

PUC **Tufino**



COMUNE DI
TUFINO
PROVINCIA DI NAPOLI

**PROGETTAZIONE URBANISTICA
VALUTAZIONE AMBIENTALE
STRATEGICA**

PROF. ARCH. PASQUALE MIANO

CON

ARCH. GIUSEPPE RUOCCO
ARCH. GABRIELLA DE LUZIO
ARCH. EMANUELE COLOMBO
DOTT.SSA ARCH. ALESSIA GENTILE

SINDACO

DOTT. CARLO FERONE

STUDI GEOLOGICI

DOTT. GIOSAFATTE NOCERINO

STUDI AGRONOMICI

DOTT. ANIELLO ARBUCCI

RUP

ING. ANDREA CICCARELLI

PIANO DI ZONIZZAZIONE ACUSTICA

ARCH. SALVATORE MONTEFORTE

STUDI ARCHEOLOGICI

DOTT.SSA MARIA LUGIA FATIBENE



**G10:MICROZONAZIONE SISMICA
(Relazione Illustrativa -2019)**

DATA: FEBBRAIO 2021

G:STUDIO GEOLOGICO



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Campania

Comune di Tufino (NA)



Regione	Soggetto Realizzatore	Data
Campania	Agenzia di Sviluppo dei dei Comuni dell'Area Nolana Coordinatore: geologo Orazio Colucci	Aprile 2019

INDICE

INDICE	1
1 INTRODUZIONE	2
2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	2
3 ASSETTO GEOLOGICO E STRUTTURALE.....	19
3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	21
3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO.	22
4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	23
5 MODELLO DI SOTTOSUOLO	27
6 ELEMENTI DI CRITICITÀ ED INCERTEZZE.....	29
7 ELABORATI CARTOGRAFICI.....	31
7.1 CARTA DELLE INDAGINI	31
7.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA	31
7.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (LIVELLO 1)	33
8 BIBLIOGRAFIA	35

ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO 1 - INDAGINI EFFETTUATE - Prove sismiche MASW e HVSR

1 INTRODUZIONE

A seguito dell'evento sismico del 06.04.2009 la Presidenza del Consiglio dei Ministri, in attuazione dell'art.11 del D.L. del 28/04/2009 n°39 (conosciuto come Decreto Abruzzo) ha emanato l'Ordinanza n° 3907 del 13.11.2010 (O.P.C.M. 3907/2010), con la quale si è avviato un programma pluriennale (2010-2016) in materia di prevenzione del rischio sismico. La seconda annualità è regolamentata dall'Ordinanza n° 4007 del 29/02/2012.

Tra le attività promosse e finanziate dall'O.P.C.M. 4007/2012, rientrano gli studi di microzonazione sismica (MZS) da effettuarsi sul territorio regionale secondo procedure e modalità stabilite dalla citata Ordinanza e dalla Regione Campania.

Tale Ordinanza, all'art.5 comma 3, dispone che le regioni individuino, con proprio provvedimento, i territori nei quali è prioritaria la realizzazione degli studi di MZS, definendo come soglia generale di ammissibilità al finanziamento, il valore di accelerazione massima al suolo $a_g \geq 0.125$ g, secondo quanto specificato nell'Allegato 2 e nell'Allegato 7 della medesima Ordinanza.

In attuazione all'O.P.C.M. n. 4007/2012, la Regione Campania con D.D. n. 1279 del 27/10/2016, ha approvato il programma regionale di finanziamento e la ripartizione delle risorse relative all'annualità 2011, approvando la manifestazione di interesse per la concessione di contributi per la realizzazione delle indagini e degli studi di microzonazione sismica, eventualmente accompagnati dall'analisi per la condizione limite di emergenze (CLE).

Al fine di giungere alla redazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica di livello 1, così come previsto al punto 1.6.3.1 degli Indirizzi e Criteri per la MS, sono stati raccolti i dati bibliografici di tipo geologico, geomorfologico ed idrogeologico, che hanno consentito di avere un quadro conoscitivo generale del territorio comunale di Tufino. Sono state inoltre eseguite n. 2 indagini sismiche MASW e n. 3 indagini sismiche HVSR finalizzate allo studio della frequenza di sito.

Lo studio di MZS, redatto secondo i criteri stabiliti nel testo "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica - Parti I, II e III", "Linee guida per la realizzazione della Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica con adattamento ai contesti vulcanici"- Versione 1.0 e " Microzonazione sismica - Standard e rappresentazione informatica"- Versione 4.0b, (a cura della Presidenza del Consiglio dei Ministri-Dipartimento della Protezione Civile), ha come finalità quella di razionalizzare la conoscenza sulle alterazioni che lo scuotimento sismico può subire in superficie, restituendo informazioni utili per il governo del territorio, per la progettazione e per la pianificazione dello stesso.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Il comune di Tufino si trova nella parte bordiera sud-occidentale della Piana Campana alla base della dorsale appenninica della Regione Campania. La storia sismica della Regione è ricca di eventi anche di forte intensità che hanno interessato l'Appennino Meridionale (Tabella 1). L'analisi della distribuzione dei terremoti storici e recenti della Campania evidenzia che la maggior parte dell'attività sismica è concentrata nella fascia interna della catena appenninica con un'estensione nell'area vulcanica costiera del Vesuvio-Campi Flegrei.

Data	Intensità (MCS)	Aree interessate dal sisma
5 maggio 1456	XI	Italia Centro-Meridionale
19 agosto 1561	IX-X	Vallo di Diano (province di Salerno e Potenza)
5 giugno 1688	XI	Campania-Molise (province di Benevento, Caserta, Avellino, Campobasso, Isernia)
8 settembre 1694	X-XI	Irpinia-Basilicata (province di Avellino e Potenza)
14 marzo 1702	X	Sannio-Irpinia (province di Benevento e Avellino)
29 novembre 1732	X-XI	Irpinia
9 aprile 1853	X	Irpinia e le alte valli dei fiumi Sele ed Ofanto
28 luglio 1883	X	Casamicciola Isola d'Ischia
23 luglio 1930	X	Irpinia
23 novembre 1980	X	Irpinia-Basilicata

Tabella 1: elenco dei principali terremoti che hanno interessato il territorio regionale nell'ultimo millennio (Boschi et al., 1997).

Le caratteristiche morfo-strutturali della regione consentono di individuare come aree sismogenetiche di maggiore rilevanza il Sannio, l'Irpinia, l'alta valle del Sele-Alburni ed il bordo orientale del Massiccio del Matese.

Da tali aree si diparte il rilascio di medio-alti livelli di energia sismica, che può produrre effetti sensibili in tutte le cinque province campane.

Per avere una stima della pericolosità sismica del territorio comunale di Tufino è stata effettuata una ricerca dei terremoti storici registrati utilizzando il database delle osservazioni

macrosismiche dei terremoti italiani – Catalogo parametrico CPTI15 (Rovida et al. 2016) nella sua versione aggiornata del Database Macrosismico Italiano (DBMI15) - (Figura 1).

Dei terremoti elencati nella tabella 1 solo alcuni hanno interessato il territorio comunale di Tufino ed i comuni limitrofi, così come identificati nella figura 1.

Dall'analisi della sismicità storica emerge che il territorio di Tufino, come riportato all'interno della prima colonna del grafico sottostante, è stato interessato da numerosi eventi di origine appenninica con intensità macrosismica I(MCS) risentita nel medesimo territorio variabile da un massimo di 7 ad un minimo di 3 e con magnitudo massima delle zone epicentrali pari a 6,73.

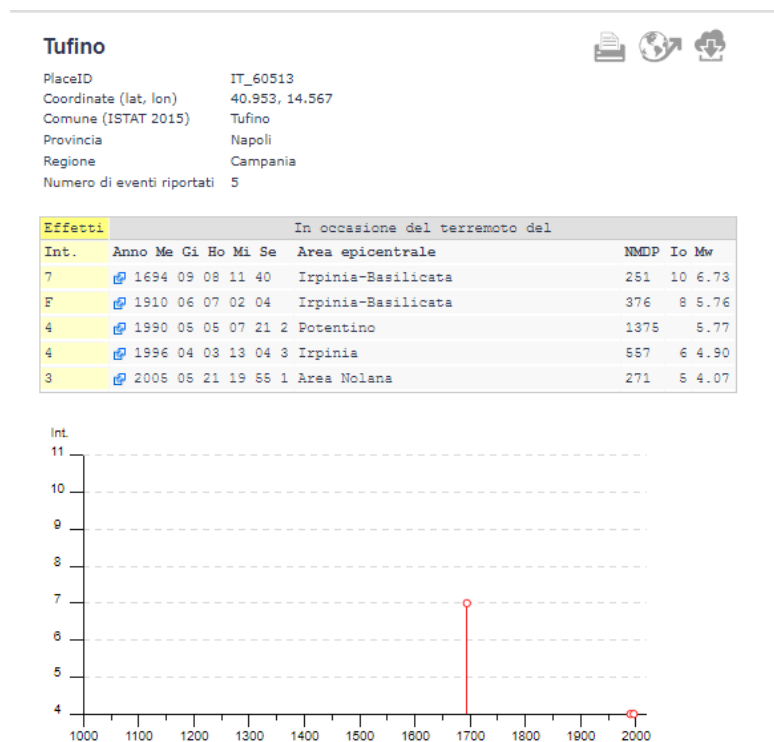


Figura 1: storia sismica di Tufino dal sito https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/.

Per la determinazione delle zone sismogenetiche in grado di generare terremoti che possono colpire il comune di Tufino, è stato fatto riferimento alla nuova cartografia prodotta per la “Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica – prevista dall’Ordinanza PCM del 20 marzo 2003, n° 3274 - RAPPORTO CONCLUSIVO - Allegato 2: Zonazione sismogenetica ZS9” (Figura 2).

