

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

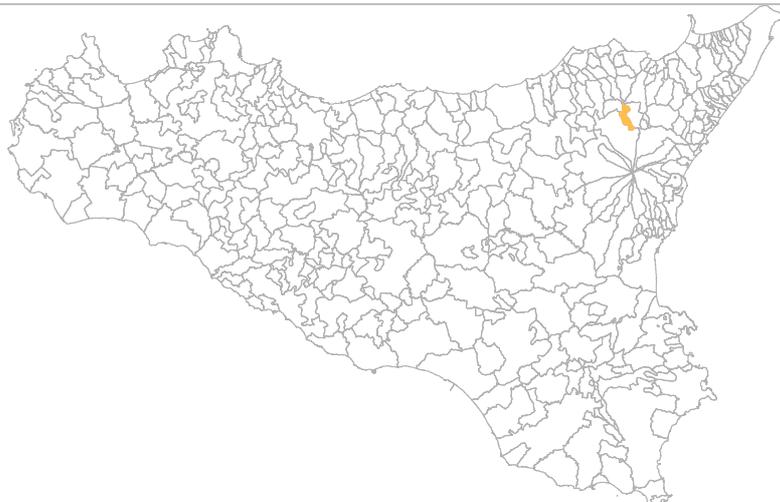
# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione Illustrativa

### MS Livello 1

#### Regione Sicilia

#### Comune di Santa Domenica Vittoria



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: Dicembre 2012</p>
--	---	--------------------------------

# Indice

1. Introduzione .....	3
2. Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento.....	10
3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area .....	20
4. Dati geotecnici e geofisici .....	30
5. Modello del sottosuolo .....	36
6. Interpretazioni e incertezze .....	38
7. Metodologie di elaborazione e risultati .....	42
8. Elaborati cartografici .....	53
9. Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati .....	56
10. Bibliografia .....	56
11. Allegati .....	60



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 Santa Domenica Vittoria (codice istat 083083), in Provincia di Messina, 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 Santa Domenica Vittoria 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 Santa Domenica Vittoria si sviluppa lungo il margine meridionale dei Monti Nebrodi in Sicilia nord-orientale con un estensione areale di circa 20 km<sup>2</sup>. In mancanza di indicazioni da parte dell’amministrazione comunale di Santa Domenica Vittoria, si è deciso, di concerto con il Dipartimento Regionale della Protezione Civile, di effettuare gli studi di MS di livello 1 nel centro urbano principale, come da verbale della riunione tecnica del 24/04/2012. Tale area è ubicata nel settore sud-occidentale del territorio comunale, lungo il versante orientale di poggio Rotondo, coprendo un’estensione areale di circa 567770 m<sup>2</sup> (Fig. 1).



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 della Sezione CTR 612080 (Fig. 1).

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 Santa Domenica Vittoria è stato possibile attingere ad una buona quantità d'informazioni pregresse che, in alcuni casi, sono relative a zone adiacenti l'area da microzonare e, dunque, significative. I dati raccolti sono stati reinterpretati allo scopo di vincolare bene la successione stratigrafica dell'area e ricostruire l'andamento 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 nelle aree prive di dati di sottosuolo diretto. In questo caso si è fatto riferimento a proiezioni dei dati noti, sulla base di una scrupolosa interpretazione dei dati di superficie, nella previsione di infittire le indagini nei successivi stadi di approfondimento.

I dati messi a disposizione dall'amministrazione comunale di Santa Domenica Vittoria sono relativi ad indagini effettuate per lo studio geologico per il Piano Regolatore Generale (P.R.G.), sintetizzati in diversi elaborati di seguito elencati:

*Elaborati dello studio geologico a supporto del P.R.G.*

- Relazione illustrativa: "Studio geologico a supporto del Piano Regolatore Generale di Santa Domenica Vittoria (ME)"



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

- Relazione indagini geofisiche a supporto dello studio geologico per il Piano Regolatore Generale di Santa Domenica Vittoria (ME): “Risultati indagini Masw-Remi”
- Allegato 1 – Carta geologica in scala 1:10000 (intero territorio comunale)
- Allegato 3 – Carta geomorfologica in scala 1:10000 (intero territorio comunale)
- Allegato 4 – Carta idrogeologica in scala 1:10000 (intero territorio comunale)
- Allegato 5 – Carta della pericolosità geologica in scala 1:10000 (intero territorio comunale)
- Allegato 6 – Carta geologica di dettaglio in scala 1:2000
- Allegato 7 – Carta geomorfologica di dettaglio in scala 1:2000
- Allegato 8 – Carta litotecnica in scala 1:2000
- Allegato 9 – Carta delle pendenze in scala 1:2000
- Allegato 10 – Carta dell’accelerazione massima e intensità sismica attesa in scala 1:2000
- Allegato 11 – Carta della pericolosità geologica di dettaglio in scala 1:2000

Tra gli elaborati dello “studio geologico a supporto del P.R.G.”, non sono stati messi a nostra disposizione la “Relazione sulle indagini geognostiche” e “l’Allegato 2 – Profili geologici in scala 1:2000”.

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 microtrempi 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 (Lentini et al., 2000; AA.VV., in stampa) 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 Santa Domenica Vittoria in provincia di Messina, 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 Santa Domenica Vittoria (ME) 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 Santa Domenica Vittoria 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



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 della zona 936 della zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti et al., 2008) relativi al periodo 1000–2006. Le soglie energetiche della sezione terremoti etnei sono  $Io = 5-6$  e  $Mw = 3.5$ . Per tutti i terremoti della sezione, il valore di  $Mw$  e la relativa incertezza sono ottenuti dal valore di  $Io$  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; 2002; 2006; 2009). Tra gli eventi sismici di maggiore rilevanza sicuramente si può annoverare il terremoto di Catania del 20 Febbraio 1818. In figura 2 si riportano i valori dell'intensità macrosismica dell'evento; il Comune di Santa Domenica Vittoria viene catalogato con intensità VII–VIII MCS. La figura 3 riporta il risultato della ricerca sul database DBMI11, che individua 14 eventi significativi per il territorio di Santa Domenica Vittoria, a partire dall'evento del 1818. La figura 4 riporta il conseguente grafico relativo alla sismicità storica del comune di Santa Domenica Vittoria.

### *Catalogazione del Comune di Santa Domenica Vittoria 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 et al., 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 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.

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

Locality	MCS	Locality	MCS
Aci Bonaccorsi	IX	Mascalucia	IX
Aci Castello	VI	Messina	IV
Acicatena	IX	Misterbianco	VII
Aci Consolazione	IX	Motta Sant'Anastasia	VIII
Aci Platani	IX	Nicolosi	IX
Acireale	VIII	Nicosia	IV
Aci Sant'Antonio	IX	Noto	IV
Aci San Filippo	IX	Palermo	V
Aci S. Lucia	IX	Palmi	III
Acitrezza	VI	Paternò	VII
Adrano	VI	Piazza Armerina	IV
Belpasso	VIII	Piedimonte Etneo	VIII
Biancavilla	VI	Randazzo	VII
Borrello	VIII	Reggio Calabria	III
Bronte	VII	S.Agata li Battiati	VIII
Calatabiano	VI	San Giacomo	IX
Caltagirone	IV	S.Giovanni Galermo	IX
Camporotondo Etneo	VIII	S.Giovanni la Punta	VIII
Castiglione di Sicilia	VIII	S.Gregorio	IX
Catania	VI-VII	S.Pietro Clarenza	VIII
Enna	IV	Siracusa	IV
Fiumefreddo	VI	Taormina	V
Giarre	VI	Trappeto	VII
Gravina	VIII	Tremestieri	IX
Maletto	VIII	Valverde	VIII
Malta	NF	Zafferana Etnea	VII
Mascali	VI		

Fig. 2 – Intensità macrosismica delle località colpite dal terremoto di Catania del 20 Febbraio 1818, da Barbano (1985).

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I[MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
7-8	1818 02 20 18:15	Catanese	128	9-10 6.23 ±0.12
F	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895	7.04 ±0.16
NF	1947 05 11 06:3	Calabria centrale	254	8 5.70 ±0.13
2	1975 01 16 00:0	Stretto di Messina	346	7-8 5.20 ±0.09
2-3	1977 06 05 13:5	MISTRETTA	108	6 4.72 ±0.11
6	1978 04 15 23:3	Golfo di Patti	332	6.06 ±0.09
NF	1988 10 28 18:48	PIANO PERNICANA	66	6 3.71 ±0.26
5	1990 12 13 00:2	Sicilia sud-orientale	304	7 5.64 ±0.09
4	1998 01 10 08:45	VERSANTE SUD-OCCIDENTALE	44	6 3.71 ±0.26
5	1999 02 14 11:4	Patti	101	4.69 ±0.09
3	1999 08 05 14:57	VERSANTE SUD-OCCIDENTALE	35	5-6 3.49 ±0.26
NF	2001 01 09 02:51	ZAFFERANA ETNEA	104	6 3.71 ±0.26
3	2001 04 22 13:56	VERSANTE OCCIDENTALE	55	5-6 3.49 ±0.26
NF	2002 09 22 16:01	PIANO PROVENZANA	35	6 3.71 ±0.26

Fig. 3 – Eventi sismici significativi per il Comune di Santa Domenica Vittoria, 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.

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

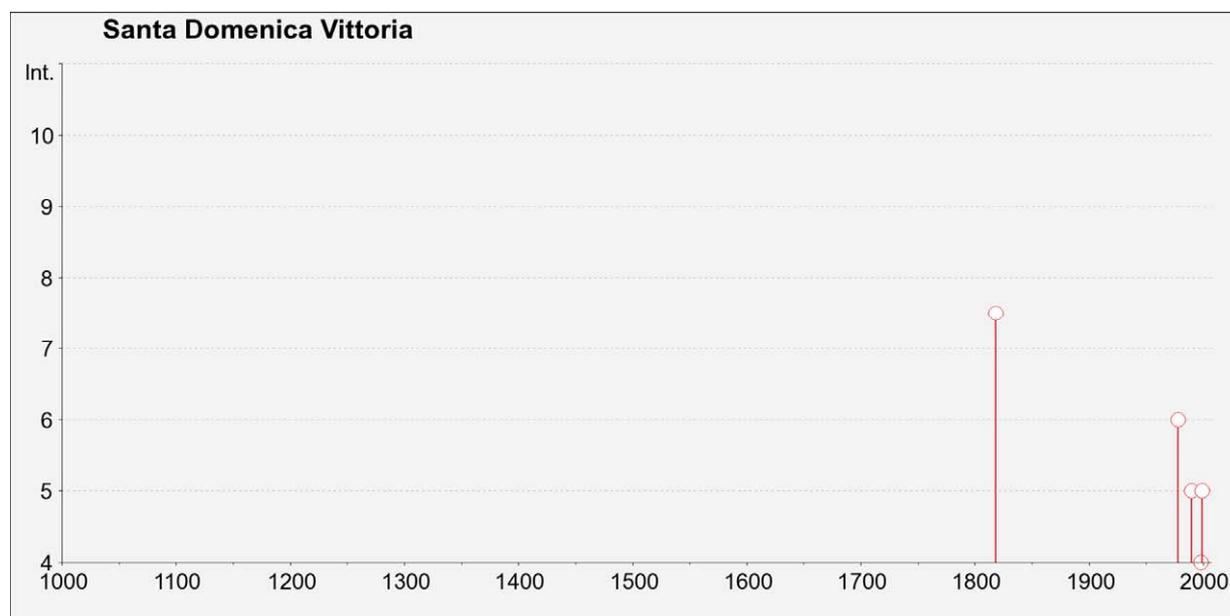


Fig. 4 – Grafico relativo alla sismicità storica del comune di Santa Domenica Vittoria.

L'area di studio del Comune di Santa Domenica Vittoria è univocamente individuata dalle coordinate geografiche internazionali:

LATITUDINE : 37.914

LONGITUDINE : 14.968

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 ag 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 Santa Domenica Vittoria 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
<b>81%</b>	30	0.0332
<b>63%</b>	50	0.0199
<b>50%</b>	72	0.0139
<b>39%</b>	101	0.0099
<b>30%</b>	140	0.0071
<b>22%</b>	201	0.0050
<b>10%</b>	475	0.0021
<b>5%</b>	975	0.0010
<b>2%</b>	2475	0.0004

Fig. 5 – Probabilità d’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

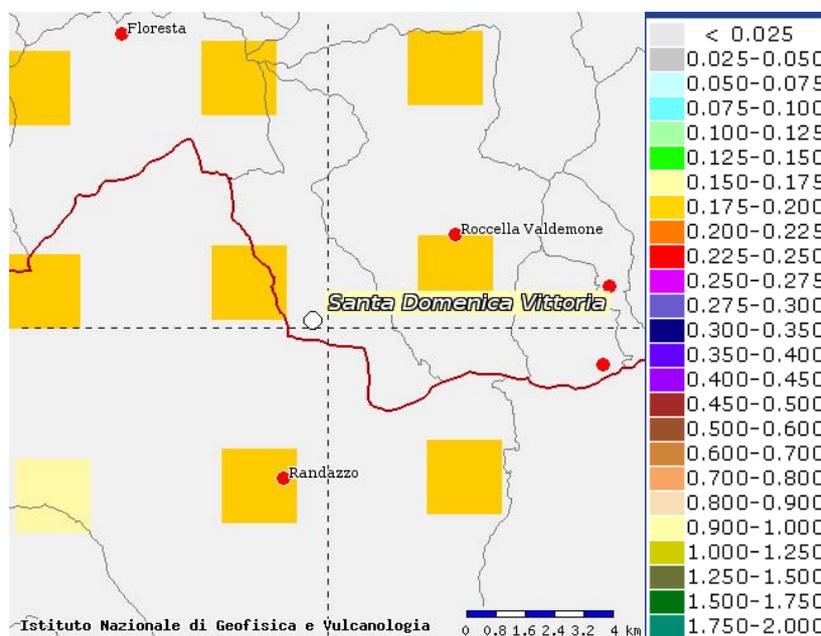


Fig. 6 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Santa Domenica Vittoria. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento  $a(g)$ , probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

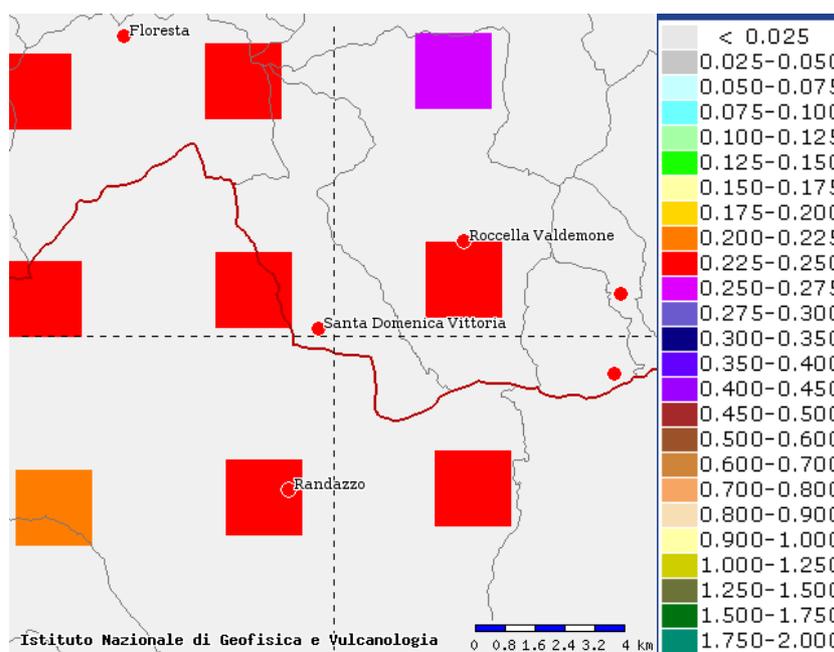


Fig. 7 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Santa Domenica Vittoria. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento  $a(g)$ , probabilità di superamento del 5% in 50 anni.

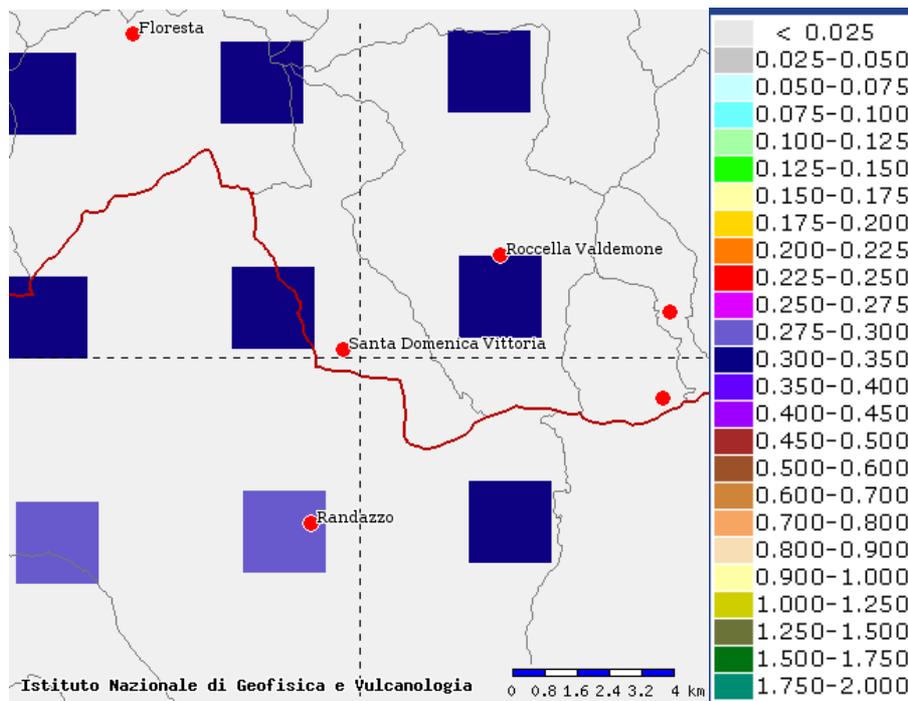


Fig. 8 – Mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Santa Domenica Vittoria. I punti della griglia visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento  $a(g)$ , probabilità di superamento del 2% in 50 anni.

