

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

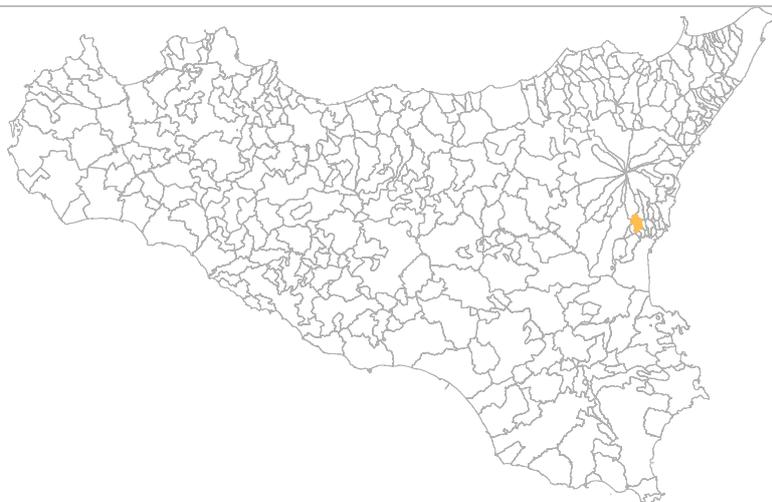
MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

MS Livello 1

Regione Sicilia

Comune di Mascalucia



Convenzione in data 20/12/2011 tra il Dipartimento Regionale della Protezione Civile e l'Università degli Studi di Catania: *Indagini di Microzonazione sismica di Livello I in diversi Comuni della Regione Sicilia ai sensi dell'OPCM 3907/2010*

<p>Contraente: Regione Siciliana – Presidenza Dipartimento della Protezione Civile</p> 	<p>Soggetto realizzatore: Università degli Studi di Catania</p> 	<p>Data: Giugno 2013</p>
--	---	------------------------------

Indice

1. Introduzione	3
2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento.....	14
3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area	26
4. Dati geotecnici e geofisici	67
5. Modello del sottosuolo	94
6. Interpretazioni e incertezze	96
7. Metodologie di elaborazione e risultati	107
8. Elaborati cartografici	117
9. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati	124
10. Bibliografia	128
11. Allegati	134



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

1. Introduzione

Gli studi di microzonazione sismica (MS) condotti all'interno del territorio del Comune di Mascalucia (codice istat 087024), in Provincia di Catania, oggetto della presente relazione, sono stati eseguiti nell'ambito della Convenzione del 20/12/2011 tra Università di Catania e Dipartimento Regionale di Protezione Civile della Regione Sicilia, che ha previsto l'avvio delle indagini per i comuni siciliani soggetti a più elevata pericolosità sismica. L'attività di microzonazione è stata eseguita seguendo le indicazioni contenute negli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (Gruppo di lavoro MS, 2008) e tenendo conto anche dei suggerimenti contenuti nel supplemento a "Ingegneria Sismica" (anno XXVIII, n.2, 2011) a cura di Dolce et alii.

In generale, gli studi di MS mirano a valutare *“la pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo”*. In tale definizione per **pericolosità sismica** si intende la *“stima quantitativa dello scuotimento del terreno dovuto a un evento sismico, in una determinata area. La pericolosità sismica può essere analizzata con metodi deterministici, assumendo un determinato terremoto di riferimento, o con metodi probabilistici, nei quali le incertezze dovute alla grandezza, alla localizzazione e al tempo di occorrenza del terremoto sono esplicitamente considerati”*. La stima di pericolosità di una data regione si articola in un primo stadio che prevede l'analisi della **pericolosità sismica di base**, definita come *“componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti)”*. In sostanza, la pericolosità sismica di base è direttamente riferibile ai parametri delle sorgenti sismiche i cui effetti possono avere risentimenti in un

determinato territorio, determinandone la sua storia sismica in termini di magnitudo e frequenza degli eventi sismici. La pericolosità sismica di base viene espressa parametrizzando il moto del suolo (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali), riferito all'evento massimo prevedibile in un determinato periodo di tempo, sulla base di un'analisi probabilistica con prefissati valori di eccedenza. I parametri descrivono lo *“scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento)”*. La pericolosità sismica di base si riferisce, quindi ad una classificazione sismica a vasta scala, utilizzabile per la *“programmazione delle attività di prevenzione e alla pianificazione dell'emergenza”*, rappresentando la *“base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di microzonazione sismica.”* Ai fini della pianificazione del territorio e delle applicazioni nell'ambito degli strumenti di pianificazione urbanistica è necessario procedere ad un livello di conoscenza più dettagliato, mirato alla conoscenza degli **effetti locali (o di sito)**, definiti come *“effetti dovuti al comportamento del terreno in caso di evento sismico per la presenza di particolari condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche che determinano amplificazioni locali e fenomeni di instabilità del terreno (instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci, cedimenti differenziali, ecc.)*. I fenomeni di amplificazione locale sono l'effetto della **risposta sismica locale**, definita come *“modificazione in ampiezza, frequenza e durata dello scuotimento sismico dovuta alle specifiche condizioni lito-stratigrafiche e morfologiche di un sito”*, generalmente espresso in termini quantitativi dal rapporto tra i parametri del moto sismico alla *“superficie del sito e quello che si osserverebbe per lo stesso evento sismico su un ipotetico affioramento di roccia rigida con morfologia orizzontale”*. I fenomeni di instabilità comprendono tutte le *“modificazioni permanenti del terreno dovuti ad un evento sismico”* capaci di produrre danni in aggiunta a quelli legati all'oscillazione del suolo. Tutti gli aspetti connessi alle condizioni locali del sito sono oggetto proprio dell'analisi di **pericolosità sismica locale**, definita come *“componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche locali”*.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Gli studi di microzonazione sismica hanno l'obiettivo di suddividere un territorio in zone caratterizzate da differenti comportamenti in caso di evento sismico andando a classificare le diverse zone in tre categorie principali di comportamento:

1. le **zone stabili** in cui il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante. In queste zone gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
2. le **zone stabili suscettibili di amplificazione** in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o morfologiche del terreno del territorio;
3. le **zone suscettibili di instabilità** in cui sono presenti o si possono ipotizzare attivazioni di fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, ecc.).

Gli studi di microzonazione sismica si articolano in 3 distinti livelli di approfondimento, ognuno dei quali mirati a stati di conoscenza più dettagliati con obiettivi modulati in sequenza, di seguito definiti:

- *il livello 1 rappresenta un livello propedeutico alla MS e consiste in una raccolta dei dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone con caratteri litostratigrafici e morfologici qualitativamente omogenei, tali da determinare un comportamento classificabile in una delle 3 categorie sopra descritte. Il prodotto finale del livello è la "Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica".*
- *il livello 2 ha lo scopo di definire quantitativamente il comportamento delle zone omogenee definite nel primo livello, determinando una serie di parametri numerici*

caratteristici del moto del suolo in ciascuna microzona. Il secondo livello di approfondimento può avvalersi di ulteriori e mirate indagini, ove necessarie. Il prodotto finale del secondo livello di approfondimento è la Carta di microzonazione sismica.

- *il livello 3 restituisce una Carta di microzonazione sismica con approfondimenti su tematiche o aree particolari di un territorio il cui comportamento non può essere esaustivamente parametrizzato con i precedenti livelli di approfondimento. In questo caso si fa riferimento ai risultati di ulteriori studi originali di approfondimento opportunamente progettati in funzione della problematica specifica da affrontare.*

Gli studi condotti nel territorio di Mascalucia si riferiscono al primo livello di approfondimento e sono consistiti nella raccolta dei dati esistenti e nella redazione di una serie di elaborati cartografici (Carta delle indagini, la Carta geologico tecnica per la MS e la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica) richiesti dagli “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” (Gruppo di lavoro MS, 2008) e nella compilazione di un database, risultato di una profonda e dettagliata elaborazione delle informazioni esistenti. Il territorio del Comune di Mascalucia si sviluppa lungo il versante meridionale del Monte Etna in Sicilia orientale con un'estensione areale di circa 16,3 km² (Fig. 1). In accordo con il Dipartimento Regionale della Protezione Civile, si è stabilito di estendere gli studi di microzonazione sismica di I livello all'interno di due aree segnalate dall'amministrazione comunale con nota prot. N 44214 del 28/10/2011 che comprendono il centro urbano principale (area 1) e le zone residenziali periferiche sud-occidentali (area 2), per un'estensione areale complessiva di circa 8,8 km², come da verbale della riunione tecnica del 24/04/2012 tra l'Università di Catania e il Dipartimento di Protezione Civile. Lo studio di MS di livello 1 è stato effettuato utilizzando come base cartografica la Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000, realizzata dalla Regione Sicilia nel 2008. In particolare l'area di studio ricade all'interno delle Sezioni CTR 625130, 634010 (Fig. 1).

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

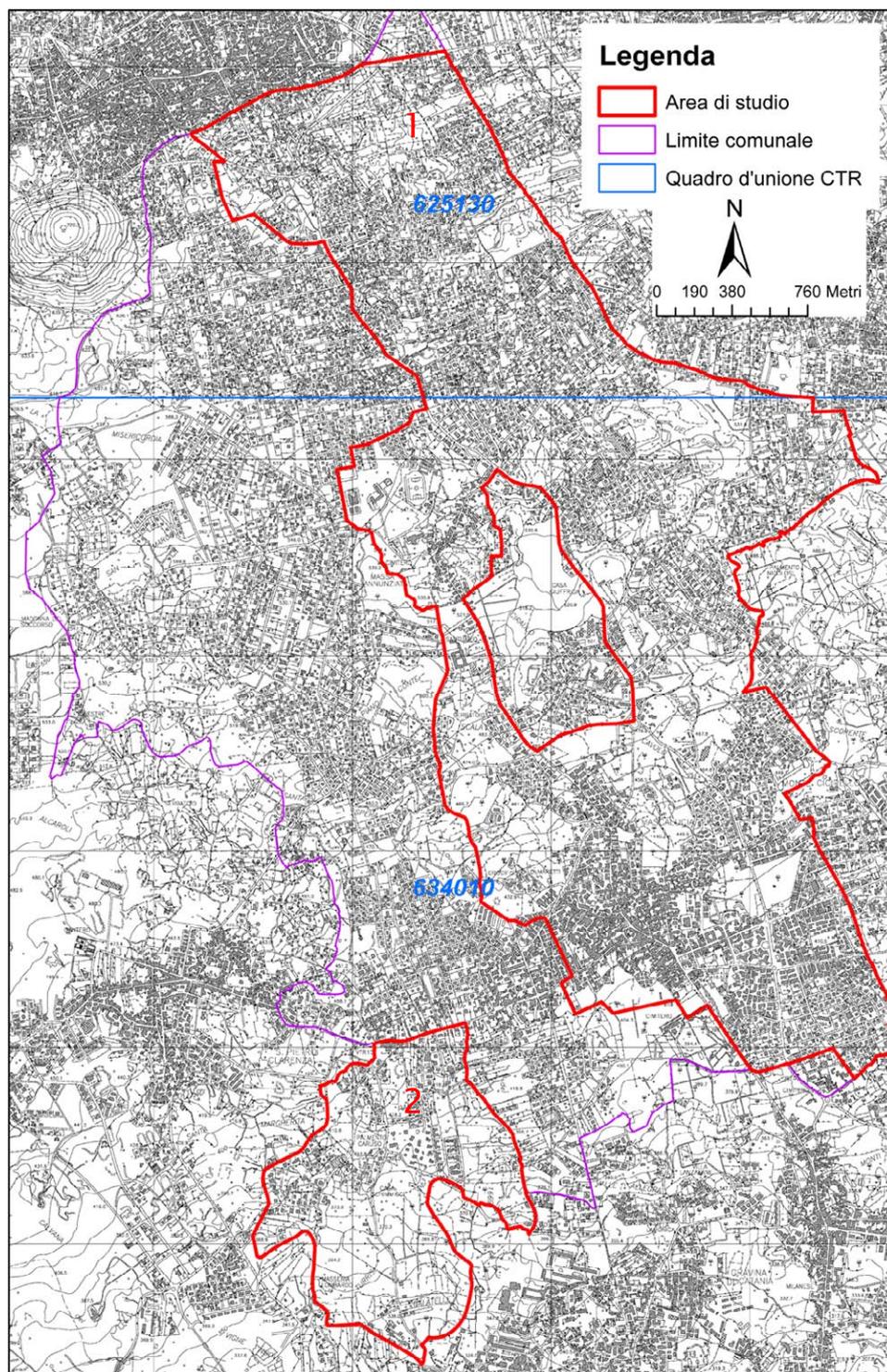


Fig. 1 – Ubicazione delle aree 1 e 2 in cui sono stati effettuati gli studi di MS di livello 1 (delimitate in rosso) per il Comune di Mascalucia, all'interno delle Sezioni CTR 625130 e 634010.

La qualità e l'affidabilità dei risultati sono state chiaramente influenzate dalla disponibilità di dati significativi sui quali operare. Nel caso specifico, per il Comune di Mascalucia è stato possibile attingere ad una buona quantità d'informazioni pregresse. Seppure non omogeneamente distribuiti, i dati raccolti hanno permesso di vincolare la successione stratigrafica dell'area e consentito una sufficiente ricostruzione 3D delle successioni. E' ovvio che livelli di indeterminazione permangono per quanto attiene lo spessore dei terreni di copertura e la reale profondità del substrato rigido. In questo caso si è fatto riferimento a proiezioni dei dati disponibili in aree limitrofe, sulla base di una scrupolosa interpretazione delle evidenze di superficie, nella previsione di infittire le indagini nei successivi stadi di approfondimento.

I dati messi a disposizione dall'amministrazione comunale di Mascalucia e dal Dipartimento Regionale di Protezione Civile, relativi ad indagini effettuate per lo studio geologico a supporto del Piano Regolatore Generale realizzato nel 1995, per lo studio geologico propedeutico alla revisione del Piano Regolatore Generale del 2012, e a indagini effettuate per la progettazione di opere pubbliche e private, sono sintetizzati in diversi elaborati di seguito elencati:

Studio geologico propedeutico alla revisione del Piano Regolatore Generale:

- Tav. 1: Carta geologica in scala 1:10.000
- Tav. 2: Carta geomorfologica in scala 1:10.000
- Tav. 3: Carta idrogeologica in scala 1:10.000
- Tav. 4: Carta delle pericolosità geologiche in scala 1:10.000
- Tav. 5: Carta delle indagini in scala 1:10.000
- Tav. da 6 a 19: Carta geologica in scala 1:2.000
- Tav. da 20 a 33: Carta geomorfologica in scala 1:2.000



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

- Tav. da 34 a 47: Carta litotecnica in scala 1:2.000
- Tav. da 48 a 61: Carta della pericolosità geologica in scala 1:2.000
- Tav. da 62 a 75: Carta della pericolosità sismica locale in scala 1:2.000

Relazione geologico-tecnica per la realizzazione del centro sportivo Torre del Grifo:

- Relazione geologico-tecnica

Indagini geognostiche Ex Chiesa di San Nicolò:

- Indagini preliminari sulle murature
- Indagini geognostiche

Progetto impianto modulare trattamento inerti C.da S. Margherita con preliminare studio di impatto ambientale dell'opera sul territorio:

- Relazione geologica

Progetto per la realizzazione delle opere di urbanizzazione ed infrastrutture a servizio degli insediamenti produttivi artigianali – Via porto Marretti:

- Relazione geologico-tecnica
- Integrazione relazione geologico-tecnica
- Indagini geognostiche

Progetto di parcheggio pubblico in quartiere Trinità e collegamento tra Via Trinità e Via Bellini:

- Relazione geologico-tecnica esecutiva
- Indagine geognostiche
- Elaborati e prove geotecniche di laboratorio

Progetto di prolungamento Il tratto circonvallazione nord - Tratto di Via Mediterranea dalla Via Etnea alla Via Monte Cicirello:

- Relazione geologico-tecnica
- Indagini geognostiche

Progetto per la realizzazione di un plesso polivalente per n°15 aule elementari e n°6 aule medie inferiori e n°3 sezioni scuola materna con palestra in località Massa Annunziata:

- Relazione Geologica

Progetto dei lavori di costruzione della strada di P.R.G. tra la Via Roma e la Via Polveriera:

- Relazione geologica e note geotecniche con:
 - All. 1: corografia in scala 1:25.000
 - All. 2: carta geologica in scala 1:10.000
 - All. 3: Planimetria con ubicazione sondaggi

Costruzione di una struttura scolastica polivalente nel Comune di Mascalucia - Progetto esecutivo 1° lotto:

- Relazione geologica e geognostica con:
 - All. 1: corografia in scala 1:25.000
 - All. 2: carta geologica in scala 1:10.000
 - All. 4: carta indagini geognostiche in scala 1:2.000



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

- All. 6: sezioni litotecniche
- Elaborati e prove geotecniche di laboratorio
- Elaborati indagini geognostiche e geotecniche
- Geofisica, rapporto tecnico di prova

Realizzazione fognatura urbana 3°lotto:

- Indagini geofisiche, relazione ed allegati tecnici con:
 - All. 1: corografia in scala 1:10.000
 - All. 2 e 3: stratigrafie perforazioni (1°lotto)
 - All. 4: ubicazione dei siti d'indagine in scala 1:5.000
 - All. 5, 6, 7, 8: profili sismici P1, P2, P3, P4
 - All. 9: sondaggio sismico di 'taratura'
 - All. 10: profilo sismico P0 (1°lotto)

Realizzazione di un tratto di strada comunale che congiunge le Vie Caracciolo e R.

Wagner, sito all'interno del Comune di Mascalucia (CT):

- Relazione geologico-tecnica, progetto esecutivo con:
 - All. 1: Tavoletta Mascalucia in scala 1:25.000
 - All. 2: Carta geolitologica in scala 1:10.000

- All. 3: Carta dell'ubicazione dei sondaggi geognostici in scala 1:500
- All. 4: sezione stratigrafica in scala 1:250
- All. 5: carta della pericolosità geologica con ubicazione della strada e delle aree a vincolo in scala 1:2.000
- All. 6: Stralcio di P.R.G. con ubicazione della strada in scala 1:2.000
- Indagini geognostiche
- Elaborati e prove geotecniche di laboratorio
- Prospezioni geofisiche, rapporto tecnico di prova

Studio geologico del territorio comunale di Mascallucia - Variante al P.R.G. delle aree stralciate dal D.A. 51/DRU del 10/04/2000:

- Studio geologico: analisi e risultati delle indagini
- Carta geomorfologica in scala 1:2.000 : fogli da 1 a 12
- Carta della pericolosità geologica in scala 1:2.000 : fogli da 1 a 12
- Carta della pericolosità geologica in scala 1:10.000 : tavola B
- Carta della pericolosità sismica in scala 1:2.000 : fogli da 1 a 12
- Carta della pericolosità sismica in scala 1:10.000 : tavola A

Aree interessate da elementi strutturali lineari nel comune di Mascallucia in ottemperanza al DA 51/DRU del 10 Aprile 2000:

- Studi ed indagini delle aree stralciate
- Indagine geofisica
- Tavola 1 e 2: Ubicazione dei rilievi delle indagini in scala 1:2.000



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

I dati messi a disposizione, sono stati successivamente analizzati e archiviati secondo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II”. Oltre ai dati pregressi sono stati analizzati e archiviati dati provenienti da nuove e specifiche indagini effettuate, ad integrazione di quelle preesistenti.

Lo studio è stato integrato da verifiche di terreno e analisi di aerofotogrammetrie, mirate alla verifica della affidabilità del modello geologico proposto. Infine sono state effettuate una serie di misure di microtremori mediante la tecnica di indagine di sismica passiva HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) al fine di determinare il periodo e l'ampiezza delle vibrazioni del suolo, su una griglia di punti omogeneamente distribuiti sull'area investigata, utilizzati per la redazione di una carta delle frequenze. Per il presente studio, inoltre, sono stati consultati diversi archivi, sia per verificare l'eventuale presenza di instabilità (PAI Regione Sicilia, Progetto IFFI, Progetto Sinkhole, Pubblicazioni scientifiche), che le caratteristiche sismotettoniche (Progetto Ithaca, DISS3) e di sismologia storica e macrosismica (CPTI11, DBMI11, CFTI), oltre alla cartografia geologica (AA.VV., 1979, 2009a, 2009b; Monaco et al., 2008; Catalano & Tortorici, 2010; Branca et al., 2011) e idrogeologica (Ferrara, 2001) disponibile in Letteratura.

2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento

Nel presente documento viene definita la pericolosità sismica del Comune di Mascalucia in provincia di Catania, con riferimento alla storia sismica del Comune medesimo, alla sua catalogazione nelle mappe di pericolosità sismica ed alle eventuali sorgenti sismogenetiche presenti nei dintorni e nelle zone limitrofe. Per quanto concerne la catalogazione del territorio di Mascalucia (CT) sulle mappe di pericolosità sismica si farà esplicito riferimento alle indicazioni ed alle prescrizioni dettate dall'attuale testo normativo vigente (Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC - approvate con D.M. 14/01/2008 e pubblicate sulla G.U. n. 29 in data 04/02/2008) che si assume a base del progetto.

E' stata effettuata l'individuazione del Comune di Mascalucia sui cataloghi sismici, facendo riferimento in particolare al Catalogo Parametrico dei terremoti italiani (CPTI11; Rovida et al., 2011), che nella fattispecie si riferisce al database macrosismico (DBMI11; Locati et al., 2011) e su una base di dati strumentali molto ampia ed aggiornata. Il catalogo parametrico CPTI11 si compone di due sezioni, una delle quali dedicata ai terremoti etnei (1000-2006). Quest'ultima contiene 198 terremoti localizzati all'interno della zona 936 della zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti et al., 2008) relativi al periodo 1000-2006. Le soglie energetiche della sezione terremoti etnei sono $l_0 = 5-6$ e $M_w = 3.5$. Per tutti i terremoti della sezione, il valore di M_w e la relativa incertezza sono ottenuti dal valore di l_0 mediante la relazione di Azzaro et al. (2011). DBMI11 contiene dati di intensità relativi a 1681 terremoti che fanno parte di CPTI11 (Rovida et al., 2011), e in particolare relativi a: a) 1484 terremoti i cui dati sono stati utilizzati per determinare i parametri che fanno parte di CPTI11; b) 197 terremoti etnei, i cui dati non sono utilizzati per determinare i parametri che fanno parte di CPTI11, in quanto i relativi parametri sono stati adottati direttamente dal Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnei (CMTE; <http://www.ct.ingv.it/ufs/macro>; Azzaro et al., 2000; 2006; 2009). 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



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

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. 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 si riportano i valori dell'intensità macrosismica dell'evento; il Comune di Mascalucia viene catalogato con intensità X MCS (Barbano, 1985). La figura 3 riporta il risultato della ricerca sul database DBMI11, che individua 58 eventi significativi per il territorio di Mascalucia, a partire dall'evento del 1669. La figura 4 riporta il conseguente grafico relativo alla sismicità storica del Comune di Mascalucia.

Locality	MCS	Locality	MCS
Acate (Biscari)	X	Massannunziata	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	Scicli	X
Francofonte	X	Scordia	IX
Gela	VII	Siracusa	X
Giarratana	X	Sortino	XI
Grammichele (Occhiolà)	X	Taormina	IX
Ispica (Spaccaforno)	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
Mascalì	IX	Vittoria	VIII
Mascalucia	X	Vizzini	IX

Fig. 2 - Intensità macrosismica delle località colpite dal terremoto della Val di Noto dell'11 gennaio 1693, da Barbano (1985).

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
5-6	<u>1669 03 10 23:25</u>	Nicolosi	18	8-9 4.84 ±0.26
10	<u>1693 01 11 13:30</u>	Sicilia orientale	185	11 7.41 ±0.15
8	<u>1818 02 20 18:15</u>	Catanese	128	9-10 6.23 ±0.12
7	<u>1848 01 11 12:00</u>	Golfo di Catania	41	7-8 5.45 ±0.39
5	<u>1883 03 22 00:15</u>	NICOLOSI	7	8 4.61 ±0.26
3	<u>1892 03 16 12:38</u>	ALICUDI	28	7 5.29 ±0.31
3-4	<u>1892 07 08 18:50</u>	VERSANTE MERIDIONALE	13	7 4.16 ±0.26
4-5	<u>1894 08 08 05:16</u>	MAZZASETTE	45	8-9 4.84 ±0.26
3-4	<u>1901 05 11 11:10</u>	NICOLOSI	15	7 4.16 ±0.26
3	<u>1901 05 11 18:20</u>	NICOLOSI	13	6 3.71 ±0.26
5	<u>1905 09 08 01:43</u>	Calabria meridionale	895	7.04 ±0.16
4-5	<u>1906 06 02 00:10</u>	MASSA ANNUNZIATA	19	6 3.71 ±0.26
3	<u>1907 12 07 21:28</u>	FIANDACA	24	7-8 4.39 ±0.26
6-7	<u>1908 12 28 04:2</u>	Calabria meridionale-Messina	800	11 7.10 ±0.15
3	<u>1911 10 15 08:52</u>	FONDO MACCHIA	48	8-9 4.84 ±0.26
3	<u>1959 12 23 09:29</u>	PIANA DI CATANIA	108	6-7 5.29 ±0.20
3	<u>1973 08 03 19:49</u>	S. M. AMMALATI	35	7 4.16 ±0.26
4	<u>1974 05 18 08:43</u>	NICOLOSI	5	5-6 3.49 ±0.26
NF	<u>1975 01 16 00:0</u>	Stretto di Messina	346	7-8 5.20 ±0.09
2	<u>1980 01 23 21:2</u>	MODICA	122	5-6 4.58 ±0.14
3-4	<u>1980 08 23 07:52</u>	PIZZO CARAMMO	17	6 3.71 ±0.26
2-3	<u>1980 09 28 15:04</u>	C.DA INCHIUSO	27	6 3.71 ±0.26
NF	<u>1980 11 26 01:38</u>	FORNAZZO	21	6 3.71 ±0.26

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
NF	<u>1981 09 01 23:32</u>	S. M. AMMALATI	44	5-6 3.49 ±0.26
NF	<u>1981 09 13 04:49</u>	S. M. AMMALATI	56	6-7 3.94 ±0.26
3	<u>1982 07 06 14:37</u>	C.DA ALGERAZZI	150	6-7 3.94 ±0.26
5	<u>1983 07 20 22:03</u>	VIAGRANDE	106	7 4.16 ±0.26
3-4	<u>1984 04 15 03:10</u>	VALLONE LICODIA	19	6-7 3.94 ±0.26
2-3	<u>1984 10 19 17:43</u>	ZAFFERANA ETNEA	124	7 4.16 ±0.26
4	<u>1984 10 25 01:11</u>	FLERI	122	8 4.61 ±0.26
2-3	<u>1985 03 23 06:43</u>	TORRE DEL GRIFO	18	5-6 3.49 ±0.26
3	<u>1985 06 13 21:1</u>	ADRANO	57	5-6 4.51 ±0.34
3-4	<u>1985 10 10 19:26</u>	LINERA	39	5-6 3.49 ±0.26
3	<u>1985 12 25 02:39</u>	PIANO PROVENZANA	20	7 4.16 ±0.26
4	<u>1985 12 26 02:34</u>	S. ALFIO	14	6-7 3.94 ±0.26
2-3	<u>1986 01 18 00:16</u>	DAGALA	35	5-6 3.49 ±0.26
4	<u>1986 01 29 09:07</u>	NICOLOSI	27	6 3.71 ±0.26
2-3	<u>1986 02 02 16:10</u>	S. G. BOSCO	63	7 4.16 ±0.26
NF	<u>1986 10 29 23:18</u>	PIANO PROVENZANA	74	7 4.16 ±0.26
3-4	<u>1987 08 13 07:22</u>	MALETTO	35	5-6 3.49 ±0.26
NF	<u>1988 04 01 23:43</u>	VERSANTE ORIENTALE	30	6 3.71 ±0.26
NF	<u>1988 11 21 02:19</u>	C.DA TRIGONA	21	6 3.71 ±0.26
6-7	<u>1990 12 13 00:2</u>	Sicilia sud-orientale	304	7 5.64 ±0.09
NF	<u>1996 12 02 13:01</u>	C.DA LUMINARIA	42	6 3.71 ±0.26
NF	<u>1997 09 02 10:42</u>	ZAFFERANA ETNEA	33	5-6 3.49 ±0.26
NF	<u>1997 11 11 07:27</u>	S. MARIA LA STELLA	35	5-6 3.49 ±0.26
NF	<u>1997 11 11 18:44</u>	S. MARIA LA STELLA	35	5-6 3.49 ±0.26
3-4	<u>1998 01 10 08:45</u>	VERSANTE SUD-OCCIDENTALE	44	6 3.71 ±0.26
3	<u>1998 05 22 11:54</u>	NICOLOSI	29	6 3.71 ±0.26
3-4	<u>1999 08 05 14:57</u>	VERSANTE SUD-OCCIDENTALE	35	5-6 3.49 ±0.26
4	<u>2001 01 09 02:51</u>	ZAFFERANA ETNEA	104	6 3.71 ±0.26

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
4	<u>2001 04 22 13:56</u>	VERSANTE OCCIDENTALE	55	5-6 3.49 ±0.26
4-5	<u>2001 07 13 03:15</u>	VERSANTE MERIDIONALE	25	6 3.71 ±0.26
NF	<u>2001 10 28 09:03</u>	S. M. AMMALATI	67	6 3.71 ±0.26
3-4	<u>2002 03 24 23:05</u>	VERSANTE ORIENTALE	40	5-6 3.49 ±0.26
4	<u>2004 07 22 02:11</u>	VERSANTE ORIENTALE	34	6 3.71 ±0.26
4-5	<u>2005 10 31 00:02</u>	TRECASTAGNI	32	6 3.71 ±0.26
3-4	<u>2006 05 20 07:05</u>	VERSANTE SUD-OCCIDENTALE	27	5-6 3.49 ±0.26

Fig. 3 – Eventi sismici significativi per il Comune di Mascalucia, dal database DBMI11. IMCS = intensità macrosismica espressa in scala MCS; Ax = area epicentrale geografica in cui sono stati riscontrati i maggiori effetti del terremoto; Np= numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto; Io = Intensità macrosismica epicentrale, da CPTI11, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg; Mw = magnitudo momento.

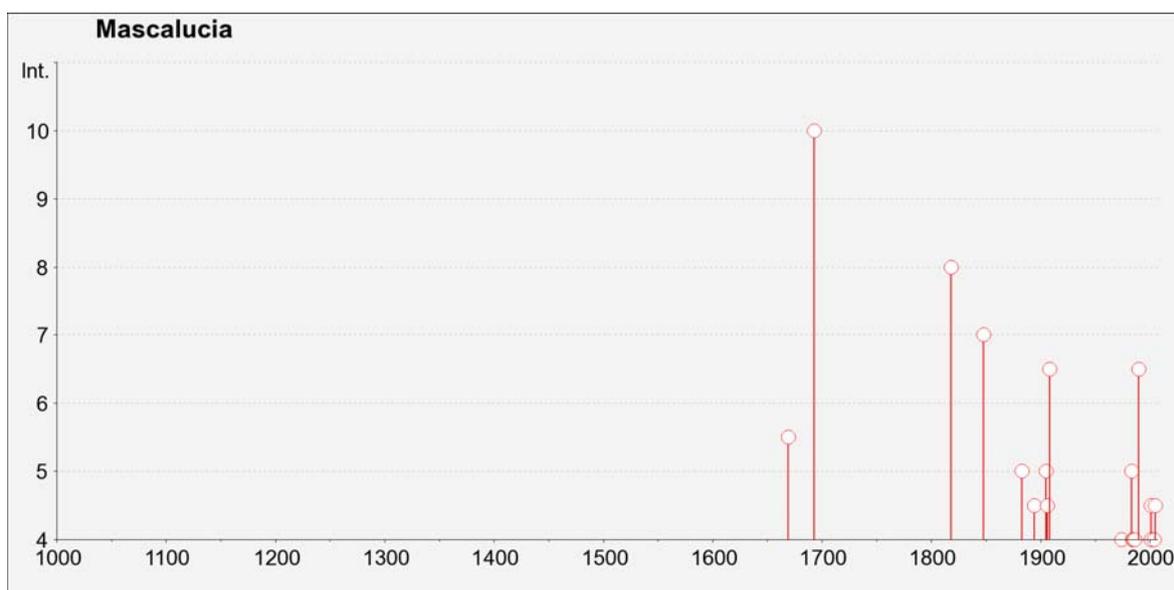


Fig. 4 – Grafico relativo alla sismicità storica del Comune di Mascalucia.

Catalogazione del Comune di Mascalucia sulla mappa interattiva di pericolosità sismica

Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha stabilito, approvato ed emesso in data 27/07/2007 il documento “pericolosità sismica e criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale” con il quale è stata ridefinita la mappatura sismica. La nuova mappatura sismica nazionale consiste in un dettagliato reticolo di riferimento individuato su maglia quadrata di lato 10 km; per ogni punto del reticolo si conoscono le accelerazioni massime attese al bedrock per diversi periodi di ritorno dell’evento sismico. La mappa interattiva di pericolosità sismica (Meletti e Montaldo 2007) su reticolo è attualmente disponibile su <http://esse1.mi.ingv.it>; è altresì disponibile in allegato alle nuove norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14/01/2008) la tabella di riferimento che riporta puntualmente i parametri sismici di progetto al variare del periodo di ritorno dell’evento sismico di progetto. Le mappe riportano due parametri dello scuotimento: $a(g)$ (accelerazione orizzontale massima del suolo, corrispondente a quella che in ambito internazionale viene chiamata PGA) e $Se(T)$ (Spettro di risposta Elastico in funzione del periodo T , in accelerazione). Le mappe in $a(g)$ sono state calcolate per differenti probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all’81%). Per ogni stima è



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo percentile che indicano la variabilità delle stime. Le mappe in Se(T) sono state pure calcolate per le stesse probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%) e per differenti periodi (in totale 10, da 0.1 a 2 secondi). Anche in questo caso per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo percentile che indicano la variabilità delle stime.

L'area di studio del Comune di Mascalucia è univocamente individuata dalle coordinate geografiche internazionali:

LATITUDINE: 37.594

LONGITUDINE: 15.032

Tale punto coincide perfettamente con uno dei punti del reticolo di riferimento e per esso sono noti direttamente i valori delle accelerazioni al suolo di progetto per diversi tempi di ritorno. La Figura 5 riporta la probabilità di eccedenza in 50 anni del valore di PGA riportato sulle mappe interattive di pericolosità sismica, il corrispondente periodo di ritorno e la corrispondente frequenza annuale di superamento. Sono state elaborate carte di pericolosità sismica in termini di $a(g)$ su suolo rigido (categoria A; $V_{s30} > 800$ m/sec) con probabilità di superamento in 50 anni pari a: 81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5% e 2%

rispettivamente corrispondenti a periodi di ritorno di 30, 50, 72, 100, 140, 200, 975 e 2475 anni (convenzionalmente per gli ultimi due periodi di ritorno si usa parlare di 1000 e 2500 anni). Si riportano nelle Figure 6–8 rispettivamente le mappe interattive di pericolosità sismica del territorio di Mascalucia con riferimento al valore di PGA per una probabilità di eccedenza in 50 anni del 10%, del 5% e del 2%.

Probabilità di eccedenza in 50 anni	Corrispondente periodo di ritorno	Corrispondente frequenza annuale di superamento
81%	30	0.0332
63%	50	0.0199
50%	72	0.0139
39%	101	0.0099
30%	140	0.0071
22%	201	0.0050
10%	475	0.0021
5%	975	0.0010
2%	2475	0.0004

Fig. 5 – Probabilità di eccedenza in 50 anni del valore di PGA riportato sulle mappe interattive di pericolosità sismica, il corrispondente periodo di ritorno e la corrispondente frequenza annuale di superamento.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

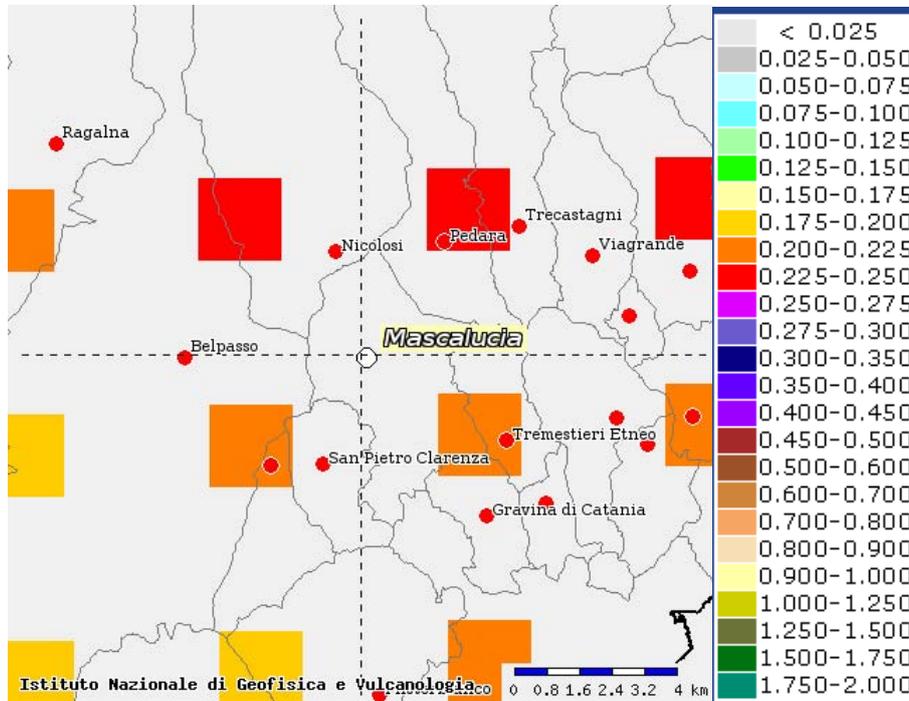


Fig. 6 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Mascalucia. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento $a(g)$, probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

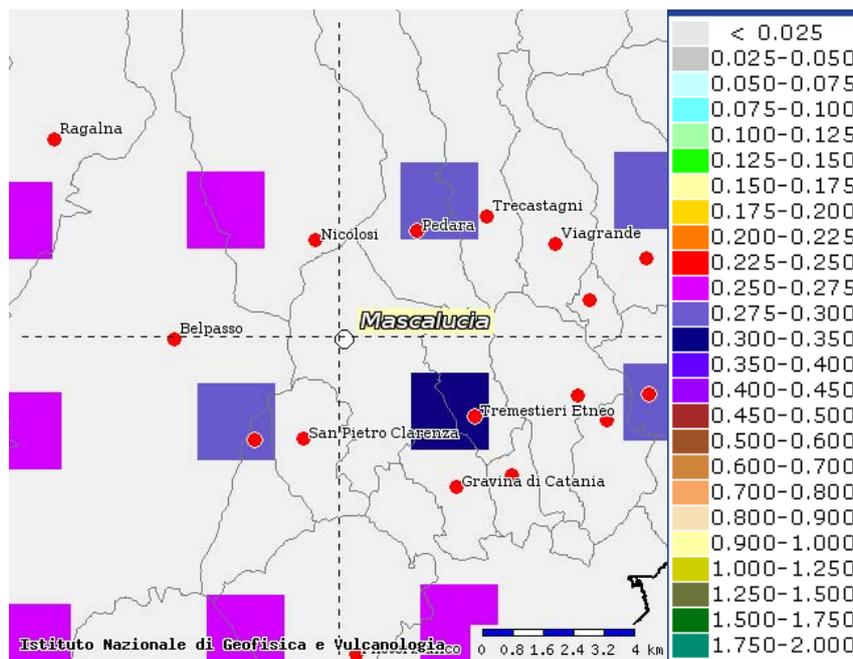


Fig. 7 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Mascalucia. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento $a(g)$, probabilità di superamento del 5% in 50 anni.

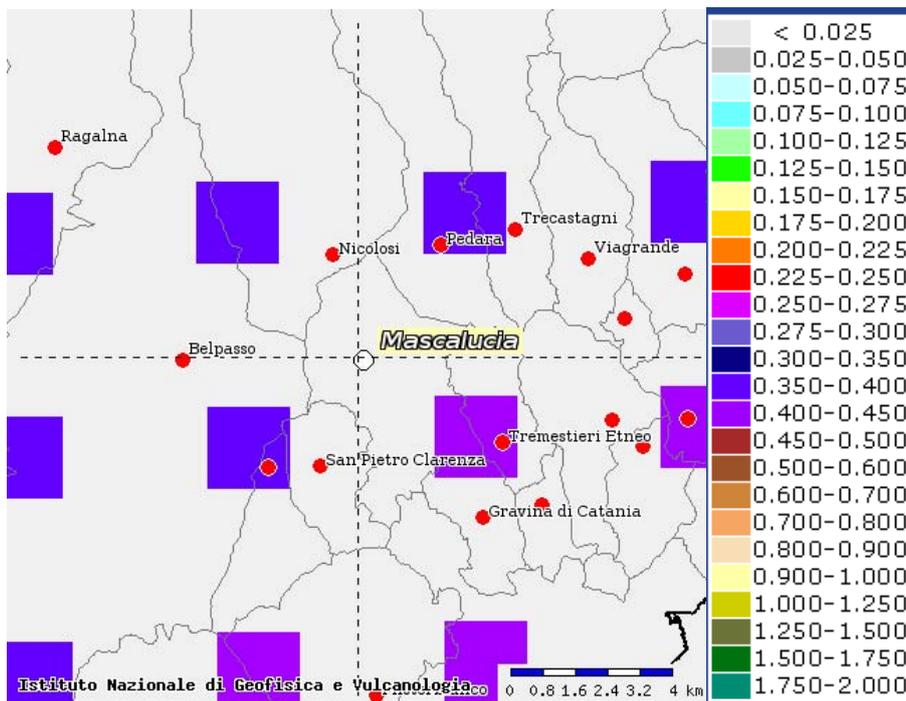


Fig. 8 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Mascalucia. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento $a(g)$, probabilità di superamento del 2% in 50 anni.

I risultati ottenuti per il territorio di Mascalucia vengono sintetizzati nella tabella 1 di seguito riportata e consentono di calcolare la curve di pericolosità sismica al sito (Figura 9).

T_R [anni]	a_g [g/10]
475	0.200-0.225
975	0.300-0.350
2475	0.400-0.450

Tab. 1 – Valori di a_g al sito e corrispondente periodo di ritorno.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

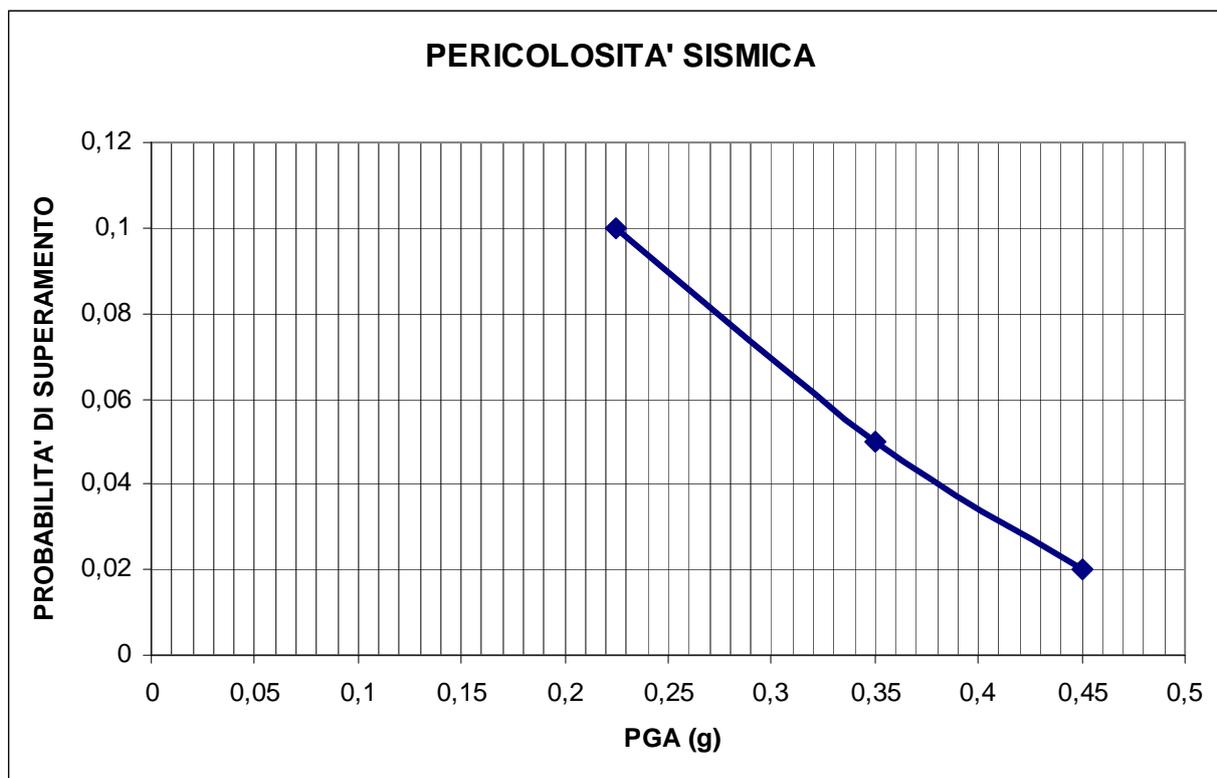


Fig. 9 – Curva di pericolosità sismica al sito per il territorio di Mascalucia. La curva rappresenta il valore della mediana.

Il territorio del Comune di Mascalucia è stato individuato sul database DBMI11 (con 58 eventi sismici significativi tra il 1669 ed il 2006) con una intensità macrosismica espressa nella scala MCS che raggiunge il suo valore massimo in $MCS = X$ in corrispondenza del terremoto della Val di Noto del 1693. La localizzazione territoriale sulle mappe interattive di pericolosità sismica ha consentito di ricavare i valori di a_g su suolo rigido (categoria A; $V_{s30} > 800$ m/sec) con probabilità di superamento in 50 anni pari a: 0.200–0.225 per il 10%, 0.300–0.350 per il 5% e 0.400–0.450 per il 2%, rispettivamente corrispondenti a periodi di ritorno di 475, 975 e 2475 anni. Ciò ha permesso di ricavare la curva di pericolosità sismica al sito per il territorio di Mascalucia.

3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

L'abitato di Mascalucia ricade nel settore sud-orientale dell'Etna, direttamente esposto ai flussi lavici recenti che hanno percorso il fianco meridionale del vulcano. L'area di studio del territorio comunale è allungata in direzione NNO-SSE, circa parallela ai principali flussi lavici, e occupa la parte bassa del versante etneo, a bassa acclività, da una quota di circa 675 a circa 375 m s.l.m.. L'area è essenzialmente costituita dai campi lavici che sono stati direttamente alimentati dagli apparati eruttivi disposti lungo il Rift meridionale dell'Etna (Kieffer, 1975) e pertanto riferibili alle diverse fasi evolutive del Mongibello Recente, attuale stratovulcano (< 15 ka; Gillot et al., 1994).