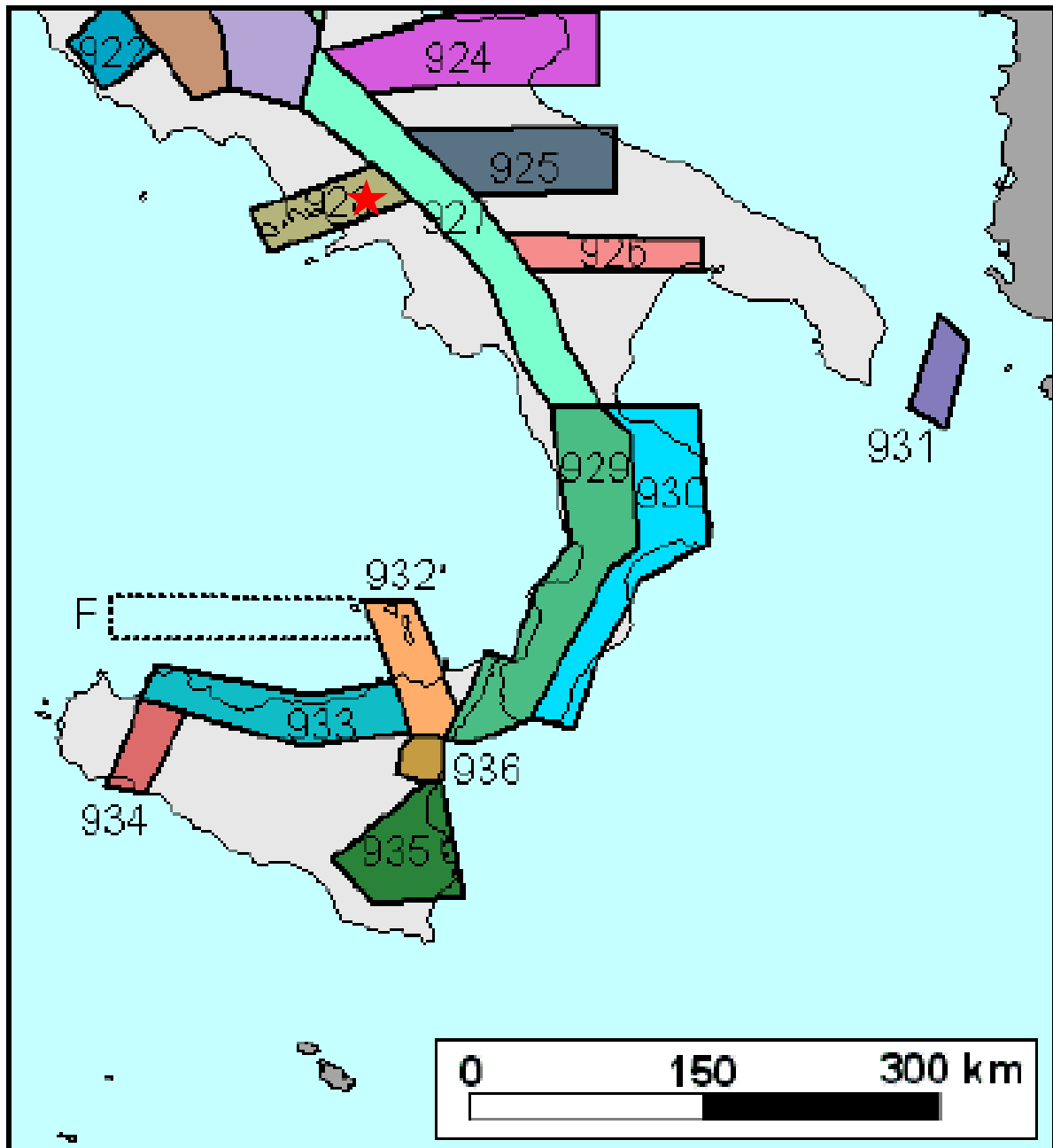


Figura 2: Zonazione Sismogenetica ZS9. Zone sismogenetiche dell'Appennino meridionale. La stella rossa indica l'ubicazione del comune di Tufino.

Facendo riferimento a questa cartografia il comune di Tufino ricade all'interno della Zona 928, ma risente anche dei possibili effetti di terremoti legati alla Zona 927. Uno zoom è riportato in Figura 3.

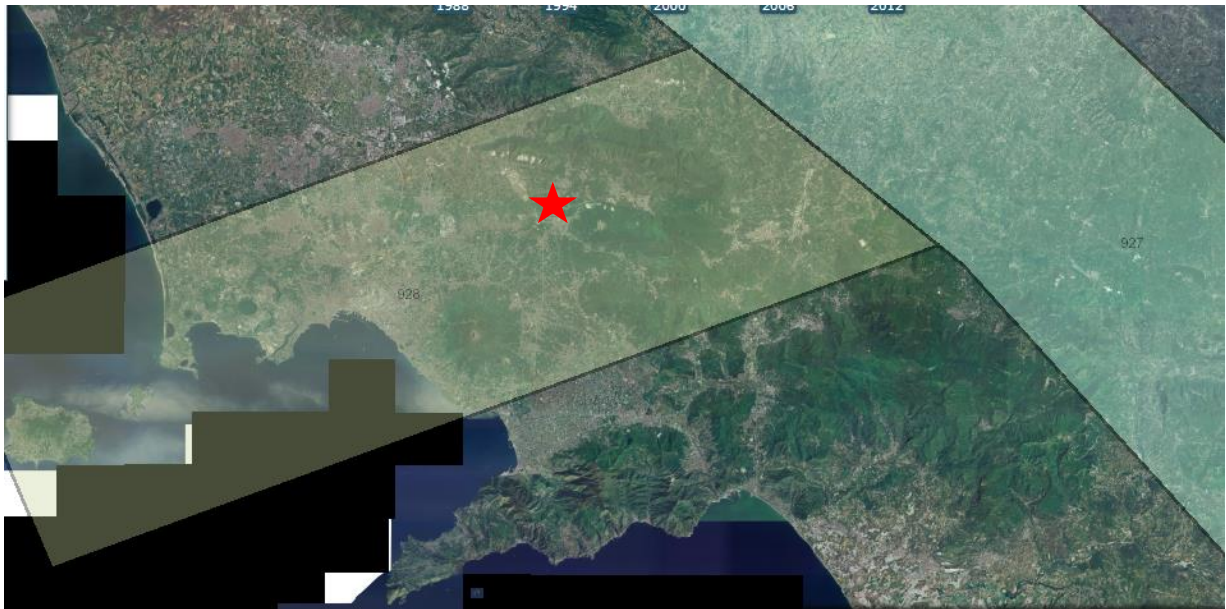


Figura 3: Zoom Zonazione Sismogenetica ZS9. Zone sismogenetiche dell'Appennino meridionale.

La stella rossa indica l'ubicazione del comune di Tufino. Le immagini sono state ottenute sul webgis: http://www.pcn.minambiente.it/viewer/index.php?services=Zone_sismogenetiche_ZS9.

La Zona 928, che comprende zone che vanno dalla fascia costiera tirrenica inglobando l'area vesuviana e flegrea, ha un potenziale sismogenetico più basso e quindi il contributo che verrebbe da questa zona sarebbe trascurabile rispetto agli effetti che verrebbero dall'attivazione di sorgenti nella Zona 927.

La Zona 927 include l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia coincidente con il settore assiale della catena Appenninica comprendente l'Irpinia, il Sannio e la Val d'Agri, fino al Pollino. I terremoti che avvengono in questa zona hanno una componente prevalente di tipo estensionale e si originano quindi per fagliazione di tipo normale.

Infine è stato consultato il Database delle Sorgenti Sismogenetiche (DISS versione 3 - Basili et al., 2008) disponibile online all'indirizzo <http://diss.rm.ingv.it/diss/>. Dal sito è possibile scaricare il file KMZ che viene caricato automaticamente su Google Earth sovrapponendosi come layer.

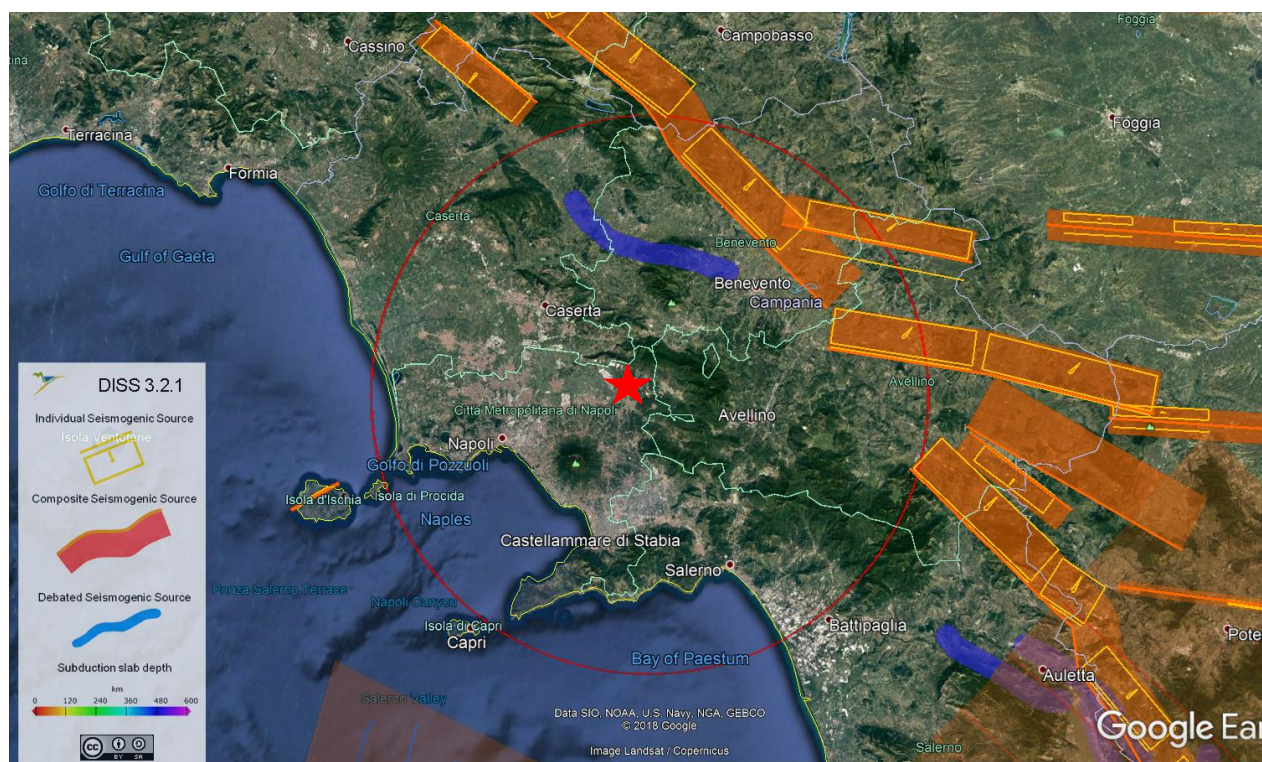


Figura 4: immagine derivata dalla sovrapposizione del layer DISS 3 in Google Earth. La stella rossa rappresenta l'ubicazione del centro abitato di Tufino, mentre il cerchio racchiude le sorgenti sismogenetiche entro un raggio di 50 Km dal centro abitato del comune di Tufino. In arancione le strutture sismogenetiche ed in Violetto le strutture sismogenetiche ancora in studio.