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

$T_R$ [ anni ]	$a_g$ [ g/10 ]
475	0.175–0.200
975	0.225–0.250
2475	0.300–0.350

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

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

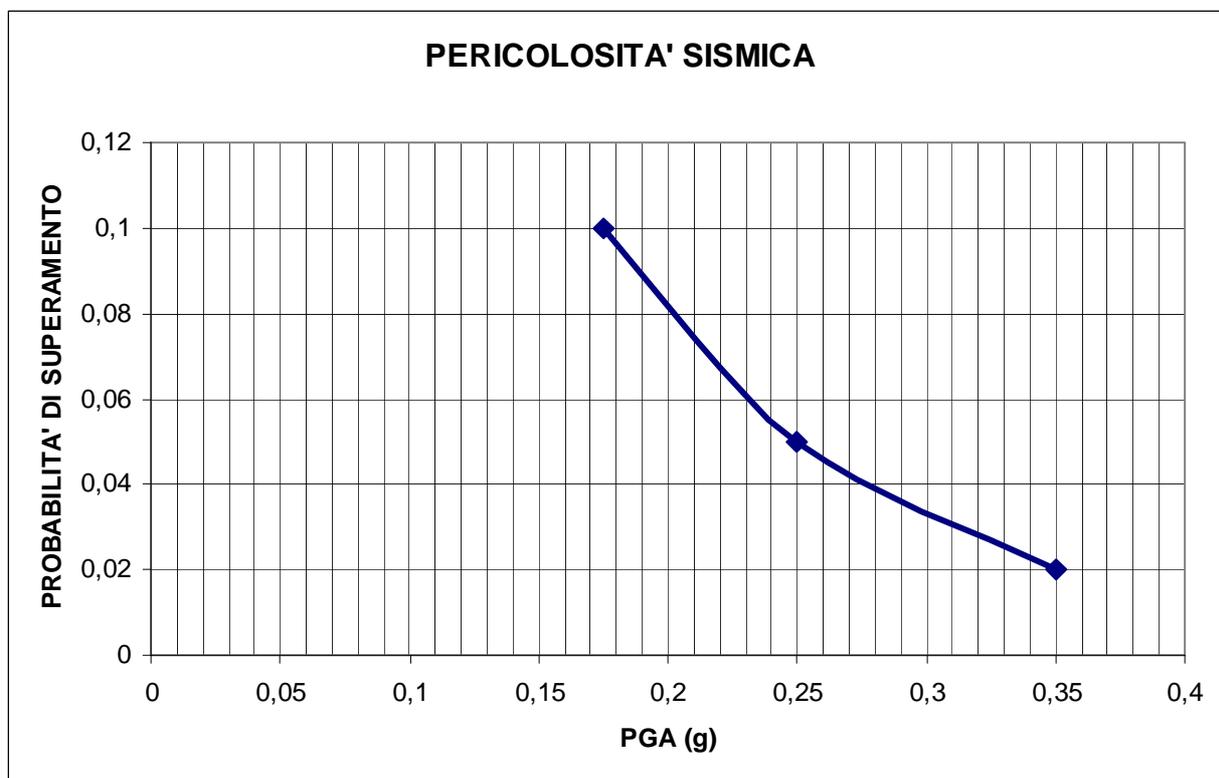


Fig. 9 – Curva di pericolosità sismica al sito per il territorio di Santa Domenica Vittoria. La curva rappresenta il valore della mediana.

Il territorio del Comune di Santa Domenica Vittoria è stato individuato sul database DBMI11 (con 14 eventi sismici significativi tra il 1818 ed il 2002) con una intensità macrosismica espressa nella scala MCS che raggiunge il suo valore massimo in MCS = VII-VIII in corrispondenza del terremoto di Catania del 1818. 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: 0.175–0.200 per il 10%, 0.225–0.250 per il 5% e 0.300–0.350 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 Santa Domenica Vittoria.

### 3. Assetto geologico e geomorfologico dell'area

L'abitato di Santa Domenica Vittoria è ubicato nelle aree meridionali dei Monti Nebrodi, sul fianco destro della Valle del Torrente Favoscuro, tributario di sinistra del Fiume Alcantara. La valle che ospita l'abitato è incisa all'interno dei terreni caotici del cosiddetto Complesso Sicilide (Ogniben, 1960), recentemente assegnati nella cartografia geologica ufficiale alla scala 1:50.000 (AA.VV. – Foglio n. 612 Randazzo, in stampa) all'Unità delle Argille Scagliose Superiori, appartenente alle Unità Tettoniche Sicilidi. Queste costituiscono un orizzonte alloctono pellicolare che mantella la zona assiale della Catena Appenninico-Maghrebide in Sicilia (Lentini et al., 1994, rappresentata dall'allineamento orografico Madonie-Nebrodi, in accavallamento sui domini esterni affioranti nelle aree più meridionali (Ghisetti e Vezzani, 1982; Lentini et al., 1994) (Fig. 10). In particolare, le Argille Scagliose Superiori mostrano i caratteri di un melange tettonico a matrice argillitica prevalente, all'interno del quale sono imballati lembi di successioni cretache sia di natura calcareo-marnosa che costituite da quarzareniti fini, le quali sono prevalentemente diffuse nella parte alta dell'unità, formando orizzonti anche di diverse decine di metri di spessore e notevole continuità laterale. Queste caratteristiche suggeriscono di interpretare questi livelli quali originarie coperture terrigene del melange, cannibalizzate all'interno del complesso caotico.

L'abitato di Santa Domenica Vittoria è stato fondato in parte sui livelli quarzarenitici imballati ed in parte direttamente sulla matrice argillitica del melange. Nella realtà, i terreni che costituiscono il sottosuolo dell'abitato, pur mantenendo un apparente continuità geometrica, risultano spesso rimobiliizzati da movimenti gravitativi, andando a costituire l'accumulo di antiche frane di scorrimento rotazionale, oggi quiescenti anche se

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

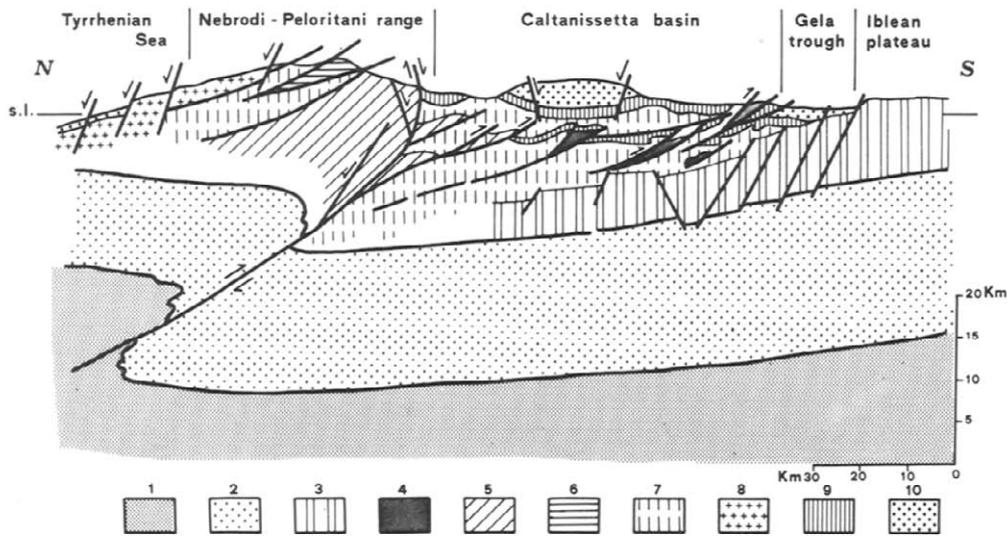


Fig. 4. Geological cross-section in Sicily (trace shown in Fig. 1), illustrating the connection between the structures at depth and at the surface. 1=upper mantle, 2=lower crust, 3=Iblean sedimentary covers, 4=Mt. Judica thrusts, 5=Imerese unit, 6=Panormide unit, 7=Sicilide unit, 8=Calabride unit, 9=Middle Miocene-Lower Pliocene terrigenous sequences, 10=Upper Pliocene-Pleistocene terrigenous sequences.

Fig. 10 – Profilo geologico attraverso l'orogene in Sicilia orientale (da Fig. 4 di Ghisetti e Vezzani, 1982)

soggette a parziali riattivazioni locali, lungo piani di scorrimento superficiali. Nell'area dell'abitato è stato possibile distinguere due aree in frana, rappresentate per la prima volta nella sua interezza nella Carta Geologica della Provincia di Messina (Lentini et al., 2000) (Fig. 11). Il corpo di frana principale, che interessa quasi tutto il centro abitato, si sviluppa a partire da un vasto coronamento posto immediatamente a monte dell'abitato, in prossimità del Poggio Rotondo, raggiungendo al piede il fondovalle del Torrente Favoscuro. Un'ulteriore frana, segnalata nel settore settentrionale dell'abitato, appare invece sospesa lungo il versante ad una quota di circa 1000 m s.l.m., circa 70 m al di sopra del fondovalle. Le due frane sono state successivamente rappresentate, con geometrie quasi coincidenti, anche nella cartografia geologica ufficiale alla scala 1:50.000

(AA.VV. – Foglio n. 612 Randazzo, in stampa), nella quale è evidenziata anche la presenza di numerose sorgenti all'interno dell'area in frana che attraversa il centro abitato.

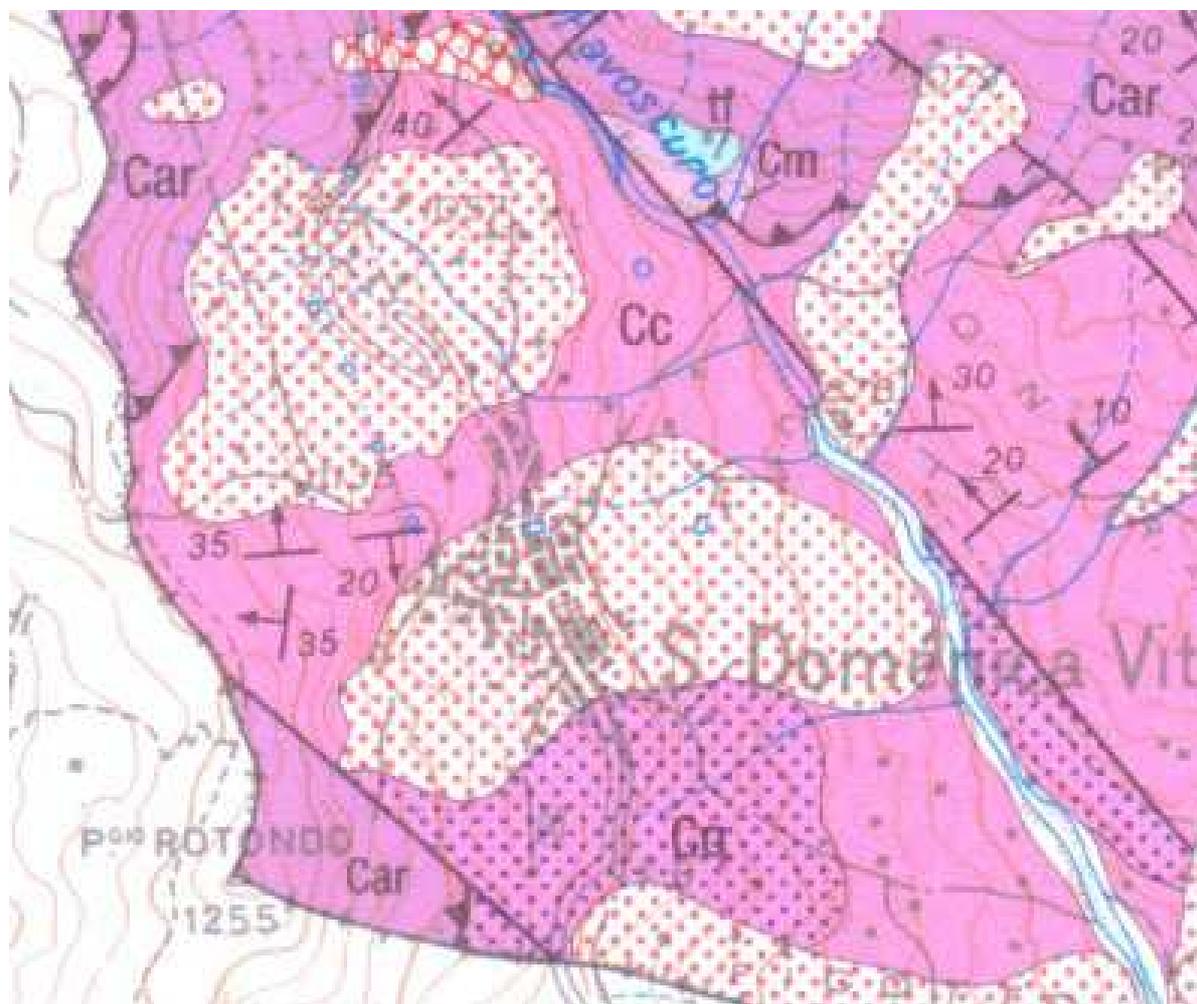


Fig. 11 – Stralcio della Carta Geologica della Provincia di Messina (Lentini et al., 2000)

Elaborati cartografici di maggior dettaglio a corredo di lavori scientifici (Cubito et al, 2005)(Fig. 12) riportano entrambe le due aree in frana, evidenziando anche numerosi movimenti franosi di dimensioni inferiori, sviluppatasi all'interno delle frane principali e relativi a riattivazioni recenti, a spese del corpo principale quiescente. Va sottolineato che nella cartografia allegata al PRG, sono stati segnalati quali frane solo i corpi minori di recente generazione, mentre non sono state riconosciute le due aree di frana principali che, essendo caratterizzate in superficie da orizzonti stratigrafici che hanno mantenuto una apparente continuità, sono state invece rappresentate come aree di affioramento del

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

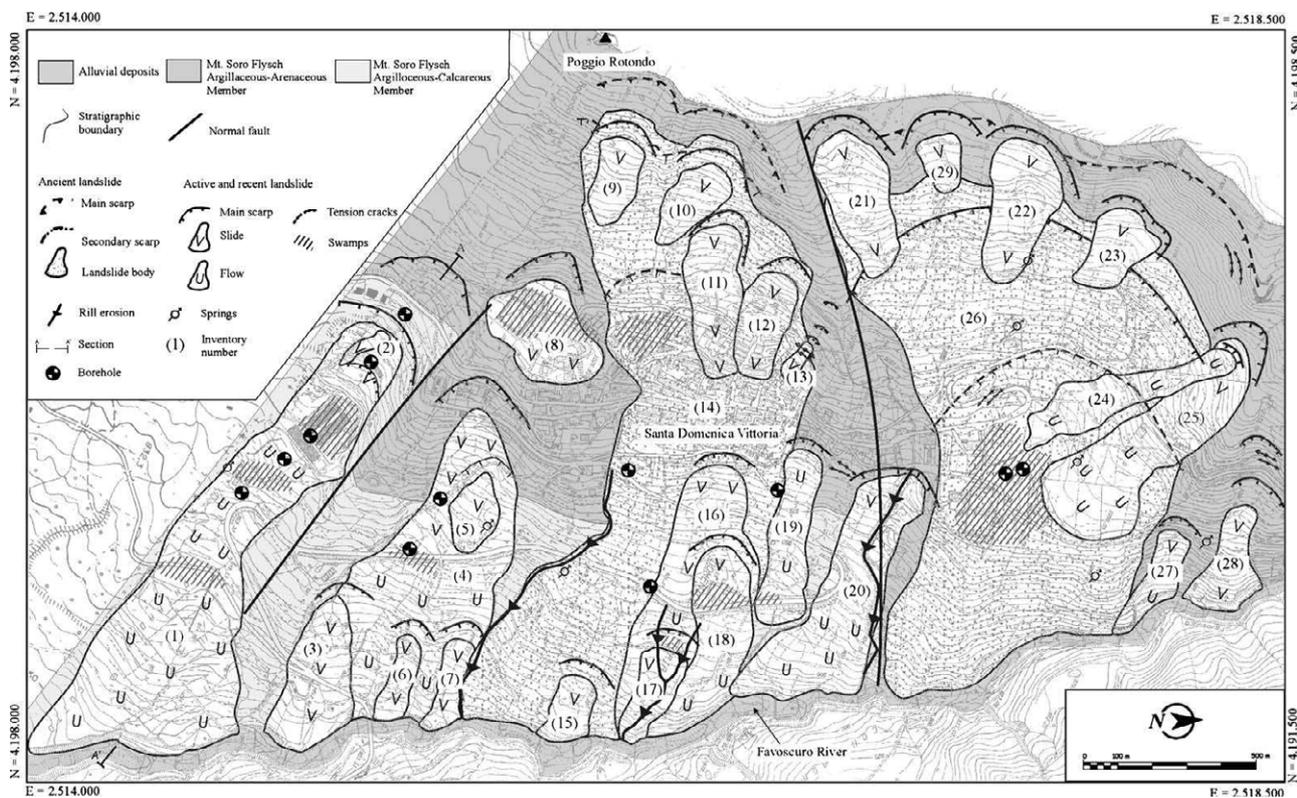


Fig. 12 – Carta dei dissesti geologici dell'area di Santa Domenica Vittoria (da *Cubito et al.*, 2005)

substrato in posto. Questo tipo di rappresentazione era già stata utilizzata nella stesura della carta dei dissesti allegata al PAI (Fig. 13). L'evidente discrepanza tra le diverse rappresentazioni cartografiche è chiaramente legata alla diversa scala dei rilievi. Paradossalmente, una scala inferiore di rilievo ha favorito il riconoscimento delle frane, che possono essere apprezzate nella loro geometria ed estensione solo attraverso una visione d'insieme di un vasto settore di territorio, mentre risulta difficilmente decifrabile tramite analisi di estremo dettaglio. La conservazione della continuità dei livelli superficiali in frana suggerisce una notevole profondità della superficie di scorrimento. Nel corso della revisione degli studi cartografici pregressi, una analisi geomorfologica