Secondo la "Carta geologica del Monte Etna" alla scala 1:50.000 (AA.VV., 1979; Fig. 10) il territorio di Mascalucia è stato raggiunto da almeno tre distinte colate storiche (1669, 1537, 1408 in Fig. 10) ed è stato sede di un sistema di fratture eruttive, denominate "Fossa del Cavòlo", riferita all'eruzione del 1381. I prodotti storici avrebbero ricoperto una sottile successione costituita da colate laviche recenti non datate (**lpr** in Fig. 10), poggianti direttamente sui livelli basali del Mongibello Recente (**lpn** in Fig. 10). La successione del Mongibello Recente affiorante a Mascalucia, di spessore ridotto e lacunosa, poggierebbe, in aree al di fuori del territorio comunale, sui prodotti dei Centri Eruttivi dell'Ellittico (**ve**; Mongibello Antico, 34-15 ka, Gillot et al., 1994). Nell'area di Mascalucia mancherebbero i livelli intermedi del Mongibello Recente (**lpd** in Fig. 10) che invece caratterizzano le successioni più spesse e complete presenti nelle aree limitrofe poste più ad est e a sud, dove riempiono depressioni morfologiche modellate sulle colate attribuite ai Centri Alcalini Antichi (**lta** in Fig. 10; 168-100 ka, Gillot et al., 1994), precedenti allo stratovulcano Mongibello, che ricoprono le Argille marnose azzurre quaternarie (**Qa** in Fig. 10) del substrato sedimentario pre-Etneo.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

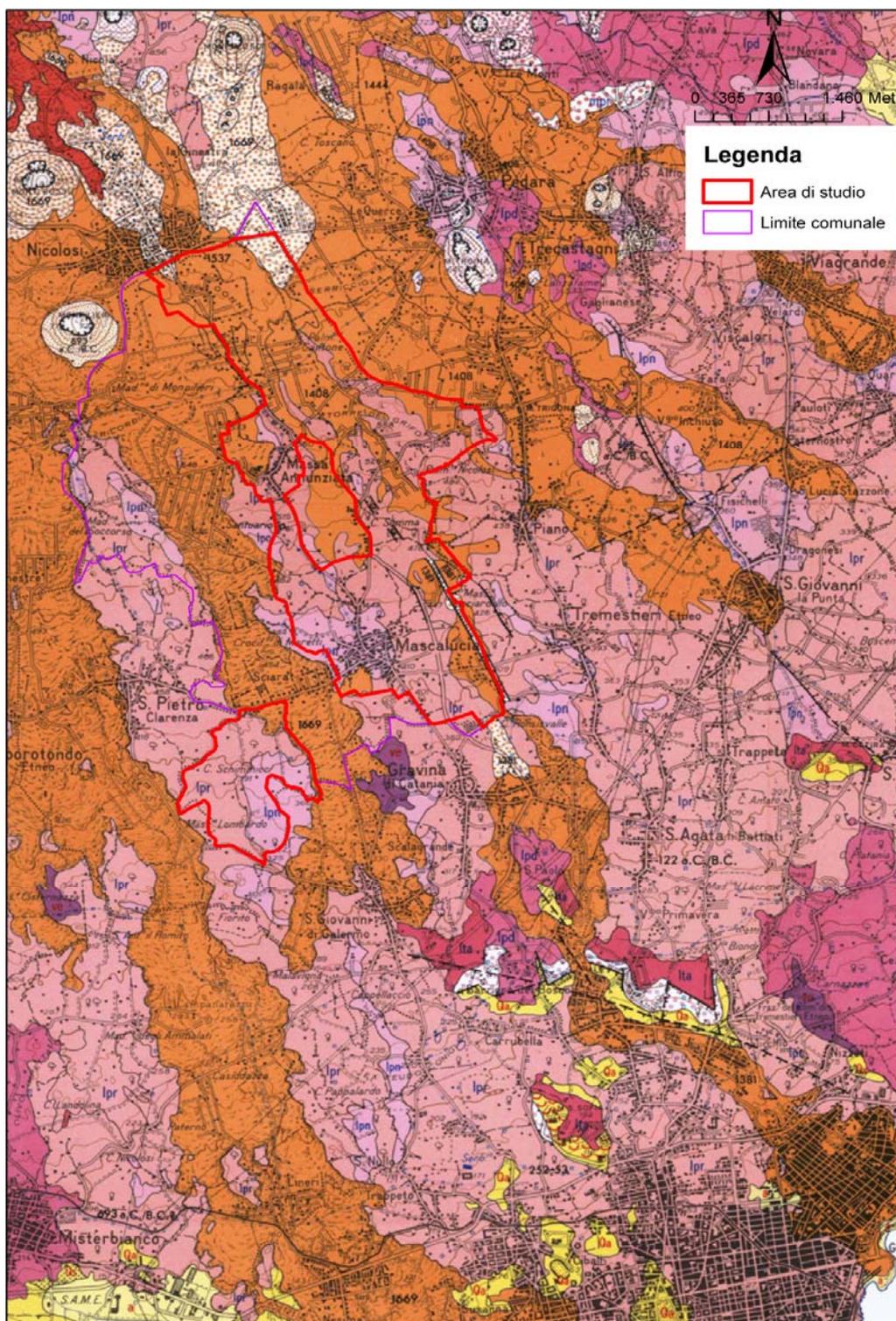


Fig. 10 – Stralcio della Carta geologica del Monte Etna (AA.VV., 1979 mod).

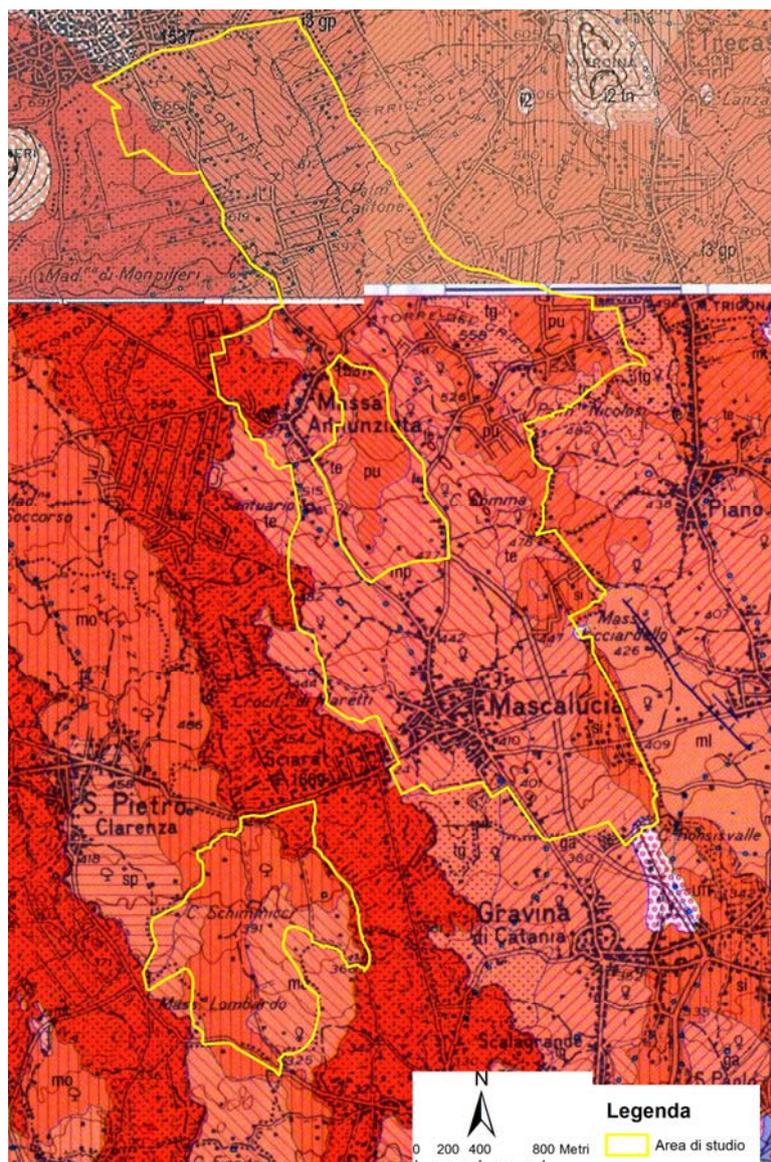


Fig. 11 – Stralcio dei Fogli geologici CARG 625 “Acireale” e 634 “Catania” (AA.VV., 2009a; 2009b mod).

Nello schema di legenda dei Fogli Geologici 625 “Acireale” e 634 “Catania” (AA.VV., 2009a; 2009b)(Fig. 11), la successione di colate laviche affioranti nel territorio di Mascalucia è stata attribuita a due distinti periodi eruttivi del Mongibello Recente. Tre colate storiche (1669, 1537 e pu/i3gp in Fig. 11) sono state riferite all’intervallo compreso tra il 122 a.C. ed il 1669. Il resto dei prodotti è stato assegnato all’intervallo cronologico compreso tra 3.9 ka e il 122 a.C.. Secondo i Fogli Geologici ufficiali, le lave più profonde affioranti all’interno del territorio comunale avrebbero una età protostorica e poggerebbero direttamente sul substrato antico, costituito dai prodotti lavici di età

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
compresa tra 145 e 121 ka (AA.VV., 2009b) e la sottostante Formazione delle Argille
Grigio-Azzurre del Pleistocene medio.

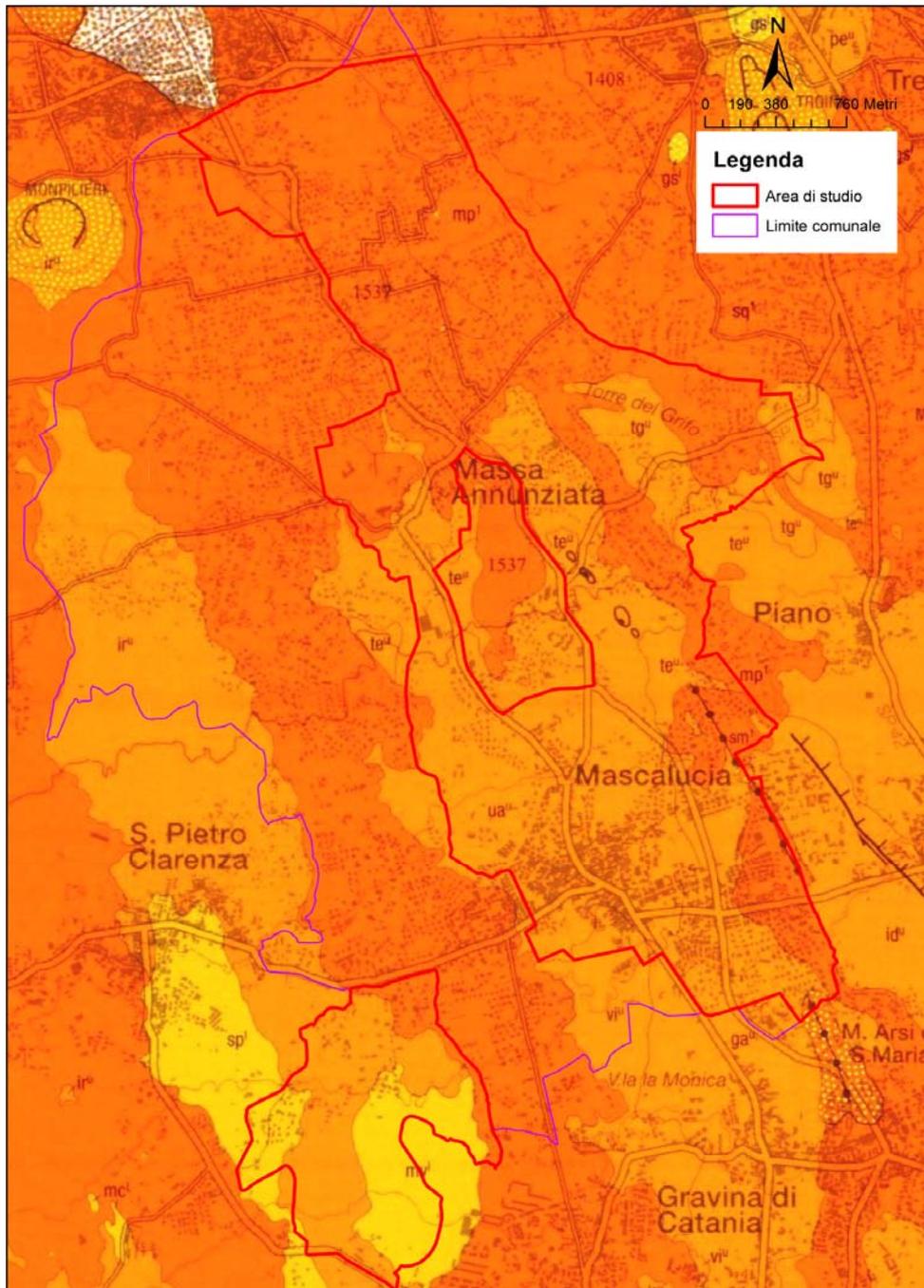


Fig. 13 – Stralcio della Carta Geologica del Vulcano Etna (Branca et al., 2011).

Le età delle lave viene meglio specificata nella Carta Geologica del Vulcano Etna (Branca et al., 2011)(Fig. 13). In questo documento cartografico le lave storiche affioranti nel territorio comunale di Mascalucia vengono attribuite agli eventi del 1669, 1537, 1160 e 300. Nei settori orientali del territorio comunale, in corrispondenza del centro urbano principale, le lave storiche ricoprono numerose colate laviche riferibili all'intervallo cronologico compreso tra 4 ka ed il 122 a.C.. Queste costituirebbero flussi affiancati, canalizzati ad est di un antico alto morfologico, in corrispondenza del settore analizzato più occidentale, dove sono esposte colate riferibili all'intervallo cronologico 15-4 ka, direttamente ricoperte dai flussi storici.

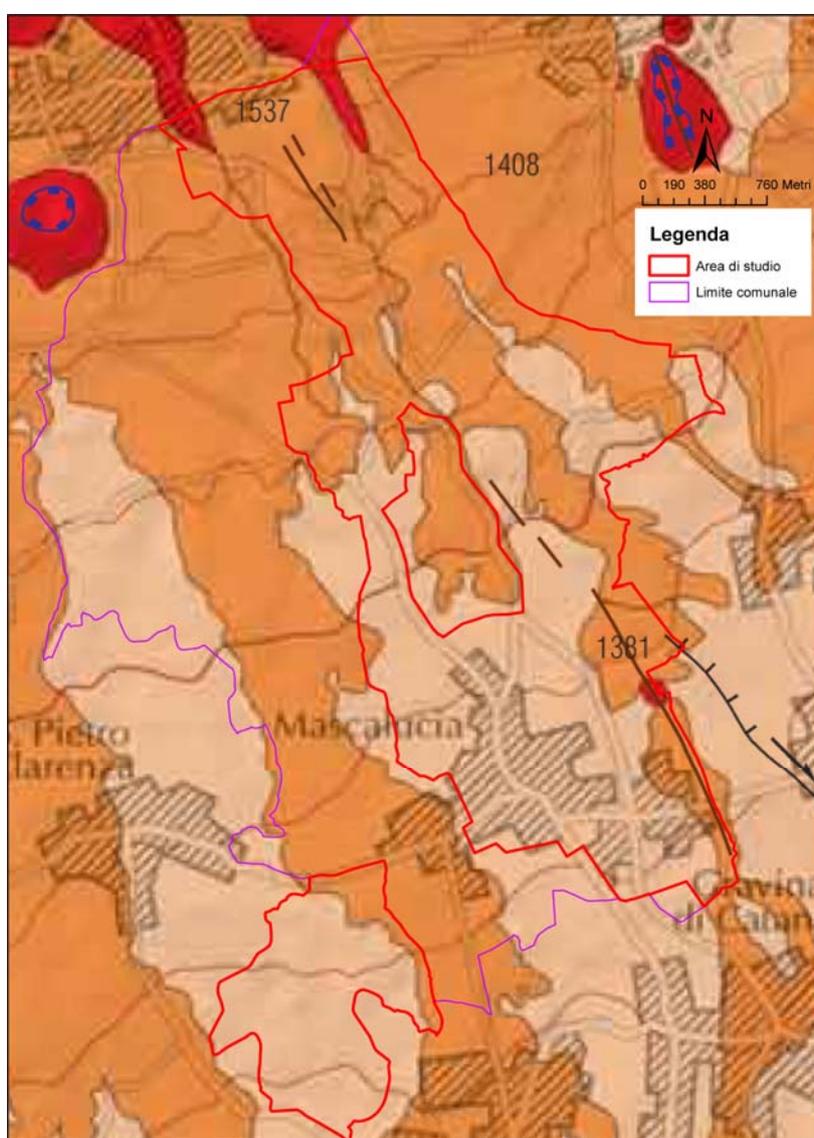


Fig. 14 – Stralcio della Carta Morfotettonica del Monte Etna (Monaco et al., 2008 mod).



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

La Carta Morfotettonica dell'Etna (Monaco et al., 2008) (Fig. 14) evidenzia lungo il bordo orientale del territorio comunale la imponente fessura eruttiva, indicata comunemente come “Fossa del Cavòlo”, che viene associata dagli Autori all'evento eruttivo del 1381. In effetti la terminazione settentrionale della frattura viene evidenziata anche sul fronte delle lave del 1408, mentre ulteriori allineamenti di fratture più a nord si sviluppano all'interno delle lave assegnate al 1537. La stessa carta segnala all'interno del territorio comunale di Mascalucia di un breve tratto della terminazione settentrionale della Faglia di Tremestieri.

La Faglia di Tremestieri è un lineamento strutturale ben conosciuto nella letteratura geologica, definito in maniera esaustiva in Azzaro (1999)(Fig. 15) che ne descrive geometria e comportamento cinematico.

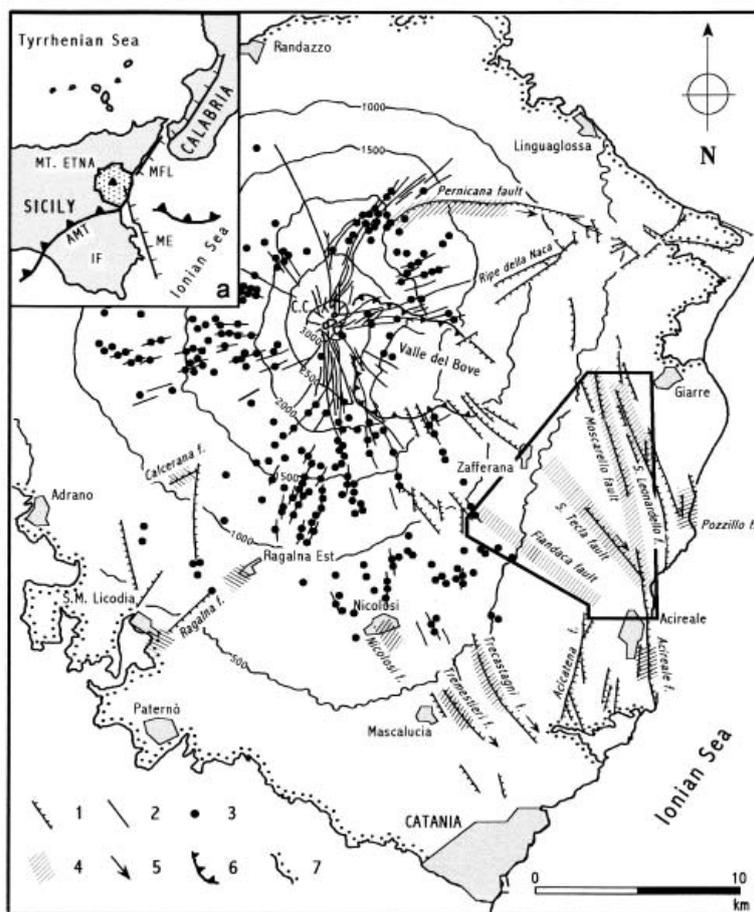


Fig. 1. Simplified structural map of Mt. Etna (after Rasà et al., 1996): 1, faults with bar on downthrown side; 2, eruptive fissures; 3, cinder cones; 4, coseismic surface faulting zones; 5, strike-slip components; 6, caldera rims; 7, limit of Etna volcanics; C.C., central crater. Box indicates area of the 'Timpe' fault system shown in Fig. 2. Inset map (a) shows the regional geological setting: AMF, front of the Apennine-Maghrebian thrust belt; IF, Iblean Foreland; ME, Malta Escarpment; MFL, Messina-Fiumefreddo line.

Fig. 15 - Carta strutturale del Monte Etna (da Fig. 1 di Azzaro, 1999).

La struttura viene riportata anche nella Carta vulcano-tettonica dell'Etna (Azzaro et al., 2012)(Fig. 15) che mostra i rapporti geometrici tra la struttura e le fessure eruttive presenti nel territorio di Mascalucia.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

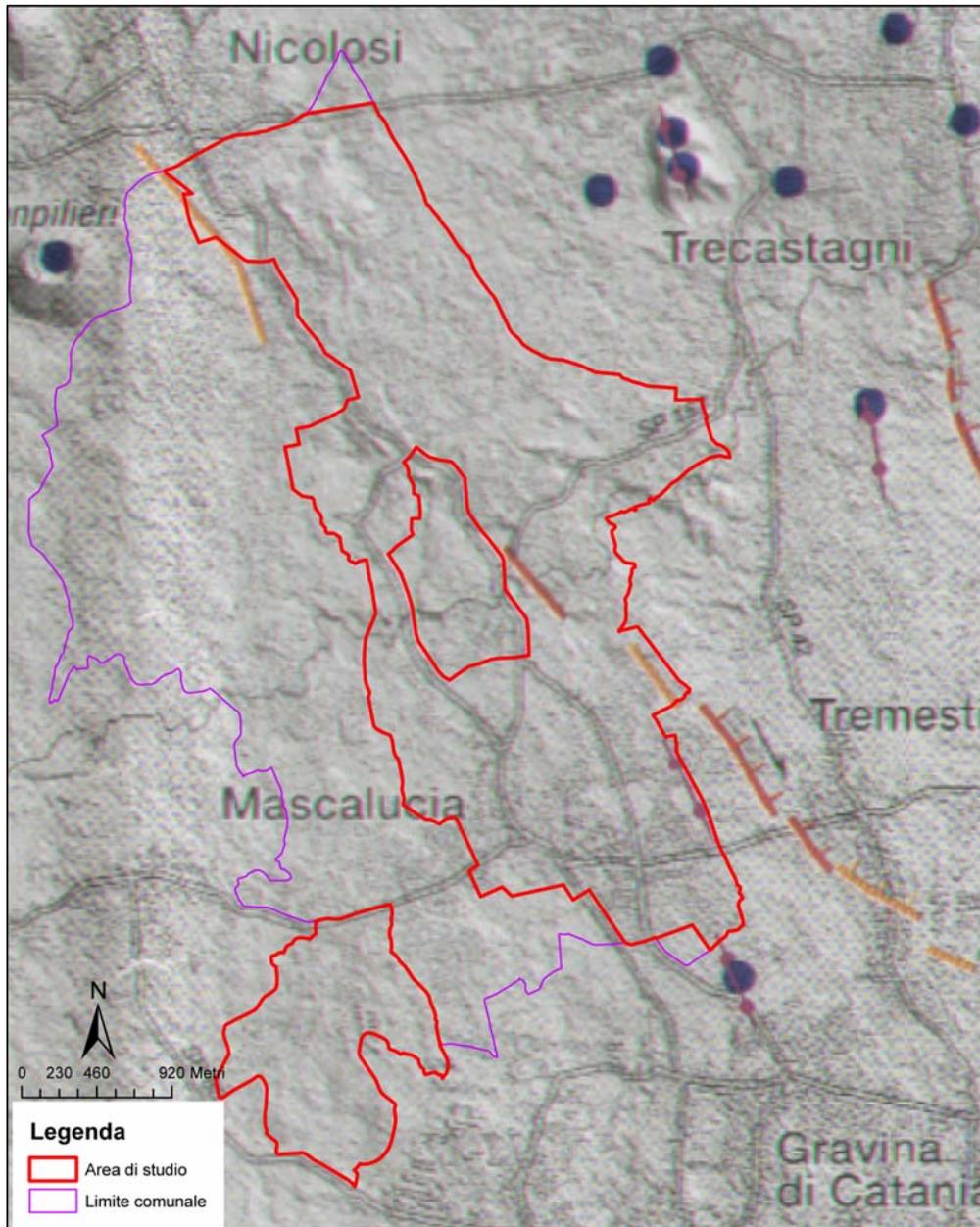


Fig. 15 – Stralcio della Carta vulcano-tettonica del Monte Etna (Azzaro et al., 2012 mod).

Il modello cinematico sulle deformazioni attive dell'Etna più accreditato è stato proposto sulla base dei dati geodetici, acquisiti tramite tecniche GPS e DInSAR, che testimoniano l'elevata instabilità dell'intero versante orientale dell'edificio etneo. Questo processo è

stato interpretato alternativamente come l'effetto dello scivolamento gravitativo del fianco orientale dell'edificio vulcanico (Borgia et al., 1992) o della deformazione estensionale al footwall di una rift-zone (Monaco et al., 2005). Le serie temporali di misure dei vettori movimento GPS consentono di individuare una serie di blocchi cinematici indipendenti, i cui limiti sono stati identificati lungo lineamenti che, caratterizzati da fratturazione al suolo attiva, si manifestano come discontinuità permanenti nelle immagini DInSAR (Azzaro et al., 2013)(Fig. 16).

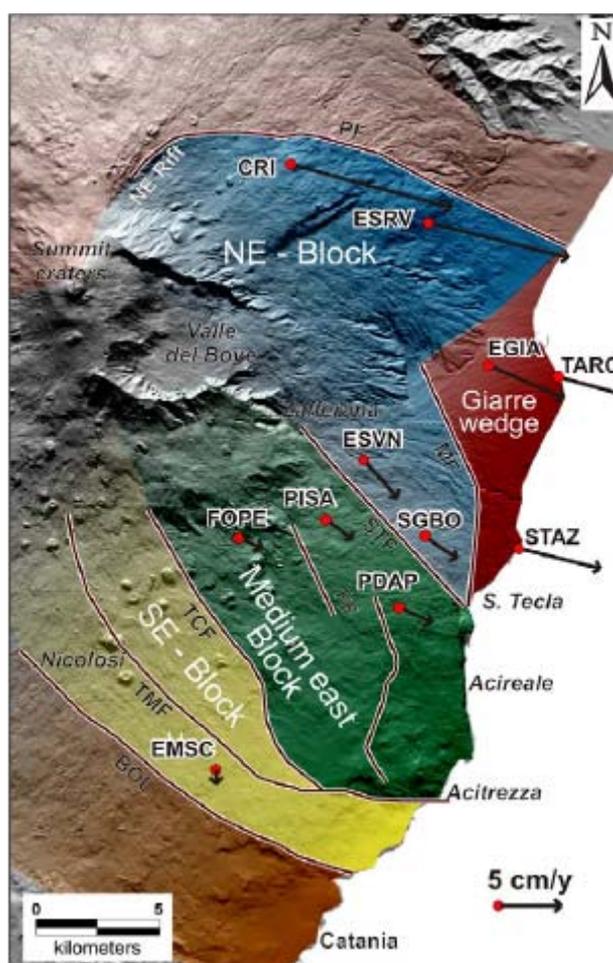


Fig. 16 – Modello cinematico del versante orientale del Monte Etna (da Azzaro et al., 2013).

Nel quadro cinematico attivo sintetizzato nel modello, la Faglia di Tremestieri (TMF in Fig. 16) sembrerebbe giocare un ruolo secondario, in quanto si svilupperebbero all'interno di un blocco cinematico bordato dalla Faglia di Trecastagni (TCF in Fig. 16) e

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 dalla Linea Belpasso–Ognina (BOL in Fig. 16), alle quali andrebbe assegnato un ordine gerarchico superiore. La limitatezza della serie temporale delle misure geodetiche rende scarsamente significativa questa gerarchia delle strutture, che andrebbe invece valutata sulla base della lunghezza e dei tassi di movimento di lungo periodo dei singoli segmenti.

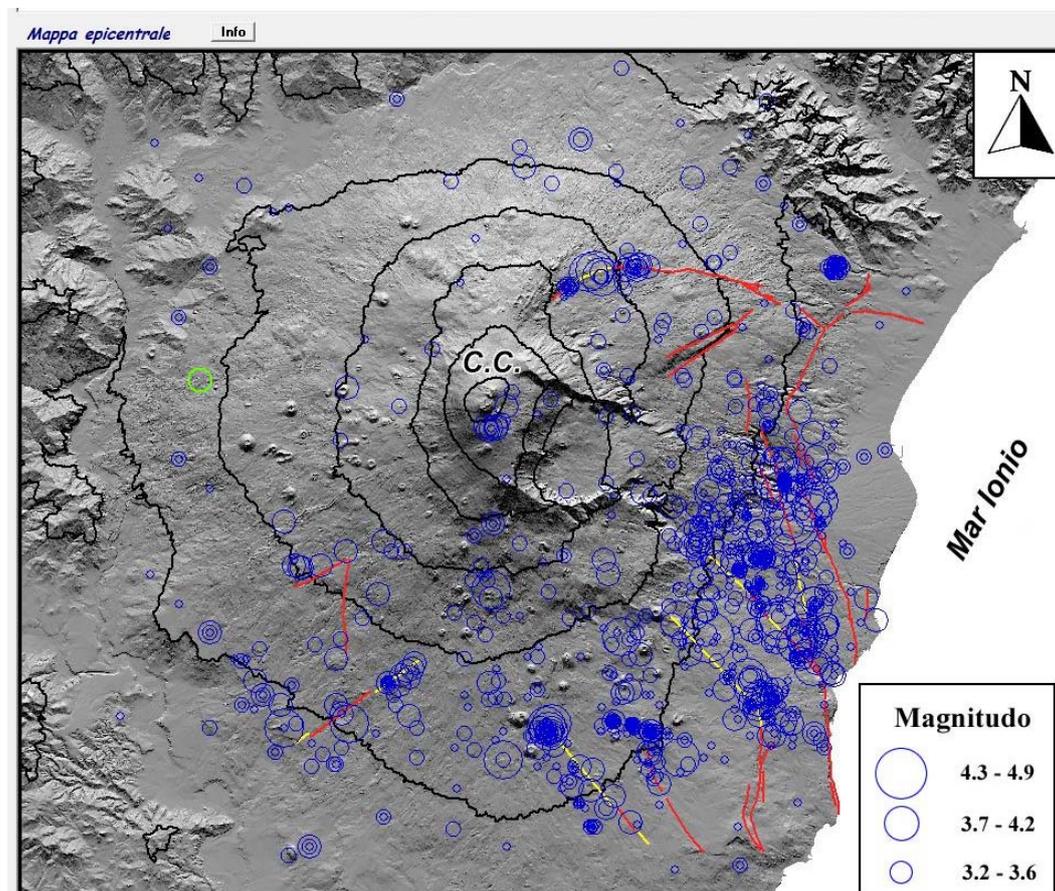


Fig. 17 – Carta sismo-tettonica del Monte Etna riportata nel Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnai dal 1832 al 2005 (Azzaro et al., 2000, 2009).

Le strutture sono state comunque tutte accreditate di una attività sismica storica, sintetizzata nel il Catalogo Macrosismico dei Terremoti Etnai dal 1832 al 2005 (Azzaro et al., 2000, 2009)(Fig. 17). La traccia della Faglia di Tremestieri riportata nel catalogo si

estende verso NO in direzione dei territori di Mascalucia e Nicolosi, lungo un allineamento marcato da un chiaro addensamento di terremoti. E' interessante notare che tutto il tratto settentrionale della struttura è stato riportato come "faglia nascosta" (hidden fault) ovvero privo di chiare evidenze morfologiche sul terreno, che sono in effetti rinvenibili solo per il breve tratto all'interno dell'abitato di Tremestieri Etneo, già segnalato nei lavori precedenti e nella cartografia tematica. Ciò significa che l'estensione verso NO della struttura e la sua presunta continuità in sottosuolo è stata unicamente basata sulla distribuzione degli eventi sismici.

Nel Catalogo della Faglie Capaci (Ithaca), la Faglia di Tremestieri viene in effetti descritta come Sistema Tremestieri–Nicolosi, composto da tre distinti segmenti, denominati rispettivamente Faglia di Nicolosi (1 in Fig. 18), Faglia di Massa Annunziata (2 in Fig. 18) e Faglia di Tremestieri (3 in Fig. 18). I parametri fisici ed i caratteri geologici delle tre strutture sono rappresentati nelle schede di Fig. 19–21, da cui è possibile desumere la lunghezza, la profondità, la magnitudo massima e la ricorrenza degli eventi sismici attribuibili alle singole strutture. Secondo il catalogo, le faglie di Nicolosi e Tremestieri sarebbero quelle maggiormente vincolate dai dati disponibili e chiaramente associate ad una sismicità storica documentata. I parametri delle due faglie sono tali da accreditare una magnitudo massima pari a 4.3 (I=VII), per la Faglia di Nicolosi, e 3.1 (I=VII) per la Faglia di Tremestieri. E' interessante notare che i lavori di letteratura citati nel catalogo ai fini della valutazione del potenziale segnalano per entrambe le strutture deformazioni anche per creep–asismico che si sommano a quelle direttamente riferibili ad eventi sismici.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

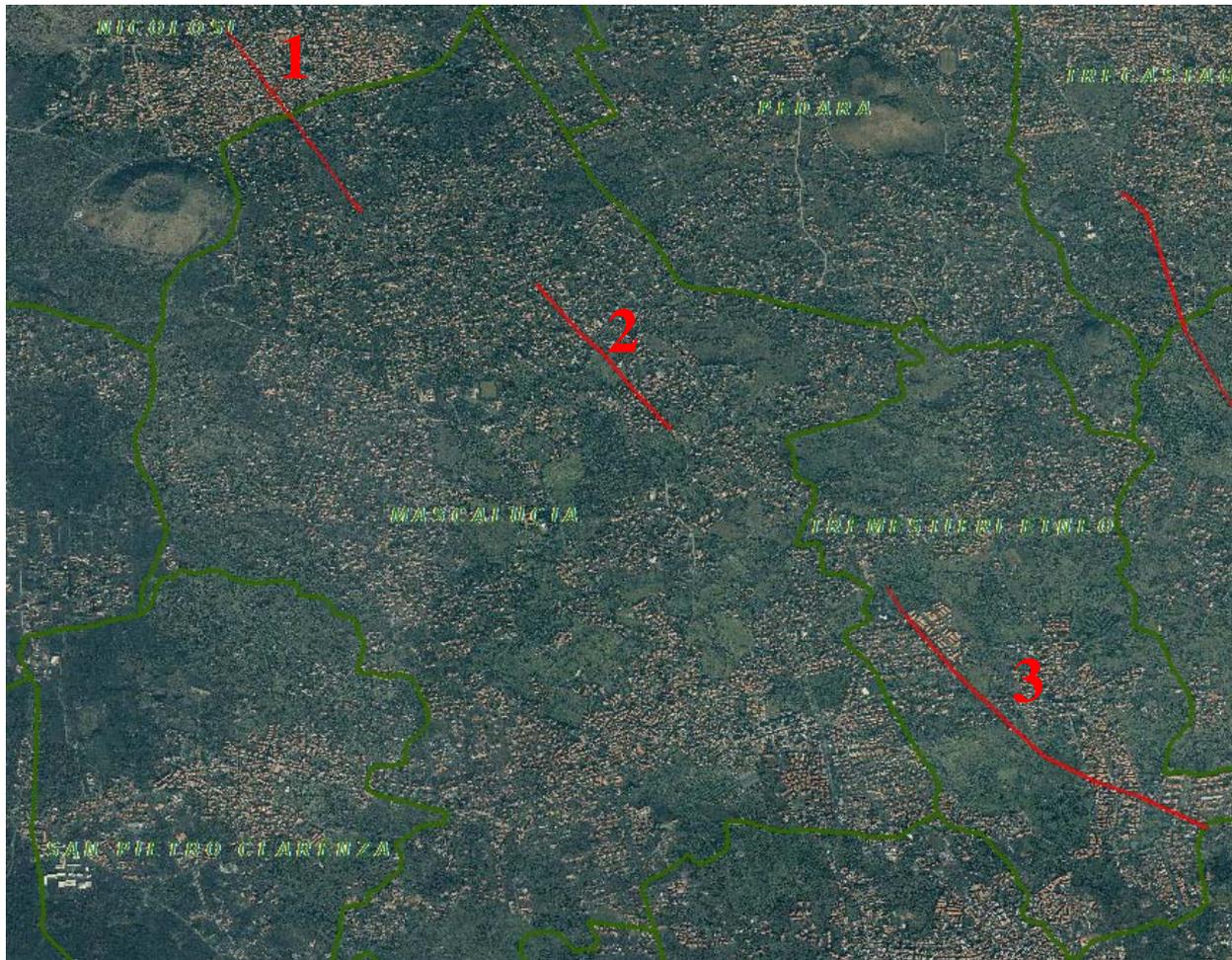


Fig. 18 - Faglie attive che ricadono nell'area del Comune di Mascalucia (1 e 2) e nei suoi immediati dintorni (3), segnalate nel database Ithaca

(http://193.206.192.227/wms_dir/Catalogo_delle_Faglie_Capaci_ITHACA.html#)

1) PHYSICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	This fault is located in the southeastern sector of the Mt. Etna volcano, the largest active strato volcano in Sicily.
SYNOPSIS	The Nicolosi fault is a volcano-tectonic structure and shows recent activity, revealed by ground effects collected during field surveys. The fault is characterized by coseismic ruptures
FAULT NAME	Nicolosi
FAULT CODE	11201
MACROZONE	7

REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Tremestieri-Nicolosi
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	310
DIP	90
LENGTH (Km)	1.4
GEOMETRY	
SEGMENTATION	No
DEPTH (Km)	5
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:10000
LAST ACTIVITY	Historical (<3,000)
ACTIVITY RELIABILITY	High reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	25
SLIP-RATE (mm/yr)	
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0.9
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	Date I (MSK) 1885/10/02 VI-VII 1901/05/11 VII 1986/01/29 VI-VII 1998/05/22 VI-VII
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	4.29
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	VII
STUDY QUALITY	HIGH
NOTES	Mw by INGV - CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI vers.2

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
11201	AZZARO R.	Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics.	J. Geodynamics, 28, 193-213.	1999
11201	AZZARO R.	Seismicity and active tectonics in the Etna region: constraints for a sesmotectonic model.	Mt. Etna: Volcano Laboratory. Geophysical Monograph Series, 143. American Geophysical Union. 10.1029/143GM13, 205-220.	2004

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

11201	ARCIDIACONO S.	Il terremoto di Nicolosi dell'11 Maggio 1901 e le sue repliche.	Bollettino Accademia Gioenia di Scienze Naturali in Catania. Fascicolo 70 (luglio 1901), 2-15.	1901
11201	LO GIUDICE E.	Particolari aspetti del rischio sismico nell'area Etna.	Istituto Internazionale di Vulcanologia, Pubblicazione n. 281, 1988, 59-85.	1988
11201	IMPOSA S. COCO G. & CORRAO M.	Site effects close to structural lineaments in eastern Sicily (Italy)	Engineering Geology, 72, 331-341	2004
11201	AZZARO R., BARBANO M.S., ANTICHI B. & RIGANO' R.	Macroseismic catalogue of Mt. Etna earthquakes from 1832 to 1998.	Acta Vulcanologica, Vol. 12 (1-2) 2000, 3-36.	2000
11201	RASA' R., AZZARO R. & LEONARDI O.	Aseismic creep on faults and flank instability at Mount Etna volcano, Sicily	From McGuire, W.J., Jones, A. P. & Neuberg, J. (eds), Volcano Instability on the Earth and Other Planets - Geological Society Special Publication, n. 110, pp.179-192	1996
11201	LA DELFA S., PATANE' G. & TANGUY J.C.	Kilometer-scale heterogeneities inside volcanoes revealed by using a set of geophysical methods: variable stress field at Mount Etna, Sicily	Physics of the Earth and Planetary Interiors 121, 157-173	2000

Fig. 19 - Faglie attive (1) ricadenti nel comune di Mascalucia, segnalata nel database Ithaca (http://193.206.192.227/wms_dir/Catalogo_delle_Faglie_Capaci_ITHACA.html#)

2) PHYSICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	This fault is located in the southeastern sector of the Mt. Etna volcano, the largest active strato volcano in Sicily.
------------------	--

SYNOPSIS	The Massa Annunziata fault is a volcano-tectonic structure and shows recent activity, revealed by ground effects collected during field surveys. The fault is characterized by coseismic ruptures
FAULT NAME	Massa Annunziata
FAULT CODE	11202
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Tremestieri-Nicolosi
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	320
DIP	90
LENGTH (Km)	1.2
GEOMETRY	
SEGMENTATION	No
DEPTH (Km)	
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:10000
LAST ACTIVITY	Historical (<3,000)
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	
SLIP-RATE (mm/yr)	
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	
MAX CREDIBLE SLIP (m)	
KNOWN SEISMIC	

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	inserire in biblio rt apat

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
11202	LA DELFA S., PATANE' G. & TANGUY J.C.	Kilometer-scale heterogeneities inside volcanoes revealed by using a set of geophysical methods: variable stress field at Mount Etna, Sicily	Physics of the Earth and Planetary Interiors 121, 157-173	2000
11202	LO GIUDICE E.	Particolari aspetti del rischio sismico nell'area Etna.	Istituto Internazionale di Vulcanologia, Pubblicazione n. 281, 1988, 59-85.	1988

Fig. 20 - Faglia attiva (2) ricadente nel comune di Mascalucia, segnalata nel database Ithaca (http://193.206.192.227/wms_dir/Catalogo_delle_Faglie_Capaci_ITHACA.html#).

3) PHYSICAL AND GEOLOGICAL ATTRIBUTES

GEOLOGIC SETTING	This fault is located in the southeastern sector of the Mt. Etna volcano, the largest active strato volcano in Sicily.
SYNOPSIS	The Tremestieri fault is a volcano-tectonic structure and shows recent activity, revealed by ground effects collected during field surveys. The fault is characterized by coseismic ruptures (creeping phenomena observed during earthquake sequences).

FAULT NAME	Tremestieri
FAULT CODE	11200
MACROZONE	7
REGION NAME	Sicilia
SYSTEM NAME	Tremestieri-Nicolosi
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	325
DIP	90
LENGTH (Km)	2.4
GEOMETRY	
SEGMENTATION	No
DEPTH (Km)	5
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:10000
LAST ACTIVITY	Historical (<3,000)
ACTIVITY RELIABILITY	High reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	20
SLIP-RATE (mm/yr)	
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0.7

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	Date I (MSK) 1908/04/30 V-VI 1980/08/21 V 1980/08/23 VI
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	3.1
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	VII
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	M in luogo di Mw by sicilia008

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
11200	AZZARO R.	Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics.	J. Geodynamics, 28, 193-213.	1999
11200	AZZARO R.	Seismicity and active tectonics in the Etna region: constraints for a sesmotectonic model.	Mt. Etna: Volcano Laboratory. Geophysical Monograph Series, 143. American Geophysical Union. 10.1029/143GM13, 205-220.	2004
11200	AA.VV.	Carta geologica del Monte Etna. Scala 1:50.000.	CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica - Istituto Internazionale di Vulcanologia.	1979
11200	LO GIUDICE E.	Particolari aspetti del rischio	Istituto Internazionale di	1988

		sismico nell'area Etnea.	Vulcanologia, Pubblicazione n. 281, 1988, 59-85.	
11200	IMPOSA S. COCO G. & CORRAO M.	Site effects close to structural lineaments in eastern Sicily (Italy)	Engineering Geology, 72, 331-341	2004
11200	AZZARO R., BARBANO M.S., ANTICHI B. & RIGANO' R.	Macroseismic catalogue of Mt. Etna earthquakes from 1832 to 1998.	Acta Vulcanologica, Vol. 12 (1-2) 2000, 3-36.	2000
11200	RASA' R., AZZARO R. & LEONARDI O.	Aseismic creep on faults and flank instability at Mount Etna vocano, Sicily	From McGuire, W.J., Jones, A. P. & Neuberg, J. (eds), Volcano Instability on the Earth and Other Planets - Geological Society Special Publication, n. 110, pp.179-192	1996

Fig. 21 - Faglia attiva (3) ricadente nel Comune di Tremestieri, adiacente all'area di studio, segnalata nel database Ithaca (http://193.206.192.227/wms_dir/Catalogo_delle_Faglie_Capaci_ITHACA.html#).

Nella storia sismica del comune di Mascalucia appare evidente che il massimo risentimento si è avuto in occasione di eventi generati da movimenti lungo sorgenti poste al di fuori del sistema di faglie etnee prima descritto (es. 11.01.1693).

Il DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) Version 3.1.1 (Basili et al., 2008; DISS Working Group 2010) indica come una delle possibili sorgenti sismogeniche dell'evento del 1693, una faglia inversa immergente verso NNO, localizzata immediatamente a sud del territorio comunale di Mascalucia, lungo il bordo meridionale dell'Etna e catalogata come sorgente sismica individuale "ITIS106 - Gravina di Catania" (Fig. 22).

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

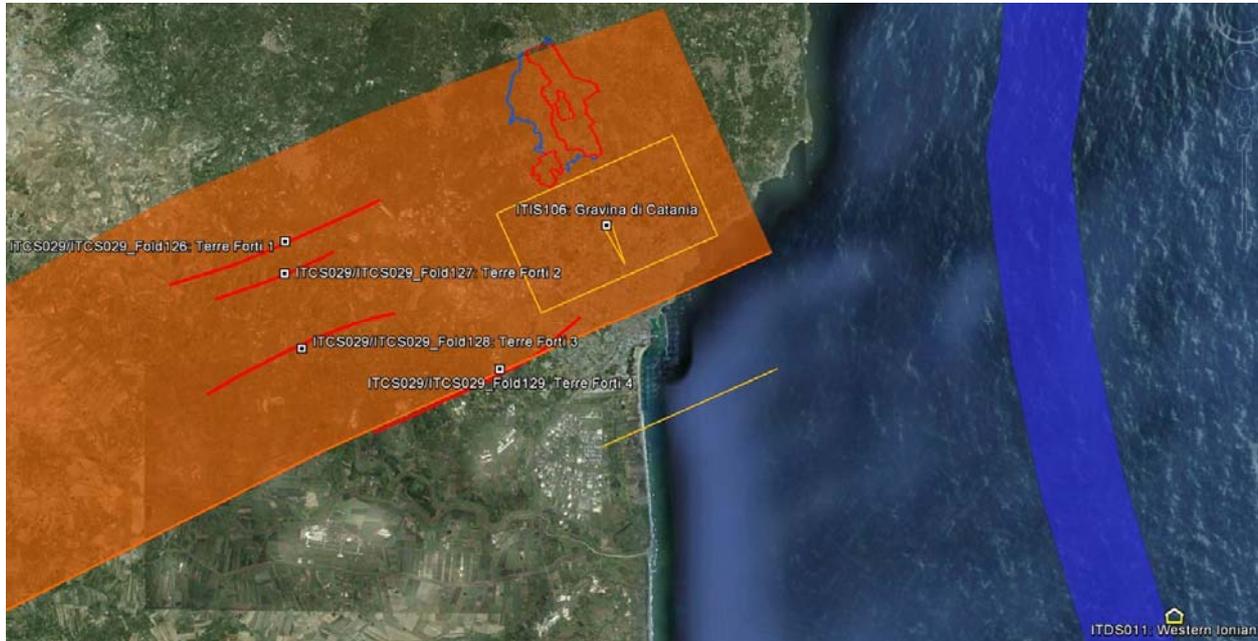


Fig. 22 – Ubicazione delle sorgenti sismogeniche ITIS106 – Gravina di Catania e ITDS011 – Western Ionian rispetto all'area comunale di Mascalucia (in blu) e dell'area di studio (in rosso) (DISS Working Group 2010, mod.).

I parametri geometrici e cinematici, significativi per valutare il potenziale della sorgente sono schematizzati in figura 23. Da questi si evince che la sorgente potrebbe produrre un evento di $M_w=6$, ad una profondità massima di 7 km, immediatamente a sud dell'abitato, con effetti disastrosi in superficie, in buon accordo con quanto registrato dai cataloghi macrosismici che valutano una Intensità MCS pari a X gradi degli effetti prodotti dal disastroso terremoto dell'11 Gennaio 1693.

