,07
3	4425	2010	4	2	20	4	44,28	Etna - Piano Pernicana (Linguaglossa)	6-7	4,19	0,07
4	4446	2011	5	6	15	12	35,04	Etna - Versante nord-occidentale	5-6	4,31	0,07
5	4541	2013	1	4	7	50	6	Monti Nebrodi	5	4,37	0,07
4	4556	2013	8	15	23	6	51,2	Monti Peloritani	5-6	4,38	0,13
3-4	4732	2017	1	30	9	51	7	Etna - Versante meridionale	4	3,6	0,1
5	4793	2018	10	6	0	34	19	Etna - Versante sud-occidentale	7-8	4,72	0,07

Tabella 2.2.1 - Eventi sismici significativi nel comune di Bronte



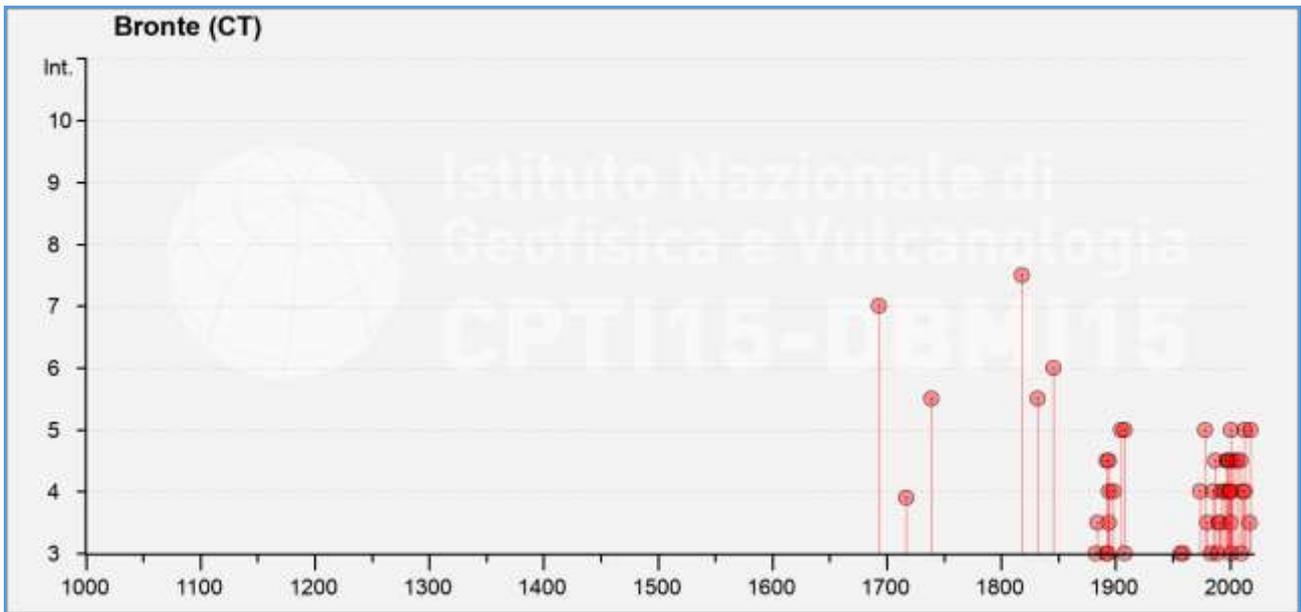


Figura 2.2.2 - (CPT115, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes)

La necessità di un catalogo di terremoti specifico per l'Etna deriva dal fatto che il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI non consente una caratterizzazione di dettaglio della sismicità a scala del vulcano in quanto riporta solo gli eventi principali selezionati in base a soglie energetiche (Fig. 2.2.3).

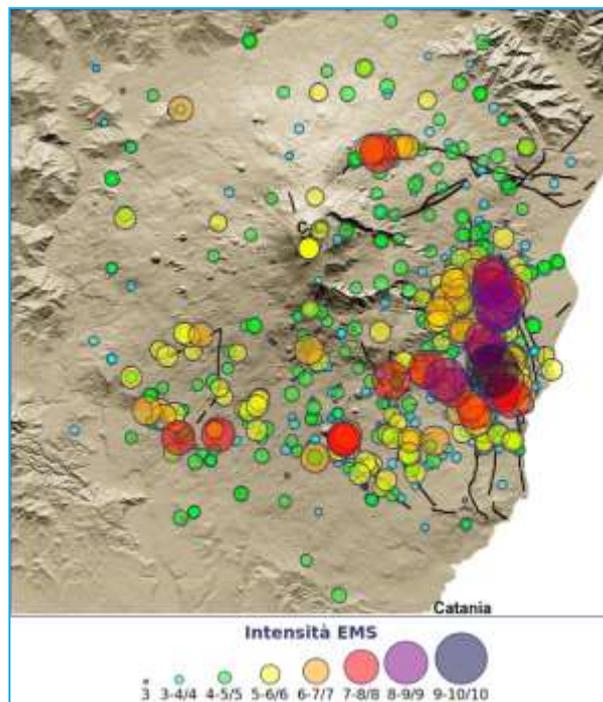


Figura 2.2.3 – Distribuzione eventi sismici e relativi livelli di intensità EMS in area etnea (Azzaro & D'Amico, 2014)

La frequente sismicità dell'area è eccezionalmente documentata da un'ampia base di dati storici che a partire dal XVII secolo "rendicontano" con continuità e dovizia di particolari i fenomeni sismici e vulcanici

all'Etna. La compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Etnei (Azzaro & D'Amico, 2014) passa attraverso l'utilizzo di questo patrimonio informativo, oltre 200 fonti "primarie" analizzate tra studi, relazioni e bollettini, e giunge a definire un quadro completo ed omogeneo sulla sismicità locale negli ultimi 389 anni.

È a partire da questo set di dati che si rende possibile lo studio delle sequenze sismiche anche in relazione alle diverse fasi di attività vulcanica, dei meccanismi di rilascio sismico delle faglie attive che attraversano le aree urbanizzate, cioè in definitiva delle relazioni tra processi geodinamici locali e meccanismi eruttivi.

Il catalogo, nella versione aggiornata dal 1633 al 2019, riporta 1818 terremoti suddivisi in eventi principali e repliche, dei quali 218 al di sopra della soglia del danno. Per tutti gli eventi è disponibile la base dati di intensità espressa secondo la Scala Macrosismica Europea 1998; complessivamente l'archivio macrosismico contiene 9093 osservazioni al sito. Ogni terremoto è riportato con i seguenti parametri: localizzazione ed intensità epicentrale, magnitudo macrosismica, classe di qualità del dato macrosismico e, ove possibile, struttura sismogenetica cui è associato. Dagli anni '70 in poi sono disponibili anche magnitudo e profondità strumentali, grazie all'Istituto Nazionale di Vulcanologia di Catania, ora INGV e all'Osservatorio Etneo (OE).

Altri motivi di particolare interesse per la pericolosità sismica dell'area si legano al complicato sistema di faglie attive e capaci che insiste principalmente sul versante orientale dell'Etna. La consultazione delle storie sismiche delle faglie dal **Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnei dal 1633 al 2018** (Azzaro & D'Amico, 2014) realizzato dall'INGV-Osservatorio Etneo (<https://www.ct.ingv.it/macro/etna/faglie.html>) ha evidenziato sequenze sismiche lungo linee di faglia attive e capaci con riflesso in termini di deformazione cosismica al suolo (Fig. 2.2.4).

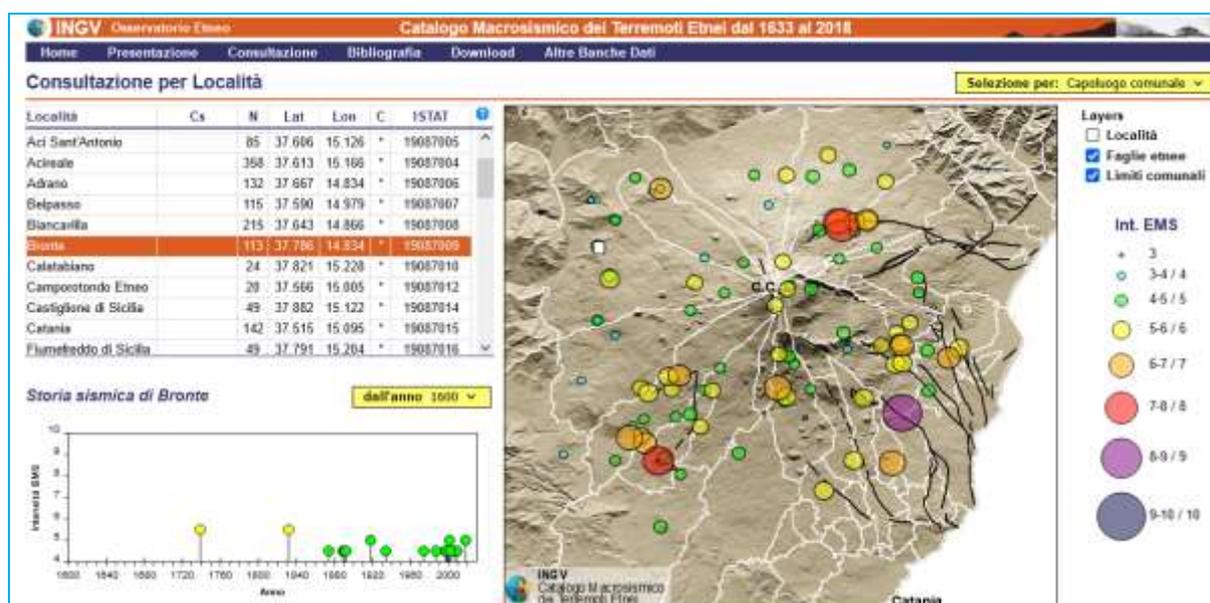


Figura 2.2.4 – Distribuzione eventi sismici con associati i livelli di intensità macrosismica lungo le varie strutture di faglia etnee e storia sismica di Bronte (il quadratino bianco indica il centro di Bronte)

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 $a(t)$ 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 viene 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

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>

suolo ag (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 ($V_{s_{eq}} > 800$ m/sec – Cat A).

La mappa riportata in Fig. 2.3.1 mostra come il comune di Bronte ricada in un'area con PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, cioè periodo di ritorno 475, compresa fra 0.125 g e 0.200 g. Questa è una scelta di parametri convenzionale e 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.

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.

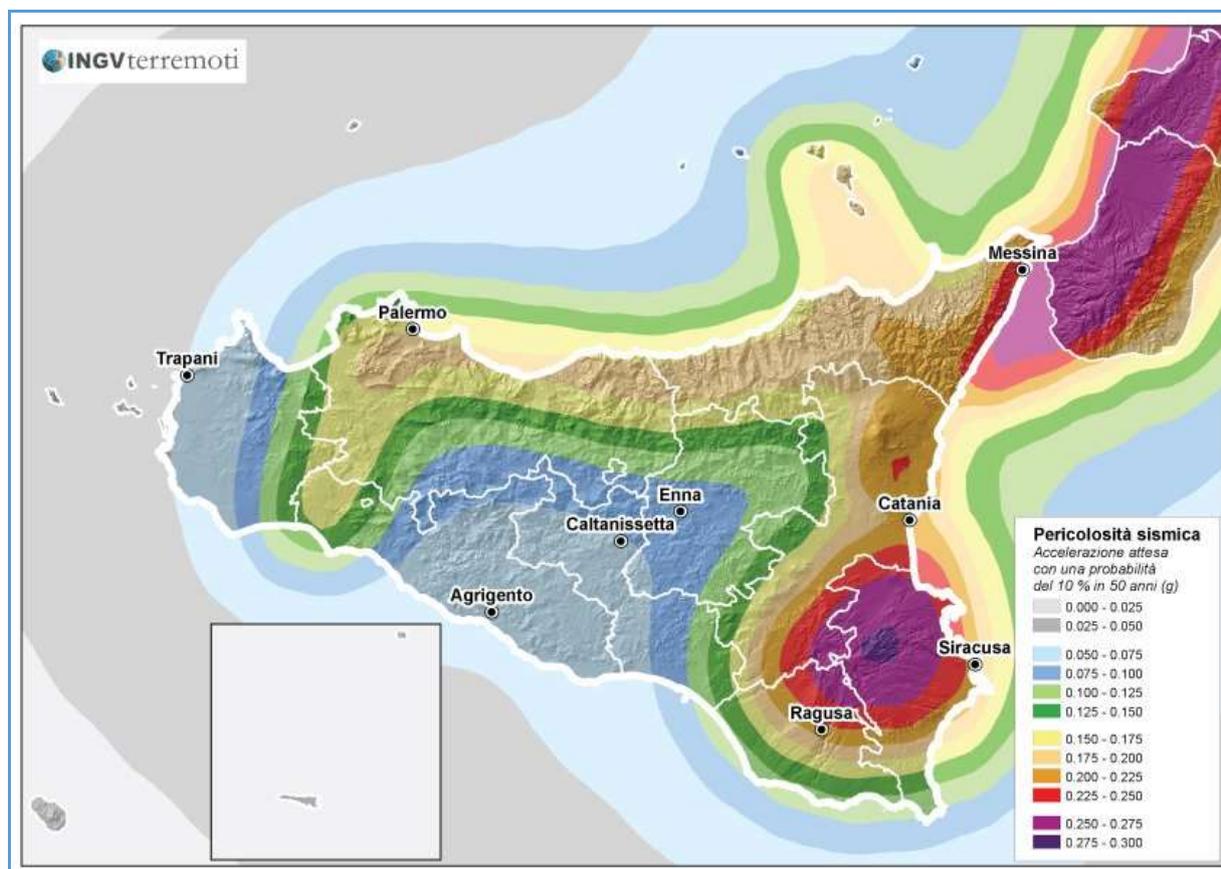


Figura 2.3.1 - Mappa della pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/s), Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All.1b; estratta da: <http://zonesismiche.mi.ingv.it>

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. 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 2° categoria 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 Bronte risulta inserito in Zona Sismica 2 (Fig. 2.3.2).

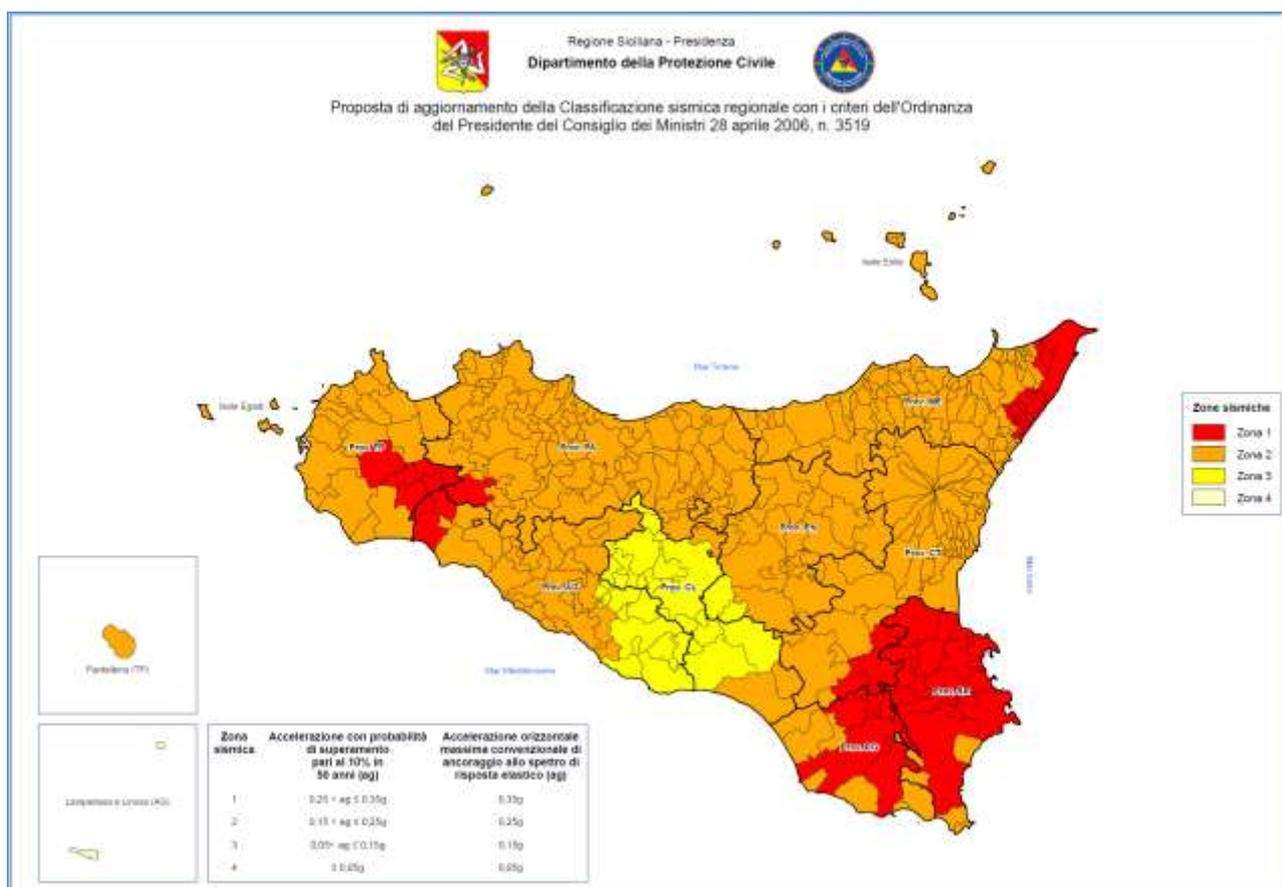


Figura 2.3.2 - Variazione regionale Sicilia Delibera Giunta Regionale n. 81 del 24 febbraio 2022

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 Bronte tra 4 nodi della griglia di pericolosità sismica.

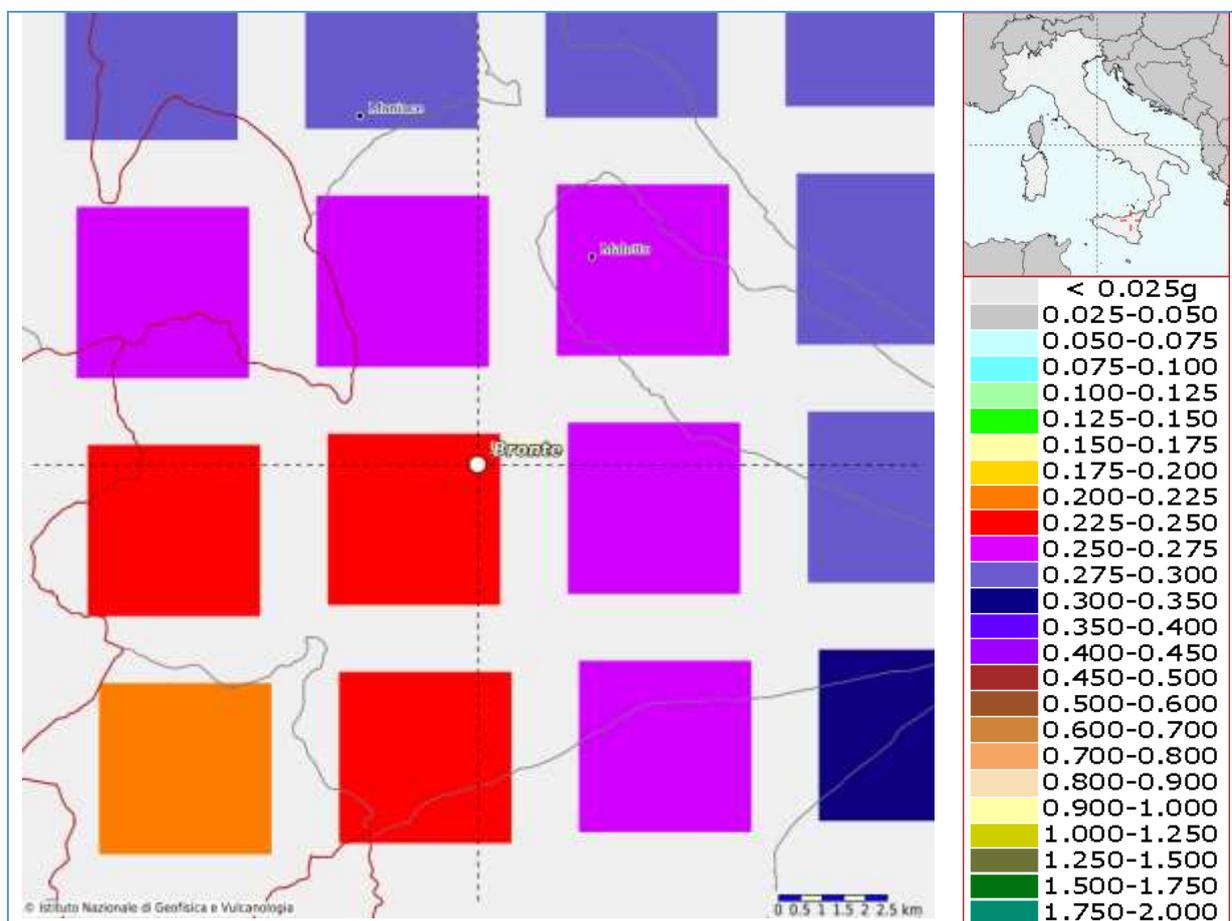


Figura 2.3.3 –Griglia di pericolosità sismica per il sito (Lat. 37.598 –Long 15.108) con probabilità in 50 anni al 2% e percentile al 50

La tabella 2.3.1 riporta i valori della pericolosità sismica relativi al comune di Bronte, 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.

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 37.777 lon. 14.815)					
Frequenza annuale di eccedenza	Probabilità di eccedenza	Periodo di ritorno	Parametro di scuotimento PGA (g)		
			16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	2 %	2475	0.2139	0.2367	0.2550
0.0010	5 %	975	0.1639	0.1774	0.1946
0.0021	10 %	475	0.1220	0.1441	0.1585
0.0050	22 %	201	0.0832	0.1111	0.1234
0.0071	30 %	140	0.0707	0.0988	0.1103

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 37.827 lon. 14.816)					
Frequenza annuale di eccedenza	Probabilità di eccedenza	Periodo di ritorno	Parametro di scuotimento PGA (g)		
			16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	2 %	2475	0.2445	0.2652	0.2875
0.0010	5 %	975	0.1785	0.1942	0.2127
0.0021	10 %	475	0.1359	0.1549	0.1682
0.0050	22 %	201	0.0939	0.1163	0.1269
0.0071	30 %	140	0.0789	0.1025	0.1126

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 37.826 lon. 14.879)					
Frequenza annuale di eccedenza	Probabilità di eccedenza	Periodo di ritorno	Parametro di scuotimento PGA (g)		
			16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	2 %	2475	0.2442	0.2656	0.2963
0.0010	5 %	975	0.1778	0.2005	0.2246
0.0021	10 %	475	0.1354	0.1626	0.1807
0.0050	22 %	201	0.0946	0.1249	0.1387
0.0071	30 %	140	0.0800	0.1113	0.1237

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 37.776 lon. 14.878)					
Frequenza annuale di eccedenza	Probabilità di eccedenza	Periodo di ritorno	Parametro di scuotimento PGA (g)		
			16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	2 %	2475	0.2347	0.2516	0.2923
0.0010	5 %	975	0.1692	0.1987	0.2302
0.0021	10 %	475	0.1277	0.1645	0.1896
0.0050	22 %	201	0.0906	0.1293	0.1471
0.0071	30 %	140	0.0778	0.1160	0.1312

Tabella 2.3.1 – Valori di PGA stimati per il comune di Bronte 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 ($V_s > 800/m$).

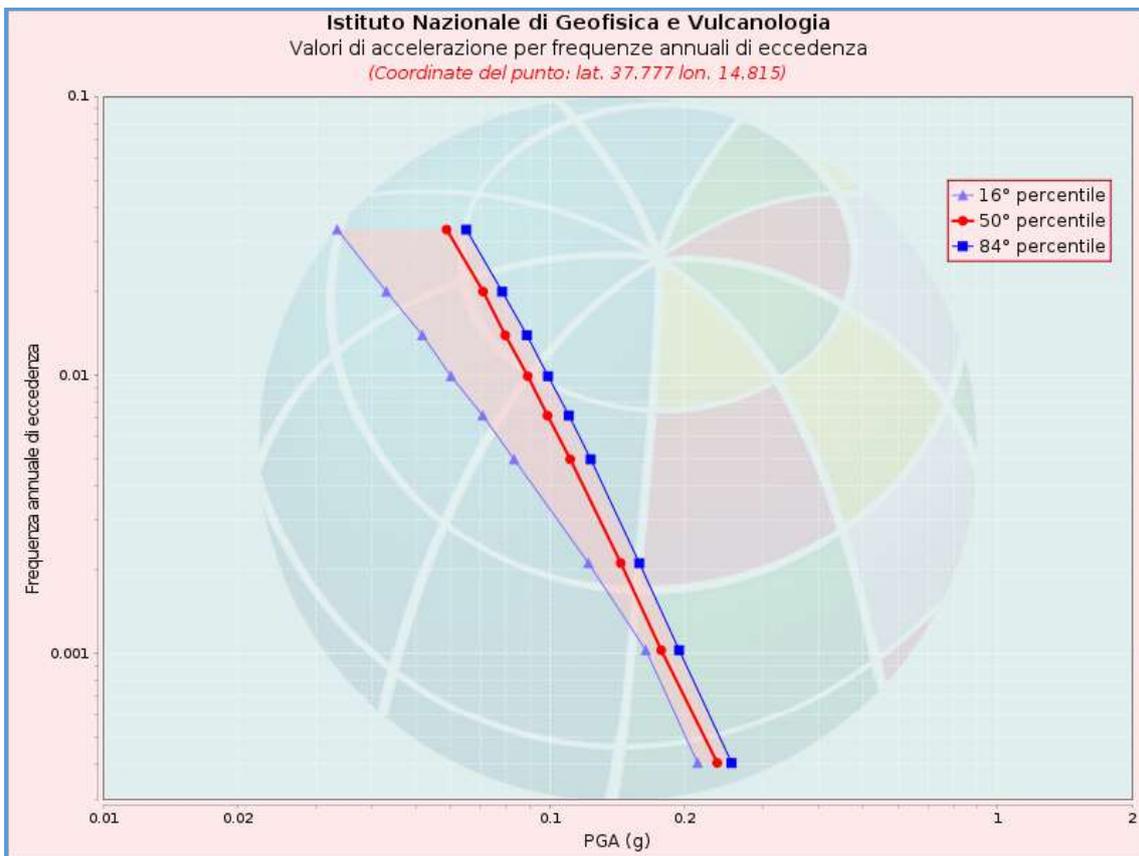


Figura 2.3.4 - Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza
 (Coordinate Lat.: 37.777 - Long: 14.815)

2.4 ELEMENTI TETTONICO-STRUTTURALI

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).

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).

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, tra cui la scarpata della Timpa di Aci Catena.

L'area in studio non è interessata da lineazioni tettoniche attive.