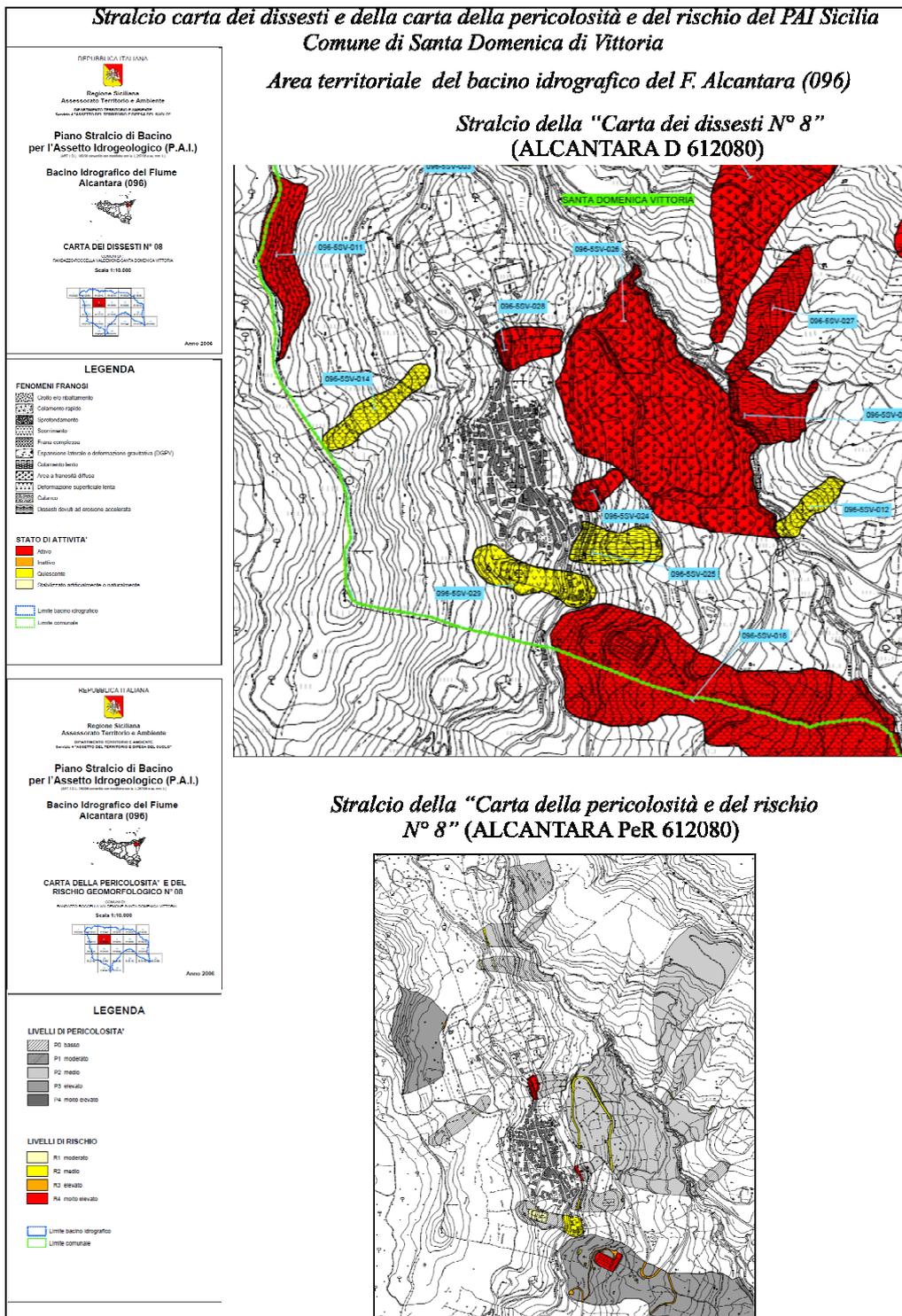


Fig. 13 – Stralcio della “Carta dei dissesti N° 11–12” (SS D 640120–641090) del PAI.

speditiva, basata essenzialmente su interpretazioni di foto aeree, ha permesso di ricostruire un quadro complessivo della tipologia dei movimenti franosi che è largamente coincidente con le ricostruzioni degli autori precedenti, anche se vi sono alcuni aspetti di novità, rilevanti ai fini della ricostruzione delle geometrie di sottosuolo. Rispetto a quanto



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 raffigurato nella cartografia allegata al PRG e coerentemente con quanto riportato nella cartografia alla scala 1:50.000, l'area dei terreni in frana sembra comprendere la quasi totalità dell'abitato. I terreni caotici e fortemente dissestabili affioranti nell'area, infatti, sono stati dissecati da profonde incisioni che si sono generate in seguito al sollevamento tettonico recente dell'area, ubicata al tetto di uno dei principali fronti di accavallamento regionali (Linea Kumeta–Alcantara di Ghisetti e Vezzani, 1982). L'approfondimento del reticolo idrografico è stato accompagnato da movimenti gravitativi che hanno coinvolto interi settori di versanti. In particolare, le aree di coronamento delle antiche frane rotazionali sono state riconosciute a quote più basse, intorno ai 1050 m s.l.m., rispetto a quelle riportate nella cartografia pre-esistente. Il corpo di frana principale che attraversa la parte centrale dell'abitato risulta bordato da una scarpata, che delimita ad ovest il paese, nella quale sono esposti a tratti livelli in posto del substrato. L'ubicazione dell'apice in contropendenza dell'antico corpo di frana rotazionale all'interno dell'abitato spiegherebbe la presenza di aree di "pantano" segnalate in Cubito et al (2005) e riferite a scarpate secondarie poste all'interno del corpo di frana. La localizzazione dell'abitato alla base del coronamento principale della frana rotazionale trova una sua spiegazione logica se si considera che morfologicamente l'apice del corpo di frana quiescente costituiva l'unico tratto di versante con pendenze limitate in un generale contesto morfologico contraddistinto da pendii molto acclivi. L'ampio coronamento posto più a monte in corrispondenza della dorsale spartiacque (al di fuori dell'area rappresentata dalla cartografia allegata), interpretato quale coronamento della frana rotazionale nella cartografia pre-esistente è invece interpretabile come il risultato di successivi distacchi di frane che oggi si riconoscono quali accumuli di colate di detrito che si sono sovrapposti

alla frana antica quiescente. Una geometria analoga è stata riconosciuta anche per la frana rotazionale posta più a nord che risulta delimitata da una superficie che si ricollega ad un coronamento posto intorno alla quota di 1050 m s.l.m. ed è ricoperta da corpi di frana più recenti, originatisi dagli ampi coronamenti riportati nella cartografia pregressa. Ulteriori elementi di conoscenza sono stati raccolti per chiarire la geometria al piede delle frane. In questo caso si è potuto appurare, esclusivamente sulla base dei rilievi di superficie, che il piede delle due frane rotazionali risulta sospeso lungo il versante, a quote oscillanti tra i 1000 m s.l.m., per la frana settentrionale, ed i 970 m s.l.m., per quella più meridionale. I corpi di frana che raggiungono il fondovalle attuale, infatti, consistono in colamenti che si sono originati da parziali rimobilizzazioni dei corpi di frana antichi. E' interessante notare che parziali riattivazioni recenti dei movimenti franosi, ben documentati in Cubito et al. (2005) riguardano sia i corpi di frana principali che quelli di seconda generazione. In conclusione, la geometria dei corpi franosi è indicativa di una evoluzione policiclica dei fenomeni di dissesto, che si è protratta in almeno due distinte fasi di approfondimento del reticolo idrografico, riferibile ad almeno due distinti cicli climatici. I caratteri stratigrafici del substrato del Comune di Santa Domenica Vittoria sono stati sintetizzati nella legenda della carta geologico-tecnica che prevede oltre alle diverse tipologie di instabilità di versante, classificate sulla base delle diverse informazioni raccolte, terreni di copertura, rappresentati dai depositi di falda detritica costituita da Argille sabbiose e limose con ghiaia (CL), e i terreni del substrato geologico (NRS), rappresentati una alternanza di argille caotiche e quarzarenti intensamente tettonizzate ("Argille Scagliose Superiori"). Per la sua natura litologica e per le misure disponibili sulle velocità delle onde sismiche di taglio, il substrato geologico non è assimilabile ad un "bedrock sismico" ed è stato pertanto interpretato come substrato non rigido.

La geometria 2D del sottosuolo dell'abitato è stata rappresentate in due distinti profili geologici, che attraversano l'abitato in direzione trasversale (OSO-ENE) e longitudinale (NNO-SSE) rispetto al versante. La prima sezione (profilo A-A'),



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77  
rappresentativa dei rapporti geometrici tra i diversi terreni distinti nella carta geologico-  
tecnica, mostra in maniera significativa la ricostruzione della geometria della superficie di  
scorrimento stato rappresentato viene proposta la ricostruzione della superficie di  
scorrimento della frana rotazionale che interessa gran parte del paese. Tale geometria è  
stata vincolata sulla base della nuova localizzazione del coronamento di frana e del  
riconoscimento della quota alla quale è sospeso il piede della frana lungo il versante. Nel  
profilo è stato inoltre evidenziata la presenza dei corpi di frana minori, sovrapposti alla  
rana principale.

La sezione B-B' è significativa dello sviluppo laterale dei due corpi di frana  
principali che interessano l'abitato di Santa Domenica Vittoria. La geometria profonda  
della sezione, ricostruita esclusivamente basandosi sui dati di superficie, mostra la  
differente profondità della superficie di scorrimento delle due frane, maggiore in quella  
più meridionale.

Nonostante i lineamenti geomorfologici del paesaggio descritti in precedenza  
siano indicativi di una notevole mobilità recente, nell'area non è stata segnalata la  
presenza di potenziali sorgenti sismogeniche. Studi di morfotettonica eseguiti nell'area  
(Catalano, 1996) hanno dimostrato il carattere policiclico del paesaggio che ha registrato  
distinte fasi di evoluzione tettonica dell'area. In particolare le deformazioni superficiali  
direttamente imputabili ai movimenti obliqui destri lungo la Linea Kumeta-Alcantara  
(Ghisetti e Vezzani, 1982) (Fig. 10) sarebbero riferibili ad un'età pre-Tirreniana (>125 ka;  
Monaco et al., 2002), mentre le deformazioni più recenti sarebbero l'effetto di movimenti  
crostali di estensione regionale, connessi a processi dinamici ad ampia scala (Catalano et  
al., 2012). Tali evidenze sono in buon accordo con i modelli sismotettonici ricostruiti

nell'area. Nel database delle sorgenti sismogeniche DISS (Database of Individual Seismogenic Sources) Version 3.1.1 (DISS Working Group 2010) le potenziali sorgenti

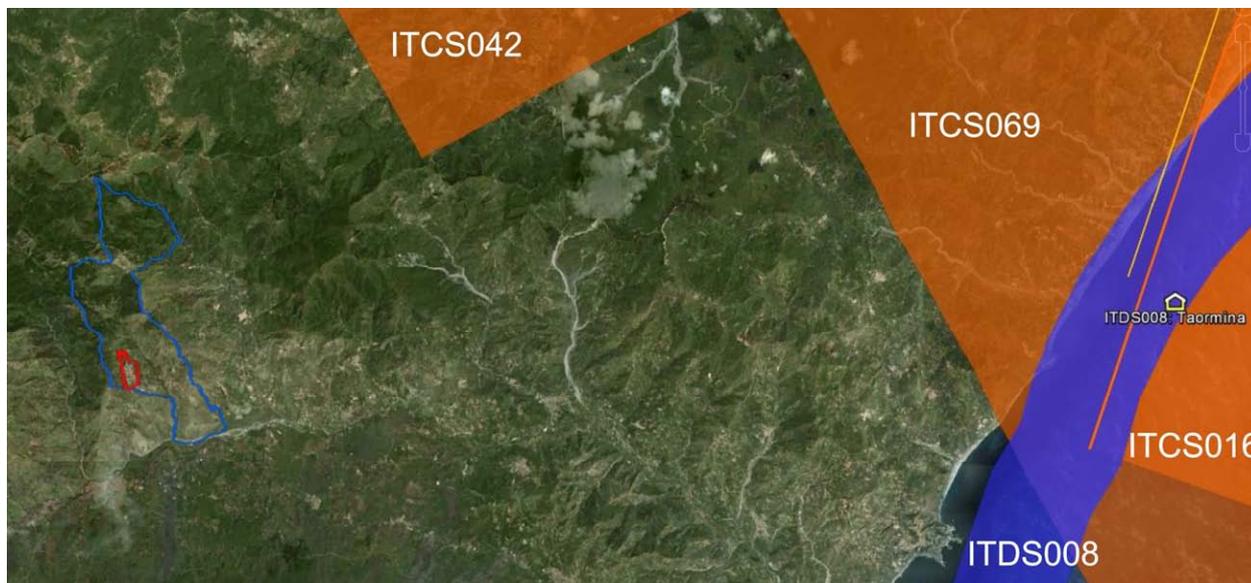


Fig.14 - Ubicazione dell'area comunale di Santa Domenica Vittoria (in blu) e dell'area di studio (in rosso) rispetto alle sorgenti sismogeniche del Diss 3.1.1 (DISS Working Group 2010, mod.)

sismogeniche prossime all'area di Santa Domenica Vittoria (Fig. 14) sono riferibili all'area dello Stretto di Messina (ITCS016 "Aspromonte-Peloritani"), alla regione eoliana (ITCS042 "Patti-Eolie") e alla Calabria meridionale (ITCS069 - "Calabria meridionale"). Il catalogo comprende anche una serie di sorgenti riportate quali "dibattute" (es. ITDS008 - Taormina), riferibile al modello sismotettonico proposto in Catalano et al. (2008) (Fig. 15), che localizzano le sorgenti sismogeniche responsabili della elevata sismicità regionale lungo segmenti di faglie normali attive poste nell'off-shore dei Monti Peloritani. Secondo entrambi i modelli sismotettonici, le deformazioni recenti nell'area di Santa Domenica Vittoria non sarebbero quindi direttamente imputabili a rigetti lungo strutture attive poste nelle immediate vicinanze dell'abitato, ma piuttosto l'effetto di processi a scala regionale.

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

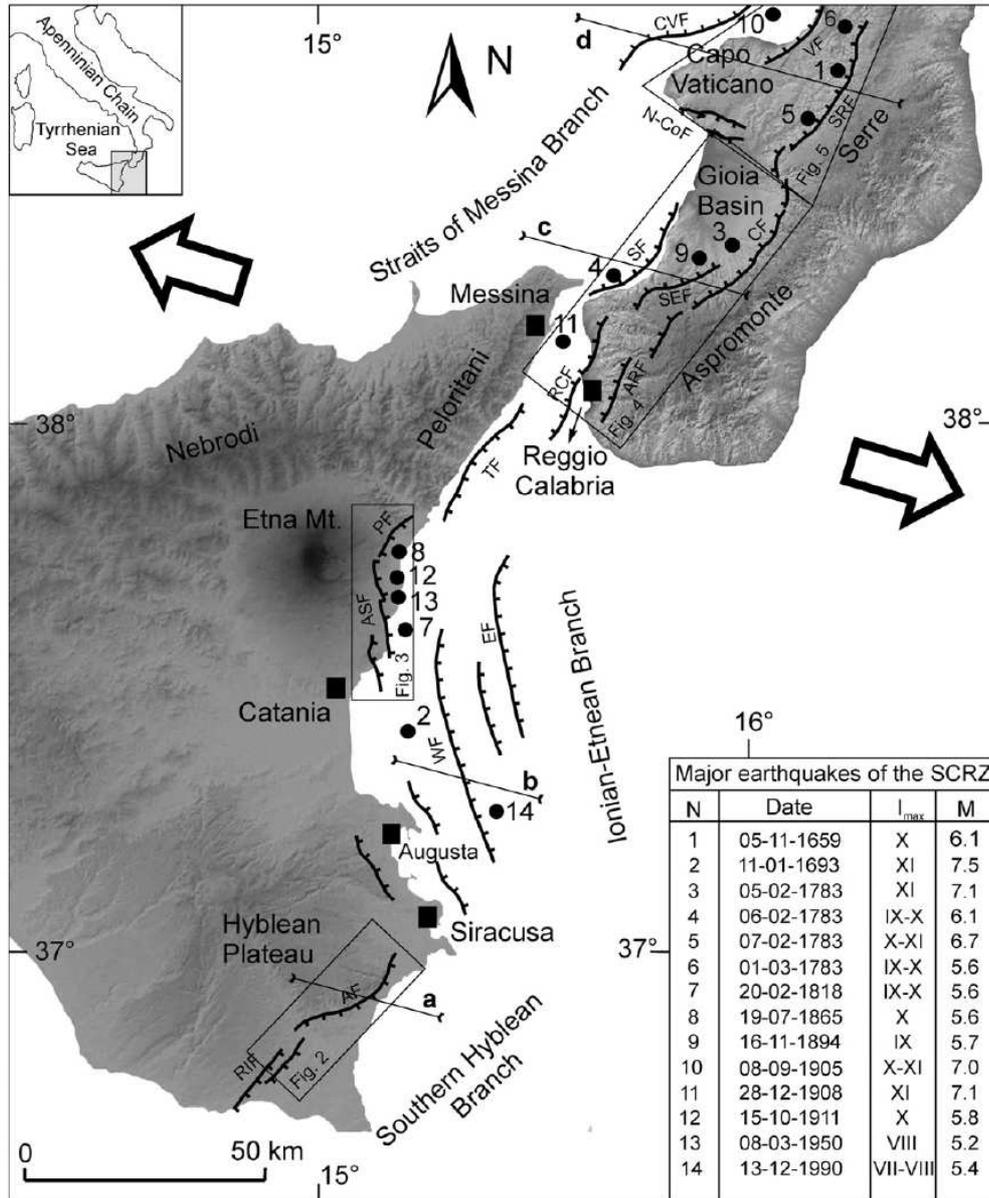


Fig. 1. Seismotectonic map of the Siculo-Calabrian Rift Zone (SCRZ). Faults are mainly normal with barbs on downthrown block. Black dots and numbers indicate the major historical and instrumental crustal earthquakes occurred in the last six centuries as reported in the inset (data from Postpischl 1985; Boschi et al., 1995, 1997). Large arrows indicate the regional extension direction (data from Monaco and Tortorici, 2000). Boxes indicate the locations of Figs. 2–5. RIF: Rosolini–Ispica faults; AF: Avola fault; WF: Western Ionian fault; EF: Eastern Ionian fault; ASF: Acireale–S. Alfio faults; PF: Piedimonte fault; TF: Taormina fault; RCF: Reggio Calabria fault; AR: Armo fault; SF: Scilla fault; SEF: S. Eufemia fault; CF: Citanova fault; SRF: Serre fault; VF: Vibo fault; CVF: Capo Vaticano fault; N-CoF: Nicotera–Coccorino faults.