Nello stesso database, è segnalata la presenza di una sorgente sismogenica, classificata come dibattuta e catalogata con il nome ITDS011 – Western Ionian (Fig. 22), in quanto considerata nella Letteratura geologica da altri autori (Bianca et al., 1999; Monaco & Tortorici, 2000; Catalano et al., 2008) quale sorgente della scossa principale del terremoto del 1693, in alternativa a quella accreditata nel database.

DISS 3.1.1: Seismogenic Source ITIS106 - Gravina di Catania		
Source Info Summary	Commentary	
References	Pictures	
General information		
Code	ITIS106	
Name	Gravina di Catania	
Compiled By	Burrato, P., P. Vannoli and G. Valensise	
Latest Update	19/09/2007	
Parametric information		
	Parameter	Qual. Evidence
Location (Lat/Lon)	37.5395 / 15.0681	OD Inferred from macroseismic and geological data.
Length (km)	9	OD Derived from geological and geomorphological observations.
Width (km)	5.9	OD Derived from geological and geomorphological observations.
Min Depth (km)	4	OD Derived from geological and geomorphological observations.
Max Depth (km)	7	OD Derived from geological and geomorphological observations.
Strike (deg)	246	OD Derived from geological and geomorphological observations.
Dip (deg)	30	OD Derived from geological and geomorphological observations.
Rake (deg)	90	OD Based on geodynamic considerations.
Slip Per Event (m)	0.8	ER Calculated from M_0 using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip Rate (mm/y)	0.1 - 0.5	EJ Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence (y)	1600 - 8000	EJ Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude (Mw)	6	EJ Value inferred from elaboration of the macroseismic data.
Q-keys:	LD = Literature Data; OD = Original Data; ER = Empirical Relationship; AR = Analytical Relationship; EJ = Expert Judgement	
Associated earthquake		
Latest Eq	11 Jan 1693 (2/2)	One of two mainshocks on the same day.
Penultimate Eq	Unknown	See "Commentary" for information.
Elapsed Time	307	As of year 2000 (assigned datum).

Fig. 23 – Scheda classificativa della sorgente sismogenica ITIS106 – Gravina di Catania del Diss 3.1.1 (DISS Working Group 2010, mod.).

Il dibattito ancora aperto sulla reale distribuzione delle sorgenti sismogeniche nella regione, tra l'altro a più elevata pericolosità di base a livello nazionale, è in gran parte basato sui dati di sismicità storica. Al di là delle considerazioni di carattere macrosismico che hanno indirizzato le differenti interpretazioni, queste implicano una diversa definizione della relazione tra deformazione cosismica e sollevamento tettonico dell'area. L'accreditamento di sorgenti a terra, presuppone la considerazione che la deformazione cosismica abbia prodotto solo modificazioni locali, in un contesto di un processo di sollevamento regionale, indipendente dal movimento lungo le strutture e legato a processi dinamici a larga scala (Valensise & Pantosti, 1992). Tale interpretazione implica, inoltre, un drastico ridimensionamento dei parametri di faglia, primo fra tutti la velocità di deformazione, con una rivalutazione al ribasso della magnitudo attesa (DISS Working Group 2010), che comunque non si traduce necessariamente in una diminuzione della



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

pericolosità di base, vista la vicinanza delle strutture ai centri abitati che in parte ricadono al tetto delle strutture attive, nelle prevedibili aree epicentrali di potenziali eventi sismici futuri. Al contrario, l'ipotesi alternativa delle sorgenti a mare associa gran parte dei tassi di sollevamento registrati a terra alle deformazioni (co-sismica e post-sismica) lungo le faglie attive, con la conseguenza di una quantificazione di elevati tassi di movimento lungo le strutture che, rapportati alla frequenza degli eventi storici, implicano rigetti cosismici connessi a terremoti di più elevata magnitudo (Bianca et al., 1999), i cui effetti a terra sono parzialmente mitigati dalla maggiore distanza delle sorgenti dai centri abitati, che comunque sarebbero ubicati al letto delle strutture, al di fuori delle potenziali aree epicentrali di eventi futuri. La seconda tesi, ancora non pienamente accreditata nel database delle sorgenti, sembra avere un riscontro oggettivo nelle variazioni del tasso di sollevamento misurato che aumenta repentinamente dalla Piana di Catania verso la costa (Catalano et al., 2004), risultando massima nell'area costiera della Sicilia orientale, tra Catania e Acireale (Firth et al., 1996). Tale comportamento suggerirebbe la presenza di una componente aggiuntiva del sollevamento, compatibile con movimenti lungo le linee di faglia sommerse nell'immediato off-shore di Catania.

Ai fini della redazione della carta geologico tecnica e della definizione del modello geologico si è tenuto conto degli studi geologici allegati al PRG e dei risultati delle indagini successive, relative alle fasi di revisione del documento di pianificazione. In particolare nella Carta Geologica più aggiornata, relativa agli studi propedeutici per la revisione del PRG (Fig. 24), largamente ispirata alla legenda proposta in Branca et al. (2011), viene effettuata una suddivisione di differenti flussi lavici che sono stati attribuiti ad età storica, protostorica e preistorica. All'interno delle singole unità laviche, la carta

non opera una distinzione tra le litofacies di lave massive e scoriacee, né evidenza livelli piroclastici fra un'unità e l'altra. Ciò è evidente anche nei profili geologici allegati (Fig. 25) che si limitano a ricostruire le geometrie delle singole colate laviche riconosciute.

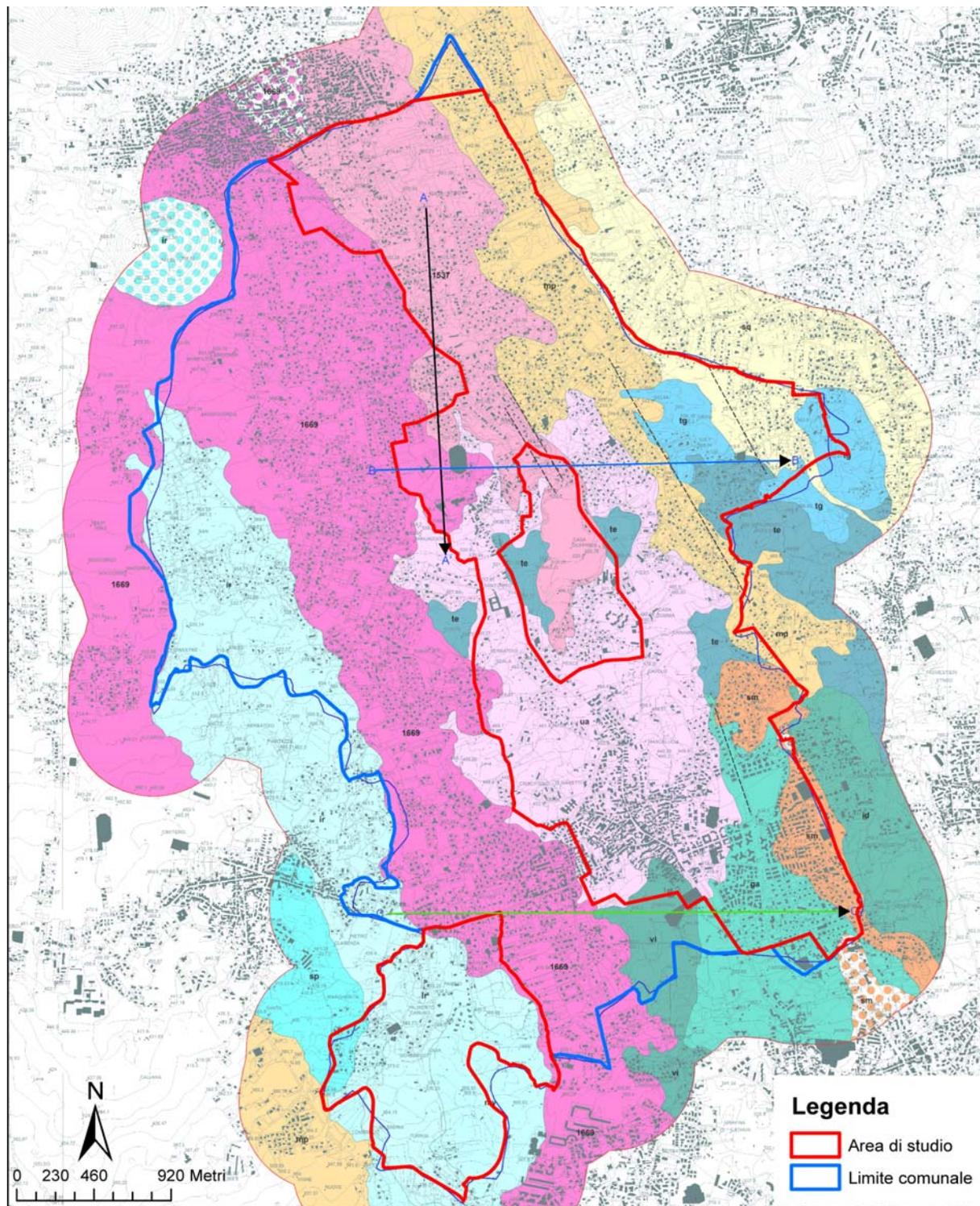


Fig. 24 - Carta geologica (Tav. 1) dello studio geologico propedeutico alla revisione del P.R.G. Le frecce indicano le tracce di tre sezioni geologiche.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

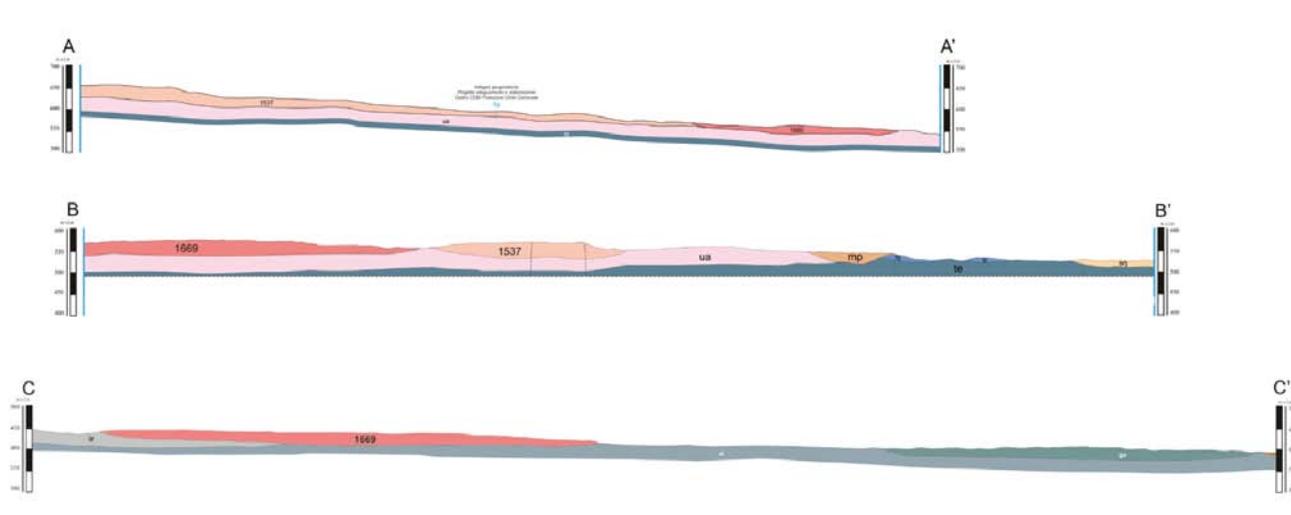


Fig. 25 – Sezioni geologiche schematiche rappresentate nella Carta geologica in scala 1:10.000 (Tav. 1) dello studio geologico propedeutico alla revisione del P.R.G.

Nelle 12 tavole della Carta Geomorfologica allegata agli stessi studi della Variante al PRG, assemblate nella Fig. 26, sono stati distinti i soli depositi piroclastici relativi all'attività delle fessure eruttive del "Cavòlo".

Seppure non rappresentati nelle carte geologiche analizzate, i dati di sottosuolo disponibili per il territorio analizzato del comune di Mascalucia evidenziano che la stratigrafia dei primi metri è ovunque costituita in gran parte da terreni vulcanoclastici, che sono prevalenti sugli orizzonti lavici massivi (v. colonne stratigrafiche **Allegato 2**).

Fatta eccezione per il parziale riscontro cartografico fornito dalla carta geomorfologica di dettaglio (Fig. 26), un cenno più completo viene fornito dalla legenda della Carta Litotecnica (Fig. 27).

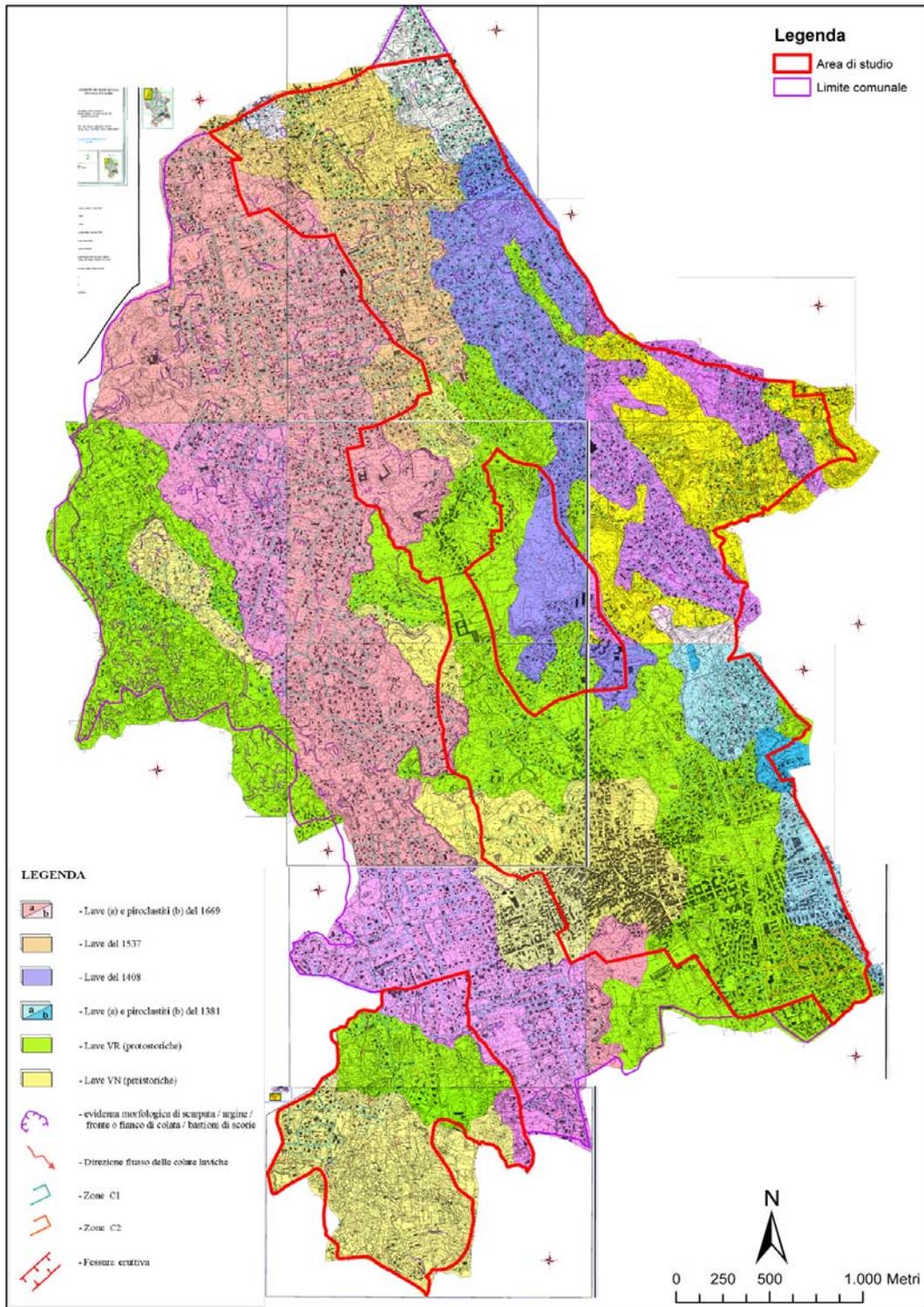
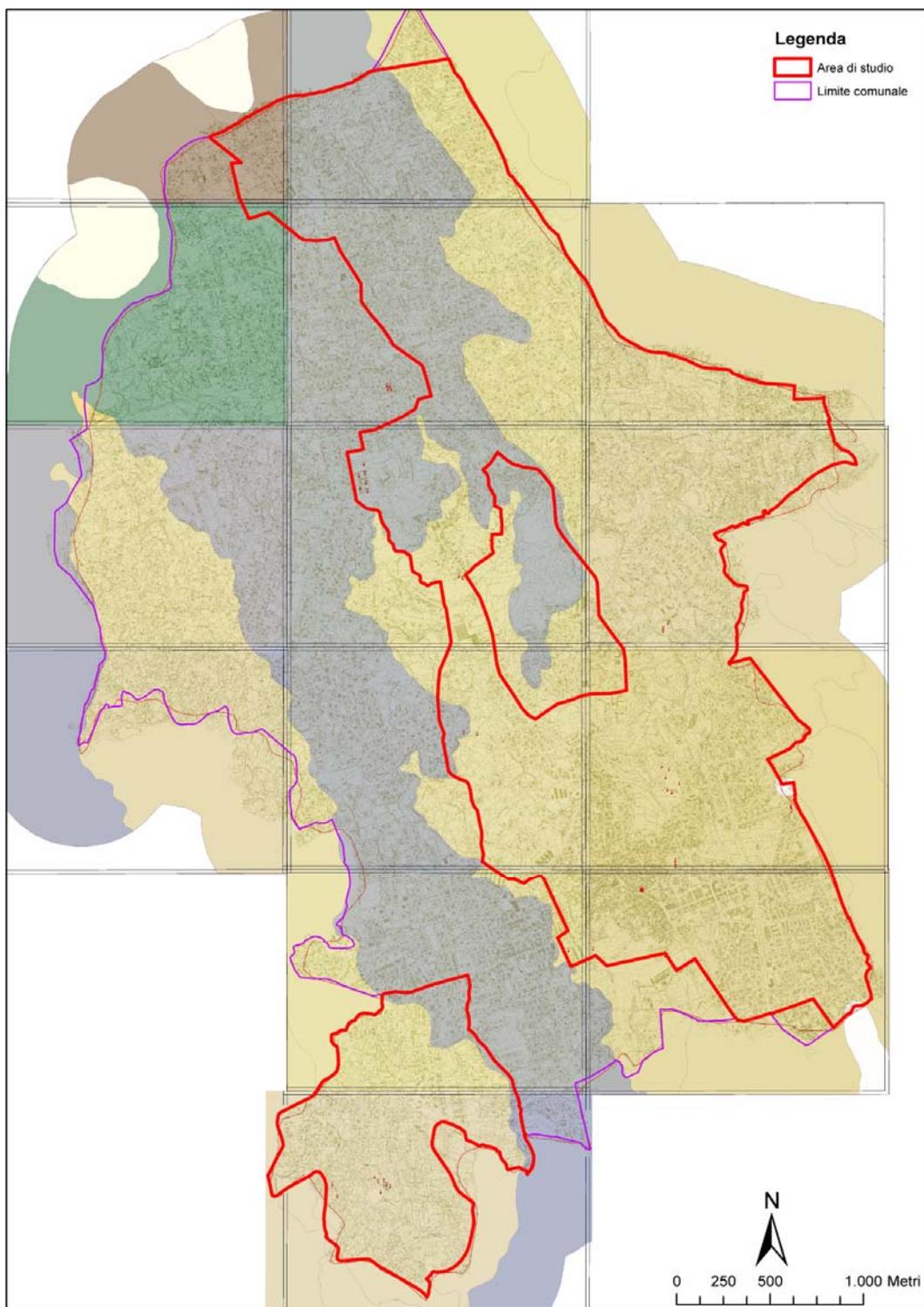


Fig. 26 - Carta geomorfologica scala 1:2000 (fogli 1-12) dello studio geologico del territorio comunale di Mascalucia - Variante al P.R.G. delle aree stralciate dal D.A. 51/DRU del 10/04/2000.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77



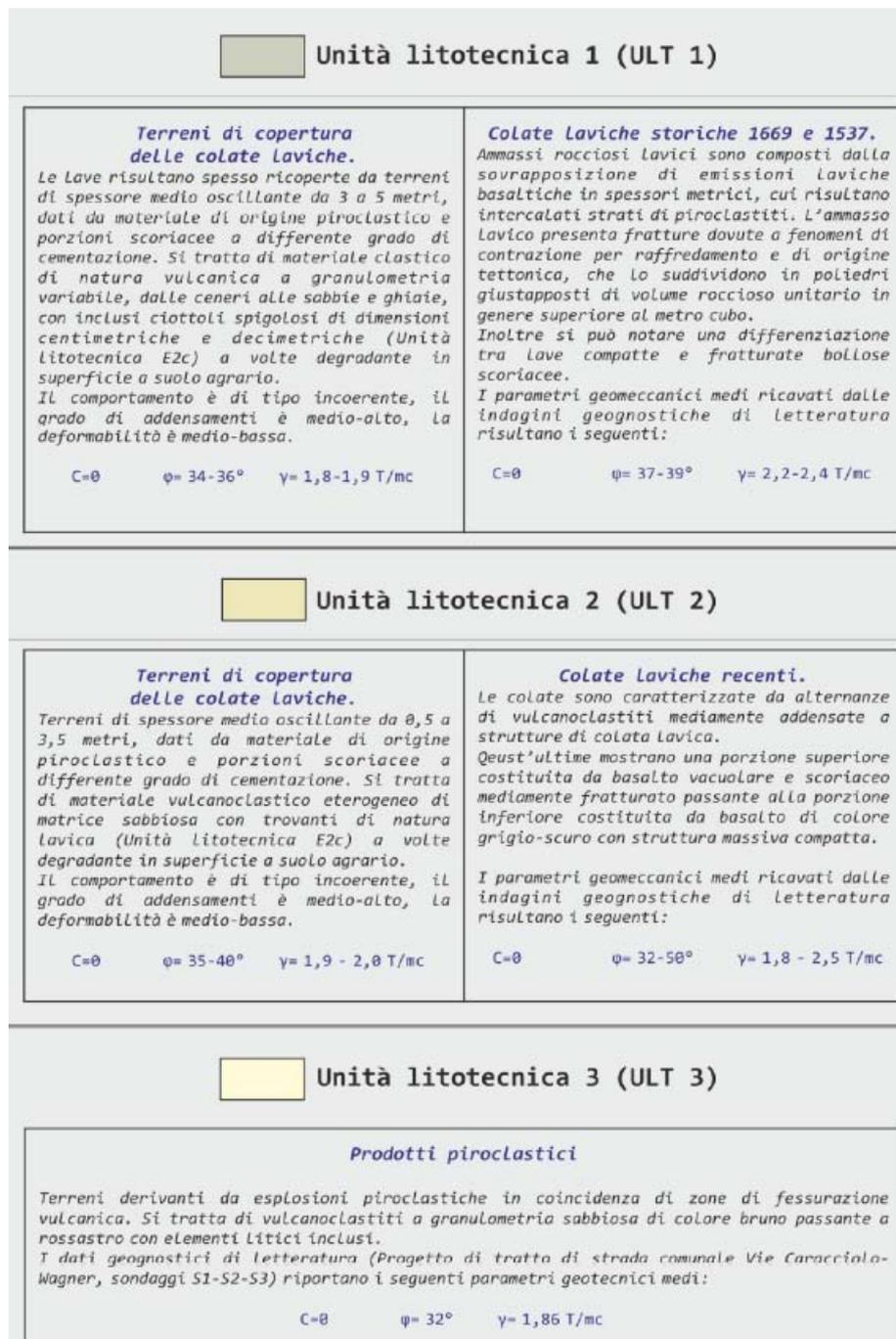


Fig. 27- Carta Litotecnica (Tav. 34-47) con relativa legenda, dello studio geologico propedeutico alla revisione del P.R.G.

La Carta Litotecnica (Fig. 27) evidenzia, oltre alla presenza delle unità piroclastiche già riportate nella carta geomorfologica, anche quella di diffuse coperture vulcanoclastiche delle lave che variano di spessore tra 3 e 5 m, sulle colate storiche, e da 0.5 a 3.5 m, sulle colate recenti. Le vulcanoclastiti associate ai diversi flussi lavici sono

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
state invariabilmente interpretate come porzione scoriacea delle stesse o come materiale
piroclastico.

Il quadro complessivo sulla distribuzione dei prodotti piroclastici nell'area di
Mascalucia è stato proposto da La Delfa et al.(2000)(Fig. 28) che hanno analizzato in
dettaglio quattro settori ubicati nel settore settentrionale dell'abitato.

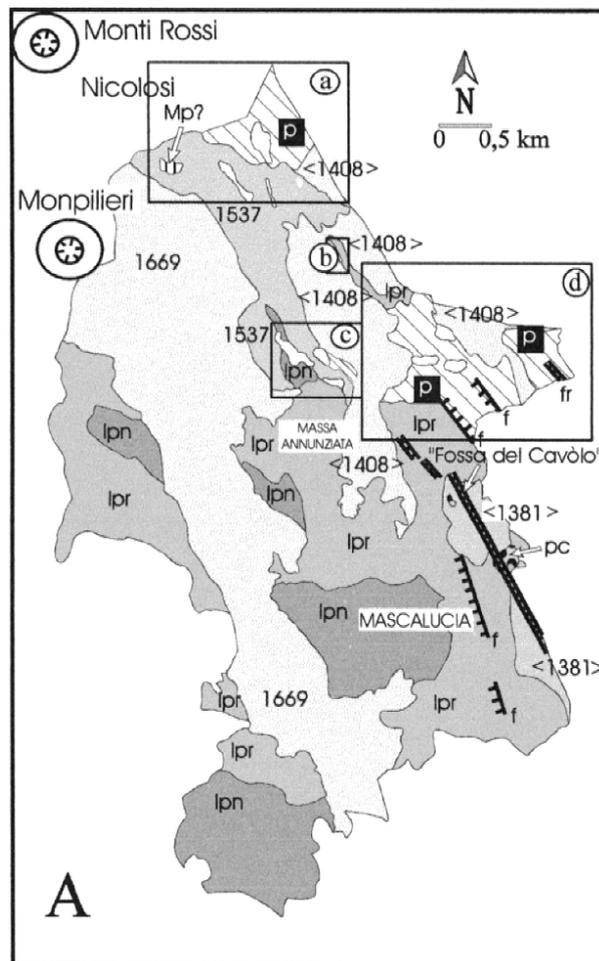


Fig. 28 – Schema geologico-strutturale del territorio di Mascalucia modificato dalla Carta Geologica del Monte Etna (AA.VV., 1979) (da La Delfa et al., 2000).

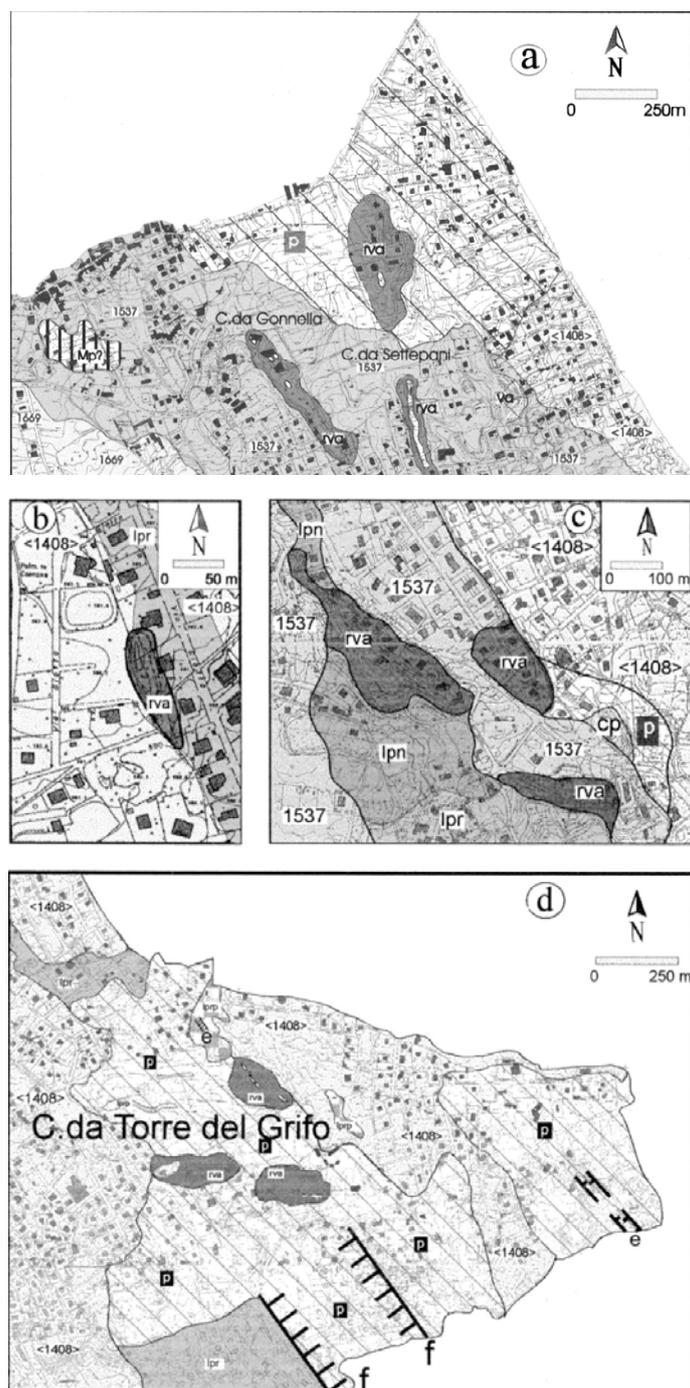


Fig. 29 – Schemi geologici delle aree del territorio comunale di Mascalucia analizzate in La Delfa et al. (2000)(per la localizzazione v. Fig. 28)

Dagli schemi geologici appare evidente, coerentemente con quanto desumibile dai dati di sottosuolo, la predominanza dei terreni di natura vulcanoclastica (p in Fig. 29) che caratterizzano le aree limitrofe a numerosi resti di edifici vulcanici con associati dicchi (rva in Fig. 29), a testimonianza della diffusione di fessure eruttive anche a nord della



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

frattura del “cavòlo”. E' particolarmente significativa l'estensione degli affioramenti delle piroclastiti nella zona di C/da Torre del Grifo (Schema d in Fig. 29), dove il sondaggio 087024P91 attraversa 30 m di una successione vulcanoclastica, parzialmente sepolta dalla colata lavica del 1408.

I resti degli edifici vulcanici ricostruiti da La Delfa et al. (2000) corrispondono in gran parte alle “aree ad intensa attività geodinamica” segnalate negli studi geologici allegati al PRG del 1995. Queste aree stralciate dal PRG sono state successivamente oggetto di ulteriori studi propedeutici alla revisione dell'intero piano. In seguito agli aggiornamenti è stata redatta, tra le altre, una Carta della Pericolosità Sismica (Fig. 30), dove le zone stralciate dal PRG vengono raffigurate come zone sismiche allungate prevalentemente in direzione NO–SE, parallelamente al trend principale delle fessure eruttive riconosciute nel territorio comunale. Secondo gli studi di approfondimento, solo alcune delle aree stralciate dal PRG in quanto ad “alta attività geodinamica”, indicate come Zona sismica C, mostrano effettivamente la presenza di fratture eruttive, mentre tutte le altre sono state inserite in una generica Zona Sismica A. Questa comprende le aree di affioramento di lave ad elevata fratturazione, le aree con presunti elementi morfologici sepolti e quelle nelle quali non vi è stato alcun riscontro oggettivo di strutture o elementi morfologici generatori di fenomeni di amplificazione del moto del suolo in caso di evento sismico.

Le deduzioni riguardanti le diverse Zone Sismiche della Carta della Pericolosità Sismica sono state inserite all'interno della Carta della Pericolosità Geologica che chiarisce meglio il rapporto tra le zone evidenziate e gli elementi tettonici e vulcano-tettonici riscontrati terreno o presunti (Fig. 31).

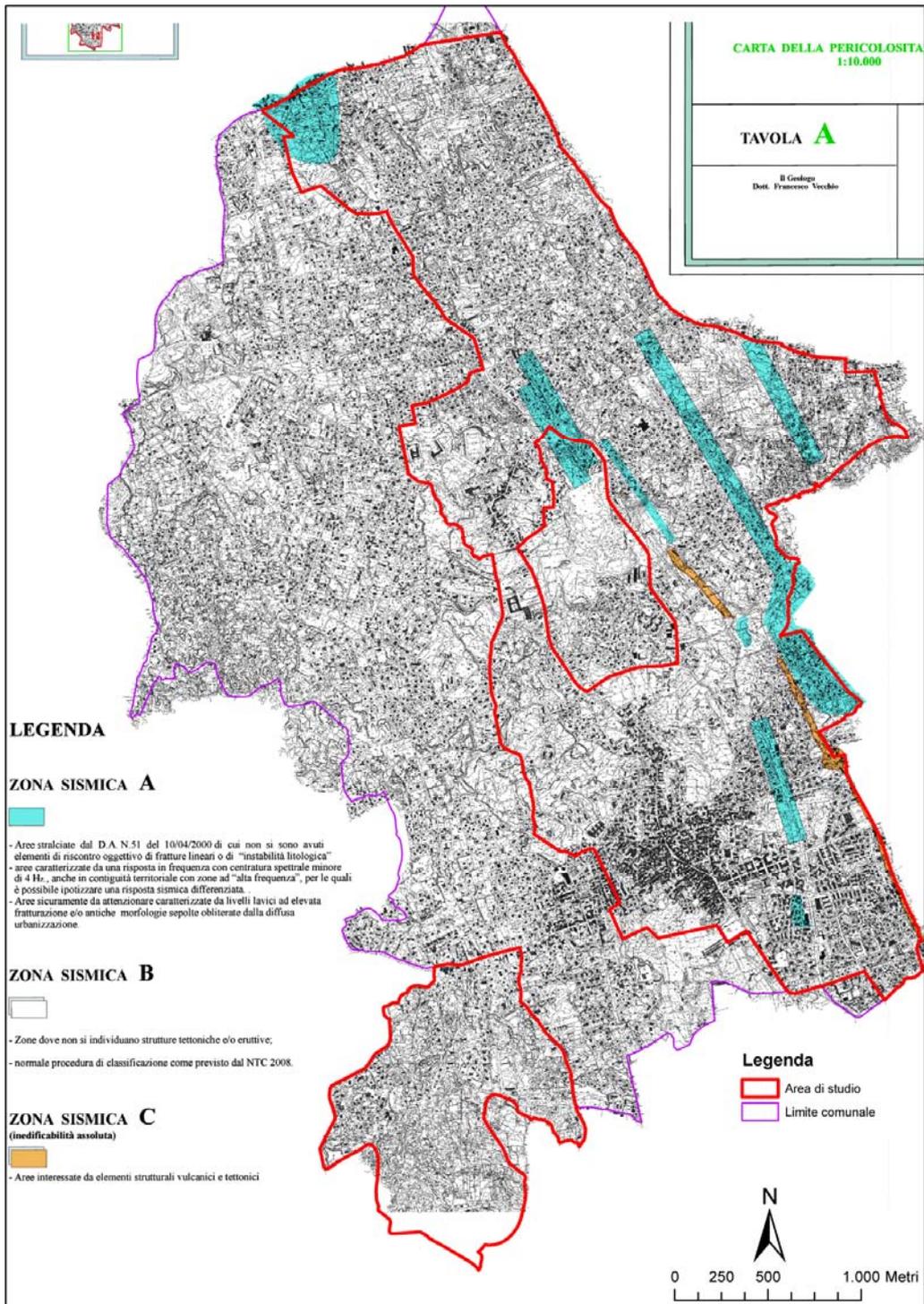


Fig. 30 - Carta della pericolosità sismica (tavola A) dello studio geologico del territorio comunale di Mascalucia - Variante al P.R.G. delle aree stralciate dal D.A. 51/DRU del 10/04/2000.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

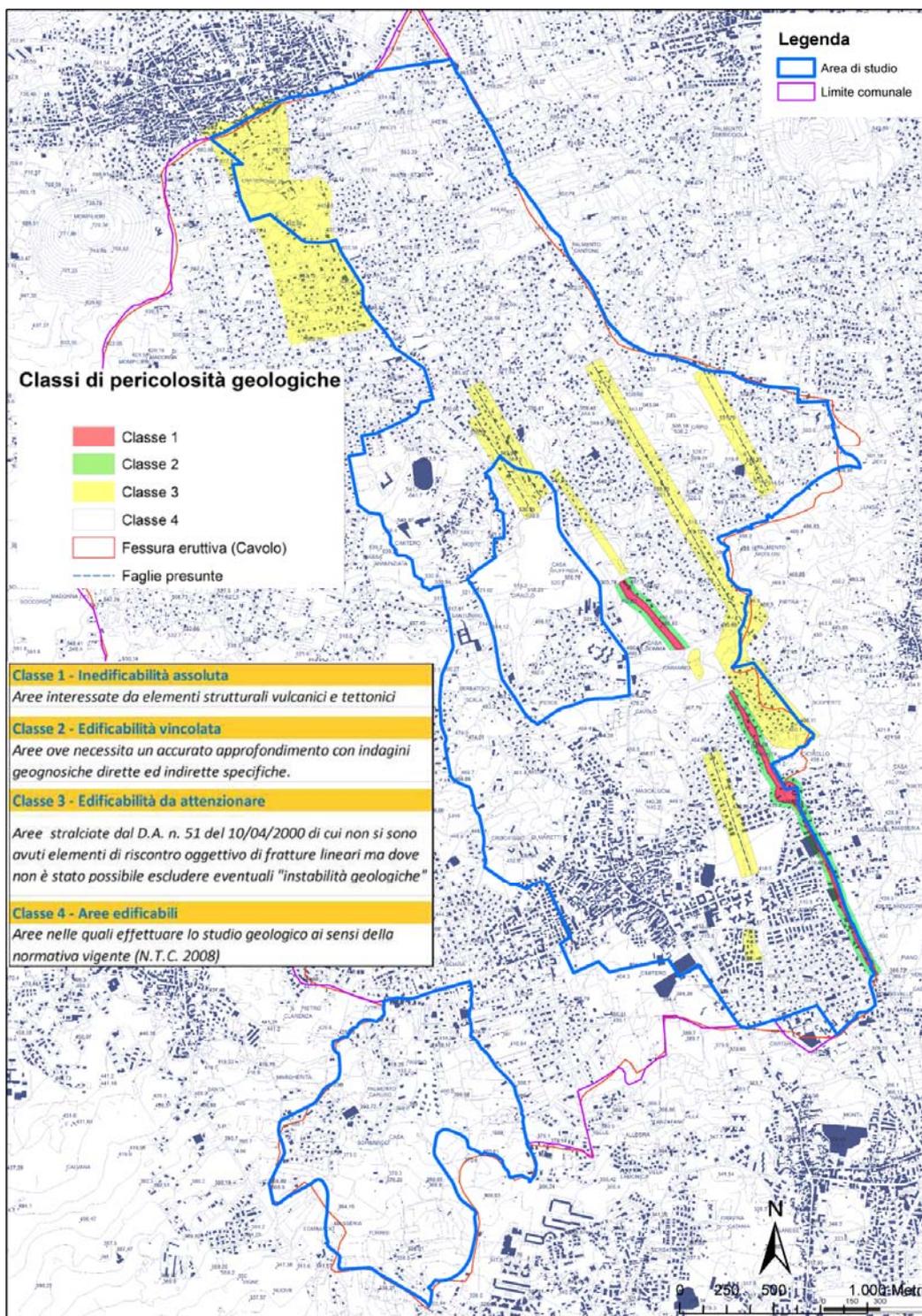


Fig. 31 – Carta delle pericolosità geologiche (Tav. 4) dello studio geologico propedeutico alla revisione del P.R.G.

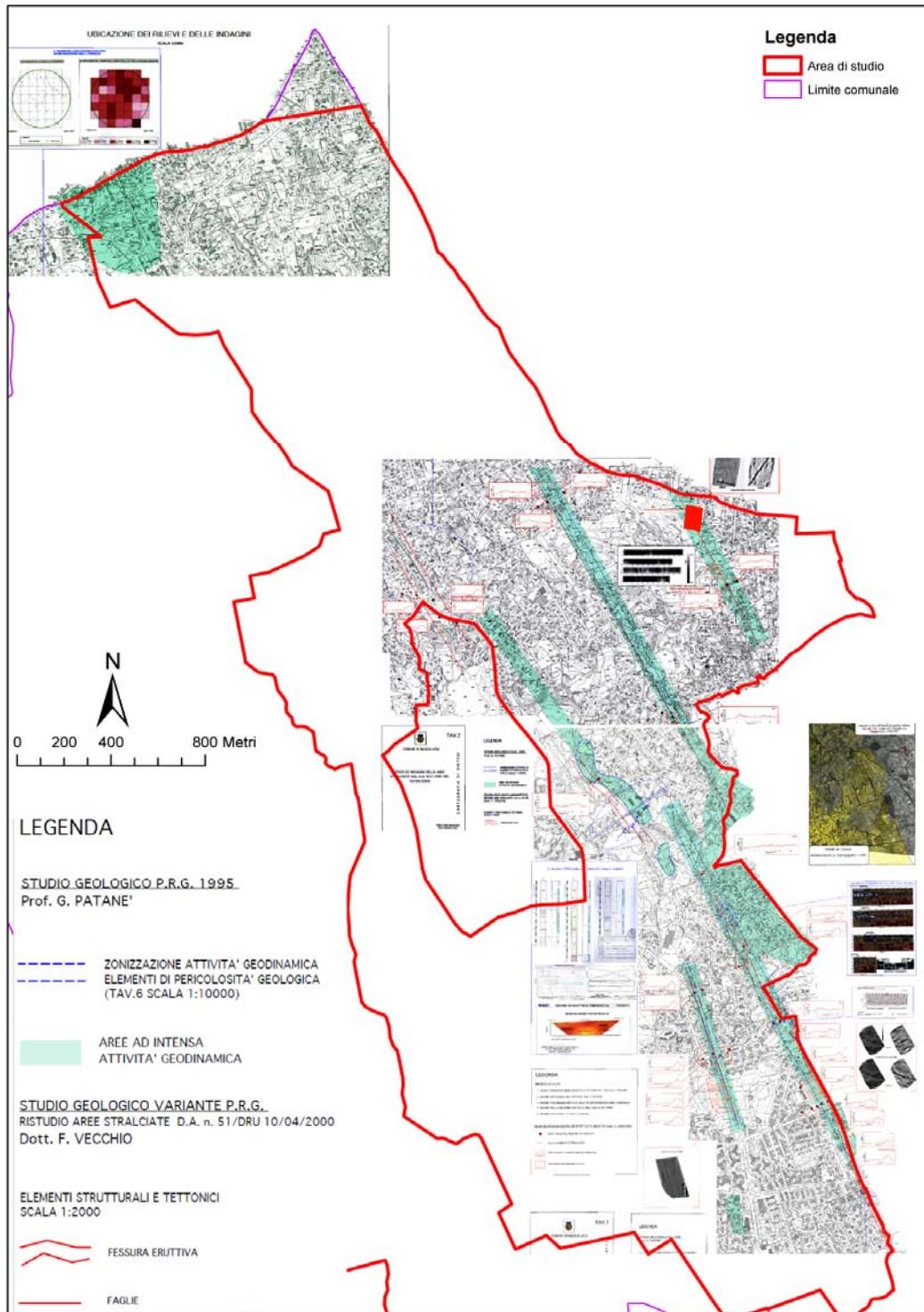


Fig. 32 - Ubicazione dei rilievi delle indagini (tavola 1 e 2) dello studio geologico relativo alle aree interessate da elementi strutturali lineari nel comune di Mascalucia in ottemperanza al DA 51/DRU del 10/04/2000.

Le zone sismiche A e C sono state oggetto di numerosi studi di carattere geofisico (Fig. 32) i cui risultati sono ampiamente discussi nei capitoli successivi.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Le indagini svolte da La Delfa et al. (2000) hanno fornito ulteriori informazioni particolarmente preziose sull'andamento del basamento conduttivo (Fig. 33), coincidente con il tetto delle successioni sedimentarie impermeabili del substrato pre-vulcanico, utilizzato anche nella Carta Idrogeologica allegata agli studi propedeutici alla revisione del PRG (Fig. 34). I dati di sottosuolo chiaramente indicano che la successione di lave affioranti nella zona di Mascalucia ricopre un alto morfologico del basamento sedimentario sub-vulcanico, orientato circa N-S delimitato da entrambi i lati e verso sud, da depressioni vallive, particolarmente accentuate nel settore ad est e a sud della culminazione.

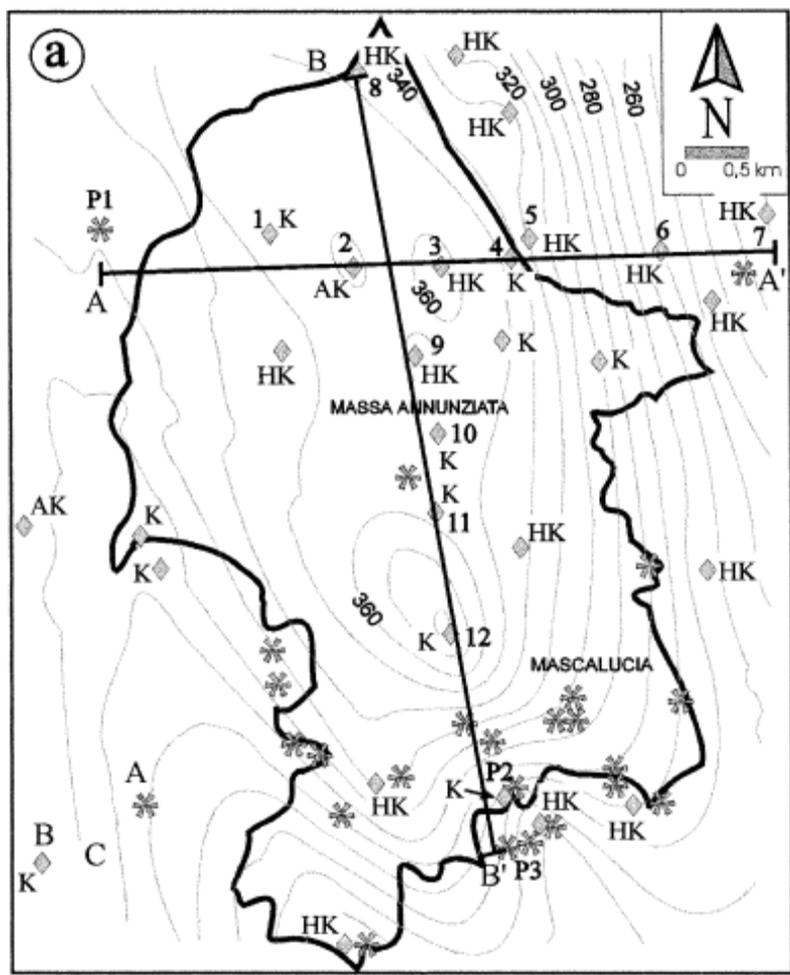


Fig. 33 - Isoleee del basamento conduttivo del Monte Etna (da La Delfa et al., 2000).