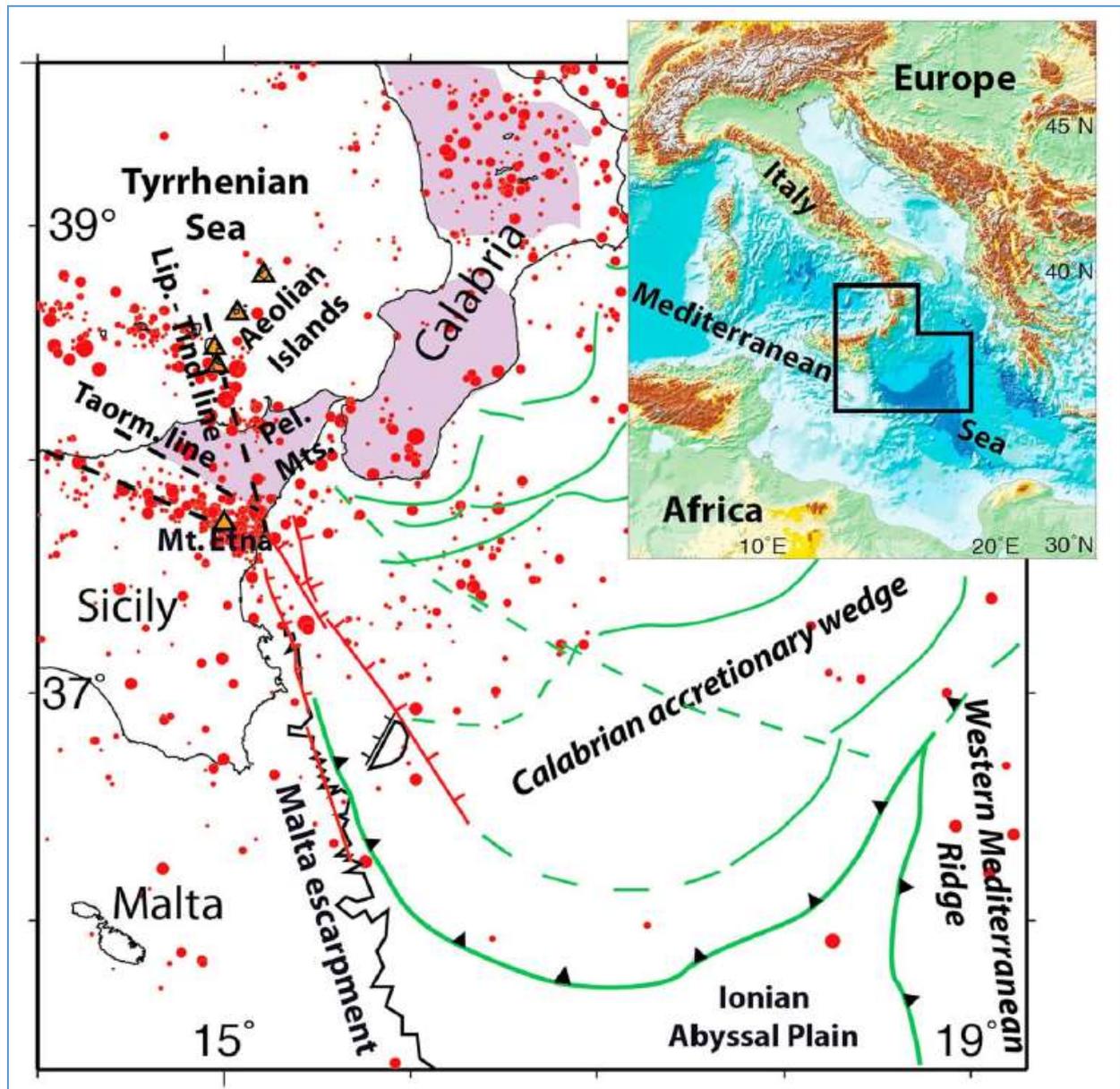


Figura 2.4.1 - Mappa tettonica semplificata dell'Italia meridionale (da Gutscher et al., 2015)

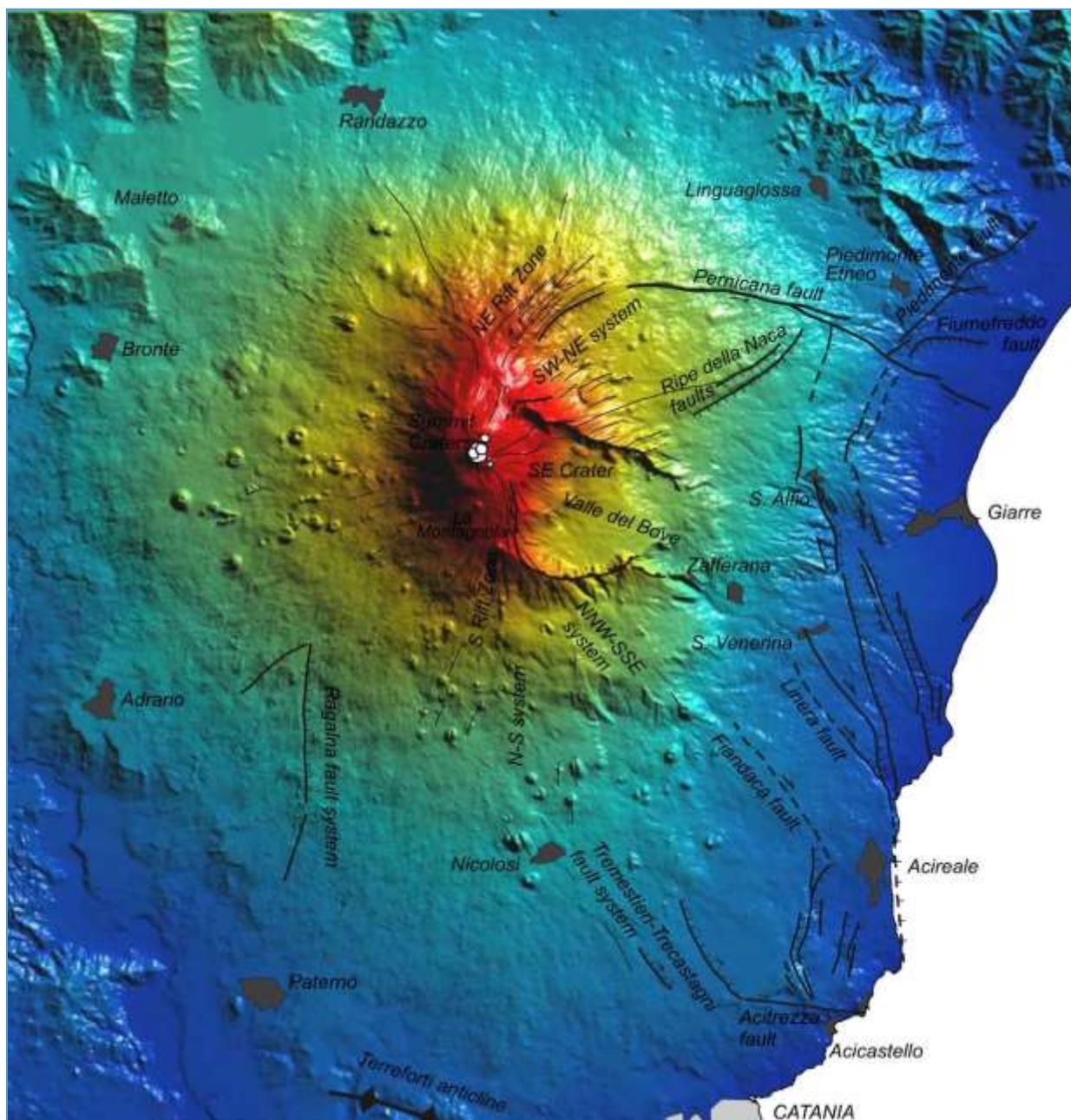


Figura 2.4.2 - Schema strutturale del Monte Etna (da Monaco et al., 2010)

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.

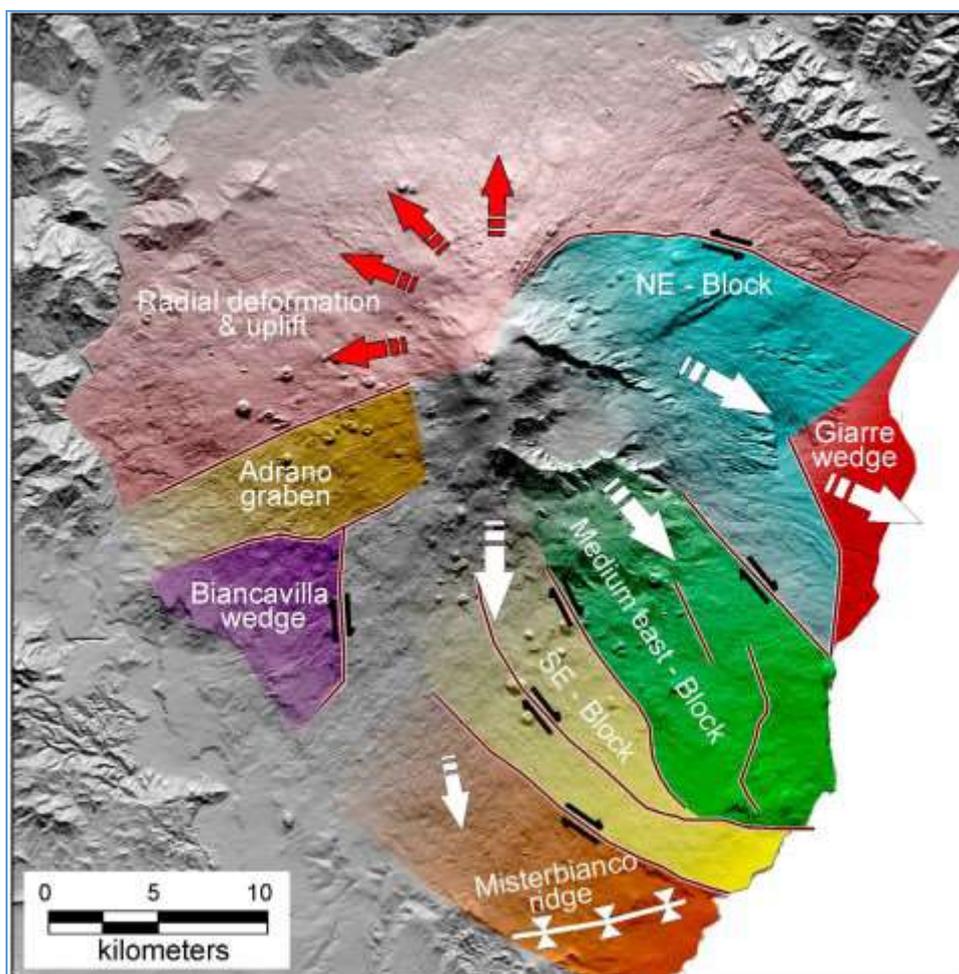


Figura 2.5.1 - Principali domini cinematici del vulcano Etna – (Bonforte et al. 2001).

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).

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).

2.6 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 3.2.1. 2018) 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 (circa 25 km a Nord-ovest) 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).

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).

L'area in studio non è interessata da faglie attive e capaci.

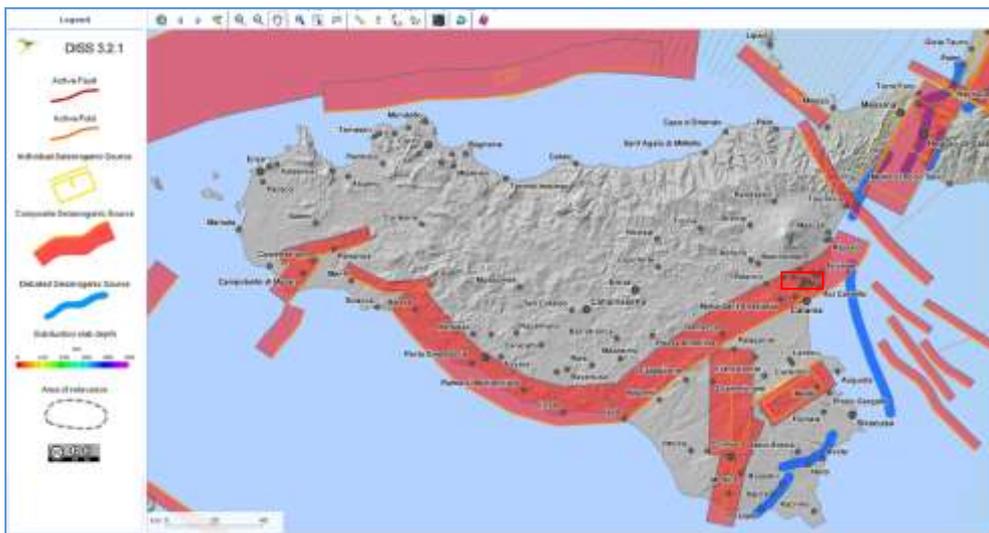


Figura 2.6.1 - Database DISS (versione 3.2.1. 2018)

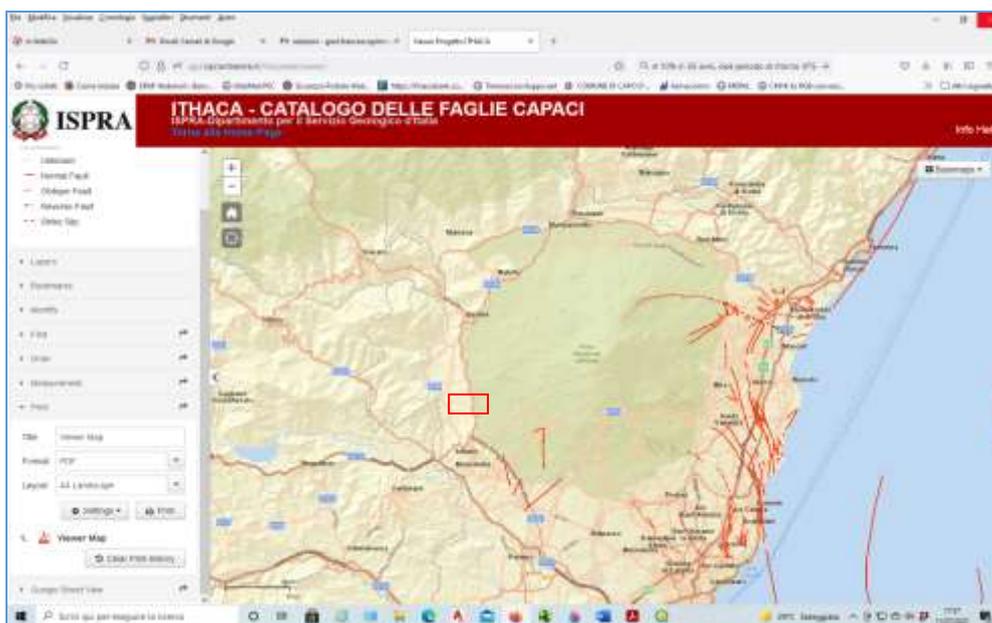


Figura 2.6.2 - Catalogo ITHACA

3 ASSETTO GEOMORFOLOGICO E GEOLOGICO

3.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il territorio del Comune di Bronte ha una superficie di 250,86 Km² ed è uno dei più vasti della Provincia di Catania. Esso si estende fino al cratere centrale dell'Etna con un'altitudine che va dai 380 ai 3350 m s.l.m. ed è costituito in buona parte da lave più o meno antiche sovrapposte, in epoche diverse, a terreni argillosi e calcarei di origine sedimentaria.

La superficie territoriale si sviluppa maggiormente lungo la direttrice nord-sud, con uno sviluppo massimo (Etna compresa) di circa 33 Km e con un dislivello dal punto più basso (380 metri) a quello più alto (3.350, l'Etna) di 2.970 metri.

Il territorio del comune di Bronte in esame è individuabile dal punto di vista topografico, all'interno del quadro d'unione delle tavolette "Bronte" F. n° 261 II NE e "Serra di Vito" F. n° 261 II N.O edita dall'I.G.M.I. ed inoltre nel quadro d'unione tra le sezioni n° 612140 "Bolo Fiorentino", 612150 "Maletto", 624020 "Bronte Ovest" e 624030 "Bronte Est" della Carta Tecnica Regionale in scala 1: 10.000 edita dalla Regione Siciliana.

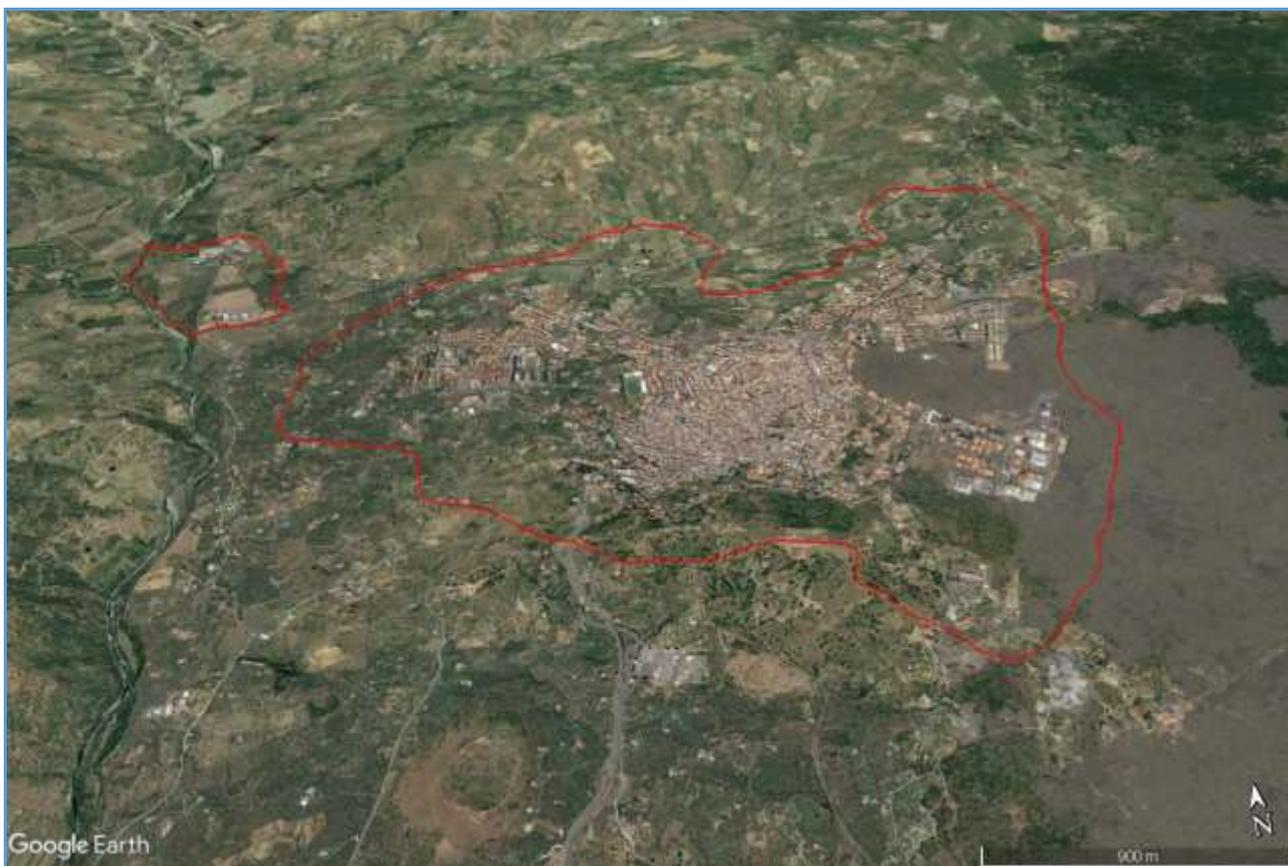


Figura 3.1.1 – Stralcio ortofoto con individuazione area in esame

3.2 GEOMORFOLOGIA DEL TERRITORIO

I caratteri morfologici del territorio in esame sono prevalentemente influenzati dalla presenza del vulcano che rappresenta un'unità territoriale del tutto tipica e differenziata dagli ambienti circostanti per condizioni geografiche, morfologiche, climatiche e geologiche. L'imponenza dell'Etna non risiede unicamente nelle dimensioni dell'apparato vulcanico ma anche nella morfologia del substrato sedimentario sul quale poggia, che sotto il vulcano raggiunge quote superiori a 1000 metri sul livello del mare.

La regione etnea può essere divisa schematicamente in tre fasce principali situate a quote differenti in funzione delle caratteristiche morfologiche e climatiche: la "fascia pedemontana", nel settore occidentale si estende dal fiume Simeto fino a quota 700-800 m circa ed è caratterizzata da pendii abbastanza dolci, talora interrotti da superfici sub-pianeggianti. La seconda fascia altimetrica, estesa da quota 700-800 m a quota 1900-2000 m, risulta caratterizzata da pendii più accentuati con frequenti bruschi dislivelli. Una terza fascia infine, comprendente le quote più elevate fino alla sommità del cono vulcanico; essa è caratterizzata da pendii molto ripidi che culminano in maniera concentrica nella zona occupata dai crateri sommitali.

Il versante occidentale dell'edificio etneo è in prevalenza costituito da colate laviche storiche riferibili all'attività eruttiva degli ultimi 15 ka, e in minor parte da prodotti vulcanici più antichi.

Il limite tra il dominio etneo e quello sedimentario è segnato dalla presenza del bacino fluviale del Simeto.

L'area del comune di Bronte perimetrata per questa fase di studio di MS1, è ubicata a quote comprese tra 380 e 950 metri s.l.m. (Fig. 3.2.1), rientra quasi esclusivamente nella "Zona Pedemontana" Etna, mostrando il tipico motivo morfologico delle basse pendici dell'Etna e dominando l'alta valle del Simeto, si estende, scendendo dolcemente, dalle falde del vulcano fino alle rive del fiume, dove si trova l'ultimo rivolo di magma lavico corroso dalle acque. (Fig. 3.2.2)

Dal punto di vista paesaggistico, il territorio di Bronte è caratterizzato dalle piante di pistacchio e dagli uliveti e da un territorio ricco di foreste e di itinerari lungo le pendici dell'Etna, sui versanti dei monti Nebrodi o lungo il percorso del fiume Simeto.

Per la sua assoluta unicità rappresenta uno degli scenari paesaggistici più interessanti della provincia e per questo motivo oltre la metà del suo territorio (25.000 ettari) ricade per 10.000 ettari nel Parco dell'Etna, per 3.871 ettari nel Parco dei Nebrodi, per 291 ettari nella zona protetta delle Forre laviche del Simeto e in minima parte nel Parco fluviale dell'Alcantara.

Il bacino imbrifero del Fiume Simeto si estende complessivamente su una superficie di circa 4.030 Km².

Il Fiume Simeto è il maggiore fiume siciliano per estensione del bacino idrografico, nasce a circa 10 km a nord-ovest di Bronte, dall'unione del fiume di Cutò, il fiume del Martello e il fiume della Saracena, tutti sgorganti dalle pendici dei monti Nebrodi. Subito dopo essere transitato sotto il Ponte della Cantera, riceve il primo notevole affluente da destra: il Troina. Da qui il fiume assume direzione verso Sud, incassandosi in

uno spettacolare tratto ingolato costituito da materiale lavico proveniente dalle eruzioni dell'Etna, che il Simeto lambisce tutta la parte ovest della sua base. Giunto nei pressi di Adrano, scorre fungendo da confine tra le province di Catania e Enna ricevendo da destra uno dei suoi principali affluenti: il fiume Salso, da alcuni considerato come uno dei suoi maggiori rami sorgentizi. Da questa confluenza il fiume prosegue puntando leggermente verso Sud-Est, allargando il proprio letto in ampio greto ciottoloso e lambendo il territorio comunale di Paternò. Giunto presso la località la Rotondella, viene scavalcato dall'Autostrada A19 ed entra nell'ampia Piana di Catania scorrendo con andamento lento e sinuoso. Qui riceve da destra rispettivamente a 8 Km e a 2 Km dalla foce gli ultimi 2 importanti affluenti del suo bacino: il Dittaino e il Gornalunga dopodiché sfocia nel Mar Ionio (Golfo di Catania), a sud dell'area metropolitana di Catania.

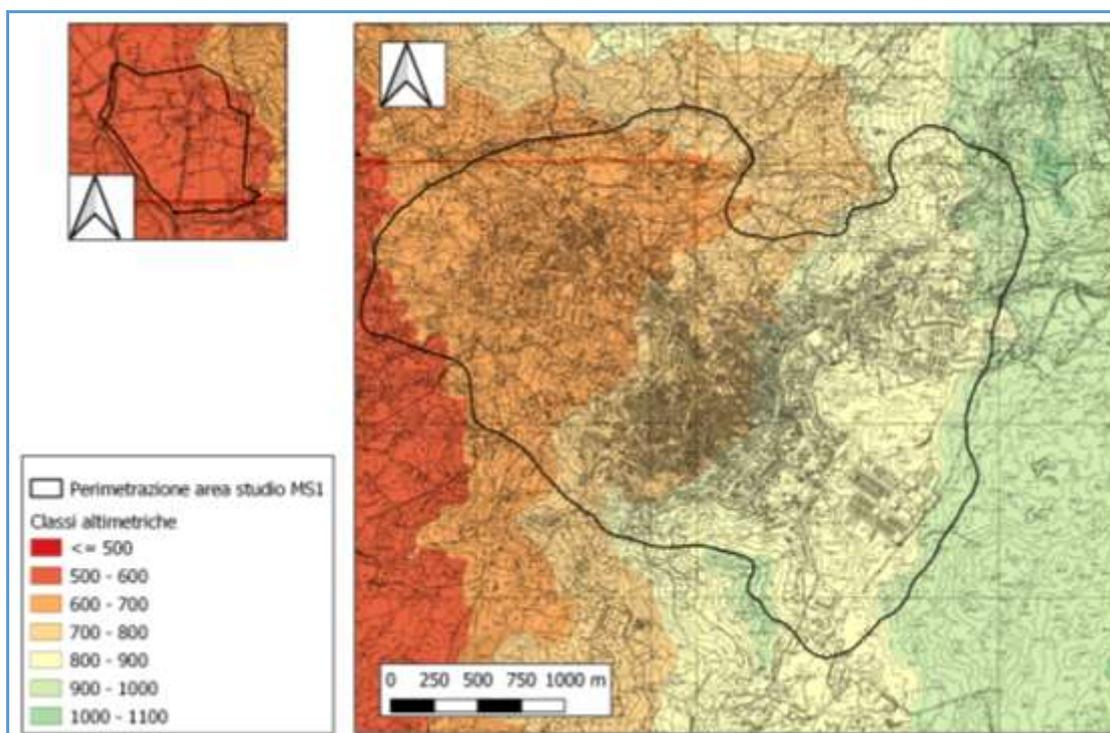


Figura 3.2.1 - Classi altimetriche dell'area in esame su CTR (la linea nera perimetra l'area di studio MS1)

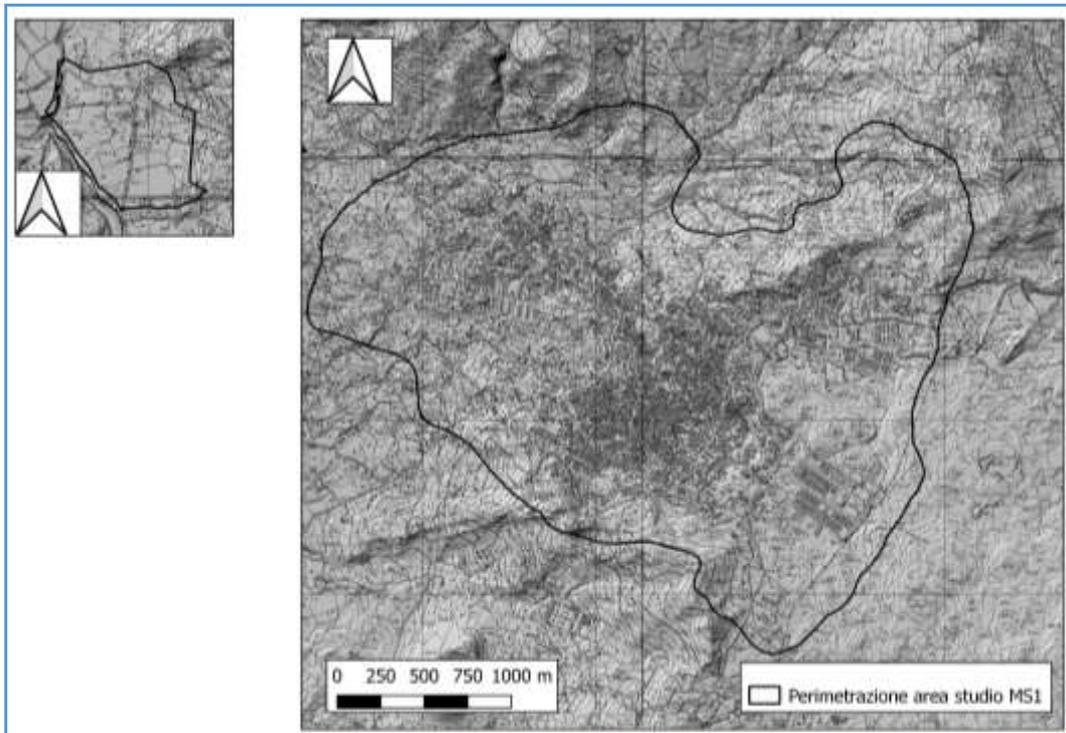


Figura 3.2.2 - Digital Elevation Model dell'area in esame su CTR (la linea nera perimetra l'area di studio MS1)

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).

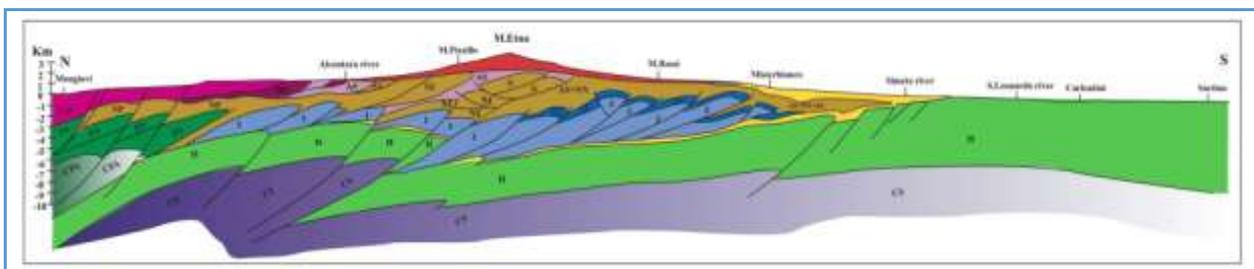


Figura 3.3.1 - Sezione crostale schematica attraverso il M. Etna (Lentini et. al. 2007 mod.)

La sua copertura areale è di circa 1260 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 del l'800, 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).