Fig. 15 Modello sismotettonico della Sicilia orientale (da Fig. 1 di Catalano et al., 2008)

#### 4. Dati geotecnici e geofisici

I dati geotecnici e geofisici disponibili per l'area di studio, derivano da n. 52 indagini complessive, di cui n. 45 indagini pregresse e n. 7 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. 38 indagini puntuali e n. 14 indagini lineari. L'insieme delle indagini puntuali e lineari disponibili (per l'ubicazione si veda la carta delle indagini) sono schematizzate per tipologia nella sottostante tabella (Tab. 2):

Tot. Ind. Punt.	Geotecnica di laboratorio (GL)				Geotecnica in sito (GS)	Geologia (GG)			Geofisica (GF)		
	SM	ELL	CU	UU	SPT	S	SS	SC	HVSR	DH	UH
38	4	1	0	0	5	11	6	4	7	0	0

Tot. Ind. Linea.	Geofisica (GF)	
	SR	MASW
14	8	6

Tab. 2 - Insieme delle indagini puntuali e 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 realizzate per lo studio geologico a supporto del P.R.G. del Comune di Santa Domenica Vittoria, e da altre indagini relative a precedenti studi geologici di lavori pubblici quali il consolidamento del versante su cui giace l'abitato, la costruzione del Parco Urbano, la costruzione della strada Roccella Valdemone-Santa Domenica Vittoria e la costruzione della Rete Idrica, menzionati nello stesso studio geologico a supporto del P.R.G.. In particolare le indagini geognostiche ricadenti nell'area di studio, realizzate per lo studio geologico a supporto del P.R.G., consistono in due sondaggi meccanici a carotaggio continuo (ID\_INDPU: 083083P3S1, id\_indpuex: SG1; ID\_INDPU: 083083P11S6, id\_indpuex: SG4), ognuno spinto fino alla profondità di 15 m dal piano campagna, per un totale di 30 metri lineari di perforazione.

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

Nel corso delle due perforazioni, sono stati raccolti n. 4 campioni, due per ciascun sondaggio (Tab. 3), in seguito sottoposti a prove di laboratorio per la determinazione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche, e sono state eseguite n. 5 prove penetrometriche del tipo Standard Penetration Test, di cui n. 3 prove nel sondaggio SG1 e n. 2 prove nel sondaggio SG4. Inoltre, per lo studio geologico del P.R.G. è stata anche effettuata una campagna di indagini geofisiche; di queste quelle che ricadono nell'area di studio sono n. 6 prove sismiche del tipo Masw\_RE.MI. e n. 8 stese di sismica a rifrazione (Tab. 2).

Campione n°	Classe di qualità del campione	Profondità prelievo (m)
<i>S1 - C1</i>	<i>Q.3</i>	3,80 - 4,10
<i>S1 - C2</i>	<i>Q.3</i>	7,30 - 7,70
<i>S4 - C1</i>	<i>Q.3</i>	4,50 - 5,00
<i>S4 - C2</i>	<i>Q.5</i>	6,50 - 7,00

Tab. 3 - Campioni prelevati con classe di qualità e profondità di prelievo nei due sondaggi realizzati per lo studio geologico di P.R.G., ricadenti nell'area di studio.

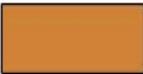
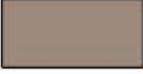
Nell'area di studio le uniche informazioni sulle caratteristiche fisico-meccaniche ottenute da indagini di laboratorio e da prove penetrometriche S.P.T. riguardano i terreni attraversati dai due sondaggi SG1 e SG4. L'esiguità di tali dati non permette di effettuare una caratterizzazione completa del sottosuolo, in quanto si hanno informazioni esclusivamente per litotipi costituiti da materiale di riporto in matrice sabbioso limosa, limi con sabbie e ghiaie, materiale detritico e blocchi di quarzareniti in matrice argilloso-

sabbiosa, tutti facenti parte di corpi di frana. Nelle prove penetrometriche di tipo SPT, i terreni investigati, prevalentemente sabbioso-limosi e limoso-sabbiosi, sono caratterizzati da un numero NSPT compreso tra circa 20 e 25; N<sub>spt</sub> maggiori di 30 si hanno nei litotipi con blocchi e ciottoli quarzarenitici in livelli sabbioso-limoso-ghiaiosi. Valori molto più bassi (NSPT = 6), sono stati ottenuti in corrispondenza di materiale di riporto a matrice prevalentemente sabbiosa. I risultati delle analisi di laboratorio e delle prove spt, distinte per ogni litotipo sono schematizzate nelle tabelle 1, 2 e 3 dell'Allegato n. 3.

Degli altri n. 15 sondaggi geognostici realizzati per precedenti studi, menzionati nello studio geologico a supporto del P.R.G., sono disponibili solo le stratigrafie molto schematizzate e poco dettagliate.

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.



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-tecnica per la microzonazione sismica: terreni di copertura

I terreni affioranti nell'area e riconosciuti nella stratigrafia dei sondaggi sono stati, quindi, raggruppati secondo le categorie previste dalla legenda. Per ogni categoria, si sono raccolte tutte le informazioni disponibili sui principali caratteri geotecnici che sono stati riassunti nelle tabelle dell'Allegato 3 della presente relazione. Nelle schede, per ciascun campione è riportato l'indagine contraddistinta dall'identificativo "indagine puntuale" (ID\_INDPU), la profondità di campionamento e l'attribuzione ad una delle unità litotecniche riconosciute. Va inoltre ricordato che tra i dati acquisiti non sono presenti informazioni di geotecnica di laboratorio e prove in sito relative al substrato geologico.



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile

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

I dati geofisici disponibili derivano da indagini geofisiche pregresse costituite da n. 6 Masw–Remi e da n. 8 traverse sismiche che hanno permesso di definire le velocità delle onde sismiche nei diversi orizzonti presenti nel sottosuolo, e da nuove indagini realizzate per il presente studio costituite da n. 7 HVSr, per valutare le frequenze proprie di oscillazione dei diversi siti. Le Vs osservate tramite le indagini Masw–Remi, esplorando i primi 30 – 32 m metri di sottosuolo, non raggiungono in nessuno dei casi velocità superiori a 800 m/s, anche quando riferibili ai terreni assegnati al substrato geologico, non permettendo, di conseguenza, di identificare, nei primi 32 metri circa, la profondità del bedrock sismico. In particolare nelle due indagini MASW, identificate con l’ID\_INDLN 083083L4MASW4 e 083083L5MASW5, per le quali è stato raggiunto il substrato geologico, costituito da un’alternanza di argille caotiche e quarzareniti intensamente tettonizzate (Argille Scagliose Superiori), i valori delle Vs variano tra 600 e 750 m/s. Per tale motivo, secondo gli “Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica – Versione 2.0beta-II”, il substrato geologico è stato classificato come un substrato geologico non rigido stratificato (NRS). All’interno dell’area di studio ricadono ulteriori otto indagini di tipo lineare di sismica a rifrazione, di cui n. 3 relativi agli studi effettuati per il P.R.G. e n. 5 per il consolidamento del versante su cui giace l’abitato di Santa Domenica Vittoria, che forniscono le velocità delle onde sismiche Vp nei primi metri, fino alla massima profondità di circa 12 m. I valori di velocità Vp osservati variano tra 500 e 3.500 m/s. Il dettaglio delle prove MASW e delle indagini di sismica a rifrazione disponibili, sono state sintetizzate nell’Allegato 3 (Tabelle 4–9 e Figure 1 e 2 rispettivamente).

Per quanto concerne la determinazione delle frequenze di sito, l'Università di Catania ha effettuato sette indagini geofisiche HVSR all'interno dell'area di studio del territorio comunale di Santa Domenica Vittoria. Tra queste, l'indagine 083083P20HVSR34 non ha fornito un risultato attendibile. I dati raccolti sono stati sintetizzati nell'allegata Carta delle Frequenze, in cui per ogni punto di misura sono riportate le frequenze alle quali il moto del terreno viene amplificato per risonanza stratigrafica e/o topografica 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.

Le frequenze fondamentali (F0) più attendibili ottenute da questo studio, presentano valori compresi tra 0.6 e 1.5 Hz. In alcuni casi sono state osservate ulteriori amplificazioni a più alte frequenze (5.5, 16.05 e 19.8). 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 depositi caotici di frana o fenomeni di origine antropica.

## **5. Modello del sottosuolo**

Il modello geologico ricostruito per il territorio comunale di Santa Domenica Vittoria, la cui geometria è stata già ampiamente descritta nei paragrafi precedenti, è stato essenzialmente basato sui rilievi di superficie e tarato, per quanto attiene lo spessore dei livelli più superficiali, con le stratigrafie dei sondaggi disponibili. Con queste premesse è stato possibile ricostruire le successioni stratigrafiche, tipiche dei differenti settori, da utilizzare per definire il comportamento omogeneo delle varie zone (v. carta delle zone omogenee in prospettiva sismica).



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile

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

La geologia del sottosuolo di Santa Domenica Vittoria è profondamente condizionata dalla presenza di estesi fenomeni di instabilità che hanno coinvolto gran parte del versante su cui è fondato l'abitato. In particolare, sono stati riconosciuti due principali corpi di frana di scorrimento, che interessano rispettivamente il centro urbano e la periferia settentrionale, le cui superfici di movimento sono state indicate a profondità di circa 70 m, per la prima, e 30 m, per la seconda (v. allegato 1 – sezioni litotecniche). I due corpi di frana, in gran parte quiescenti sono stati localmente riattivati da frane di colamento che contribuiscono a definire un quadro complesso dei movimenti gravitativi. Nella carta idrogeologica allegata al PRG, all'interno del corpo di frana principale del centro abitato, è stata segnalata la presenza di una sorgente. Questa, negli studi precedenti, è stata riferita ad una soglia di permeabilità determinata dalla presenza di faglia. Alla luce della revisione operata ai fini della microzonazione, la sorgente risulta ubicata al contatto tra il corpo di frana di scorrimento e il substrato geologico, costituito da argille impermeabili. Di fatto la sorgente costituirebbe così l'emergenza di acque sotterranee drenate dal corpo di frana stesso, sostenuto da un substrato a dominante argillosa, a bassissima permeabilità. I dati sulle velocità delle onde di taglio (S) misurati nell'area sono tutti riferibili ai terreni in frana, oscillando tra valori compresi da 210 a circa 600 m/s, con stima delle Vs30 variabili tra 373 e 548 m/s. I valori di velocità misurati sembrano non risentire della presenza della frana, in quanto la notevole profondità della superficie di scorrimento ha permesso che i terreni interessati conservassero una discreta continuità laterale in superficie. Mancando dati sulle caratteristiche meccaniche del substrato in posto, affiorante per limitate aree (v. carta geologico-tecnica) e raggiunte dai sondaggi solo a monte del coronamento delle frane

principali di scorrimento (v. allegato 1 – sezioni litotecniche), si è ritenuto opportuno basarsi sulle velocità misurate su litotipi analoghi, anche se rimobilizzati dalle frane. Ne risulta un quadro complessivo di un substrato geologico di tipo “non rigido” e pertanto non interpretabile quale bedrock sismico. Questo si assesterebbe a profondità non desumibile con i dati a disposizione, ma molto probabilmente a profondità maggiori delle stesse superfici di scorrimento delle frane.

Escluse le aree in frana, in toto inserite in zone soggette a potenziali instabilità anche per l'accertata presenza di acqua, le poche aree esenti dai movimenti franosi sono state suddivise in due microzone omogenee suscettibili di amplificazione locale, definite sulla base della presenza (zona 1) o meno (zona2) di una coltre detritica di copertura su un substrato “non rigido”. Anche in assenza della copertura detritica, va segnalato che il substrato argilloso spesso presenta un orizzonte superficiale di alterazione, di spessore inferiore ai 3 m.

Gli effetti di amplificazione stratigrafica vanno sommati a quelli derivanti dall'ubicazione dell'abitato lungo un versante che, seppure contraddistinto da ripetute variazioni di pendenza, comunque nel suo complesso presenta una inclinazione eccedente i 15°.

## **6. Interpretazioni ed incertezze**

Nell'area di studio ricadente nel territorio comunale di Santa Domenica Vittoria, i dati pregressi utilizzati si riferiscono allo studio geologico a supporto del P.R.G., all'interno del quale vengono menzionati altri studi geologici effettuati per lavori pubblici precedenti. Il quadro delle informazioni acquisite è estremamente ristretto per definire e caratterizzare le diverse unità litologiche, a causa anche della disomogenea distribuzione dei dati puntuali (v. carta delle indagini) che non garantiscono una copertura uniforme delle conoscenze per tutte le formazioni.

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

Per quanto concerne le informazioni fornite sui sondaggi realizzati nell'area di studio, volti alla stesura del P.R.G., è stato riscontrato che il sondaggio SG4, la cui stratigrafia è dettagliatamente descritta nella relazione geologica, corrisponderebbe al sondaggio S3 ubicato nella carta litotecnica in scala 1:2000. Pertanto, i dati relativi al sondaggio che ubicato nella carta litotecnica del P.R.G. viene indicato come Sondaggio n° "3", nei pressi del cimitero, sono stati attribuiti al Sondaggio n° 4 della relazione geologica del P.R.G.. Questa operazione ha vincolato l'attribuzione di un valore di attendibilità di questi dati pari a "3" (bassa), riducendo significativamente il numero dei dati attendibili su cui basare la caratterizzazione dei terreni di sottosuolo.

Inoltre, come già indicato in precedenza, gli altri n. 15 sondaggi geognostici realizzati per precedenti studi, menzionati nello studio geologico a supporto del P.R.G., forniscono solo le stratigrafie molto schematizzate e poco dettagliate, distinguendo i seguenti litotipi (Fig. 16):

	Terreni di riporto
	Materiale detritico a matrice argilloso-sabbiosa, spesso plastico con elementi litoidi a prevalente natura quarzarenitica
	Materiale a matrice argilloso-sabbiosa, mediamente consistente con elementi litoidi (Detrito e/o porzione alterata e detensionata della formazione di base)
	Alternanza di quarzareniti e argille
	Alternanza di argille e quarzareniti

Fig. 16 - Legenda delle stratigrafie dei n. 15 sondaggi geognostici realizzati per studi pregressi quali il consolidamento del versante su cui giace l'abitato, la costruzione del Parco Urbano, la costruzione della strada Roccella Valdemone-Santa Domenica Vittoria e la costruzione della Rete Idrica, menzionati nello studio geologico a supporto del P.R.G.

Per archiviare le stratigrafie di tali sondaggi secondo gli “Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica – Versione 2.0beta-II”, si è scelto di reinterpretare i dati sulla base delle stratigrafie dettagliate de due sondaggi geognostici realizzati per lo studio a supporto del P.R.G. assegnando un grado di attendibilità pari a 2 per ogni litotipo distinto.

Altre incertezze riguardano i dati di laboratorio forniti, relativamente all’analisi granulometrica dei vari campioni di qualità Q3 e Q5. I valori in percentuale riguardanti le frazioni granulometriche limosa ed argillosa sono stati presentati come somma delle due componenti, non permettendo in prima battuta di effettuare una più concreta determinazione dei litotipi analizzati. A tal proposito si è fatto riferimento ai dati geotecnici di laboratorio relativi all’Indice di Plasticità (IP) e Limite di Liquidità (WL) misurati per ogni campione; in particolare si è osservato che le varie coppie di dati, proiettati sulla carta della plasticità, ricadono nel campo delle argille inorganiche, suggerendo, per i vari campioni, la presenza di una frazione argillosa maggiore di quella limosa, contrariamente anche alla descrizione del litotipo fatta in occasione dell’esecuzione del sondaggio.