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

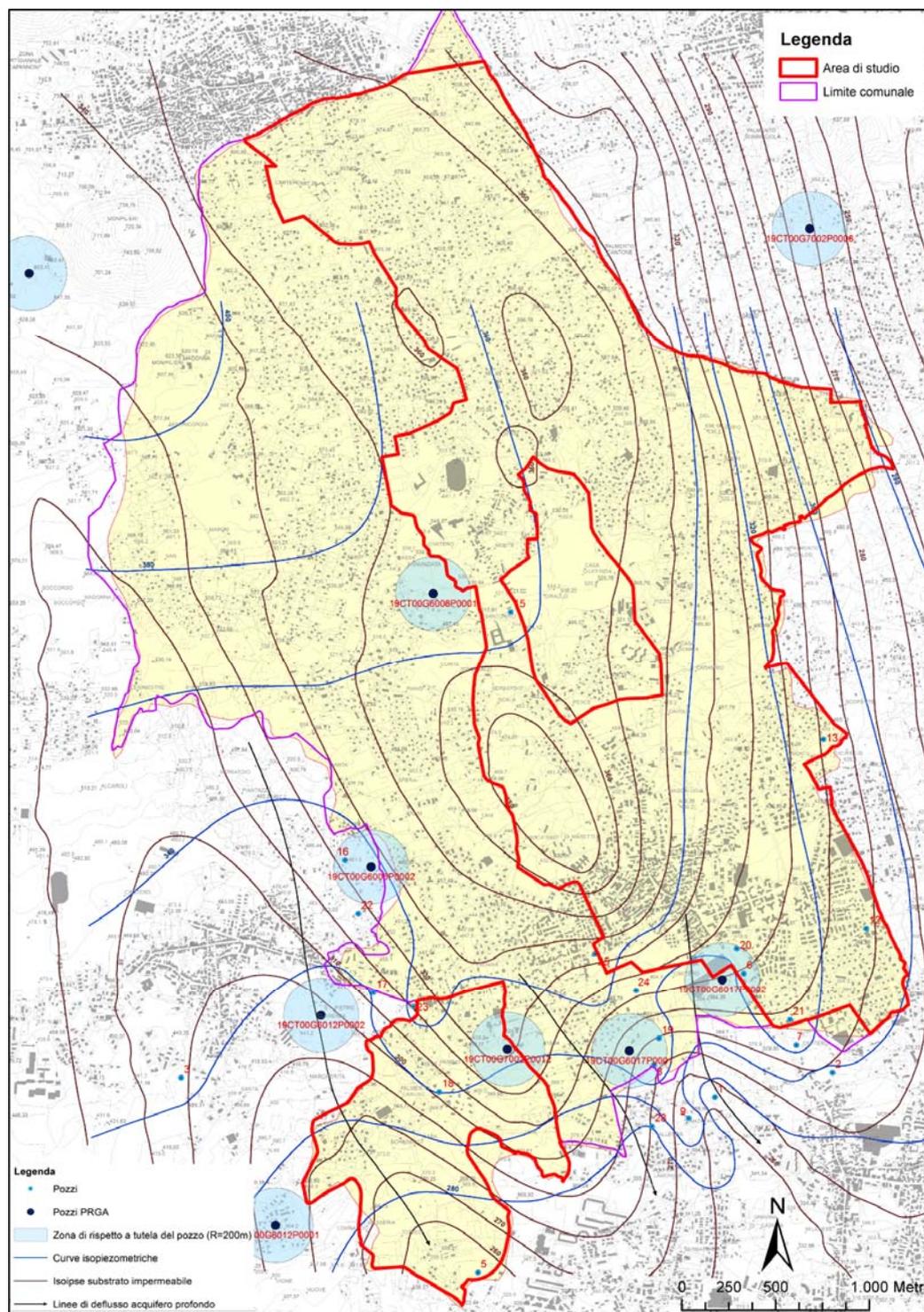


Fig. 34- Carta idrogeologica (Tav. 3) dello studio geologico propedeutico alla revisione del P.R.G.

Il dato geofisico di sottosuolo è in ottimo accordo con i dati geologici di superficie (AA.VV., 1979) che indicano la presenza a Mascalucia di una sequenza ridotta delle lave recenti, rispetto a quelle affioranti nelle aree adiacenti, in corrispondenza delle valli sepolte.

La successione geolitologica affiorante nel territorio comunale di Mascalucia, utilizzata ai fini della redazione della carta geologico-tecnica, è stata ricostruita integrando le informazioni derivanti dalla cartografia geologica disponibile in Letteratura con i dati relativi alla Carta Geologica allegata al PRG e ai successivi studi di revisione. I dati pregressi sono stati reinterpretati alla luce dei risultati di rilievi originali speditivi e di una accurata analisi di foto aeree, mirati essenzialmente alla ricostruzione della reale distribuzione in superficie dei livelli vulcanoclastici attraversati dai diversi sondaggi effettuati nell'area. I rilievi effettuati hanno evidenziato che le vulcanoclastiti affioranti sono riferibili a due differenti tipologie di prodotti. Le vulcanoclastiti affioranti nel settore nord-orientale dell'area investigata costituiscono gli apici di edifici piroclastici, parzialmente sepolti dalle lave storiche e recenti, che si sono sviluppati lungo il sistema di fessure eruttive che attraversa l'area. Le vulcanoclastiti affioranti nelle aree occidentali costituiscono orizzonti che separano i livelli massivi delle colate laviche sovrapposte, in gran parte coincidenti con le porzioni scoriacee delle stesse colate laviche, cui non si esclude siano associati anche i prodotti distali degli edifici posti ad est, difficilmente distinguibili per l'estrema urbanizzazione dell'area e la scarsa o nulla esposizione di affioramenti significativi. Le geometrie associate alle due tipologie di vulcanoclastiti sono riportate nei profili dell'**Allegato 1**. I profili evidenziano che ingenti volumi di vulcanoclastiti sono riferibili ad attività di edifici di età protostorica, i cui prodotti sono intercalati alle lave assegnate nella cartografia ufficiale all'intervallo temporale 4 ka-122 a.C. (profilo A-A' in **Allegato 1**). Le lave poste alla base degli edifici sono state indicate come "colate laviche di base", mentre le lave che aggradano sui fianchi degli edifici sono state indicate come "lave storiche e protostoriche". Intercalati alle lave storiche sono stati



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
rappresentati i livelli piroclastici di età più recente, ricoperti dai flussi lavici più recenti
(es. profilo B-B' in **Allegato 1**).

Nella carta Geologico-Tecnica per gli studi di Microzonazione sismica le unità riconosciute sono state rappresentate seguendo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica-Versione 2.0beta-II”, per quel che riguarda le tipologie già codificate, mentre si è fatto ricorso per la prima volta alle nuove suddivisioni dei terreni vulcanici, secondo una nuova codifica di campi concordata con il Dipartimento di Protezione Civile Nazionale e Regionale. Questa prevede l’attribuzione dei prodotti lavici alternativamente al substrato geologico, indicandoli come alternanza di litotipi stratificata, o alle coperture, catalogandoli in funzione della geometria e della giacitura in rapporto ai terreni sedimentari.

Tutti i terreni affioranti, di natura esclusivamente vulcanica, ricoprono una paleotopografia molto incisa su un substrato profondo costituito dalle successioni sedimentarie pre-etnee. A causa di queste geometrie, l’intera successione affiorante è stata assegnata ai terreni di copertura.

Nella suddivisione dei terreni vulcanici sono state distinte le porzioni massive delle colate laviche (LC nella Carta Geologico-Tecnica) che sono state classificate, secondo la codifica provvisoria, come “lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate”. Le porzioni scoriacee e le vulcanoclastiti degli edifici sepolti sono state invece indicate, sulla base della loro granulometria, come GWsc, se a granulometria grossolana, e SWsc, se a granulometria prevalente sabbiosa.

Nella legenda della carta sono stati utilizzati sovrassegni areali per indicare la presunta estensione in profondità, al di sotto delle lave, degli edifici piroclastici riconosciuti e le aree con cavità sepolte.

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-vulcanico. La cartografia pregressa da cui attingere le informazioni per la realizzazione degli studi di primo livello, a prescindere dalla scala di dettaglio, è stata basata su suddivisioni dei terreni lavici in unità litostratigrafiche che, fatta eccezione per le colate storiche per le quali sono stati tracciati i limiti, raggruppano più colate laviche senza fornire comunque alcun dettaglio sulla variabilità laterale e verticale dei prodotti. Si è reso dunque necessario procedere ad integrazioni dei rilievi con analisi mirate all'individuazione, laddove possibile, dei contorni delle singole colate e, all'interno di queste, dei singoli flussi lavici. Nella Carta Geologico-Tecnica sono stati ricostruiti, con un grado di affidabilità dipendente dalle effettive esposizioni in superficie, i limiti delle singole colate laviche, 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. 35).

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

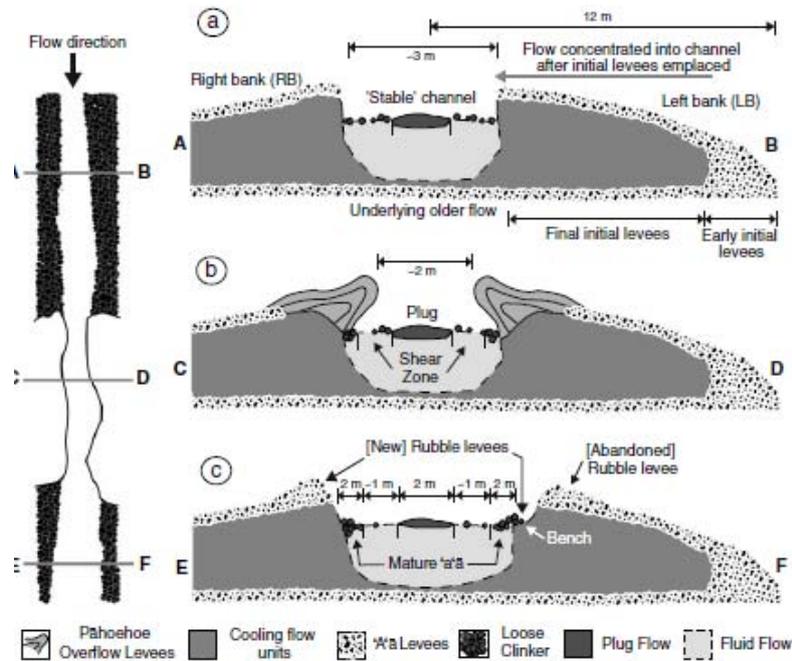


Fig. 35 – Profili di flusso attraverso colate laviche canalizzate nei suoi diversi settori (da Bailey et al., 2006).

Infine, nella Carta Geologico-Tecnica è stata inserita come faglia attiva presunta, la traccia della Faglia di Nicolosi-Tremestieri, così come segnalata da alcuni autori (Bonforte et al., 2011; Barreca et al., 2013) (Fig. 36). Tale struttura indicata come sepolta è ritenuta sismogenica, attraverserebbe con direzione NO-SE l'area 1 di studio. Permangono comunque notevoli incertezze non solo sull'ubicazione, ma anche sulla reale esistenza della struttura e sulla sua incidenza come fascia soggetta a potenziali instabilità.

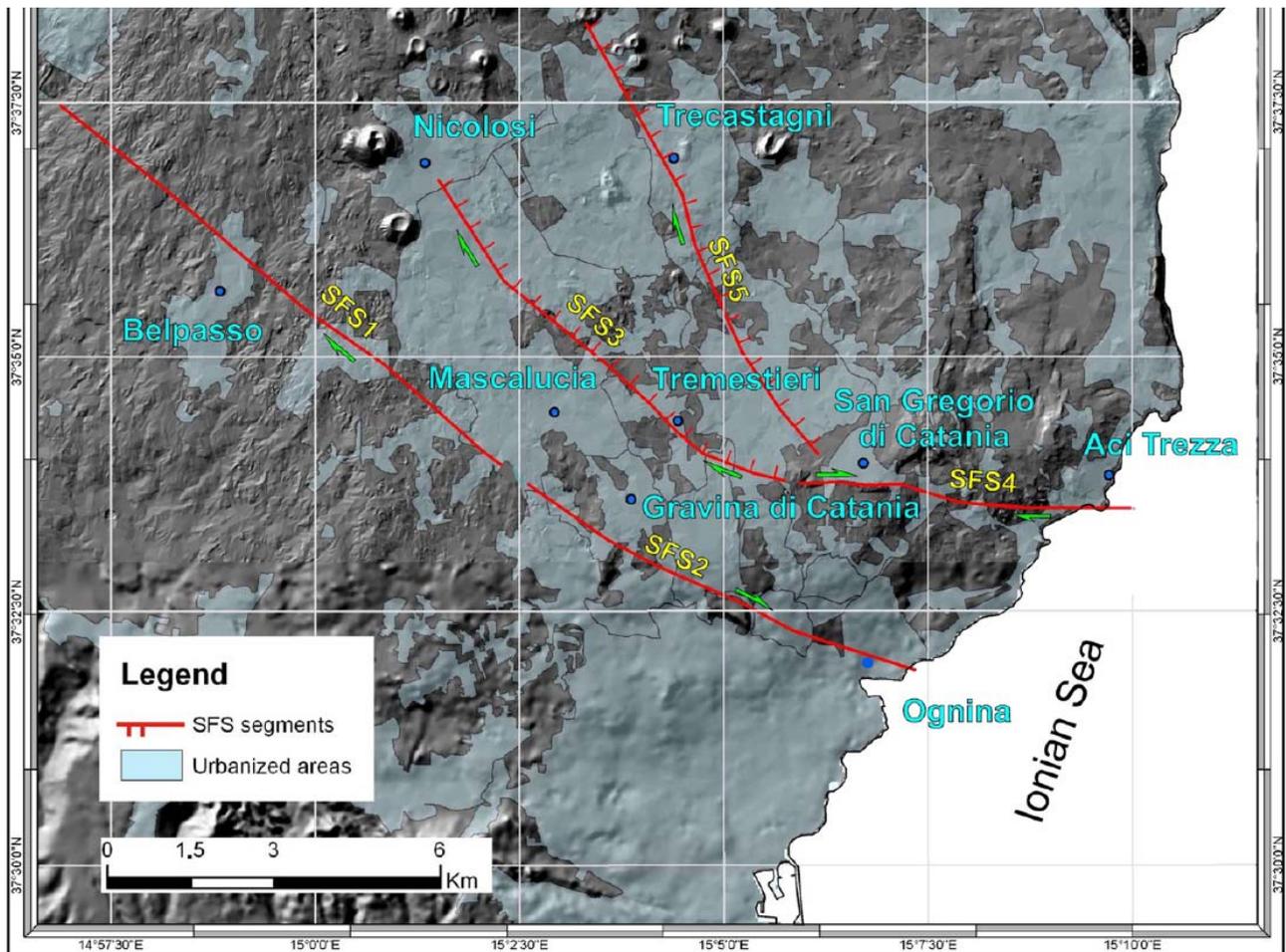


Fig. 36 - Schema strutturale georeferenziato del basso versante sud-orientale etneo, in cui viene la faglia di NicolosiTremestieri che attraversa il territorio comunale di Mascalucia è rappresentato con l'acronimo SFS3 (da Barreca et al., 2013 modificato).

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

4. Dati geotecnici e geofisici

I dati geotecnici e geofisici disponibili per l'area di studio, derivano da n. 221 indagini complessive, di cui n. 202 indagini pregresse e n. 19 nuove indagini geofisiche HVSR, realizzate nel presente studio dall'Università di Catania. Le indagini, archiviate secondo gli "Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica - Versione 2.0beta-II", si suddividono in n. 165 indagini puntuali e n. 56 indagini lineari. L'insieme delle indagini puntuali e lineari (per l'ubicazione si veda la Carta delle Indagini) sono schematizzate per tipologia nelle sottostanti tabelle 2 e 3, rispettivamente:

Indagini Puntuali	Geologia (GG)		Geofisica (GF)			Geotecnica in sito (GS)	Geotecnica di laboratorio (GL)	
	S	SC	HVSR (Unict)	HVSR	DH	SPT	SM	TD
165	49	24	19	32	2	11	15	13

Totale			
GG	GF	GS	GL
73	53	11	28

Tab. 2 - Insieme delle indagini puntuali relative all'area di studio. Le sigle si riferiscono al tipo d'indagine, secondo gli "Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica - Versione 2.0beta-II"

Indagini Lineari	Geofisica (GF)			Geoelettrica (GE)
	MASW	RAD	SR	ERT
56	10	4	29	13

Tab. 3 - Insieme delle indagini lineari relative all'area di studio. Le sigle si riferiscono al tipo d'indagine, secondo gli "Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica - Versione 2.0beta-II"

I dati pregressi derivano da indagini effettuate per lo studio geologico a supporto del Piano Regolatore Generale realizzato nel 1995, per lo studio geologico propedeutico alla revisione del Piano Regolatore Generale del 2012, e a indagini effettuate per la progettazione di opere pubbliche e private, messe a disposizione dall'amministrazione comunale di Mascalucia e dal Dipartimento Regionale di Protezione Civile.

I terreni oggetto di studio sono stati classificati utilizzando il sistema USCS (Tab. 4). Con alcune modifiche, tale classificazione è stata recepita negli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica-Versione 2.0beta-II", che prevede la suddivisione in cinque gruppi principali a loro volta suddivisi in sottogruppi in relazione ad alcune proprietà indice, tradotta in legenda della Carta Geologico-Tecnica secondo la tabella 5. I terreni affioranti nell'area e riconosciuti nella stratigrafia dei sondaggi sono stati, quindi, raggruppati secondo le categorie previste dalla legenda. Per ogni categoria riconosciuta, si sono raccolte tutte le informazioni disponibili sui principali caratteri geotecnici che sono stati riassunti nella serie di schede riportate nell'**Allegato 3** alla presente relazione. Nelle schede, per ciascun indagine o campione è riportato il codice identificativo dell'indagine puntuale (ID_INDPU) o del parametro puntuale (ID_PARPU), la litologia, e il codice identificativo dell'indagine lineare (ID_INDLN).

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

Tab. 5 - Legenda della carta geologico-technica per la microzonazione sismica: terreni di copertura

Le indagini geognostiche consistono in n. 49 sondaggi meccanici a carotaggio continuo che raggiungono profondità variabili da 7 m a circa 30 m, distribuiti in quasi tutta l'area di studio, ad eccezione del settore settentrionale dell'area 1 di studio, a nord di C/da Torre del Grifo, del settore sud-orientale dell'area 1 di studio e del settore settentrionale dell'area 2 di studio. Tali sondaggi hanno permesso di ricostruire una successione litostratigrafica costituita principalmente dalla sovrapposizione di diverse colate laviche storiche alcune delle quali sono caratterizzate da porzioni scoriacee al top, spesse anche oltre i 5 m, mentre nei settori orientali sono presenti depositi vulcanoclastici, spessi anche oltre 30 m, che danno luogo a edifici, localmente ricoperti da colate laviche più recenti (vedi Capitolo 3).



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

I dati geotecnici e geofisici disponibili relativi ai litotipi della successione costituita da colate laviche storiche sovrapposte con porzioni scoriacee più o meno spesse, sono di seguito elencati facendo riferimento alla località in cui sono state effettuate le indagini:

- Nei sondaggi di C/da S. Margherita, a sud di Casa Schimmicci, nell'area 2 di studio, sono state attraversate sia lave compatte fratturate a tratti bollose, aventi RQD (Rock Quality Designation) costante pari al 50%, che porzioni scoriacee ghiaiose e sabbiose (GW) in cui state effettuate due prove SPT (087024P33SPT33, 087024P35SPT38) entrambe andate a rifiuto (tab. 1 dell'**Allegato 3**). I parametri geotecnici proposti per le porzioni scoriacee, quali peso di volume pari a 19 kN/m³, coesione nulla e angolo d'attrito interno pari a 32°, sono stati forniti sulla "scorta di prove geotecniche di laboratorio effettuate su campioni di analoga litologia" mentre per le lave di copertura (LC) "ricorrendo ai criteri che governano la meccanica delle rocce" sono stati distinti i parametri geotecnici delle lave bollose, aventi peso di volume pari a 20 kN/m³, coesione nulla e angolo d'attrito interno pari a 34°, e delle lave compatte caratterizzate da peso di volume pari a 24 kN/m³, coesione nulla e angolo d'attrito interno pari a 39° (tab. 2 dell'**Allegato 3**). Tali valori vengono considerati poco attendibili in quanto forniti senza l'ausilio di indagini di laboratorio a noi pervenute. L'indagine MASW effettuata nei dintorni di C/da S. Margherita (087024L53MASW55) fornisce un valore di Vs30 di 274 m/s (tab. 3 dell'**Allegato 3**).
- Nelle stratigrafie dei sondaggi dei settori meridionali dell'area 1 di studio a sud-ovest della traccia del profilo C-C' dell'**Allegato 1**, relative allo studio per il "progetto dei lavori di costruzione della strada di P.R.G. tra la Via Roma e la Via

Polveriera”, vengono distinte lave compatte mediamente fratturate caratterizzate da valori di RQD oltre il 90%. A causa della presenza degli orizzonti scoriacei incoerenti, i valori dei parametri geotecnici della successione lave–scorie, vengono così proposti: peso di volume $\gamma' = 18 - 20 \text{ kN/m}^3$; coesione $c' = 0 \text{ kPa}$; angolo di attrito interno $\varphi' = 30^\circ - 40^\circ$. Anche in questo caso, questi valori vengono considerati poco attendibili in quanto forniti senza l’ausilio di indagini di laboratorio a noi pervenute.

- Dati geofisici relativi a velocità V_p vengono presentati nello studio geologico per la “realizzazione fognatura urbana 3°lotto” (tab. 4 dell’**Allegato 3**). Nei dintorni del cimitero, poco a est del limite sud–orientale dell’area 1 di studio, le stratigrafie dei sondaggi 087024P54S67 e 087024P55S70, che raggiungono i 7 m di profondità, mostrano una successione costituita da scorie laviche a granulometria sabbiosa e ghiaiosa spesse 5,6 m e 7 m, rispettivamente. Nel primo sondaggio i terreni scoriacei poggiano su lave fratturate caratterizzate da RQD pari al 74%. Tra le due indagini è stato effettuato un profilo di sismica a rifrazione (087024L31SR33) in cui vengono distinti tre sismostrati: il primo, associabile al suolo, è caratterizzato da velocità V_p pari a circa 340 m/s, il secondo dovrebbe corrispondere alle scorie laviche ed è caratterizzato da V_p media di 525 m/s e, infine, il terzo mostra V_p pari a 1930 m/s e potrebbe rappresentare le lave fratturate frammiste alle scorie (tab. 4 dell’**Allegato 3**). Altre 5 traverse sismiche realizzate nel settore meridionale dell’area 1, dove affiorano lave di copertura con presenza di porzioni scoriacee, mettono in evidenza sempre tre sismostrati: il primo livello superficiale, spesso mediamente circa 1 m, è caratterizzato da V_p medie di 380 m/s; il secondo sismostrato, associabile a livelli scoriacei ghiaiosi e sabbiosi spesso circa 5 m ha V_p media di 730 m/s; infine il terzo sismostrato, riscontrato da circa 5 a 8 m di profondità, è caratterizzato da velocità V_p variabili da 1500 a 2300 m/s circa e dovrebbe rappresentare banconi di lave intensamente fratturate e fessurate, frammisti a sporadici livelli lavici scoriacei, (tab. 4 dell’**Allegato 3**).



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

- In corrispondenza dell'ex Chiesa di S. Nicolò (area 1 di studio) sono disponibili 6 sondaggi geognostici che raggiungono profondità relativamente basse, comprese tra 5,7 m e 8,2 m. La successione attraversata è costituita da porzioni scoriacee ghiaiose sabbiose all'interno delle quali a profondità maggiori di 2 m dal p.c. si osservano lave più o meno fratturate di spessore inferiore ai 3 m. I valori dell'RQD delle lave variano tra 45% e 80% (tab. 5 dell' **Allegato 3**).
- Nel quartiere Trinità (area 1 di studio) in corrispondenza della traccia del profilo C-C' (vedi **Allegato 1**) la successione di colate laviche con porzioni scoriacee è rappresentata da scorie laviche sabbiose e ghiaiose spesse fino a circa 8 m poggianti su lave, ricostruita dai sondaggi geognostici 087024P45S48, 087024P46S49 e 087024P47S51. Sulla base dell'Nspt ottenuto da due prove penetrometriche realizzate negli ultimi due sondaggi, sono stati stimati i parametri geotecnici delle porzioni sabbioso-ghiaiose scoriacee. In particolare sono stati misurati valori dell'Nspt pari a 77 e 44 rispettivamente in sabbie con ghiaie e in sabbie, da cui tramite correlazioni empiriche di letteratura è stata stimata una densità relativa pari a circa 65%, e un angolo di attrito interno di 50° e 37°. I valori di ulteriori parametri stimati sono rappresentati nelle tab. 6 dell'**Allegato 3**. Nelle lave massive perforate, per circa 2 m, alla fine dell'indagine 087024P47S51, caratterizzate da RQD pari a 46%, sono stati prelevati due campioni sottoposti ad analisi di laboratorio, che hanno permesso di determinare i valori del peso di volume, pari a 24,61 e 24,42 kN/m³, e di resistenza a compressione monoassiale, pari a 782 e 901 kg/cm² (tab. 7 dell'**Allegato 3**). In quest'area sono state effettuate inoltre tre tomografie elettriche investigando profondità variabili tra gli 8 e i 17 m,

che mostrano nel loro insieme un campo di variabilità della resistività compreso tra i 330 e i 7500 Ohm*m. Nel dettaglio la tomografia 087024L10ERT10, che raggiunge gli 8 m di profondità, mostra valori di resistività che variano tra 720 e 6870 Ohm*m, ed è caratterizzata da una distribuzione degli elettrostrati piuttosto irregolare. I terreni a più bassa resistività hanno uno spessore di circa 4–5 m e si approfondiscono nella parte centrale del profilo. I livelli con valori a resistività più alta invece hanno uno spessore di circa 2 m tra le distanze 16 e 26 m, mentre risultano immersi in terreni a resistività media di 2000 Ohm*m, ad una profondità di 5 m. La tomografia 087024L11ERT11 raggiunge una profondità massima di circa 17 m con valori di resistività compresi tra 330 e 6850 Ohm*m. La distribuzione degli elettrostrati è piuttosto irregolare, individuandosi una fascia superficiale con resistività comprese tra 700 e 2800 Ohm*m avente uno spessore medio di circa 3 m, mentre da 48 m a 80 m dall'origine si osserva un'alta resistività a profondità compresa tra 3 e 12 m, mentre in due settori distinti intorno a 7 m e a 30 m dall'origine l'alta resistività è superficiale. I valori di resistività più bassi si rinvencono a una profondità media di circa 15 m. Infine la tomografia 087024L12ERT12 raggiunge la massima profondità di circa 15 m con valori di resistività variabili tra 330 e 7200 Ohm*m. La distribuzione degli elettrostrati è piuttosto regolare con passaggi pressoché piano paralleli. Per tutto il profilo eccetto il tratto tra 6 e 12 m, si ha un elettrostrato superficiale con resistività media di 1800 Ohm*m e spessore medio di 3 m. A tale profondità si passa a un orizzonte a più alta resistività spesso 8–9 m. Al di sotto di questo orizzonte si ha un terzo elettrostrato con valori di resistività più bassi <700 Ohm*m. In conclusione, le tre indagini tomografiche confermano l'estrema variabilità, sia laterale che verticale, dei terreni lavici dovuta sia al differente grado di fratturazione che alla presenza di porzioni scoriacee intervallate alle lave compatte.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

- Nei pressi di Via Case Nuove (area 1 di studio), in corrispondenza della parte centrale della sezione geologica B – B' (**Allegato 1**), per lo studio geologico relativo alla “costruzione di una struttura scolastica polivalente” sono stati realizzati 6 sondaggi geognostici che hanno permesso di ricostruire una successione litostratigrafica costituita da lave sia massive che vacuolari, più o meno fratturate e spesse fino a circa 10 m, che si alternano a sabbie e ghiaie vulcaniche di spessore fino a circa 9 m. Nel corso del sondaggio 087024P50 è stata effettuata una prova SPT nelle sabbie e ghiaie, alla profondità di 8 m circa, andata a rifiuto (tab. 8 dell'**Allegato 3**). Inoltre, in 5 sondaggi su 6 sono stati prelevati 5 campioni disturbati per analisi di laboratorio, di cui 3 nelle lave e due in sabbie e ghiaie. Le lave basaltiche sono caratterizzate da porzioni più o meno fratturate con RQD variabile da 10% a 100% a seconda del grado di fratturazione (tab. 9 dell'**Allegato 3**). Nei tre campioni di lave le prove di compressione monoassiale effettuate danno valori del carico unitario a rottura normalizzato variabili da 423 a 1878 kg/m² (tab. 10 dell'**Allegato 3**). Nei due campioni di sabbie e ghiaie sono state effettuate analisi di laboratorio su campione (SM) e prove di taglio diretto (TD). I parametri geotecnici così ottenuti sono: peso di volume γ 18,7 kN/m³, indice dei vuoti e 0,56 e 0,52, contenuto d'acqua w 11,2% e 8,5%, analisi granulometrica sabbia 70,74% e 78,4%, ghiaia 15,33% e 17,3%, coesione c' 0 e angolo di attrito interno φ' 32° e 34° (tab. 11 dell'**Allegato 3**). Le indagini geofisiche effettuate consistono in una tomografia elettrica (Fig. 37) e in 4 profili sismici a rifrazione. Secondo il report della tomografia elettrica, che raggiunge circa 13 m di profondità, “la distribuzione fortemente anisotropa dei valori di resistività è coerente con la

natura vulcanica dei mezzi attraversati. In particolare possono essere discriminati tre mezzi fisici rappresentativi: conduttivo-resistivi, resistivi e altamente resistivi. Tale sequenza può essere associata a litologie caotiche e rimaneggiate (conduttivo-resistive) che con l'aumentare della resistività si riferiscono a litologie sempre più coerenti e integre. Ai valori fortemente resistivi confinati secondo geometrie regolari potrebbe essere associata la presenza d'aria (cavità?) da verificare con indagine diretta". La tomografia elettrica era stata effettuata attraverso il sondaggio S5 (087024P52S64) che raggiunge i 30 m di profondità, per verificare o meno la presenza di possibili cavità. Successivamente è stato realizzato il sondaggio S6 (087024P53S66) le cui risultanze hanno escluso la potenziale presenza di cavità ipotizzate nella sezione tomografica (Fig. 37). Pertanto tale tipo di indagine non è risultata chiarificatrice in merito alla problematica riguardante la presenza di eventuali cavità sotterranee, ma evidenzia, ancora una volta, la grande eterogeneità litologica e in termini di grado di fratturazione delle colate laviche. Le traverse sismiche hanno consentito di distinguere uno strato aerato caratterizzato da V_p compresa tra 160 e 468 m/s, mentre il primo orizzonte rifrangente si rinviene tra le profondità 3 e 9 m ed è caratterizzato da V_p compresa tra 545 e 680 m/s (tab. 12 dell'**Allegato 3**). Per il calcolo teorico dei moduli elastici sono stati utilizzati i massimi dei valori medi delle traverse sismiche eseguite (tab. 13 dell'**Allegato 3**).

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

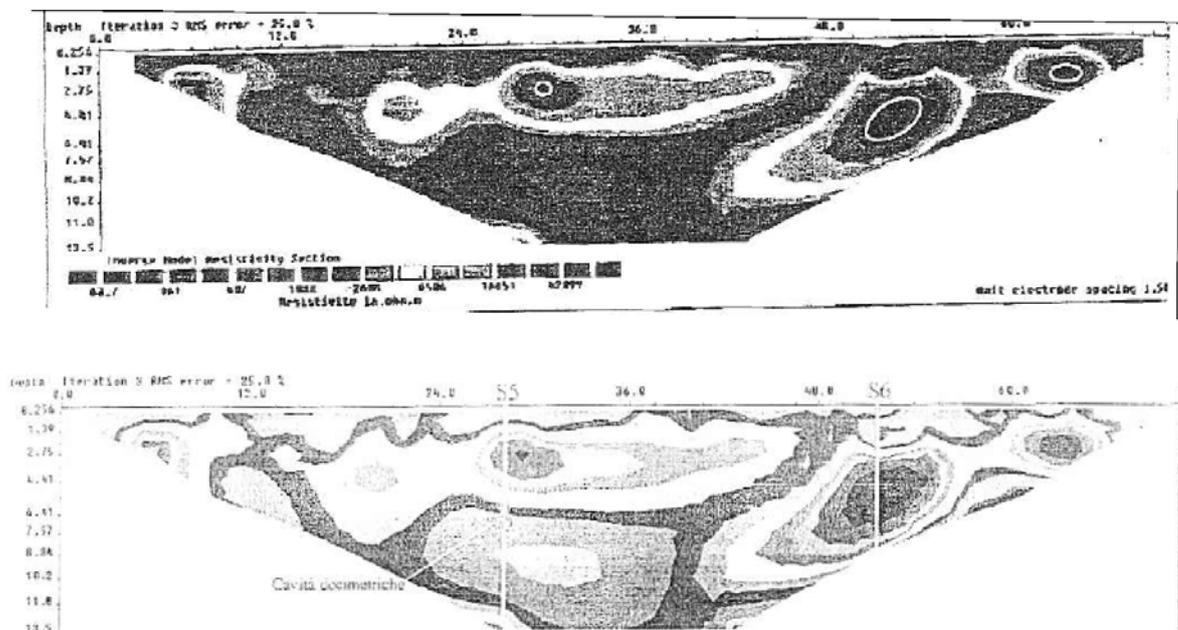


Fig. 37 – Tomografia elettrica 087024L13ERT13 con legenda in alto e con la proiezione dei sondaggi S5 e S6 in basso.

- In Via Santa Lucia (area 1 di studio) i dati geotecnici disponibili derivano dallo studio relativo al “progetto di prolungamento del II tratto circonvallazione nord, tratto di Via Mediterraneo dalla Via Etna alla Via Monte Cicirello”. Nei due sondaggi disponibili (087024P56S71 e 087024P57S72), proiettati nella sezione geologica B-B’ (**Allegato 1**), è stata attraversata una successione costituita da lave più o meno fratturate alternate a porzioni laviche scoriacee sabbiose e ghiaiose, e sono stati prelevati 5 campioni per analisi di laboratorio, 2 nelle lave e 3 nelle porzioni scoriacee sabbiose-ghiaiose. Le lave sono caratterizzate da valori dell’RQD variabile tra il 50% e il 100% (tab. 14 dell’**Allegato 3**), da peso di volume γ pari a 28,54 e 26,77 kN/m³ e da valori di carico a rottura normalizzato pari a 119,6 e 96,11 MPa (tab. 15 dell’**Allegato 3**). Le porzioni scoriacee sabbiose e

ghiaiose hanno peso di volume pari a 20,5, 19,81 e 19,51 kN/m³, contenuto in acqua di 8,1%, 13% e 11,59%, coesione nulla e angolo di attrito interno pari a 40°, 37° e 36° (tab. 16 dell'Allegato 3). Negli stessi studi sono stati forniti dati geofisici derivanti da tre traverse sismiche che hanno consentito di individuare due orizzonti, lo strato aerato spesso circa 3 m, caratterizzato da Vp comprese tra 290 e 350 m/s circa, e un primo rifratore situato a circa 6–9 m di profondità, con Vp variabili tra 590 e 720 m/s circa (tab. 17 dell'Allegato 3). Inoltre in corrispondenza della traversa sismica 087024L23SR23 è stata effettuata un'indagine Masw (087024L23MASW24), che ha permesso di ricavare le seguenti velocità Vs: da 0 a 2m di profondità, Vs=145 m/s, da 2 a 5 m, Vs=200 m/s, da 5 a 17 m, Vs=350 m/s e infine per profondità > 17m, Vs=800 m/s (tab. 18 dell'Allegato 3). Circa 250 m più a sud in Via Porto Marretti, il sondaggio geognostico 087024P58S76, realizzato per il “progetto per le opere di urbanizzazione ed infrastrutture a servizio degli insediamenti produttivi Artigianale–Via Porto Marretti”, ha attraversato, per 30 m di profondità, una successione costituita da scorie laviche sabbiose e ghiaiose spesse circa 5 m che poggiano su lave da vacuolari a massive più o meno fratturate con valori dell'RQD variabile dal 20% al 90% spesse circa 23 m, con alla base 2 m di scorie laviche sabbiose e ghiaiose. Inoltre, sono disponibili dati geofisici relativi a n. 4 tomografie elettriche, n. 1 prospezione sismica con tecnica tomografica e n. 1 indagine sismica con tecnica MASW, realizzate tra Via Porto Marretti e Via Santa Lucia. Le indagini di tomografia elettrica confermerebbero la presenza, a una profondità di circa 4–5 m dal p.c., di un corpo lavico lapideo continuo associato a valori di resistività compresa tra 1900 e 500 Ohm*m, ricoperto da scorie laviche sabbiose e ghiaiose caratterizzate da una più elevata resistività, > 5000 Ohm*m. L'indagine sismica tomografica 087024L30SR32 ha messo in evidenza un primo sismostrato spesso da 4 a 6 m circa, caratterizzato da Vp che vanno da circa 390 m/s a circa 650 m/s all'aumentare della profondità, correlabile con la porzione scoriacea superficiale



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

sabbiosa-ghiaiosa, e un secondo sismostrato di spessore non definito, caratterizzato da velocità > 650 m/s, correlabile con le lave più o meno fratturate (tab. 19 dell'**Allegato 3**). L'indagine Masw 087024L30MASW31, effettuata lungo il medesimo stendimento della tomografia sismica, ha fornito delle velocità V_s relativamente basse, comprese tra 220 m/s e 290 m/s nelle sabbie e ghiaie presenti nei primi 5 m di profondità, mentre per profondità maggiori rimangono costantemente a circa 350 m/s sia nelle lave più o meno fratturate che, oltre i 20 m di profondità, nelle lave con porzioni scoriacee. La V_{s30} calcolata per tale indagine è di circa 331 m/s (tab. 20 dell'**Allegato 3**). Infine sono stati ricavati i moduli elastici utilizzando le relazioni empiriche note in letteratura, partendo dai valori V_p e V_s osservati (tab. 21 dell'**Allegato 3**).

- A Massa Annunziata (area 1 di studio), circa 300 m a ovest del campo sportivo, nell'ambito del "progetto per la realizzazione di un plesso polivalente per n° 15 aule elementari e n° 6 aule medie inferiori e n° 3 sezioni scuola materna con palestra in località Massa Annunziata", sono stati realizzati 6 sondaggi spinti fino a circa 10 m di profondità, e 6 "traverse sismiche". I sondaggi attraversano una successione costituita da 2 m circa di "rifusa" (porzione scoriacea delle lave), da 6 m circa di lave più o meno fratturate e infine da altri 2 m di "rifusa". Nel corso delle indagini sono stati prelevati campioni non segnalati nelle stratigrafie dei sondaggi, ma dedotti dalle schede delle analisi di laboratorio. Nelle porzioni scoriacee sono stati prelevati 6 campioni sottoposti ad analisi granulometriche e a prove di taglio diretto. I risultati delle analisi di laboratorio indicano granulometrie prevalentemente sabbiose e ghiaiose (SW) nelle porzioni scoriacee, con valori di

coesione nulla e angolo di attrito interno compreso tra 34° e 36° (tab. 22 dell'Allegato 3). Nelle lave più o meno fratturate sono stati prelevati 2 campioni sottoposti a prove di compressione monoassiale, anche se non viene specificato il sondaggio da cui sono stati prelevati, le cui resistenze a rottura hanno valori di 256 e 675 kg/cm² (tab. 23 dell'Allegato 3). Le n.6 traverse sismiche hanno permesso di distinguere tre sismostrati: il più superficiale, spesso circa 2 m e caratterizzato da Vp comprese tra 300 e 700 m/s circa, è stato associato a materiale vulcanoclastico; il secondo sismostrato, spesso circa 4 m e caratterizzato da Vp comprese tra 700 e 1300 m/s circa, è stato associato a lave molto fratturate; infine il terzo sismostrato, di spessore indefinito e caratterizzato da Vp comprese tra 1700 e 2500 m/s, è stato associato a lave compatte (tab. 24 dell'Allegato 3). Vengono, inoltre, proposti i valori dei moduli elastici ottenuti teoricamente dalle indagini geofisiche riportate nella tabella 24 assegnando ai tre sismostrati precedentemente individuati velocità Vs di 100 m/s, 280 m/s e 850 m/s, rispettivamente, sulla base dell'esperienza del geologo incaricato, (tab. 25 dell'Allegato 3).

Per quanto riguarda i dati geotecnici e geofisici disponibili relativi ai litotipi della successione dei settori orientali dell'area 1 di studio, costituita da depositi vulcanoclastici, spessi anche oltre 30 m, che danno luogo a edifici, localmente ricoperti da colate laviche più recenti, affiorante nei pressi di Contrada Torre del Grifo e più a sud nei dintorni della frattura eruttiva del Cavòlo, vengono di seguito esposti i risultati degli studi pregressi distinti in base alle località indagate:

- In località "Torre del Grifo", nel settore centrorientale dell'area 1, sono state effettuate diverse indagini geognostiche, geotecniche in situ e geofisiche a supporto della "Relazione geologico-tecnica per la realizzazione del centro sportivo di proprietà del Catania Calcio S.p.a.". Tali indagini constano di n. 5



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

sondaggi geognostici, corredati da n. 6 prove penetrometriche dinamiche SPT, n. 1 down-hole, n. 4 traverse sismiche a rifrazione e n. 4 tomografie elettriche. I sondaggi geognostici delineano un assetto geologico caratterizzato dalla presenza della colata lavica del 1408, con i suoi livelli scoriacei, poggiante su un deposito vulcanoclastico sabbioso e ghiaioso, che è stato intercettato in tutte le indagini fino a fondo foro. Le prove SPT, realizzate in tutti i sondaggi ad eccezione del sito 087024P93, hanno fornito valori dell'Nspt compresi tra 22 e 43, definendo dunque i terreni analizzati, secondo la classificazione AGI, come moderatamente addensati e addensati (tab. 26 e 27 dell'**Allegato 3**). Si segnala che l'indagine SPT 087024P92SPT153 risulta andata a rifiuto, probabilmente per la presenza di un blocco vulcanico incontrato durante la prova stessa. Inoltre, attraverso l'utilizzo di alcune relazioni teoriche, a partire dai valori dell'Nspt sono stati stimati i principali parametri geotecnici, quali l'angolo d'attrito, il modulo edometrico, il peso per unità di volume, il modulo di Poisson, la velocità delle onde S, il potenziale di liquefazione e il modulo di reazione K_0 (tab. 27 dell'**Allegato 3**). L'indagine down-hole 087024P91DH151 ha permesso una valutazione delle velocità V_s nei depositi vulcanoclastici attraversati nei primi 30 m di profondità (tab. 28 dell'**Allegato 3**). I bassi valori di V_s misurati (compresi tra 94 e 411 m/s) confermano le velocità desunte per tali terreni attraverso le prove SPT. Velocità V_s molto simili sono state ottenute tramite le traverse sismiche a rifrazione realizzate nell'area, le quali, nonostante non siano in grado di cogliere tutte le variazioni registrate durante l'indagine down-hole, permettono di individuare un sismostrato superficiale (profondità < 4 m) caratterizzato da $140 < V_s < 186$ m/s, e un sismostrato

sottostante con $277 < V_s < 358$ m/s. Nell'indagine 087024L41SR43 è stato definito un terzo sismostrato caratterizzato da una V_s pari a 436 m/s (v. tab. 29 dell'**Allegato 3**). E' da rimarcare, inoltre, che nelle traverse sismiche il calcolo empirico della velocità media delle onde S per i primi 30 metri (V_{s30}) ha consentito di classificare il sottosuolo, in tutti e quattro i casi, nella categoria "C", come previsto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC, approvate con D.M. del 14 Gennaio 2008. I valori delle V_{s20} sono confermati in parte dalle indagini MASW 084024L49MASW51 e 084024L50MASW52, realizzate per lo "Studio geologico propedeutico alla revisione del Piano Regolatore Generale", che forniscono un valore di V_{s30} pari a 399 m/s e 484 m/s (tab. 3 dell'**Allegato 3**), rispettivamente, ricadenti in categoria "B". Infine, le quattro tomografie elettriche individuano tre campi di resistività crescente che, nella relazione geologico-tecnica, sono stati correlati a tre tipologie diverse di terreno, osservate nei sondaggi geognostici: un campo poco resistivo (da ~ 600 a ~ 3300 Ohm*m), che è stato correlato ai depositi vulcanoclastici sabbiosi, un campo a resistività maggiore (compresa tra ~ 2600 a ~ 9600 Ohm*m) costituito da brecce vulcaniche e un campo a resistività elevata (> 17400 Ohm*m) ricollegabile a rocce vulcaniche molto fratturate.

- Nel settore sud-orientale dell'area 1 di studio, in corrispondenza della frattura eruttiva del Cavòlo che si sviluppa per circa 2,5 km in direzione NNO-SSE e NO-SE con una fascia ampia circa 50 m al confine con l'area comunale di Tremestieri Etneo, sono disponibili diversi dati geotecnici e geofisici. In località Casa Somma e Contrada Fondo Noci, sono stati effettuati n. 3 sondaggi geognostici allineati in direzione NE-SO che raggiungono profondità variabili da 17 m a 25 m, un'indagine downhole in corrispondenza del sondaggio profondo 25 m, un'indagine geofisica di sismica a rifrazione, la cui traccia passa attraverso i tre sondaggi, orientata ortogonalmente alla frattura del Cavòlo, e una tomografia elettrica effettuata sempre ortogonalmente alla frattura del Cavòlo, ubicata circa 40 m a nord-ovest



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

dai sondaggi. La successione attraversata nei due sondaggi aventi ID_SPU 087024P29 e 087024P30 è costituita da materiale di riporto spesso 10 m circa, che ricopre un intervallo spesso circa 8 m costituito in gran parte da due o più cavità ampie fino a circa 2,5 m separate da blocchi lavici decimetrici alcuni dei quali raggiungono 1,2 m di spessore. Oltre i 17 m di profondità circa si passa a brecce vulcanoclastiche e piroclastiti. La successione attraversata dal sondaggio con ID_SPU 087024P31, ubicato tra i due precedenti sondaggi, nella parte centrale della frattura eruttiva, è invece costituita da circa 5 m di materiale di riporto che ricopre brecce vulcanoclastiche e piroclastiti, con all'interno qualche blocco lavico, spesse complessivamente circa 10 m, infine per profondità maggiori di 15 m e sino a fondo foro, a 25 m di profondità, sono presenti lave fratturate. L'indagine downhole effettuata in corrispondenza di quest'ultimo sondaggio (tab. 30 dell'**Allegato 3**), fornisce nel materiale di riporto velocità V_p di 230 m/s e V_s di 100 m/s, in un blocco lavico velocità V_p di 480 m/s e V_s di 200 m/s, nelle piroclastiti sabbiose e ghiaiose velocità molto variabili V_p tra 230 m/s e 1950 m/s e V_s tra 85 m/s e 820 m/s e infine nelle lave fratturate V_p comprese tra 1110 m/s e 1660 m/s e V_s tra 470 m/s e 630 m/s. L'indagine geofisica a rifrazione mette in evidenza la presenza di due sismostrati di cui uno meno profondo, concavo verso l'alto e uno più profondo convesso verso l'alto, e delle variazioni laterali di velocità (Fig. 38 a). Della tomografia elettrica è stata messa a nostra disposizione, invece, solo l'interpretazione litostratigrafica dove vengono interpretati a sud-ovest riporti e vulcanoclastiti spessi fino a 15 m circa, che poggiano su un substrato vulcanico antico in cui viene distinta un'area interessata da fenomeni intrusivi, tra le

profondità -30 m e -70 m, mentre più a nord-est i riporti e vulcanoclastiti hanno spessori di qualche metro e poggiano su colate laviche superficiali, spesse fino a circa 40 m (Fig. 38 b).