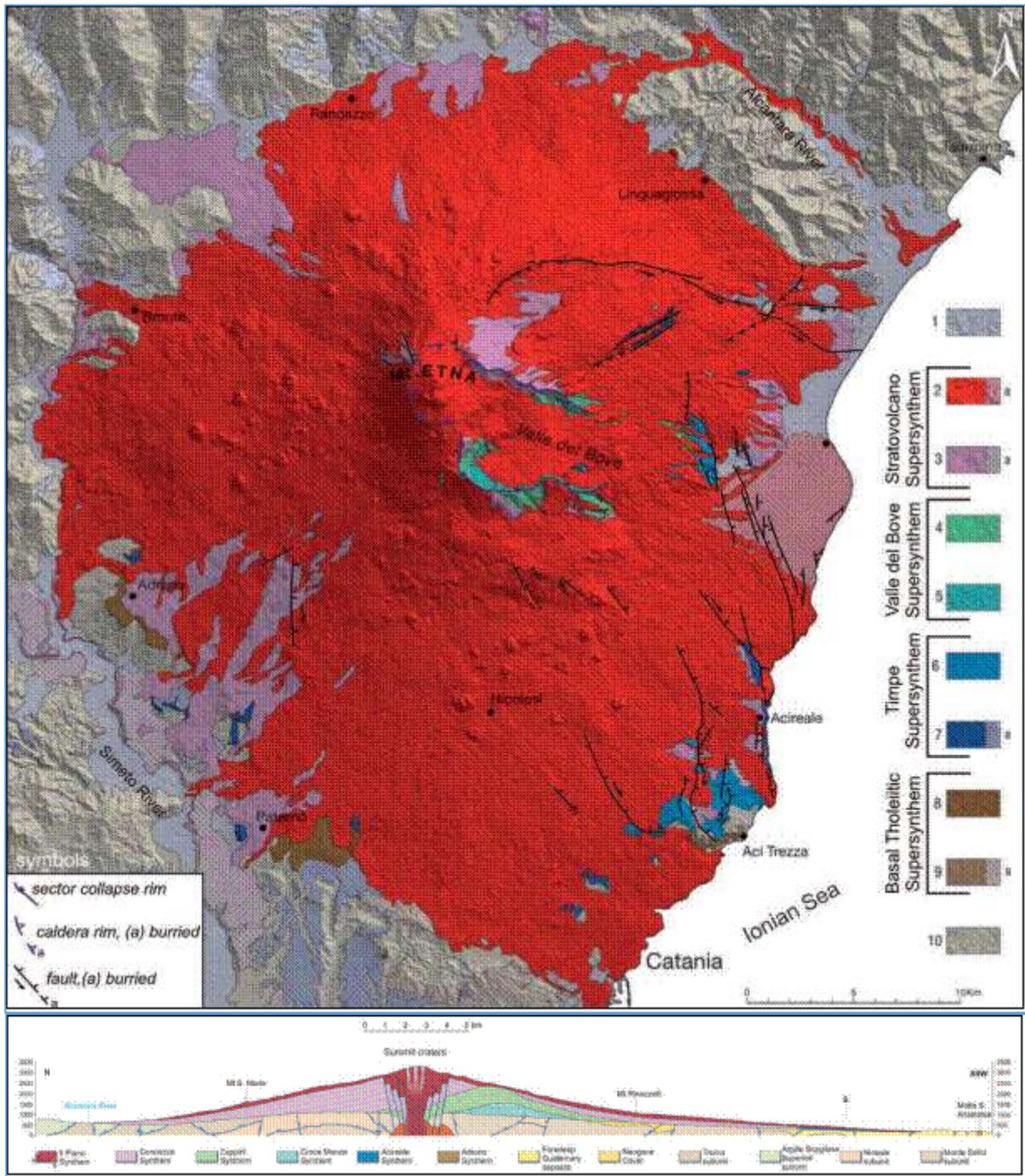


Figura 3.3.2 - Geological map of Etna volcano, Branca et alii, 2011

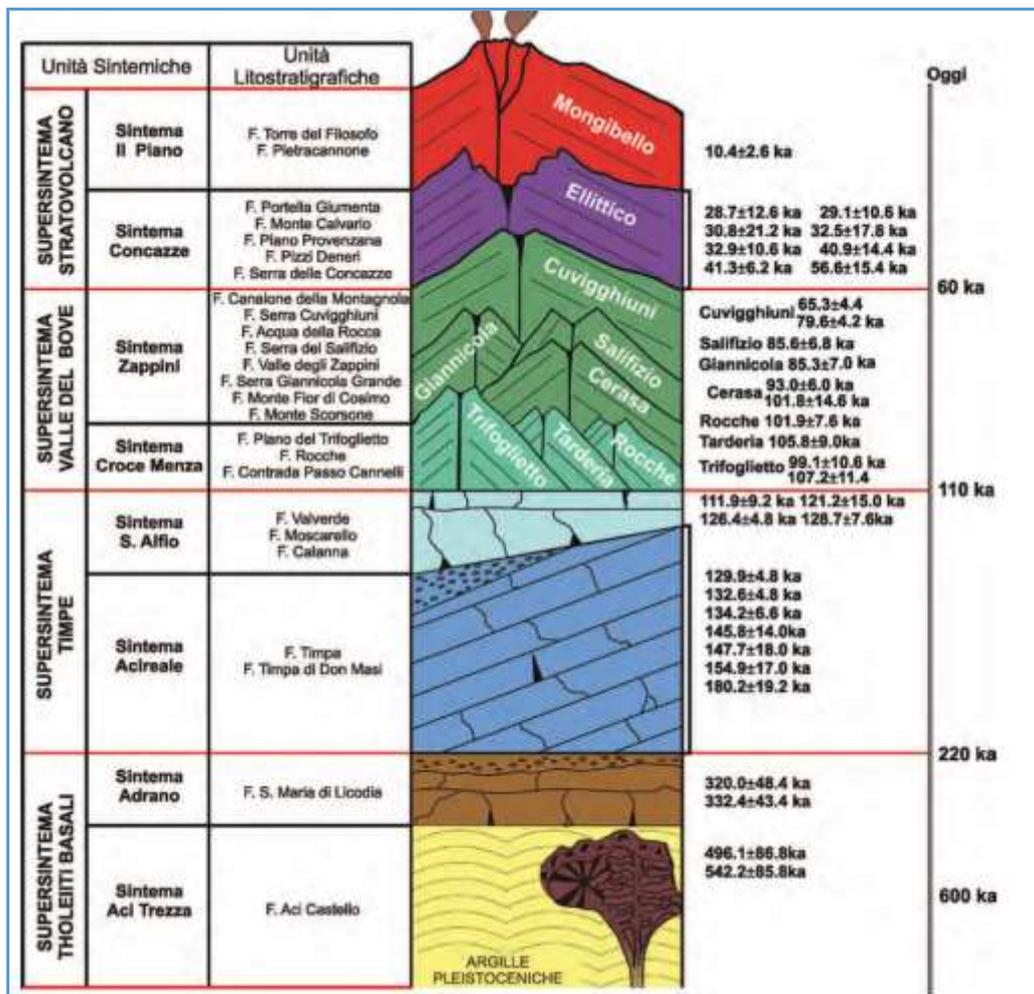


Figura 3.3.3 - Ricostruzione cronostratigrafica della successione vulcanica etnea (Branca et alii, 2011)

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)

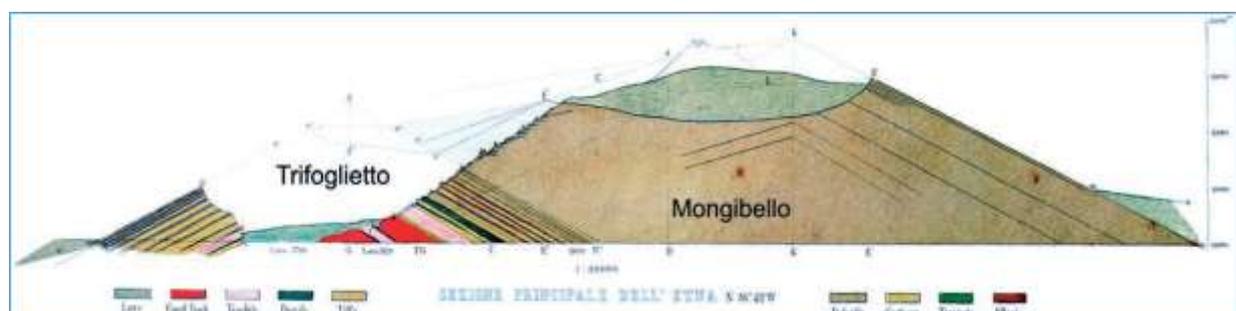


Figura 3.3.4 - Sezione dell'edificio vulcanico (WALTERSHAUSEN, 1880)

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 giacitureali; 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 esame è caratterizzata esclusivamente da terreni vulcanici 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"). 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 giaciture 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).

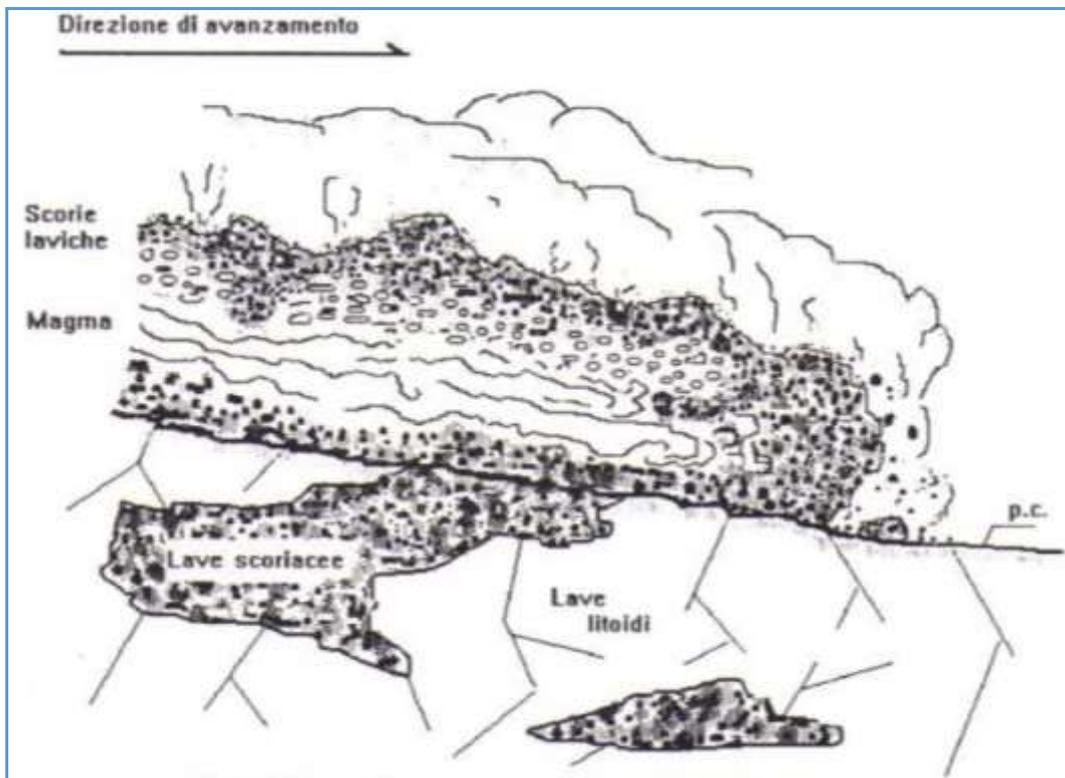


Figura 3.3.5 - Schema di avanzamento di una colata lavica etnea.



Foto 3.3.1 - Avanzamento di una colata lavica (eruzione giugno 2021)

3.4 STRATIGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO

L'assetto geologico stratigrafico dell'area è stato ricostruito facendo riferimento alla cartografia geologica ufficiale, ed in particolare confrontando la carta geologica del Monte Etna (Fig. 3.4.1) (Romano et al. 1979), con la carta geologica del Vulcano Etna (Fig. 3.4.2) (Branca et al. 2011) e la carta del progetto CARG curato dall'ISPRA (ex APAT, ex Servizio Geologico D'Italia) foglio 624 "Monte Etna" (Fig. 3.4.3) in scala 1: 50.000 (G. Monaco et al., 2012).

L'analisi cartografica ha evidenziato una sostanziale uniformità dei dati di rilevamento pur con le distinzioni dovute al fattore di scala e alla diversa nomenclatura geologica utilizzata.

Nell'area in studio del comune di Bronte affiorano estesamente terreni di natura vulcanica, di tipo lavico; riferibili alle colate laviche appartenenti alla Formazione di Torre del Filosofo, i terreni delle unità sicilide e i depositi continentali olocenici.

La morfologia superficiale delle formazioni laviche risulta solitamente a blocchi scoriacei, spigolosi e frastagliati, denominata nella letteratura geologica come campi di Lave "AA"; localmente sono riscontrabili canali di scorrimento lavici con lave denominate "Paoehoe" caratterizzate da strutture a corde o a festoni con la parte convessa indicante la direzione di flusso. Dal punto di vista petrografico sono classificabili come hawaii e tefriti fonolitiche a struttura porfirica più o meno marcata, con frequenti fenocristalli ipidiomorfi di plagioclasio e subordinatamente di olivina, augite e pirosseno; la pasta di fondo è afirica di colore grigio scuro.

Localmente è possibile notare che nei livelli superficiali dei suddetti affioramenti lavici sono presenti, in modo discontinuo e con spessori limitati, coperture di terreno di alterazione dall'aspetto terroso, di colore bruno e con granulometria prevalentemente sabbioso-limoso; queste traggono origine dal disfacimento sia chimico che fisico dei prodotti lavici etnei (copertura detritico-eluviale).

Alla luce delle cartografie analizzate, omogenizzando le sigle alle nomenclature geologiche ufficiali del progetto CARG è stata ricostruita dall'alto la seguente successione stratigrafica, dall'alto verso il basso:

-H1 – Terreno di riporto

Depositi continentali e transizionali

- Bb - Depositi alluvionali recenti.

Prodotti vulcanici della Formazione Torre del Filosofo

- UTF_i3 - Prodotti dell'intervallo 122 a.C. - il 1669.

- UTF_i2 - Prodotti dell'intervallo 3,9 ka - 122 a.C.

- UTF_i1 - Prodotti dell'intervallo temporale 15 ka - 3,9 ka.

Terreni delle unità sicilidi

-TUT - Flysch di Troina Tusa.



- AVL - Argille Varicolori Superiori.
- FYN_4 - Flysch Numidico M. Nicosia.
- FYN3, FYN3_a - Flysch numidico - membro Monte Salici.

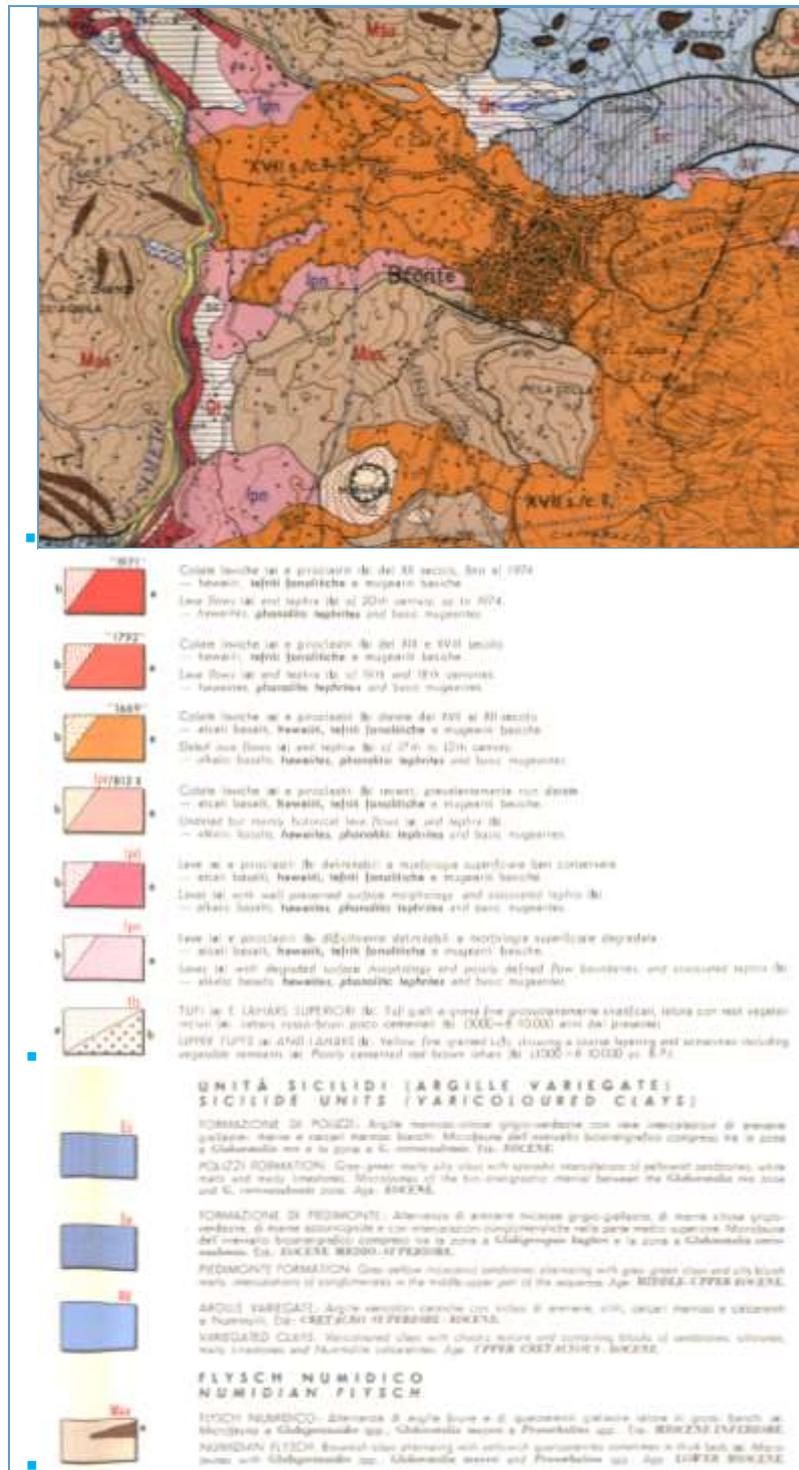


Figura 3.4.1 - Carta geologica del Monte Etna (Romano et alii, 1979).

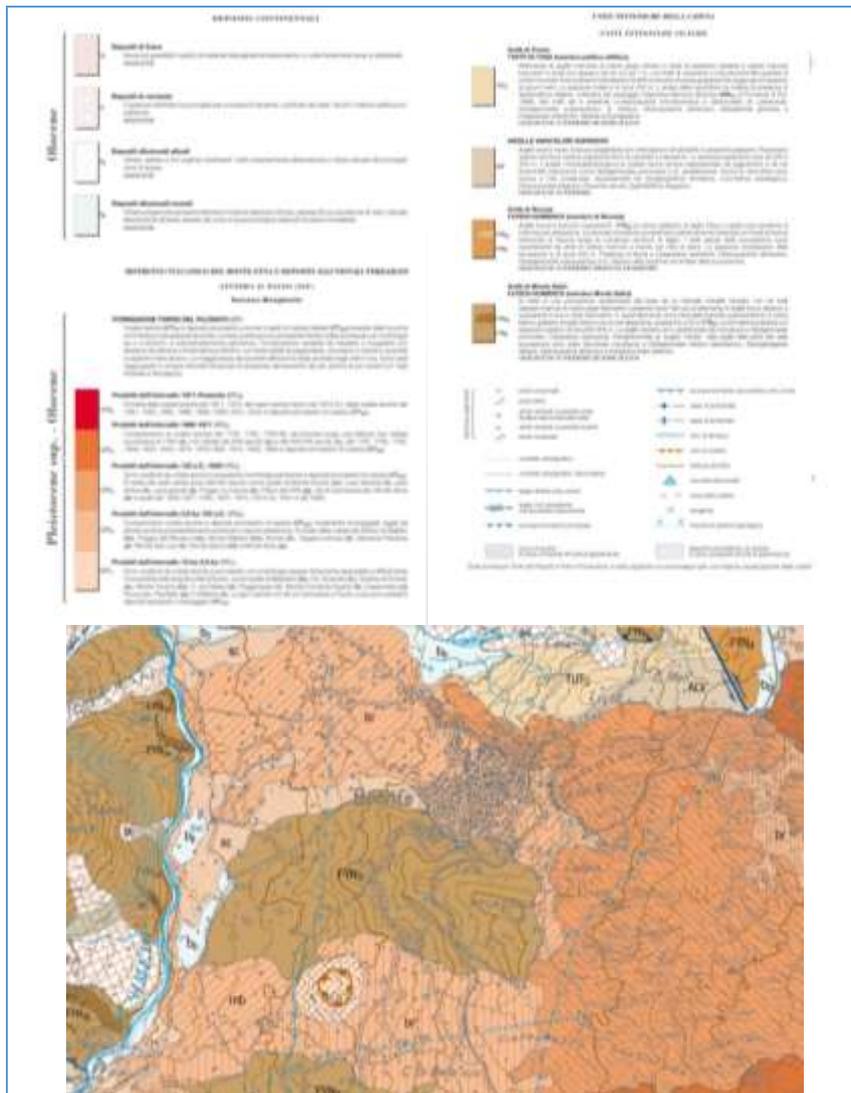


Figura 3.4.2 - Progetto CARG curato dall'ISPRA (ex APAT, ex Servizio Geologico D'Italia) Foglio 624 "Monte Etna" in scala 1:50.000 (G. Monaco et al., 2012)

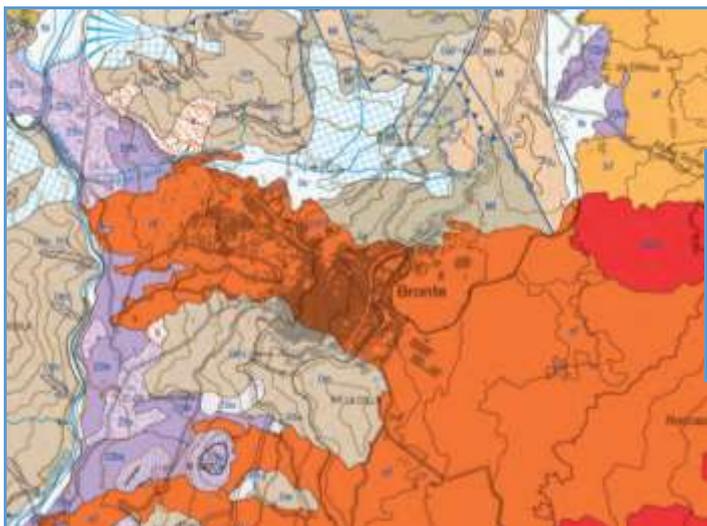


Figura 3.4.3 - Stralcio della Carta geologica del Vulcano Etna (Branca et al. 2011).

3.5 UNITA' GEOLOGICHE AFFIORANTI

Terreno di riporto

Riporti antropici caotici e discariche costituiti da limi, sabbie, ghiaie ed elementi clasti eterometrici ed eterogenei, sfabbricidi, residui di lavorazione della ceramica ecc.... Età: Olocene

Depositi alluvionali recenti

Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche in matrice sabbiosa e limosa, di età olocenica, ubicate lateralmente ai corsi dei fiumi principali (depositi di piana inondabile). Questi depositi si trovano di poco al di sopra dell'alveo attuale, sono fissati da vegetazione ad arbusti o ampiamente coltivati ad agrumeti e solo eccezionalmente possono essere rielaborati da piene torrentizie. Lo spessore varia da pochi metri fino ad un massimo di 25 m. L'interazione morfologica con le colate laviche del sistema Il Piano lungo il corso del Fiume Simeto, tra Bronte ed Adrano, permette di riferire con certezza questi depositi all'Olocene.



Foto 3.5.1 – Affioramento Depositi alluvionali recenti

Prodotti vulcanici della Formazione Torre del Filosofo

Si tratta di colate laviche e piroclastiti (scorie e lapilli) di caduta distale associate, emesse dalle bocche sommitali e/o da apparati avventizi, ritenute più recenti di 15 ka, generalmente separate dalle formazioni dei sistemi sottostanti attraverso superfici di discontinuità erosiva.

Si tratta di colate da profondamente alterate in superficie, con limiti mal riconoscibili, talora affioranti in lembi limitati, non ricoperti da prodotti più recenti. Le colate laviche sono prevalentemente scoriacee con morfologia aa o a blocchi, e subordinatamente pahoehoe, con una composizione variabile da hawaiiite a mugearite, con tessiture da afiriche a fortemente porfiriche, con fenocristalli di plagioclasio, pirosseno e olivina in quantità e rapporti molto diversi. Sulla base delle evidenze di campagna osservate, tali prodotti,

sono stati suddivisi in cinque intervalli distinti (UTFi1-5), che a loro volta comprendono diversi corpi eruttivi. Nell'area in studio affiorano esclusivamente gli intervalli UTFi1-3.

Prodotti dell'intervallo temporale 15 ka - 3,9 ka (UTFi1): questo è l'intervallo più antico ed è costituito da colate laviche con morfologie superficiali fortemente degradate e depositi piroclastici di caduta distale (UTFi1a) che presentano un accentuato sviluppo di orizzonti pedologici con fitta vegetazione arborea. I suoli si sono, con tutta probabilità, impostati anche a spese di orizzonti epiclastici, intercalati irregolarmente tra le colate.

La colata di C. da Sciarotta (sc) si estende per alcuni chilometri lungo la valle del Fiume Simeto a valle di Bronte e risulta fortemente reincisa dallo stesso corso d'acqua.

Prodotti dell'intervallo 3,9 ka - 122 a.C. (UTFi2): a tale intervallo sono attribuite lave, caratterizzate da morfologie di superficie prevalentemente di tipo aa, molto degradate e con limiti ancora riconoscibili per i quali si possono individuare dei rapporti di successione stratigrafica. Si tratta di colate laviche e depositi piroclastici di caduta distale (UTFi2a), localmente rimaneggiati, legati ad attività eruttiva prevalentemente avvenuta in epoca preistorica.

Prodotti dell'intervallo 122 a.C. - il 1669 (UTFi3): l'intervallo comprende una serie di colate laviche a prevalente morfologia pahoehoe e depositi piroclastici di caduta distale (UTFi3a). Tutte queste lave sono caratterizzate da struttura porfirica con I.P. compreso tra 10 e 30, con fenocristalli di plagioclasti, pirosseni (di tipo augite), olivina ed ossidi opachi; la pasta di fondo si presenta da cripto- a microcristallina. Si tratta prevalentemente di termini hawaïitici e secondariamente mugearitici.

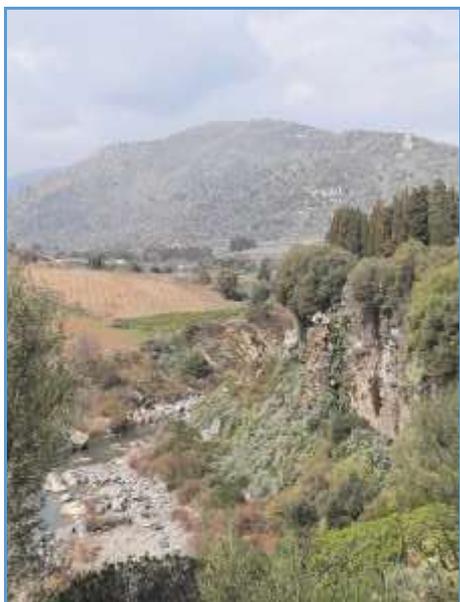


Foto 3.5.2 - Affioramento colata Contrada Sciarotta in sponda sinistra Fiume Simeto (UTFi1)



Foto 3.5.3 - Affioramento colata (UTFi3)



Foto 3.5.4 - Affioramento colata (UTFi3)



Foto 3.5.5 - Affioramento colata (UTFi3)



Foto 3.5.6 - Affioramento colata (UTFi3)



Foto 3.5.7 - Affioramento colata (UTFi3)



Foto 3.5.8 - Affioramento colata (UTFi3)

UNITÀ' TETTONICA DI MONTE SALICI

Flysch numidico - membro Monte Salici (FYN3)

Si tratta di una successione data da un'alternanza di argille bruno-tabacco e di quarzareniti bruno-giallastre in strati decimetrici. Alla base è presente un intervallo, di modesto spessore non cartografabile, di argilliti nere con rari livelli calcareo-marnosi di colore grigio-biancastro. Nella successione si trovano intercalate

bancate potenti fino a 20 metri per amalgamazione (**FYN3a**). Le areniti hanno composizione quarzosa omogenea, da fine a rudite grossolana, da mal classate fino a debolmente gradate in abbondante matrice silicea; inglobano inclusi argillosi (*clay chips*) neri di varia dimensione, come pure abbondanti sono le croste e i noduli manganesiferi. La geometria dei banconi quarzarenitico-ruditici è spesso lenticolare con base fortemente erosiva e troncature sia deposizionali che tettoniche. Nella parte alta della successione il rapporto bancate quarzarenitiche / alternanza pelitico-arenacea è di circa 2:1. Nelle bancate, costituite da depositi di flusso gravitativo con scivolamento in massa e colate di detrito, sono stati riscontrati diversi livelli conglomeratici a matrice arenitica con clasti di composizione quarzosa, arrotondati e con granulometria non superiore ai 4 mm.