Infine altre incertezze si hanno nelle interpretazioni delle n. 6 indagini Masw–Remi, descritte nella relazione “RISULTATI INDAGINI MASW–REMI”, allegata allo studio geologico a supporto del P.R.G., in quanto per ciascuna indagine lineare le prove masw e remi sono state eseguite lungo lo stesso allineamento, senza esporre i risultati di ciascun tipo di indagine, ma distinguendo n. 9 strati per ciascuna coppia di indagini Masw–Remi ognuno definito dalle seguenti caratteristiche:  $h [m] = \text{spessore strato}$ ;  $z [m] = \text{profondità dal piano campagna}$ ;  $Densità [kg/m^3]$  dello strato;  $Poisson$ ;  $V_s [m/s]$ ;  $V_p [m/s]$ ;  $V_s \text{ min } [m/s]$ ;  $V_s \text{ max } [m/s]$ ;  $V_s \text{ fin.} [m/s]$ . Oltre all’impossibilità di distinguere le indagini Masw dalle Remi, per ognuno dei 9 strati distinti in ogni indagine Masw–Remi, vengono riportati valori di velocità  $V_s$  e  $V_s$  minima, massima e finale. Come valore da inserire nel database secondo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica–Versione 2.0beta–



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77  
Il” è stato utilizzato quello corrispondente al campo Vs dello schema di ciascun strato, che coincide con il valore Vs fin., ad eccezione dell’indagine Masw–Remi n° 5 (ID\_INDLN: 083083L5MASW5) in cui si hanno valori differenti; pertanto anche in questo caso è stato inserito nel database il valore del campo Vs ma alla misura è stata attribuita un’attendibilità bassa (pari a “3”).

Un punto di debolezza dello studio risiede nella disomogenea distribuzione dei dati di sottosuolo resi disponibili, che hanno impedito una verifica puntuale del modello geologico sull’intera area. In particolare non sono presenti indagini nelle aree dove affiora il substrato geologico costituito dall’alternanza argille – quarzareniti (Argille Scagliose Superiori). Nelle successive fasi di approfondimento andrebbero, dunque, caratterizzate dal punto di vista geotecnico i litotipi che costituiscono il substrato geologico dell’area di studio. Ulteriori approfondimenti andrebbero sicuramente riservati agli estesi fenomeni franosi che interessano l’abitato, al fine di poter individuare le geometrie profonde, le caratteristiche geotecniche, idrogeologiche e sismiche di ogni instabilità di versante riconosciuta (vedi capitolo 7).

## **7. Metodologie di elaborazione e risultati**

I dati di base e gli elaborati cartografici utilizzati (vedi capitolo 1), riguardanti diversi aspetti dell’assetto geologico dell’area comunale (geologia, idrogeologia, geomorfologia e pericolosità sismica e geologica), sono caratterizzati da un dettaglio variabile dalla scala 1:10.000 scala 1:2.000. Tutte le carte tematiche sono state georeferenziate ed inserite in un progetto EsriArcGis, 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, dei movimenti franosi si è fatto riferimento principalmente all'analisi fotogrammetrica e contemporaneamente al contributo fornito da studi pregressi. Fra questi, la relazione del PAI relativa al bacino idrografico del Fiume Alcantara (096), su cui è stata basata anche la redazione della carta geologica e morfologica redatta dal comune in occasione degli studi per il P.R.G., e lo studio eseguito nell'area di Santa Domenica Vittoria da Cubito et al., 2005. Per quanto riguarda, invece, la mappatura dei terreni affioranti e dei principali lineamenti tettonici, unitamente all'ampio ricorso all'analisi di aerofotogrammetrie si è proceduto ad una sostanziale revisione degli esigui dati a disposizione. In questo senso, un contributo non del tutto soddisfacente è stato dato dalle indagini puntuali (messe a disposizione dall'amministrazione comunale), rappresentate da sondaggi a carotaggio continuo, spesso poco profondi e spesso interessanti le coperture detritiche superficiali, analizzate e archiviate secondo gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 2.0beta-II".

Una volta distinte le diverse unità geolitologiche affioranti e stabiliti i loro rapporti geometrici nel sottosuolo, nonché stabilita la tipologia, lo stato di attività e l'andamento in sottosuolo della superficie di scorrimento delle principali frane ricadenti nell'area di studio, è stato possibile definire le zone stabili suscettibili di amplificazione locali, 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). Tra gli elementi a nostra disposizione si elencano: la morfologia superficiale, la litostratigrafia, la caratterizzazione geotecnica dei terreni (laddove si dispone delle analisi di laboratorio di campioni indisturbati o a disturbo limitato), profili di velocità delle onde s ( $V_s$ ). Per quanto riguarda l'amplificazione per effetti topografici e morfologici è stata proposta una procedura che, a partire dal Modello



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile

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

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, soggetti a potenziali fenomeni di amplificazione topografica. Tutta questa procedura è stata semplificata, come suggerito dal fatto che l'intero versante, che presenta nel suo complesso una pendenza maggiore di  $15^\circ$  (Fig. 17) e comunque un dislivello superiore di 30 m, risulta soggetto ad amplificazione topografica.

Trasversalmente all'area di studio, secondo una direzione ovestnordovest – estsudest, sono state realizzate due sezioni topografiche in scala 1:5.000 (profili 1 e 2, Allegato n.5), mentre longitudinalmente, secondo una direzione nordovest– sudest è stata realizzata una sezione topografica (profilo 3 Allegato n.5), come richiesto negli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (Gruppo di lavoro MS, 2008). Oltre a queste, è stata realizzata anche una sezione topografica diretta ovestnordovest – estsudest, in scala 1:10000, attraverso la valle del Torrente Favoscuro in modo da poter avere un quadro d'insieme della morfologia del versante in cui giace l'abitato di Santa Domenica Vittoria, e in cui ricade l'area di studio.

Per quanto riguarda le instabilità manifeste e potenziali, si è fatto riferimento agli studi pregressi del PAI (Fig. 18) che hanno trovato riscontro anche dalle analisi morfologiche condotte nell'area tramite analisi di fotogrammetrie Allegato n.5).

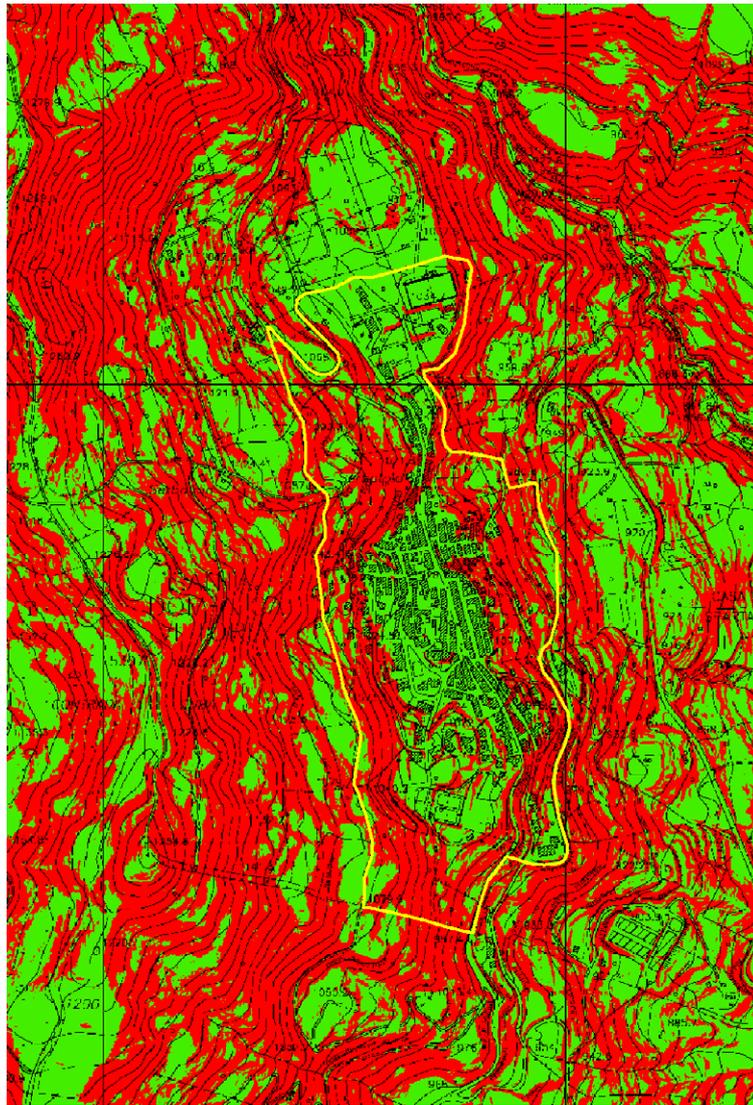


Fig. 17 - Carta delle inclinazioni dell'area di studio. Sono distinte inclinazioni  $< 15^\circ$ , in verde, e  $> 15^\circ$ , in rosso.

Data l'elevata acclività morfologica del territorio comunale di Santa Domenica Vittoria, caratterizzato da pendenze elevate (Fig. 17), e dalla predominanza di litologie argillose e alternanze argilloso-arenacee e conglomeratiche, il territorio comunale di Santa Domenica Vittoria presenta un'alta predisposizione al dissesto geologico. Altri fattori a favore dell'instaurarsi di fenomeni di dissesto sono correlabili all'infiltrazione di acque superficiali nelle coltri di alterazione dei terreni, determinando un peggioramento generale delle caratteristiche fisico-meccaniche degli stessi. Va aggiunto, a tal proposito, che, all'interno di un tale sistema oro-idrografico, continuamente rimodellato e modificato da intensi fenomeni di dissesto, le acque di ruscellamento superficiale



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

canalizzate operano una azione erosiva tipica di corsi d'acqua allo stadio giovanile, instaurando nuove condizioni di instabilità. Non si conoscono casi di fenomeni franosi sismo-indotti.

Nell'area del territorio comunale di Santa Domenica Vittoria il PAI ha censito 33 fenomeni franosi, essenzialmente rappresentati da fenomeni superficiali (creep), frane rotazionali e complesse con superficie di scorrimento profonda. Meno rappresentativi sono i fenomeni di crollo e di scivolamento.

Dei 33 dissesti segnalati nel PAI, otto sono stati presi in considerazione per il presente studio, o perché ricadenti direttamente e talvolta in parte nell'area di studio (n. 5 dissesti) o perché la loro attività potrebbe avere delle ripercussioni nella stessa (n. 3 dissesti). In particolare tali dissesti classificati nel PAI sono:

- 096-5SV-024: A valle di Vico Quasimodo (Fig. 18)
- 096-5SV-025: S Vico Quasimodo (Fig. 18)
- 096-5SV-026: Casa Sparta (Fig. 18)
- 096-5SV-028: T.te Pertighina (Fig. 18)
- 096-5SV-029: Cimitero (Fig. 18)
- 096-5SV-011: NW Centro abitato (Fig. 18)
- 096-5SV-014: NW Centro abitato (Fig. 18)
- 096-5SV-018: C.da Figotto (Fig. 18)

Questi sono caratterizzati principalmente da attivi fenomeni franosi diffusi, fenomeni di creep superficiali e da frane complesse, mentre fenomeni di scorrimento, colamento rapido e crollo sono meno rappresentati e in uno stato di attività quiescente. Il grado di pericolosità che il PAI ha attribuito a tali dissesti è principalmente moderato-elevato mentre il grado rischio risulta variabile da medio a molto elevato (Tabella 6).

Sigla	Località	Tipologia	Attività	Pericolosità	Rischio
096-5SV-024	A valle di Vico Quasimodo	Deformazione superficiale lenta (creep, soliflusso)	Attivo	Media	Molto elevato
096-5SV-025	S Vico Quasimodo	Colamento rapido	Quiescente	Moderata	Medio
096-5SV-026	Casa Sparta	Area a franosità diffusa	Attivo	Media	Medio
096-5SV-028	T.te Pertighina	Deformazione superficiale lenta (creep, soliflusso)	Attivo	Media	Molto elevato
096-5SV-029	Cimitero	Scorrimento	Quiescente	Moderata	Medio

Tabella 6 - Elenco dissesti ricadenti nell'area di studio con relativo livello di pericolosità e rischio (da PAI modificato).

Per quanto riguarda il centro abitato del comune di Santa Domenica Vittoria, il PAI fa menzione particolare del settore meridionale, contemplando l'area nei pressi del cimitero, l'area delle stalle comunali, la strada "Santa Domenica Vittoria-Roccella Valdemone", una strada della periferia del paese, Via Quasimodo, e il versante a valle del centro abitato su cui insiste l'azione erosiva operata dal T. Favoscuro.

In definitiva il PAI individua, per il centro abitato di Santa Domenica Vittoria, 3 aree a pericolosità media (P2) che interessano elementi vulnerabili sottoposti a rischio medio e molto elevato (dissesti n° 096-5SV-028, 096-5SV-024 e 096-5SV-026), e 3 aree a pericolosità moderata (P1) per le quali i dissesti (n° 096-5SV-014, 096-5SV-025 e 096-5SV-029) interessano elementi vulnerabili (edifici, cimitero, tratti dell'acquedotto comunale e strade secondarie) sottoponendoli ad un grado di rischio medio o moderato.

Nel corso del presente studio di Microzonazione Sismica di I Livello, tramite l'analisi fotogrammetrica e sulla base degli "Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica - Versione 2.0beta-II", i dissesti censiti nel PAI (Bacino Idrografico del Fiume



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

Alcantara “096” – Santa Domenica Vittoria), sono stati rivisti e conseguentemente modificati sia in termini geometrici che classificativi.

In particolare, la frana identificata nella relazione PAI con il n° 096-5SV-029 e classificata come “frana di scorrimento” quiescente, nel presente studio è stata interpretata come frana “complessa” quiescente, mantenendo le stesse caratteristiche geometriche indicate nel PAI.

Allo stesso modo, il “colamento rapido” quiescente identificato con il n° 096-5SV-025 dal PAI, la “deformazione superficiale lenta (creep/soliflusso)” attiva n° 096-5SV-024 e l’”area a franosità diffusa” attiva n° 096-5SV-026 della stessa relazione, che insistono sul settore sudorientale e orientale dell’area di studio, sono stati classificati come instabilità di versante “non definita” e con stato di attività quiescente nel primo caso e attivo negli altri due casi. Il dissesto che interessa il settore settentrionale dell’area di studio e segnalato nella relazione del PAI come “deformazione superficiale lenta (creep/soliflusso)” attivo (n° 096-5SV-028), è stato qui indicato come frana “complessa” attiva, oltre ad essere stata incrementata la sua estensione areale in direzione ovest, coinvolgendo una porzione più ampia del versante su cui giace.

Ulteriori dissesti, non censiti nel PAI, che interessano nel suo complesso il centro abitato di Santa Domenica Vittoria e la porzione a nord dell’area di studio, sono stati riconosciuti nel presente studio. Si tratta di frane quiescenti classificate come “complesse” e “scorrimenti”. Studi precedenti, inoltre, sono stati condotti nell’area dell’abitato di Santa Domenica Vittoria da Cubito et al. (2005), i quali hanno redatto un inventario dei principali dissesti geologici che interessano l’area, definendone la tipologia

(principalmente frane di scorrimento e complesse), l'ubicazione, l'estensione e la data di attivazione e/o riattivazione (Figg. 12 e 18). All'interno dell'area da investigare, i suddetti autori identificano 9 corpi di frana coincidenti in parte con i dissesti identificati e discussi nel presente studio e con quelli segnalati nel PAI. Particolare attenzione meritano due corpi di frana classificati come frana complessa, frane che da "rotazionali" (scorrimento) evolvono verso valle a "colamenti". La frana posta più a sud, che interessa il centro urbanizzato di Santa Domenica Vittoria e la cui nicchia di distacco si sviluppa immediatamente a NE di Poggio Rotondo, si estende in direzione est-ovest fino al T. Favoscuro. I sondaggi (prof max = 35 m) eseguiti sul corpo di frana incontrano materiale detritico per tutta la profondità investigata e ciò ha permesso agli autori di ipotizzare una superficie di scorrimento profonda, posta ad almeno 50 m. Le stesse considerazioni possono essere fatte per il corpo di frana che interessa il settore settentrionale dell'area di studio (Fig. 12). Altri fenomeni franosi di minore entità vengono interpretati come la riattivazione di singoli settori di corpi di frana più estesi preesistenti; alcune di queste riattivazioni sono state correlate dagli autori a fenomeni meteorologici caratterizzati da intense precipitazioni (es.: 1880, 1994, 1996), le quali rappresentano il principale fattore di controllo sull'evoluzione dei dissesti. I danni subiti dagli edifici ed altri manufatti sono stati raggruppati dagli autori in funzione della tipologia e rappresentati in una carta tematica dei danni da frana che permette di constatare come tutto il centro abitato, a meno della porzione centrale, è stato soggetto a danneggiamenti (Fig. 19).

Per quanto riguarda il fenomeno della liquefazione e del rischio ad esso correlato, dalla definizione riportata nel glossario degli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (Gruppo di lavoro MS, 2008) <<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 evidente che oltre alle caratteristiche litologiche e granulometriche e agli aspetti idrogeologici, in generale 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

Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77  
titolo di esempio si riporta la relazione empirica tra la Magnitudo e la distanza epicentrale proposta da Galli (2000)(Fig. 20). Come accennato in precedenza, nell'area di studio del territorio di Santa Domenica Vittoria non sono state riconosciute relazioni tra l'attivazione e/o riattivazione di frane e eventi sismici. L'area di studio ricade all'interno della zona sismogenica 932, che estendendosi dall'arcipelago eoliano centro-meridionale in direzione SE fino alle pendici settentrionali del M.te Etna (Fig. 21), è stata affetta da eventi sismici sia storici che strumentali di magnitudo medio-bassa ( $M = 3.5-5.0$ ).