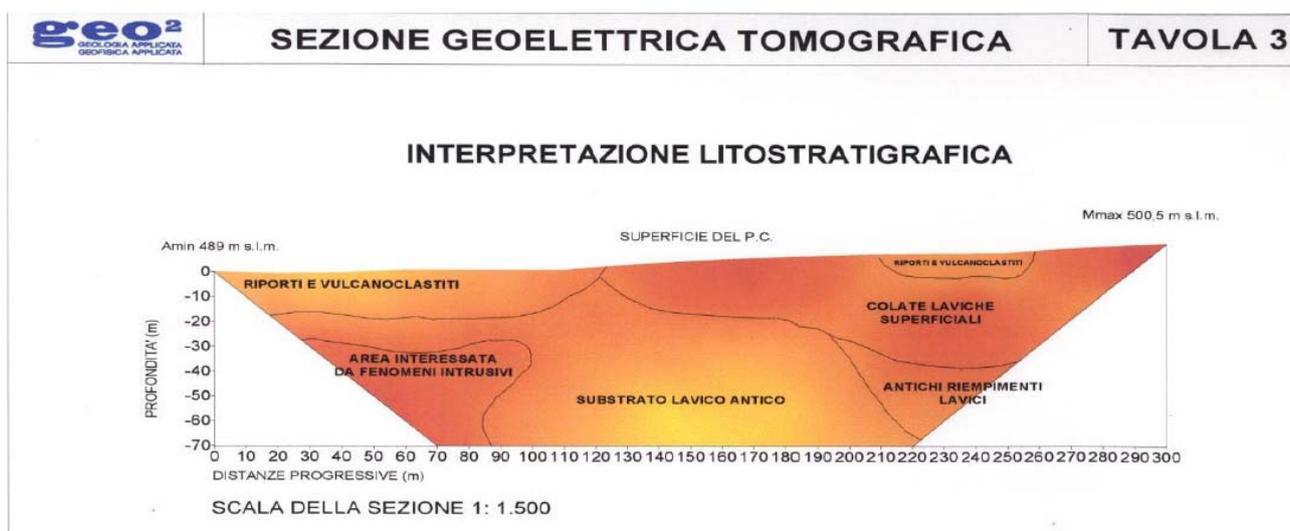
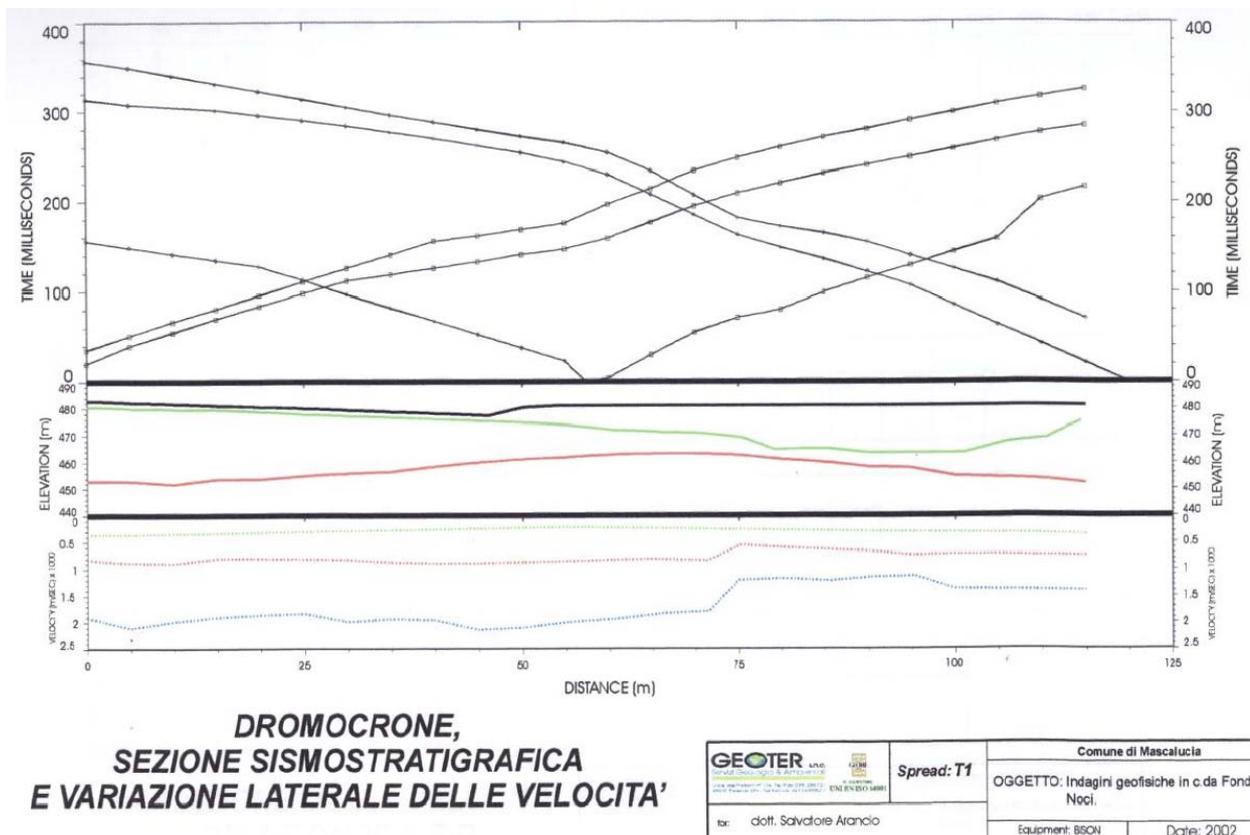


Fig. 38 - Grafici disponibili relativi alla traversa sismica 087024L1SR1 (a) e alla sezione geoelettrica tomografica 087024L2ERT2 (b) realizzati in Contrada Fondo Noci.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

- Circa 500 m più a sud-est, in Contrada Tre Altarelli sono stati effettuati n. 4 indagini geofisiche con georadar sempre trasversalmente alla frattura eruttiva del Cavòlo, i cui risultati sintetizzati e interpretati in 4 profili, che raggiungono i 10 m di profondità, mettono in evidenza un aumento di spessore fino a 3 m del materiale di riporto dentro la frattura eruttiva, e in un caso (profilo n°2) la probabile presenza di una cavità ampia circa 7 m e profonda circa 2 m (Fig. 39).

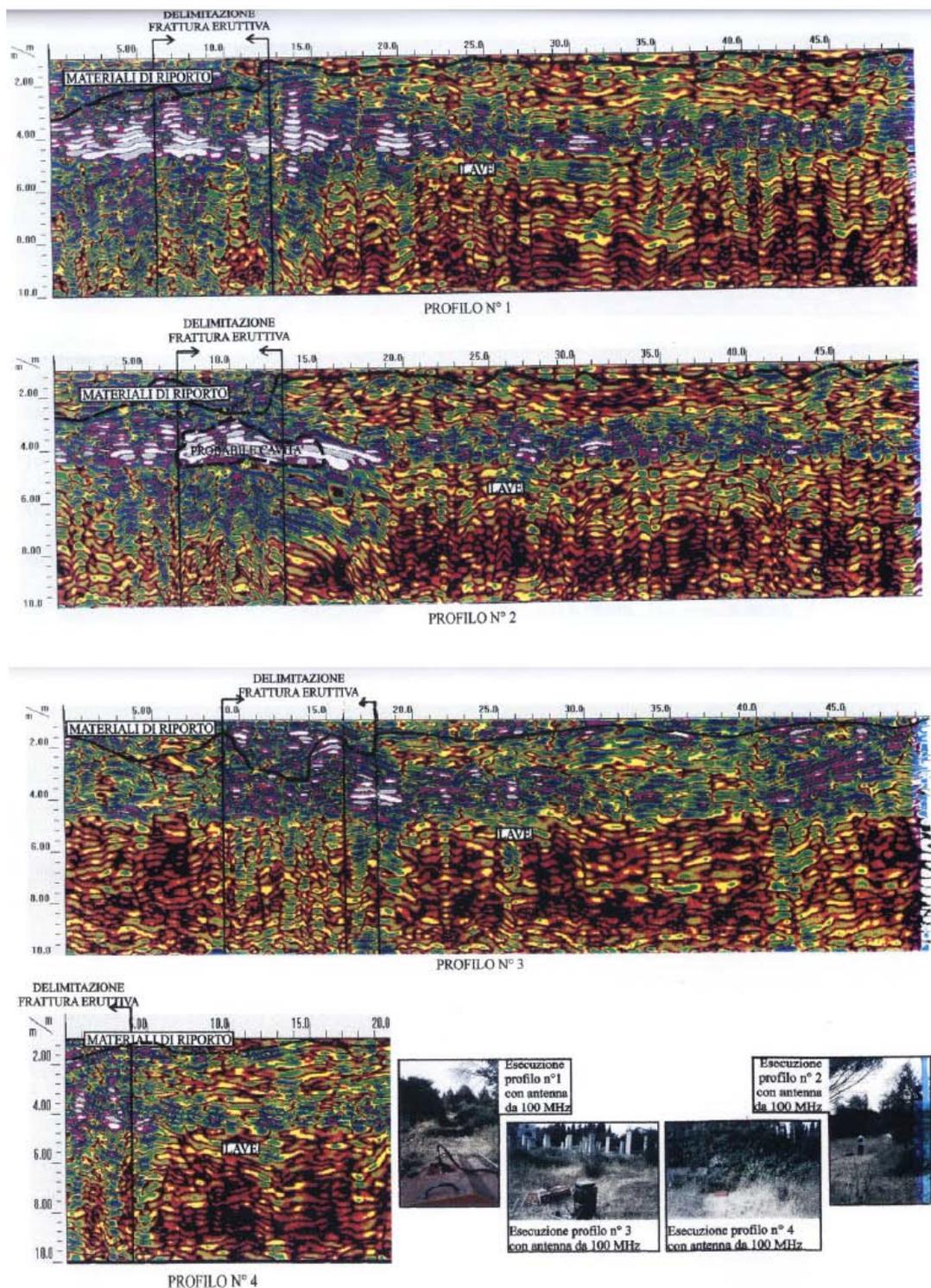


Fig. 39 - Indagini geofisiche con georadar realizzate per il piano di lottizzazione in Contrada Tre Altarelli rappresentate in n. 4 profili (087024L3RAD3, 087024L34RAD4, 087024L5RAD5 e 087024L6RAD6) la cui interpretazione ha permesso di delimitare la frattura eruttiva, di definire gli spessori del materiale di riporto, e di individuare la possibile presenza di cavità.

- A sud di Monte Cicirello in prossimità del confine con il territorio del Comune di Tremestieri Etneo, un profilo di sismica a rifrazione (087024L7SR7), realizzato

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

attraverso la frattura eruttiva del Cavòlo, mette in evidenza uno strato superficiale spesso circa 8–10 m caratterizzato da velocità V_p comprese tra 346 e 418 m/s e un substrato rifrattore più profondo con velocità V_p comprese tra 771 m/s e 1000 m/s (Fig. 40).

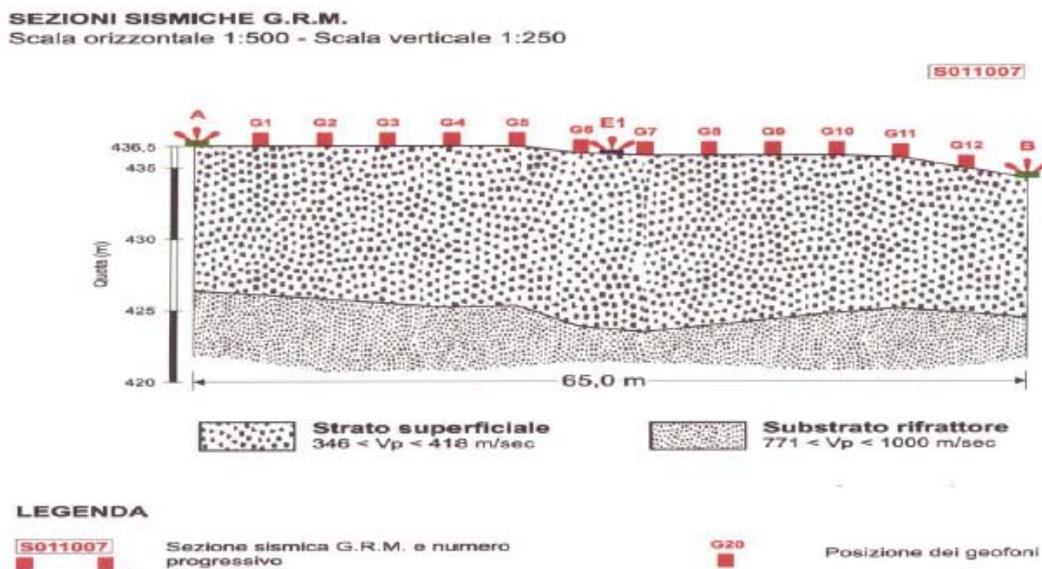


Fig. 40 – Sezione sismica G.R.M. attraverso la frattura eruttiva del Cavòlo a sud di Monte Cicirello.

- Poco più a sud-est, in Via Caracciolo, in corrispondenza dei settori orientali delle due sezioni geologiche B-B' e C-C' dell'**Allegato 1**, sono disponibili n. 6 sondaggi geognostici che raggiungono profondità comprese tra 10 m e 15 m. Di questi tre sono allineati in direzione est-ovest trasversalmente alla frattura del Cavòlo, di cui due profondi 10 m (087024P96 e 087024P97) che attraversano una successione costituita da terreno vegetale e/o riporto nel primo metro circa, che ricopre lave spesse qualche metro con RQD compreso tra 60% e 70% che poggiano a loro volta su vulcanoclastiti sabbiose e ghiaiose spesse 8 m, mentre il terzo sondaggio (087024P98), ricadente nel margine orientale della frattura, attraversa una

successione costituita da terreno vegetale nel primo metro che ricopre lave spesse 1 m con RQD del 100%, poggianti su vulcanoclastiti sabbiose e ghiaiose spesse 4 m e su lave vacuolari in parte fratturate spesse circa 7 m, con valori dell'RQD del 70%, contenenti un vuoto di circa 80 cm tra le profondità 6,4 m e 7,2 m, mentre negli ultimi due metri si hanno sabbie vulcaniche. Gli altri tre sondaggi invece, allineati circa nord-sud, sono ubicati a ovest della fattura del Cavòlo, raggiungono i 12 m di profondità e sono stati realizzati per lo studio geologico a supporto del "progetto esecutivo per la realizzazione di un tratto di strada comunale che congiunge le Vie Caracciolo e Wagner". La successione attraversata nel sondaggio più a nord (087024P59) è simile a quella del sondaggio 087024P96 descritta in precedenza, mentre poco più a sud (087024P60) si ha un intervallo spesso circa 9 m costituito da lave massive più o meno vacuolari che poggiano su scorie laviche sabbiose, ed infine ancora più a sud (087024P61) si hanno circa 5 m di scorie vulcaniche sabbiose e ghiaiose alternate a porzioni laviche di spessore metrico, che poggiano su scorie sabbiose spesse oltre 6 m. Durante le tre perforazioni sono stati prelevati n. 4 campioni per analisi di laboratorio. Due sono stati prelevati nelle lave massive vacuolari e sottoposti a prove di compressione monoassiale i cui risultati indicano un peso di volume pari a circa 24 KN/m³ mentre il carico unitario di rottura normalizzato è compreso tra circa 70 e 80 MPa (tab. 31 dell'**Allegato 3**). Gli altri due prelevati nelle porzioni scoriacee sabbiose e ghiaiose sono stati sottoposti ad analisi su campione SM, per la determinazione del contenuto in acqua che è risultato pari a 8,7% e 10 % circa, del peso di volume di circa 18,3 e 18,5 KN/m³ e del peso specifico pari a circa 26,3 KN/m³, e a prove di taglio diretto TD da cui sono stati ottenuti i valori di coesione pari a zero e dell'angolo di attrito interno di 32°-33° (tab. 32 dell'**Allegato 3**).

Le prospezioni geofisiche realizzate per lo studio geologico a supporto del "progetto esecutivo per la realizzazione di un tratto di strada comunale che congiunge le Vie Caracciolo e Wagner" consistono in una traversa di sismica a

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

rifrazione, una traversa sismica con interpretazione tomografica e n. 4 campionature di rumore sismico. Dall'analisi dei dati ottenuti attraverso la sismica a rifrazione vengono distinti quattro sismostrati aventi diverse velocità. I terreni superficiali (aerato) hanno velocità V_p di 350 m/s. Il secondo sismostrato ha V_p di 600 m/s, il terzo di 850 m/s e il quarto di 1200 m/s. Quest'ultimo confrontato con le stratigrafie dei sondaggi disponibili corrisponderebbe a scorie laviche o vulcanoclastiti ben addensate. Il calcolo della V_s e dei moduli elastici è stato ottenuto empiricamente (tab. 33 dell'**Allegato 3**). Infine dalle n. 4 campionature di rumore sismico eseguite risulterebbe un picco relativo all'amplificazione al suolo pari a 5,8 volte in corrispondenza della frequenza di 6,5 Hz nel noise N1 (087024P62HVSR84).

- In corrispondenza del limite sud-orientale dell'area di studio (area 1) in via Cavòlo n. 15, sono state effettuate due tomografie sismiche attraverso la frattura del Cavòlo. I risultati di tali indagini suggeriscono come indicato nel report dell'indagine "una diffusa presenza di materiale sciolto, di varia natura con velocità V_p di circa 500 m/s, riconducibile a terreni di risulta o terreni lavici in posto in facies scoriaceo-sciolta (rifuse laviche o vulcanoclastiti). La prima parte della stesa ST1 non è stata processata dal codice di calcolo per presenza di una forte superficie rifrangente (assimilabile a formazioni rocciose superficiali), ad elevata impedenza, nell'immediato sub-strato, o dall'effetto di tipo rebound elastico, tendente ad obliterare l'impulso atteso. Le vulcaniti in facies lapidea hanno mostrato velocità variabili da 1200 m/s a più di 2000 m/s, con valori minimi per la roccia fratturata associata a frazioni rufusce, e valori massimi per corpi rocciosi

compatti. In ST1, il corpo roccioso emerge solo in corrispondenza dell'ultimo scoppio, esterno al confine di proprietà. In ST2, presenti già dal 5° scoppio alla profondità di 6 mt dal p.c., i termini rocciosi tendono ad affiorare in corrispondenza degli ultimi geofoni, riproponendo motivi strutturali cavitosi in corrispondenza della sommità della componente lapidea. Dai risultati, quindi, si osserva la presenza di un corpo roccioso che tende ad affiorare, con strutture cavitose sommitali..."(Fig. 41).

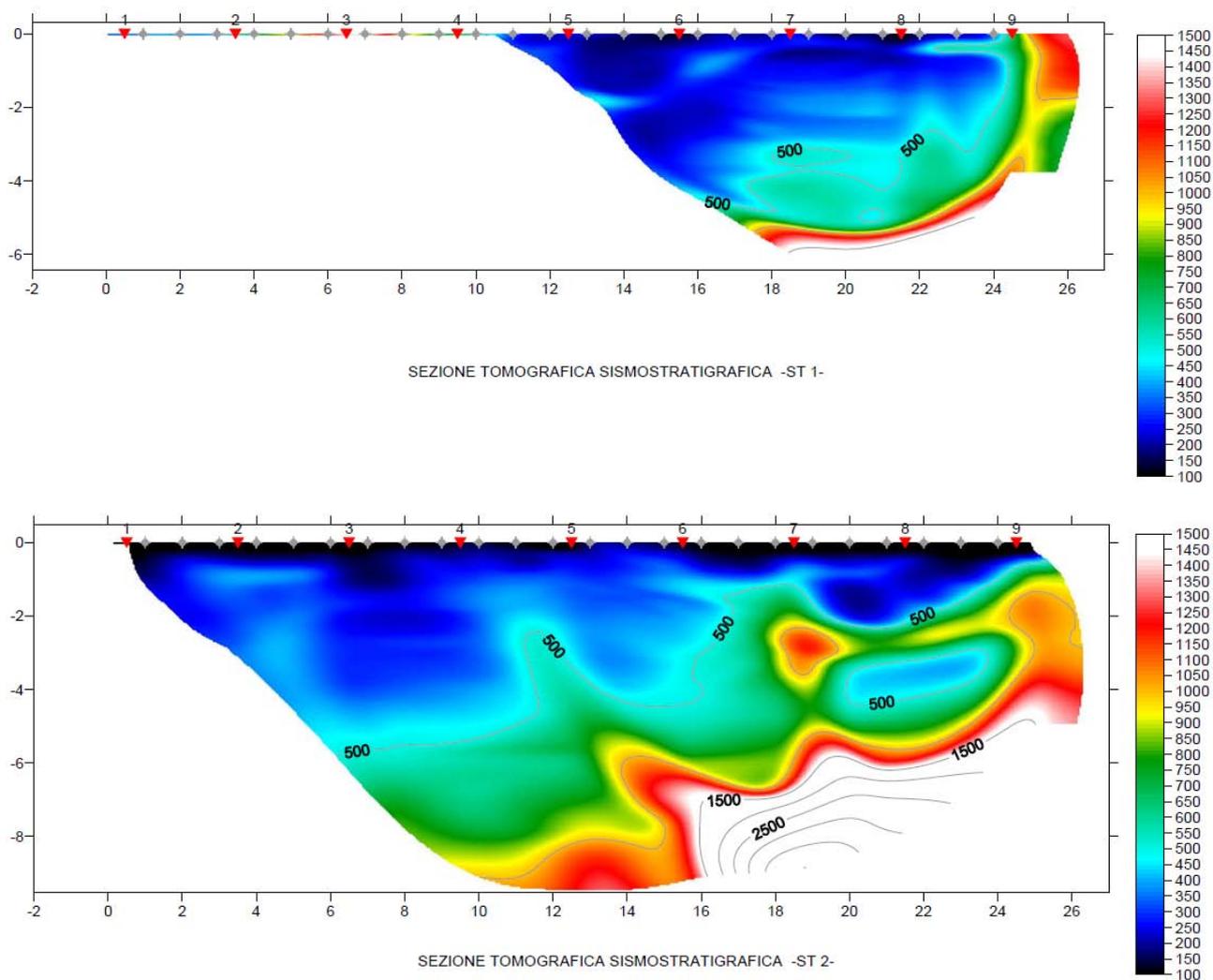


Fig. 41 - Tomografie sismiche ST1 (087024L8SR8) e ST2 (087024L9SR9) realizzate attraverso la fattura eruttiva del Cavòlo, nei pressi di Via Cavòlo n°15.

In prossimità delle "aree ad intensa attività geodinamica" indicate in Fig. 32 (Tav 1 e 2 degli "studi ed indagini delle aree stralciate dal D.A. n.51/DRU del 10/04/2000") è stato condotto uno studio geofisico con indagini elettromagnetiche e misure micro



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

vibrazionali, il cui report è illustrato nella relazione “indagine geofisica eseguita in alcune aree interessate da elementi strutturali lineari nel Comune di Mascalucia in ottemperanza al da 51IDRU del 10 Aprile 2000”.

Tali aree ricadono nella “Zona sismica A della Carta della pericolosità sismica (tavola A)” Fig. 30, comprende le aree stralciate dal D.A. n° 51 del 10/04/2000, di cui non si sono avuti elementi di riscontro oggettivo di fratture lineari o di “instabilità litologica”, le aree caratterizzate da una risposta in frequenza con centratura spettrale minore di 4 Hz, anche in contiguità territoriale con zone ad “alta frequenza”, per le quali è possibile ipotizzare una risposta sismica differenziata, e le aree caratterizzate da livelli lavici ad elevata fratturazione e/o antiche morfologie sepolte obliterate dalla diffusa urbanizzazione. Tra le indagini effettuate vengono di seguito esposte solo quelle che è stato possibile archiviare secondo gli “standard di rappresentazione e archiviazione informatica” mentre le restanti indagini verranno presentate nel Capitolo 6. Le indagini archiviate come indagini HVSR si riferiscono a n. 28 misure delle caratteristiche spettrali di tipo micro vibrazionale di tipo 3d per la determinazione dei rapporti spettrali H/V. Tali misure state analizzate secondo i criteri di validazione SESAME. Purtroppo i dati a noi pervenuti, sono rappresentati da grafici spesso di pessima qualità e quindi di difficile interpretazione che non hanno permesso una precisa determinazione dei valori di frequenza e dei rapporti H/V (Fig. 42).



Fig. 42- Esempio di misura micro vibrazionale 3D (grafico rapporto spettrale H/V) di pessima qualità.

Nonostante ciò, è stato possibile valutare che in 21 dei 28 siti di misura, i valori del rapporto H/V risulta inferiore a 2 per le frequenze nel campo di variabilità compreso tra 0.6 e ~20 Hz. Inoltre è stato possibile stimare, graficamente, in modo molto approssimativo, i valori delle frequenze di risonanza di n.12 dei 28 siti di misura. In particolare i valori delle frequenze di risonanza a cui corrispondono rapporti $H/V > 2$ sono rappresentati schematicamente in tabella 6.

ID_SPU	UTMx	UTMy	F ₀	H ₀ /V ₀
087024P15	504916	4159282	9	3
087024P16	504883	4159269	11	2,5
087024P19	505030	4159026	17	3
087024P21	504962	4159009	3	3
087024P22	504918	4158986	10	4
087024P26	505403	4158783	8	2,5
087024P27	505381	4158775	9	2,5

Tab. 6 - Siti di misura a stazione singola delle misure micro vibrazionali 3d ricadenti nell'area di studio del comune di Mascalucia, per i quali è stato possibile stimare in modo molto approssimativo i valori di frequenza di risonanza e per rapporti $H/V > 2$.

Al fine di valutare le frequenze proprie di oscillazione dei diversi siti, l'Università di Catania ha effettuato n. 19 misure di microtremore ambientale (noise), distribuite su entrambe le due aree di studio, i cui risultati sono sintetizzati nell'allegata carta delle frequenze. In essa, per ogni punto di misura sono riportate le frequenze alle quali il moto



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica e l'entità dell'amplificazione quantificata sulla base del rapporto H/V (rapporto tra le componenti spettrali orizzontali, H, e verticale, V, del moto del suolo). Per il dettaglio sulla tecnica adottata si rimanda all'**Allegato 4** della presente relazione. I risultati ottenuti indicano che molte frequenze di risonanza ricadono all'interno di un campo di variabilità estremamente ristretto, compreso tra 0.8 e ~2 Hz, anche se in molti casi sono state osservate ulteriori amplificazioni a più alte frequenze (fino a 18.65 Hz). I valori di amplificazione sono abbastanza contenuti (inferiori o poco superiori a 2). Picchi più elevati si rinvennero laddove sono state osservate più frequenze di amplificazione. In particolare nelle indagini 087024P82 e 087024P83, a frequenze di 18.65 e 11.75 Hz sono stati registrati rapporti H/V di 5.72 e 5.95. E' da notare, inoltre, che su 19 misure per ben cinque volte sono state registrate amplificazioni simili esattamente alla stessa frequenza (1,1 Hz). Nella maggior parte dei casi, vengono segnalati due picchi, alcuni dei quali abbracciano valori di frequenza più elevati. Tali picchi sono associati a frequenze proprie di oscillazioni differenti, riferibili a discontinuità stratigrafiche ubicate a profondità variabili da sito a sito. Le frequenze più basse di amplificazione sono probabilmente legate all'assetto geologico profondo dell'area in esame, viceversa le frequenze più alte possono essere ricondotte a disturbi superficiali quali la presenza di terreni detritici di copertura o fenomeni di origine antropica. A titolo di esempio, si segnala l'indagine 087024P83, ubicata su una colata lavica che poggia sui prodotti di alterazione di lave alcaline antiche, che mostra due picchi, uno a bassa frequenza (circa 1 Hz) e uno a frequenza medio-alta (circa 11,75 Hz).

5. Modello del sottosuolo

Il modello geologico di sottosuolo del territorio comunale di Mascalucia, i cui dettagli sono stati già ampiamente descritti nei paragrafi precedenti, è chiaramente condizionato dalla presenza dei due distinti assetti geologici riconosciuti nelle aree orientali ed occidentali. Nelle prime, attraversate dalle fessure eruttive lungo le quali si sono sviluppati più edifici piroclastici coalescenti settentrionali e meridionali, la successione stratigrafica degli ultimi metri è caratterizzata da potenti successioni di vulcanoclastiti a differente grado di addensamento, localmente ricoperte da esigui spessori di colate laviche massive. Nei settori occidentali, la successione stratigrafica è caratterizzata dalla sovrapposizione di diverse colate laviche che determinano un'alternanza tra orizzonti massivi e orizzonti scoriacei. La transizione tra le due zone avviene gradualmente per progressivo assottigliamento della sequenza vulcanoclastica, corrispondente alla chiusura dei fianchi degli edifici sepolti, accompagnata dal concomitante ispessimento della alternanza tra lave e scorie, aggradanti sui fianchi degli edifici. All'interno delle due zone, anche laddove vi è una apparente continuità laterale degli orizzonti litologici, non è possibile prevedere con certezza un comportamento omogeneo, in considerazione dell'ampio spettro di velocità delle onde sismiche, sia di compressione che di taglio, registrato nelle lave massive e nelle vulcanoclastiti. L'eterogeneità è determinata dal grado di fratturazione degli orizzonti lapidei, dal grado di addensamento di quelli clastici sciolti e della variabilità laterale degli spessori tra le due litologie, quando esse sono in alternanza tra di loro. Frequentemente si è potuto constatare, ad esempio, che livelli clastici addensati mostrano velocità di propagazione delle onde sismiche superiori a quelli registrati all'interno di livelli massivi ad elevata fratturazione. Il massimo di indeterminazione di comportamento è prevedibile nella zona di transizione fra le aree orientali e quelle occidentali del territorio comunale, dove si realizza la sostituzione laterale tra le successioni vulcanoclastiche degli edifici sepolti e l'alternanza di lave massive e scorie. Infine va sottolineato che in tutto il settore orientale interessato dalla presenza delle fessure eruttive vi è la possibilità di diffuse cavità che,



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

come in alcuni casi documentati dai dati di sottosuolo, possono essere state sede di accumulo di materiale di riporto molto eterogeneo, costituendo pertanto discontinuità non solo suscettibili di instabilità, ma anche di effetti concentrati di amplificazione, con risposte di sito da analizzare in dettaglio nei successivi stadi di approfondimento degli studi.

In tutto il territorio comunale non è stato possibile definire la profondità del substrato rigido, con caratteri tipici di un bedrock sismico. Tale substrato probabilmente ricade all'interno della successione sedimentaria che costituisce il substrato pre-vulcanico, rinvenuto nel sottosuolo alla quota assoluta slm di 380 m nella porzione centro-occidentale del territorio comunale (Fig. 34), in rapido approfondimento sia verso est che verso sud-ovest. I dati geofisici permettono di definire solo la natura argillosa del substrato, mentre mancano dati diretti che ne permettano l'attribuzione esatta. Va rilevato che in tutte le zone limitrofe in cui affiora il substrato pre-vulcanico, questo è costituito dalle Argille Grigio-Azzurre del Pleistocene medio (Qa in Fig. 10). Facendo riferimento a dati raccolti nell'area di Catania, i valori di Vs ottenuti all'interno dei livelli più superficiali delle argille sono di circa 500-600 m/s, per cui il bedrock sismico va ricercato nei livelli più profondi della successione, in corrispondenza dei quali si raggiungono stabilmente velocità superiori agli 800 m/s.

I livelli di copertura, costituiti da alternanze di orizzonti clastici e lave, sono contraddistinti da ripetute inversioni delle velocità delle onde sismiche. Tale prerogativa non rientra nei modelli correntemente applicati nella valutazione delle amplificazioni di tipo stratigrafico e pone molti interrogativi che andranno risolti nelle indagini di approfondimento successive. Va sottolineato che i dati raccolti in aree vulcaniche in

occasione di precedenti studi di microzonazione (OPCM 3278/2003) nella zona del comune di Santa Venerina hanno evidenziato una estrema variabilità laterale e verticale delle Vs, con frequenti inversioni di velocità, con valori che oscillano dai 450 m/s ai 1150 m/s, in funzione del diverso rapporto tra prodotti scoriacei e lave massive. Anche quando le lave raggiungono valori elevati, comunque non possono essere trattate quale substrato rigido, in quanto poggianti su livelli a bassa velocità. Ciò è confermato dalle misure di microtremore ambientale effettuate su lave massive affioranti che hanno evidenziato effetti di amplificazione, più o meno marcati, con frequenze generalmente prossime ai 3 Hz. Amplificazioni a frequenze più elevate si registrano in aree contraddistinte dalla presenza di una copertura detritica sulle lave. Appare evidente che nei successivi livelli di approfondimento sarà necessario interpretare il ruolo delle inversioni delle velocità nella selezione delle frequenze di oscillazione proprie dei siti e di verificare quali sono gli elementi delle successioni laviche che invece determinano le differenti ampiezze di oscillazione.

6. Interpretazioni ed incertezze

Nel territorio comunale di Mascalucia, i dati pregressi disponibili relativi a vari studi, mostrano tra loro una discreta coerenza nelle conclusioni cui pervengono. Il modello geologico ricostruito sulla base della profonda revisione dei rilievi geologici condotti per la realizzazione del PRG e sue varianti, ha trovato puntuale riscontro nelle stratigrafie dei sondaggi disponibili. Lo studio effettuato ha permesso di distinguere due assetti geologici, uno riconosciuto nei settori occidentali, costituito dalla sovrapposizione di diverse colate laviche storiche alcune delle quali sono caratterizzate da porzioni scoriacee al top, l'altro individuato nei settori orientali dell'area di studio, caratterizzato da grandi spessori di vulcanoclastiti connesse alla presenza di edifici vulcanoclastici localmente ricoperti da colate laviche più recenti, in parte segnalati nella letteratura geologica da La Delfa et al., (2000).



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Un punto di debolezza dello studio risiede nella disomogenea distribuzione dei dati di sottosuolo resi disponibili dagli Enti, che, seppur numerosi, hanno impedito in alcuni casi una verifica puntuale del modello geologico sull'intera area. Rimangono difatti scoperte da dati diretti il settore settentrionale dell'area di studio che si estende a nord-ovest di C/da Torre del Grifo, la porzione sud-orientale dell'area 1 di studio intensamente urbanizzata, e le aree settentrionali dell'area 2 di studio.

L'analisi dei dati pregressi ha messo in evidenza alcune incertezze riscontrate per le indagini indirette geofisiche. Ad esempio nelle MASW relative allo "studio geologico propedeutico alla revisione del Piano Regolatore Generale", rappresentate nella "Tavola 5 - Carta delle indagini" gli elaborati delle indagini sono state fornite in forma grafica di scarsa qualità per la bassa risoluzione delle immagini, (Fig. 43), per cui non è stato possibile archiviare le velocità V_s dei vari sismostrati. Vengono invece direttamente rappresentati i valori delle V_{s30} , i quali risultano relativamente bassi nelle misure effettuate nelle aree di affioramento di colate laviche, suggerendo la presenza di spesse porzioni scoriacee, di lave brecciate, o porzioni laviche massive molto fratturate. Anche l'elaborato del down-hole 087024P30DH31 è stato fornito in formato grafico (Fig. 44), per cui le velocità V_s e V_p sono state ricavate graficamente.

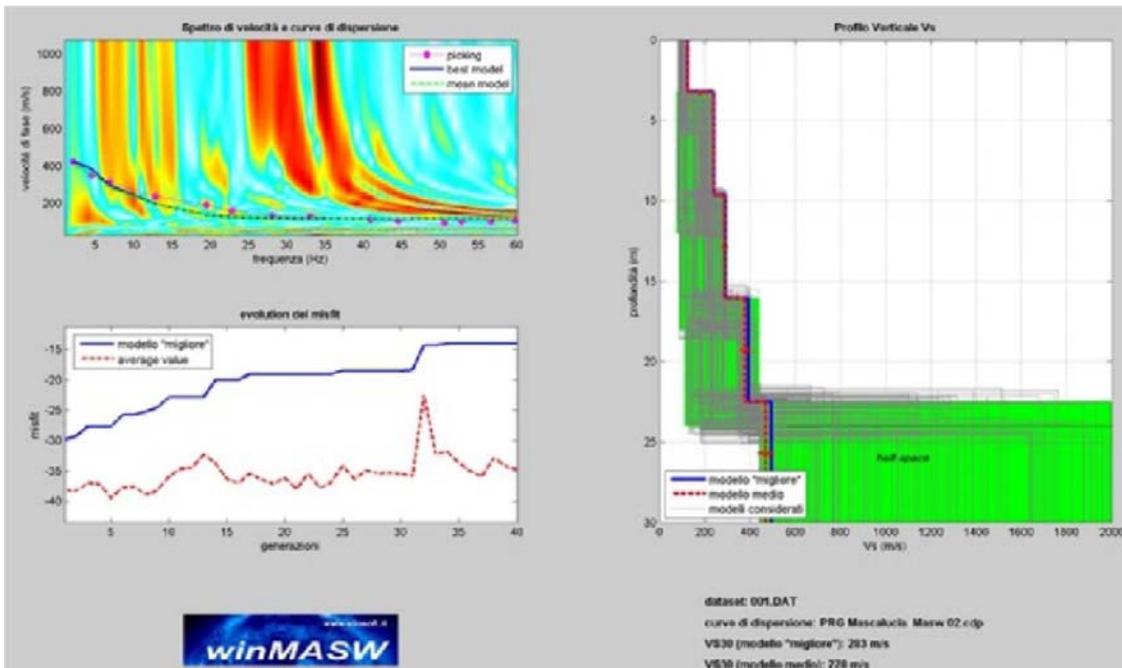


Fig. 43 - Grafico relativo a un indagine Masw rappresentato nella “Tavola 5 - Carta delle indagini in scala 1:10000” dello studio geologico propedeutico alla revisione del Piano Regolatore Generale.

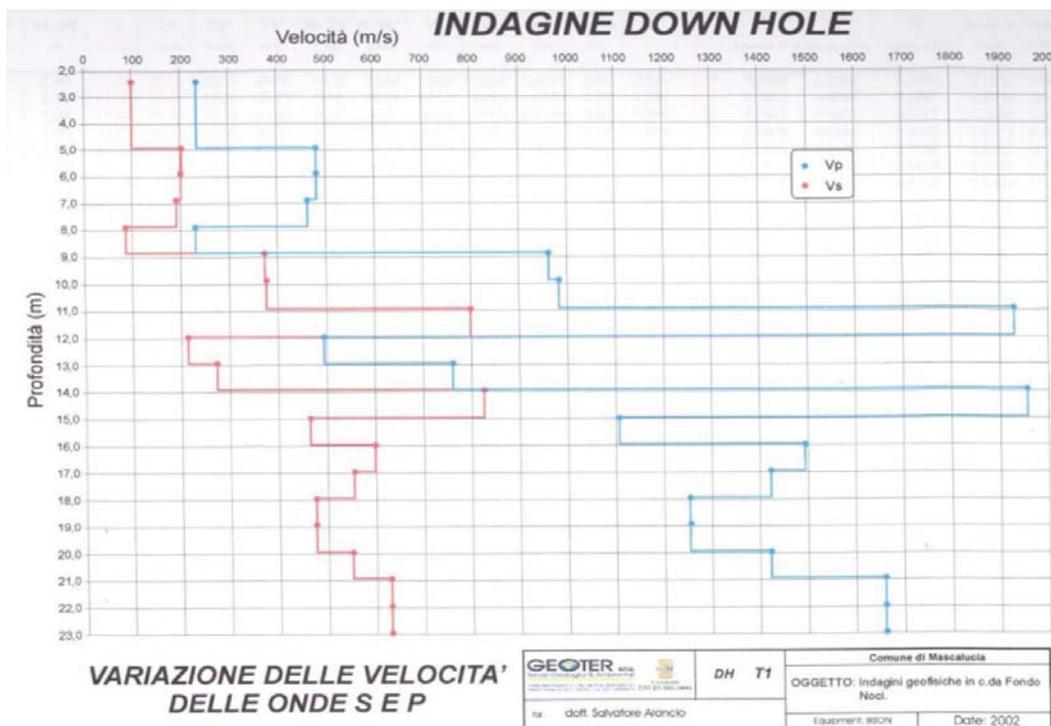


Fig. 44 - Grafico relativo a un indagine down-hole 087024P30DH31 realizzato per le “indagini geofisiche realizzate in C/da Fondo Noci”.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

In particolare, correlando le velocità Vs del down-hole 087024P30DH31, realizzato in prossimità della frattura del Cavòlo (Fig. 44), con le litologie attraversate (Tab. 7), sono evidenti frequenti inversioni delle velocità con la profondità, con valori di Vs che paradossalmente risultano maggiori nei terreni sciolti sabbioso-ghiaiosi vulcanoclastici dove raggiungono gli 800 m/s a circa 10 m di profondità, e minori nelle lave dove non superano i 630 m/s a profondità maggiori.

ID_INDP: 087024P30DH31			
Litologia	Profondità (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
RI	0-2	229	100
RI	2-3	230	100
RI	3-4	230	100
RI	4-5	230	100
LC	5-6	480	200
LC	6-7	480	200
LC	7-8	460	190
SW	8-9	230	85
SW	9-10	970	470
SW	10-11	990	480
SW	11-12	1930	800
SW	12-13	500	215
SW	13-14	760	280
SW	14-15	1950	820
LC	15-16	1110	470
LC	16-17	1500	600
LC	17-18	1420	550
LC	18-19	1250	480
LC	19-20	1250	480
LC	20-21	1420	550
LC	21-22	1660	630
LC	22-23	1660	630

Tab. 7 – Indagine geofisica down-hole eseguita per “indagini lottizzazione Contrada Fondo Noce” in un sondaggio interno alla frattura del Cavòlo.

In generale nelle lave appaiono evidenti velocità relativamente basse $< 600\text{m/s}$ che escludono la possibile presenza in affioramento di un substrato geologico rigido e dunque di zone stabili. Tale prerogativa non rientra nei modelli correntemente applicati nella valutazione delle amplificazioni di tipo stratigrafico e pone molti interrogativi che andranno risolti nelle indagini di approfondimento successive, che dovranno essere volte ad abbinare una dettagliata ricostruzione delle successioni laviche e alla misura delle V_s nei diversi orizzonti riscontrati. Di conseguenza, la determinazione della profondità, geometria e della reale natura del bedrock sismico, rimane uno degli obiettivi imprescindibili nelle successive fasi d'approfondimento.

Vengono considerati poco attendibili i valori dei moduli elastici ottenuti teoricamente da indagini geofisiche (tabella 24 dell'**Allegato 3**), assegnando a tre sismotradi precedentemente individuati velocità V_s di 100 m/s , 280 m/s e 850 m/s , rispettivamente, sulla base dell'esperienza del geologo incaricato nell'ambito del "progetto per la realizzazione di un plesso polivalente per n° 15 aule elementari e n° 6 aule medie inferiori e n° 3 sezioni scuola materna con palestra in località Massa Annunziata" (area 1).

Complessivamente, le indagini geoelettriche disponibili nell'area di studio, confermano l'estrema variabilità laterale e verticale dei terreni lavici, dovuta oltre alla presenza di porzioni vulcanoclastiche intervallate alle lave compatte, sia al differente grado di fratturazione delle lave massive che al differente grado di addensamento delle vulcanoclastiti. Valori bassi di resistività vengono associati a litologie caotiche e rimaneggiate mentre resistività più alte si riferiscono a litologie sempre più coerenti e integre. Dai dati disponibili, inoltre, le indagini geoelettriche seppur evidenzino la grande eterogeneità litologica in termini di grado di fratturazione delle colate, non sembrano risultare idonee in merito alla problematica riguardante l'eventuale presenza di cavità sotterranee.

Sono stati considerati poco attendibili anche i valori delle frequenze di risonanza stimati graficamente, in modo molto approssimativo nelle indagini micro vibrazionali 3D,



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 a noi pervenuti attraverso grafici spesso di pessima qualità e quindi di difficile interpretazione (Fig. 42). Nonostante ciò, è stato possibile stimare i valori delle frequenze di risonanza di n.12 dei 28 siti di misura, e osservare che in 21 dei 28 siti di misura, i valori del rapporto H/V risulta inferiore a 2 nel campo di variabilità compreso tra le frequenze 0.6 e ~20 Hz.

Sebbene le indagini elettromagnetiche e le misure delle caratteristiche spettrali di tipo micro vibrazionale, effettuate in prossimità delle “aree ad intensa attività geodinamica” indicate in Fig. 32 (Tav 1 e 2 degli “studi ed indagini delle aree stralciate dal D.A. n.51/DRU del 10/04/2000”), non siano state archiviate, in quanto non previste negli “standard di rappresentazione e archiviazione informatica”, vengono di seguito esposti brevemente i risultati e le interpretazioni. Le indagini elettromagnetiche multifrequenza, in termini di conducibilità o di intensità del campo EM indotto, hanno messo in evidenza delle anomalie nella distribuzione dei parametri di conducibilità, che suggerirebbero secondo gli autori la presenza di “strutture dislocative”. Le tecniche di indagini elettromagnetiche multifrequenza sono state effettuate tramite tomografie orizzontali in quattro diverse aree di indagine (Fig. 32), quali l’area limitrofa alla via De Gasperi, il campo sportivo a est di via Wagner, il campo sportivo Catania Calcio Torre del Grifo e l’area in via Marsala. In Via De Gasperi l’area di indagine si sviluppa in prossimità di una faglia cartografata nella “Tavola 1 degli studi ed indagini delle aree stralciate dal d.a. n.51/dru del 10/04/2000” (vedi Fig. 32). Dall’elaborazione dei dati non si riscontrano elementi che possano essere messi in relazione con la presenza di strutture dislocative ad esclusione di una piccola evidenza estesa per circa 30 metri con direzione nord-sud (Fig. 45).

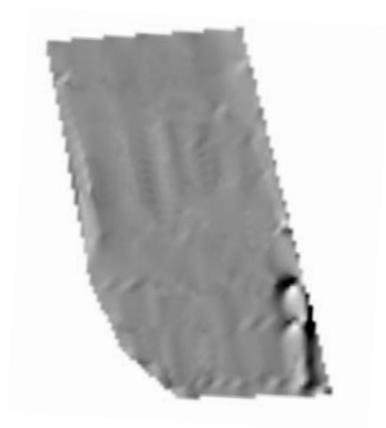
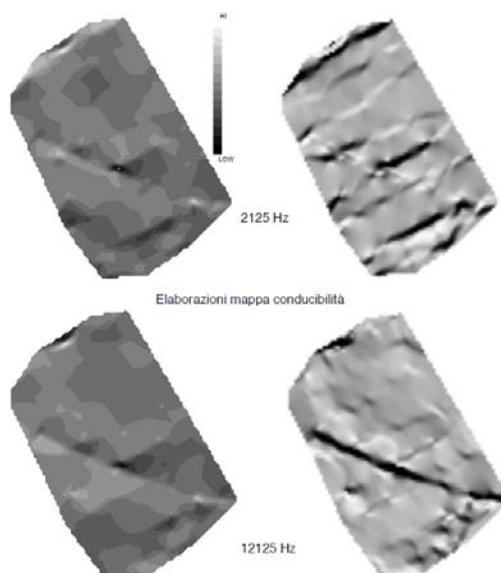


Fig. 45- Indagine elettromagnetica multifrequenza effettuata con tomografie orizzontali in via De Gasperi (da “studi ed indagini delle aree stralciate dal D.A. n.51/Dru del 10/04/2000 Tavola 1” e “indagine geofisica eseguita in alcune aree interessate da elementi strutturali lineari nel comune di Mascalucia”).