Foto 3.5.9 - Affioramento Flysch Numidico

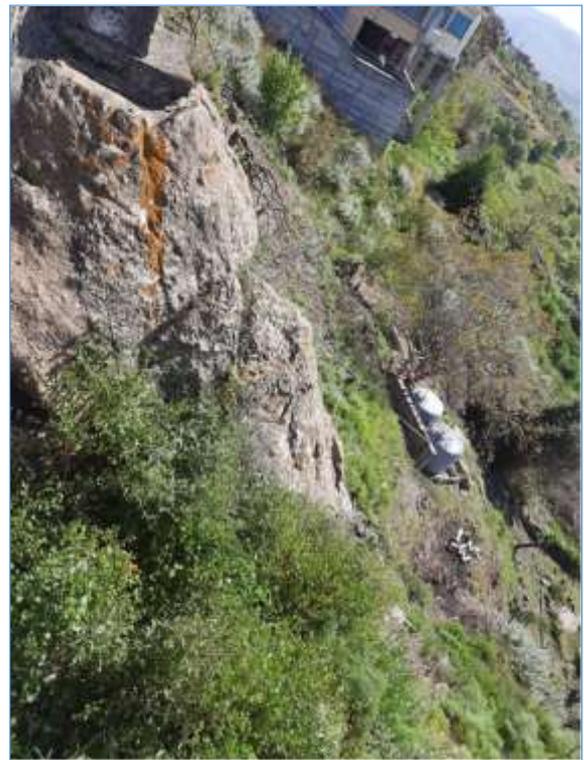


Foto 3.5.10 - Affioramento Flysch Numidico

UNITÀ TETTONICA DI NICOSIA

Flysch numidico - membro Nicosia (FYN4)

Rappresenta la porzione sommitale dell'Unità di Nicosia e affiora in lembi di estensione limitata. È costituita da un'alternanza di argille brune silicifere con sottili interstrati siltitici, in intervalli di spessore da metrico a decametrico, e di quarzoareniti bruno-giallastre in strati da spessi fino a megastrati di 5-7 metri per amalgamazione (**FYN4a**), a geometria lenticolare con base erosiva e impronte da corrente e da carico (*groove-flute* e *load cast*). Alla base dei megastrati la struttura varia da gradata a generalmente massiva per le granulometrie più fini; frequenti gli inclusi di clasti pelitici da centimetrici a decimetrici, disposti

caoticamente. Questa litofacies è riferibile ad ambiente marino profondo con torbiditi silicoclastiche messe in posto ad opera di correnti gravitative, colate di detrito o da scivolamenti in massa. Le bancate numidiche si presentano estremamente fratturate con livelli di brecce tettoniche di frizione lungo le numerose strutture di taglio. I livelli apicali della successione sono caratterizzati da intercalazioni di strati di calcari marnosi e marne con liste di selce. Le arenarie hanno composizione prevalentemente quarzolitica fino a quarzoso-micacea, grana da finissima a microconglomeratica con addizionamenti di clasti litici e minerali metamorfici in matrice silicea o debolmente

UNITÀ' TETTONICA DI TROINA

Argille varicolori superiori (ALV)

Si tratta di argilliti verdi e rosso vinaccia scagliettate con intercalazioni di siltiti micacee rosse, grigie e verdi, areniti a clasti metamorfici e calcisiltiti e calcareniti grigie in strati sottili e medi. Presentano numerose zone di taglio caratterizzate dalla presenza di litoni di calcisiltiti e calcareniti inglobati in una matrice pelitica con struttura cataclastica. Lo spessore apparente, estremamente variabile per tettonizzazione, varia da 200 a 300 m. Costituiscono interi versanti soggetti a frequenti dissesti e mascherati da coperture detritiche che impediscono una campionatura in serie.

Tufiti di Tusa – membro pelitico-siltitico (TUT)

Le argille varicolori evolvono verso l'alto al membro pelitico-siltitico della formazione delle tufiti di Tusa (OGNIBEN, 1964). Sotto questo termine vengono riunite le successioni torbiditiche sicilidi di età oligo-miocenica indicate anche come Flysch di Tusa da GUERRERA & WEZEL (1974) e Flysch di Troina-Tusa da LENTINI *et alii* (1990a).

La successione è costituita da un'alternanza di argille marnose di colore grigio cenere in strati di spessore variabile e calcari marnosi biancastri in strati con spessori da 20 cm ad 1 m, con livelli di calcareniti e calciruditi a macroforaminiferi gradate di colore nocciola. Sono presenti intercalazioni di siltiti e arenarie micacee grigiastre, più frequenti nella parte medio-bassa della successione dove raggiungono spessori di alcuni metri per amalgamazione. Il rapporto volumetrico tra strati a composizione carbonatica e silicoclastica è circa 1:1. I livelli carbonatici sono torbiditi calciclastiche a granulometria fine, in strati con base generalmente arenitica; le marne, più frequenti alla sommità degli strati, sono emipelagiti.



Foto 3.5.11 - Affioramento Tufiti di Tusa



Foto 3.5.12 - Affioramento Tufiti di Tusa Pizzo Salice

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.

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

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)

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.
- Prove sismiche MASW aggiuntive e premianti.

I dati utilizzati pregressi ricadenti nell'area di studio sono elencati nella seguente tabella 4.1.1.

INDAGINI PREGRESSE	QUANTITA'
Sondaggi a carotaggio continuo	18
Campioni prelevati (con indagini di laboratorio)	13
Prove penetrometriche del tipo SPT	4
Prove penetrometriche dinamiche leggere	7
Down-hole	0
Indagini Masw	8
Indagini HVSR	0
Tomografie elettriche	0
Traverse sismiche	5

Tabella 4.1.1 - Sintesi delle prove geognostiche e geofisiche pregresse che riguardano le aree di Bronte



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 4.2.1:

INDAGINI NUOVE	QUANTITA'
Indagini HVSR	23
Indagini Masw	2
Sondaggi a carotaggio continuo (30 m)	0
Campioni prelevati (con indagini di laboratorio)	0
Prove penetrometriche del tipo SPT	0
Down-hole	0
Tomografie elettriche	0
Traverse sismiche	0

Tabella 4.2.1 - Sintesi delle indagini di nuova acquisizione che riguardano le aree perimetrate di Bronte

4.3 DATI GEOTECNICI

Sulla base dei dati raccolti nelle indagini geognostiche pregresse è stato possibile individuare e cartografare le aree a differente comportamento geomeccanico, individuando le seguenti differenti unità litotecniche:

- Terreno di riporto H1;
- Depositi alluvionali recenti BB;
- Lave di copertura UTFi1-3;
- Flysch di Troina Tusa;
- Flysch Numidico di Monte Salici FYN_3;
- Flysch Numidico di Monte Salici FYN_3a;
- Flysch Numidico_M. Nicosia FYN_4;
- Argille Varicolori Superiori ALV.

Nella 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.

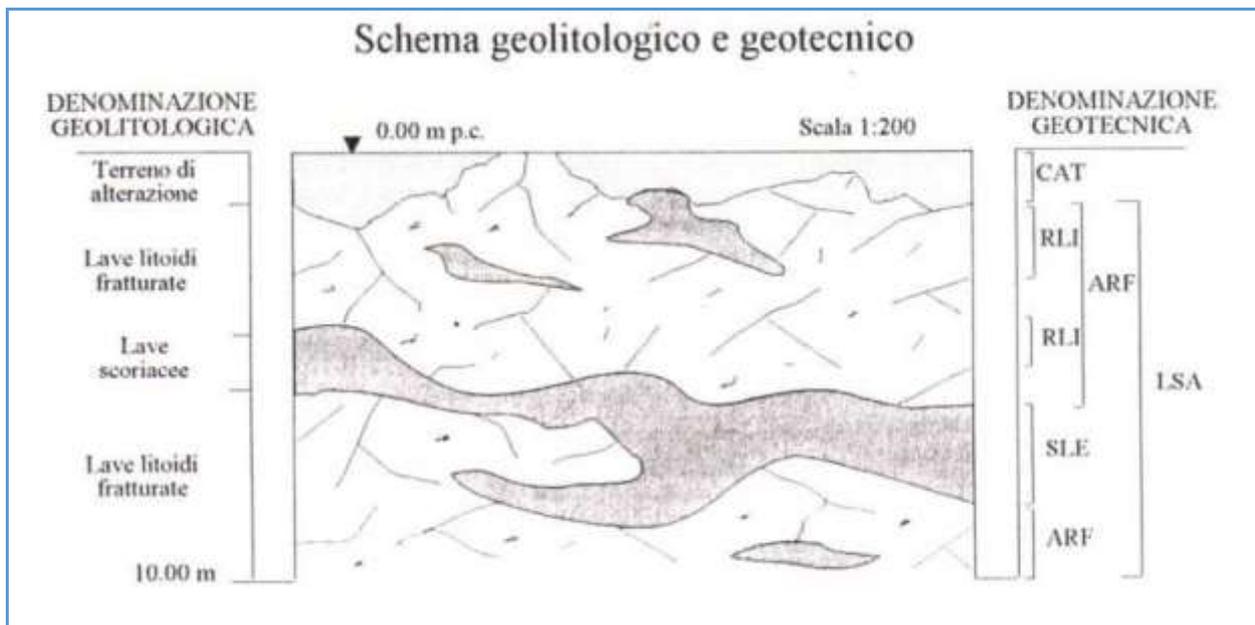


Figura 4.3.1 - Schema geolitologico e geotecnico

Le colate laviche risultano costituiti 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.

Per la definizione delle caratteristiche geotecniche dell'ammasso lavico quindi risulta necessario l'analisi combinata di studi di meccanica delle rocce (rilievo geostrutturale) con dati di laboratorio su campioni di roccia. Nelle tabelle e figure qui di seguito riportate sono riportati i parametri geotecnici delle suddette unità litotecniche estratti dalle indagini reperite presso il comune di Bronte nella fase 1.

S1CR1	Peso di volume	σ_C da Point Load Test
Prof. 1,40-1,55	g/cm^3	MPa
	2,47	72,08
S1CR2	Peso di volume	σ_r da prova di compressione monoassiale
Prof. 3,60-3,80	g/cm^3	MPa
	2,76	71,96
S2CR1	Peso di volume	σ_C da Point Load Test
Prof. 1,30-1,50	g/cm^3	MPa
	2,76	12,66
		22

Tabella 4.3.1 - Parametrici geotecnici sulle lave di copertura estratti da Consulenza geologica relativa alle opere di urbanizzazione primaria quartiere Sciarrotta, costruzione del centro parrocchiale S. Agata e della scala di collegamento tra via G.B. Pergolesi e Viale R Margherita - Anno 2007.

Caratteristiche	Unità di misura	CC1 S2 2.40-2.80	C1 S3 2.20-2.50	C2 S3 7.30-7.60	C1 S5 4.60-4.80
Conten. in acqua	%	22.44	19.17	22.51	24.42
Densità naturale	t/m ³	1.85	2.05	1.93	2.07
Densità secca	t/m ³	1.51	1.72	1.57	1.66
Indice dei vuoti		0.791	0.597	0.749	0.683
Porosità		0.44	0.37	0.43	0.41
Grado di saturazione	%	76.93	88.35	82.75	99.85
Umidità di saturazione	%	29.17	21.7	27.21	24.45
Peso spec. dei granuli	%	2.71	2.75	2.75	2.79
Sostanza solida	Vol.	55.83	62.6	57.18	59.4
Acqua	Vol.	33.98	33.04	33.44	40.53
Aria		10.19	4.36	7.38	0.07
Analisi granulometrica					
Ghiaia	%		10.33		3.07
sabbia	%		40.28		16.79
Limo	%		40.64		75.56
Argilla	%	17.17	8.72	13.28	6.57
Def.granulometrica		limo argilloso	limo e sabbia, ghiaioso poco argilloso	limo argilloso	limo sabbioso poco argilloso e ghiaioso
Prova di taglio diretto					
Coesione					
Angolo di attrito	KN/m ² gradi	8.7 23.7	3.16 27.7	24.98 26.5	
Prova di compressione U.U					
Coesione	KN/m ²	86.27			68.7

Figura 4.3.2 - Parametrici geotecnici detrito e le marne delle Tufiti di Tusa estratti Relazione geologica del Piano Regolatore Generale e varianti: adeguamento alla circolare ARTA n. 2222/1995– Anno 2007. Area Pizzo Salice

C1	Contenuto medio d'acqua	Peso dell'unità di volume	Peso specifico dei grani	Sforzo a rottura	Angolo di attrito ϕ'	Coesione c'	Coesione Non drenata c_u
Piano di posa fondazioni	%	kN/m ³	kN/m ³	kN/m ²	°	t/m ²	t/m ²
limi argillosi bruni con inclusi litici di natura quarzarenitica	25,54	17,47	27,086	103,94	22	2,96	5,30

Tabella 4.3.2 - Parametrici geotecnici relativi ai limi argillosi bruni con inclusi litici di natura quarzarenitica della porzione alterata del Flysch Numidico estrapolati dalle indagini condotte a supporto del progetto per la realizzazione di una scala di accesso al parco urbano di via Cavaliere di Vittorio Veneto dalla via Milano - Anno 2019

Sond. Geognostico		S 1	
Campione		C1	C2
Classe		Q1	Q1
Prof. (m dal p.c.)		2,50 - 2,80	6,00 - 6,30
W (%)		16,31	5,68
γ_0 (t/m ³)		2,0	1,92
γ_s (t/m ³)		2,78	2,73
e ₀		0,62	0,50
n		0,38	0,33
Sr (%)		72,91	30,97
Granulometria	Ghiaia (%)	12,18	76,62
	Sabbia (%)	42,25	15,12
	Limo (%)	30,84	-
	Argilla (%)	17,73	-
Taglio	c' (kN/m ²)	50,00	-
	ϕ' (°)	21,0	20,2
TXUU. (kN/m ²) - cu		-	163,77
Descrizione visiva		Argilla limosa a struttura scaglieggiata con porzioni diagenizzate di colore grigio a bande rosso vinaccia a buona consistenza	Argilla limosa a struttura scaglieggiata, a tratti argillificata, di colore grigio a buona consistenza

Figura 4.3.3 - Parametrici geotecnici relativi al corpo di frana ed alle argille varicolori estrapolati da indagini geognostiche a supporto del progetto dissesti di contrada Rivoglia del comune di Bronte -Anno 2015

Sondaggio		SA	SA	SB	SB
Campione n		CH1	CR2	CR1	CR2
Profondità di prelievo (m)		3.00 - 3.50	8.50-9.00	1.00 - 1.50	8.50-9.00
γ (gr/cm ³)		1.83	2.23	2.26	2.28
γ_d (gr/cm ³)		1.54	2.05	2.09	2.09
γ_s (gr/cm ³)		2.730	2.681	2.597	2.601
W (%)		18.90	8.53	8.13	9.11
Ghiaia (%)		15.50	0.40	0.0	0.9
Sabbia (%)		42.40	55.60	83.2	81.2
Limo (%)		20.10	30.50	9.2	16.6
Argilla (%)		22.1	13.50	7.6	1.3
Taglio diretto	c' (kg/cm ²)	0.23	-0.37	-0.60	4.87
	ϕ'	17.8°	54.3°	-64.4°	22.8°
	c _r (kg/cm ²)	0.046	--	--	--
	ϕ_r	13.1	--	--	--
	c _{rc} (kg/cm ²)	--	0.14	0.09	0.083
	ϕ_{rc}	--	33.5°	43.1°	47.1°

Figura 4.3.4 - Parametrici geotecnici Flysch Numidico estrapolati da indagini geognostiche propedeutiche per i lavori di completamento delle opere di pertinenza del comune nel parco urbano viale Cav. V. Veneto

Sondaggio	S1	S2	S2	S3
Campione n	CI1	CI1	CI2	CR1
Profondità di prelievo (m)	3.00 - 3.50	3.50-4.00	6.50-7.00	3.00-3.50
γ (gr/cm ³)	2.04	2.15	2.05	1.95
γ_d (gr/cm ³)	1.78	1.93	1.71	1.77
γ_s (gr/cm ³)	2.608	2.505	2.707	2.706
W (%)	14.55	11.66	19.84	10.26
Ghiaia (%)	29.0	9.0	14.9	0.0
Sabbia (%)	27.5	51.0	23.2	66.7
Limo (%)	19.5	23.0	22.3	28.9
Argilla (%)	24.0	16.9	39.6	4.4
Taglio diretto	c' (kg/cm ²)	0.00	0.00	--
	ϕ'	37.7°	35.1°	--
	c_r (kg/cm ²)	--	--	--
	ϕ_r	--	--	18.3°
TXUU	C_u KPa	--	--	25.0
Modulo edometrico (MPa)	80 KPa	1.60	2.96	--
	150 KPa	2.69	4.67	--
	300 KPa	4.19	6.12	--

Figura 4.3.5 - Parametrici geotecnici Flysch Numidico estrapolati da indagini geognostiche propedeutiche per i lavori di completamento delle opere di pertinenza del comune nel parco urbano viale Cav. V. Veneto

4.4 TRAVERSE SISMICHE

Le indagini sismiche attive di superficie, effettuate a supporto di “Lavori di riqualificazione urbana area Sciara S. Antonio – Anno 2013 in corrispondenza di due sondaggi di taratura, hanno evidenziato nel volume di terreno investigato dagli stendimenti che nei terreni lavici affioranti ed in sottosuolo vi sono anche forti variazioni laterali e verticali di velocità delle onde P e che questa, passa da 400-500 m/s aumentando gradualmente fino a circa 600-800 m/s dove può essere posto un secondo rifrattore tra le lave litoidi vacuolari e quelle compatte fratturate.

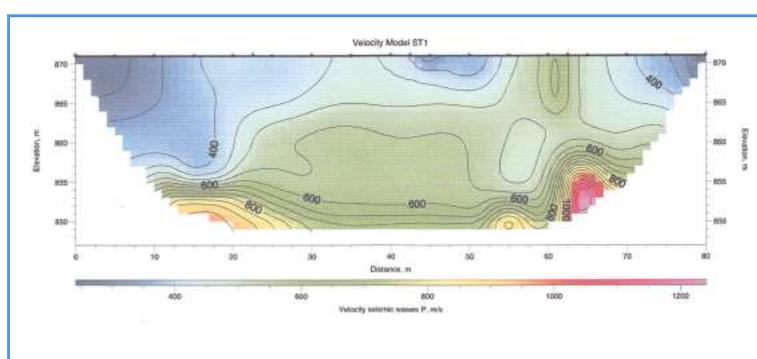


Figura 4.4.1 - Modello di velocità ST1

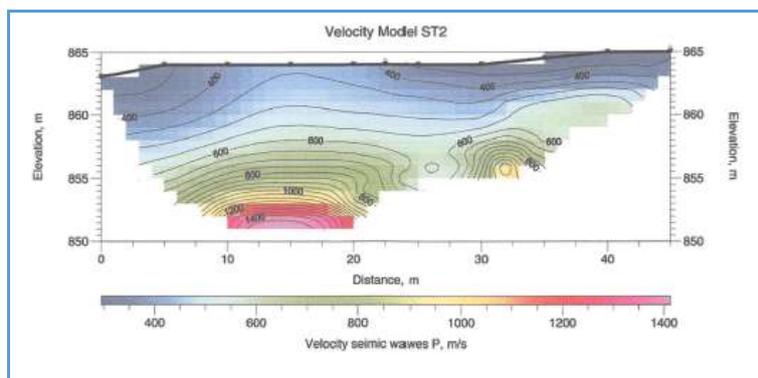


Figura 4.4.2 - Modello di velocità ST2

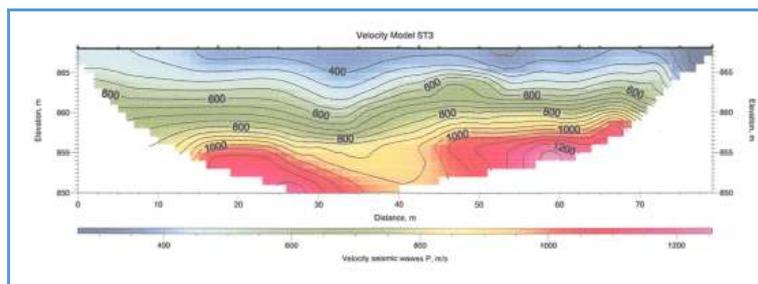


Figura 4.4.3 - Modello di velocità ST3

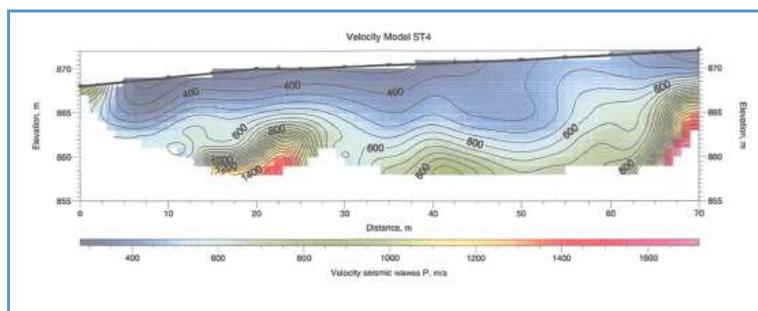


Figura 4.4.4 - Modello di velocità ST4

4.5 INDAGINI HVSR

Sono state eseguite nuove indagini geofisiche mediante la tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, attraverso la nuova acquisizione di n. 23 registrazioni a stazione singola, come da piano delle indagini approvato. 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 registrazioni dei dati di campagna è stato usato il TROMINOR, 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, e 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. Nella tabella 4.5.1 sono riportati i dati ottenuti dalle prove sismiche passive sopra richiamate.

ID_SPU	NOME	F ₀	H ₀ /V ₀	F ₁	H ₁ /V ₁	F ₂	H ₂ /V ₂
087009P27	087009P27HVSR34	1,06	2,35	6,69	4,06		
087009P28	087009P28HVSR35	0,16	5,91				
087009P29	087009P29HVSR36	5,94	3,07				
087009P30	087009P30HVSR37	7,81	2,79				
087009P31	087009P31HVSR38	3,75	2,76				
087009P32	087009P32HVSR39	1,56	2,16				
087009P33	087009P33HVSR40	19,97	2,78				
087009P34	087009P34HVSR41	1,38	2,53	7,88	3,96	9,86	3,97
087009P35	087009P35HVSR42	1,49	2,32	12,19	4,90		
087009P36	087009P36HVSR43	0,89	2,41	1,78	2,90		
087009P37	087009P37HVSR44	2,00	3,38				
087009P38	087009P38HVSR45	0,88	4,28				
087009P39	087009P39HVSR46	0,81	3,48	1,24	3,13	3,39	2,25
087009P40	087009P40HVSR47	3,59	2,09	8,00	3,13		
087009P41	087009P41HVSR48	1,6	3	17,69	4,13		
087009P42	087009P42HVSR49	0,81	2,17	5,68	2,45	19,97	4,33
087009P43	087009P43HVSR50	3,20	3,43	6,83	3,05		
087009P44	087009P44HVSR51	19,66	4,43				
087009P45	087009P45HVSR52	0,16	3,07				
087009P46	087009P46HVSR53	3,03	4,81				
087009P47	087009P47HVSR54	0,91	4,89	1,57	3,71	3,91	2,27
087009P48	087009P48HVSR55	0,19	2,68	0,7	2,64	1,75	2,33
087009P49	087009P49HVSR56	5,91	3,21				

Tabella 4.5.1 - 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. 2 prove MASW.

La Vseq calcolata tramite la prova **087009L10MASW14**, pari a 440,11 m/s ha permesso ai sensi delle NTC2018 la definizione della categoria di suolo B “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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.”

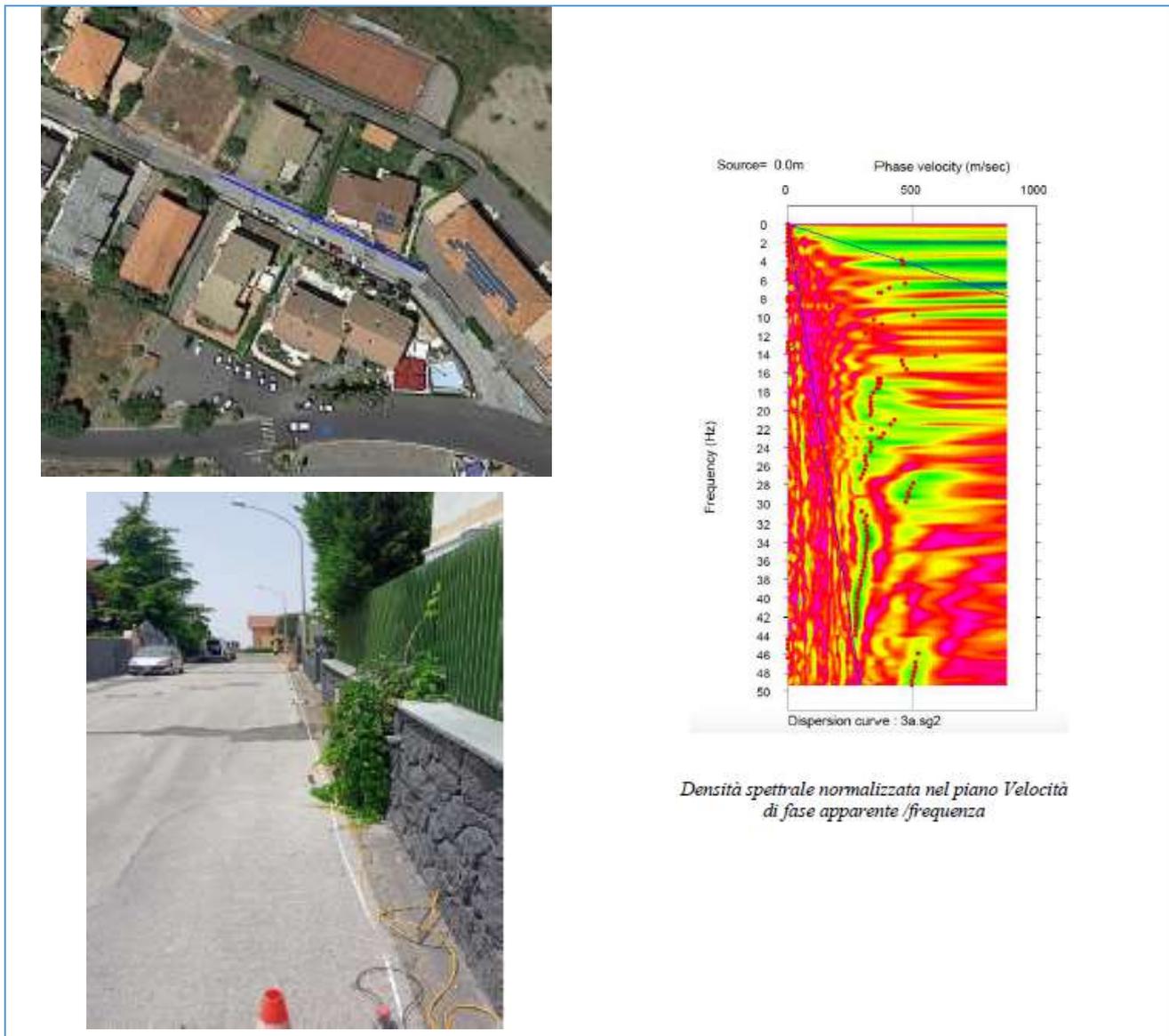


Figura 4.6.1 – Prova M.A.S.W. 087009L10MASW14

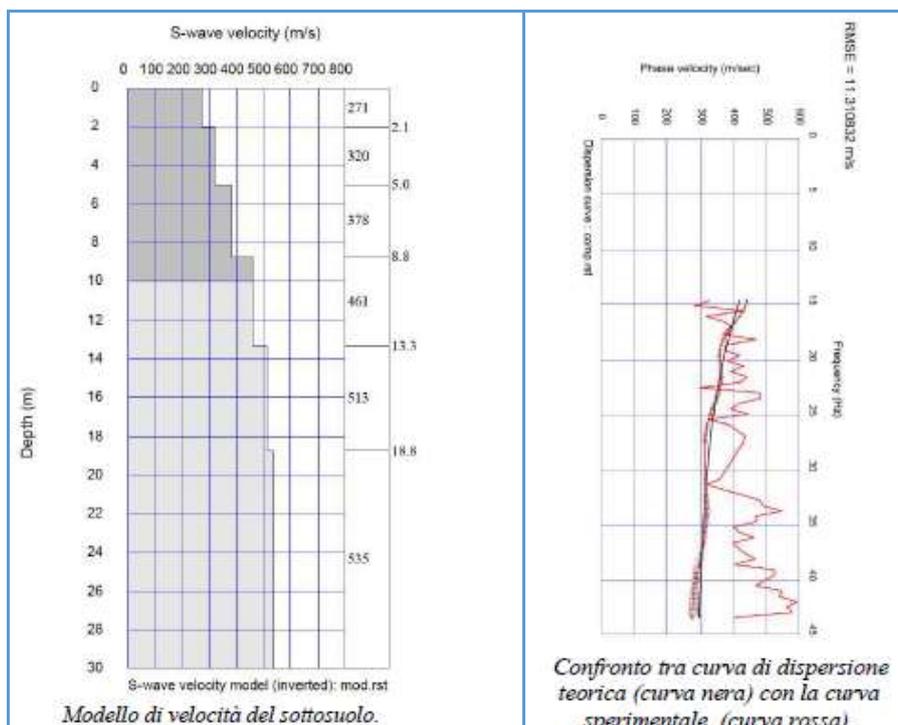


Figura 4.6.2 – Prova M.A.S.W. 087009L10MASW14

Sismostrato	Profondità (m)	Spessore h (m)	Vs (m/s)	h/Vs (sec)	Vseq (m/s)
1	0,00	2,08	271,89	0,0077	440,11
2	2,08	2,92	320,51	0,0091	
3	5,00	3,75	378,99	0,0099	
4	8,75	4,58	461,69	0,0099	
5	13,33	5,42	513,32	0,0106	
6	18,75	11,25	535,02	0,0210	

Tabella 4.6.1 – Prova M.A.S.W. 087009L10MASW14

La Vseq calcolata tramite la prova **087009L11MASW15**, pari a 365,81 m/s ha permesso ai sensi delle NTC2018 la definizione della categoria di suolo B “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, 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.”