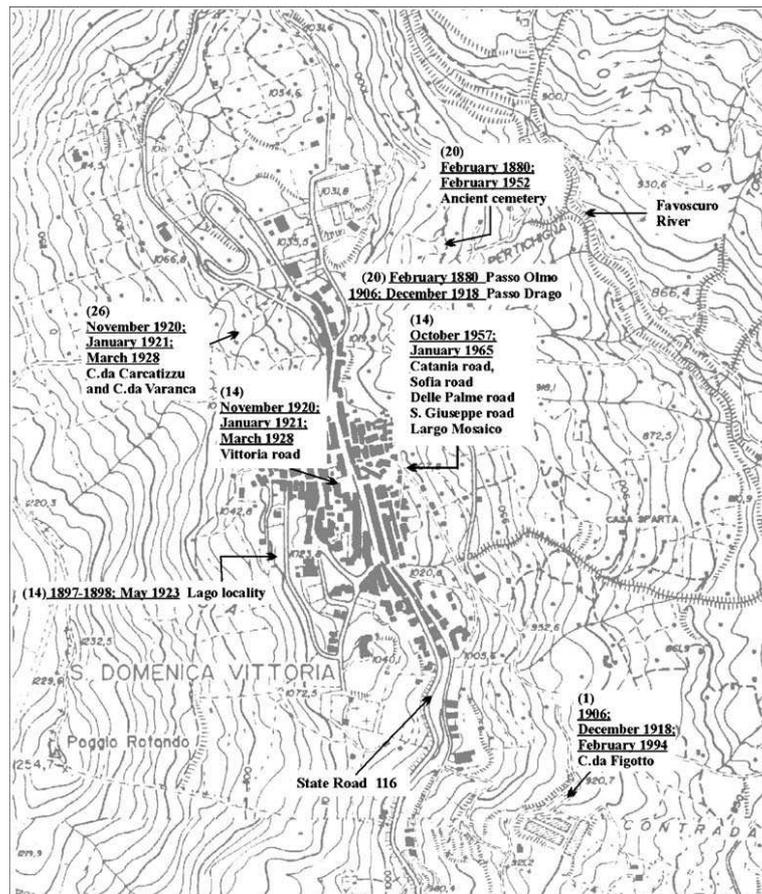


Fig. 18 – Numero, data e localizzazione dei principali fenomeni franosi (da Cubito et al., 2005).

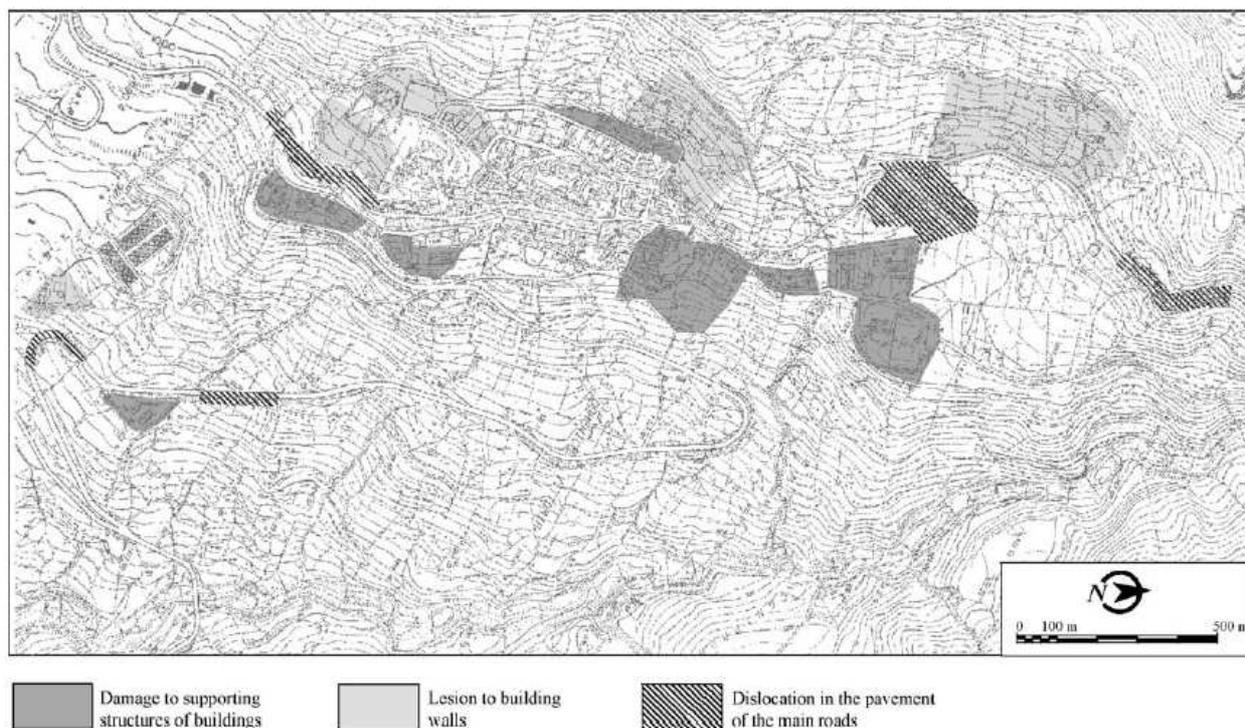


Fig. 19 - Identificazione delle aree a differente tipologia di danno.

Secondo la relazione proposta da Galli (2000) (Fig. 20), questi eventi sismici potrebbero comunque determinare l'innescò di fenomeni di liquefazione, i quali potrebbero essere considerati come fenomeni attesi considerando anche la presenza della piezometrica a bassa profondità, che emerge tramite sorgenti all'interno o al margine dei corpi di frana (Cubito et al., 2005), e data la copertura detritica di natura limoso-sabbiosa e sabbioso-limosa che contraddistingue gran parte del territorio in questione. Va però ricordato che dato l'aspetto morfologico dell'area, caratterizzata da alti gradienti topografici per gran parte della propria estensione, il contributo al dissesto in termini di aumento delle pressioni neutre, fornito da un potenziale evento sismico, andrebbe a favore della riattivazione e/o dell'innescò di fenomeni franosi veri e propri piuttosto che di fenomeni di liquefazione.

Una trattazione analoga potrebbe essere fatta per quanto riguarda gli eventi sismici di magnitudo maggiore ai precedenti ( $M \approx 6.0$ ) che interessano il settore tirrenico delle stessa zona sismogenica 932 e che potrebbero avere gli stessi effetti sul territorio studiato.

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

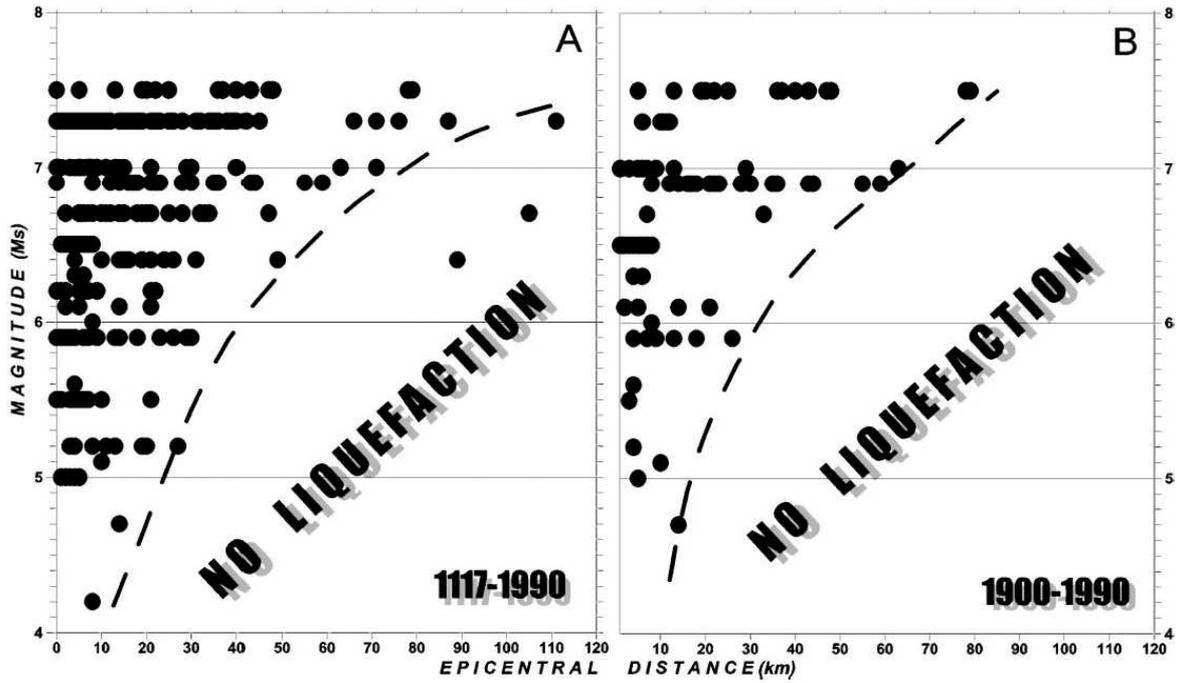


Fig. 20 – Distribuzione di fenomeni di liquefazione indotti da eventi sismici, in termini di Magnitudo e distanza epicentrale, per i periodi 1117–1990 e 1900–1990. (da Galli, 2000).

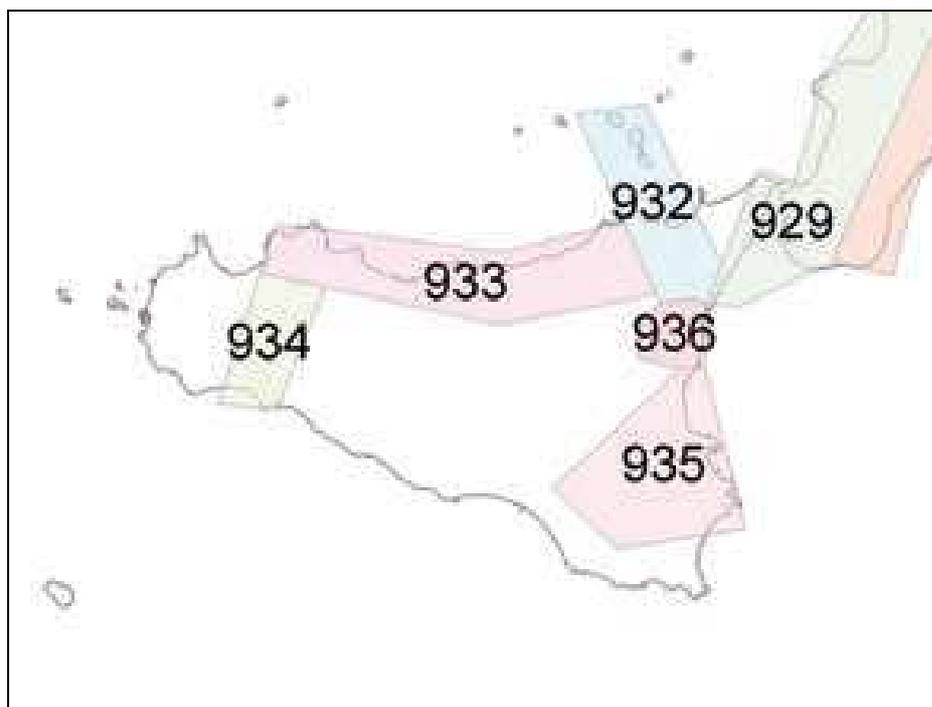


Fig. 21 – Zone sismogenetiche (Sicilia) per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento (Gruppo di lavoro, 2004).

## 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 Santa Domenica Vittoria, consistono in indagini puntuali eseguite per lo più in foro, cui si sommano le prove e analisi di laboratorio e in indagini lineari di tipo



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77 geofisico. Tutti i dati messi a disposizione, unitamente a quelli acquisiti nel corso del presente studio, 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”. All’interno del database sono stati inseriti 24 “Siti\_puntuali” (17 relativi a dati pregressi e 7 a misure HVSR realizzate dall’Università di Catania nel corso del presente studio).

Per quanto riguarda le “Indagini\_puntuali” sono state inserite 38 indagini appartenenti a diverse classi:

- “Geologia” – a questa classe appartengono i sondaggi a carotaggio continuo e quelli con prelievo di campioni
- “Geotecnica di laboratorio” – si tratta di analisi su campione e prove espansione laterale libera (vedi **Allegato 3**)
- “Geotecnica in sito” – sono esclusivamente prove SPT (vedi **Allegato 3**)
- “Geofisica” – si tratta di Masw-Remi, sismica a rifrazione (vedi **Allegato 3**) e indagini HVSR

### *8.2 Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica*

La successione geolitologica dell’area di studio è stata ricostruita sulla base delle indagini di terreno e sull’interpretazione dei sondaggi geognostici disponibili, che hanno consentito di distinguere i diversi terreni di copertura e le diverse unità litologiche rappresentate nella carta geologico-tecnica seguendo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica-Versione 2.0beta-II”. Per quanto riguarda i terreni di copertura,

si è cercato di classificarli secondo il sistema USCS. Si fa presente che anche laddove tali terreni non sono stati cartografati, perché di spessore inferiore ai 3 metri, il substrato geologico è sovente ricoperto da suolo di alterazione e localmente da materiali di riporto.

Per la descrizione dettagliata delle diverse unità litologiche, delle instabilità, nonché degli elementi lineari e puntuali, si rimanda ai capitoli 3 e 7, dove sono stati descritti in maniera esaustiva. Ulteriori elementi lineari riportati in carta si riferiscono agli orli di scarpata morfologica che seguono una direzione principale orientata NNW-SSE, parallela alla direzione del versante su cui giace l'abitato.

### *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 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;
3. **zone suscettibili di instabilità** in cui sono presenti o si possono ipotizzare attivazioni di fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, ecc.).

Nel presente studio, i dati in nostro possesso, non hanno consentito l'identificazione di zone stabili anche laddove affiora il substrato geologico, in quanto questo risulta essere molto fratturato e caotico per tettonizzazione. Inoltre la mancanza d'informazioni sulla velocità di propagazione delle onde sismiche nel substrato geologico affiorante, non consente un'univoca interpretazione dei terreni quale bedrock sismico. Sono state invece istituite 2 zone stabili suscettibili di amplificazione:

- **Zona 1** – Copertura detritica costituita da argille sabbiose e limose con ghiaia, avente uno spessore massimo di circa 20 m, in pendio con inclinazione  $>15^\circ$  e dislivello  $>30\text{m}$ , poggianti sul substrato geologico non rigido costituito dall'alternanza di argille caotiche e quarzareniti intensamente tettonizzate (Argille Scagliose Superiori), in pendio con inclinazione  $>15^\circ$  e dislivello  $>30\text{m}$ . Dalle indagini disponibili le velocità delle onde sismiche di taglio sono inferiori a 800 m/s. Lo spessore massimo affiorante è di circa 90m.
- **Zona 2** – Substrato geologico non rigido costituito dall'alternanza di argille caotiche e quarzareniti intensamente tettonizzate (Argille Scagliose Superiori), in pendio con inclinazione  $>15^\circ$  e dislivello  $>30\text{m}$ . Dalle indagini disponibili le velocità delle onde sismiche di taglio sono inferiori a 800 m/s. Lo spessore massimo affiorante è di circa 90m.

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**

Come si evince dalla consultazione del catalogo CPTI11 e del relativo database DBMI11, il territorio comunale di Santa Domenica Vittoria è stato interessato da 4 eventi sismici (1818, 1978, 1990 e 1999) sopra la soglia del danno ( $I_{MCS} > V$ ) (Figg. 3 e 4). Nel Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990 (CFTI 2 Boschi et al., 1995; 1997) non vengono riportate fonti storiche che descrivono danni prodotti nell'area di studio da forti eventi sismici che hanno interessato la Sicilia orientale. Pertanto non si hanno informazioni riguardo la distribuzione di danni per eventi passati.

## **10. Bibliografia**

AA.VV.; in stampa – Note illustrative Foglio Geologico 612 “Randazzo”. A cura di Fabio Lentini. Ed. S.EL.CA.

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., 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.

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.



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

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.

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.

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.

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.

Catalano S.; 1996 – Il contributo dei dati morfologici nella determinazione dello stato di attività di faglie neotettoniche: esempio del versante meridionale dei Monti Nebrodi (Sicilia settentrionale). *Il Quaternario*, 9 (1), 369–374.

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., Pavano F., romagnoli G., Tortorici G.; 2012 – Active tectonics along the Nebrodi–Peloritani boundary (NE Sicily): a new potential seismogenic source. *Rend. Online Soc. Geol. It.*, 22, 44–47.

Cubito A., Ferrara V., Pappalardo G.; 2005 – Landslide hazard in the Nebrodi Mountains (Northeastern Sicily). *Geomorphology*, 66, 359–372.

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.

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

Ghisetti F., Vezzani L.; 1982 – Different styles of deformation in the Calabrian Arc (Southern Italy); implication for a sismotectonics zoning. *Tectonophysics*, 85, 149–165.

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.



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile



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

Lentini F., Carbone S., Catalano S., Grasso M.; 1994 – Principali lineamenti strutturali della Sicilia nord-orientale. Studi Geologici Camerti, volume speciale, 1995/2, 319–329.

Lentini F., Catalano S., Carbone S., 2000 – Carta Geologica della Provincia di Messina. SELCA Firenze.