Dalla consultazione del Database sopra citato e considerando un raggio di 50 Km a partire dal centro del territorio comunale di Tufino, ovvero il raggio che a livello scientifico è ritenuto più attendibile (Figura 4), risulta che lo stesso territorio può risentire degli effetti di eventuali eventi sismici che si possono generare dalle seguenti sorgenti sismogenetiche (rif. DISS vers. 3):

1. sorgente sismogenetica singola nota come "Tammaro Basin" identificata con il codice ITIS005;
2. sorgente sismogenetica composta, nota come "Mirabella Eclano - Monteverde" ed identificata con il codice ITCS084. Questa comprende al suo interno due strutture di tipo singolo, denominate rispettivamente "Ufita Valley" identificata con il codice ITIS006 e "Bisaccia" identificata con il codice ITIS088. La struttura che ricade all'interno del raggio di 50 km è "Ufita Valley";
3. sorgente sismogenetica composta nota come "Pago Veiano-Montaguto" identificata con il codice ITCS057. Questa è costituita da una sorgente sismogenetica di tipo singolo nota come "Ariano Irpino" identificato con il codice ITIS092;

4. sorgente ancora in fase di studio, ITDS027 “Calore River” ubicata ad una distanza di circa 30 Km dal territorio di Tufino in direzione Nord;
5. sorgente sismogenetica composita nota come “Irpinia-Agri Valley” identificata con il codice ITCS034. Questa è costituita dalle seguenti sorgenti sismogenetiche di tipo singolo: “Agri Valley” codice ITIS008, “Melandro-Pergola” codice ITIS010, “Colliano” codice ITIS077, “San Gregorio Magno” codice ITIS078.

Struttura sismogenetica singola “Tammaro Basin” - ITIS005

La struttura singola “Tammaro Basin” (ITIS005- Figura 5), è la parte terminale della Struttura Sismogenetica Complessa ICTS024 “Miranda - Apice”, e si estende per una lunghezza di circa 25 Km; può generare terremoti fino a 6.6 gradi di magnitudo-momento massima (Mw), con profondità ipocentrale compresa tra 1 e 13.4 Km ed è caratterizzata da direzione (*strike*) pari a 311°, un angolo di immersione (*dip*) pari a 60° e un angolo di scorrimento (*Rake*) pari a 270° (Figura 6).

La parte più vicina di questa struttura si trova ad una distanza di circa 35 Km dal territorio di Tufino in direzione Nord - Est.



GENERAL INFORMATION	
DISS-ID	ITIS005
Name	Tammaro Basin
Compiler(s)	Bordoni P.(1), Pantosti D.(2)
Contributor(s)	Bordoni P.(1), Pantosti D.(2), Valensise G.(2)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Centro Nazionale Terremoti; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	31-Oct-2001
Updated	25-Jun-2015
Display map ...	 
Related sources	ITCS024

Figura 5: DISS 3.1.1 Schema riassuntivo per la singola struttura sismogenetica ITIS005 - Tammaro Basin.

PARAMETRIC INFORMATION			
PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Location [Lat/Lon]	41.29 / 14.74	LD	Based on geological and geomorphological observation.
Length [km]	25.0	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Width [km]	14.3	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	1.0	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Max depth [km]	13.4	AR	Derived from dip, width and min depth.
Strike [deg]	311	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Dip [deg]	60	OD	Based on geological and geomorphological observations.
Rake [deg]	270	EJ	Inferred from regional seismological considerations.
Slip Per Event [m]	0.9	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	900...9000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.6	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 6: DISS 3.1.1 Schema riassuntivo per la sorgente sismogenetica complessa ITIS005, Tammaro Basin.

Sorgente sismogenetica composita "Mirabella Eclano - Monteverde" - ITCS084

La struttura sismogenetica complessa "Mirabella Eclano - Monteverde" (ITCS084, Figura 7) è in grado di generare terremoti di magnitudo-momento massima pari a 6.7 gradi (Mw), con profondità ipocentrale compresa tra 11 Km e 16 Km, ed è caratterizzata da una direzione (*strike*) compresa tra i 270° e 290°, un angolo di immersione (dip) compreso tra i 55° ed i 75° e un angolo di scorrimento (Rake) compreso tra i 230° ed i 250° . La parte più vicina di questa struttura si trova ad una distanza di circa 35 Km dal territorio di Tufino in direzione Nord - Est.

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES
?

[COMMENTARY](#) ▼
[PICTURES](#) ▼
[REFERENCES](#) ▼
[USER COMMENTS](#) ▼

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS084
Name	Mirabella Eclano-Monteverde
Compiler(s)	Fracassi U.(1), Vannoli P.(1), Burrato P.(1)
Contributor(s)	Vannoli P.(1), Burrato P.(1), Fracassi U.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	04-Aug-2006
Updated	27-Sep-2007

Display map ...

Related sources
[ITIS006](#)
[ITIS088](#)

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	1.0 OD	Based on seismological and geological data.
Max depth [km]	16.0 OD	Based on seismological and macroseismic data.
Strike [deg] min... max	270...290 OD	Based on seismological and macroseismic data.
Dip [deg] min... max	55...75 OD	Based on seismological data.
Rake [deg] min... max	230...250 OD	Based on seismological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.0 EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.7 OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

ACTIVE FAULTS

ACTIVE FOLDS

Figura 7: DISS 3.1.1 Schema riassuntivo per la singola struttura sismogenetica ITIS084 - Mirabella Eclano - Monteverde.

Struttura sismogenetica singola "Ufita" - ITIS006

La struttura singola "Ufita" (ITIS006- Figura 8), fa parte terminale della Struttura Sismogenetica Complessa ICTS084 "Mirabella Eclano - Monteverde", e si estende per una lunghezza di circa 26 Km, può generare terremoti fino a 6.6 gradi di magnitudo-momento massima (Mw), con

profondità ipocentrale compresa tra 1.5 e 14.5 Km ed è caratterizzata da direzione (*strike*) pari a 275°, un angolo di immersione (*dip*) pari a 64° e un angolo di scorrimento (*Rake*) pari a 237°.

La parte più vicina di questa struttura si trova ad una distanza di circa 35 Km dal territorio di Tufino in direzione Nord - Est.

INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES
?

[COMMENTARY](#) ▼
[PICTURES](#) ▼
[REFERENCES](#) ▼
[USER COMMENTS](#) ▼

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITIS006
Name	Ufita Valley
Compiler(s)	Vannoli P.(1), Burrato P.(1)
Contributor(s)	Vannoli P.(1), Burrato P.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	01-Jan-2001
Updated	12-Sep-2007
Display map ...	
Related sources	ITCS084

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Location [Lat/Lon]	41.07 / 15.10	OD Based on geological and geomorphological data.
Length [km]	25.6	OD Based on geological and geomorphological observations.
Width [km]	14.5	ER Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).
Min depth [km]	1.5	OD Based on geological and geomorphological observations.
Max depth [km]	14.5	ER Derived from dip, width and min depth.
Strike [deg]	275	OD Based on geological and geomorphological observations.
Dip [deg]	64	OD Based on geological observations.

Rake [deg]	237	OD	Inferred from geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Per Event [m]	0.9	ER	Calculated from M_0 using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min...max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	900...9000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.6	LD	Value adopted from the historical earthquake catalogue CPTI04.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES

Latest Earthquake	29 Nov 1732	CPTI04.
Penultimate Earthquake	Unknown	See "Commentary" for information.

ACTIVE FAULTS

ACTIVE FOLDS

Figura 8: DISS 3.1.1 Schema riassuntivo per la singola struttura sismogenetica ITIS006 - Ufita Valley.

Sorgente sismogenetica composita "Pago Veiano - Montaguto" - ITCS057

La struttura sismogenetica complessa "Pago Veiano-Montaguto" (ITCS057, Figura 9) è in grado di generare terremoti di magnitudo-momento massima pari a 6.9 gradi (Mw), con profondità ipocentrale compresa tra 11 Km e 25 Km, ed è caratterizzata da una direzione (*strike*) compresa tra i 270° e 290°, un angolo di immersione (dip) compreso tra i 60° ed i 80° e un angolo di scorrimento (Rake) compreso tra i 220° ed i 240°. La parte più vicina di questa struttura si trova ad una distanza di circa 40 Km dal territorio di Tufino in direzione Nord - Est.

HOME MAP SEARCH HELP

COMPOSITE SEISMOGENIC SOURCES ?

COMMENTARY PICTURES REFERENCES USER COMMENTS

GENERAL INFORMATION

DISS-ID	ITCS057
Name	Pago Veiano-Montaguto
Compiler(s)	Fracassi U.(1)
Contributor(s)	Fracassi U.(1), Valensise G.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	15-Nov-2005
Updated	24-Sep-2007
Display map ...	 
Related sources	ITIS092

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Min depth [km]	11.0	EJ	Inferred from upper depth of instrumental major earthquakes in the region.
Max depth [km]	25.0	EJ	Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
Strike [deg] min... max	270...290	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
Dip [deg] min... max	60...80	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
Rake [deg] min... max	220...240	EJ	Inferred from rake of instrumental major earthquakes in the region.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.9	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 9: DISS 3.1.1 Schema riassuntivo per la potenziale struttura sismogenetica ITCS057 -Pago Veiano-Montaguto

Struttura sismogenetica singola "Ariano Irpino" - ITIS092

La struttura singola "Ariano Irpino" (ITIS092- Figura 10) si estende per una lunghezza di circa 30 Km, può generare terremoti fino a 6.9 gradi di magnitudo-momento massima (Mw), con profondità ipocentrale compresa tra 11 e 25 Km ed è caratterizzata da direzione (*strike*) pari a 277°, un angolo di immersione (*dip*) pari a 70° e un angolo di scorrimento (*Rake*) pari a 230° . Questa sorgente è stata responsabile dell'ultimo terremoto avutosi il 5 dicembre 1456.

La parte più vicina di questa struttura si trova ad una distanza di circa 40 Km dal territorio di Tufino in direzione Nord - Est.

[HOME](#) | [MAP](#) | [SEARCH](#) | [HELP](#)

INDIVIDUAL SEISMOGENIC SOURCES ?