Nel campo sportivo a est di via Wagner, in prossimità della frattura eruttiva del Cavòlo, l’elaborazione dei dati mette in evidenza una lineazione negli orizzonti sia a bassa che ad alta frequenza, estesa oltre 40 metri che attraversa quasi interamente il campo (Fig. 46), con andamento circa NO-SE, a circa 45° dalla direzione della frattura indicata nello studio per il PRG (“Tavola 1 degli studi ed indagini delle aree stralciate dal d.a. n.51/dru del 10/04/2000”) (vedi Fig. 32).



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Fig. 46 – Indagine elettromagnetica multifrequenza effettuata con tomografie orizzontali nel campo sportivo a est di via Wegner (da “studi ed indagini delle aree stralciate dal D.A. n.51/Dru del 10/04/2000 Tavola 1” e “indagine geofisica eseguita in alcune aree interessate da elementi strutturali lineari nel comune di Mascalucia”).

Nel Campo Catania Calcio l’area si sviluppa in prossimità di una faglia mappata nella “Tavola 2 degli studi ed indagini delle aree stralciate dal d.a. n.51/dru del 10/04/2000” (vedi Fig. 32). L’elaborazione dei dati sugli orizzonti ad alta frequenza, più superficiali, indica la presenza di una lineazione che attraversa in diagonale con direzione NE-SO l'intero campo, riferibile alla presenza di una canale principale di drenaggio delle acque meteoriche, mentre successive elaborazioni e operazioni di filtraggio e mascheratura hanno consentito di evidenziare una ulteriore importante lineazione che interessa il margine meridionale del campo con direzione ONO-ESE per circa 40 m (Fig. 47), a circa 55° dalla struttura mappata.

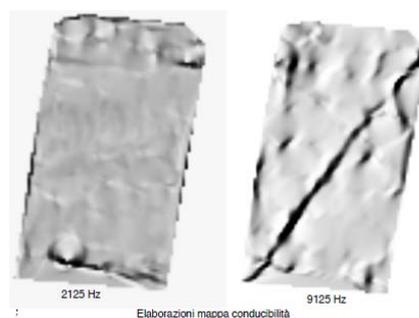


Fig. 47 – Indagine elettromagnetica multifrequenza effettuata con tomografie orizzontali nel campo Catania calcio Torre del Grifo (da “studi ed indagini delle aree stralciate dal D.A. n.51/Dru del 10/04/2000 Tavola 1” e “indagine geofisica eseguita in alcune aree interessate da elementi strutturali lineari nel comune di Mascalucia”).

Infine in Via Marsala in prossimità di una faglia indicata nella “Tavola 2 degli studi ed indagini delle aree stralciate dal d.a. n.51/dru del 10/04/2000”, l’elaborazione dei dati ha consentito di confermare l’assenza di evidenze di tipo litologico e strutturale in corrispondenza dell’area indagata e della lineazione del PRG che lo attraversa per circa 20 metri. Sono stati inoltre eseguiti quattro profili elettromagnetici verticali paralleli in direzione circa O-E, nell’area di parcheggio di Torre del Grifo-Catania Calcio, attraverso la faglia indicata nella “Tavola 2 degli studi ed indagini delle aree stralciate dal d.a. n.51/dru del 10/04/2000” (vedi Fig. 32). Nelle quattro sezioni (Fig. 48) sono evidenti delle anomalie di conducibilità estese oltre i 10 m di profondità, che possono essere messe in relazione con la presenza di strutture dislocative o soluzioni di continuità litologica, anche se queste non coincidono con la lineazione indicata nel PRG avendo diversa ubicazione e orientazione.

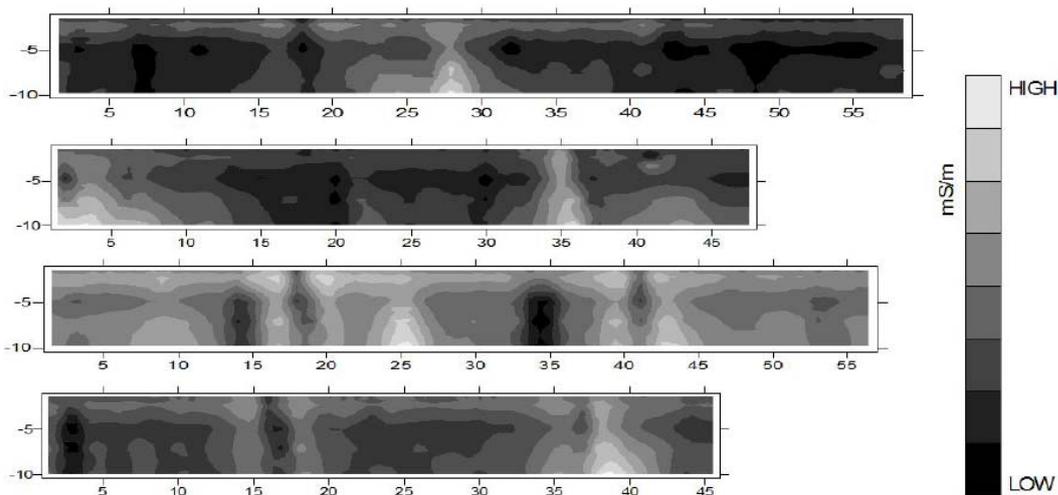


Fig. 48- Indagine elettromagnetica multifrequenza effettuata con quattro profili verticali paralleli orientati O-E, in prossimità del parcheggio di Torre del Grifo-Catania calcio (da “studi ed indagini delle aree stralciate dal D.A. n.51/Dru del 10/04/2000 Tavola 2” e “indagine geofisica eseguita in alcune aree interessate da elementi strutturali lineari nel comune di Mascalucia”).

Le n. 28 misure micro vibrazionali sono state eseguite in undici diverse zone in corrispondenza delle tracce di lineazioni indicate negli elaborati PRG, (“Tavola 1 e 2 degli studi ed indagini delle aree stralciate dal d.a. n.51/dru del 10/04/2000”, vedi Fig. 32). Al fine di individuare l’eventuale esistenza di zone che presentino un’alterazione dei

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
parametri elastici e dinamici correlabile con la presenza della struttura ipotizzata, per ogni singola zona è stato effettuato un punto di misura in prossimità della lineazione e uno o più punti esterni, in modo da confrontare lo spettro micro vibrazionale ottenuto in corrispondenza della struttura ipotizzata, con lo spettro ottenuto ipoteticamente al di fuori della fascia di disturbo connessa con una eventuale faglia. Le misure micro vibrazionali sono rappresentate in un grafico con la frequenza in ascisse e l'ampiezza in ordinate (Fig. 49).

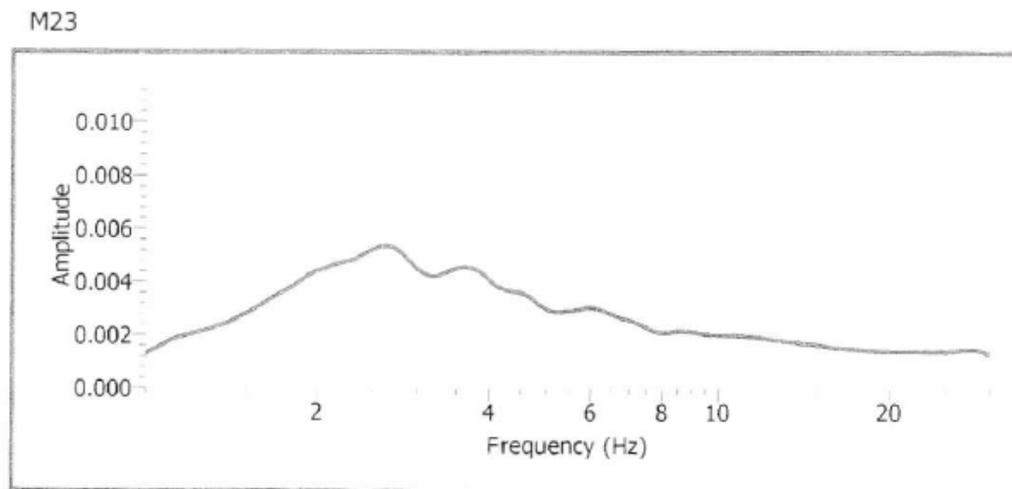


Fig. 49- Esempio di misura micro vibrazionale.

I risultati delle misure effettuate nonostante possano suggerire la presenza di zone più fratturate, secondo gli autori caratterizzate da evidenze a bassa frequenze, non hanno permesso di identificare le strutture in quanto le stesse caratteristiche sono state riscontrate anche nei siti esterni alla zona di faglia ipotizzate negli studi del PRG.

Per quanto riguarda le indagini dirette, per archiviare le stratigrafie dei sondaggi secondo gli “Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica - Versione 2.0beta-II”, si è scelto di reinterpretare i dati sulla base dei rilievi aerofotogrammetrici e

di campagna. Le porzioni scoriacee più estese al top delle colate laviche e i prodotti piroclastici, caratterizzati da una granulometria ghiaiosa in matrice sabbiosa sono state catalogate con la sigla “GW”, o con la sigla “SW” se a granulometria prevalentemente sabbiosa, interpretando le descrizioni nelle stratigrafie dei sondaggi.

Dei dati geotecnici relativi ai lavori pregressi messi a nostra disposizione, va segnalato che sono considerati poco attendibili tutti i valori dei parametri geotecnici proposti senza l’ausilio di indagini di laboratorio, sia per le lave compatte che per le porzioni scoriacee e i prodotti vulcanoclastici (vedi Capitolo 4).

Alla luce dei dati disponibili e nonostante le integrazioni di dati originali apportate nel corso del presente studio, è necessario quindi programmare, per i successivi livelli di approfondimento, sia un rilievo geologico–tecnico di dettaglio, sia campagne di indagini geognostiche e geofisiche, che vadano a colmare il vuoto di informazioni riscontrato nei settori settentrionali, sudorientali e sud–occidentali già menzionati, dove non sono presenti sondaggi geognostici pregressi. Attraverso opportune indagini geognostiche, andrebbero quindi determinate le caratteristiche delle varie colate laviche, valutando gli spessori delle porzioni scoriacee e massive e il grado di fratturazione di quest’ultime. Andrebbe inoltre analizzata con misure di risposte di sito, l’eventuale presenza di cavità in prossimità della frattura eruttiva del Cavòlo, che, come in alcuni casi documentati dai dati di sottosuolo, possono essere state sede di accumulo di materiale di riporto molto eterogeneo, costituendo pertanto discontinuità non solo suscettibili di instabilità, ma anche di effetti concentrati di amplificazione.

Infine, come già indicato nel Capitolo 3, permangono notevoli incertezze non solo sull’ubicazione, ma anche sulla reale esistenza della faglia rappresentata come trascorrente/obliqua attiva presunta nella Carta Geologico–Tecnica del presente studio, sulla base dei dati di letteratura disponibili (Bonforte et al., 2011; Barreca et al., 2013), per cui in futuro, nei successivi livelli di approfondimento, dovranno essere sicuramente effettuati specifici studi con l’obiettivo di verificare l’eventuale presenza della struttura nel sottosuolo.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

7. Metodologie di elaborazione e risultati

I dati di base e gli elaborati cartografici pregressi utilizzati (vedi elenco in Capitolo 1), riguardanti diversi aspetti dell'assetto geologico dell'area comunale (geologia, idrogeologia, geomorfologia, pericolosità geologica e sismica, litotecnica), sono caratterizzati da un dettaglio variabile dalla grande scala (1:10.000) alla piccola scala (1:2.000). Tutte le carte tematiche sono state georeferenziate ed inserite in un progetto Esri ArcGis, ottenendo così la visualizzazione e la sovrapposizione dei diversi elaborati garantendo la corrispondenza delle coordinate geografiche, della scala e quindi delle distanze. Naturalmente, nella stesura degli elaborati cartografici prodotti nel presente studio, il peso delle informazioni di maggiore dettaglio risulta essere preponderante. Per l'individuazione delle coperture detritiche si è fatto riferimento principalmente all'analisi fotogrammetrica e contemporaneamente al contributo fornito da studi pregressi. Per quanto riguarda invece la mappatura dei terreni affioranti, a seguito di accurate verifiche di terreno unitamente all'analisi di aerofotogrammetrie, si è dovuto procedere ad una revisione dei dati forniti. Grazie all'integrazione tra gli accurati rilievi di terreno e le osservazioni derivanti dall'analisi fotogrammetrica è stato possibile ricostruire la successione geolitologica dell'area di studio (v. Capitolo 3).

Una volta distinte le diverse unità geologico-tecniche affioranti e stabiliti i loro rapporti geometrici nel sottosuolo è stato possibile definire le zone stabili suscettibili di amplificazione locale, sulla base degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (Gruppo di lavoro MS, 2008) e dei Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (Dolce et al, 2011). In questo senso le indagini di sottosuolo a nostra disposizione hanno avuto un ruolo fondamentale per la

determinazione di tali zone e per la realizzazione delle sezioni geologiche a scala 1:5.000 (**Allegato 1**). Nelle tre sezioni geologiche ricostruite si è cercato di evidenziare quegli elementi di non immediata lettura nella “Carta geologico tecnica”, quali i rapporti geometrici tra i depositi vulcanoclastici rispetto alle colate laviche e la presenza di edifici vulcanoclastici sepolti, che determinano forti variazioni degli spessori di tali depositi e dei corpi lavici, nonché la presenza di fratture eruttive non sempre visibili in superficie perché ricoperte dalle colate laviche storiche. Per quanto riguarda l’amplificazione per effetti topografici e morfologici viene proposta una procedura che, a partire dal Modello Digitale del Terreno (DEM) e attraverso una serie di elaborazioni effettuate utilizzando software GIS, consente di identificare quei pendii caratterizzati da una inclinazione $> 15^\circ$ e da un dislivello superiore a circa 30 m. Il primo step di tale procedura consiste nell’elaborazione di una carta delle inclinazioni in cui vengono distinti due campi con inclinazione minore e maggiore di 15° (Fig. 50). Nel secondo step è stata costruita una carta dell’energia del rilievo, definita come il dislivello massimo (in metri) esistente in ciascuna superficie unitaria (Ciccacci et al., 1986) che nel caso specifico è un quadrato di 100 metri di lato (Fig. 51). L’elaborato mostra chiaramente che in entrambe le due aree di studio ricadenti nel territorio comunale di Mascalucia non si individuano pendii con dislivello superiore a 30 m. Di conseguenza non sono stati segnalati pendii soggetti a potenziali fenomeni di amplificazione topografica, come confermato in figura 52, ottenuta combinando le due carte fin qui elaborate. Anche le tre sezioni topografiche in scala 1:5.000 (**Allegato 5**), dirette ONO–ESE e NE–SO, realizzate nella zona 1 dell’area di studio, ortogonalmente alle scarpate con pendenza maggiore di 15° , mostrano chiaramente che queste ultime non superano i 20 m di altezza.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

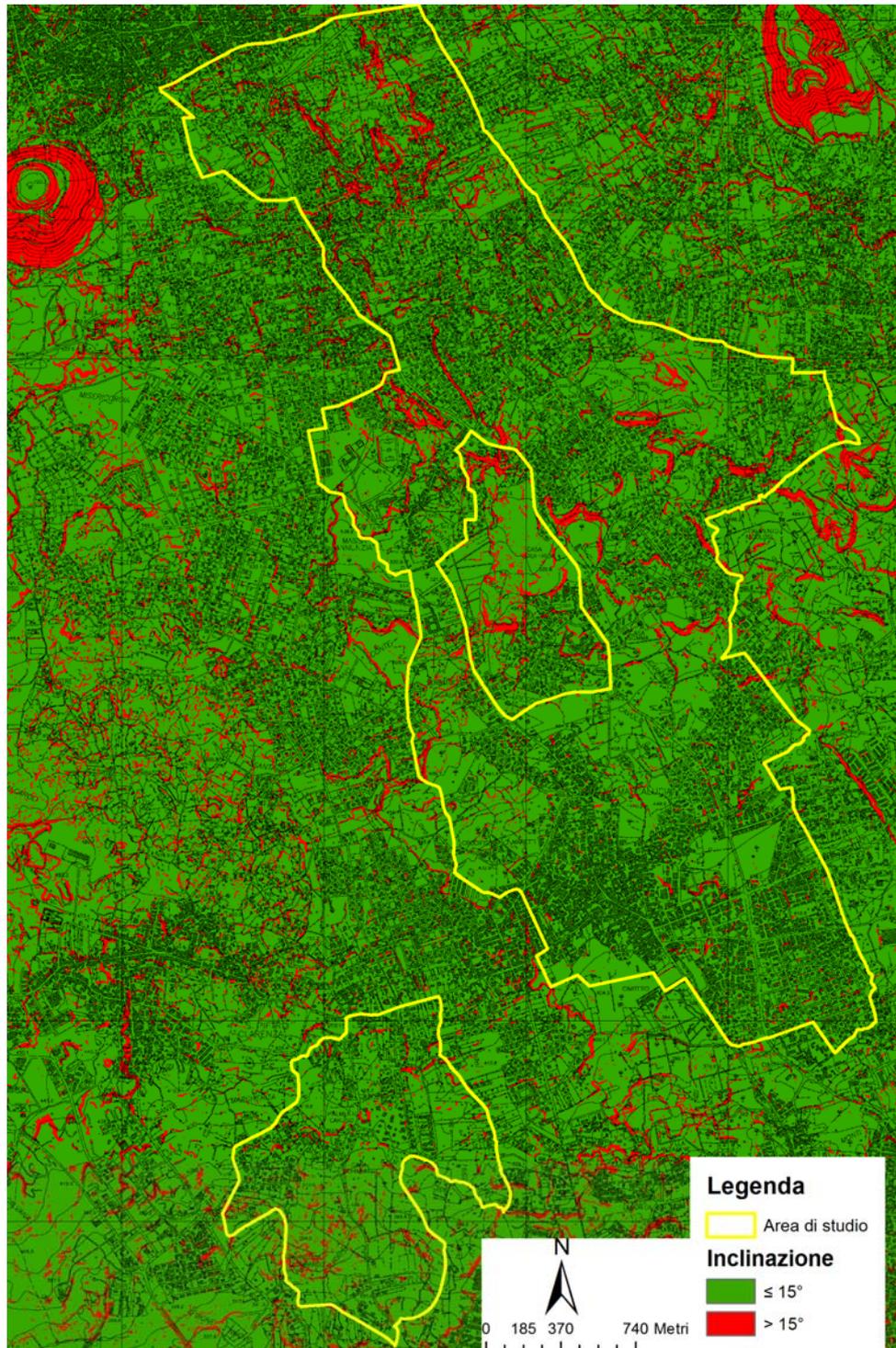


Fig. 50 – Carta delle inclinazioni dell'area di studio. Sono distinte inclinazioni < 15°, in verde, e > 15°, in rosso.

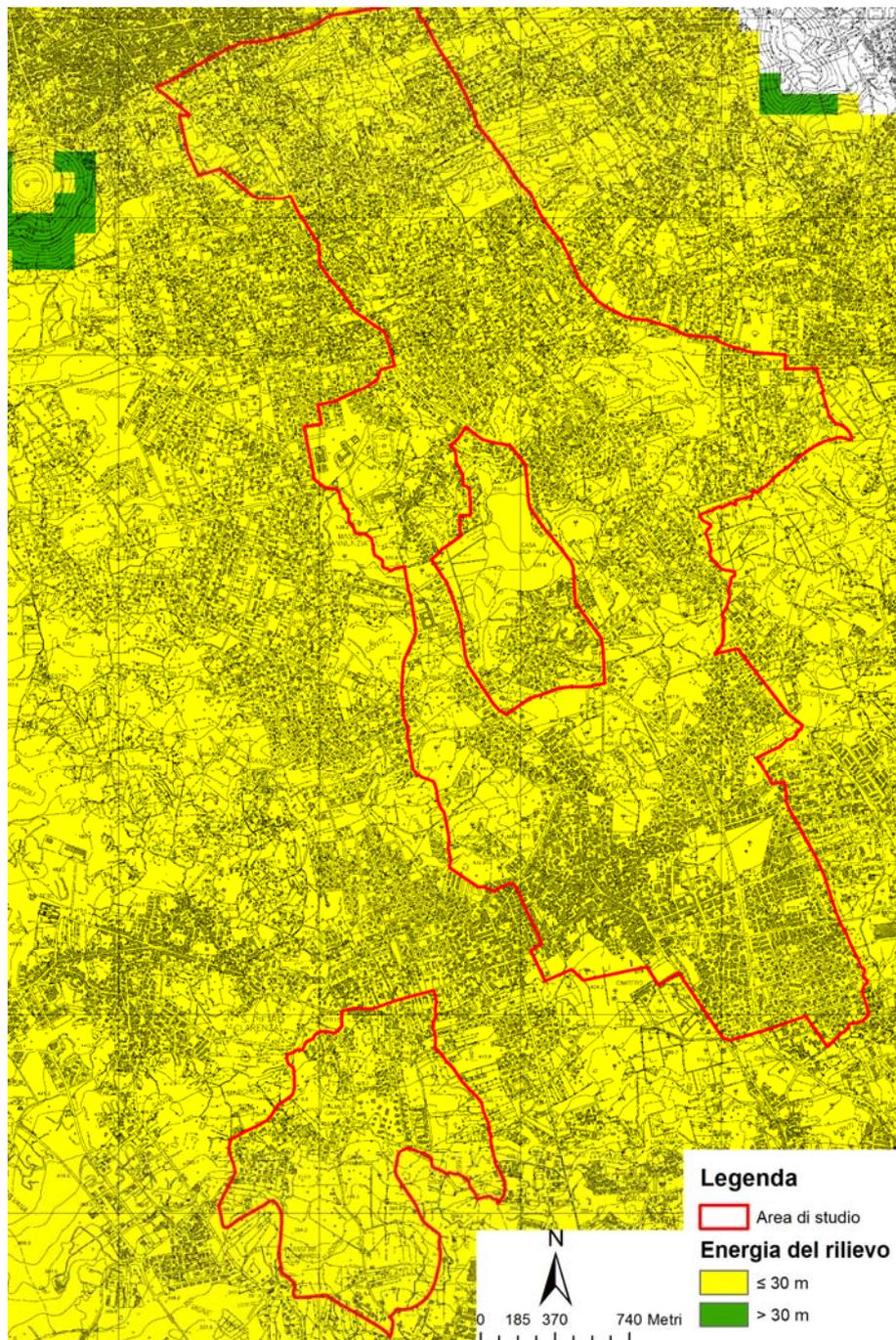


Fig. 51 - Carta dell'energia del rilievo dell'area di studio. Sono distinti dislivelli < 30 m, in giallo, e > 30 m, in verde.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

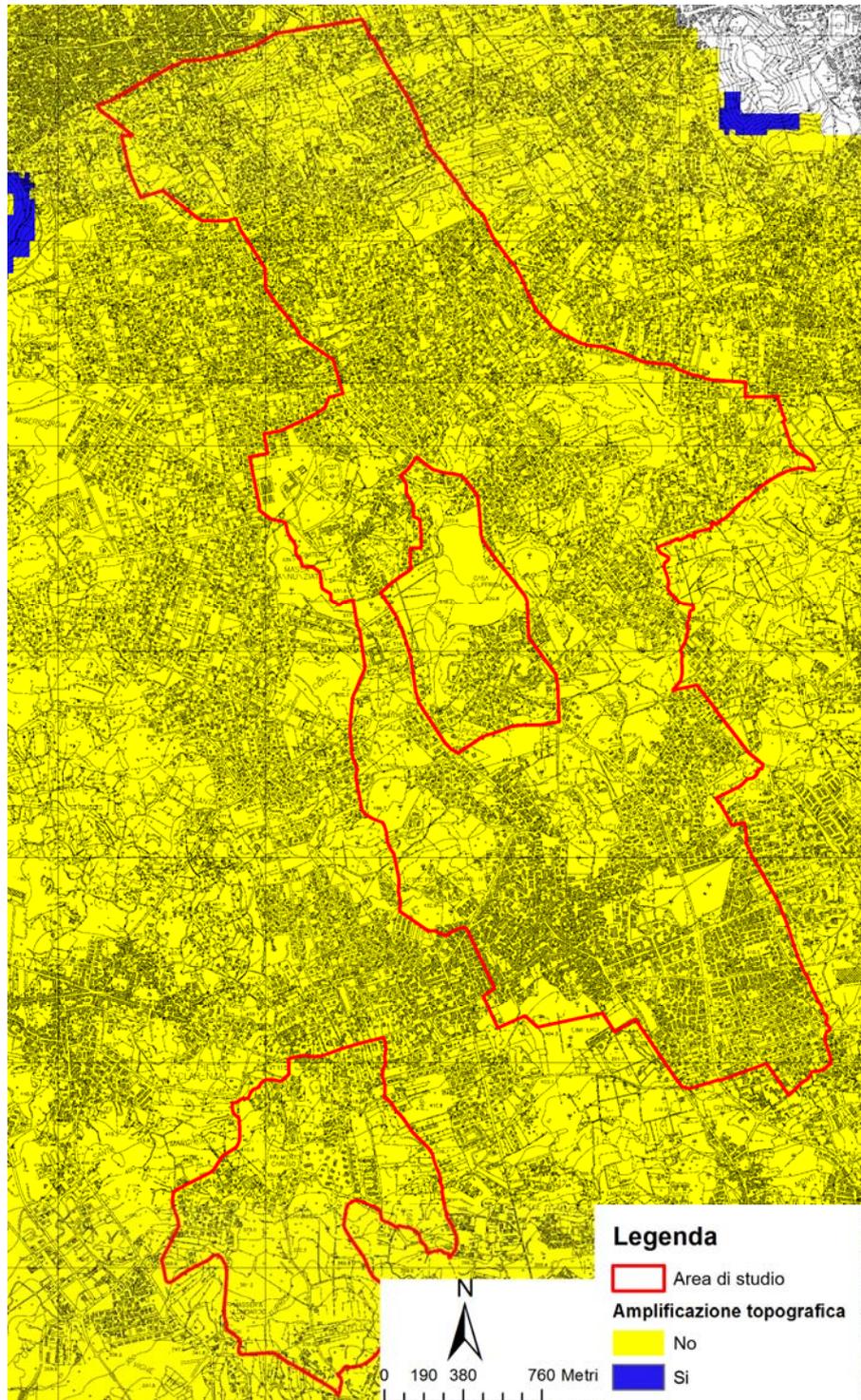


Fig. 52 - Carta dell'amplificazione topografica dell'area di studio. Le aree potenzialmente soggette ad amplificazione topografica sono evidenziate in blu.

Per quanto riguarda le instabilità manifeste e potenziali, si è fatto riferimento agli studi pregressi del PAI. Il comune di Mascalucia ricade, infatti, nell'“Area Territoriale tra i bacini del F. Alcantara e del F. Simeto - 095”. Sia nella “Carta dei dissesti” che nella “Carta della pericolosità e del rischio” del PAI non è stato censito alcun fenomeno franoso ricadente nelle due aree di studio. Ciò ha trovato riscontro sia negli studi geologici effettuati per il P.R.G. e negli studi geologici per la progettazione di opere pubbliche e private, che nelle analisi morfologiche condotte tramite fotointerpretazione e verifiche di terreno, per cui non sono state cartografate instabilità di versante.

Le uniche tipologie di instabilità sono connesse alla presenza della frattura eruttiva del Cavòlo e della Faglia di Nicolosi-Tremestieri, che attraversa l'area 1 di studio in direzione NO-SE, per proseguire nei comuni adiacenti di Nicolosi a NO e di Tremestieri Etneo a SE. A cavallo di queste strutture attive è stata segnalata la presenza di “Aree interessate da deformazioni dovute a faglie attive e capaci” (Tipo_i = 3060). Laddove questa si sovrappone a un altro tipo di instabilità, relativa alle zone soggette a cedimenti differenziali che si realizzano lungo la frattura eruttiva, l'instabilità è stata inserita come “Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità” (Tipo_i = 3070).

Un discorso più articolato deve essere condotto riguardo il fenomeno della liquefazione. La definizione del glossario degli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (Gruppo di lavoro MS, 2008) recita: <<Fenomeno per cui, in conseguenza dell'applicazione di azioni dinamiche quali le azioni sismiche agenti in condizioni non drenate, un terreno perde la propria resistenza al taglio>>. Appare chiaro che il fattore scatenante del fenomeno è il verificarsi di un evento sismico ad una certa distanza dal sito in oggetto. Distanza che a sua volta dipende dalla Magnitudo del terremoto. A titolo di esempio si riporta la relazione empirica tra la Magnitudo e la distanza epicentrale proposta da Galli (2000)(Fig. 53).

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

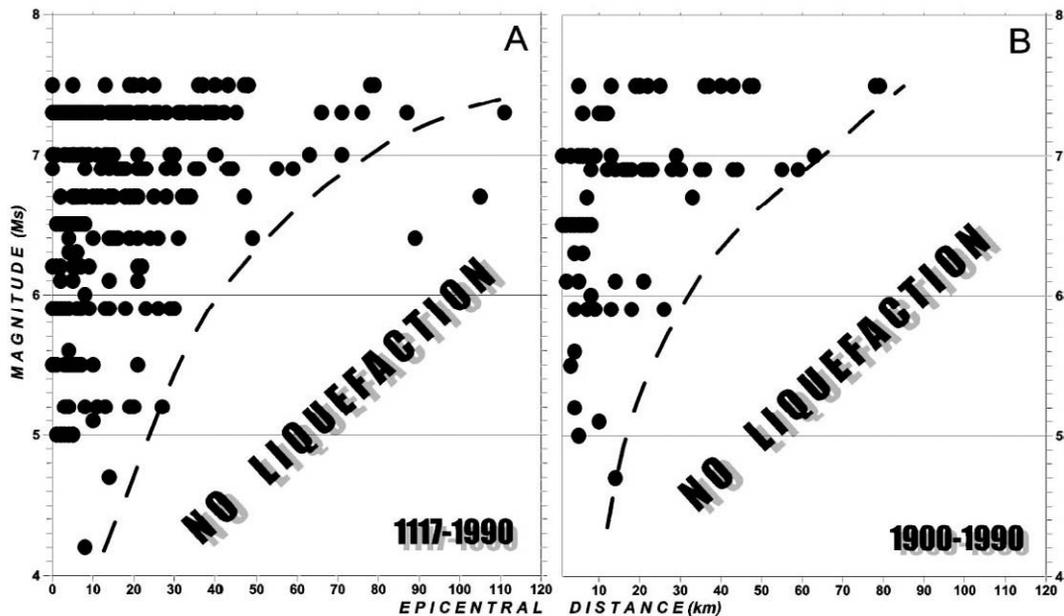


Fig. 53 – Distribuzione di fenomeni di liquefazione indotti da eventi sismici, in termini di Magnitudo e distanza epicentrale, per i periodi 1117–1990 e 1900–1990. (da Galli, 2000).

Nell'ambito della zonazione sismogenetica dell'area italiana (Gruppo di lavoro, 2004), il territorio comunale di Mascalucia, così come tutta l'area etnea, ricade all'interno della zona 936 (Fig. 54). Questa zona racchiude diversi eventi sismici di Magnitudo medio bassa ($M_w = 3-4$), mentre nel 1818 e nel 1848 si sono verificati due terremoti caratterizzati da $M_w \sim 6$ e $M_w \sim 5$, rispettivamente (CPT111; Rovida et al., 2011). Questi dati trovano conferma nella versione più recente del DISS 3.1.1 (DISS Working Group, 2010) che riporta la presenza della sorgente sismogenica "ITIS106 - Gravina di Catania" orientata NE-SO e caratterizzata da una $M_w = 6$, che lambisce l'estremità meridionale del territorio comunale di Mascalucia (Fig. 23). Tuttavia in passato l'area di studio è stata seriamente danneggiata dal sisma del 1693, di $M_w \geq 7$ (Postpischl, 1985; Boschi et al, 1995; 1997), verificatisi però nella zona sismogenetica 935. Per finire, nel DISS 3.1.1 (DISS Working Group, 2010), a circa 21 km di distanza nell'*off-shore* ionico, viene

segnalata la presenza di una sorgente dibattuta, la sorgente sismogenica “ITDS011 – Western Ionian” (Fig. 23), alla quale alcuni autori associano il terremoto del 1693 per il quale è stata stimata una magnitudo $M \geq 7$ (Bianca et al., 1999; Catalano et al. 2008).

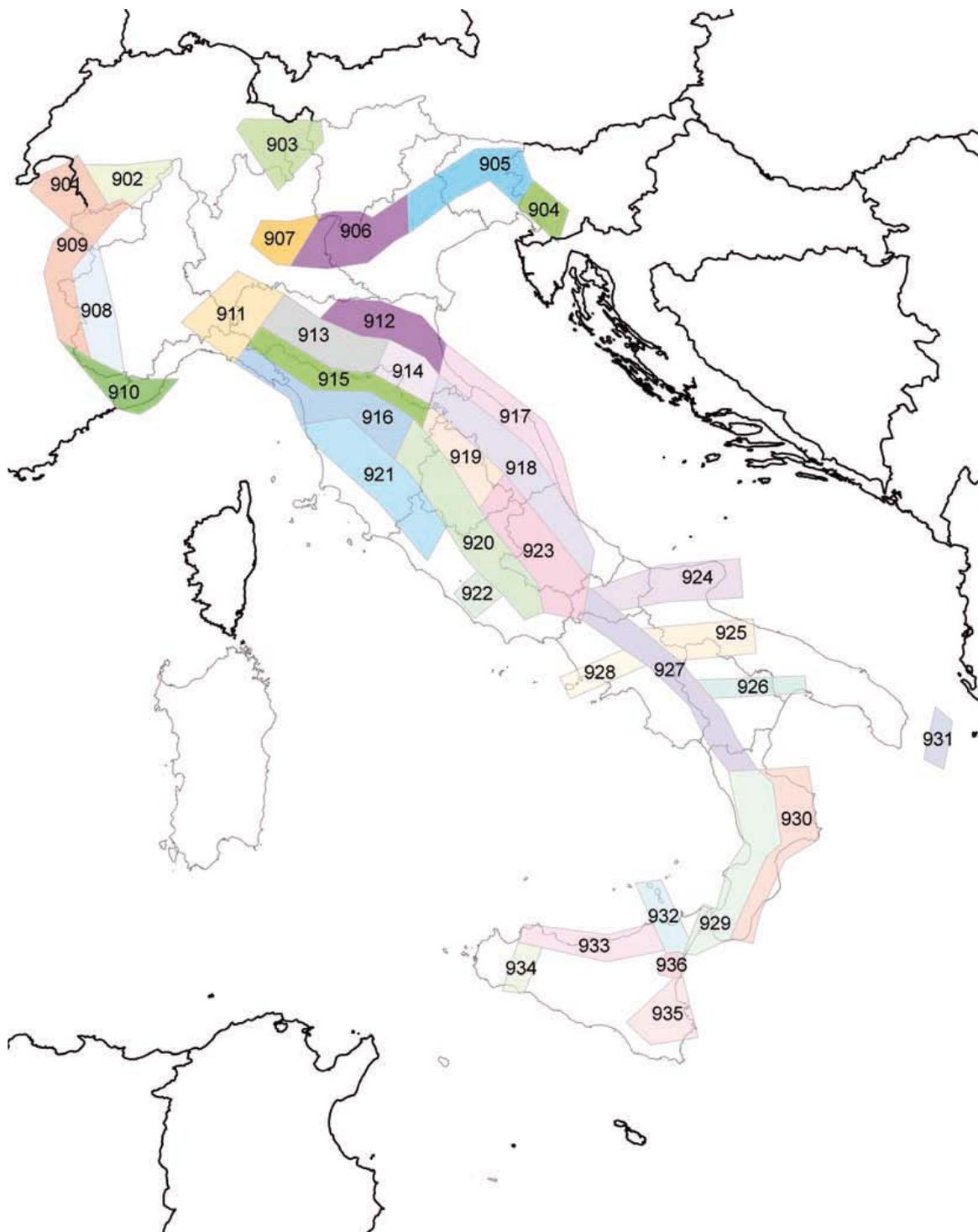


Fig. 54 – Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (Gruppo di lavoro, 2004).



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

In ogni caso, il possibile verificarsi di eventi sismici di Magnitudo compresa tra 4 e 6 in zone molto prossime all'area oggetto di studio potrebbe innescare fenomeni di liquefazione, in presenza di terreni sciolti (sabbie o ghiaie) e di una falda superficiale. Nel territorio comunale di Mascalucia, questa tipologia di terreni è rappresentata dal materiale di riporto e dai depositi vulcanoclastici, affioranti estesamente. Per quanto concerne la possibile presenza di falde superficiali all'interno di tali depositi, nella Carta idrogeologica dello studio geologico propedeutico alla revisione del P.R.G. . (Fig. 34), il territorio di Mascalucia, localizzato ad una quota compresa tra ~690 e ~325 metri, ricade tra le curve isopiezometriche di 400 e 280 metri, per cui la falda è situata a profondità oltre i 15–20 m dal p.c.. Questo dato trova conferma nella Carta idrogeologica del massiccio vulcanico dell'Etna (Ferrara, 2001)(Fig. 55).

Conseguentemente, in mancanza di dati che indichino la circolazione di acque sotterranee a profondità minore di 15–20 metri, nell'area di studio non è stata definita alcuna zona soggetta a possibili fenomeni di liquefazione.

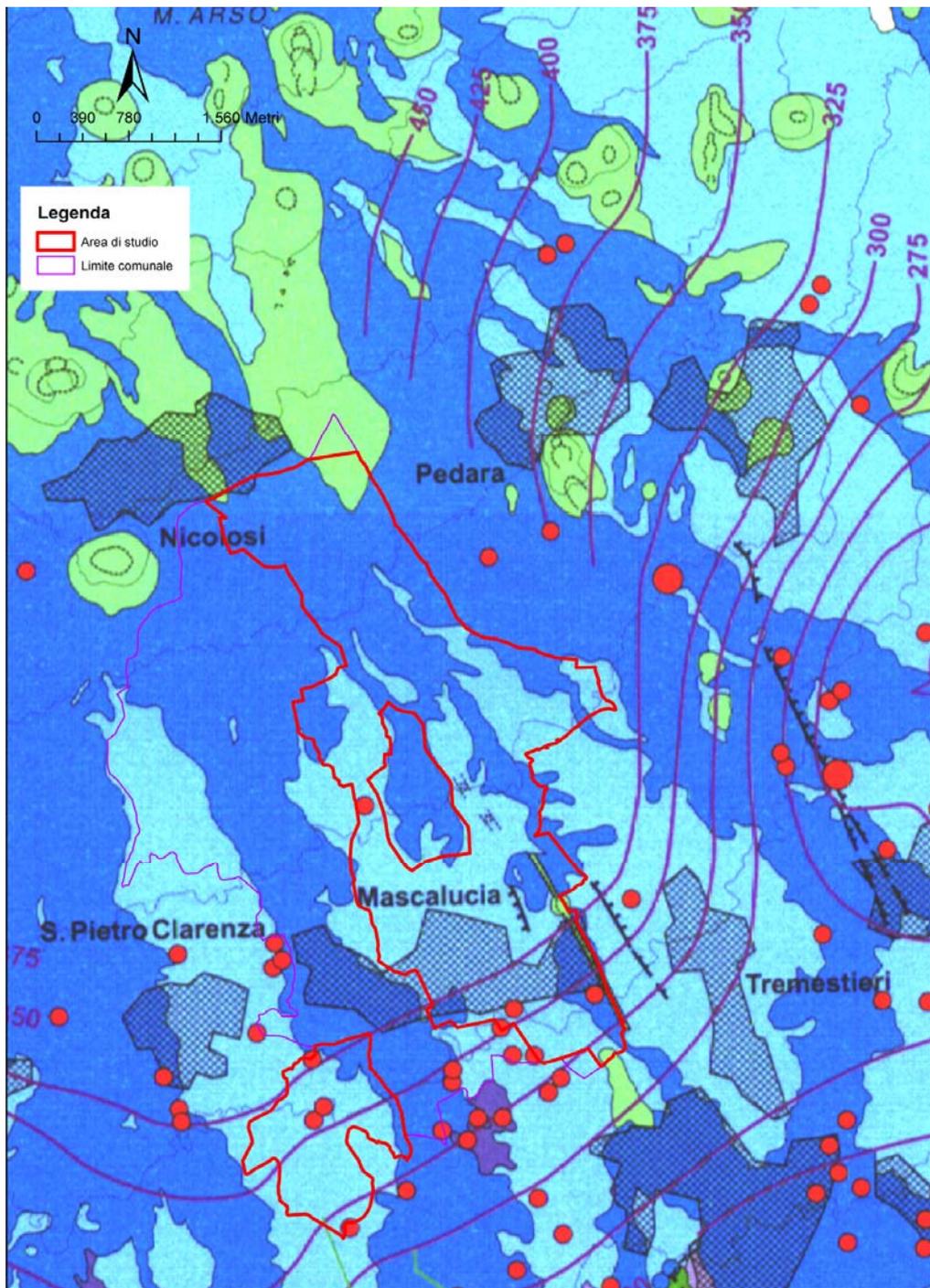


Fig. 55- Stralcio della Carta idrogeologica del massiccio vulcanico dell'Etna con le isopiezometriche (Ferrara, 2001 mod).



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

8. Elaborati cartografici

La sintesi delle attività svolte nel primo livello di approfondimento degli studi di microzonazione sismica si configura nella stesura dei seguenti elaborati cartografici: “Carta delle indagini”, “Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica” e “Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica”.

8.1 Carta delle indagini

Le indagini di sottosuolo pregresse messe a disposizione dall'amministrazione comunale di Mascalucia e dal Dipartimento Regionale di Protezione Civile, consistono in indagini sia di tipo puntuale che lineare. Tutti i dati messi a disposizione, unitamente a quelli acquisiti nel corso del presente studio, costituiti da 19 indagini geofisiche HVSR, sono stati analizzati, archiviati in un database di Access denominato “Cdi_tabelle” e rappresentati secondo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II”.

Nel dettaglio sono state inserite 165 “Indagini_puntuali” appartenenti alle seguenti classi e tipologie (vedi tab. 2 e **Allegati 3 e 4**):

- “Geologia” – a questa classe appartengono i 49 sondaggi a carotaggio continuo (S) e i 24 con prelievo di campioni (SC);
- “Geotecnica di laboratorio” – si tratta di 15 analisi su campione (SM) e 13 prove di taglio diretto (TD);

- “Geotecnica in sito” – sono costituite da 11 prove penetrometriche dinamiche SPT;
- “Geofisica” – si tratta di 2 indagini down-hole (DH), a quello realizzato in c.da Fondo Noci è stata assegnata attendibilità pari a “2”, e 51 indagini HVSR, così suddivisi: 28 noise eseguiti durante lo Studio geologico del territorio comunale di Mascalucia – Variante al P.R.G. delle aree stralciate dal D.A. 51/DRU del 10/04/2000, anche se è stato possibile ricavare soltanto 12 frequenze di picco cui è stata attribuita attendibilità pari a “3”; 4 noise effettuati per la relazione geologico-tecnica a supporto degli studi per la realizzazione di un tratto di strada comunale che congiunge le Vie Caracciolo e R. Wagner, ai quali anche in questo caso è stata assegnata attendibilità pari a “3”; 19 misure HVSR realizzate dall’Università di Catania, 3 delle quali non hanno fornito registrazioni di buona qualità (attendibilità “3”).

Le n. 56 “Indagini_lineari” (vedi tab. 3 e **Allegato 3**) rientrano nelle seguenti classi di indagine:

- “Geofisica” – 10 indagini MASW, 29 traverse sismiche a rifrazione (SR) e 4 profili georadar (RAD);
- “Geolettrica” – 13 tomografie elettriche.

Per le informazioni sulle geometrie 3D dei diversi corpi geologici nel sottosuolo, si raccomanda di fare riferimento alle sezioni geologiche realizzate nell’**Allegato 1**.

8.2 Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica

Già ampiamente descritta nei capitoli precedenti, la successione geolitologica dell’area di studio è stata ricostruita sulla base della composizione di rilievi geologici a differente scala e sull’interpretazione dei sondaggi geognostici disponibili. Per la



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

ricostruzione delle geometrie dei corpi lavici presenti nell'area si è dovuto ricorrere a rilievi originali per la mancanza di informazioni pregresse indispensabili. I terreni lavici sono stati assimilati esclusivamente ai terreni di copertura (LC), sulla base della loro giacitura rispetto alle altre formazioni superficiali (unità di copertura) presenti nell'area. Tali terreni sono stati rappresentati nella carta geologico-tecnica seguendo gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica-Versione 2.0beta-II". La classificazione dei terreni di copertura, descritta già in dettaglio nei capitoli precedenti, è stata eseguita secondo il sistema USCS. Si fa presente che gli unici terreni di copertura classificabili secondo tale sistema sono costituiti dai materiali di riporto, dalle scorie vulcaniche e dai prodotti piroclastici, caratterizzati da uno spessore superiore a 3 metri, che affiorano estesamente nell'area di studio. Per i terreni vulcanici di copertura si è fatto ricorso a nuovi standard di rappresentazione concordati con la committenza, in attesa di una integrazione delle linee guida nazionali, alla quale si auspica possano utilmente contribuire gli stessi dati contenuti in questo studio. In particolare, sono stati inseriti sia nuovi elementi lineari (limite di colata lavica) che elementi areali (edificio vulcanoclastico sepolto) che insieme agli altri già previsti, consentono una visualizzazione immediata degli elementi della morfologia sub-vulcanica.

Con queste premesse è stato possibile ricostruire un quadro molto complesso dei terreni di copertura che inevitabilmente si traduce in un'estrema parcellizzazione delle zone con caratteri stratigrafici omogenei (successione litologica, giacitura, rapporti geometrici con il substrato), da utilizzare successivamente per la definizione delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

La mancanza di un abaco di riferimento per i terreni vulcanici ha comportato un certo grado di indeterminazione ed arbitrarietà nella selezione degli aspetti geologici, litologici e geomorfologici significativi per la distinzione delle microzone omogenee. La scelta adottata è stata quella di suddividere le unità laviche sulla base dei loro caratteri morfologici, facilmente riconoscibili in superficie, cui comunemente si associano caratteri litologici specifici, puntualmente riscontrati in affioramento. Il risultato è una rappresentazione del sottosuolo di natura vulcanica che, pur con tutte le possibili imprecisioni, tende a riprodurre geometrie tipo in relazione all'andamento della topografia sepolta che, discostandosi dai classici schemi litostratigrafici, è apparsa l'unica soluzione praticabile per il raggiungimento degli obiettivi propri del primo livello di approfondimento.

8.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Sulla base delle unità caratterizzate e cartografate nella carta geologico tecnica e del modello del sottosuolo (vedi Capitolo 5) è stato possibile realizzare la Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, secondo gli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (Gruppo di lavoro MS, 2008). In generale, in tale elaborato cartografico si individuano tre tipi di microzone:

1. **zone stabili** in cui il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante. In queste zone gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
2. **zone stabili suscettibili di amplificazione** in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o morfologiche del terreno del territorio;



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

3. **zone suscettibili di instabilità** in cui sono presenti o si possono ipotizzare attivazioni di fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, ecc.).

I dati raccolti, non hanno consentito l'identificazione di zone stabili, in quanto in nessun luogo è stato riconosciuto un substrato affiorante con i caratteri di bedrock sismico. La notevole variabilità laterale dei terreni di copertura affioranti ha comportato la definizione di 6 distinte microzone riferite ad aree stabili suscettibili di amplificazione, nonché 2 tipi di zone suscettibili di instabilità.