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., Bianca M., Catalano S., De Guidi G., Tortorici L.; 2002 – Sudden change in the Late Quaternary tectonic regime in eastern Sicily: evidences from geological and geomorphological features. Boll. Soc. Geol. It., volume speciale n.1, 901–913.

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.

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).

Ogniben L.; 1960 – Nota illustrativa dello schema geologico della Sicilia orientale. Riv. Min. Sic., 64–65, 183–212.

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>

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](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>

## **11. Allegati**

Allegato 1 – Sezioni litotecniche

Allegato 2 – Sondaggi sezioni litotecniche

Allegato 3 – Dati geotecnici e geofisici

Allegato 4 – Misure di microtremore ambientale



Regione Siciliana – Presidenza  
Dipartimento della Protezione Civile

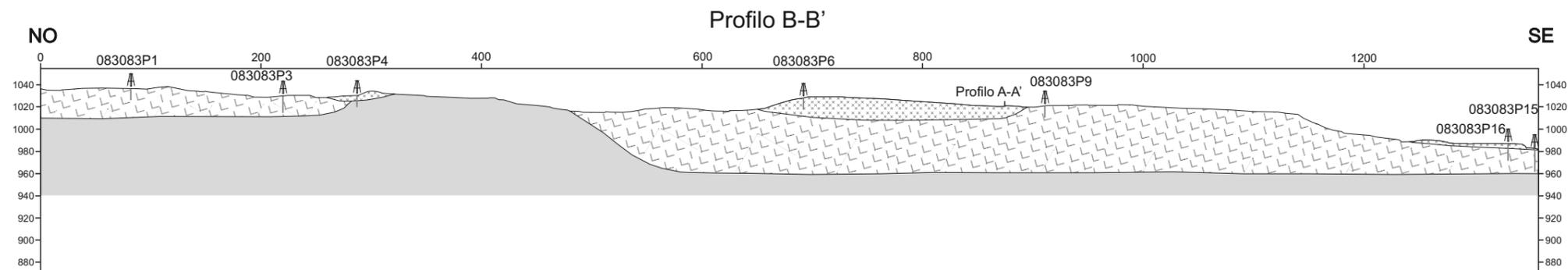
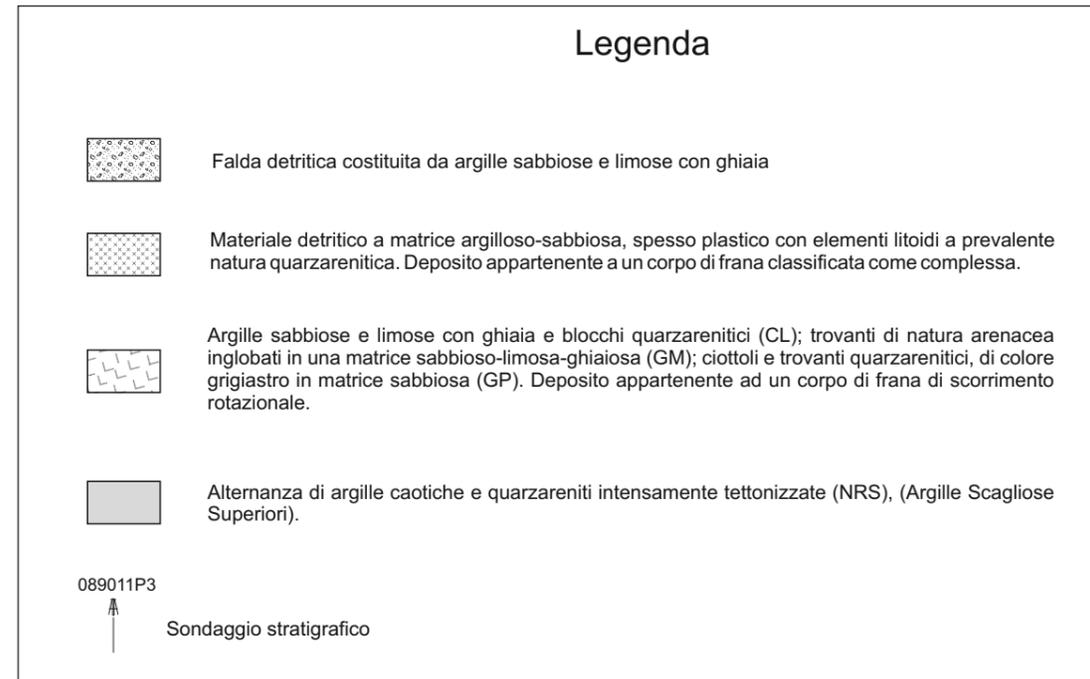
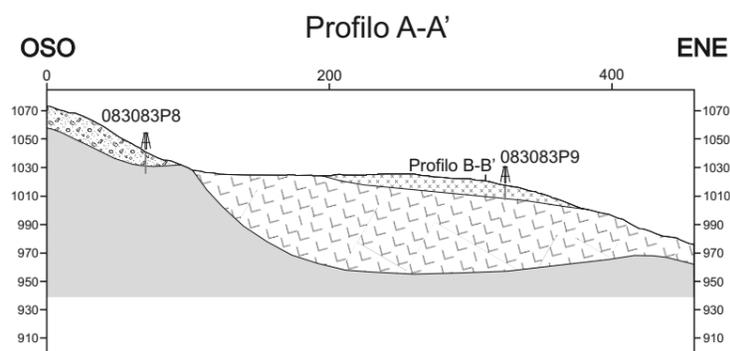


Attuazione dell'Articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77

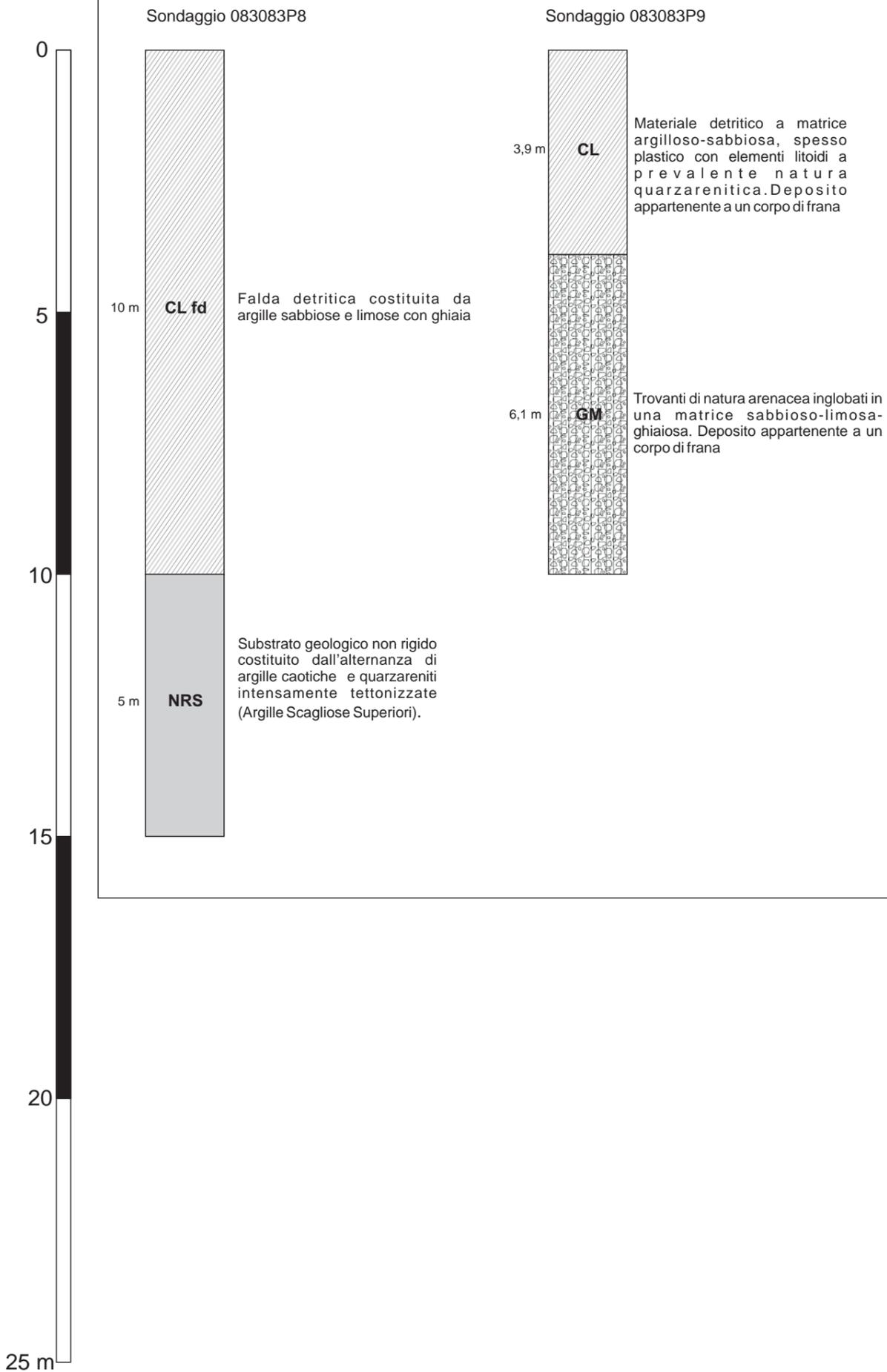
Allegato 5 – Sezioni topografiche

Allegato 6 – Schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi

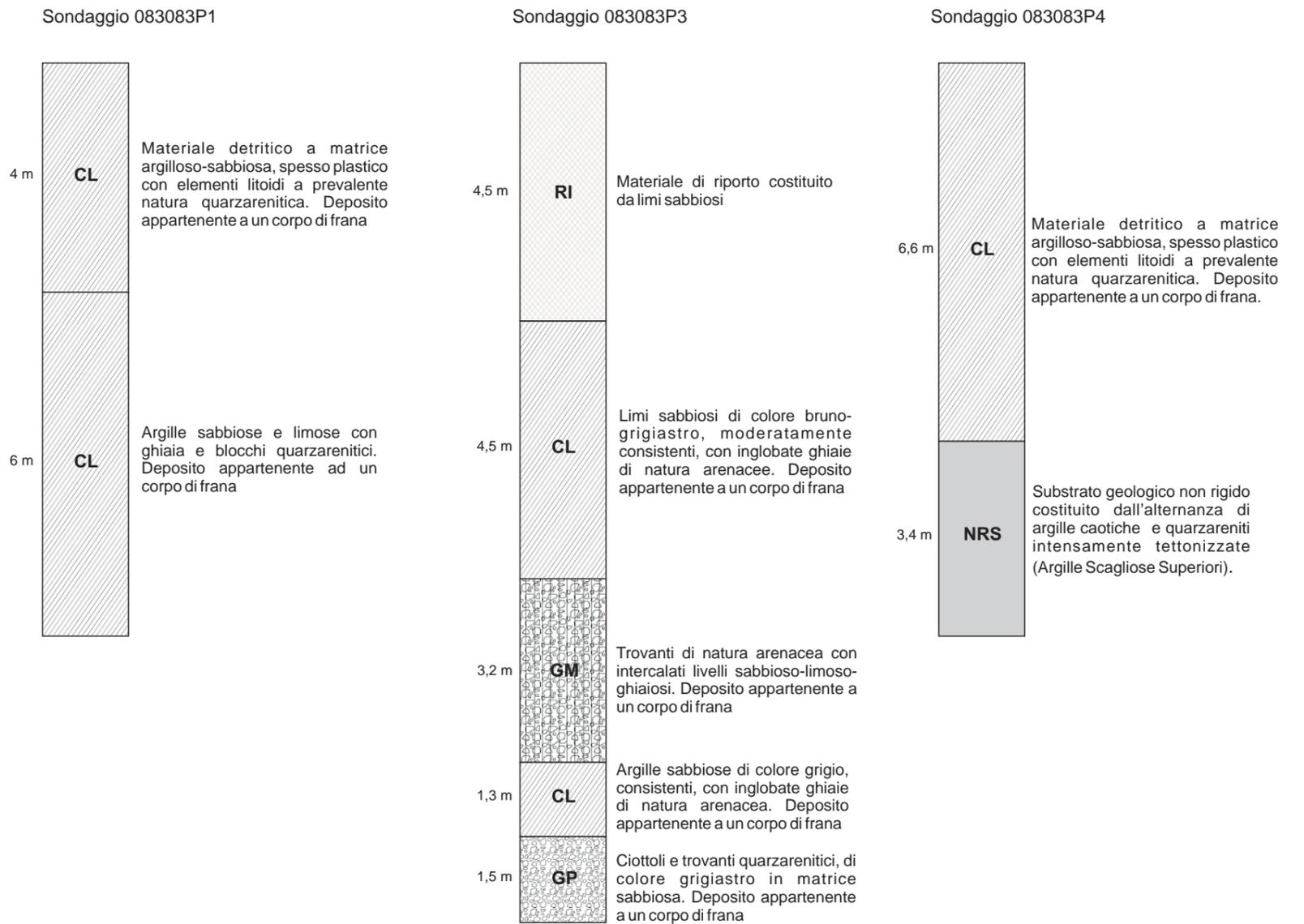
# Allegato 1 – Sezioni litotecniche



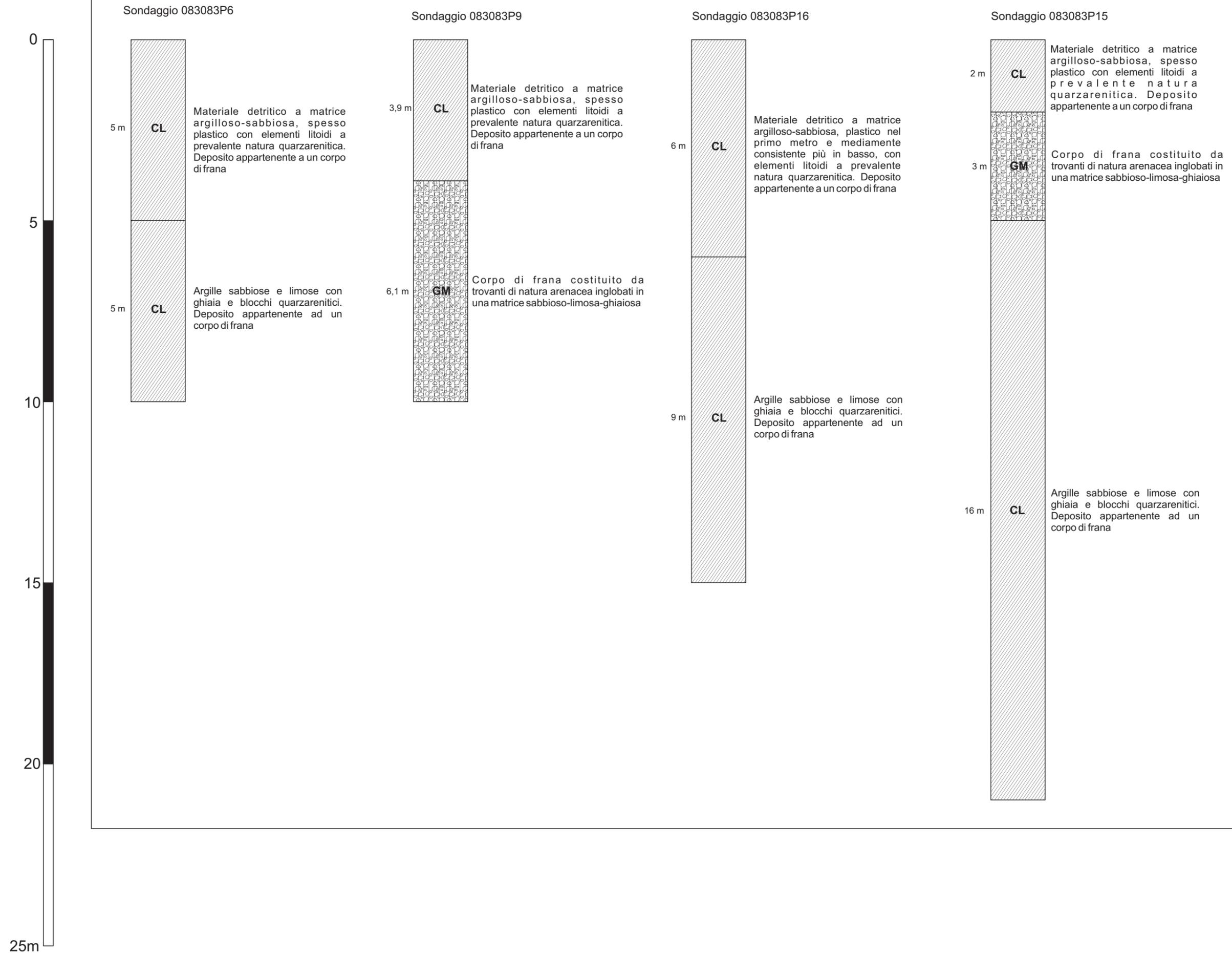
## Allegato 2 – Sondaggi Profilo A-A'



## Allegato 2 – Sondaggi Profilo B-B'



## Allegato 2 – Sondaggi Profilo B-B'



## ALLEGATO 3 – DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

ID_INDP	Litotipo	Prof. Camp. (m)	Parametri Analisi su campione (SM)							SPT		
			$\gamma$ [PV (kN/m <sup>3</sup> )]	W (%)	IP	GH	SA	LM	AR	Prof. (m)	Valore	
083083P3SPT27	Materiale di riporto costituito da limi sabbiosi con inclusi cocci di vetro e di mattoni										3.0-3.45	6
083083P3SM4	Materiale di riporto costituito da limi sabbiosi con inclusi cocci di vetro e di mattoni	3.8-4.1	20,79	12,15	5	17,05	43,27	19,84	19,84			

Tab. 1: dati geotecnici relativi alla categoria di terreni RI. Le celle in fucsia contengono valori poco attendibili dato che, nella relazione del PRG, la percentuale di limi e argille sono state presentate come somma.