[COMMENTARY](#) ▼ | [PICTURES](#) ▼ | [REFERENCES](#) ▼ | [USER COMMENTS](#) ▼

GENERAL INFORMATION


DISS-ID	ITIS092
Name	Ariano Irpino
Compiler(s)	Fracassi U.(1)
Contributor(s)	Fracassi U.(1), Valensise G.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	01-Nov-2005
Updated	04-Aug-2006
Display map ...	 
Related sources	ITCS057

PARAMETRIC INFORMATION			
	PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE
Location [Lat/Lon]	41.24 / 15.06	LD	Based on macroseismic and geophysical data from Fracassi and Valensise (2007).
Length [km]	30.0	LD	Based on macroseismic and geophysical data from Fracassi and Valensise (2007).
Width [km]	14.9	LD	Based on macroseismic and geophysical data from Fracassi and Valensise (2007).
Min depth [km]	11.0	EJ	Inferred from upper depth of instrumental major earthquakes in the region.
Max depth [km]	25.0	EJ	Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
Strike [deg]	277	LD	Based on macroseismic and geophysical data from Fracassi and Valensise (2007).
Dip [deg]	70	LD	Based on macroseismic and geophysical data from Fracassi and Valensise (2007).
Rake [deg]	230	EJ	Inferred from rake of instrumental major earthquakes in the region.
Slip Per Event [m]	2.0	ER	Calculated from M_0 using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Recurrence [y] min... max	2000...20000	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.9	LD	Based on data from Fracassi and Valensise (2007).
INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES			
Latest Earthquake	05 Dec 1456		From Fracassi and Valensise (2007).
Penultimate Earthquake	Unknown		See "Commentary" for information.

Figura 10: DISS 3.1.1 Schema riassuntivo per la singola struttura sismogenetica ITIS092 , Ariano Irpino.

Struttura sismogenetica composita "Irpinia-Agri Valley" - ITICS034

La struttura compista "Irpinia-Agri Valley" (ITICS034- Figura 11) può generare terremoti fino a 6.8 gradi di magnitudo-momento massima (M_w), con profondità ipocentrale compresa tra 1 e 14 Km ed è caratterizzata da direzione (*strike*) tra i 300° e 320° , un angolo di immersione (*dip*) tra i 50° e i 70° e un angolo di scorrimento (*Rake*) tra i 260° e 280° . La parte più vicina di questa struttura si trova ad una distanza di circa 48 Km dal territorio di Tufino in direzione Nord - Est.

GENERAL INFORMATION				
DISS-ID	ITCS034			
Name	Irpinia-Agri Valley			
Compiler(s)	Fracassi U.(1)			
Contributor(s)	Valensise G.(1), Burrato P.(1), Basili R.(1), Vannoli P.(1), Pantosti D.(1), Fracassi U.(1)			
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy			
Created	08-Jan-2005			
Updated	20-May-2010			
Display map ...				
Related sources	ITIS008 ITIS010 ITIS077 ITIS078			
PARAMETRIC INFORMATION				
	PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
	Min depth [km]	1.0	LD	Based on geological and seismological data from various authors.
	Max depth [km]	14.0	LD	Based on geological and seismological data from various authors.
	Strike [deg] min... max	300...320	LD	Based on geological and seismological data from various authors.
	Dip [deg] min... max	50...70	LD	Based on geological and seismological data from various authors.
	Rake [deg] min... max	260...280	LD	Based on geological and seismological data from various authors.
	Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
	Max Magnitude [Mw]	6.8	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 11: DISS 3.1.1 Schema riassuntivo per la singola struttura sismogenetica ITICS034 , Irpinia-Agri Valley.

Struttura sismogenetica singola "Colliano" - ITIS077

La struttura singola "Colliano" (ITIS077- Figura 12) si estende per una lunghezza di circa 28 Km, può generare terremoti fino a 6.8 gradi di magnitudo-momento massima (Mw), con profondità ipocentrale compresa tra 1 e 14 Km ed è caratterizzata da direzione (*strike*) pari a 310°, un angolo di immersione (*dip*) pari a 60° e un angolo di scorrimento (*Rake*) pari a 270° . Questa sorgente è stata responsabile dell'ultimo terremoto avutosi il 23 Novembre 1980.

La parte più vicina di questa struttura si trova ad una distanza di circa 48 Km dal territorio di Tufino in direzione Nord - Est.

GENERAL INFORMATION				
DISS-ID	ITIS077			
Name	Colliano			
Compiler(s)	Burrato P.(1), Basili R.(1), Vannoli P.(1)			
Contributor(s)	Pantosti D.(1), Valensise G.(1), Burrato P.(1), Basili R.(1), Vannoli P.(1)			
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy			
Created	01-Jan-2001			
Updated	27-Mar-2006			
Display map ...				
Related sources	ITCS034			
PARAMETRIC INFORMATION				
	PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
	Location [Lat/Lon]	40.80 / 15.29	LD	Based on geological and geomorphological observation.
	Length [km]	28.0	LD	Based on geological and seismological data.
	Width [km]	15.0	LD	Based on geological and seismological data.
	Min depth [km]	1.0	LD	Based on geological and seismological data.
	Max depth [km]	14.0	LD	Based on geological and seismological data.
	Strike [deg]	310	LD	Based on geological and seismological data.
	Dip [deg]	60	LD	Based on geological and seismological data.
	Rake [deg]	270	LD	Based on geological and seismological data.
	Slip Per Event [m]	1.65	LD	Based on geological and seismological data.
	Slip rate [mm/y] min... max	0.4...0.6	LD	Based on paleoseismology.
	Recurrence [y] min... max	1680...4125	LD	Based on paleoseismology.
	Magnitude [Mw]	6.8	LD	Based on seismological data.
<small>LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;</small>				
INFORMATION ABOUT THE ASSOCIATED EARTHQUAKES				
	Latest Earthquake	23 Nov 1980 (1/3)	First shock at 18:34:53 GMT; from Westaway (1993).	
	Penultimate Earthquake	1721-2570 B.P.	Based on paleoseismology.	

Figura 12: DISS 3.1.1 Schema riassuntivo per la singola struttura sismogenetica ITIS077, Colliano

La disaggregazione della pericolosità sismica (es. McGuire, 1995; Bazzurro e Cornell, 1999) è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale, espressa in

magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Analogamente alla disaggregazione in M-R è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R- ϵ , dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R (Spallarossa e Barani, 2007).

In base alla disaggregazione dei valori di accelerazione orizzontale di picco su suolo rigido (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Spallarossa e Barani, 2007), sono stati ottenuti i valori medi e modali di magnitudo e di distanza, per il sito di coordinate Lat: 40.953 e Long: 14.566 (Figura 13), rappresentativo del centro abitato di Tufino, oppure i valori del punto della griglia più vicino al confine comunale, così come fornito dal sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (<http://esse1.mi.ingv.it/>). In questo caso sono stati utilizzati i dati del punto della griglia più vicina a Tufino, di coordinate Lat: 40.9801 e Long: 14.5498 (Figura 14).

Per il Comune di Tufino si ottiene la griglia di disaggregazione M-R riportata in Figura 14, in cui è mostrato che il contributo percentuale alla pericolosità sismica è dato da terremoti di magnitudo compresa tra 4.0 e 6.0, con epicentro atteso ad una distanza compresa entro i 20 km; eventi con magnitudo maggiore sono attesi progressivamente a distanze maggiori, con una piccola concentrazione per i terremoti di magnitudo compresa tra 6 e 7.5 a distanze comprese tra i 30 e i 50 Km; nella tabella a destra è riportato il valore medio di magnitudo e distanza tra tutti quelli presenti nella griglia ed anche il relativo numero di deviazioni standard ϵ .

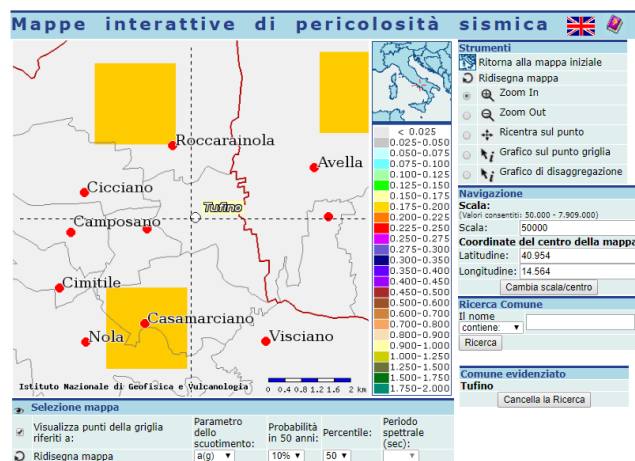


Figura 13: schermata mappa interattiva di pericolosità sismica disponibile sul sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.