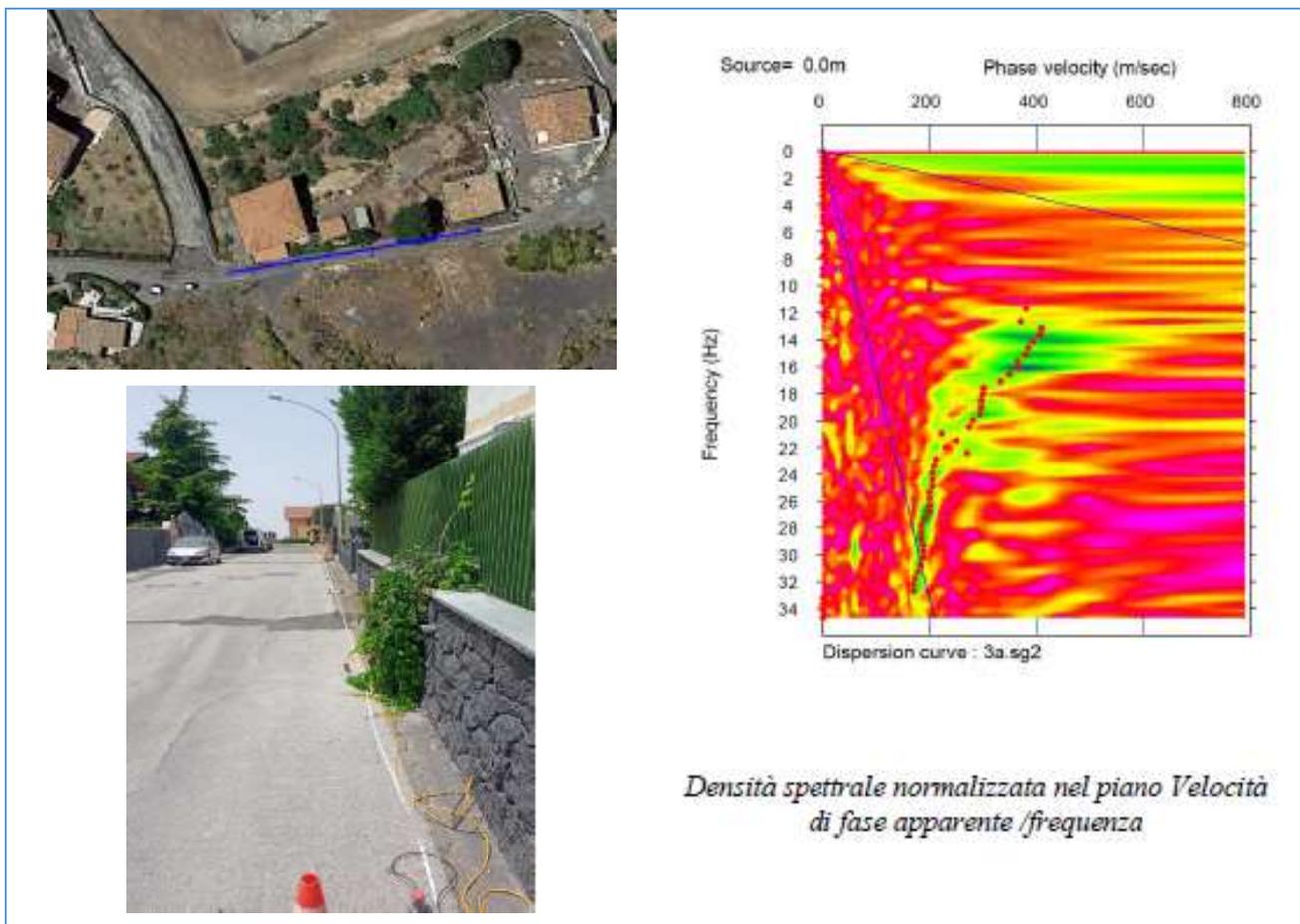


Figura 4.6.3 – Prova M.A.S.W. 087009L11MASW15

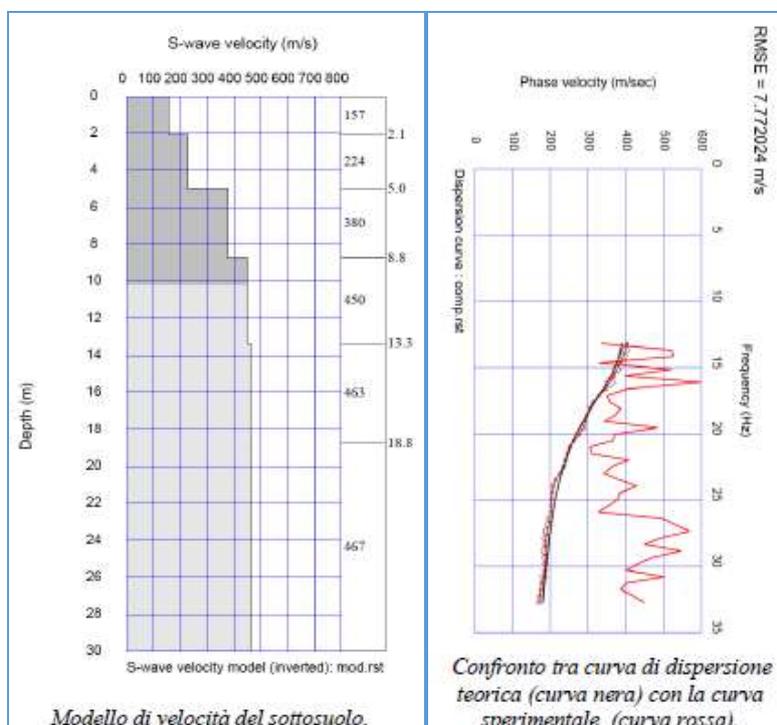


Figura 4.6.4 – Prova M.A.S.W. 087009L11MASW15

Sismostrato	Profondità (m)	Spessore h (m)	Vs (m/s)	h/Vs (sec)	Vseq (m/s)
1	0,00	2,08	157,14	0,0133	365,81
2	2,08	2,92	224,88	0,0130	
3	5,00	3,75	380,77	0,0098	
4	8,75	4,58	450,92	0,0102	
5	13,33	5,42	463,75	0,0117	
6	18,75	11,25	467,04	0,0241	

Tabella 4.6.2 – Prova M.A.S.W. 087009L11MASW15

Nella Tab. 4.6.3 sono riportati i valori di Vs30 o Vseq e la categoria di sottosuolo delle prove sismiche tipo M.A.S.W. pregresse e di nuova acquisizione.

Nome	Vs30 o Vseq	Categoria di sottosuolo
087009L1MASW1	346 m/s	C
087009L2MASW2	424 m/s	B
087009L3MASW3	423,52 m/s	B
087009L4MASW4	617,99 m/s	B
087009L5MASW5	521,21 m/s	B
087009L6MASW8	513,36 m/s	B
087009L8MASW12	403 m/s	B
087009L9MASW13	407 m/s	B
087009L10MASW14	440,11 m/s	B
087009L11MASW15	365.81 m/s	B

Tabella 4.6.3 – Quadro sinottico elaborazione dati da misure delle prove sismiche MASW

4.7 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 adiacenti, tale substrato probabilmente ricade all'interno della potente successione argillosa che costituisce il substrato sedimentario pre-vulcanico.

Una stima della profondità del substrato argilloso può essere fatta considerando che lo spessore complessivo delle unità laviche assegnate al substrato, comprese tra la coltre superficiale delle lave di copertura ed il substrato sedimentario, è stato valutato con un valore intorno a 200-260 metri dal piano campagna, considerata la stratigrafia dei sondaggi Sg1/R e Sg2/R, ubicati il primo a sud ed il secondo a

nord-est dell'area di studio MS1 di Bronte e riportati nella pubblicazione "The morphostructural setting of Mount Etna sedimentary basement (Italy): Implications for the geometry and volume of the volcano and its flank instability di Branca et al. 2012 (Figure 4.7.1 e 4.7.2).

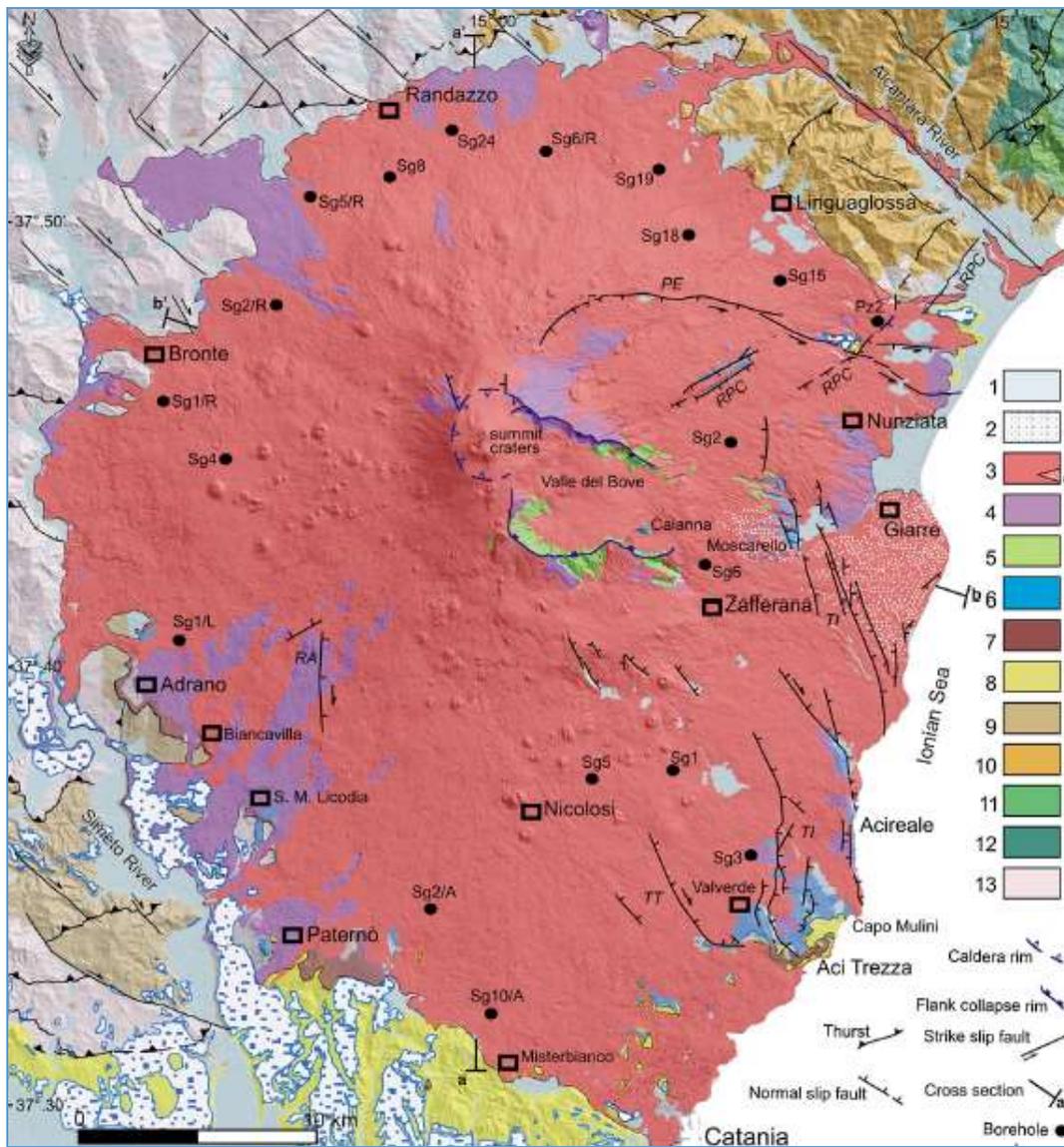


Figura 4.7.1 – Carta geologica e strutturale del vulcano Etna (modificata da Branca et al., 2011)

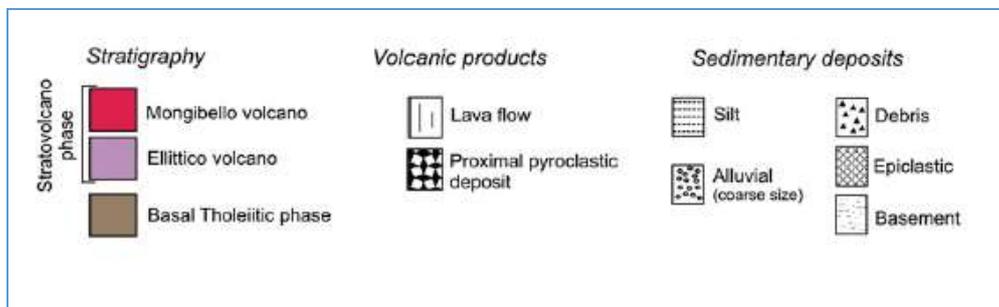
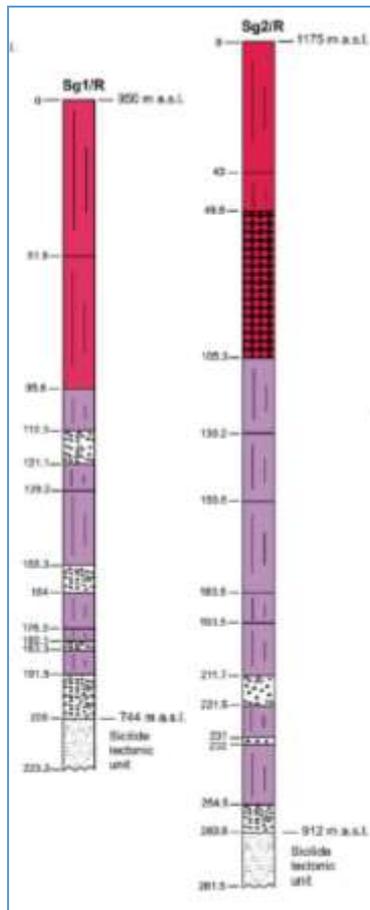


Figura 4.7.2 – Stratigrafia sondaggio Sg1/R e Sg2/R (Branca et al.,2012)

Come esposto nei paragrafi precedenti, l'area di studio si ubica però al confine tra il dominio etneo e la valle del Simeto, pertanto la lettura dei suddetti dati deve essere interpretata con molta attenzione: è realistico ipotizzare infatti che in quest'area periferica del vulcano la sottile copertura di prodotti vulcanici cartografati poggia su terreni di substrato costituito da unità alloctone della catena con geometrie molto complesse e che il passaggio tra copertura e substrato si trovi a profondità inferiori dal p.c. rispetto a quelle riscontrate nei su menzionati sondaggi.

Inoltre nell'area indagata affiorano litologie afferenti alle unità Sicilidi classificate come substrato geologico fratturato/alterato SF. Le indagini Masw pregresse e di nuova acquisizione su tale substrato mostrano valori

inferiori a 800 m/s almeno fino alle profondità investigate e pertanto senza misure della velocità delle onde di taglio che confermino il contrario, si è ritenuto opportuno non classificarle come substrato rigido con significato di “bedrock” sismico. Pertanto il bedrock sismico è da cercare nelle medesime formazioni a profondità in cui si presentano compatte e poco fratturate.

Ad ogni modo, in modo del tutto sperimentale, attraverso la combinazione delle indagini M.A.S.W. e delle misure tromometriche si è stimata la profondità a cui avviene un contrasto di impedenza in corrispondenza delle indagini M.A.S.W. che non ha raggiunto una rigidezza di 800 m/s.

Le frequenze, ottenute tramite la prova HVRS, a cui si manifesta la risonanza sono descritte dalla relazione:

$$f=Vs/4h$$

dove Vs è la velocità delle onde di taglio nello strato che risuona e h è lo spessore di detto strato.

Quindi individuata la frequenza fondamentale del sito, cioè quella più significativa a bassa frequenza, e utilizzando le velocità delle Vs ottenute tramite le indagini M.A.S.W. è possibile, tramite formula inversa, stimare la profondità a cui corrisponde quel contrasto d'impedenza. Qui di seguito si riporta l'applicazione di tale procedura di calcolo accoppiando i dati di prove Masw e HVSR eseguite su tre differenti litologie e nello specifico quelle indicate con UTF_i3, TUT e FYN_3.

Sulla verticale dell'indagine 087009L6MASW8 che ha fornito valori medi di Vs di 513 m/s e la misura HVSR 087009P41, che denuncia un picco significativo a frequenza di 1,60 hz, si ottiene:

$$h=Vs/4f = 513/6,4= 80,15 \text{ m.}$$

Sulla verticale dell'indagine 087009L10MASW14 che ha fornito valori medi di Vs di 440 m/s e la misura HVSR 087009P40, che denuncia un picco significativo a frequenza di 3,59 hz, si ottiene:

$$h=Vs/4f = 440/14,36= 30,64 \text{ m.}$$

Sulla verticale dell'indagine 087009L1MASW1 che ha fornito valori medi di Vs di 346,8 m/s e la misura HVSR 087009P48, che denuncia due picchi significativi a frequenza di 0,7 e 1,75 hz, si ottiene:

$$h=Vs/4f = 346,8/2,8= 123,85 \text{ m.}$$

$$h=Vs/4f = 346,8/7= 49,54 \text{ m.}$$

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.

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 m 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).

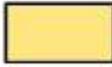
Terreni di copertura		
	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica
	GW	Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GP	Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbie
	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbie e limo
	GC	Ghiaie argillose, 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
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	IS	Incoerente o poco consolidato
LP	LP	Lapideo
GR	GR	Granulare cementato
CO	CO	Coesivo sovraconsolidato
AL	AL	Alternanze di litotipi
ISS	ISS	Incoerente o poco consolidato, stratificato
LPS	LPS	Lapideo, stratificato
GRS	GRS	Granulare cementato, stratificato
COS	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
ALS	ALS	Alternanze di litotipi, stratificato
SFIS	SFIS	Incoerente o poco consolidato fratturato / alterato
SFLP	SFLP	Lapideo fratturato / alterato
SFGR	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
SFCO	SFCO	Coesivo sovraconsolidato fratturato / alterato
SFAL	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato / alterato
SFISS	SFISS	Incoerente o poco consolidato, stratificato fratturato / alterato
SFLPS	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato
SFGRS	SFGRS	Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato
SFCOS	SFCOS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
SFALS	SFALS	Alternanze di litotipi, stratificato fratturato / alterato

Figura 4.8.2 - Legenda della CGT_MS: substrato geologico

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 4.8.1 e 4.8.2 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 Bronte.

SUBSTRATO GEOLOGICO				
	UNITÀ LITOSTRATIGRAFICA	TIPOLOGIA DI SUBSTRATO	SIGLA	STRATIFICAZIONE
FYN_4	Flysch Numidico_M. Nicosia.	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato	SFALS	SI
TUT	Flysch di Troina Tusa.	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato	SFALS	SI
ALV	Argille Varicolori Superiori.	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato e alterato	SFCOS	SI
FYN_3	Flysch Numidico di Monte Salici	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato/alterato	SFALS	SI
FYN_3_A	Flysch Numidico di Monte Salici.	Lapideo fratturato o alterato	SFLP	NO

Tabella 4.8.1 – Conversioni utilizzate per la classificazione nella CGT delle unità litostratigrafiche relative al substrato geologico

TERRENI DI COPERTURA				
	UNITÀ LITOSTRATIGRAFICA	SIGLA	DESCRIZIONE	Ambiente deposizionale
H1	Terreno di riporto	RI	Terreni contenenti resti di attività antropica	zz
BB	Depositi alluvionali recenti	GM	Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo	pi
UTF_I3	Colate laviche (122 a.C. – 1669)	LC	Litoide di copertura	la
UTF_I2	Colate laviche (122 a.C. – 1669)	LC	Litoide di copertura	la
UTF_I1	Colate laviche (15 ka-3,9 ka)	LC	Litoide di copertura	la

Tabella 4.8.2 – Conversioni utilizzate per la classificazione nella CGT delle unità litostratigrafiche relative ai Terreni di copertura

5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

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 due sezioni geologiche schematiche 2d rappresentativi del territorio studiato (Allegato 1). Le tracce delle sezioni sono riportate in figura 5.1.1 e nella carta Geologica e Geomorfologica redatta appositamente (criterio premiante) nell'ambito di questo progetto (Allegati Grafici – Carta geologica e geomorfologica).

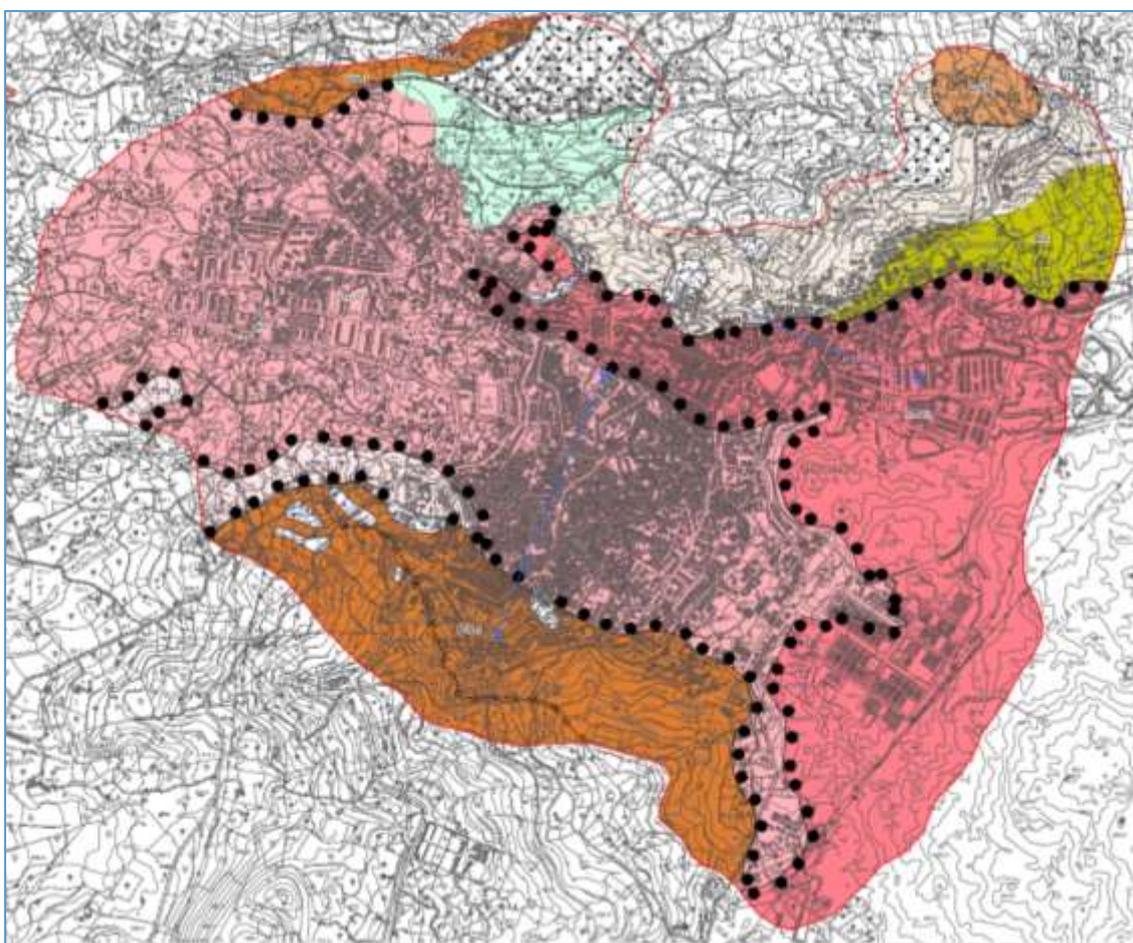


Figura 5.1 – Carta geologica e geomorfologica (CGG – MS1)

Sezione A – A'

Il sottosuolo dell'area rappresentata nella sezione A – A' è caratterizzato dall'affioramento del substrato geologico costituito dai calcari marnosi e marne ascrivibili alla formazione Tufiti di Tusa e delle Colate

laviche indicate UTF_3.

Le Tufiti di Tusa sono state riconosciute sia in affioramento durante il rilievo geologico di superficie che in alcuni sondaggi reperiti, eseguiti nell'ambito degli studi relativi all'adeguamento dello studio geologico a supporto del P.R.G.; in particolare il **sondaggio 087009P4** in cui viene riscontrata, dopo uno spessore di 2,6 m di terreno di riporto fino a 7,5 m (fine sondaggio).

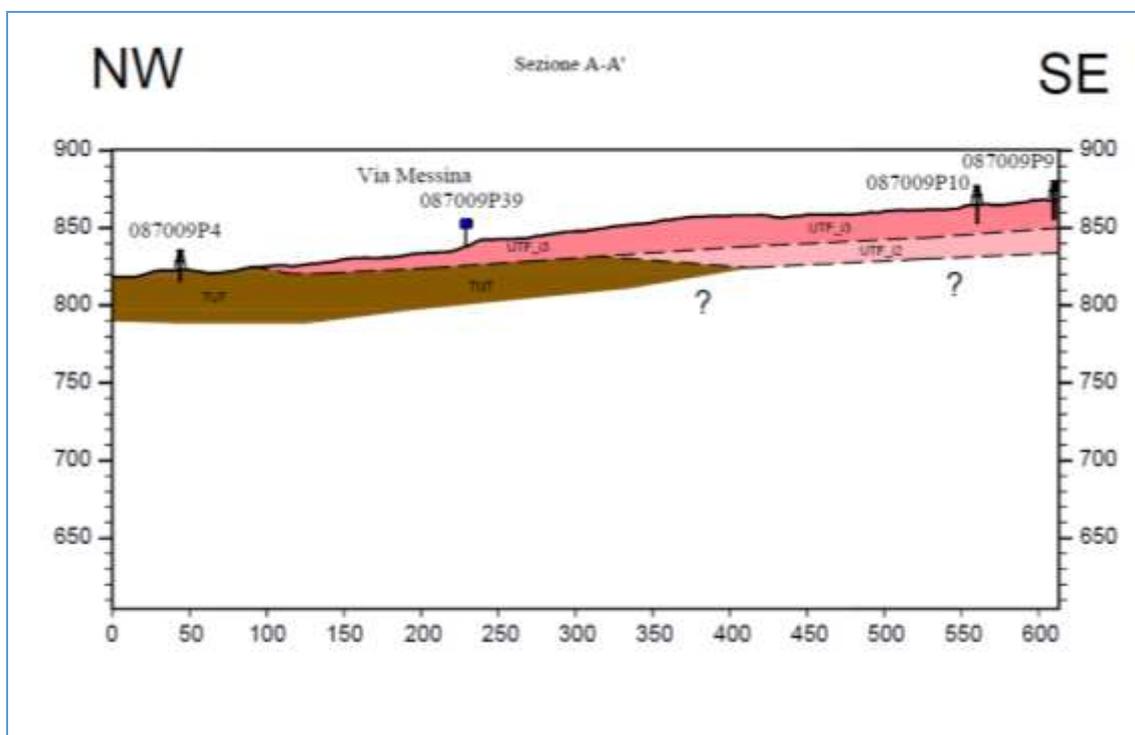
La prova **HVSR 087009P39** ha registrato un picco stratigrafico F0 a frequenza 0,81 Hz con A=3,48, un picco stratigrafico F1 a frequenza 1,24 Hz con A=3,13 e un picco stratigrafico F2 a frequenza 3,39 Hz con A=2,25.

Le lave di copertura (UTF_i3) sono state intercettate nei **sondaggi 087009P10** e **087009P9** spinti fino a 12,00 metri di profondità a partire dal p.c.

Non è stato possibile definire con certezza i passaggi tra le varie colate né il limite tra le lave ed il substrato geologico costituito da tufiti di Tusa, argille varicolori e flysch numidico.

La prova **MASW 087009L6** (in prossimità dei **sondaggi 087009P10** e **087009P9**) mostra un profilo di velocità caratterizzato da inversioni di velocità e registra una Vs30 = 513,60 m/s.

Alcune prove sismiche a rifrazione ad esempio la 087009L6SR9 hanno evidenziato nel volume di terreno investigato dagli stendimenti che nei terreni lavici affioranti ed in sottosuolo vi sono anche forti variazioni laterali e verticali di velocità delle onde P e che questa, passa da 400-500 m/s aumentando gradualmente fino a circa 600-800 m/s dove può essere posto un secondo rifrattore tra le lave litoidi vacuolari e quelle compatte fratturate.



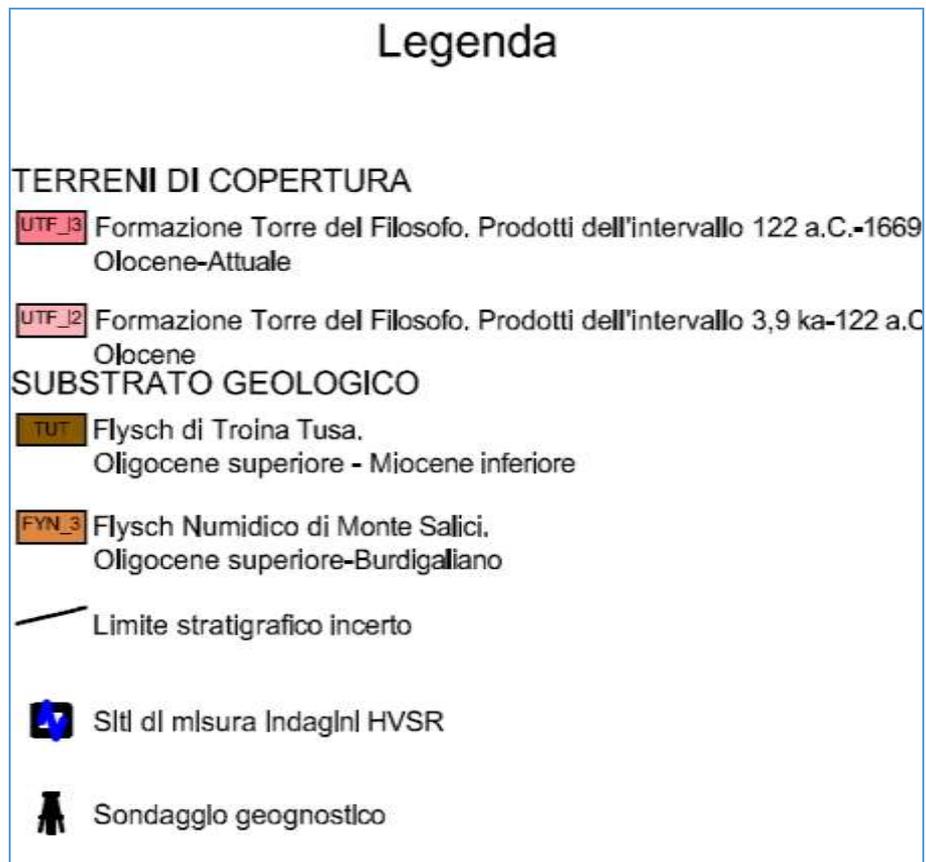


Figura 5.2 – Sezione geologica A – A’

Sezione B – B’

Il sottosuolo dell’area rappresentata nella sezione B - B’ è caratterizzato dalla presenza di colate laviche UTF_i2 e da un’alternanza di argille bruno-tabacco e di quarzareniti bruno-giallastre in strati decimetrici, con alla base un intervallo, di modesto spessore non cartografabile, di argilliti nere con rari livelli calcareo-marnosi di colore grigio-biancastro ascrivibili al Flysch Numidico di Monte Salici.