ID_INDP	Litotipo	Prof. Camp. (m)	Parametri Analisi su campione (SM)							Param. Meccanici	SPT	
			$\gamma$ [PV (kN/m <sup>3</sup> )]	W (%)	IP	GH	SA	LM	AR	cu (Mpa)	Prof. (m)	Valore
083083P3SPT28	Limi sabbiosi di colore bruno giallastro, moderatamente consistenti, con inglobate ghiaie di natura arenacea, $\Phi$ max = 5.00cm										6.0-6.45	24
083083P3SM5	Limi sabbiosi di colore bruno giallastro, moderatamente consistenti, con inglobate ghiaie di natura arenacea, $\Phi$ max = 5.00cm	7.3-7.7	20,495	11,78	20	16,89	42,44	20,33	20,33			
083083P11SM9	Materiale detritico costituito da limi con sabbie di colore giallastro, con inglobate ghiaie e ciottoli di natura arenacea, $\Phi$ max = 8.00cm	4.5-5.0	20,104	19,95	22	20,28	44,75	17,48	17,48			
083083P11SM10	Materiale detritico costituito da limi con sabbie di colore giallastro, con inglobate ghiaie e ciottoli di natura arenacea, $\Phi$ max = 8.00cm	6.5-7.0	20,398	14,15	23		44,54	27,73	27,73	0,601147		
083083P11SPT30	Materiale detritico costituito da limi con sabbie di colore giallastro, con inglobate ghiaie e ciottoli di natura arenacea, $\Phi$ max = 8.00cm										3.0-3.45	22
083083P11SPT31	Materiale detritico costituito da limi con sabbie di colore giallastro, con inglobate ghiaie e ciottoli di natura arenacea, $\Phi$ max = 8.00cm										6.0-6.45	26
<b>Valori medi</b>			20,332	15,29	21,7	18,6	43,9	21,8	21,8			

Tab. 2: dati geotecnici relativi alla categoria di terreni CL. Le celle in fucsia contengono valori poco attendibili dato che, nella relazione del PRG, la percentuale di limi e argille sono state presentate come somma.

		Param. Meccanici	SPT	
ID_INDPU	Litotipo	$\Phi'$ [F1 (°)]	Prof. (m)	Valore
083083P3SPT29	Trovanti di natura arenacea con intercalati livelli sabbioso-limoso-ghiaiosi	34	9.0-9.45	35

Tab. 3: dati geotecnici relativi alla categoria di terreni GM.

Indagini geofisiche di tipo *MASW*

083083L1MASW1 S. D. Vittoria (Vs30: 548 - B)					
strato	Vs	prof	spess	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	Poisson
1	350	2	2	1900	0,25
2	527	5	3	1900	0,22
3	482	8	3	2000	0,22
4	557	12	4	2000	0,2
5	557	16	4	2000	0,2
6	623	21	5	2000	0,2
7	607	26	5	2000	0,2
8	619	32	6	2000	0,2
9	740			2100	0,2

Tab.: 4

083083L3MASW3 S. D. Vittoria (Vs30: 392 - B)					
strato	Vs	prof	spess	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	Poisson
1	210	2	2	1900	0,25
2	470	5	3	1900	0,22
3	465	8	3	2000	0,22
4	460	12	4	2000	0,2
5	396	16	4	2000	0,2
6	385	21	5	2000	0,2
7	402	26	5	2000	0,2
8	402	32	6	2000	0,2
9	436			2100	0,2

Tab.: 6

083083L5MASW5 S. D. Vittoria (Vs30: 421 - B)					
strato	Vs	prof	spess	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	Poisson
1	240	2	2	1900	0,25
2	290	5	3	1900	0,22
3	390	8	3	2000	0,22
4	406	12	4	2000	0,2
5	402	16	4	2000	0,2
6	406	21	5	2000	0,2
7	406	26	5	2000	0,2
8	511	32	6	2000	0,2
9	728			2000	0,2

Tab.: 8

083083L2MASW2 S. D. Vittoria (Vs30: 440 - B)					
strato	Vs	prof	spess	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	Poisson
1	220	2	2	1900	0,2
2	580	5	3	1900	0,2
3	550	8	3	2000	0,2
4	550	12	4	2000	0,25
5	420	16	4	2000	0,22
6	450	21	5	2000	0,2
7	450	26	5	2000	0,2
8	427	32	6	2000	0,2
9	440			1800	0,2

Tab.: 5

083083L4MASW4 S. D. Vittoria (Vs30: 520 - B)					
strato	Vs	prof	spess	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	Poisson
1	359	2	2	1900	0,25
2	425	5	3	1900	0,22
3	581	8	3	2000	0,22
4	546	12	4	2000	0,2
5	548	16	4	2000	0,2
6	548	21	5	2000	0,2
7	558	26	5	2000	0,2
8	558	32	6	2100	0,2
9	604			2100	0,2

Tab.: 7

083083L6MASW6 S. D. Vittoria (Vs30: 373 - B)					
strato	Vs	prof	spess	$\gamma$ (kg/m <sup>3</sup> )	Poisson
1	302	2	2	1900	0,25
2	331	5	3	1900	0,22
3	482	8	3	2000	0,22
4	419	12	4	2000	0,2
5	302	16	4	2000	0,2
6	394	21	5	2000	0,2
7	394	26	5	2000	0,2
8	394	32	6	2000	0,2
9	565			2100	0,2

Tab.: 9

## Indagini Sismiche a Rifrazione

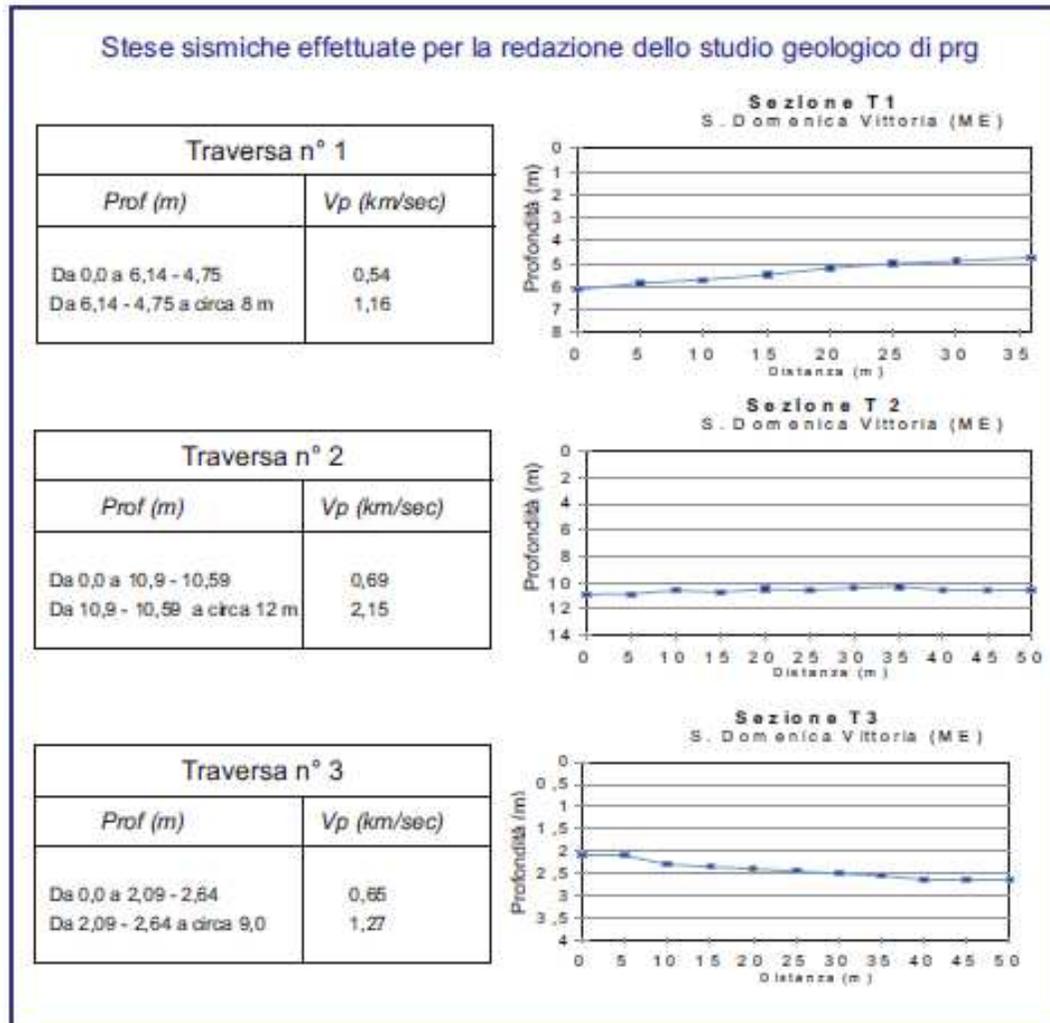


Fig.1: Tabelle e grafici relativi alle stese sismiche a rifrazione effettuate durante lo studio geologico di PRG.

Stese di sismica a rifrazione effettuate per la realizzazione del consolidamento del versante su cui giace l'abitato

Base sismica n° 7		
Spessore (m)	Prof (m)	Vp (km/sec)
3,8 - 4,0	0,0 - 0,0	0,53 - 0,64
8,2 - 7,5	3,8 - 4,0	1,35 - 1,50
ind	12,0 - 11,5	3,40

Base sismica n° 8		
Spessore (m)	Prof (m)	Vp (km/sec)
3,2 - 4,0	0,0 - 0,0	0,65
ind	3,2 - 4,0	1,32

Base sismica n° 9		
Spessore (m)	Prof (m)	Vp (km/sec)
4,1 - 3,5	0,0 - 0,0	0,74 - 0,60
ind	4,1 - 3,5	1,22

Base sismica n° 10		
Spessore (m)	Prof (m)	Vp (km/sec)
5,5 - 5,5	0,0 - 0,0	0,74 - 0,53
ind	5,5 - 5,5	1,35

Base sismica n° 11		
Spessore (m)	Prof (m)	Vp (km/sec)
6,4 - 5,8	0,0 - 0,0	0,54 - 0,51
ind	6,4 - 5,8	1,49

Fig. 2: tabelle e grafici relativi alle stese sismiche a rifrazione effettuate per la realizzazione del consolidamento del versante su cui giace l'abitato.

## 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 Santa Domenica Vittoria in vista dello studio di Microzonazione sismica di I Livello, sono state eseguite 7 misure di noise, presentate di seguito. La **Tabella 1** mostra i valori delle frequenze di picco, in un range compreso tra 0.6 e 20 Hz, relativi ai 7 siti di misura ubicati all’interno dell’area di studio, ai quali viene anche associata una stima dell’attendibilità dell’indagine. La maggior parte dei valori della frequenza di picco ricade all’interno di un range molto ristretto, compreso tra 0,6 e 2 Hz; in alcuni casi, sono state osservate ulteriori amplificazioni a più alte frequenze (5.5, 16.05 e 19.8).

Va evidenziata una misura HVSR anomala (083083P20), per la quale non è stato possibile dedurre picchi di frequenza significativi, a causa di problemi relativi all’esecuzione della misura (Figura 1).

ID_SPU	X	Y	F0	F0_H0V0	F1	F1_H1V1	Attendibilità
083083P18	496701	4197088	1,2	2,97	19,8	3,03	1
083083P19	496694	4196882	1,2	1,96	5,55	1,63	2
083083P20	496983	4196032	-	-	-	-	-
083083P21	496780	4196532	0,6	1,52			2
083083P22	496659	4196420	1,05	5,5			1
083083P23	496560	4196637	1,55	2,89	16,05	2,92	1
083083P24	496710	4196183	1,5	2,76	1,95	2,5	2

**Tab. 1** – Siti di misura a stazione singola dei microtremori ricadenti nell’area di studio del comune di Scordia; vengono mostrati anche i valori relativi alle frequenze di picco e alle ampiezze corrispondenti, nonché il valore dell’attendibilità dell’indagine (1: alta; 2: media; 3: bassa).

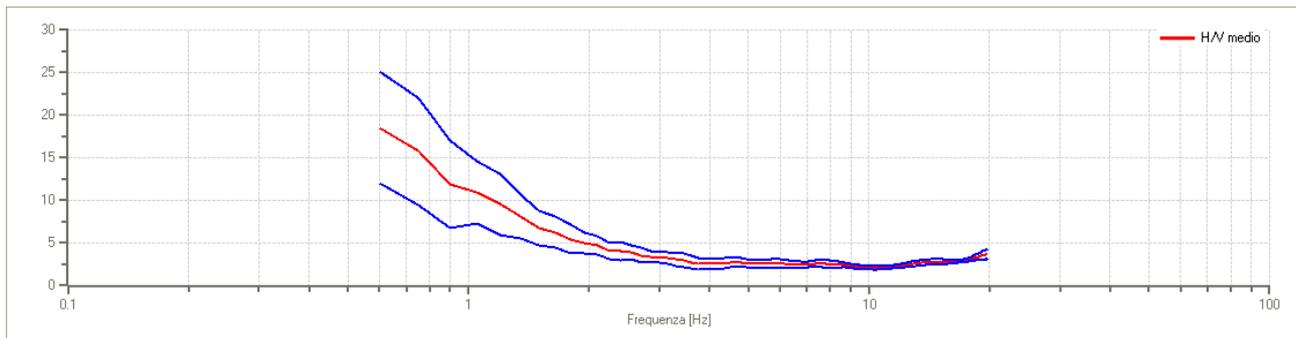
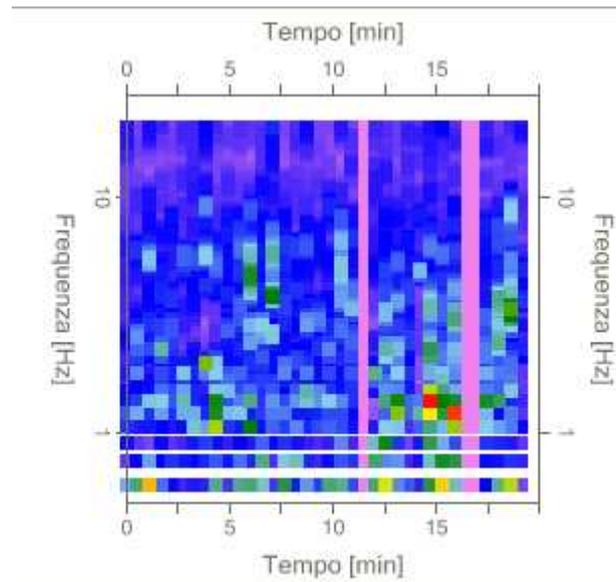


Fig. 1 - Serie Temporale e Rapporto Spettrale H/V relativo all'indagine 083083P20 a Santa Domenica Vittoria, per la quale non è stato possibile definirne i picchi di frequenza.



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

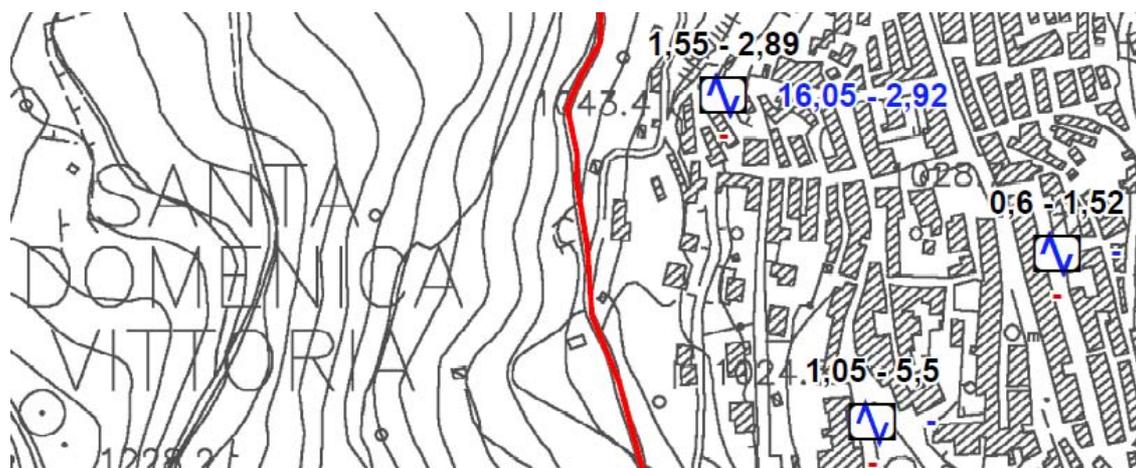


Fig. 2 - Esempio di sito di misura HVSR presenti nella carta delle frequenze allegata.

Per l'area investigata del territorio del comune di Santa Domenica Vittoria, 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 che non soddisfano appieno i criteri della tabella SESAME "Criteri di affidabilità della curva H|V" (esempio in Figura 4), è stata attribuito un valore di attendibilità dell'indagine pari a "2".

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 $f_0 < 0.5\text{Hz}$		
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0]   A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	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
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	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
$\sigma$	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 $\sigma_f$ 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. 3 – Tabelle dei criteri di affidabilità della curva H|V relativi all'indagine 083083P22 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 $f_0 > 0.5\text{Hz}$		SI
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$		
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	5.0 Hz	SI
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	7.25 Hz	SI
$A_0 > 2$	6.07 > 2	SI
$f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 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
$\sigma$	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 $\sigma_f$ 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. 5 – Tabelle dei criteri di affidabilità della curva H/V relativi all'indagine 083083P19 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