La copertura lavica, costituita da colate sovrapposte è stata inserita in una unica microzona nel settore nord-occidentale, dove non sono disponibili dati diretti di sottosuolo, mentre nel resto dell'area di studio, sono state distinte altre due microzone, una relativa ai settori occidentali caratterizzata dalla sovrapposizione di diverse colate laviche che determinano un'alternanza tra orizzonti massivi e orizzonti scoriacei, e l'altra nei settori orientali in cui le colate laviche ricoprono localmente edifici vulcanoclastici sepolti. In termini realistici, non è prevedibile che l'estrema eterogeneità laterale dei terreni vulcanici si traduca effettivamente in un comportamento omogeneo, come codificato per altri tipi di terreno. E' molto più probabile che il concetto di microzona omogenea, nel caso dei terreni vulcanici vada intesa come area all'interno delle quali i parametri di variazione locale del moto oscillano nell'ambito di intervalli definiti, differenti da quelli di microzone adiacenti. I vari intervalli potranno essere stabiliti solo in seguito alla definizione di un abaco di riferimento che tenga conto, ad esempio del contributo degli orizzonti scoriacei o clastici comunemente intercalati tra le diverse colate

di copertura e della variabilità laterale delle litofacies all'interno delle singole colate. A queste considerazioni di carattere generale vanno aggiunti i limiti di incertezza, già descritti nel capitolo 6, che riguardano l'esatta localizzazione dei limiti tra microzone che si differenziano per progressiva sostituzione laterale di terreni a diverso comportamento. A titolo di esempio, si segnala la possibilità che all'interno di una microzona omogenea si possano manifestare effetti di particolare amplificazione lungo determinati allineamenti, come nel caso dei bordi di colata dove le misure di microtremore ambientale hanno evidenziato fenomeni di amplificazione a frequenze relativamente elevate. Un simile comportamento è legato all'estrema eterogeneità laterale di litologia, molto comune in ambiente vulcanico, che andrebbe considerata alla stessa stregua delle variazioni litologiche verticali, già previste negli abachi. E' chiaro che i passaggi laterali si proietterebbero in carta come linee, al contrario dei passaggi verticali che sono già contemplati nella stratigrafia relativa alle singole microzone. Pertanto, in attesa della definizione degli abachi, in aggiunta alle microzone omogenee riportate in carta, si consiglia di considerare tutti i bordi di colata riportati nella Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica come elementi lineari lungo i quali vi è la possibilità di un sostanziale incremento locale dell'amplificazione.

Con queste premesse, sono state distinte le sottoelencate aree stabili soggette ad amplificazione:

- **Zona 1** Colate laviche sovrapposte (a), costituite da campi lavici complessi caratterizzati da un'alternanza di livelli scoriacei e massivi con una notevole variabilità verticale e orizzontale delle litofacies. Lo spessore complessivo è generalmente oltre i 50 m.
- **Zona 2** Lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate (a), costituite da lave vacuolari e massive da mediamente a molto fessurate con presenza di cavità spesse complessivamente circa 10 m, alternate a scorie laviche a granulometria ghiaiosa (b) in matrice sabbiosa e materiale vulcanoclastico a granulometria prevalentemente sabbiosa (c) di uguale spessore.
- **Zona 3** Materiale vulcanoclastico a granulometria prevalentemente sabbiosa (a) e scorie laviche a granulometria ghiaiosa in matrice sabbiosa (c) con spessore di circa 10 m alternate a lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate (b), costituite da lave vacuolari e massive da mediamente a molto fessurate con presenza di cavità di uguale spessore.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

- **Zona 4** Lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate (a), che poggiano lungo i fianchi di edifici piroclastici sepolti (b) inclinati di circa 35° tendendo a diminuire di spessore verso le zone sommitali dell'edificio.
- **Zona 5** Depositi vulcanoclastici costituiti da sabbie e ghiaie, con spessori che possono superare i 30 m, che danno luogo ad edifici piroclastici che si sviluppano lungo la frattura eruttiva del Cavòlo, e più a Nord a Torre del Grifo e al limite settentrionale dell'area di studio che poggiano sulla zona 1 o 2.
- **Zona 6** Materiale di riporto eterogeneo etrometrico in matrice sabbiosa (a), spesso fino a circa 5 m poggiate sulla successione della microzona 1.

Inoltre la carta riporta le fasce ristrette a cavallo delle faglie potenzialmente attive presenti nell'area. Tali fasce non hanno il significato di zone di rispetto, in quanto stanno ad indicare una deformazione non concentrata lungo discrete linee di dislocazione, ma piuttosto diffuse in un'area nell'intorno delle strutture. Per finire, il secondo tipo di instabilità relativa alla sovrapposizione di instabilità differenti, deriva dalla sovrapposizione della prima tipologia all'instabilità per cedimenti differenziali che si realizza lungo la frattura eruttiva del Cavòlo.

L'**Allegato 6** fornisce un quadro completo delle zone stabili suscettibili di amplificazione mentre, per quanto riguarda le zone suscettibili di instabilità si rimanda al Capitolo 7.

9. Confronto con la distribuzione di danni per eventi passati

Il territorio comunale di Mascalucia, così come tutta la Sicilia sud-orientale, è stato interessato da diversi eventi sismici sopra la soglia del danno ($I_{MCS} > V$), verificatisi principalmente nel periodo pre-strumentale (Figg. 3 e 4).

Le informazioni sui danni prodotti dagli eventi passati sono state ottenute consultando il Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990 (CFTI 2 Boschi et al., 1997), nonché una pubblicazione scientifica internazionale di La Delfa et al. (2000). Procedendo dal più antico al più recente si elencano:

- Evento del 10 marzo 1669

Le scosse vennero avvertite fortemente. Inoltre, il paese fu in seguito parzialmente distrutto dall'eruzione vulcanica. Le numerose fonti analizzate durante la ricerca evidenziano, infatti, la correlazione tra le scosse che caratterizzarono il periodo sismico e la contemporanea eruzione dell'Etna.

- Evento dell'11 gennaio 1693

Mascalucia è ricordata fra le città e le terre distrutte in alcuni fogli a stampa. Polizzi segnala che il terremoto causò la morte di 55 persone.

- Evento del 20 febbraio 1818

Questo evento sismico provocò il danneggiamento della chiesa del patrono S. Vito oltre a quella della Consolazione, dell'Addolorata, di S. Antonio Abate, del Signore delle Martellette, di S. Rocco, della SS. Trinità e gli ospizi dei PP. Cappuccini e di S. Francesco. I crolli che si verificarono in seguito al sisma provocarono la morte di 9 persone ed il ferimento di diverse altre.

La località fu inserita nel quadro riassuntivo delle perizie, tra quelle in cui si verificarono i danni maggiori. Le tavole sinottiche redatte a cura dell'Intendenza di Catania e riproducenti i risultati delle perizie ufficiali

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

riportarono il numero di 681 case danneggiate. Di queste 4/16 furono classificate come cadute (170), 2/16 come cadenti (85) e 10/16 lesionate (426). Nelle osservazioni alle tavole sinottiche si sottolinea, inoltre, come le conseguenze del periodo sismico furono in questa località gravi ed estese, arrecando danni a tutto il patrimonio edilizio.

Alcune testimonianze evidenziano che i crolli interessarono edifici con muri a secco, strutture architettoniche sbilanciate nella ripartizione dei pesi e rese deboli dalla presenza di fondamenta insufficienti o dall'edificazione di piani superiori su edifici preesistenti.

- Evento dell'8 agosto 1894

Questa scossa fu avvertita in maniera molto forte dalla popolazione e causò un intenso scuotimento di mobili ed infissi oltre che grande panico fra la popolazione.

- Evento dell'8 settembre 1905

Questo terremoto fu avvertito in modo sensibile ma, grazie alla notevole distanza epicentrale, non vi furono gravi conseguenze relativamente allo stato dei manufatti oltre che danni di natura economica alla popolazione.

- Evento del 28 dicembre 1908

Questo terremoto fu molto forte e causò qualche danno agli edifici ma non si hanno notizie più dettagliate a riguardo. Anche in questo caso la notevole

distanza epicentrale impedì il verificarsi di ingenti danni agli edifici ed alla popolazione.

- Evento del 13 dicembre 1990

Attraverso uno studio macrosismico condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, basato su questionari e sopralluoghi tecnici, gli effetti sono stati stimati di intensità pari al VI–VII grado della scala MCS.

Oltre ai terremoti di elevata I(MCS) sopra descritti, l'area di studio ha risentito e risente di una sismicità propria dell'area etnea, caratterizzata da eventi di più bassa intensità ma più superficiali e vicini al comune di Mascalucia.

Sulla base di dati relativi a studi precedenti (Patanè & Imposa, 1995), La Delfa et al. (2000) hanno realizzato una mappa in cui sono rappresentate le aree macrosismiche dei terremoti del 23 agosto 1980, del 23 marzo e del marzo–luglio 1985, del 29 gennaio e del 4 e 6 febbraio 1986. Le isosiste così ricostruite, sono distribuite in direzione NO–SE lungo una fascia che attraversa il comune di Mascalucia proseguendo a NO nel comune di Nicolosi e a SE nel comune di Tremestieri Etneo. In corrispondenza di tale fascia passa la faglia di Nicolosi–Tremestieri di Bonforte et al. 2011, e in Barreca et al. 2013, inserita nella Carta Geologico–Tecnica del presente studio come “Faglia trascorrente/obliqua attiva presunta”.

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

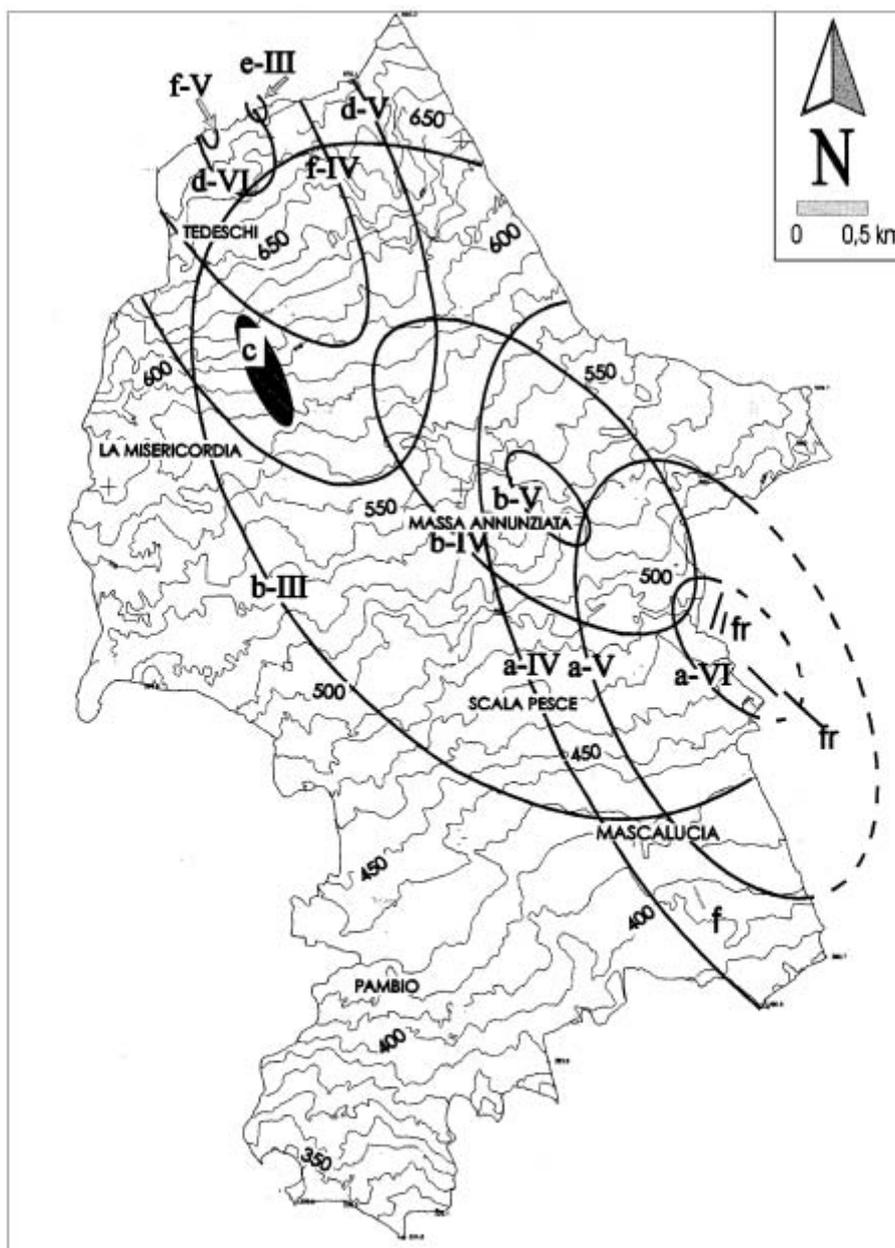


Fig. 9. Macro seismic areas of earthquakes involving the eastern side of the Mascalucia territory (from Patané and Imposa, 1995): (a) isoseismal map of the August 23rd, 1980 earthquake; (b) isoseismal map of the March 23rd, 1985 earthquake; (c) mesoseismic area of the March–July, 1985 earthquakes; (d) isoseismal map of the January 29th, 1986 earthquake; (e) isoseismal map of the February 4th, 1986 earthquakes; (f) isoseismal map of the February 6th, 1986 earthquakes. Roman type numbers indicate the MSK scale intensity of the earthquakes.

Fig. 56 – Carta delle aree macrosismiche del territorio di Mascalucia (da La Delfa et al., 2000), realizzata inserendo le isosiste degli eventi sismici del 23 agosto 1980, del 23 marzo e del marzo–luglio 1985, del 29 gennaio e del 4 e 6 febbraio 1986.

10. Bibliografia

AA.VV.; 1979 – Geological Map of Mt. Etna. 1:50.000 scale. C.N.R., Progetto Finalizzato Geodinamica, Ed. S.EL.CA, Firenze (IT).

AA.VV.; 2009a – Note illustrative Foglio Geologico 625 “Acireale”. A cura di Giorgio Pasquarè. CNR IDPA Sezione di Milano e Laboratorio S.I.T. – DISAT – Università di Milano Bicocca.

AA.VV.; 2009b – Note illustrative Foglio Geologico 634 “Catania”. A cura di Serafina Carbone e Fabio Lentini. Ed. S.EL.CA, Firenze (IT).

Azzaro R.; 1999 – Earthquake surface faulting at Mount Etna volcano (Sicily) and implications for active tectonics. *J. Geodyn.*, 28, 193–213.

Azzaro R., Barbano M.S., Antichi B., Rigano R; 2000 – Macroseismic catalogue of Mt. Etna earthquakes from 1832 to 1998. *Acta Vulcanol.*, 12, 1–2, 3–36.

Azzaro R., Bonforte A., Branca S., Guglielmino F.; 2013 – Geometry and kinematics of the fault systems controlling the unstable flank of Etna volcano (Sicily). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 251, 5–15.

Azzaro R., Branca S., Gwinner K., Coltelli M.; 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.)*, 131, n. , 153–170. DOI: 10.3301/IJG.2011.29

Azzaro R., D'Amico S., Mostaccio A., Scarfi L., Tuvè T.; 2006 – Terremoti con effetti macrosismici in Sicilia orientale nel periodo Gennaio 2002 – Dicembre 2005. *Quad. Geof.*, 41, 62 pp.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Azzaro R., D'Amico S., Mostaccio A., Scarfi L., Tuvè T.; 2009 – Terremoti con effetti macrosismici in Sicilia orientale nel periodo Gennaio 2006 – Dicembre 2008. Quaderni di Geofisica, 72, 39 pp.

Azzaro R., D'Amico S., Tuvè T.; 2011 – Estimate the magnitude of historical earthquakes from macroseismic intensità data: new relationships for the volcanic region of Mount Etna (Italy). *Seism. Res. Lett.*, 82, 4, 533–544.

Bailey J.E., Harris A.J.L., Dehn J., Calvari S., Rowland S.K.; 2006 – The changing morphology of an open lava channel on Mt. Etna. *Bull. Volcanol.*, 68, 498–515. DOI: 10.1007/s00445-005-0025-6

Barbano, M.S.; 1985 – The Val di Noto earthquake of December 10, 1542. In: Postpischl, D. (ed.), *Atlas of Isoseismal Maps of Italian Earthquakes*, PFG-CNR, Quad. Ric. Scie. 2A, 114, Bologna.

Barreca G., Bonforte A., Neri M.; 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, 170–186.

Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M.M., Boschi E.; 2008 – The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, *Tectonophysics*, 453, 20–43.

Bianca M., Monaco C., Tortorici L., Cernobori L.; 1999 – Quaternary normal faulting in southeastern Sicily (Italy): A seismic source for the 1693 large earthquake. *Geophys. J. Int.*, 139, 370–394.

Bonforte, A., Guglielmino F., Coltelli M., Ferretti A., Puglisi G.; 2011 – Structural assessment of Mount Etna volcano from Permanent Scatterers analysis, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 12, Q02002, doi:10.1029/2010GC003213.

Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smeriglio G., Valensise G.; 1995 – Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.c. al 1980. Istituto Nazionale di Geofisica, Roma, 973 pp.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G., Gasperini P.; 1997 – Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.c. al 1990. Istituto Nazionale di Geofisica, Roma, 644 pp.

Borgia A., Ferrari L., Pasquarè G.; 1992 – Importance of gravitational spreading in the tectonic and volcanic evolution of Mount Etna, *Nature*, 357, 231–235, doi:10.1038/357231a0.

Branca S., Coltelli M., Groppelli G., Lentini F.; 2011 – Geological map of Etna volcano, 1:50,000 scale. *It. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.)*, 130 (3), 265–291.

Catalano S., De Guidi G., Monaco C., Tortorici G., Tortorici L.; 2008. Active faulting and seismicity along the Siculo–Calabrian rift zone. *Tectonophysics*, 453, 177–192.

Catalano S., Torrisi S., Ferlito C.; 2004 – The relationship between Late Quaternary deformation and volcanism of Mt. Etna (eastern Sicily): new evidence from the sedimentary substratum in the Catania region. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 132, 311–334.

Catalano S., Tortorici G.; 2010 – La carta geologica del basso versante orientale del Monte Etna: nuovi vincoli geologici per la ricostruzione del sottosuolo. In



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

“Microzonazione sismica del versante orientale dell’Etna. Studi di primo livello”, Autori Vari. Le Nove Muse Editrice, Catania, 113–141.

Ciccacci S., Fredi P., Lupia Palmieri E., Salvini F.; 1986 – An approach to the quantitative analysis of the relations between drainage pattern and fracture trend. *International Geomorphology*, II. Wiley & Sons, Chichester, pp. 49–68.

DISS Working Group; 2010 – Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2010 – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – All rights reserved.

Dolce M. e altri 15 Autori; 2011 – Contributi per l’aggiornamento degli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica”. *Ingegneria Sismica XXVIII*, n.2. Supplemento alla rivista trimestrale.

Ferrara V.; 2001 – Carta idrogeologica del massiccio vulcanico dell’Etna. Ed. S.EL.CA, Firenze (IT).

Firth C., Stewart I., Mcguire W.J., Kershaw, S., Vita-Finzi C.; 1996 – Coastal elevation changes in eastern Sicily: Implications for volcano instability at Mount Etna. *Geological Society Special Publication*, 110, 153–167.

Galli P.; 2000 – New empirical relationships between magnitude and distance for liquefaction. *Tectonophysics*, 324, 169–187.

Gillot P.Y., Kieffer G., Romano R.; 1994 – The evolution of Mount Etna in the light of potassium–argon dating. *Acta Vulcanol.*, 5, 81–87.

Gruppo di lavoro, 2004 – Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N. 3274 del 20/3/03. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano–Roma, aprile 2004.

Gruppo di lavoro MS; 2008 – Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, 3° Vol. e DVD.

Gruppo di lavoro MS; 2008 – Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, Glossario.

Kieffer, G.; 1975 – Sur l'existence d'une "riftzone" à l'Etna. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences Paris D 280: 263–266.

La Delfa S., Patanè G., Tanguy J. C.; 2000 – Kilometer-scale heterogeneities inside volcanoes revealed by using a set of geophysical methods: variable stress field at Mount Etna, Sicily. Phys. Earth Planet. Inter., 121, 157–173.

Locati M., Camassi R., Stucchi M.; 2011. DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>

Meletti C., Montaldo V.; 2007 – Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag. Progetto DPC–INGV S1, Deliverable D2,

<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>

Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E.; 2008 – A seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory. Tectonophysics, 450(1), 85–108. DOI:10.1016/j.tecto.2008.01.003.

Monaco C., Catalano S., Cocina O., De Guidi G., Ferlito C., Gresta S., Musumeci C., Tortorici L.; 2005 – Tectonic control on the eruptive dynamics at Mt. Etna volcano (eastern Sicily during the 2001 and 2002–2003 eruptions. J. Volc. Geotherm. Res., 144: 221–233.



Regione Siciliana – Presidenza
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

Monaco C., De Guidi G., Catalano S., Ferlito C., Tortorici G., Tortorici L.; 2008 – La Carta Morfotettonica del Monte Etna. Litografia Artistica Cartografica, Firenze (IT).

Monaco C., Tortorici L.; 2000 – Active faulting in the Calabrian arc and eastern Sicily. *J. Geodyn.*, 29, 407–424.

Monaco C., Ventura G.; 1995 – Magmatic and structural features of the "Valverde Center" (Mt. Etna, Sicily). *Studi Geologici Camerti*, 13, 89–101.

NTC; 2008 – Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni. D.M. 14/01/2008. G.U. n. 29 del 04/02/2008 (Suppl. Ordinario n. 30).

Patanè G., Imposa S.; 1995 – Atlante delle isosiste dei terremoti etnei dal 1971 al 1991. GNGTS, Istituto di Geologia e Geofisica Università di Catania, 54–55.

Postpischl, D., 1985. *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. CNR, P.F. Geodinamica, Graficoop Bologna, 239 pp.

Progetto Database nazionale dei Sinkholes. Consultabile presso il "Portale del Servizio Geologico d'Italia" dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale). <http://sgi.isprambiente.it/geoportal/catalog/content/project/sinkhole.page>

Progetto IFFI (banca dati inventario fenomeni franosi d'Italia). Consultabile presso il "Portale del Servizio Geologico d'Italia" dell'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale).

<http://sgi.isprambiente.it/geoportal/catalog/content/project/iffi.page>

Progetto ITHACA – Faglie Capaci ((ITaly HAZard from CAPable faults). Consultabile presso il “Portale del Servizio Geologico d’Italia” dell’ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale).

<http://sgi1.isprambiente.it/geoportal/catalog/content/project/ithaca.page>

Regione Sicilia; 2004 – Piano Stralcio di bacino per l’Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Siciliana – Relazione generale.

http://www.sitr.regione.sicilia.it/pai/CD_PAI/RELAZIONE_GENERALE_P.A.I.pdf

Rovida A., Camassi R., Gasperini P., Stucchi M.; 2011 – CPTI11, la versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna.

<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>

Valensise G., Pantosti D.; 1992 – A 125 Kyr-long geological record of seismic source repeatability: the Messina Straits (southern Italy) and the 1908 earthquake (Ms 7 1/2). Terra Nova, 4, 472–483.

11. Allegati

Allegato 1 – Sezioni geologiche

Allegato 2 – Sondaggi

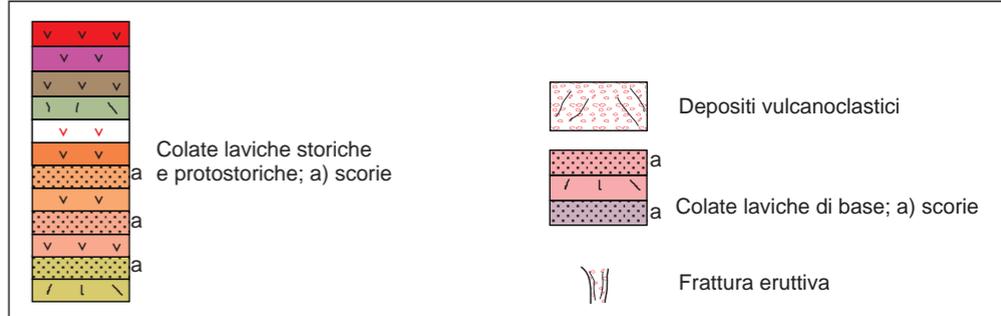
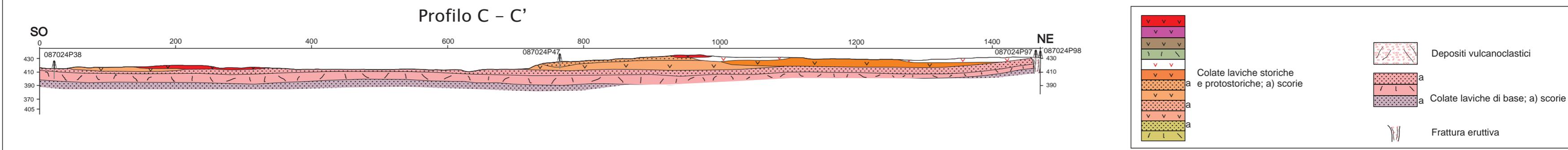
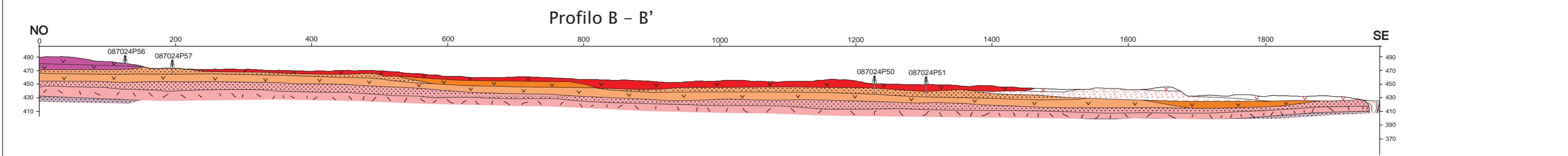
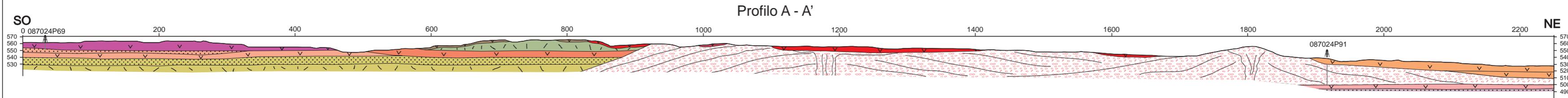
Allegato 3 – Dati geotecnici e geofisici

Allegato 4 – Misure di microtremore ambientale

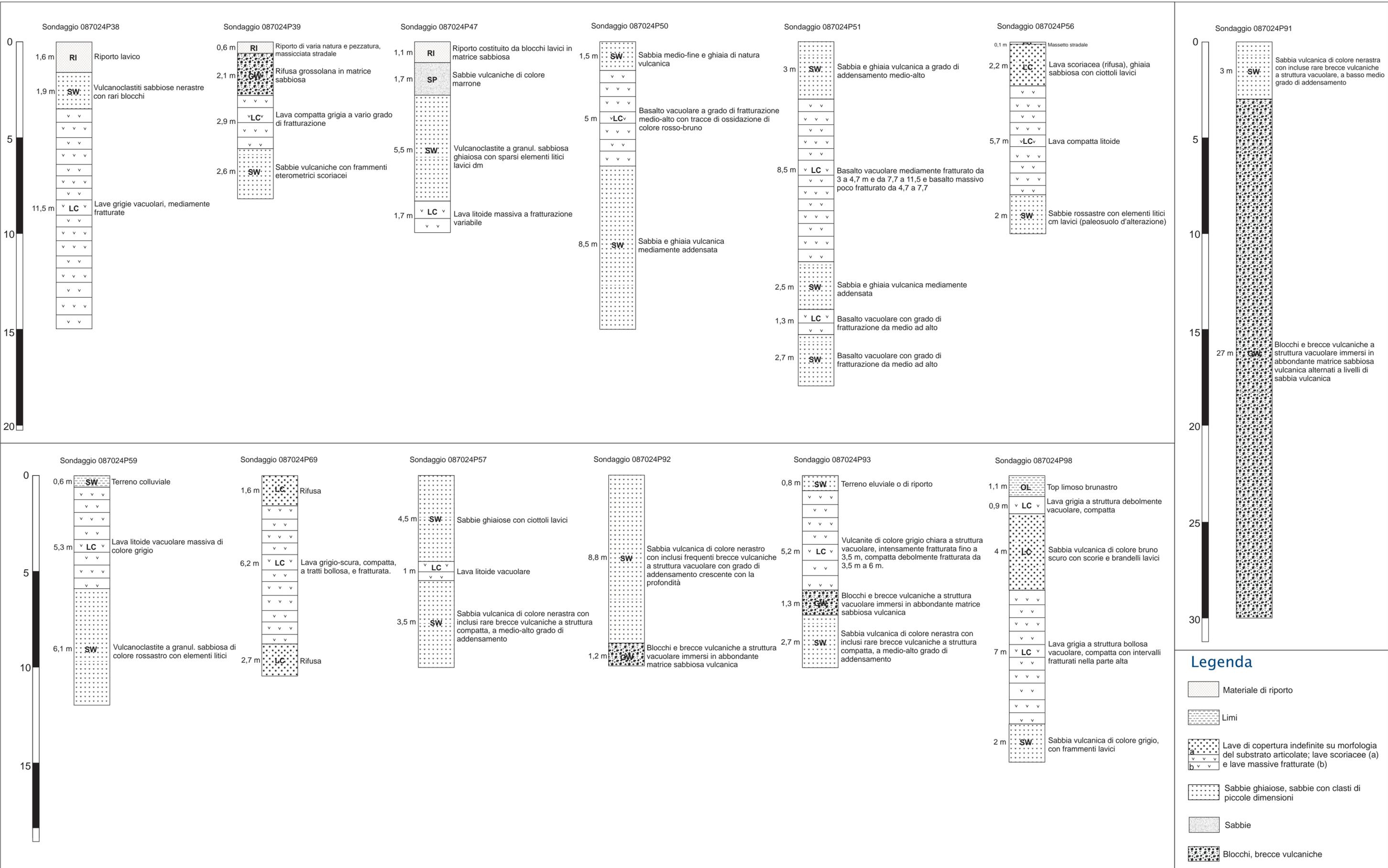
Allegato 5 – Sezioni topografiche

Allegato 6 – Schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi

ALLEGATO 1 – SEZIONI GEOLOGICHE



Allegato 2 – Sondaggi



Allegato 3: Dati geotecnici e geofisici

ID_INDPU	profondità (m)	litologia	descrizione litotipo	S.P.T. (Nspt)
087024P33SPT33	9,0 - 9,3	GW	materiale vulcanoclastico ghiaioso ciottoloso di colore grigio scuro	24 - R
087024P33SPT35	1,0 - 1,45	GW	terreno vegetale ghiaioso sabbioso di colore marrone scuro con piccoli blocchi lavici	27 - 42 - R

Tab. 1 - Valori del numero di colpi "Nspt", ottenuti da prove penetrometriche dinamiche SPT, effettuate nel corso del piano di indagini realizzate per lo studio geologico a supporto del "Progetto impianto modulare trattamento inerti C/da S. Margherita con preliminare studio di impatto ambientale dell'opera sul territorio" nelle porzioni scoriacee di colate laviche caratterizzate da ghiaie e sabbie.

litologia	descrizione litotipo	PV [γ (kN/m ³)]	coesione c' [C (Mpa)]	angolo attrito interno Φ' [F1 (°)]
GW	Materiali vulcanoclastici	19,0	0	32
LC	Rocce laviche (lave bollose scoriacee)	20,0	0	34
LC	Rocce laviche (lave compatte)	24,0	0	39

Tab. 2 - Valori dei parametri geotecnici forniti "sulla scorta di prove geotecniche di laboratorio effettuate su campioni di analoga litologia" per i materiali vulcanoclastici, e "ricorrendo ai criteri che governano la meccanica delle rocce" per le lave, nello studio geologico a supporto del "Progetto impianto modulare trattamento inerti C/da S. Margherita con preliminare studio di impatto ambientale dell'opera sul territorio".

ID_INDNL	Vs30 (m/s)
087024L47MASW49	364
087024L48MASW50	357
087024L49MASW51	399
087024L50MASW52	484
087024L51MASW53	295
087024L52MASW54	292
087024L53MASW55	274
087024L54MASW56	238

Tab. 3 - Valori delle Vs30 ottenuti da indagini geofisiche MASW realizzate per lo "Studio geologico propedeutico alla revisione del Piano Regolatore Generale (Tav. 5: Carta delle indagini)".

ID_INDLN: 087024L18SR18 (traversa sismica P1)								
sismo strato	profondità bottom (m)	spessore massimo (m)	spessore minimo (m)	velocità media onde P (m/s)	relazione velocità-litologia	Mdulo di Bulk [K (Mpa)]	Modulo di Young [E (Mpa)]	Modulo di taglio [G (Mpa)]
1	0,94 - 1,79	1,79	0,94	400	strato areato superficiale	519,01	124,56	42,66
2	5,87 - 8,22	8,22	5,87	760	livelli ghiaioso sabbiosi associati a vulcanoclastiti sciolte localmente frammiste ad accumuli di lave scoriaee	1638,97	543,95	188,3
3	> 5,87 - 8,22	indefinita	indefinita	2010	banconi di lave intensamente fratturate e fessurate frammisti a sporadici livelli lavici scoriaei	6630,37	19790,06	2050,34
ID_INDLN: 087024L19SR19 (traversa sismica P2)								
sismo strato	profondità bottom (m)	spessore massimo (m)	spessore minimo (m)	velocità media onde P (m/s)	relazione velocità-litologia	Mdulo di Bulk [K (Mpa)]	Modulo di Young [E (Mpa)]	Modulo di taglio [G (Mpa)]
1	0,93 - 1,70	1,70	0,93	380	strato areato superficiale	434,09	104,18	35,68
2	5,68 - 6,82	6,82	5,68	730	livelli ghiaioso sabbiosi associati a vulcanoclastiti sciolte localmente frammiste ad accumuli di lave scoriaee	1495,63	500,95	173,49
3	> 5,68 - 6,82	indefinita	indefinita	1790	banconi di lave intensamente fratturate e fessurate frammisti a sporadici livelli lavici scoriaei	4927,33	4037,69	1482,66
ID_INDLN: 087024L20SR20 (traversa sismica P3)								
sismo strato	profondità bottom (m)	spessore massimo (m)	spessore minimo (m)	velocità media onde P (m/s)	relazione velocità-litologia	Mdulo di Bulk [K (Mpa)]	Modulo di Young [E (Mpa)]	Modulo di taglio [G (Mpa)]
1	0,82 - 1,16	1,16	0,82	320	strato areato superficiale	286,76	68,82	23,54
2	5,70 - 6,02	6,02	5,70	680	livelli ghiaioso sabbiosi associati a vulcanoclastiti sciolte localmente frammiste ad accumuli di lave scoriaee	1265,82	423,39	146,61
3	> 5,70 - 6,02	indefinita	indefinita	2120	banconi di lave intensamente fratturate e fessurate frammisti a sporadici livelli lavici scoriaei	7370,88	6050,28	2222,05
ID_INDLN: 087024L21SR21 (traversa sismica P4)								
sismo strato	profondità bottom (m)	spessore massimo (m)	spessore minimo (m)	velocità media onde P (m/s)	relazione velocità-litologia	Mdulo di Bulk [K (Mpa)]	Modulo di Young [E (Mpa)]	Modulo di taglio [G (Mpa)]
1	0,80 - 1,20	1,20	0,80	440	strato areato superficiale	631,16	149,47	51,88
2	5,22 - 6,40	6,40	5,22	740	livelli ghiaioso sabbiosi associati a vulcanoclastiti sciolte localmente frammiste ad accumuli di lave scoriaee	1541,63	508,91	176,16
3	> 5,22 - 6,40	indefinita	indefinita	1620	banconi di lave intensamente fratturate e fessurate frammisti a sporadici livelli lavici scoriaei	3926,35	3207,36	1177,4
ID_INDLN: 087024L22SR22 (traversa sismica S0)								
sismo strato	profondità bottom (m)	spessore massimo (m)	spessore minimo (m)	velocità media onde P (m/s)	relazione velocità-litologia	Mdulo di Bulk [K (Mpa)]	Modulo di Young [E (Mpa)]	Modulo di taglio [G (Mpa)]
1	1,5 - 2,0	1,50	2,00	410	strato areato superficiale			
2	5,6 - 7,5	5,60	7,50	600	livelli ghiaioso sabbiosi associati a vulcanoclastiti sciolte localmente frammiste ad accumuli di lave scoriaee			
3	> 5,6 - 7,5	indefinita	indefinita	1670	banconi di lave intensamente fratturate e fessurate frammisti a sporadici livelli lavici scoriaei			
ID_INDLN: 087024L31SR33 (traversa sismica P0)								
sismo strato	profondità bottom (m)	spessore massimo (m)	spessore minimo (m)	velocità media onde P (m/s)	relazione velocità-litologia	Mdulo di Bulk [K (Mpa)]	Modulo di Young [E (Mpa)]	Modulo di taglio [G (Mpa)]
1	0,60 - 0,40	0,60	0,40	340	strato areato superficiale			
2	8,2 - 5,6	5,60	8,20	525	livelli ghiaioso sabbiosi associati a vulcanoclastiti sciolte localmente frammiste ad accumuli di lave scoriaee			
3	> 8,2 - 5,6	indefinita	indefinita	1930	banconi di lave intensamente fratturate e fessurate frammisti a sporadici livelli lavici scoriaei			

Tab. 4 - Indagini geofisiche di sismica a rifrazione (traverse sismiche) effettuate e menzionate nello studio geologico per la "realizzazione fognatura urbana 3°lotto".

ID_INDPU	litologia	Descrizione litotipo	Profondità top (m)	Profondità bottom (m)	spessore battuta (m)	R.Q.D. (%)	% carotaggio
087024P39S42	LC	lave compatte grigie a vario grado di fratturazione	2,70	5,60	2,90	62,6	98
087024P40S43	LC	lave compatte grigie a vario grado di fratturazione	2,10	2,80	0,70	68	95
087024P41S44	LC	lave compatte grigie a vario grado di fratturazione	2,50	4,70	2,20	59	95
087024P42S45	LC	lave compatte grigie a vario grado di fratturazione	4,15	4,80	0,65	80	90
087024P43S46	LC	lave compatte grigie a vario grado di fratturazione	3,35	4,10	0,75	69	97
087024P44S47	LC	lave compatte di colore grigio	2,90	4,40	1,50	45	92

Tab. 5 - Valori di R.Q.D. e della percentuale di carotaggio nelle lave attraversate durante l'esecuzione di sondaggi realizzati a supporto del piano di "Indagini geognostiche ex Chiesa S. Nicolò".

ID_INDPU	profondità inizio prova dal p.c. (m)	litologia	descrizione litotipo	S.P.T. (Nspt)	PV [γ (kN/m ³)]
087024P46SPT50	3,50	SW	vulcanoclastite a granulometria sabbioso ghiaiosa con sparsi elementi litici lavici decimetrici	26 - 36 - 41 77	24,91
Densità relativa (%)	angolo di attrito interno ϕ [F1 (°)]	modulo edometrico kg/cm ²	classificazione AGI	potenziale di liquefazione	velocità onde
65,26	50,10	381,42	molto addensato	> 0,35	482,62
ID_INDPU	profondità inizio prova dal p.c. (m)	litologia	descrizione litotipo	S.P.T. (Nspt)	PV [γ (kN/m ³)]
087024P47SPT54	2,00	SP	sabbie vulcaniche di colore marrone	15 - 20 - 24 44	
Densità relativa (%)	angolo di attrito interno ϕ [F1 (°)]	modulo edometrico kg/cm ²	classificazione AGI	potenziale di liquefazione	velocità onde
64,24	37,16	234,24	addensato	> 0,35	364,83

Tab. 6 - Valori del numero di colpi "Nspt" e stima dei parametri geotecnici mediante correlazioni empiriche, ottenuti da prove penetrometriche dinamiche SPT, effettuate nel corso delle indagini geognostiche a supporto del "Progetto di Parcheggio pubblico in quartiere Trinità e collegamento tra Via Trinità e Via Bellini" nelle porzioni scoriee di colate laviche caratterizzate da sabbie e ghiaie.

campione	profondità di campionamento (m)	classe di qualità	descrizione campione	PV [γ(kN/m ³)]	resistenza a compressione monoassiale (Kg/cm ²)
S3 C1	9,20 - 9,40	Q4	basalto massivo	24,61	901,63
S3 C2	9,80 - 10,00	Q4	basalto poco vacuolare con presenza di fenocristalli di plagioclasio	24,42	782,00

Tab. 7 – Valori di alcuni parametri geotecnici delle lave fratturate, ottenuti da analisi di laboratorio, effettuate nel corso delle indagini a supporto del “Progetto di Parcheggio pubblico in quartiere Trinità e collegamento tra Via Trinità e Via Bellini”.

IDINDPU: 087024P50SPT61		
litologia	intervallo profondità di prova (m)	num° colpi [N _{spt}]
sabbia e ghiaia vulcanica mediamente addensata	8,00 - 8,15	22
	8,15 - 8,30	28
	8,30 - 8,45	R

Tab. 8 - Valori del numero di colpi “N_{spt}”, ottenuto dalla prova penetrometrica dinamica SPT, effettuata nel corso dello studio geologico a supporto del “Progetto relativo alla costruzione di una struttura scolastica polivalente nel Comune di Mascalcucia” nelle porzioni sabbiose e ghiaiose.

ID_INDPU: 087024P48S55					
Descrizione litotipo	Intervallo profondità (m)	Profondità top (m)	Profondità bottom (m)	spessore battuta (m)	R.Q.D. (%)
basalto vacuolare mediamente fratturato con tracce di ossidazione di colore rosso bruno	2,00 - 4,00	2,00	4,00	2,00	80
basalto vacuolare mediamente fratturato con tracce di ossidazione di colore rosso bruno	4,00 - 4,20	4,00	5,00	1,00	85
basalto massivo poco fratturato	4,20 - 5,00				
basalto massivo poco fratturato	5,00 - 6,00	5,00	6,00	1,00	95
basalto massivo poco fratturato	6,00 - 6,90	6,00	7,00	1,00	90
breccia e blocchi decimetrici di basalto vacuolare	6,90 - 7,00				
breccia e blocchi decimetrici di basalto vacuolare	8,00 - 9,00	8,00	9,00	1,00	15
ID_INDPU: 087024P49S57					
Descrizione litotipo	Intervallo profondità (m)	Profondità top (m)	Profondità bottom (m)	spessore battuta (m)	R.Q.D. (%)
sabbia medio fine e ghiaia di natura vulcanica (terreno vegetale)	1,00 - 1,70	1,00	2,00	1,00	25
basalto vacuolare mediamente fratturato con tracce di ossidazione di colore rosso bruno	1,70 - 2,00				
basalto vacuolare mediamente fratturato con tracce di ossidazione di colore rosso bruno	2,00 - 2,70	2,00	3,00	1,00	10
cavità con clasti vulcanici decimetrici	2,70 - 3,00				
basalto massivo poco fratturato	3,00 - 3,50	3,00	5,10	2,10	90
basalto vacuolare a grado di fratturazione medio	3,50 - 5,10				
basalto vacuolare a grado di fratturazione alto	7,90 - 8,50	7,90	8,50	0,60	50

ID_INDPU: 087024P50S59					
Descrizione litotipo	Intervallo profondità (m)	Profondità top (m)	Profondità bottom (m)	spessore battuta (m)	R.Q.D. (%)
sabbia medio fine e ghiaia di natura vulcanica (terreno vegetale)	0,00 - 1,00	0,00	1,00	1,00	10
basalto vacuolare a grado di fratturazione medio alto con tracce di ossidazione di colore rosso bruno	2,00 - 3,00	2,00	5,00	3,00	90
	3,00 - 4,00				15
	4,00 - 5,00				35
ID_INDPU: 087024P51S62					
Descrizione litotipo	Intervallo profondità (m)	Profondità top (m)	Profondità bottom (m)	spessore battuta (m)	R.Q.D. (%)
basalto vacuolare mediamente fratturato con tracce di ossidazione di colore rosso bruno	3,00 - 4,00	3,00	4,00	1,00	60
basalto vacuolare mediamente fratturato con tracce di ossidazione di colore rosso bruno	4,00 - 4,70	4,00	5,00	1,00	30
basalto massivo poco fratturato	4,70 - 5,00				
basalto massivo poco fratturato	5,00 - 7,00	5,00	7,00	2,00	100
basalto massivo poco fratturato	7,00 - 7,70	7,00	8,00	1,00	80
basalto vacuolare mediamente fratturato	7,70 - 8,00				
basalto vacuolare mediamente fratturato	8,00 - 9,00	8,00	11,00	3,00	40
	9,00 - 10,00				50
	10,00 - 11,00				70
ID_INDPU: 087024P52S64					
Descrizione litotipo	Intervallo profondità (m)	Profondità top (m)	Profondità bottom (m)	spessore battuta (m)	R.Q.D. (%)
basalto vacuolare mediamente fratturato con tracce di ossidazione di colore rosso bruno	1,00 - 2,00	1,00	3,00	2,00	60
	2,00 - 3,00				80
basalto vacuolare mediamente fratturato con tracce di ossidazione di colore rosso bruno	3,00 - 3,70	3,00	4,00	1,00	55
basalto massivo poco fratturato	3,70 - 4,00				
basalto massivo poco fratturato	4,00 - 5,50	4,00	5,50	1,50	65
basalto massivo poco fratturato	16,60 -	16,60	26,80	10,20	100
					90
	-26,80				100
ID_INDPU: 087024P53S66					
Descrizione litotipo	Intervallo profondità (m)	Profondità top (m)	Profondità bottom (m)	spessore battuta (m)	R.Q.D. (%)
basalto vacuolare mediamente fratturato con struttura afirica	2,00 - 3,00	2,00	5,00	3,00	70
	3,00 - 4,00				30
	4,00 - 5,00				20
basalto poco vacuolare di colore grigio scuro con fenocristalli di plagioclasio	8,40 - 10,00	8,40	10,00	1,60	60
	9,00 - 10,00				20

Tab. 9 - Valori dell'RQD misurato nelle lave più o meno fratturate nel corso dei sondaggi per lo studio geologico a supporto del "Progetto relativo alla costruzione di una struttura scolastica polivalente nel Comune di Mascali".

Resistenza a compressione monoassiale			
ID_INDPU	profondità prelievo (m)	litotipo	carico unitario di rottura normalizzato (kg/cm ²)
087024P48SC56	3,50 - 3,80	basalto vacuolare	423,1
087024P51SC63	3,00 - 3,40	basalto vacuolare	757,2
087024P52SC65	4,00 - 4,30	basalto massivo	1877,7

Tab. 10 - Valore del carico unitario a rottura normalizzato ottenuto da prova di compressione monoassiale effettuata su campioni disturbati prelevati nelle lave più o meno fratturate, nel corso delle indagini per lo studio geologico a supporto del "Progetto relativo alla costruzione di una struttura scolastica polivalente nel Comune di Mascali".

Analisi su campione (SM)								Analisi granulometrica (SM)				Prova di Taglio Diretto (TD)	
ID_INDPU	profondità di prelievo (m)	umidità naturale [Wn (%)]	PV [γ (KN/m ³)]	PV Grani [γs (KN/m ³)]	Indice dei vuoti [e (E1)]	Porosità "n"	Grado di Saturazione e [Sr (%)]	Ghiaia [GH (%)]	Sabbia [SA (%)]	Limo [LM (%)]	Argilla [AR (%)]	Coesione c' [C (MPa)]	angolo di attrito interno Φ' [F1 (°)]
087024P49SM115	6,8-7	11,20	18,73	26,292	0,56	0,16	53	15,33	70,74			0,0	32
087024P50SM117	7,5-7,8	8,50	18,62	26,184	0,52	0,13	43	17,3	78,4			0,0	34

Tab. 11 - Valori dei parametri geotecnici ottenuti da analisi di laboratorio effettuate su campioni disturbati prelevati nelle sabbie e ghiaie vulcaniche, nel corso delle indagini per lo studio geologico a supporto del "Progetto relativo alla costruzione di una struttura scolastica polivalente nel Comune di Mascali".