Le lave di copertura (UTF_i2) sono state intercettate nei sondaggi 087009P6 e 087009P7 fino a 10,00 metri (fine sondaggio).

Non è stato possibile definire con certezza i passaggi tra le varie colate né il limite tra le lave ed il substrato geologico costituito da tufiti di Tusa, argille varicolori e flysch numidico.

Le prove Masw 087009L2 e 087009L3 hanno registrato Vs30 pari rispettivamente a 424 e 423,52 m/s.

La prova HVSR 087009P29 ha registrato un picco stratigrafico F0 a frequenza 5,94 Hz con A=3,07 che potrebbe identificare un contrasto di impedenza intorno a 18 m.

Il Flysch Numidico è stato riconosciuto sia in affioramento durante il rilievo geologico di superficie che in alcuni sondaggi reperiti (**sondaggi 087009P22, 087009P23, 087009P24, 087009P25 e 087009P26**), eseguiti nell’ambito dello studio geologico a supporto dei lavori di completamento delle opere di pertinenza del comune nel parco urbano viale Cav. V. Veneto; in particolare nel **sondaggio 087009P25** viene riscontrato

dopo uno spessore di 2,5 m di coltre detritica superficiale fino a 10 m (fine sondaggio), nel **sondaggio 087009P22** viene riscontrato dopo uno spessore di 1,0 m di coltre detritica superficiale fino a 10 m (fine sondaggio) ed infine nel **sondaggio 087009P24** in cui viene riscontrata, dopo uno spessore di 1,0 m di terreno di riporto fino a 10 m (fine sondaggio).

La **prova Masw 087009L1** ha registrato Vs30 pari rispettivamente a 346 m/s.

La prova HVSr 87009P48 ha registrato un picco stratigrafico F0 a frequenza 0,19 Hz con A=2,68, un picco stratigrafico F1 a frequenza 0,70 Hz con A=2,64 e un picco stratigrafico F2 a frequenza 1,75 Hz con A=2,33.

Tale dato sembrerebbe indicare contrasti di impedenza sismica a profondità di circa 50 e circa 120 metri dal piano campagna.

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

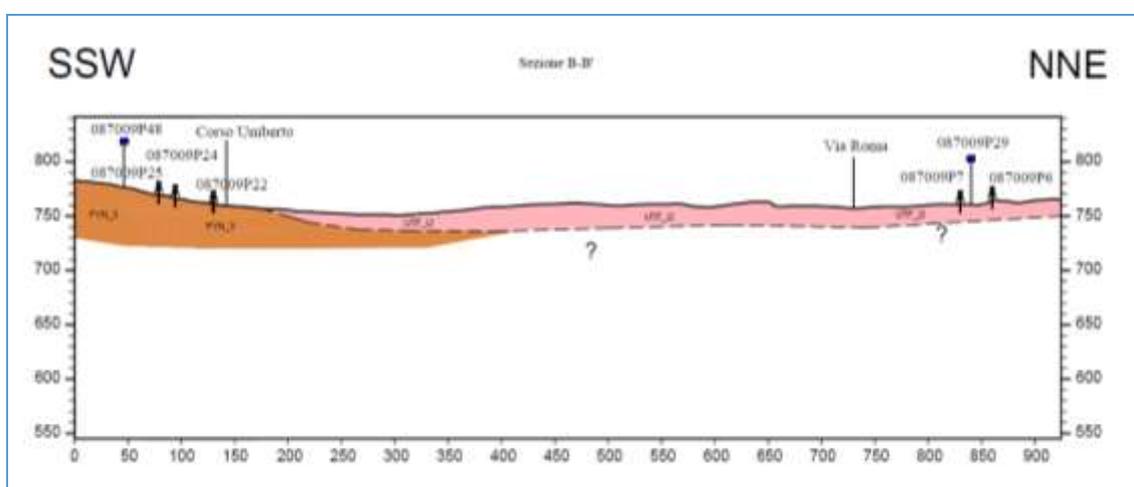


Figura 5.3 – Sezione geologica B - B'

Definito il modello geologico rappresentato nelle 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 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.

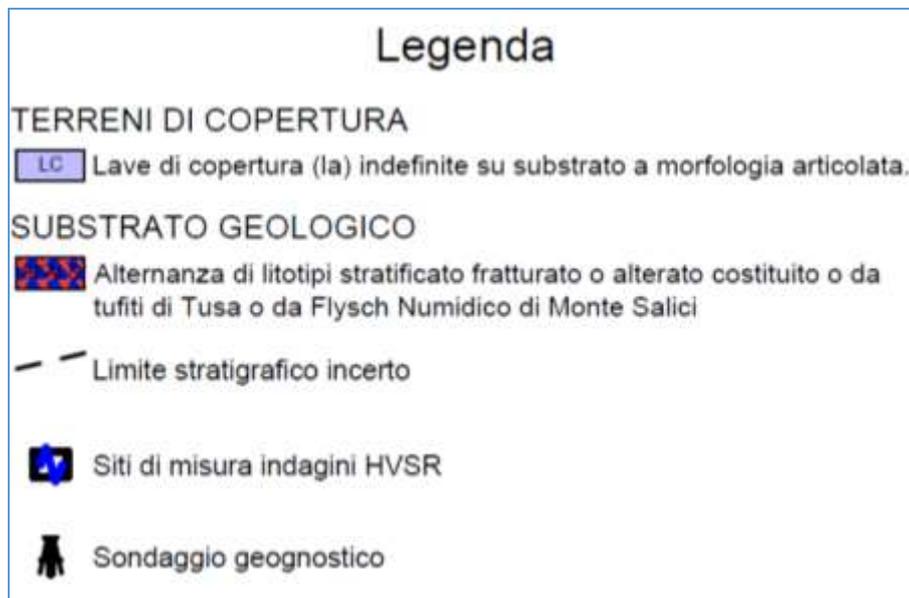
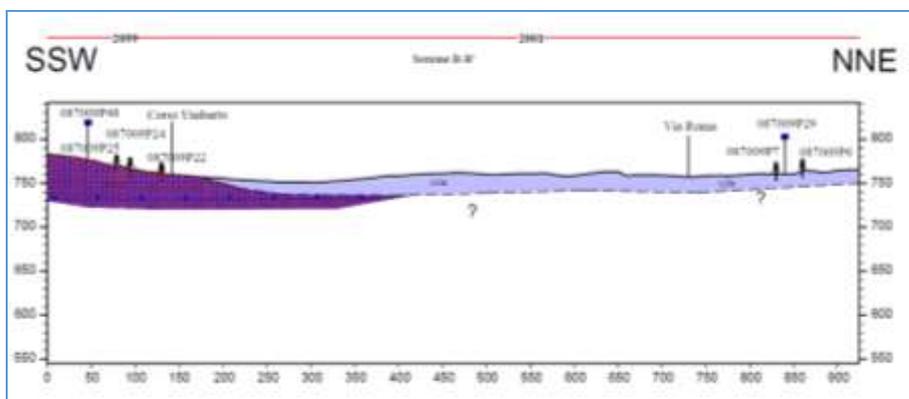
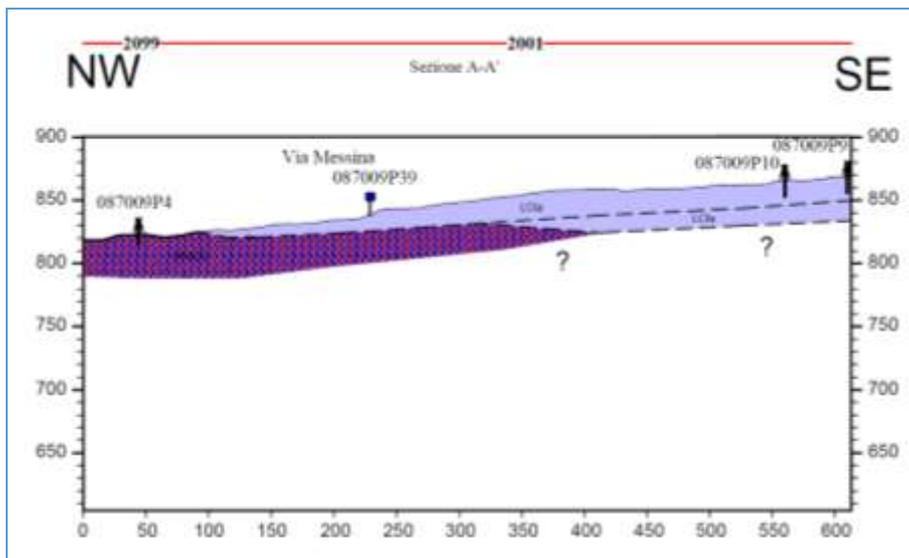


Figura 5.4 – Sezioni geologico-tecniche A – A' e B - B'

6 INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Il modello geologico ricostruito nelle sue linee essenziali, sulla base dei rilievi geologici di superficie condotti, 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.

La carenza di informazioni non ha permesso la conoscenza delle geometrie del substrato delle lave di copertura. 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 microzone o suddivisioni (o accorpamenti) delle attuali microzone.

Analizzando, infatti, le Vs medie nei diversi litotipi, appare evidente che la stratigrafia dei terreni vulcanici nei primi 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, i prodotti vulcanoclastici ed eventuali depositi alluvionali.

Nuove indagini di sottosuolo dovranno essere pianificate allo scopo di verificare la reale geometria del contatto lave-substrato sedimentario, che in questa fase non è stato possibile ricostruire per mancanza di dati. La definizione dei caratteri geotecnici e della geometria del bedrock sismico, rimane uno degli obiettivi imprescindibili delle successive fasi d'approfondimento.

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 geofisiche passive 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:

- ✓ Relazione geologica del Piano Regolatore Generale e varianti: adeguamento alla circolare ARTA n. 2222/1995– Anno 2007;
- ✓ Studio geologico a supporto del Piano comunale di Protezione civile per il rischio idrogeologico – Anno 2009;
- ✓ Piano di emergenza comunale – Anno 2018;
- ✓ Studio geologico e indagini geologiche a supporto di “Lavori di riqualificazione urbana area Sciarra S. Antonio – Anno 2013;
- ✓ Relazione geologica e indagini geognostiche a supporto del progetto dissesti di contrada Rivoglia del comune di Bronte -Anno 2015;
- ✓ Relazione geologica a supporto del progetto per la realizzazione di una scala di accesso al parco urbano di via Cavalieri di Vittorio Veneto dalla via Milano - Anno 2019;
- ✓ Relazione geologica a supporto del progetto di adeguamento sismico e messa in sicurezza della Scuola Media Statale “Castiglione Cimbali” - Anno 2013;
- ✓ Relazione geologica a supporto del progetto adeguamento sismico ed impiantistico della palestra scuola media statale " Castiglione Cimbali " - Anno 2018;
- ✓ Studio geologico ed esecuzione indagini geognostiche propedeutiche per i lavori di completamento delle opere di pertinenza del comune nel parco urbano viale Cav. V. Veneto;
- ✓ Studio geologico a supporto del progetto di “Lavori di ristrutturazione e di adeguamento di un asilo nido comunale- Anno 2010;
- ✓ Studio geologico a supporto del progetto di Programmi innovativi in ambito urbano denominati "Contratti di Quartiere II (D.A. 07/08/2003) - Contratto di quartiere nell'ambito urbano Contrada Sciarrotta". Consulenza geologica relativa alle opere di urbanizzazione primaria quartiere Sciarrotta, costruzione del centro parrocchiale S. Agata e della scala di collegamento tra via G.B. Pergolesi e Viale R Margherita - Anno 2007.

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

Tutti i dati analizzati e omogeneizzati sono stati caricati nel portale di progetto 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.

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 della 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 da attenzione rispetto alle amplificazioni topografiche, le quali dovranno essere oggetto di quantificazione nei livelli di approfondimento successivi.

7.1 PORTALE WEBGIS DI GOVERNANCE

Al fine di velocizzare e rendere omogenea la classificazione degli elementi di MS è stato adottato un portale Web Gis il cui accesso è stato consentito ad ogni singolo operatore autorizzato.

Il portale rappresenta uno strumento condiviso da tutti gli operatori del raggruppamento 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.

Sul portale sono state riprodotte fedelmente le maschere di caricamento sito, indagine e parametri del software MS. I Software 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 del modulo MS sono invece strutturalmente identiche a quelle previste dal software SoftMS del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile. Questo garantisce che alla fine del popolamento, direttamente eseguibile via piattaforma WebGis, è stato possibile popolare il file access di consegna così come previsto da 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.

Oltre ai servizi classici sono anche disponibili: un servizio di ortofoto colore alta risoluzione volo 2109 e un DTM direttamente ricavato da CTR ufficiale.

Per quanto invece attiene alle componenti vettoriali il Portale mette a disposizione una serie di informazioni di ausilio alle attività di censimento direttamente attivabili dall'utente attraverso la legenda, quali ad esempio **Info Geodetiche ed Aerofotogrammetriche, Idrografia, Orografia: Ambiente e territorio**
Le maschere sono predisposte per un loro utilizzo anche su dispositivi mobili (quali tablet e/o portatili connessi alla rete) e ciò per consentire anche un popolamento in campo dei valori previsti.

Il modulo consente di collegare direttamente il (i) documento(i) da agganciare così come previsto da direttiva.

Tutte le indagini popolate sono visualizzate dal portale in tempo reale per consentirne il successivo popolamento e, infine, la loro esportazione nelle strutture file previste in consegna (file access per singolo comune e shape file puntuali e lineari).

L'utilizzo del portale ha consentito di processare e verificare rapidamente una grande quantità di dati d'indagine. Il portale Webgis di governance è stato sviluppato e implementato con la consulenza tecnica del Dott. Salvatore Di Mauro.

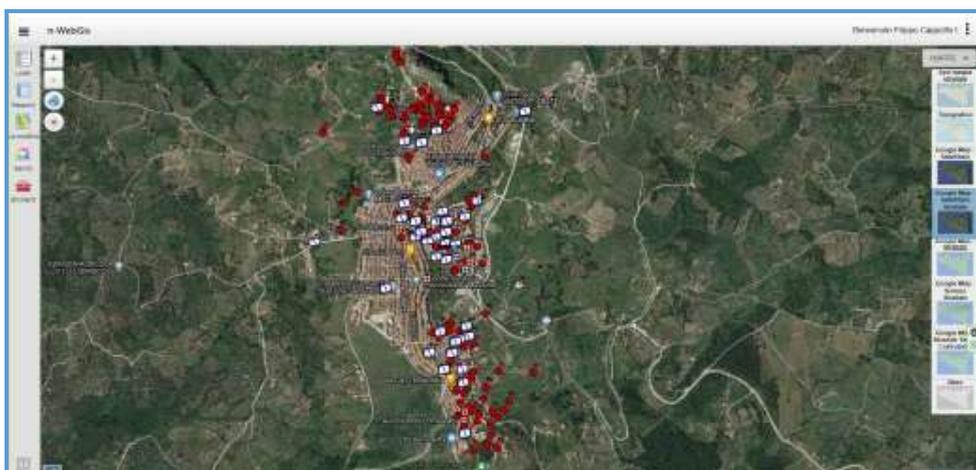


Figura 7.1.1 – Schermata dal portale webgis di governance

8 ELABORATI CARTOGRAFICI

A corredo dello studio sono state elaborate per le aree di studio le seguenti carte in scala 1:5.000:

1. Carta geologica e geomorfologica
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 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 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 pregressi reperiti e di quelli geofisici 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 2 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 numerose pubblicazioni tecniche prodotte dagli enti di ricerca sul vulcano (riportate in bibliografia).

In **legenda** sono stati riportati:

• **Unità geologiche**

- H1 - Terreno di riporto. Riporti antropici caotici e discariche costituiti da limi, sabbie, ghiaie ed elementi clasti eterometrici ed eterogenei, sfabbricidi, residui di lavorazione della ceramica ecc.... Olocene
- BB - Depositi alluvionali recenti. Depositi granulari incoerenti caratterizzati da intrecci lentiformi di ghiaie e sabbie prevalenti e livelli limoso-argillosi, frammisti a sparsi ciottoli e blocchi. Spessori fino a 25 metri. Olocene
- UTF I3 - Formazione Torre del Filosofo. Successione di colate laviche a prevalente morfologia pahoehoe e depositi piroclastici di caduta, determinano spesso vasti campi lavici. Prodotti dell'intervallo 122 a.C.-1669. Olocene-Attuale.
- UTF I2 – Formazione Torre del Filosofo. Successione di colate laviche e depositi piroclastici di caduta, localmente rimaneggiati, legati ad attività eruttiva prevalentemente avvenuta in epoca preistorica. Prodotti dell'intervallo 3,9 ka-122 a.C. Olocene
- UTF I1 - Formazione Torre del Filosofo. Successione di colate laviche e piroclastiti, con morfologie spesso fortemente degradate e difficilmente riconoscibili nelle singole unità di flusso. Prodotti



dell'intervallo 15 ka-3,9 ka. Olocene

- TUT - Flysch di Troina Tusa. Alternanza di arenarie micacee e tufitiche a grana medio-grossa, a cemento carbonatico, in banchi di 1-2 m, di marne e calcari marnosi e calcareniti in livelli decimetrici. Spessore fino a 300 m circa. Oligocene superiore - Miocene inferiore
- FYN 3 - Flysch Numidico di Monte Salici. Alternanze di argilliti nerastre, argille brune e quarzareniti giallastre, con a luoghi addizionati livelli marno-calcarei di colore grigio-biancastro, passanti ad un'alternanza di quarzareniti in grossi banchi e sottili livelli di argille brune. Alla base della formazione sono talora presenti calcari marnosi e marne grigiobiancastre. Spessore fino a 200 m. Oligocene superiore-Burdigaliano
- FYN 3a - Flysch Numidico di Monte Salici. Alternanza di quarzareniti in grossi banchi e sottili livelli di argille brune. Spessore fino a 50 metri. Oligocene superiore-Burdigaliano
- FYN 4 - Flysch Numidico M. Nicosia. Argilliti brune silicifere, argilliti rosse in intervalli da metrici a decametrici, con lenti di areniti silicoclastiche gialle o bianco-grigiastre in strati da spessi a megastrati (5-7 m) per amalgamazione. Spessore circa 200 m. Oligocene superiore - Miocene inferiore
- ALV - Argille Varicolori Superiori. Argille rosso vinaccia, verde e grigio ferro, scagliettate e caotiche, con intercalazioni di diaspri grigio-verdi, siltiti carbonatiche grigie e calcari micritici bianchi in strati sottili e medi. Spessore fino a 50 m. Eocene-Oligocene

- **Elementi tettonico strutturali**

- Faglia inversa non attiva (certa)

- **Instabilità di versante**

- Crollo o ribaltamento – attiva
- Scorrimento – attiva
- Colata – attiva
- Complessa - non definito
- Non definita – attiva
- Non definita - non definito

- **Forme di superficie e sepolte**

- Limite di campo lavico
- Creste

- **Elementi geologici e idrogeologici**

- Traccia di sezione geologica

- **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. 49 siti puntuali e 11 siti lineari così distinti: 26 siti puntuali pregressi, n. 23 siti puntuali di nuova acquisizione n. 9 siti lineari pregressi e n° 2 siti lineari di nuova acquisizione.

La **tabella "indagini puntuali"** collegata a quella dei siti puntuali e al relativo shapefile Ind_pu contiene n. 71 indagini, come di seguito specificato.

DATI ESISTENTI

- n. 7 Sondaggi a carotaggio continuo che non intercettano il substrato
- n. 11 Sondaggi a carotaggio continuo che non intercettano il substrato
- n.1 trincea o pozzetto esplorativo
- n. 4 prove penetrometriche in foro SPT
- n. 7 prove penetrometriche dinamica leggera
- n. 18 campioni sottoposti a indagini di laboratorio.

DATI NUOVI

n. 23 prove HVSR

La **tabella "indagini lineari"** collegata a quella dei siti lineari e al relativo shapefile Ind_li contiene n. 15 indagini, come di seguito specificato.

DATI ESISTENTI

- n. 8 prove sismiche MASW;
- n. 5 prova sismica a rifrazione.

DATI NUOVI

- n. 2 prova sismica MASW

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 (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 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 – È 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-tecniche)

8.3.1 Substrato geologico

SFALS – Substrato lapideo stratificato fratturato e/o alterato.

È costituito da:

- una monotona alternanza di argille brune e di quarzareniti giallastre talora in grossi banchi, con spessore massimo 20 metri per amalgamazione, con un intervallo, di modesto spessore e pertanto non cartografabile, di argilliti nere nella parte inferiore ascrivibili al Flysch Numidico di Monte Salici. Spessore massimo 200 m.
- un'alternanza di torbiditi silicoclastiche gialle o bianco grigiastre, brune e di argille brune silicifere con sottili interstrati siltitici, in intervalli di spessore da metrico a decametrico ascrivibile al flysch Numidico di Nicosia sovrascorso sulle tufiti di Tusa
- marne grigio cenere alternate a calcari marnosi biancastri in strati medio-spessi con lenti di calcareniti e calciruditi gradate, colore nocciola ascrivibili alle Tufiti di Tusa

SFLP – Substrato lapideo stratificato fratturato e/o alterato.

Si tratta di quarzareniti giallastre talora in grossi banchi, potenti fino a 20 metri ascrivibili al Flysch Numidico di Monte Salici

SFCOS – Substrato lapideo stratificato fratturato e/o alterato.

Argille rosso vinaccia, verde e grigio ferro, scagliettate e caotiche, con intercalazioni di diaspri grigio-verdi,



siltiti carbonatiche grigie e calcari micritici bianchi in strati sottili e medi ascrivibili alle Argille varicolori superiori

8.3.2 Terreni di copertura

Rlzz - Terreno contenenti resti di attività antropica (zz) costituiti da materiali di risulta eterogeneo ed eterometrico. (da sciolto a poco addensato).

GMpi – Depositi granulari incoerenti caratterizzati da intrecci lentiformi di ghiaie e sabbie prevalenti e livelli limoso argillosi, frammisti a sparsi ciottoli e blocchi. Spessori fino a 25 m.

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. 8.3.2.1)

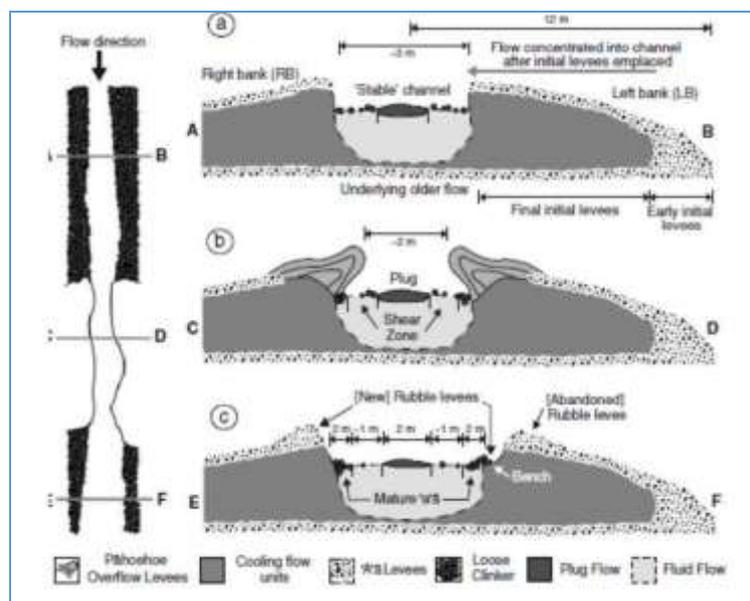


Figura 8.3.2.1 - Profili di flusso attraverso colate laviche canalizzate nei suoi diversi settori (da Baylei et al., 2006)

8.3.3 Elementi lineari e puntuali

Nella carta sono stati riportati come elementi lineari i bordi di colata e le creste che possono rappresentare delle zone di potenziale amplificazione sismica da approfondire negli studi di livello successivo.

8.3.4 Elementi tettonico strutturali

È stata individuata una faglia inversa a basso angolo (sovrascorrimento) non attiva certa con cui le alternanze di torbiditi silicoclastiche gialle o bianco grigiastre, brune e di argille brune silicifere con sottili interstrati siltitici, in intervalli di spessore da metrico a decametrico ascrivibile al flysch Numidico di Nicosia (SFALS) sovrascorrono sulle tufiti di Tusa.

8.3.5 Instabilità di versante

Nella CGT sono state riportate le instabilità di versante. In particolare sono state censite le seguenti tipologie di frane:

- Crollo o ribaltamento – attiva
- Scorrimento – attiva
- Colata – attiva
- Complessa - non definito
- Non definita – attiva
- Non definita - non definito

Per le frane non riportate nel PAI o per le quali è stata perimetrata una geometria differente è stata predisposta la relativa checklist (appendice 8).

8.3.6 Forme di superficie e sepolte

- Limite di campo lavico
- Creste

8.3.7 Elementi geologici e 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.

Sono state analizzati i dati prodotti nella campagna di indagini integrative eseguite nell'ambito del presente studio di microzonazione sismica – anno 2021, consistenti in n. 23 prove HVSR.

Tutte le valutazioni sulle condizioni di amplificazione di sito sono state effettuate considerando la finestra di interesse ingegneristico compresa tra 0,1-20 Hz.

Nell'ambito del presente studio, tutte le misure sono state rielaborate e le frequenze di risonanza sono state ottenute utilizzando il software applicativo "Grilla" in dotazione a TrominoR, 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.

Le misure di rumore ambientale a stazione singola eseguite nelle aree di studio del comune di Bronte, hanno evidenziato tendenze differenti. Quasi tutte quelle effettuate sul substrato affiorante o subaffiorante hanno evidenziato tendenze contrastanti, talora con assenza di contrasti di risonanza, a testimoniare una crescita omogenea delle velocità delle onde S con la profondità, talora con picchi se pur caratterizzati da amplificazioni non elevate tali da non evidenziare rilevanti cambi di rigidità con picchi netti e pronunciati del

rapporto H/V. Tuttavia, considerando anche i pochi dati elaborati non si possono escludere amplificazioni stratigrafiche rilevanti del moto sismico a causa della natura discontinua caratteristica delle formazioni flyshoidi e per la sovrapposizione tettonica di corpi lapidei.

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 (Allegato 4).

- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto della situazione litostratigrafica e/o morfologica locale;

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. È stato cercato di accorpare 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.

Il substrato a esempio è stato accorpare in base alla conoscenza della litologia e caratteristiche meccaniche dello stesso e al relativo comportamento come ammasso roccioso o attritivo/coesivo;

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 da 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 la microzona omogenea individuata.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

ZONA 2099

Substrato geologico fratturato / alterato (SF) costituita da un'alternanza di torbiditi silicoclastiche gialle o



bianco grigiastre, brune e di argille brune silicifere con sottili interstrati siltitici, in intervalli di spessore da metrico a decametrico ascrivibile al flysch Numidico di Nicosia (SFALS) sovrascorso sulle tufiti di Tusa (SFALS), costituite litologicamente dai marne grigio cenere alternate a calcari marnosi biancastri in strati medio-spessi con lenti di calcareniti e calciruditi gradate, colore nocciola, poggianti sulle argille rosso vinaccia (SFCOS), verde e grigio ferro, scagliettate e caotiche, con intercalazioni di diaspri grigio-verdi, siltiti carbonatiche grigie e calcari micritici bianchi in strati sottili e medi o da una monotona alternanza di argille brune e di quarzareniti giallastre talora in grossi banchi, potenti fino a 20 metri per amalgamazione, con un intervallo, di modesto spessore e pertanto non cartografabile, di argilliti nere nella parte inferiore ascrivibili al Flysch Numidico di Monte Salici (SFALS) con spessore molto variabile che non supera i 200 m.

ZONA 1

Colate laviche sovrapposte (LClA) spessore 25-30 m, su substrato indefinito ascrivibili alla Formazione Torre del Filosofo, costituite da campi lavici caratterizzati da un'alternanza di livelli scoriacei e massivi con una notevole variabilità verticale e orizzontale delle litofacies che poggiano sul substrato geologico SF della zona 2099.

ZONA 2

Depositi granulari incoerenti caratterizzati da intrecci lentiformi di ghiaie e sabbie prevalenti e livelli limosoargillosi, frammisti a sparsi ciottoli e blocchi. Spessori fino a 25 m (GMpi), poggiate su substrato alternanza di litotipi fratturato / alterato (SFALS) riferibile al Flysch Numidico di Monte Salici, costituito da una monotona alternanza di argille brune e di quarzareniti giallastre talora in grossi banchi, potenti fino a 20 metri per amalgamazione, con un intervallo, di modesto spessore e pertanto non cartografabile, di argilliti nere nella parte inferiore.