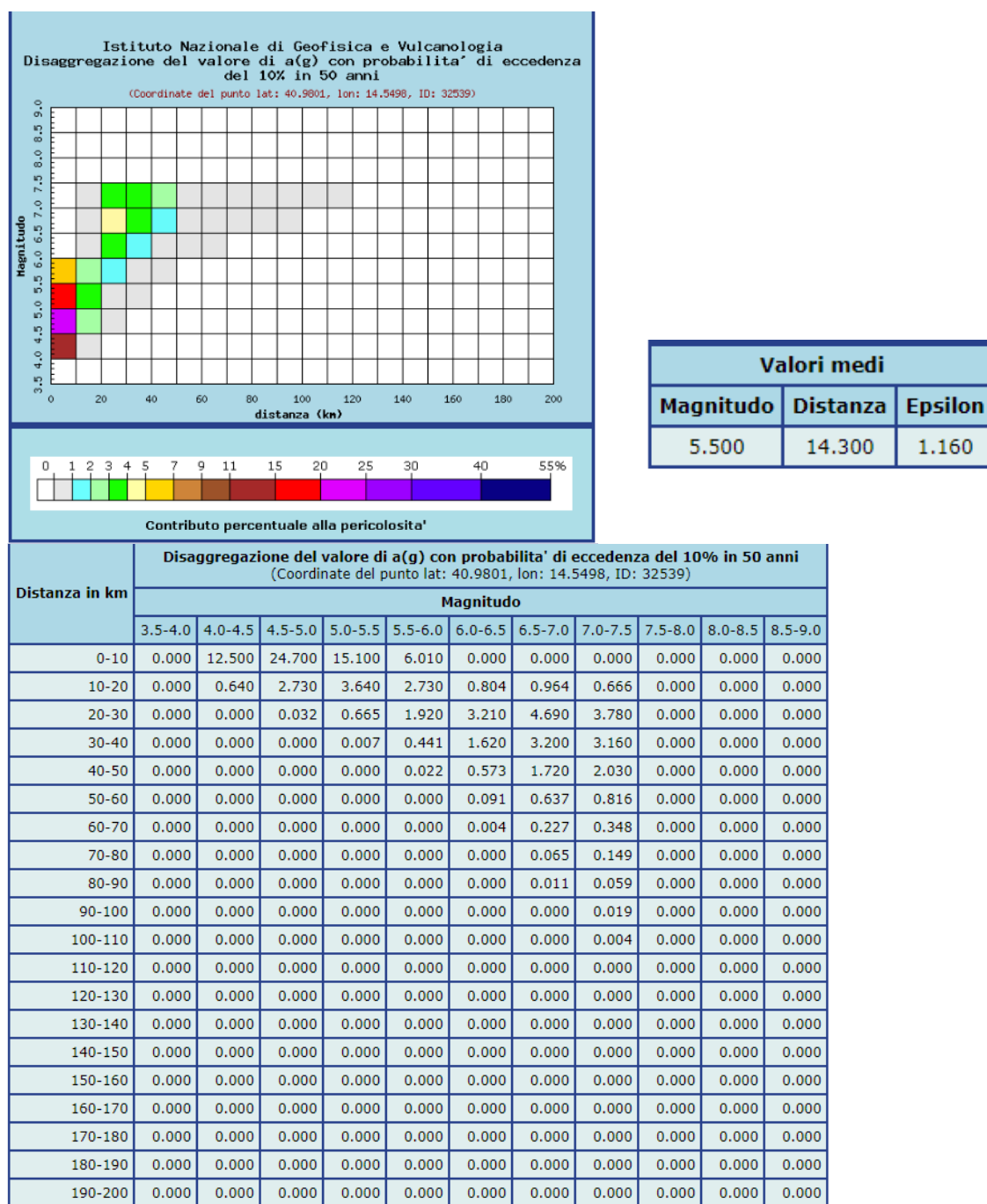


Figura 14: contributo percentuale alla stima di pericolosità fornito da tutte le possibili coppie di valori di magnitudo (M) e distanza (R), riportata sia in forma grafica sia in forma tabellare, per il comune di Tufino. Sono anche riportati, nella tabella in alto a destra, i valori medi di M-D-ε. (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>)

3 ASSETTO GEOLOGICO E STRUTTURALE

Il Comune di Tufino si localizza geograficamente nelle zone interne della Regione Campania. È ubicato nella tavoletta topografica I.G.M. foglio n. 448 Sez. NE "Nola" in scala 1:25.000. Occupa una superficie di 5,25 km² di cui una piccola parte urbanizzata e la rimanente parte occupata per

lo più da terreni agricoli. L'altitudine massima che si rinviene nell'intero territorio comunale è pari a circa 360 m s.l.m., verso la parte sud-orientale in corrispondenza con il confine del comune di Visciano in un ambiente montano, la minima a circa 75 m s.l.m verso la parte nord-occidentale dei confini territoriali comunali.

Il centro abitato è posizionato ad una quota altimetrica media di circa 95 m. s.l.m.

Dal punto di vista della cartografia geologica, l'area è compresa nel Foglio Geologico n. 185 "Salerno" della Carta Geologica d'Italia 1:100.000 e nel Foglio Geologico n. 448 "Ercolano" della Nuova Carta Geologica d'Italia 1:50.000.

Il territorio comunale di Tufino si sviluppa all'interno della Piana Campana, tra il "lobo napoletano" ed il "lobo nocerino" (Piana di Sarno). Quest'area rappresenta, com'è noto, un grande graben, impostatosi probabilmente durante il Pliocene superiore, nel quale si sono andati accumulando, nel corso del Quaternario, potenti depositi continentali, marine e vulcanici.

La Piana Campana è una vasta area pianeggiante, delimitata a Nord dal M.te Massico, a Nord Est dai M.ti di Caserta, a Est dai M.ti di Sarno, a Sud dai M.ti Lattari e dalla Piana del Sarno ed ad Ovest dal Mar Tirreno. Questa è una zona in cui in epoca storica e durante il Quaternario recente si sono avuti importanti fenomeni vulcanici che hanno contribuito sensibilmente a definire l'assetto morfologico attuale.

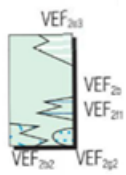
La Piana Campana rappresenta un grande graben, individuatosi probabilmente nel Pliocene superiore, soggetto ad un pronunciato sprofondamento durante il Quaternario. Le linee tettoniche lungo le quali è avvenuto l'abbassamento sono ben riconoscibili ai bordi della pianura, dove si osservano faglie orientate NE-SW e NW-SE, che determinano il graduale sprofondamento delle rocce carbonatiche, appartenenti a due distinte unità tettoniche sovrapposte, affioranti tutto intorno al graben al di sotto di notevoli spessori di depositi alluvionali e vulcanici quaternari. In superficie, quindi, sono ben osservabili le strutture marginali del graben, rappresentate da faglie normali orientate NE-SW e NW-SE, che in almeno due fasi del Quaternario hanno determinato rigetti verticali dell'ordine di qualche migliaia di metri. Le strutture mioceniche, osservabili ai margini della Piana, sono connesse ai fenomeni di sovrascorrimento che hanno interessato la copertura sedimentaria triassico-miocenica e non sono legate alle deformazioni attuali del basamento cristallino. Queste ultime hanno orientamento W-E e sono costituite da una serie di monoclinali immergenti a Nord e delimitate a Sud da faglie normali, aventi rigetti verticali fino a mille metri e che tendono ad estinguersi, verso il basso, sulle superfici di sovrascorrimento. Le faglie recenti, cui sono connessi anche i fenomeni vulcanici del graben della Piana Campana, sono evidenti con gli stessi orientamenti e sempre con notevoli rigetti verticali, in tutto l'Appennino

Campano-Lucano. La struttura profonda della Piana Campana è stata indagata sia con prospezioni geofisiche che con pozzi profondi, questi però non hanno mai raggiunto, nella parte centrale del graben, il substrato carbonatico sottostanti i potenti depositi alluvionali detritici e vulcanici quaternari. Le strutture profonde quindi risultano ancora oggi di difficile e controversa interpretazione per gli oggettivi limiti delle indagini finora condotte.

3.1 Inquadramento geologico

L'origine del territorio comunale di Tufino è strettamente legato ai fenomeni che si sono generati tra l'apparato del Somma-Vesuvio e i rilievi appenninici. L'attività vulcanica ed il deflusso delle acque dei torrenti che scendono dai monti sovrastanti, ha fatto sì che la pianura evolvesse nel corso della sua storia

Con riferimento al nuovo foglio Geologico scala 1:50.000 n°448 Ercolano (Figura 15) i terreni affioranti appartengono ai seguenti complessi litologici:



SUBSISTEMA DELL'AGRO NOCERINO SARNESE (OLOCENE)

Il subsistema è compreso tra una superficie di erosione o di non deposizione che interessa il tetto del subsistema di Scanzano e la superficie topografica. Al suo interno sono riconoscibili i depositi piroclastici distali e medio distali e vulcano-sedimentari presenti nelle parti esterne all'edificio vulcanico del Somma Vesuvio. Include depositi fluviali di piana di esondazione, limoso-sabbiosi, di fondovalle e di conoide alluvionale mista, sia carbonatica che vulcanoclastica, prevalentemente sabbioso-ghiasiosi (VEF_{2b}). Nella Piana del Fiume Sarno i depositi alluvionali si associano a depositi palustri limosi con intercalazioni torbose (VEF_{2e3}), presenti anche nella Piana del Fiume Sebeto, e a travertini (VEF₂₁₁). Comprende inoltre i depositi colluviali delle conche endoreiche e dei fondovalle (VEF_{2b2}) e, nel sottosuolo, depositi di spiaggia (VEF_{2g2}). Il sistema inoltre comprende i depositi detritico colluviali dell'unità di Piano delle Selve (PNV).

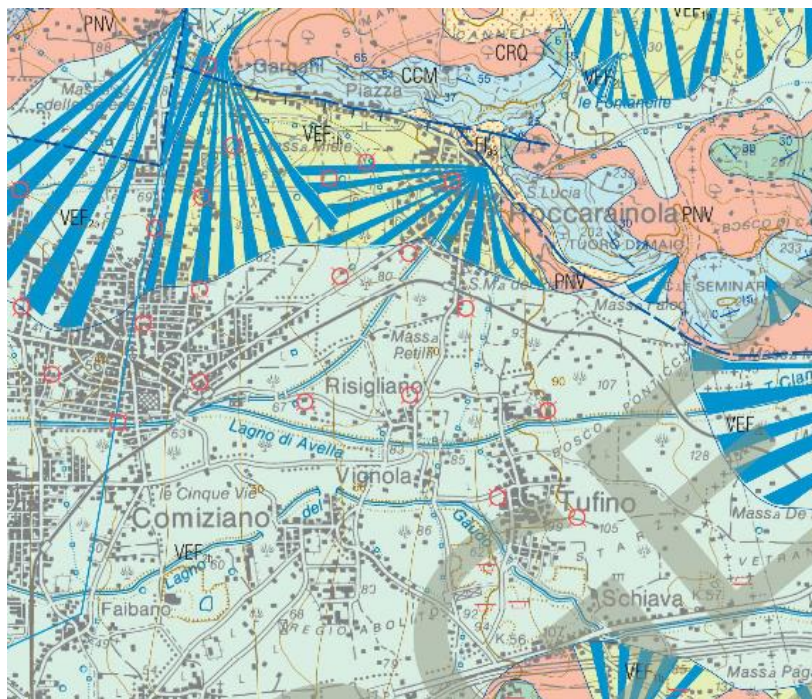


Figura 15: Fonte: Ispra- carta Geologica D'Italia scala 1:50.000 n°448 Ercolano(CARG).

3.2 *Inquadramento geomorfologico ed idrogeologico.*

Il territorio comunale di Tufino, nella sua costituzione geolitologica ed andamento morfologico, risulta essere il frutto dell'attività vulcanica ed erosiva connessa alla già citata fase tettonica di sprofondamento. In queste condizioni si origina una morfologia tipica e piuttosto semplice. La pianura si estende piatta ed uniforme nella parte più bassa intorno ai Regi Lagni e si va elevando dolcemente verso il Vesuvio e verso le dorsali calcaree dell'Appennino, le quali si ergono con pendio spesso ammorbidito dalla soffice coltre dei materiali vulcanici.