ID_INDLN: 087024L14SR14 (50 m)				ID_INDLN: 087024L15SR15 (60 m)			
distanza geofono	VP (m/s) (strato areato)	VP (m/s) (1° rifrattore)	profondità rifrattore dal p.c.	distanza geofono	VP (m/s) (strato areato)	VP (m/s) (1° rifrattore)	profondità rifrattore dal p.c.
5	213,68	581,97	1,34	5	271,74	545,08	3,44
10	212,16	581,97	1,93	10	274,09	545,08	4,17
15	210,64	581,97	3,25	15	276,44	545,08	5,16
20	209,12	581,97	4,5	20	278,8	545,08	6,6
25	207,6	581,97	5,13	25	281,15	545,08	7,98
30	206,08	581,97	4,91	30	283,5	545,08	9,07
35	204,56	581,97	4,25	35	285,86	545,08	9,98
40	203,04	581,97	3,68	40	288,21	545,08	9,48
45	201,52	581,97	3,56	45	290,56	545,08	7,96
50	200	581,97	3,66	50	292,91	545,08	6,07
average	206,84	581,97	3,62	55	295,27	545,08	4,42
				60	297,62	545,08	3,73
				average	285,67	545,08	6,29
ID_INDLN: 087024L16SR16 (60 m)				ID_INDLN: 087024L17SR17 (60 m)			
distanza geofono	VP (m/s) (strato areato)	VP (m/s) (1° rifrattore)	profondità rifrattore dal p.c.	distanza geofono	VP (m/s) (strato areato)	VP (m/s) (1° rifrattore)	profondità rifrattore dal p.c.
5	518,4	787,11	5,33	5	172,06	572,02	2,53
10	509,98	745,34	8,12	10	169,79	572,02	2,73
15	501,56	703,58	11,07	15	167,51	572,02	3,16
20	493,14	661,81	14,31	20	165,24	572,02	3,31
25	484,72	661,81	12,6	25	162,97	572,02	3,58
30	476,3	661,81	10,2	30	160,69	572,02	4,18
35	467,88	661,81	8,93	35	158,42	572,02	4,52
40	459,47	661,81	8,07	40	156,15	572,02	4,54
45	451,05	661,81	7,4	45	153,88	572,02	3,96
50	442,63	654,43	7,56	50	151,6	572,02	3,14
55	434,21	647,04	7,72	55	149,33	572,02	2,89
60	425,79	639,66	7,85	60	147,06	572,02	2,9
average	468,53	679,00	9,1	average	159,56	572,02	3,45

Tab. 12 - Valori di velocità Vp relative allo strato areato e al primo rifrattore delle 4 traverse sismiche per lo studio geologico a supporto del "Progetto relativo alla costruzione di una struttura scolastica polivalente nel Comune di Mascalcucia".

Moduli elastici											
n° strati	spessore (m)	profondità (m)	VP [Vp (m/s)]	VS [Vs (m/s)]	VP/VS	γ^* [KN/m ³]	Modulo di taglio [G (Mpa)]	Modulo di Bulk [K (Mpa)]	Modulo di Young [E (Mpa)]	Coeff. Di Poisson	impedenza sismica (t/m ² *sec)
strato aerato	0,00 - 1,50	0,00	468	205,9	2,27	16,08	69,54	266,54	191,92	0,38	337,7
1° rifrattore	indefinito	1,5	680	334,81	2,03	17,06	197,39	551,07	529,03	0,34	589,6

Tab. 13 - Valori dei moduli elastici relative allo strato areato e al primo rifrattore delle 4 traverse sismiche per lo studio geologico a supporto del "Progetto relativo alla costruzione di una struttura scolastica polivalente nel Comune di Mascalcucia".

ID_INDPU	litologia	Descrizione litotipo	Intervallo profondità (m)	Profondità top (m)	Profondità bottom (m)	R.Q.D. (%)
087024P56S71	LC	lava compatta litoide; basalto alcalino con fenocristalli di pirosseno e plagioclasio	2,50 - 4,50	2,50	7,50	100
			4,50 - 5,50			60
			5,50 - 6,50			70
			6,50 - 7,50			90
087024P57S72	LC	lava litoide vacuolare	4,50 - 5,50	4,50	5,50	50

Tab. 14 - Valori dell'R.Q.D. nei tratti di perforazione di lave nei due sondaggi realizzati durante il programma di indagini a supporto del "Progetto di prolungamento del II° tratto di circonvallazione Nord dalla Via Etna alla Via M. Cicirello".

Campione	Resistenza a compressione monoassiale			
ID_INDPU	litotipo	profondità prelievo (m)	Peso di volume (kN/mc)	carico unitario di rottura normalizzato (MPa)
087024P56SC122	basalto massivo con presenza di fenocristalli	3,50 - 3,80	28,54	119,6
087024P57SC74	basalto massivo leggermente vacuolare	3,00 - 3,40	26,77	96,11

Tab. 15 - Valori del peso di volume e carico unitario di rottura normalizzato ottenuto da prova di compressione monoassiale effettuata su campioni disturbati prelevati nelle lave più o meno fratturate, nel corso delle indagini per lo studio geologico "Progetto di prolungamento del II° tratto di circonvallazione Nord dalla Via Etna alla Via M. Cicirello".

Campione	Analisi su campione (SM)				Prova di taglio diretto (TD)	
ID_INDPU	descrizione litotipo	profondità prelievo (m)	PV [γ (KN/m ³)]	Contenuto in acqua "w" (%)	Coesione c' [C (MPa)]	angolo di attrito interno Φ' [F1 (°)]
087024P56SC119	ghiaia sabbiosa	1,20 - 1,60	20,5	8,10	0,00	40
087024P57SC73	ghiaia con sabbia	3,20 - 3,50	19,81	13,00	0,00	37
087024P57SC75	sabbia con ghiaia	6,30 - 6,50	19,51	11,59	0,00	36

Tab. 16 - Valori dei parametri geotecnici ottenuti da analisi di laboratorio effettuate su campioni disturbati prelevati nelle sabbie e ghiaie vulcaniche, nel corso delle indagini per lo studio geologico a supporto del "Progetto di prolungamento del II° tratto di circonvallazione Nord dalla Via Etna alla Via M. Cicirello".

valori medi di spessore e velocità Vp delle traverse sismiche						
ID_INDLN	velocità Vp strato areato (m/s)	velocità Vp 1° rifrattore (m/s)	velocità Vp 2° rifrattore (m/s)	spessore strato areato (m)	spessore 1° rifrattore (m)	profondità tetto 2° rifrattore (m)
087024L23SR23	289,11	446,76	716,03	2,05	6,59	4,54
087024L24SR25	348,87	402,95	591,85	3,04	8,92	5,88
087024L25SR26	352,03	568,99	--	3,47	indef	--

Tab. 17 – Valori di velocità Vp medi ottenuti da tre traverse sismiche effettuate nel corso delle indagini per lo studio geologico a supporto del "Progetto di prolungamento del II° tratto di circonvallazione Nord dalla Via Etna alla Via M. Cicirello".

ID_INDLN 087024L23MASW24	
Profondità (m)	Vs (m/s)
0 - 2	145
2 - 5	200
5 - 17	350
>17	800

Tab. 18 – Valori di velocità Vs ottenuti dall'indagine MASW effettuata per lo studio geologico a supporto del "Progetto di prolungamento del II° tratto di circonvallazione Nord dalla Via Etna alla Via M. Cicirello".

N° strato	Litotipo	Profondità (m)	Spessore (m)	Velocità Vp (m/s)
1	SW	2	2	393,00
2	SW	5	3	466,00
3	LC	8	3	658,00
4	LC	12	4	711,00
5	LC	16	4	711,00
6	LC	21	5	711,00
7	LC	26	4	711,00
8	LC	30	4	711,00

Tab. 19 – Valori medi di velocità Vp ottenuti dalla base sismica con ID_INDLN: 087024L30SR32 effettuata per lo studio geologico a supporto del "progetto per le opere di urbanizzazione ed infrastrutture a servizio degli insediamenti produttivi Artigianale-Via Porto Marretti".

N° strato	Litotipo	Profondità (m)	Spessore (m)	Velocità onda S (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali in secondi (onda S misurata)
1	SW	2	2	218,22	h_1/V_1	0,00916506
2	SW	5	3	289,52	h_2/V_2	0,01036198
3	LC	8	3	351,90	h_3/V_3	0,00852515
4	LC	12	4	351,90	h_4/V_4	0,01136687
5	LC	16	4	351,90	h_4/V_5	0,01136687
6	LC	21	5	351,90	h_4/V_6	0,01420858
7	SW/LC	26	5	351,90	h_4/V_7	0,01420858
8	SW/LC	30	4	351,90	h_4/V_8	0,01136687
h_{totale}			30		$\sum h_i/V_i$	0,09056995

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} = \text{Spessore in metri dello strato } i\text{-esimo}$$

$$V_i = \text{Velocità dell'onda di taglio } i\text{-esima}$$

$N = \text{Numero di strati}$

V_{s30} (calcolata)	=	30	/	0,09056995	=	331,24	m/s
--------------------------	---	----	---	------------	---	--------	-----

Tab. 20 – Valori di velocità Vs ottenuti dall’indagine MASW con ID_INDLN: 087024L30MASW31 effettuata per lo studio geologico a supporto del “progetto per le opere di urbanizzazione ed infrastrutture a servizio degli insediamenti produttivi Artigianale-Via Porto Marretti”.

moduli elastici							
Profondità	Densità [KN/m ³]	Coeff. Di Poisson	Velocità onde P [Vp(m/s)]	Velocità onde S [Vs(m/s)]	Modulo di taglio [G (Mpa)]	Mdulo di Bulk [K (Mpa)]	Modulo di Young [E (Mpa)]
2	17,65	0,27	393	218	85,5	163,9	218,6
5	17,65	0,18	466	289	150,33	190,3	357
8	17,65	0,3	658	351	221,7	483,6	577
12	17,65	0,33	711	351	221,7	614,2	593,8
16	17,65	0,33	711	351	221,7	614,2	593,8
21	17,65	0,33	711	351	221,7	614,2	593,8
26	17,65	0,33	711	351	221,7	614,2	593,8
30	17,65	0,33	711	351	221,7	614,2	593,8

Tab. 21 – Valori dei moduli elastici ottenuti teoricamente dalle indagini geofisiche delle tabelle 19 e 20 effettuate per lo studio geologico a supporto del “progetto per le opere di urbanizzazione ed infrastrutture a servizio degli insediamenti produttivi Artigianale-Via Porto Marretti”.

ID_INDP	campione	descrizione	profondità prelievo (m)	analisi granulometrica (SM)					Prova taglio diretto (TD)	
				ciottoli (%)	ghiaia (%)	sabbia (%)	limo (%)	argilla (%)	Coazione c' kg/cm ²	angolo di attrito interno φ'
087024P66SC131	S1 C1	sabbia con ghiaia limosa	1,5	--	36	44	20	--	0	34°
087024P66SC134	S1 C2	sabbia con ghiaia debilmente limosa	3,5	3	37	52	8	--	0	36°
087024P68SC137	S3 C1	sabbia con ghiaia	1,3	4	40	52	4	--	0	36°
087024P69SC140	S4 C1	ghiaia con sabbia	1,5	--	50	47	3	--	0	36°
087024P70SC143	S5 C1	sabbia con ghiaia e limo	2	--	28	46	26	--	0	34°
087024P71SC146	S6 C1	sabbia con ghiaia debolmente limosa	1,8	--	34	60	6	--	0	35°

Tab. 22 – Valori parametri geotecnici ottenuti da analisi granulometriche e prove di taglio diretto in campioni prelevati in sabbie e ghiaie nel corso sondaggi effettuati per lo studio geologico a supporto del “progetto per la realizzazione di

un plesso polivalente per n° 15 aule elementari e n° 6 aule medie inferiori e n° 3 sezioni scuola materna con palestra in località Massa Annunziata”.

caratteristiche provino	grandezza misurata	unità di misura	campione 1	campione 2
altezza del provino	h	cm	17	17
diametro del provino	d	cm	8,56	8,27
superficie del provino	S	cm ²	57,52	53,69
volume del provino	v	cm ³	977,84	912,7
peso umido di volume	γ	KN/m ³	22,49	23,78
velocità di deformazione	V	Kg/cm ² /sec	5	5
resistenza a rottura	σ	Kg/cm ²	256,13	675,13

Tab. 23 – Valori della resistenza a rottura ottenuto da prova di compressione monoassiale effettuata su campioni disturbati prelevati nelle lave più o meno fratturate per lo studio geologico a supporto del “progetto per la realizzazione di un plesso polivalente per n° 15 aule elementari e n° 6 aule medie inferiori e n° 3 sezioni scuola materna con palestra in località Massa Annunziata”.

ID_INDLN: 087024L33SR35					
strato	profondità bottom (m)	spessore massimo (m)	spessore minimo (m)	velocità VP (m/s)	relazione velocità-litologia
1	1,80 - 3,20	3,20	1,80	350- 700	materiale vulcanoclastico
2	4,00 - 5,00	2,50	1,20	700 - 1100	lave molto fratturate
3	> 4,00 - 5,00	indefinita	indefinita	1700 - 2500	lave compatte
ID_INDLN: 087024L34SR36					
strato	profondità bottom (m)	spessore massimo (m)	spessore minimo (m)	velocità VP (m/s)	relazione velocità-litologia
1	1,30 - 1,80	1,80	1,30	350- 700	materiale vulcanoclastico
2	2,50 - 4,50	2,70	1,00	700 - 1100	lave molto fratturate
3	> 2,50 - 4,50	indefinita	indefinita	1700 - 2500	lave compatte
ID_INDLN: 087024L35SR37					
strato	profondità bottom (m)	spessore massimo (m)	spessore minimo (m)	velocità VP (m/s)	relazione velocità-litologia
1	1,50 - 2,70	2,70	1,50	350- 900	materiale vulcanoclastico
2	2,50 - 5,00	5,00	2,50	900 - 1300	lave molto fratturate
3	> 2,50 - 5,00	indefinita	indefinita	1700 - 2500	lave compatte
ID_INDLN: 087024L36SR38					
strato	profondità bottom (m)	spessore massimo (m)	spessore minimo (m)	velocità VP (m/s)	relazione velocità-litologia
1	1,80 - 2,20	2,20	1,80	350- 700	materiale vulcanoclastico
2	3,00 - 4,80	4,80	3,00	700 - 1300	lave molto fratturate
3	> 3,00 - 4,80	indefinita	indefinita	1700 - 2500	lave compatte
ID_INDLN: 087024L37SR39					
strato	profondità bottom (m)	spessore massimo (m)	spessore minimo (m)	velocità VP (m/s)	relazione velocità-litologia
1	1,50 - 2,00	2,00	1,50	350- 700	materiale vulcanoclastico
2	3,50 - 6,00	6,00	3,50	700 - 1100	lave molto fratturate
3	> 3,50 - 6,00	indefinita	indefinita	1700 - 2500	lave compatte
ID_INDLN: 087024L38SR40					
strato	profondità bottom (m)	spessore massimo (m)	spessore minimo (m)	velocità VP (m/s)	relazione velocità-litologia
1	1,50 - 2,00	2,00	1,50	350- 700	materiale vulcanoclastico
2	3,70 - 4,80	4,80	3,70	700 - 1100	lave molto fratturate
3	> 3,70 - 4,80	indefinita	indefinita	1700 - 2500	lave compatte

Tab. 24 – Indagini geofisiche di sismica a rifrazione (“traverse sismiche”) effettuate nello studio geologico a supporto del “progetto per la realizzazione di un plesso polivalente per n° 15 aule elementari e n° 6 aule medie inferiori e n° 3 sezioni scuola materna con palestra in località Massa Annunziata”.

tabella riassuntiva dei parametri elastici						
densità (g/cm ³)	VP [Vp (m/s)]	VS [Vs (m/s)]	Modulo di taglio [G (Mpa)]	Mdulo di Bulk [K (Mpa)]	Modulo di Young [E (Mpa)]	Coeff. Di Poisson
1,90	540	100	21,28	525,54	63,06	0,48
2,20	950	280	180,44	1744,79	523,38	0,45
2,40	2100	850	1763,92	8231,99	4939,22	0,40

Tab. 25 – Valori dei moduli elastici ottenuti teoricamente dalle indagini geofisiche delle tabelle 24 assegnando le velocità Vs in base all’esperienza del geologo incaricato per lo studio geologico a supporto del “progetto per la realizzazione di un plesso polivalente per n° 15 aule elementari e n° 6 aule medie inferiori e n° 3 sezioni scuola materna con palestra in località Massa Annunziata”.

ID_INDPU	profondità (m)	litologia	descrizione litotipo	S.P.T. (Nspt)
087024P91SPT150	2,0 - 2,45	SW	sabbia vulcanica di colore nerastra con inclusi rare breccie vulcaniche a struttura vacuolare a basso/medio grado di addensamento	9 - 11 - 11 (22)
087024P92SPT153	4,0 - 4,22	SW	sabbia vulcanica di colore nerastra con inclusi frequenti breccie vulcaniche a struttura vacuolare (dim max 8cm) a medio/alto grado di addensamento	R
087024P92SPT154	5,0 - 5,45	SW	sabbia vulcanica di colore nerastra con inclusi frequenti breccie vulcaniche a struttura vacuolare (dim max 8 cm) a medio/alto grado di addensamento	11 - 14 - 16 (30)
087024P94SPT157	1,4 - 1,85	SW	sabbia vulcanica di colore nerastra con inclusi frequenti breccie vulcaniche a struttura compatta a medio/basso grado di addensamento	11 - 11 - 19 (30)
087024P94SPT158	4,0 - 4,45	SW	sabbia vulcanica di colore nerastra con inclusi rare breccie vulcaniche a struttura compatta (dim max 4 cm) a medio/alto grado di addensamento	13 - 20 - 23 (43)
087024P95SPT160	1,2 - 1,65	GW	blocchi e breccie vulcaniche a struttura vacuolare (dom max 10 cm) immersi in abbondante matrice sabbiosa vulcanica	21 - 11 - 14 (25)

Tab. 26 - Valori del numero di colpi "Nspt", ottenuto dalla prova penetrometrica dinamica SPT, effettuata nel corso dello studio geologico a supporto della "Relazione geologico-tecnica per la realizzazione del centro sportivo Torre del Grifo" nei depositi vulcanoclastici.

ID_INDPU	Nspt	Angolo d'attrito (°)	Modulo edometrico (Kg/cm ²)	Classificazione AGI	Gamma (t/m ²)	Poisson	Vs (m/s)	Potenziale liquefazione	K ₀
087024P91SPT150	22	35,98	72,65	Moderatamente addensato	2,03	0,31	257,97	0,04 - 0,10	4,39
087024P92SPT154	30	39,49	366	Moderatamente addensato	2,14	0,29	301,25	0,10 - 0,35	5,61
087024P94SPT157	30	39,49	89,09	Moderatamente addensato	2,14	0,29	301,25	0,10 - 0,35	5,61
087024P94SPT158	43	44,33	115,79	Addensato	2,21	0,27	360,66	>0,35	7,26
087024P95SPT160	25	37,36	78,82	Moderatamente addensato	2,08	0,3	275	0,04 - 0,10	4,88

Tab. 27 – Stima dei parametri geotecnici eseguita utilizzando i valori del numero di colpi "Nspt", ottenuto dalla prova penetrometrica dinamica SPT, effettuata nel corso dello studio geologico a supporto della "Relazione geologico-tecnica per la realizzazione del centro sportivo Torre del Grifo" nei depositi vulcanoclastici.

ID_INDPU: 087024P91DH151											
Profondità (m)	Tp [msec]	Ts [msec]	Tp corretto	Ts corretto	Velocità onde P [Vp (m/s)]	Velocità onde S [Vs (m/s)]	densità [kg/cm ³]	Coeff. Poisson	Modulo di taglio [G (Mpa)]	Modulo di Young [E (Mpa)]	Modulo di Bulk [K (Mpa)]
2,0	3,8	6	1,7	2,7	173	94	1,9	0,29	16,82	43,36	34,74
4,0	9	16	7,5	13,3	344	190	1,9	0,28	68,76	175,88	134,45
6,0	11,2	20	10,4	18,6	249	134	1,9	0,3	33,89	87,9	73,14
8,0	15	27,1	14,4	26,1	376	201	1,9	0,3	76,44	198,9	168,79
10,0	17,5	31,8	17,1	31	525	286	1,9	0,29	155,9	401,54	319,81
12,0	19,3	35,1	19	34,5	536	284	1,9	0,3	153,48	400,38	345,7
14,0	21,1	38,5	20,9	38,1	607	324	1,9	0,3	199,81	519,79	440,6
16,0	22,7	41,5	22,5	41,1	292	158	1,9	0,29	47,32	122,5	100,68
18,0	26,1	47,8	25,9	47,5	579	308	1,9	0,3	180,19	469,62	402,92
20,0	27,8	51	27,6	50,7	472	254	1,9	0,3	122,84	318,33	263,29
22,0	29,9	54,9	29,8	54,7	759	411	1,9	0,29	321,27	830,37	675,55
24,0	31,2	57,3	31,1	57,1	383	212	1,9	0,28	85,36	218,45	167,46
26,0	33,8	62	33,7	61,8	415	232	1,9	0,27	101,98	259,83	194,15
28,0	36,2	66,3	36,1	66,1	453	249	1,9	0,28	117,89	302,55	235,77
29,0	38,4	70,3	38,3	70,1	453	249	1,9				

Tab. 28 - Valori di velocità delle onde sismiche e dei parametri elastici relativi all'esecuzione di una prova down hole in foro realizzata durante la campagna di indagini geognostiche eseguite per "Relazione geologico-tecnica per la realizzazione del centro sportivo Torre del Grifo".

ID_INDLN: 087024L39SR41										
sismo strato	profondità bottom (m)	spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coeff. Poisson	Densità (Kg/cm ³)	Mdulo di Bulk [K (Mpa)]	Modulo di Young [E (Mpa)]	Modulo di taglio [G (Mpa)]	Vs30 (m/s)
1	1,5	1,50	362	186	0,32	1,9	163,28	174	65,91	342
2	> 30	indefinito	658	358	0,29	2,1	558,22	693,83	268,93	
ID_INDLN: 087024L40SR42										
sismo strato	profondità bottom (m)	spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coeff. Poisson	Densità (Kg/cm ³)	Mdulo di Bulk [K (Mpa)]	Modulo di Young [E (Mpa)]	Modulo di taglio [G (Mpa)]	Vs30 (m/s)
1	1,5	1,50	292	150	0,32	1,9	106,24	113,21	42,88	266
2	> 30	indefinito	510	277	0,29	2,1	335,35	416,81	161,56	
ID_INDLN: 087024L41SR43										
sismo strato	profondità bottom (m)	spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coeff. Poisson	Densità (Kg/cm ³)	Mdulo di Bulk [K (Mpa)]	Modulo di Young [E (Mpa)]	Modulo di taglio [G (Mpa)]	Vs30 (m/s)
1	2	2,00	272	140	0,32	1,9	92,18	98,23	37,21	356
2	8	6,00	569	309	0,29	2,1	417,42	518,83	201,1	
3	> 30	indefinito	789	436	0,28	2,2	822,8	1071,29	418,47	
ID_INDLN: 087024L42SR44										
sismo strato	profondità bottom (m)	spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Coeff. Poisson	Densità (Kg/cm ³)	Mdulo di Bulk [K (Mpa)]	Modulo di Young [E (Mpa)]	Modulo di taglio [G (Mpa)]	Vs30 (m/s)
1	4	4,00	289	149	0,32	1,9	104,06	110,9	42,01	277
3	> 30	indefinito	586	319	0,29	2,1	442,74	550,29	213,29	

Tab. 29 – Indagini geofisiche di sismica a rifrazione ("traverse sismiche") eseguite per "Relazione geologico-tecnica per la realizzazione del centro sportivo Torre del Grifo".

ID_INDPU: 087024P30DH31			
Litologia	Profondità (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)
RI	0-2	229	100
RI	2-3	230	100
RI	3-4	230	100
RI	4-5	230	100
LC	5-6	480	200
LC	6-7	480	200
LC	7-8	460	190
SW	8-9	230	85
SW	9-10	970	470
SW	10-11	990	480
SW	11-12	1930	800
SW	12-13	500	215
SW	13-14	760	280
SW	14-15	1950	820
LC	15-16	1110	470
LC	16-17	1500	600
LC	17-18	1420	550
LC	18-19	1250	480
LC	19-20	1250	480
LC	20-21	1420	550
LC	21-22	1660	630
LC	22-23	1660	630

Tab. 30 – Indagine geofisica downhole eseguita per “indagini lottizzazione Contrada Fondo Noce” in un sondaggio interno alla frattura del Cavòlo.

resistenza a compressione monoassiale					
ID_INDPU	campione	litotipo	profondità prelievo (m)	PV (KN/mc)]	carico unitario di rottura normalizzato (MPa)
087024P59SC78	S1 C1	lava litoide vacuolare massiva	1,10 - 1,30	24,71	81,395
087024P60SC81	S2 C1	lava litoide vacuolare massiva	2,00 - 2,20	24,42	69,627

Tab. 31 – Risultati di prove di laboratorio, peso di volume e prova di compressione monoassiale in due campioni di lave massive prelevati nel corso dei sondaggi per il “progetto esecutivo per la realizzazione di un tratto di strada comunale che congiunge le Vie Caracciolo e Wagner”.

ID_INDPU	campione	litotipo	profondità prelievo (m)	Analisi su campione (SM)			Taglio Diretto (TD)	
				contenuto in acqua "w" (%)	PV [γ (KN/m ³)]	PV dei grani [γ_s (KN/m ³)]	Coesione c' [C (MPa)]	angolo di attrito interno ϕ' [F1 (°)]
087024P59SC79	S1 C2	sabbia ghiaiose vulcanica	2,30 - 2,60	8,74	18,24	26,3	0,0	32
087024P61SC83	S3 C1	sabbia ghiaiose vulcanica	1,00 - 1,30	10,1	18,53	26,22	0,0	33

Tab. 32 – Risultati di prove di laboratorio, analisi su campioni (SM) e taglio diretto (TD) in due campioni di scorie laviche sabbiose ghiaiose prelevati nel corso dei sondaggi per il “progetto esecutivo per la realizzazione di un tratto di strada comunale che congiunge le Vie Caracciolo e Wagner”.

Tabella di Calcolo Vs e Moduli elasto-dinamici								
Vp (m/s)	Poisson	Vs (m/s)		Vp/Vs	Rapporto IS			
350	0.42	130.0	aerato	2.69	2.11			
600	0.40	244.9	1 °rifrattore	2.45				
850	0.38	374.0	2 °rifrattore	2.27				
1200	0.34	590.8	3 °rifrattore	2.03				
				Aerato	Rifrattore 1	Rifrattore 2	Rifrattore 3	
(P) Velocità Longitudinale (m/sec)				350	600	850	1200	
(S) Velocità Trasversale (m/sec)				130.0	244.95	373.95	590.84	
(ρ) Densità (g/cm ³)				1.65	1.85	1.90	2.00	
(E) Modulo di Young (Kg/cm ²)				8.1E+02	3.2E+03	7.5E+03	1.9E+04	
(K) Modulo di Volume (Kg/cm ²)				1.7E+03	5.3E+03	1.0E+04	2.0E+04	
(G) Modulo di Rigidità (Kg/cm ²)				2.8E+02	1.1E+03	2.7E+03	7.1E+03	
Impedenza Sismica (t/m ² *sec.)				214.5	453.2	710.5	1181.7	

Tab. 33 – Velocità e moduli elastici ottenuti da indagini di sismica a rifrazione per il “progetto esecutivo per la realizzazione di un tratto di strada comunale che congiunge le Vie Caracciolo e Wagner”.

Allegato 4: Misure di microtremore ambientale

Nell'ambito degli studi per la riduzione del rischio sismico, l'approccio numerico fornisce un ulteriore strumento d'indagine. Per risposta sismica locale (od effetto di sito), dal punto di vista strettamente fisico, si intende l'insieme delle modifiche in termini di ampiezza, durata, contenuto in frequenza e direzione di propagazione che le onde sismiche subiscono nella parte finale del loro viaggio dalla sorgente alla superficie attraversando gli strati di terreno sovrastanti una formazione rocciosa di base ed attribuibili alle caratteristiche topografiche e geotecniche degli stessi depositi superficiali. La rappresentazione del moto sismico può essere espressa sia nel dominio del tempo che in quello delle frequenze. I parametri più frequentemente utilizzati, nel dominio temporale, per descrivere le caratteristiche di un terremoto sono il valore massimo (o di picco) di accelerazione (o velocità o spostamento) e la durata definibili attraverso un accelerogramma.

La tecnica più utilizzata per stimare la risposta sismica di un sito in termini di frequenza fondamentale e amplificazione, è quella dei rapporti spettrali orizzontali e verticali HVSR di Nakamura (Langston, 1979; Nakamura, 1989). Per lo studio degli effetti di sito si usano i rapporti spettrali H/V tra le componenti orizzontali (N, E) e la componente verticale (Z) di ogni stazione (Nakamura, 1989), questa procedura permette di eliminare gli effetti dovuti alla sorgente. Le principali assunzioni fatte da Nakamura sono che i microtremori derivano da onde Rayleigh e che la componente verticale (V) del noise nel passare dal bedrock alla superficie non subisce amplificazione. Nel dominio delle frequenze, l'amplificazione del suolo dovuta ad una superficie di strato a bassa velocità è data da:

$$H(f) = [h_n(f)^2 + h_u(f)^2]^{1/2}$$

Il segnale sismico di sollecitazione (noise ambientale), è dato da vibrazioni a basso contenuto energetico indotte nel terreno da cause naturali o artificiali.

Lo studio sugli effetti di sito fornisce, in chiave di spettro di risposta locale, il comportamento dei terreni del sito investigato in caso di sisma e, dal confronto con gli spettri di riferimento dell'EC8 (1988), si può verificare quali frequenze vengono notevolmente amplificate per una determinata classe di terreni.

Con l'utilizzo della tecnica di Nakamura, si è in grado di determinare con buona approssimazione la frequenza fondamentale del sito, la quale è un parametro da non sottovalutare per non incorrere in problemi di risonanza con la struttura da edificare.

Come accennato, la tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste condizioni sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate.

Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.

Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del suddetto progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione.

Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee.

Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

Le registrazioni del Noise ambientale sono state effettuate con un Geofono 3D (N-S, E-W e verticale) della CGE a 2Hz collegato ad un Sismografo DaQlink III della Sesmic Source (Made in USA) con convertitore A/D a 24 bit e range dinamico fino a 144 dB. Il segnale è stato acquisito con un campionamento di 1200 s (20 min), intervallo di 1,00 msec e frequenza di campionamento di 500 hz, ovvero, per un totale di 600.000 campioni. Tutte le misure sono state eseguite mantenendo il primo asse nella direzione N-S per garantire l'omogeneità della "direzionalità" degli input.

L'elaborazione del dato è stata eseguita utilizzando il software EasyHVSR della Geostru, software sviluppato secondo quanto previsto secondo nelle indicazioni del progetto di ricerca europeo SESAME ("Guidelines for the implementation of the H\|V spectral ratio technique on ambient vibrations" - European Commission, 2004).

Operativamente l'elaborazione è stata confinata in un range di frequenze 0.6 - 20 Hz, con un passo di frequenza a 0.15 Hz e con una dimensione temporale finestre di

20.00 s; il segnale sismico è stato filtrato con un lisciamento di tipo “Triangolare proporzionale” con una percentuale di del 10%, mentre la somma direzionale è di tipo media aritmetica.

Nell’area da investigare del Comune di Mascalcucia in vista dello studio di Microzonazione sismica di I Livello, sono state eseguite 19 misure di noise, presentate di seguito nella **Tabella 1**. La maggior parte dei valori della frequenza di picco ricade all’interno di un range molto ristretto, compreso tra 0.8 e ~2 Hz, anche se in diverse indagini sono state osservate ulteriori amplificazioni a più alte frequenze (fino a 18.65 Hz). I valori di amplificazione sono abbastanza contenuti (inferiori o poco superiori a 2). Picchi più elevati si rinvencono laddove sono state osservate più frequenze di amplificazione. In particolare nelle indagini 087024P82 e 087024P83, a frequenze di 18.65 e 11.75 Hz sono stati registrati rapporti H/V di 5.72 e 5.95 (Figura 1). E’ da notare, inoltre, che su 19 misure per ben cinque volte sono state registrate amplificazioni simili esattamente alla stessa frequenza (1,1 Hz).

ID_SPU	Nome	UTMx	UTMy	F ₀	H ₀ /V ₀	F ₁	H ₁ /V ₁
087024P72	MSL1	505518	4158105	1,4	1,76	18,5	2,39
087024P73	MSL2	505376	4158767	1,7	1,65	7,1	2,98
087024P74	MSL3	505255	4159142	1,7	2,38	2,45	3,49
087024P75	MSL4	504932	4159551	1,25	1,78	5	2
087024P76	MSL5	504593	4160034	1,7	3,13		
087024P77	MSL6	505199	4161233	1,1	2,66		
087024P78	MSL7	504258	4161094	0,95	2,65	2,3	2,53
087024P79	MSL8	503746	4161876	0,8	2,36	2,9	2,68
087024P80	MSL9	504052	4159250	2	2,04		
087024P81	MSL10	503518	4160051	1,1	2,09	1,55	2,15
087024P82	MSL11	503363	4160669	1,25	3,15	18,65	5,72
087024P83	MSL12	503472	4161525	1,1	2,84	11,75	5,95
087024P84	MSL13	503525	4162438	1,1	2,04	3,2	2,46
087024P85	MSL14	502593	4162432	1,4	2,01	10,10	2,05
087024P86	MSL15	504754	4158433	2,35	1,45		
087024P87	MSL16	504836	4159234	1,85	1,06	9,35	2,8
087024P88	MSL17	503322	4157772	1,25	1,77	15,5	3,17
087024P89	MSL18	503038	4157356	1,1	1,77	2,3	2,25
087024P90	MSL19	503326	4156950	0,95	1,76	8,1	2,11

Tab. 1 – Siti di misura a stazione singola dei microtremori ricadenti nell’area di studio del comune di Mascalcucia.

Grafico rapporto spettrale H/V

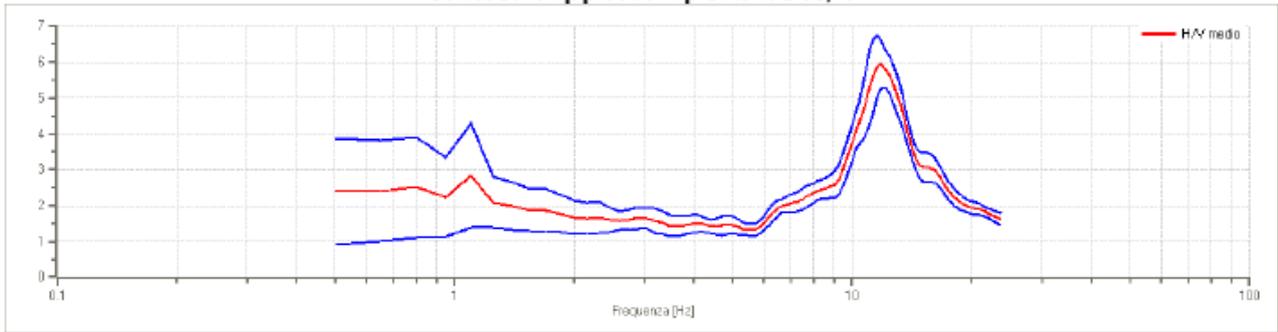
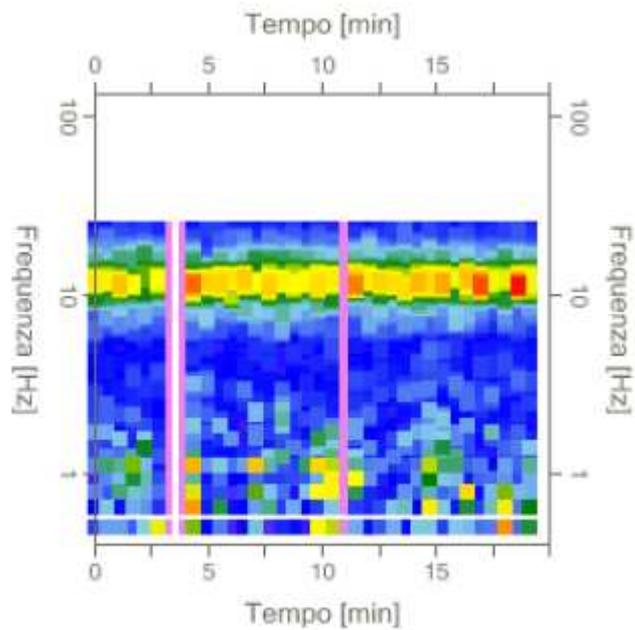


Fig. 1 – Serie Temporale e Rapporto Spettrale H/V relativo all'indagine 087024P83 a Mascalucia, per la quale è stata osservata un'amplificazione pari a 5.95.



L'ubicazione dei siti di misura è stata impiegata per la redazione della carta delle frequenze allegata (Figura 2).

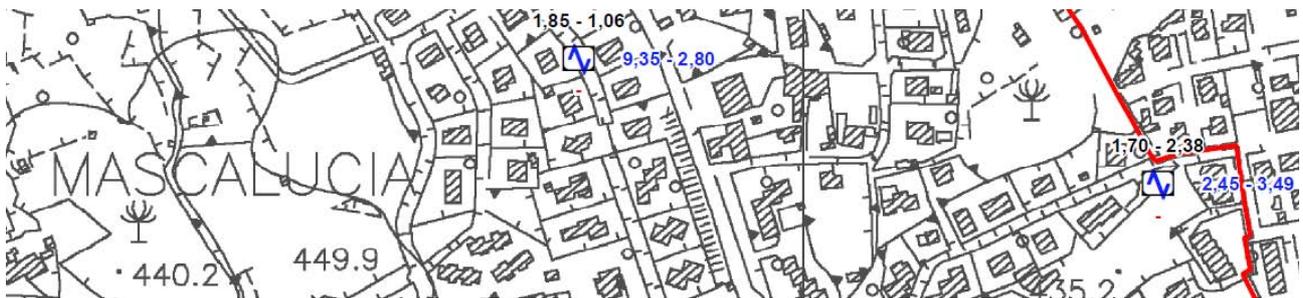


Fig. 2 – Esempio di due siti di misura HVSR presenti nella carta delle frequenze allegata, mostrandone i valori di frequenza ed ampiezza dei picchi significativi (due in questo caso).

Per l'area investigata del territorio del Comune di Mascalucia, l'esito dei test statistici (linee guida SESAME, 2004) evidenzia che per la maggior parte delle misure

effettuate vengono soddisfatti i criteri di bontà d'esecuzione, analisi ed affidabilità (esempio in Figura 3). A quelle misure (087024P80, 087024P81 e 087024P89) che non soddisfano appieno i criteri della tabella SESAME "Criteri di affidabilità della curva H/V" (esempio in Figura 4), è stato attribuito un valore di attendibilità dell'indagine pari a "3".

Criteri di affidabilità della curva H/V		
Verifica	Limiti o range	Esito
$f_0 > 10/l_w$	6.41 > 0.50	SI
$n_c(f_0) > 200$	10121.9 > 200	SI
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$		SI
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		SI
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	5.0 Hz	SI
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	7.25 Hz	SI
$A_0 > 2$	6.07 > 2	SI
$f_{pico} A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f) = f_0 \pm 5\%$	27576 < 0.05	SI
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	1.76657 < 0.32031	SI
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.9346 < 1.58	SI

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Freq. range [Hz]	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Fig. 3 – Tabelle dei criteri di affidabilità della curva H/V relativi all'indagine 087024P83 di Mascalucia i cui requisiti vengono tutti soddisfatti.

Criteri di affidabilità della curva H/V		
Verifica	Limiti o range	Esito
$f_0 > 10/l_w$	6.41 > 0.50	SI
$n_c(f_0) > 200$	10121.9 > 200	SI
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		SI
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	5.0 Hz	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	7.25 Hz	Non superato
$A_0 > 2$	6.07 > 2	SI
$f_{p100} A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f) = f_0 \pm 5\%$	27576 < 0.05	Non superato
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	1.76657 < 0.32031	Non superato
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.9346 < 1.58	SI

L_w	window length
n_w	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
f	current frequency
f_0	H/V peak frequency
σ	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma < \varepsilon(f_0)$
A_0	H/V peak amplitude at frequency f_0
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency f
f^-	frequency between $f_0/4$ and f_0 for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequency between f_0 and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

	Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$				
Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 f_0	0.2 f_0	0.15 f_0	0.10 f_0	0.05 f_0
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

Fig. 4 – Tabelle dei criteri di affidabilità della curva H/V relativi all'indagine 087024P81 di Mascalucia i cui requisiti non vengono soddisfatti.

Bibliografia

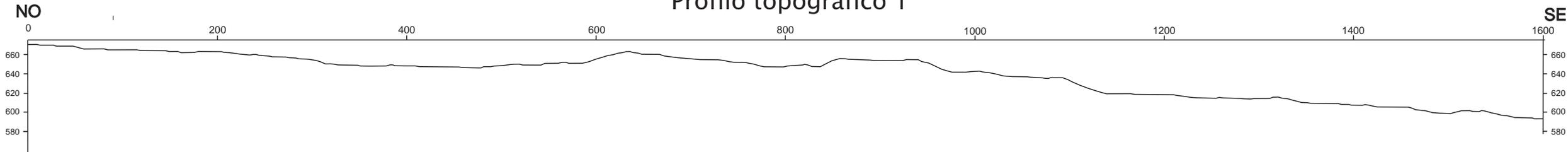
Langston C. A.; 1979 – Structure under Mount Rainier, Washington, inferred from teleseismic body waves. J. Geophys. Res., 84, 4749–4762.

Nakamura Y.; 1989 – A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface, Q.R.Railway Tech. Res. Inst., 30, 25–33.

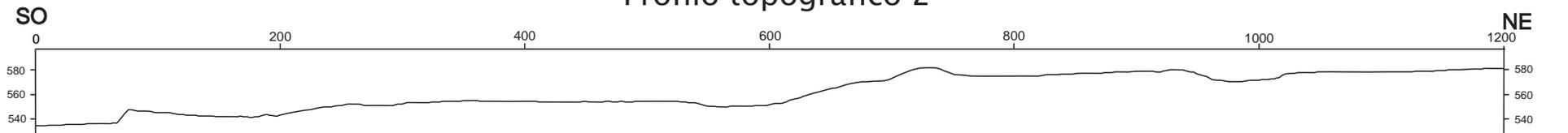
SESAME Working Group (2004) - Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation. <http://sesamefp5.obs.ujf-grenoble.fr/index.htm>.

Allegato 5 – Sezioni topografiche

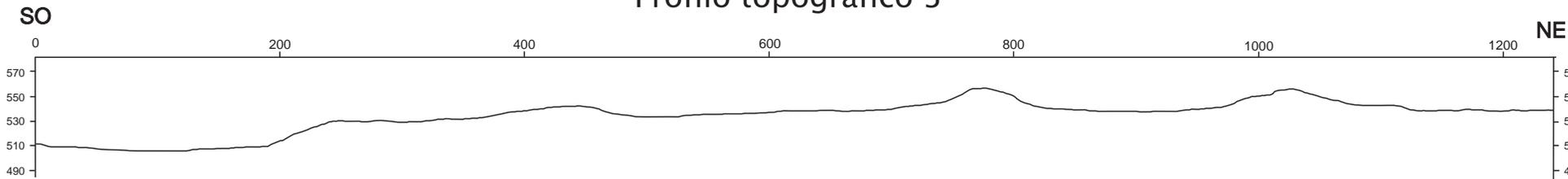
Profilo topografico 1



Profilo topografico 2



Profilo topografico 3

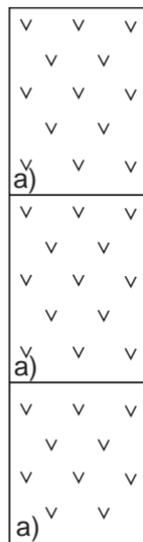


Allegato 6 – Schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



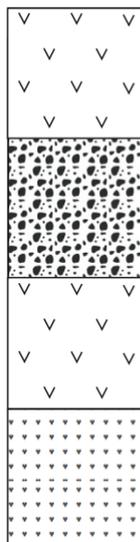
Zona 1



Colate laviche sovrapposte (a), costituite da campi lavici complessi caratterizzati da un'alternanza di livelli scoriacei e massivi con una notevole variabilità verticale e orizzontale delle litofacies. Lo spessore complessivo è generalmente oltre i 50 m.



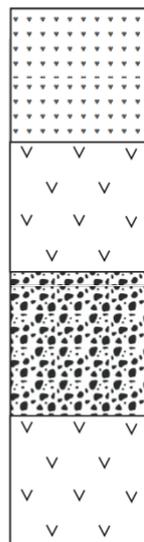
Zona 2



Lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate (a), costituite da lave vacuolari e massive da mediamente a molto fessurate con presenza di cavità spesse complessivamente circa 10 m, alternate a scorie laviche a granulometria ghiaiosa (b) in matrice sabbiosa e materiale vulcanoclastico a granulometria prevalentemente sabbiosa (c) di uguale spessore.



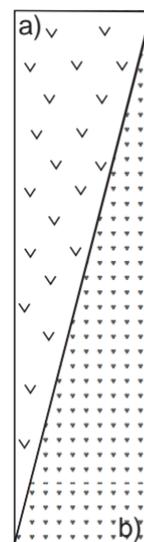
Zona 3



Materiale vulcanoclastico a granulometria prevalentemente sabbiosa (a) e scorie laviche a granulometria ghiaiosa in matrice sabbiosa (c) con spessore di circa 10 m alternate a lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate (b), costituite da lave vacuolari e massive da mediamente a molto fessurate con presenza di cavità di uguale spessore.



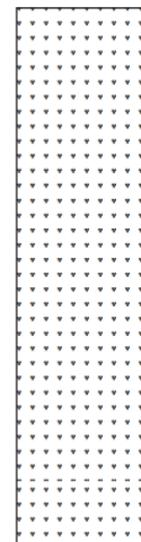
Zona 4



Lave di copertura indefinite su morfologie del substrato articolate (a), che poggiano lungo i fianchi di edifici piroclastici sepolti (b) inclinati di circa 35° tendendo a diminuire di spessore verso le zone sommitali dell'edificio.



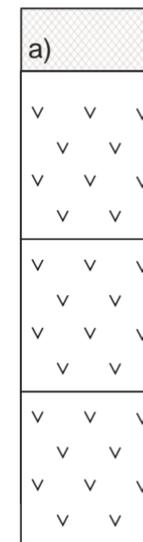
Zona 5



Depositi vulcanoclastici costituiti da sabbie e ghiaie, con spessori che possono superare i 30 m, che danno luogo ad edifici piroclastici che si sviluppano lungo la frattura eruttiva del Cavòlo, e più a Nord a Torre del Grifo e al limite settentrionale dell'area di studio che poggiano sulla zona 1 o 2.



Zona 6



Materiale di riporto eterogeneo etrometrico in matrice sabbiosa (a), spesso fino a circa 5 m poggiate sulla successione della microzona 1.