ZONA 3

Depositi granulari incoerenti caratterizzati da intrecci lentiformi di ghiaie e sabbie prevalenti e livelli limosoargillosi, frammisti a sparsi ciottoli e blocchi con spessori fino a 25 m (GMpi), poggiate sulla successione della microzona 1

ZONA 4

Materiale di riporto eterogeneo ed eterometrico di natura antropica (RIzz) con spessori fino a 4,0 m poggiate sulla successione della microzona 1

ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ

- ZAFR - Zona di Attenzione per instabilità di versante - Substrato fratturato o alterato
- ZAFR - Zona di Attenzione per instabilità di versante - Zona 1



FORME DI SUPERFICIE

Sono inoltre state segnalate, ai fini della presente microzonazione:

- Limite di campo lavico
- Cresta

9 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Nell'area del territorio comunale di Bronte non sono presenti dati macrosismici, con una densità spaziale sufficiente per individuare aree con diversa risposta sismica locale. Tuttavia come si evince dalla consultazione del catalogo CFTI55MED, catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1997 e nell'area mediterranea 760 A.C. – 1500, il territorio comunale di Bronte è stato interessato da 12 eventi sismici (1693, 1818, 1846, 1905, 1978, 1717, 1894, 1980, 1990, 1947 e 1975) sopra la soglia del danno (IMCS>V) che riportano le seguenti annotazioni.

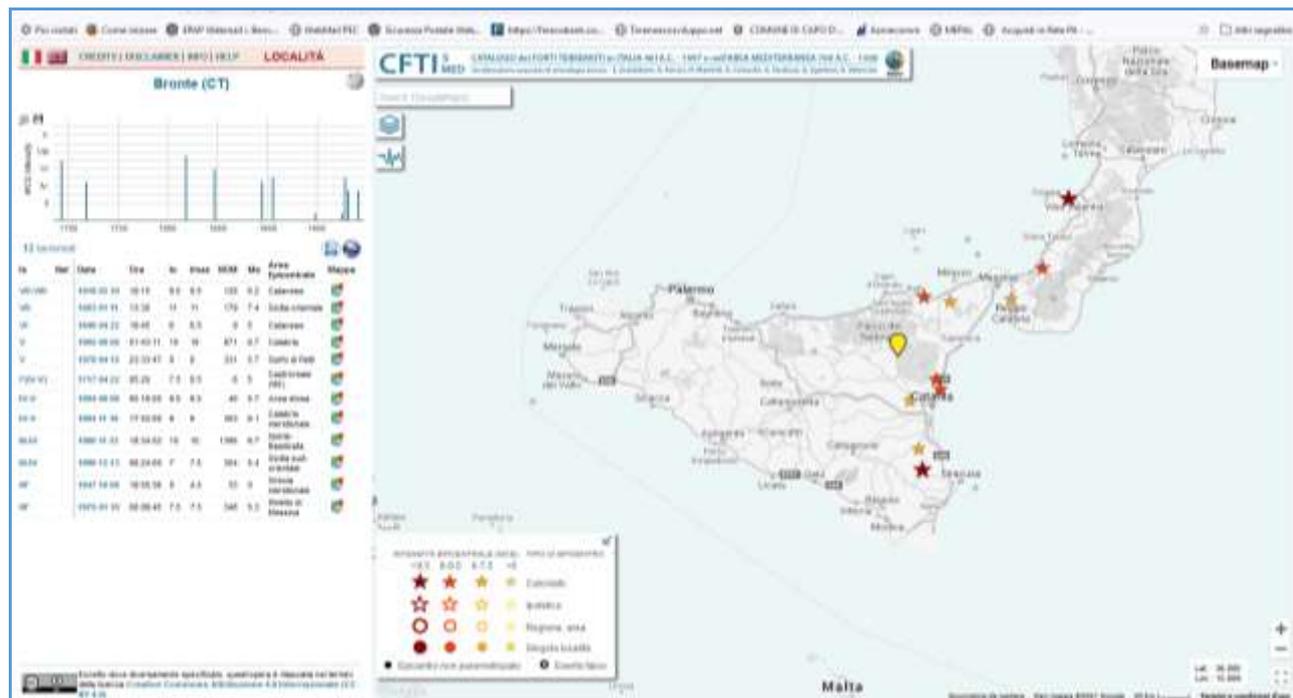


Figura 9.1 – Catalogo CFTI5 MED comune di Bronte

Terremoto	EFFETTI SUL CONTESTO ANTROPICO
<p>Data: 1818 02 20 Ora: 18:15</p> <p>Area epicentrale: Catanese</p> <p>Lat.: 37.603 - Lon.: 15.141</p> <p>Intensità Epicentrale: 9.5</p> <p>Intensità Massima: 9.5</p> <p>Magnitudo Equivalente: 6.2</p> <p>Numero di osservazioni macrosismiche: 128</p> <p>Bronte (CT) - Intensità MCS: VII-VIII</p>	<p>La località fu inserita, nel quadro riassuntivo delle perizie, tra quelle in cui si verificarono danni di media entità se paragonati a quelli relazionati per i centri dell'area epicentrale (1). Risultarono danneggiate ventun chiese, il teatro, la Real Casa degli Studi, l'ospedale dei poveri ed il carcere. La Commissione per i terremoti di Bronte stilò un quadro dettagliato, suddiviso per quartieri, dei danni arrecati dal periodo sismico al patrimonio edilizio. Le tavole sinottiche</p>

redatte a cura dell'Intendenza di Catania e riproducenti i risultati delle perizie ufficiali riportarono il numero di 406 case danneggiate, di queste 1/16 erano classificate come cadute, 1/16 come cadenti e 14/16 lesionate (**2, 3, 4, 5, 6, 7, 8**).

1) *, *Archivio di Stato di Catania, Intendenza borbonica, b.4209 (1818), categoria XXI (Miscellanea), Quadro de' danni sofferti nel distretto di Catania pe' tremuoti de 20 e 28 febbraio 1818, Tavola necrologica causata da' tremuoti, s.d.*

2) *, *Archivio di Stato di Catania, Intendenza borbonica, b.4210 (1818-19), categoria XXI (Miscellanea), Tavola sinottica della Commissione dei Tremuoti p[er] il Comune di Bronte. Quadro de' danni cagionati dal tremuoto de' 20, e 28 del Mese di Febraro 1818 nella provincia di Catania.*

3) *, *Archivio di Stato di Catania, Intendenza borbonica, b.4209 (1818), categoria XXI (Miscellanea), tabella n.9, Quadro dei danni cagionati dai tremuoti de' 20 e 28 febbraio 1818 nel Comune di Bronte, s.d.*

4) *, *Archivio di Stato di Catania, Intendenza borbonica, b.4210 (1818-19), categoria XXI (Miscellanea), Tavole riassuntive dei danni cagionati dal terremoto del 20 febbraio 1818 nel Comune di Bronte, s.d.*

5) *, *Archivio di Stato di Palermo, Ministero e segreteria di Stato per gli affari di Sicilia presso S.M. in Napoli, Ripartimento dell'Interno, b.38 (1823-25), Rapporto dell'intendente di Catania al luogotenente generale sui danni causati in Sicilia dai terremoti del 20 e 28 febbraio 1818 e sui soccorsi accordati e proposti, Catania 16 maggio 1818.*

6) *, *Archivio di Stato di Catania, Intendenza borbonica, b.4212 (1818-19), categoria XXI (Miscellanea),*

	<p><i>Memoriale del padre guardiano del convento dei Cappuccini di Bronte in cui si chiede un sussidio per riparare i danni causati dal terremoto del 1818.</i></p> <p>7) *, <i>Archivio di Stato di Catania, Intendenza borbonica, b.4212 (1818-19), categoria XXI (Miscellanea), Supplica dell'arciprete di Bronte per avere sovvenzioni per riparare la Madre chiesa danneggiata dal terremoto del 1818, s.d.</i></p> <p>8) *, <i>Archivio di Stato di Catania, Intendenza borbonica, b.4212 (1818-19), categoria XXI (Miscellanea), Carteggio sui lavori di restauro delle case di Bronte e Maletto danneggiate dal terremoto del 1818, Bronte gennaio-novembre 1818.</i></p>
<p>Data: 1693 01 11 Ora: 13:30</p> <p>Area epicentrale: Sicilia orientale</p> <p>Lat.: 37.141 - Lon.: 15.013</p> <p>Intensità Epicentrale: 11</p> <p>Intensità Massima: 11</p> <p>Magnitudo Equivalente: 7.4</p> <p>Numero di osservazioni macrosismiche: 179</p> <p>Bronte (CT) - Intensità MCS: VII</p>	<p>Il "ristretto" allegato alla lettera del Viceré del 22 gennaio riporta una generica segnalazione di danni (1). Un foglio a stampa (2) ricorda che l'abitato fu danneggiato, ma non molto gravemente.</p> <p>1) *, <i>Archivo General de Simancas, Secretaría de Estado, Negociación de Sicilia, legajo 3507 (1693-94), Consultas decretos y notas, n.9, Ristretto dei messaggi inviati al viceré di Sicilia dalle località del Regno colpite dai terremoti del 9 e 11 gennaio, Palermo 22 gennaio 1693.</i></p> <p>2) *, <i>Vera relatione di quello è successo nell'ultimo terremoto in Sicilia (Veritable relation de ce qui s'est passé dans le dernier tremblement de terre en Sicile).</i> Toulon</p>
<p>Data: 1846 04 22 Ora: 19:45</p> <p>Area epicentrale: Catanese</p> <p>Lat.: 37.538 - Lon.: 14.923</p> <p>Intensità Epicentrale: 6</p> <p>Intensità Massima: 6.5</p> <p>Magnitudo Equivalente: 5</p> <p>Numero di osservazioni macrosismiche: 9</p>	<p>I commenti storico-critici su questa sequenza sismica e le descrizioni degli effetti nelle varie località non sono attualmente disponibili.</p>

Bronte (CT) - Intensità MCS: VI	
<p>Data: 1905 09 08 Ora: 01:43:11</p> <p>Area epicentrale: Calabria</p> <p>Lat.: 38.682 - Lon.: 16.056</p> <p>Intensità Epicentrale: 10</p> <p>Intensità Massima: 10</p> <p>Magnitudo Equivalente: 6.7</p> <p>Numero di osservazioni macrosismiche: 871</p> <p>Bronte (CT) - Intensità MCS: V</p>	<p>Il terremoto fu avvertito fortemente e spaventò la popolazione; non ci furono danni (1, 2).</p> <p>1) *, <i>L'Ora</i>, 1905.09.10, a.6, n.252. Palermo</p> <p>2) *, <i>Giornale di Sicilia</i>, 1905.09.08, a.45, n.250. Palermo</p>
<p>Data: 1978 04 15 Ora: 23:33:47</p> <p>Area epicentrale: Golfo di Patti</p> <p>Lat.: 38.125 - Lon.: 15.022</p> <p>Intensità Epicentrale: 8</p> <p>Intensità Massima: 8</p> <p>Magnitudo Equivalente: 5.7</p> <p>Numero di osservazioni macrosismiche: 331</p> <p>Bronte (CT) - Intensità MCS: V</p>	<p>Non sono note descrizioni degli effetti. Barbano et al. (1979) hanno valutato l'intensità della scossa di V grado MCS (1, 2).</p> <p>1) <i>Barbano M.S., Bottari A., Carveni P., Cosentino M., Federico B., Fonte G., Lo Giudice E., Lombardo G. e Patané G., Macroseismic study of the gulf of Patti earthquake in the geostructural frame of North-Eastern Sicily, in "Bollettino della Società Geologica Italiana", vol.98, pp.155-174. Roma</i></p> <p>2) <i>Bottari A. e Lo Giudice E., Sulla rappresentazione dei campi macrosismici, Istituto Internazionale di Vulcanologia di Catania, Open-file Report n.3/82. Catania</i></p>
<p>Data: 1717 04 22 Ora: 05:20</p> <p>Area epicentrale: Castroreale (ME)</p> <p>Lat.: 38.100 - Lon.: 15.211</p> <p>Intensità Epicentrale: 7.5</p> <p>Intensità Massima: 8.5</p> <p>Magnitudo Equivalente: 5</p> <p>Numero di osservazioni macrosismiche: 6</p> <p>Bronte (CT) - Intensità MCS: F(IV-V)</p>	<p>Il terremoto fu avvertito (1).</p> <p>1) <i>Mongitore A., Istoria cronologica de' terremoti di Sicilia, in Id., "Della Sicilia ricercata nelle cose più memorabili", tomo 2, pp.345-445. Palermo</i></p>
<p>Data: 1894 08 08 Ora: 05:16:00</p> <p>Area epicentrale: Area etnea</p> <p>Lat.: 37.656 - Lon.: 15.114</p>	<p>La scossa fu avvertita da quasi tutta la popolazione (1).</p> <p>1) <i>Baratta M., Intorno ai recenti fenomeni endogeni avvenuti nella regione etnea (Agosto 1894), in</i></p>

<p>Intensità Epicentrale: 9.5 Intensità Massima: 9.5 Magnitudo Equivalente: 5.7 Numero di osservazioni macrosismiche: 40 Bronte (CT) - Intensità MCS: IV-V</p>	<p><i>"Bollettino della Società Geografica Italiana", s.III, vol.7 (1894), pp.740-760. Roma</i></p>
<p>Data: 1894 11 16 Ora: 17:52:00 Area epicentrale: Calabria meridionale Lat.: 38.289 - Lon.: 15.870 Intensità Epicentrale: 9 Intensità Massima: 9 Magnitudo Equivalente: 6.1 Numero di osservazioni macrosismiche: 303 Bronte (CT) - Intensità MCS: IV-V</p>	<p>La scossa causò forte tremolio di imposte e impalcature e fu avvertita con panico da tutti gli abitanti, che fuggirono all'aperto (1, 2).</p> <p>1) Riccò A., <i>Il terremoto del 16 novembre 1894 in Calabria e Sicilia. Parte I: Relazione sismologica</i>, in "Annali dell'Ufficio Centrale Meteorologico e Geodinamico Italiano", s.II, vol.19 (1897), parte I, pp.7-261. Roma</p> <p>2) *, <i>Archivio dell'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria, Cartoline macrosismiche, novembre 1894, n.105, Cartolina macrosismica relativa al terremoto del 16 novembre 1894 inviata all'Ufficio Centrale di Meteorologia e Geodinamica di Roma, Bronte 17 novembre 1894.</i></p>
<p>Data: 1980 11 23 Ora: 18:34:52 Area epicentrale: Irpinia-Basilicata Lat.: 40.843 - Lon.: 15.283 Intensità Epicentrale: 10 Intensità Massima: 10 Magnitudo Equivalente: 6.7 Numero di osservazioni macrosismiche: 1395 Bronte (CT) - Intensità MCS: III-IV</p>	<p>Non sono note descrizioni degli effetti. Postpischl et al. (1985) hanno stimato l'intensità della scossa di III-IV grado della scala MCS (1).</p> <p>1) <i>Postpischl D., Branno A., Esposito E., Ferrari G., Marturano A., Porfido S., Rinaldis V. e Stucchi M., The Irpinia earthquake of November 23, 1980, in "Atlas of Isoseismal Maps of Italian Earthquakes", a cura di D.Postpischl, CNR-PFG, Quaderni de «La Ricerca Scientifica», n.114, vol.2A, pp.152-159. Roma</i></p>
<p>Data: 1990 12 13 Ora: 00:24:00 Area epicentrale: Sicilia sud-orientale Lat.: 37.262 - Lon.: 14.984 Intensità Epicentrale: 7 Intensità Massima: 7.5</p>	<p>Secondo uno studio macrosismico condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica, basato su questionari e sopralluoghi tecnici, gli effetti sono stati stimati di un'intensità incerta fra il III e il IV grado MCS (1).</p> <p>1) <i>De Rubeis V., Gasparini C., Maramai A. e Anzidei A., Il</i></p>

<p>Magnitudo Equivalente: 5.4</p> <p>Numero di osservazioni macrosismiche: 304</p> <p>Bronte (CT) - Intensità MCS: III-IV</p>	<p><i>terremoto siciliano del 13 dicembre 1990, in "Contributi allo studio del terremoto della Sicilia orientale del 13 dicembre 1990", a cura di E.Boschi e A.Basili, ING, pubblicazione n.537, pp.9-44. Roma</i></p>
<p>Data: 1947 10 06 Ora: 19:55:36</p> <p>Area epicentrale: Grecia meridionale</p> <p>Lat.: 36.717 - Lon.: 21.783</p> <p>Intensità Epicentrale: 0</p> <p>Intensità Massima: 4.5</p> <p>Magnitudo Equivalente: 0</p> <p>Numero di osservazioni macrosismiche: 33</p> <p>Bronte (CT) - Intensità MCS: NF</p>	<p>I commenti storico-critici su questa sequenza sismica e le descrizioni degli effetti nelle varie località non sono attualmente disponibili.</p>
<p>Data: 1975 01 16 Ora: 00:09:45</p> <p>Area epicentrale: Stretto di Messina</p> <p>Lat.: 38.115 - Lon.: 15.643</p> <p>Intensità Epicentrale: 7.5</p> <p>Intensità Massima: 7.5</p> <p>Magnitudo Equivalente: 5.3</p> <p>Numero di osservazioni macrosismiche: 346</p> <p>Bronte (CT) - Intensità MCS: NF</p>	<p>La scossa non fu avvertita (1).</p> <p><i>1) Bottari A. e Lo Giudice E., Studio macrosismico del terremoto di Reggio Calabria del 16 Gennaio 1975, in "Annali di Geofisica", vol.28, pp.151-176. Roma</i></p>

Tabella 9.1 – Annotazioni estratte da Catalogo CFTI5 MED per i terremoti riportati per il comune di Bronte

10 BIBLIOGRAFIA

- 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"
- CIVICO et al. 2019 "Surface ruptures following the 26 December 2018, Mw 4.9, Mt. Etna earthquake, Sicily (Italy)" *Journal of Maps*
- 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*.

LOCATI M., CAMASSI R., ROVIDA A., ERCOLANI E., BERNARDINI F., CASTELLI V., CARACCILO 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.

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>

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., 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>

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

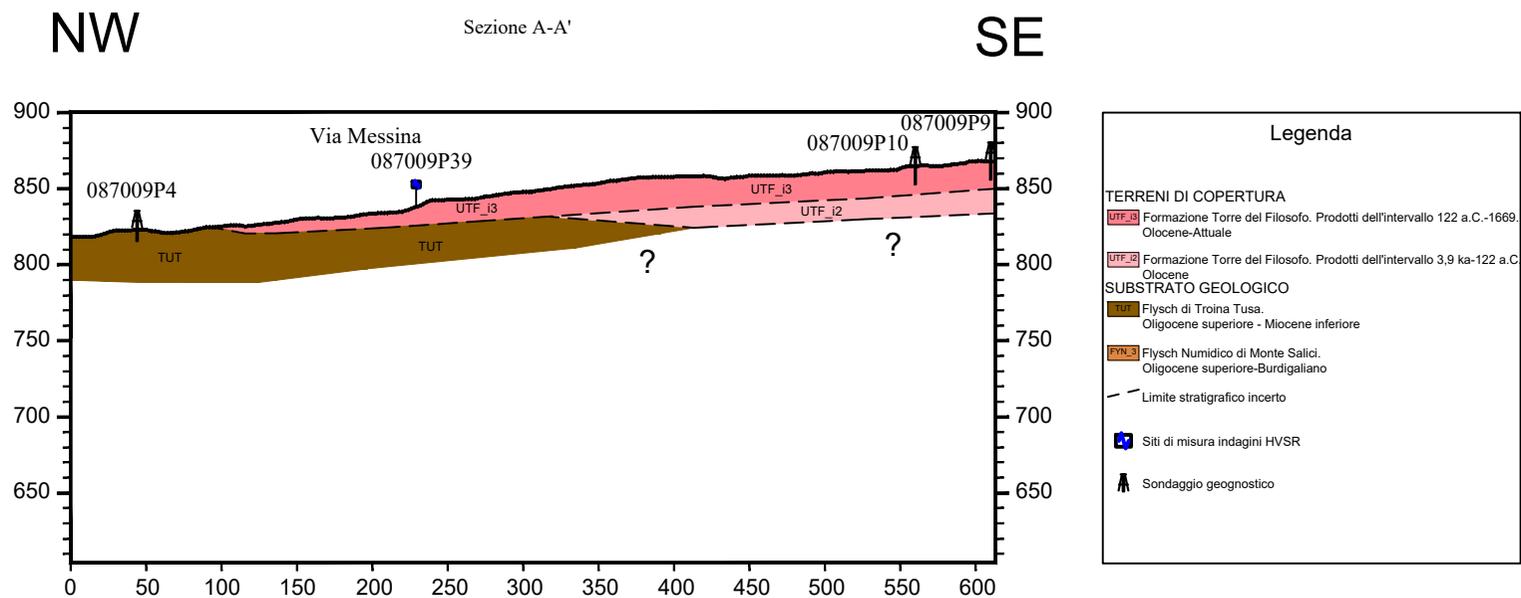
- Allegato 1: Sezioni geologiche
- Allegato 2: Colonne geologico tecniche
- Allegato 3: Sezione geologico-tecniche
- Allegato 4: Schemi dei rapporti stratigrafici delle MOPS
- Allegato 5: Profili topografici
- Appendice 8. Checklist

Dott. Geologo Francesco Pintaudi

Firmato digitalmente

Allegato 1 - Sezioni geologiche

Scala 1:5000



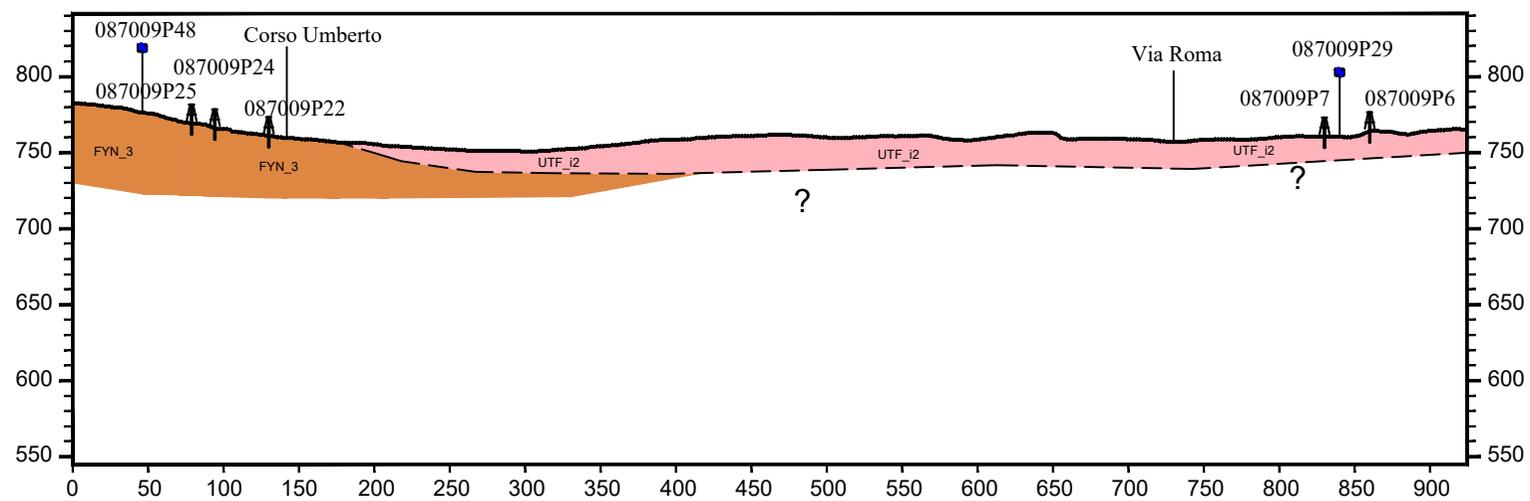
Allegato 1 - Sezioni geologiche

Scala 1:5000

SSW

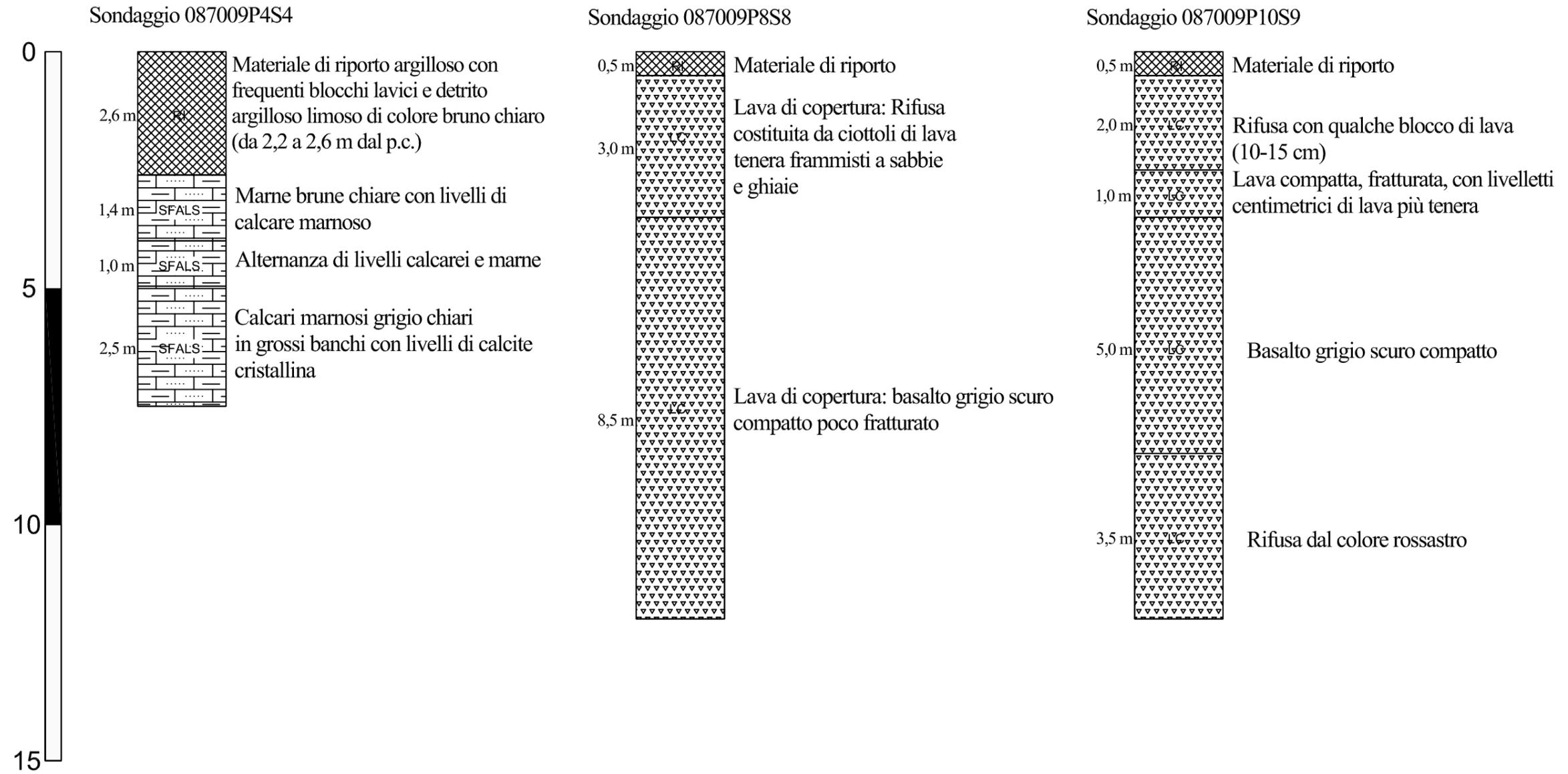
Sezione B-B'

NNE



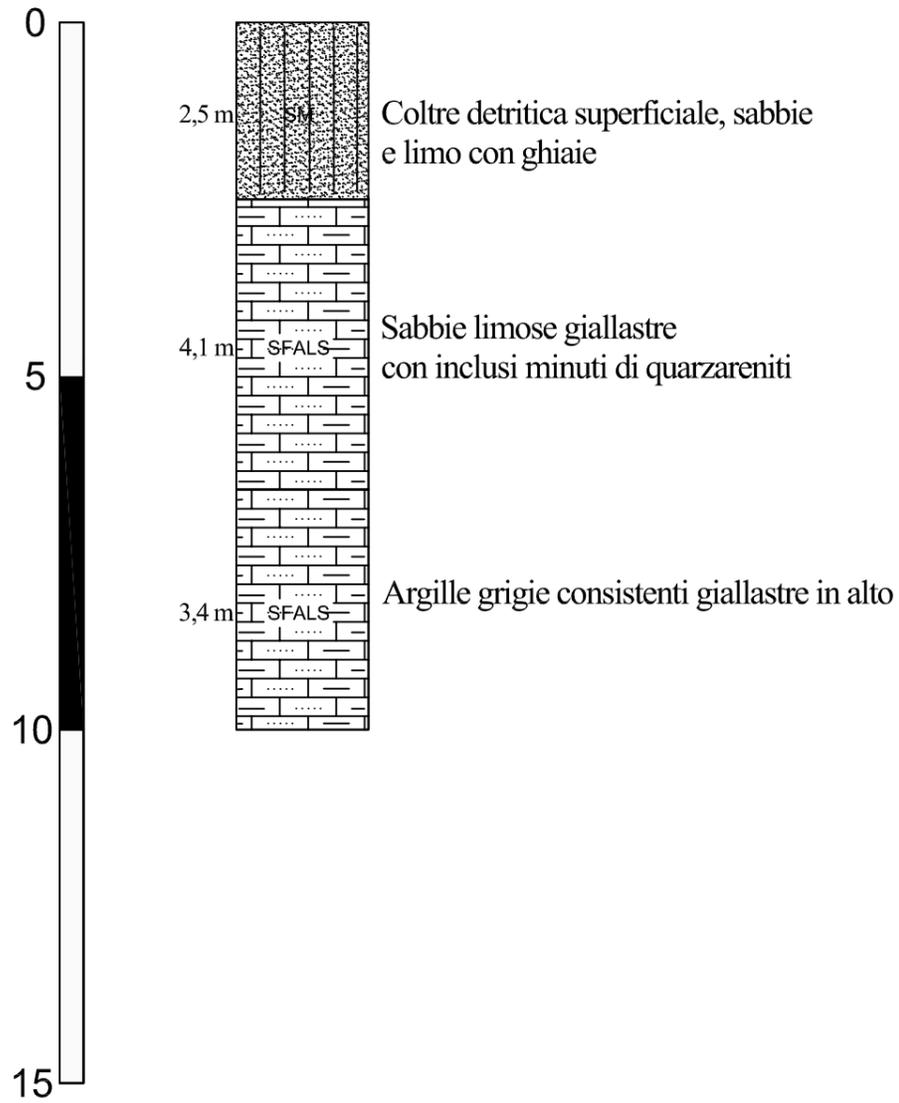
Allegato 2 -Colonne geologico-tecniche

Profilo A - A'