I terreni che costituiscono il sottosuolo del comune di Cicciano sono da considerarsi, in generale, acquiferi permeabili per porosità: le acque di dilavamento superficiale e di infiltrazione tendono a permeare abbastanza rapidamente nel sottosuolo fino a raggiungere la falda di base. L'estrema variabilità giaciturale del materiale alluvionale e piroclastico-alluvionale rimaneggiato, l'ampia gamma granulometrica dei terreni costituenti il sottosuolo influisce in modo significativo sul grado di permeabilità del mezzo attraversato, presentandosi variabile sia orizzontalmente che verticalmente. Infatti in tali terreni esistono orizzonti in cui il grado di permeabilità varia da basso a scarsamente permeabile nei terreni limosi ed argillosi a medio-alto in quelli sabbiosi grossolani. La falda principale è accolta nei materiali al di sotto del complesso tufaceo: essa presente carattere freatico ove il Tufo Grigio Campano è assente o di ridotto spessore, altrimenti è in diversa misura confinata in relazione alla potenza ed alle caratteristiche tessiturali e strutturali del Tufo; la profondità media della falda è di circa 70 m al di sotto del piano campagna.

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per lo Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 sono state preventivamente reperite tutte le informazioni pregresse esistenti sul territorio. Tali informazioni consistono in indagini geognostiche (sondaggi), prove in situ (es. prove penetrometriche SPT, DPSH e prove sismiche Down-Hole, MASW, HVSR e tomografie elettriche), prove di laboratorio. In aggiunta sono state eseguite indagini sismiche di tipo MASW e misure di microtremore (HVSR) al fine di determinare gli spessori delle coperture di suolo ed individuare la frequenza caratteristica di risonanza di sito.

Tutte le informazioni recuperate, hanno consentito di redigere la cartografia delle indagini per l'area di studio a scala di dettaglio, che nell'ambito delle attività relative al livello 1 di approfondimento, costituisce il primo passo per la definizione del quadro conoscitivo del sottosuolo.

Per il presente studio sono state prese in considerazione le indagini geognostiche dirette ed indirette effettuate per la redazione dei seguenti lavori:

- 1) Studio geologico-tecnico e sismico finalizzato alla redazione del Progetto di ampliamento del complesso cimiteriale comunale, Anno 2010. Le indagini geognostiche considerate comprendono:
 - N.1 sondaggio meccanico, a carotaggio continuo, spinto fino ad una profondità massima di 35,5 metri;
 - N. 6 sondaggi a distruzione di nucleo, spinti alla profondità massima di 28 metri;
 - N. 3 prelievi di campioni indisturbati sui quali sono state eseguite specifiche prove di laboratorio;
 - N. 4 Prove Penetrometriche Dinamiche tipo DPSH;
 - N. 1 indagine geofisica Down-Hole;
 - N. 2 indagini geofisiche MASW.
- 2) Studio geologico-tecnico e sismico per il progetto della Scuola Tecnica Ambientale (ambito di intervento: funzionalizzazione, qualificazione e potenziamento della dotazione infrastrutturale dei sistemi di sviluppo), Rione Gescal, anno 2010. Le indagini geognostiche considerate comprendono:
 - N.1 sondaggio meccanico, a carotaggio continuo, spinto fino ad una profondità massima di 33 metri;
 - N.2 Prove Penetrometriche Dinamiche in foro (SPT);
 - N. 3 Prove Penetrometriche Dinamiche tipo DPSH;

- N. 1 indagine sismica Down-Hole.
- 3) Studio geologico-tecnico e sismico per i Lavori di adeguamento funzionale e sismica della scuola materna sita in Risigiliano – Indagini preliminari e prove ai fini della redazione del progetto CUP, Anno 2014. Le indagini geognostiche considerate comprendono:
- N.1 sondaggio meccanico, a carotaggio continuo, spinto fino ad una profondità massima di 30 metri;
 - N. 2 Prove Penetrometriche Dinamiche in foro (SPT);
 - N. 1 prelievo di campione indisturbato sul quale sono state eseguite specifiche prove di laboratorio;
 - N. 2 Prove Penetrometriche Dinamiche tipo DPSH;
 - N. 1 indagine geofisica Down-Hole.
- 4) Studio geologico-tecnico e sismico per il progetto per la realizzazione di un asilo nido comunale, Anno 2011. Le indagini geognostiche comprendono:
- N. 1 Prova Penetrometrica Dinamica tipo DPSH;
 - N. 1 indagine geofisica MASW.
- 5) Perforazioni per la ricerca idrica presenti all'interno dell'Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984) - ISPRA:
- N. 3 sondaggi meccanici a distruzione di nucleo spinti fino alla profondità massima di 80,00 metri.
- 6) Studi geologici con l'esecuzione di indagini geoelettriche TEV per l'individuazione di una cavità sotterranea in via IV Novembre, Anno 2013. Le indagini geognostiche considerate comprendono:
- N. 1 prospezione geofisica TEV.
- 7) Studio geologico - tecnico per "Recupero sottotetto e realizzazione discesa al garage seminterrato" via Fiume, effettuato dal Dott. Geol. Carmine Domenico Manganiello; le relative indagini geognostiche furono eseguite nel 2012 e consistono in:
- N.1 prova penetrometrica dinamica super pesante spinta alla profondità di 8,60 m;
 - N.1 Indagine geofisica HVSR.
- 8) Studio geologico - tecnico per "Abbattimento e ricostruzione fabbricato" via Nazionale delle Puglie, effettuato dal Dott. Geol. Carmine Domenico Manganiello; le relative indagini geognostiche furono eseguite nel 2015 e consistono in:

- N.1 prova penetrometrica dinamica super pesante spinta alla profondità di 10,60 m;
 - N.1 Indagine geofisica HVSR.
- 9) Studio geologico – tecnico per “Sopraelevazione ai sensi del D.P.R. 380/01 e SS.MM.II.” via Roma, effettuato dal Dott. Geol. Carmine Domenico Manganiello; le relative indagini geognostiche furono eseguite nel 2016 e consistono in:
- N.1 prova penetrometrica dinamica super pesante spinta alla profondità di 11 m;
 - N.1 Indagine geofisica HVSR.
- 10) Studio geologico – tecnico per “Progetto in sanatoria opere realizzate su un fabbricato” Traversa di Via De Nicola, effettuato dal Dott. Geol. Pietro Casalino; le relative indagini geognostiche furono eseguite nel 2018 e consistono in:
- N.1 prova penetrometrica dinamica super pesante spinta alla profondità di 9,60 m;
 - N.1 Indagine geofisica MASW
- 11) . Studio geologico – tecnico per “Costruzione di un fabbricato ad uso agricolo” Via Madonnelle, effettuato dal Dott. Geol. Carmine Negri Cerciello; le relative indagini geognostiche furono eseguite nel 2018 e consistono in:
- N.2 prove penetrometriche dinamiche super pesanti spinte alla profondità massima di 8 m;
 - N.1 Indagine geofisica MASW
- 12) Studio geologico – tecnico per “Costruzione di un ascensore” Via Nazionale delle Puglie, effettuato dal Dott. Geol. Carmine Domenico Manganiello; le relative indagini geognostiche furono eseguite nel 2018 e consistono in:
- N.1 Indagine geofisica HVSR.
- 13) Studio geologico – tecnico per conto di privati in Via Turati, effettuato dal Dott. Geol. Carmine Domenico Manganiello; le relative indagini geognostiche furono eseguite nel 2016 e consistono in:
- N.1 Indagine geofisica HVSR.

Tutte le indagini geognostiche innanzi elencate sono ben distribuite sull'intero territorio comunale oggetto di microzonazione.

Ai fini dell'analisi e dello studio di microzonazione per la stesura della carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica e per l'acquisizione delle informazioni sulle velocità delle onde

sismiche nel sottosuolo sono state prese in considerazione le indagini pregresse innanzi elencate, integrate con indagini sismiche ex-novo del tipo MASW e HVSr.

Tutte le indagini pregresse, compresi i sondaggi geognostici, sono state ricodificate, partendo dalla vecchia identificazione nell'ambito dei rispettivi lavori pregressi, secondo il codice prodotto nell'ambito del sistema di archiviazione "SoftMS 4.0.1".

Nella successive tabelle (Tabella 2-3-4-5) si riportano le precedenti codifiche assegnate a ciascuna indagine e le corrispondenti codifiche generate automaticamente dal software.

Tabella 2: Riepilogo dei sondaggi geognostici e delle informazioni reperite.

Precedente identificativo	Codifica SoftMS 4.0.1	Data	Prof. (m)	Quota s.l.m.	Camp.	SPT
S1_Cimitero comunale	063085P1S2	12/10/2010	35,5	94	3	1
S1_Scuola tecnica	063085P2S8	01/03/2010	33	97	/	2
S1_Scuola materna	063085P3S12	03/07/2014	30	75	1	2
DN1	063085P25SD41	13/10/2010	18	96	/	/
DN2	063085P26SD42	13/10/2010	28	96	/	/
DN3	063085P27SD43	13/10/2010	20	98	/	/
DN4	063085P28SD44	13/10/2010	20	98	/	/
DN5	063085P29SD45	13/10/2010	20	96	/	/
DN6	063085P30SD46	13/10/2010	20	97	/	/
PAISPRA173279	063085P31PA47	ND	80	94	/	/
PAISPRA173358	063085P32PA48	1997	80	96	/	/
PAISPRA173579	063085P33PA49	1997	80	93	/	/

Tabella 3: prove SPT

Precedente identificativo	Codifica SoftMS 4.0.1	Data	Prof. (m)	Colpi	NSPT
S1_SPT1	063085P2SPT9	01/03/2010	1,00-1,45	6/8/8	15,95
S1_SPT2	063085P2SPT10	01/03/2010	8,50-8,95	10/12/18	29,91
S1_SPT1	063085P3SPT14	03/07/2014	2,5-2,95	6/8/8	15,95
S1_SPT2	063085P3SPT15	03/07/2014	23,00-23,45	32/50/60	59,82

Tabella 4: prove MASW reperite ed eseguite

Precedente identificativo	Codifica SoftMS 4.0.1	Data	Prof. (m)
MW01_Cim com	063085L1MASW1	12/10/2010	30
MW02_Cim com	063085L2MASW2	12/10/2010	30
MW01_Asilo nido	063085L3MASW3	06/04/2011	30
MW01_EP	063085L4MASW4	12/02/2018	30

MW02_EP	063085L5MASW5	10/10/2016	30
MASW_01_MS	063085L6MASW6	12/04/2019	30
MASW_02_MS	063085L7MASW7	12/04/2019	30

Tabella 5: prove HVSR reperite ed eseguite

Precedente identificativo	Codifica SoftMS 4.0.1	Data	Prof. (m)
HVSR01_EP	063085P20HVSR34	04/07/2014	30
HVSR02_EP	063085P21HVSR35	07/07/2014	30
HVSR03_EP	063085P22HVSR36	18/05/2016	30
HVSR04_EP	063085P23HVSR37	03/05/2018	30
HVSR05_EP	063085P24HVSR38	01/10/2016	30
HVSR_01_MS	063085P34HVSR50	12/04/2019	30
HVSR_02_MS	063085P35HVSR51	12/04/2019	30
HVSR_03_MS	063085P36HVSR52	12/04/2019	30

5 MODELLO DI SOTTOSUOLO

Il modello geologico del sottosuolo del comune di Tufino è stato desunto attraverso il rilevamento geologico di superficie, perfezionato con informazioni acquisite in base ai sondaggi geognostici a disposizione; successivamente si è passati alla fase di omogeneizzazione, confronto ed integrazione di tutti i dati a disposizione al fine di poter definire, nella maniera più attendibile possibile, il modello geologico di sottosuolo.

È stato valutato, inoltre, relativamente alle indagini e prove pregresse, il grado di attendibilità delle misure così come richiesto dal software di archiviazione. Il livello di attendibilità va da medio ad alto, avendo attribuito il valore "alto" alle sole indagini eseguite per il presente lavoro. La attendibilità "media", attribuita generalmente alle indagini pregresse, non deriva tanto dalla tipologia di indagine quanto dalla data di esecuzione e dalle interpretazioni dei redattori delle indagini a corredo degli studi geologici.

Per la caratterizzazione litotecnica dei terreni si è fatto, quindi, riferimento ai risultati delle indagini in sito e delle prove di laboratorio su campioni indisturbati prelevati nei sondaggi geognostici pregressi.

Il territorio comunale di Tufino sotto l'aspetto geologico è caratterizzato da rilevanti spessori di materiali alluvionali e piroclastici in posto e rimaneggiati, a copertura di un livello tufaceo. Tali materiali, a seconda della maggiore o minore vicinanza dai centri di emissione e delle modalità deposizionali, sono rinvenibili in facies diverse. I prodotti alluvionali e piroclastici in posto e

rimaneggiati (alternanza di ceneri, lapilli, pozzolane e pomici frammisti a clasti di natura calcarea) si rinvengono in strati, livelli e banchi sovrapposti e risultano generalmente sciolti, con diversa granulometria. Intercalati ed a profondità variabile si rinvengono livelli humificati (paleosuoli) a granulometria limo-sabbiosa, a testimonianza di periodi di stasi geomorfologica e dei vicini centri eruttivi.

Nel dettaglio i terreni riconosciuti sul territorio di Tufino sono descritti di seguito.

Terreni di Copertura

-GM (Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo): nelle stratigrafie dei sondaggi questi litotipi sono costituiti da prodotti alluvionali e piroclastici in posto e rimaneggiati, ovvero alternanze di ceneri, lapilli in matrice cineritica, banchi di pomici, elementi di natura calcarea e livelli piroclastici humificati. Si presentano con uno spessore medio pari a circa 9 m. Dai risultati delle prove di laboratorio eseguite su campioni indisturbati, da opportune correlazioni con quanto definito dalle prove DPSH, SPT, indagini su campioni indisturbati e dalle indagini sismiche tipo Down-Hole e MASW questi terreni presentano un peso di volume medio γ pari a circa 1.5 t/m³, un angolo di attrito ϕ^1 medio pari a circa 32° e una velocità media delle onde S pari a circa 250 m/s.

-SM (Sabbie limose, miscela di sabbia e limo): nelle stratigrafie dei sondaggi a questa classe sono correlati il tufo grigio, ovvero l'ignimbrite campana, e il terreno agrario. Il tufo grigio campano si presenta con uno spessore medio di circa 48 m. Dai risultati forniti dalle elaborazioni delle prove DPSH e dalle indagini sismiche tipo MASW e Down-Hole, questi terreni presentano un peso di volume medio γ pari a circa 2 t/m³, un angolo di attrito medio pari a circa 40° ed una velocità media delle onde S pari a circa 600 m/s. Il terreno vegetale ha uno spessore medio di circa 1 m, con velocità media delle onde S pari a circa 100 m/s.

-RI (Terreni contenenti resti di attività antropica): a questa classe appartiene il terreno di riporto con uno spessore medio di 0,8 m, con velocità media delle onde S pari a circa 120 m/s.

-GW (Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia): a questa classe appartiene la ghiaia carbonatica con uno spessore medio di circa 1 m nelle zone più superficiali (intorno ai 6 m di profondità rispetto al piano campagna), con velocità media delle onde S pari a circa 299 m/S; mentre nelle zone più profonde (a circa 67 m di profondità dal piano campagna) tale litotipo si presenta con spessori di circa 12 m.

- **SW (Sabbie ben pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose):** a questa classe appartiene la sabbia grossolona con inclusioni calcaree con uno spessore medio di circa 10 m, con velocità media delle onde S pari a circa 221 m/s, un peso di volume medio γ pari a circa 1,5 t/m³, un angolo di attrito medio pari a circa 27°.

-**SC (Sabbie argillose, miscela di sabbia e argilla):** a questa classe appartiene il livello di sabbia argillosa rosso bruna con raro ghiaietto calcareo, con uno spessore medio di circa 2 m.

6 ELEMENTI DI CRITICITÀ ED INCERTEZZE

Gli aspetti analizzati in tutta la documentazione geologica acquisita ha consentito di pervenire ad un livello conoscitivo dell'assetto geologico-geomorfologico abbastanza chiaro, base per i successivi livelli degli studi di microzonazione sismica di livello 1.

Il modello geologico del sottosuolo contempla però alcune criticità:

1. I sondaggi geognostici analizzati in questo contesto, che raggiungono profondità di circa 30 m (cod. 063085P1S2, 063085P2S8, 063085P3S12) e i sondaggi effettuati per la ricerca idrica, che raggiungono profondità di 80 m rispetto al piano campagna (cod. 063085P31PA47, 063085P32PA48, 063085P33PA49), non hanno permesso di poter definire nella sua completezza lo spessore del tufo grigio campano, mentre sia grazie a tali indagini che a quelle sismiche eseguite per codesto studio (MASW cod. 063085L6MASW6, 063085L7MASW7 e HVSR con cod. 063085P34HVSR50, 063085P35HVSR51, 063085P36HVSR52) è stato possibile definire l'andamento generale del top di tale formazione ignimbratica.
2. La formazione ignimbratica è stata classificata, secondo la nomenclatura degli standard di archiviazione dei terreni di copertura, come "Sabbie limose, miscela di sabbia e limo - Sigla SM", pur avendo caratteristiche geomeccaniche differenti da tali tipi di terreni trattandosi di materiale consolidato e generalmente litoide appartenente a formazioni superficiali. Infatti, tale litotipo presenta nella sua parte superficiale uno spinto stato di alterazione e di fratturazione. Le fasi successive di studi di microzonazione sismica dovranno prevedere approfondimenti sulla ricostruzione stratigrafica relativa alle successioni di orizzonti geologico-tecnici rappresentativi dei livelli ignimbratici.
3. Nell'ambito della formazione dell'Ignimbrite Campana si individuano episodi di escavazioni in sotterraneo del litotipo come materiale da costruzione. Questo particolare uso del sottosuolo ha determinato la creazione di una più o meno estesa rete di condotti

e cavità, all'interno della parte litoide della formazione ignimbratica, di difficile individuazione. Nella fattispecie un tale assetto del sottosuolo ha, all'attualità, alcune evidenze superficiali consistenti in episodi di sinkholes antropogenici e condotti di accesso alle cavità a testimonianza della presenza certa di cavità immediatamente al di sotto. La stessa banca dati dell'ISPRA, "Anthropogenic sinkholes della Città Metropolitana di Napoli", riporta per le aree di nostro interesse un certo numero di punti identificati come cavità ai quali sono stati aggiunti e riportati nella CGT e MOPS un numero di sinkholes rilevati da studi pregressi. I punti individuati sia nella banca dati ISPRA che in indagini pregresse sono distribuiti in maniera non uniforme su gran parte del territorio comunale oggetto degli studi di microzonazione sismica. Le evidenze superficiali si localizzano, infatti, sia nei settori periferici sia in quelli del nucleo urbano storico e delle sue frazioni; ciò ha determinato una cartografazione, sia nella CGT che nelle MOPS, dell'intero territorio comunale oggetto degli studi di microzonazione sismica con un'ulteriore classificazione legata alle forme di superficie e sepolte, nella fattispecie come aree con cavità sepolte.)

I livelli successivi di approfondimento avranno, quindi, anche lo scopo di localizzare questi elementi di origine antropica a pericolosità indotta al fine di definire l'andamento geometrico delle cavità e le loro dimensioni.

4. La formazione ignimbratica, in epoca più recente, è stata interessata anche da una tipologia di escavazione a cielo aperto. Ciò ha determinato la creazione di estese aree cavate a cui sono associati orli di scarpate morfologiche di altezze comprese tra i 10 e i 20 m. Tali forme superficiali, cartografate sia nella CGT e sia nelle MOPS, rappresentano particolari settori a pericolosità indotta.
5. Dall'analisi delle stratigrafie dei sondaggi ISPRA eseguiti per la ricerca idrica, estrapolate dall'Archivio Nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984), si evince che a profondità di circa 60 m dal piano campagna, nel settore centrale del comune di Tufino, al di sotto del livello tufaceo vi è la presenza di un livello di ghiaia calcarea in matrice sabbiosa indicante una fase di apporto sedimentario di incerto ambiente deposizionale (cod. 063085P31PA47, 063085P32PA48 e 063085P33PA49). Tali depositi, potrebbero essere ascrivibili alla parte superficiale più francamente detritica del substrato geologico calcareo e sismico, e ciò è evidenziato anche dalle elaborazioni delle indagini di tipo HVSR, eseguite per lo studio di microzonazione sismica di I livello, che registrano picchi a bassa frequenza (tra 1,9 e 2,6 Hz) localizzando il bedrock sismico a profondità comprese

tra i 50 e i 100 m dal piano campagna. I livelli successivi di approfondimento avranno, quindi, lo scopo di meglio definire l'eventuale presenza di un substrato geologico e sismico.