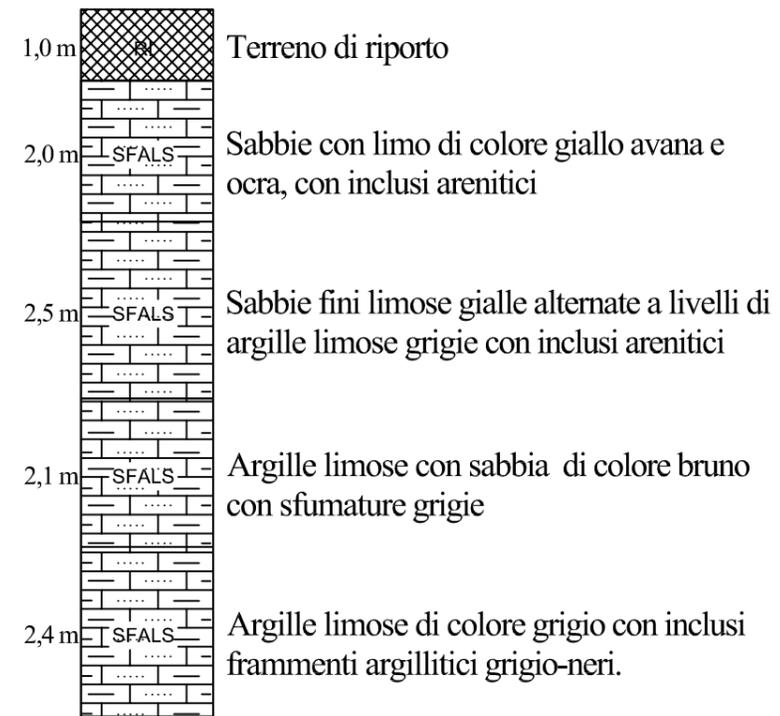


Profilo B - B'

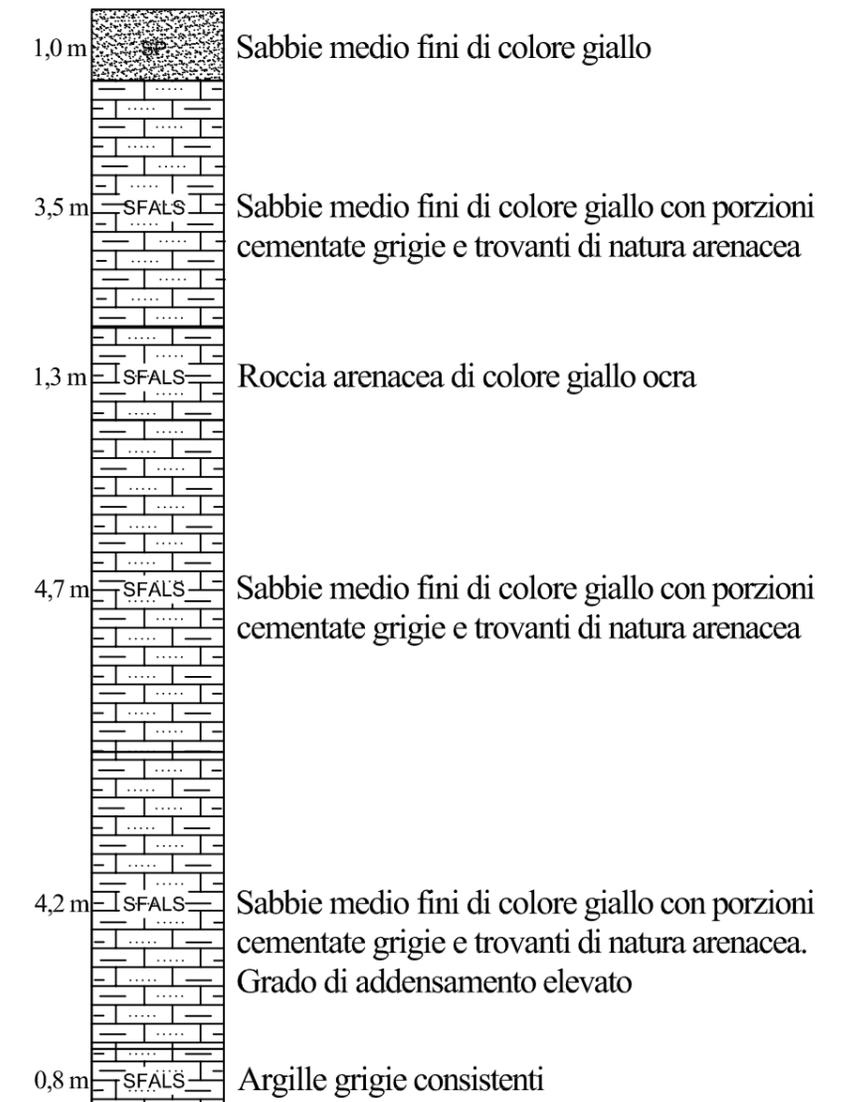
Sondaggio 087009P25SDS32



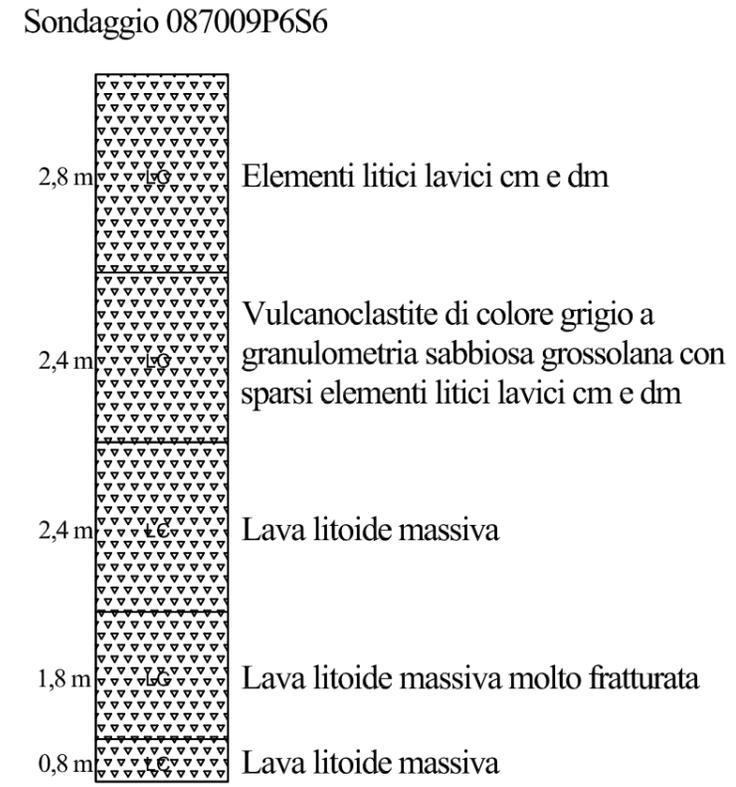
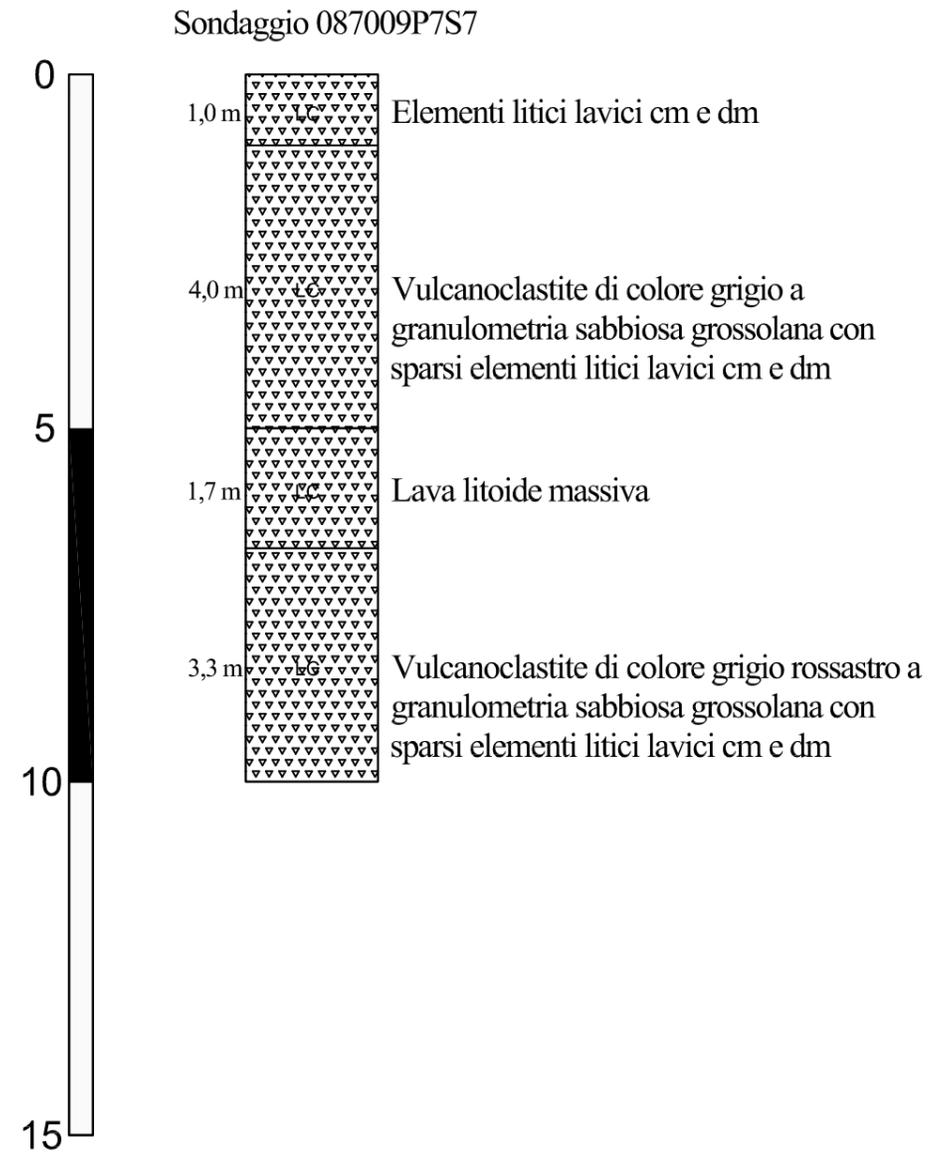
Sondaggio 087009P24SDS31



Sondaggio 087009P22S29

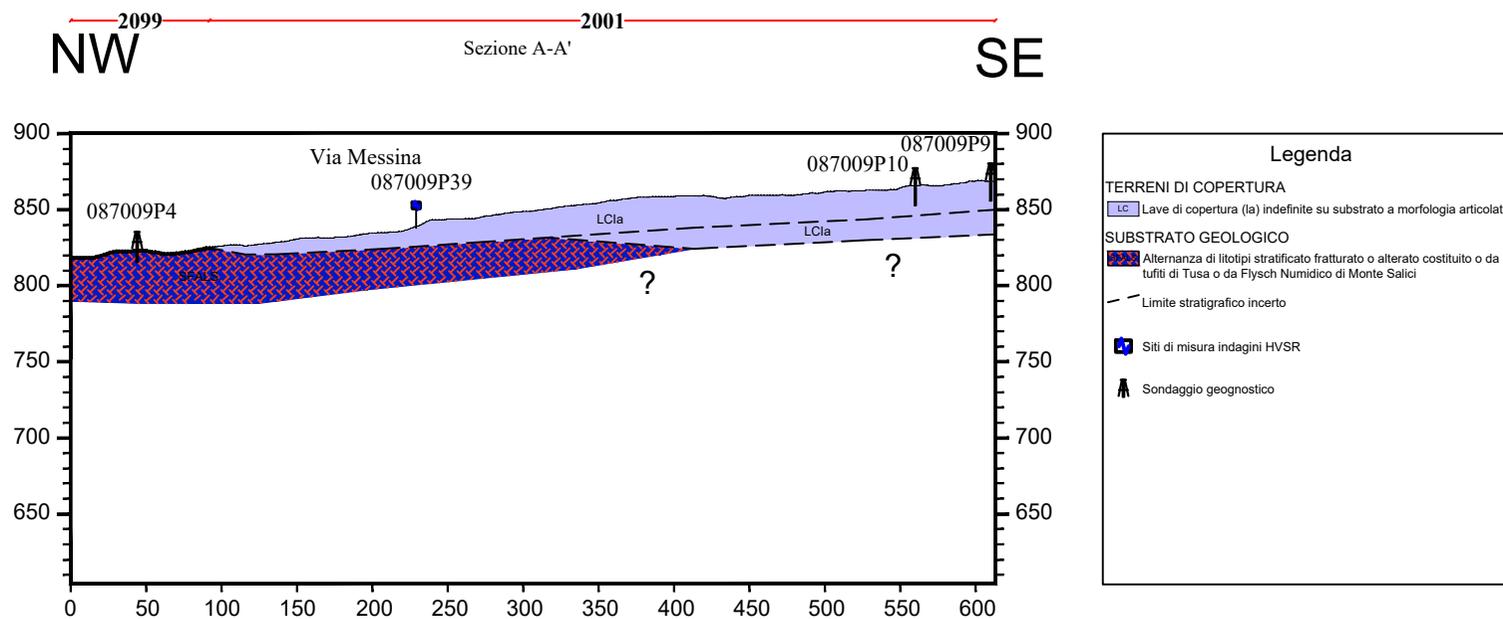


Profilo B - B'



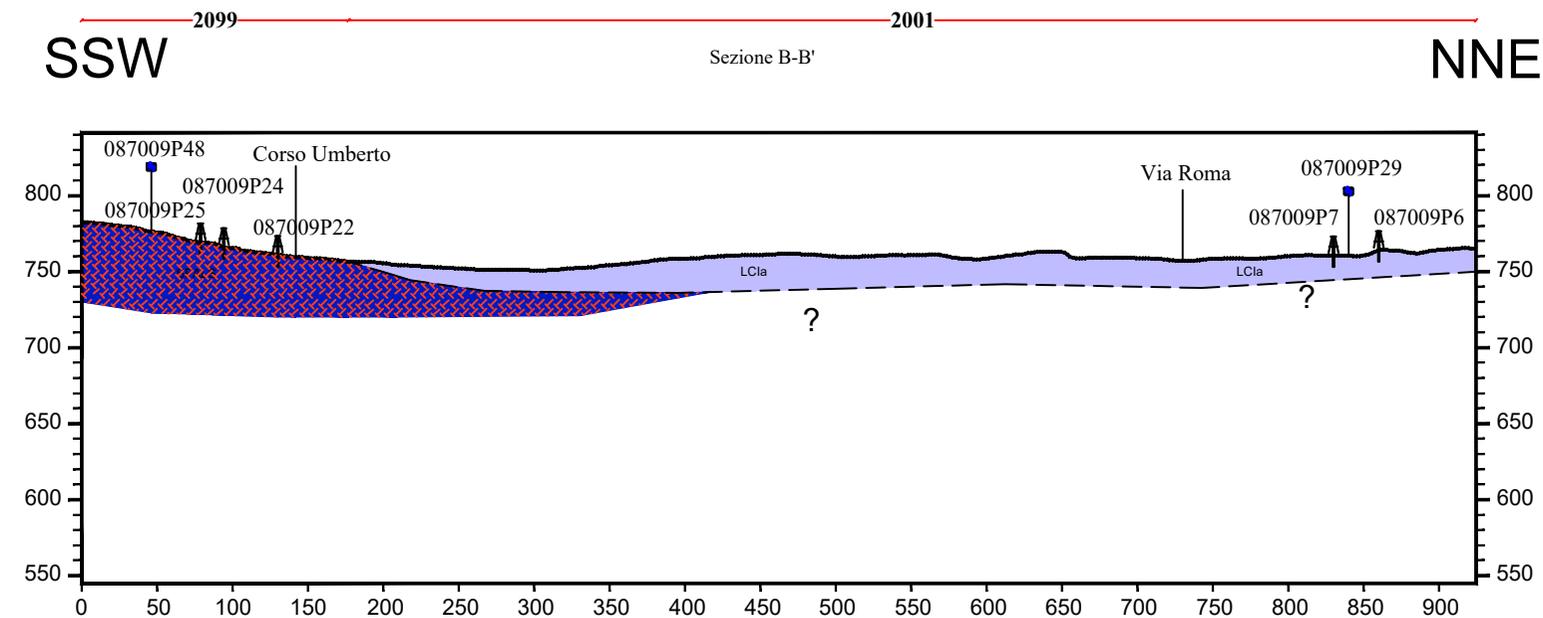
Allegato 3 - Sezioni geologico-tecniche

Scala 1:5000



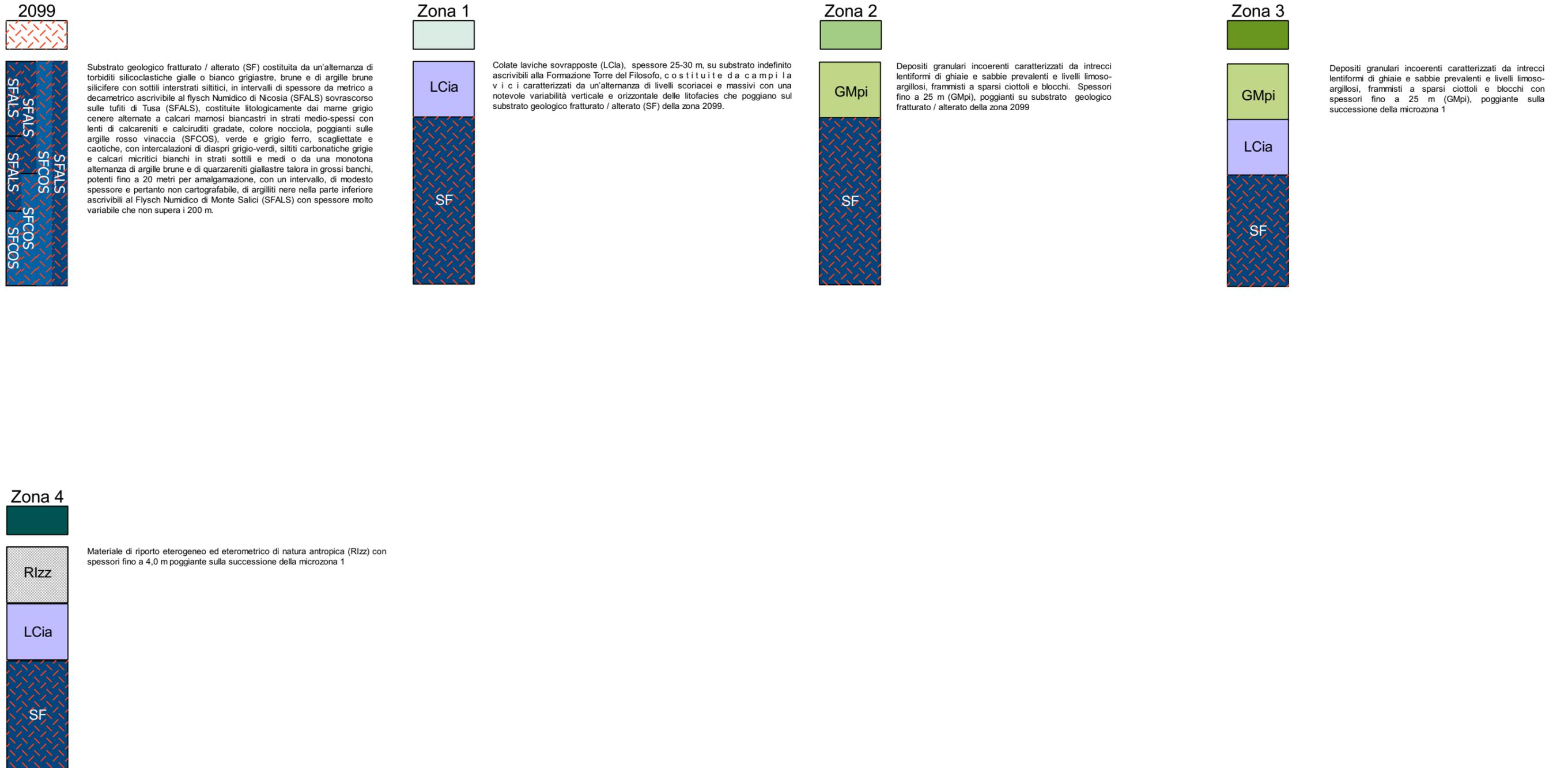
Allegato 3 - Sezioni geologico-tecniche

Scala 1:5000



Allegato 4 - Schemi dei rapporti stratigrafici delle MOPS

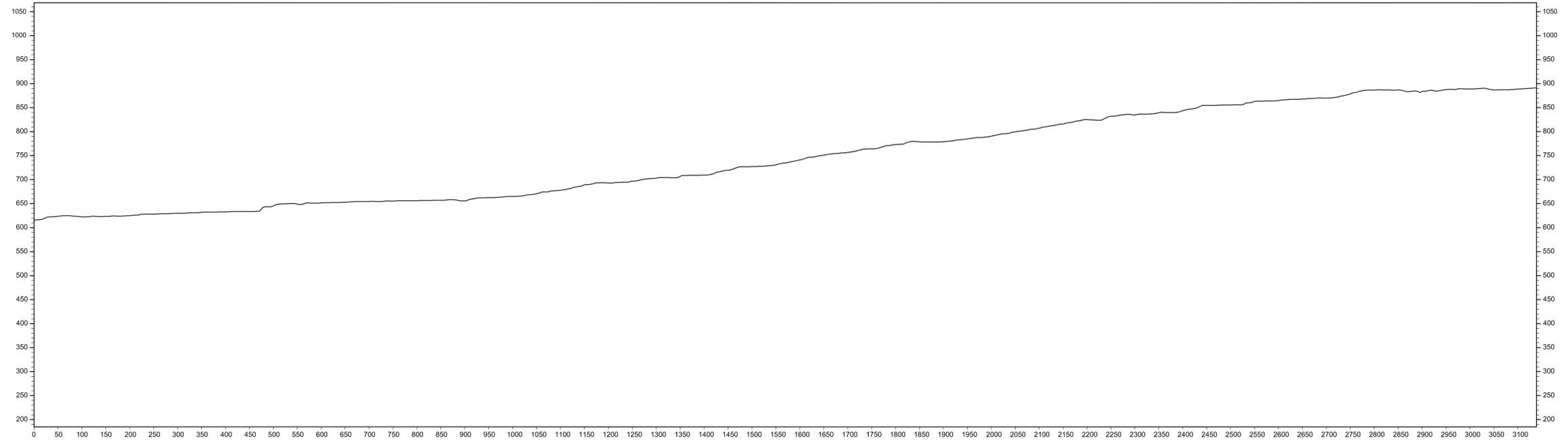
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



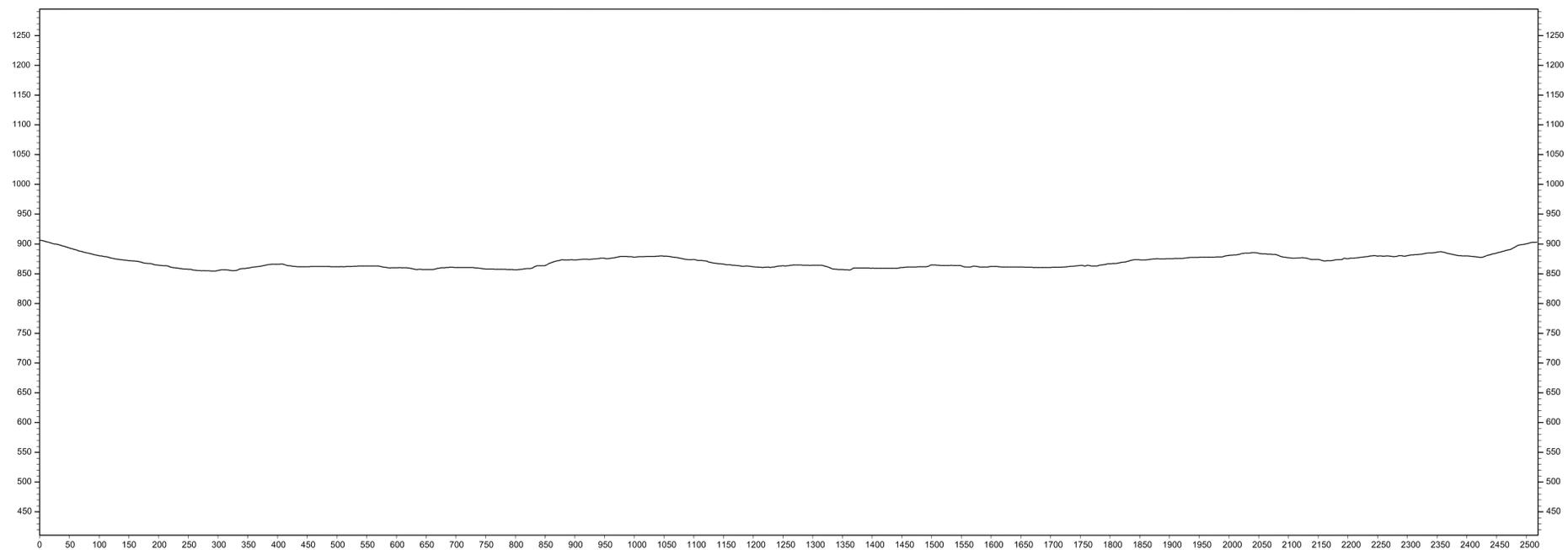
Allegato 5 - Profili topografici

Scala 1:5000

Profilo 1



Profilo 2



Appendice 8

Checklist per l'inserimento di nuove frane nel P.A.I. o modifica delle geometrie per frane già presenti

(a cura del professionista che ha condotto gli studi di microzonazione sismica)³⁹

FRANA NON PRESENTE NEL P.A.I.

indicare le coordinate geografiche del baricentro

- Lat. 37.79912 Long. 14.83229

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)

Frana non definita di materiale eterometrico e eterogeneo (frana perimetrata come colamento sia nella carta geologica che in quella geomorfologica del CARG)

Indicare il tipo di indagini effettuate per accertarne la presenza e definirne la geometria (*è possibile indicare anche più tipi di indagini*)

- rilievo aereofotogrammetrico
- rilievo geologico e geomorfologico
- indagini geofisiche
- indagini geognostiche
- indagini geotecniche di laboratorio
- analisi numeriche

Descrivere lo stato di attività della frana

Non definito

Il sottoscritto Dott. Geol. FRANCESCO PINTAUDI dichiara che la frana ha evidenze sufficienti per essere inserita (o, se già segnalata, per essere modificata nella sua geometria e/o attività) nel P.A.I.

Luogo e data
Capo d'Orlando, maggio 2022

Firma
Geol. Francesco Pintaudi

³⁹ Si ricorda che le frane di interesse per la microzonazione sismica sono esclusivamente quelle che ricadono in aree urbanizzate o urbanizzabili o che possono interessarle nella loro evoluzione

Appendice 8

Checklist per l'inserimento di nuove frane nel P.A.I. o modifica delle geometrie per frane già presenti

(a cura del professionista che ha condotto gli studi di microzonazione sismica)³⁹

FRANA NON PRESENTE NEL P.A.I.

indicare le coordinate geografiche del baricentro

- Lat. _____ Long. _____

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. 37.79259 Long. 14.83679

Descrivere il tipo di frana secondo la classificazione di Varnes (tipo di movimento, materiale)

Frana di scorrimento materiale tufiti di Tusa

Indicare il tipo di indagini effettuate per accertarne la presenza e definirne la geometria (*è possibile indicare anche più tipi di indagini*)

- rilievo aereofotogrammetrico
- rilievo geologico e geomorfologico
- indagini geofisiche
- indagini geognostiche
- indagini geotecniche di laboratorio
- analisi numeriche

Descrivere lo stato di attività della frana

Attiva

Il sottoscritto Dott. Geol. FRANCESCO PINTAUDI dichiara che la frana ha evidenze sufficienti per essere inserita (o, se già segnalata, per essere modificata nella sua geometria e/o attività) nel P.A.I.

Luogo e data

Capo d'Orlando, maggio 2022

Firma

Geol. Francesco Pintaudi

³⁹ Si ricorda che le frane di interesse per la microzonazione sismica sono esclusivamente quelle che ricadono in aree urbanizzate o urbanizzabili o che possono interessarle nella loro evoluzione