7 ELABORATI CARTOGRAFICI

7.1 *Carta delle Indagini*

In accordo con quanto indicato negli Standard di rappresentazione cartografica e archiviazione informatica - Versione 4.0b (<http://www.protezionecivile.gov.it>) la Carta delle Indagini riporta la posizione cartografica di tutte le indagini acquisite e di tutte le indagini effettuate ex novo nel corso del presente studio.

Tutti i punti di indagine sono rappresentati con la simbologia idonea a distinguerne il tipo.

7.2 *Carta Geologico-Tecnica*

Sulla base di una accurata revisione a scala di dettaglio delle cartografie già redatte, in particolare di quelle geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, unitamente all'elaborazione dei dati litologici, stratigrafici, litotecnici e sismici acquisiti, nonché ad un controllo in situ mediante rilevamento, è stata elaborata e redatta la Carta geologico-tecnica in scala 1:5.000, quale carta di sintesi ed elaborato propedeutico alla stesura della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS).

La Carta geologico-tecnica è stata realizzata sia in formato cartaceo che digitale (realizzata in ambiente GIS), utilizzando la simbologia prevista dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 4.0b, Ottobre 2015).

Per quanto riguarda i terreni di copertura, questi sono stati raggruppati in funzione della litologia prevalente e dell'ambiente deposizionale che li ha originati. Sono stati dunque distinti i seguenti gruppi, secondo gli Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica redatti dal DPC (versione 4.0b, Ottobre 2015):

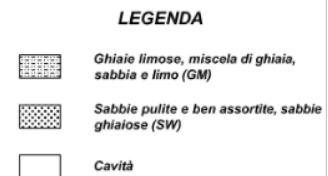
Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo (GM): sono costituiti da prodotti alluvionali e piroclastici in posto e rimaneggiati, ovvero alternanze di ceneri, lapilli in matrice cineritica, banchi di pomici, elementi di natura calcarea e livelli piroclastici humificati. Si presentano con uno spessore medio pari a circa 9 m. L'ambiente deposizionale è di piana pedemontana (pd).

Come già accennato precedentemente, all'interno della Carta Geologico-tecnica sono state cartografate come "forme di superficie e sepolte" le cavità isolate, segnalate dall'ISPRA

nell'ambito del progetto "Anthropogenic sinkholes della Città Metropolitana di Napoli" e dallo studio geologico per il progetto "Integrazione al Piano Regolatore Generale" - Anno 2005.

Per meglio comprendere i rapporti litostratigrafici fra le diverse formazioni presenti sono state tracciate due sezioni geolitologiche significative (Figura 14 e Figura 15), le cui tracce sono riportate nella Carta Geologico - Tecnica (CGT), con andamento O-E per la sezione A e NO-SE per la sezione B.

La scelta dell'ubicazione delle sezioni geolitologiche significative ha seguito le indicazioni contenute nel Paragrafo 2.3.4. delle Linee Guida degli ICMS. Nella fattispecie, il settore territoriale oggetto di studio presenta un pendio con inclinazione sempre inferiore ai 15° e dislivelli mai superiori ai 30 m. Una delle sezioni geolitologiche attraversa un'area di escavazione di materiale tufaceo che ha prodotto nel tempo scarpate morfologiche di altezze superiori ai 10 m; tali discontinuità morfologiche possono comportare l'amplificazione del moto del suolo connessa con la focalizzazione delle onde sismiche



Sezione A

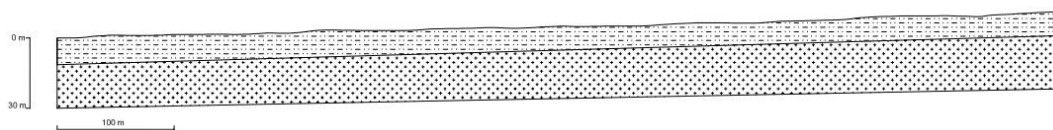


Figura 14: Sezione geologico tecnica "A". Gli zoom sono riportati nello specifico allegato.

Sezione B

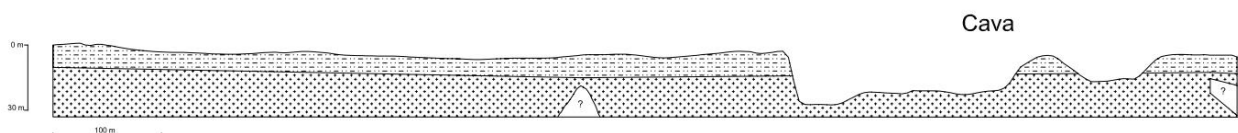


Figura 15: Sezione geologico tecnica "B". Gli zoom sono riportati nello specifico allegato.

7.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (livello 1)

Le informazioni acquisite (rilevamento di campagna, cartografia ufficiale, risultati delle indagini pregresse ed eseguite ex novo) hanno permesso di realizzare la carta delle "**Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica**" (MOPS). Tale cartografia è stata realizzata secondo quanto riportato negli "Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica", tenendo conto anche degli "Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica" redatti dal DPC (versione 4.0b, Ottobre 2015)", per cui sono state individuate le microzone per le quali, sulla base delle osservazioni geolitologiche, geomorfologiche, litostratigrafiche e sulla base dei dati geognostici e geofisici acquisiti, possono essere ipotizzati diversi effetti di amplificazione in caso di evento sismico. La cartografia redatta corrisponde quindi ad un approfondimento di Livello 1 ed individua qualitativamente la geometria delle aree potenzialmente caratterizzate da specifici effetti sismici locali. La carta realizzata permetterà quindi di guidare nuove e necessarie indagini nelle successive fasi di approfondimento identificabili con il livello 2 e/o 3 di microzonazione. L'unione delle informazioni di carattere stratigrafico e delle classi di pendenza del territorio comunale, ha permesso di individuare una microzona omogenea in prospettiva sismica, ovvero una zona stabile suscettibile di amplificazione locale. Per tale zona va sottolineato che la caratterizzazione dei litotipi presenti sul territorio comunale, con particolare riguardo agli spessori ed alle geometrie laterali, presenta ancora diversi aspetti approfondire (cfr. par. 6). Notevole importanza, inoltre, ricopre la presenza di cavità all'interno del territorio comunale di Tufino, cartografate come "forme di superficie e sepolte", in quanto tale studio rappresenta un punto di partenza per le necessarie indagini nelle successive fasi di approfondimento, in maniera tale da poter circoscrivere le aree caratterizzate da cavità e la geometria delle stesse (cfr. par. 6). Sulla base delle indagini a disposizione e del rilevamento geologico effettuato è stato ricostruito il modello geologico di sottosuolo (Figura 16). Gli spessori riportati all'interno del modello si riferiscono a quelli medi scaturiti dai dati stratigrafici e sismici derivanti dalle indagini pregresse ed eseguite nell'ambito del presente studio.

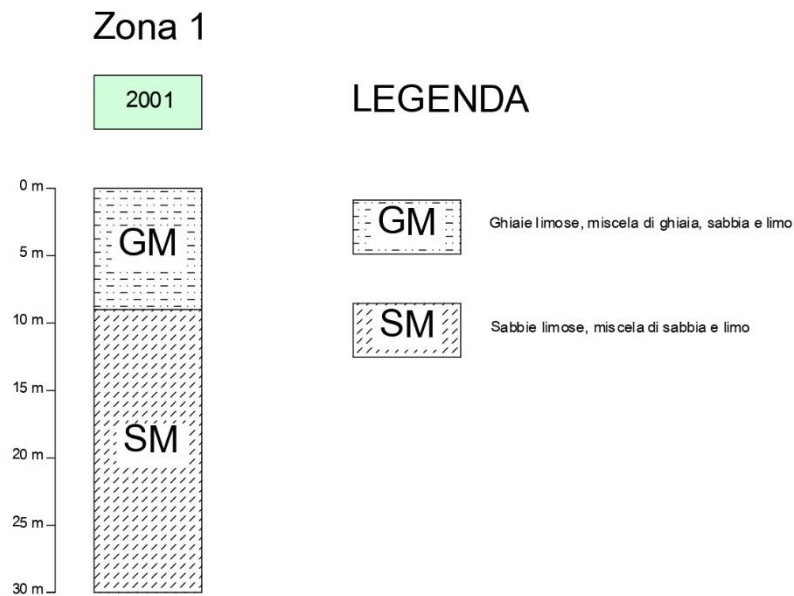


Figura 16. Ricostruzione geologico-tecnica del sottosuolo, per ogni litotipo è indicato lo spessore medio.

La zona indicata con la 2001 (Figura 16) prodotti alluvionali-piroclastici, ovvero alternanze di ceneri, lapilli in matrice cineritica, banchi di pomici, elementi di natura calcarea e livelli piroclastici humificati (spessore medio pari a circa 9 m) poggianti su un livello costituito da tufo grigio campano (spessore medio pari a circa 48 m). Questa zona è distinta da velocità delle onde sismiche Vs che si attestano nei primi 9-10 metri di profondità intorno ai 250 m/s, aumentando poi con le maggiori profondità (fino a circa 600 m/s). I rapporti spettrali HVSR ottenuti dalle indagini eseguite in quest'area mostrano un picco di circa 6 Hz, per il quale è stimabile un contrasto di impedenza alla profondità di circa 10 dal piano campagna.

8 BIBLIOGRAFIA

- http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/query_place.
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale nell'ambito del progetto "Anthropogenic sinkholes" della Città Metropolitana di Napoli, <http://sgi2.isprambiente.it/cmnapoli/>.
- Sistema Nazionale per la protezione dell'Ambiente - ISPRA. <http://sgi2.isprambiente.it/mapviewer/>.
- Consiglio nazionale delle ricerche (ottobre 2018)- *Linee guida per la realizzazione della Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica con adattamento ai contesti vulcanici - Ver. 1.0*
- *Tesi di laurea "Università degli studi di Perugia, Dipartimento di Geofisica e Geologia. Suscettibilità da Sinkholes antropogenici in alcuni comuni dell'area nolana."*, laureando Federico Muccio, Relatore L. Di Matteo, Correlatori O. Colucci, L. Mellelli. Anno accademico 2015-2016.
- Commissione Tecnica per il Monitoraggio degli Studi di MZS (giugno 2012) - Standard di rappresentazione cartografica e archiviazione informatica - *Specifiche tecniche per la redazione in ambiente GIS degli elaborati cartografici della Microzonazione Sismica - Ver. 4.0b* Roma.
- Gruppo di Lavoro MZS (2008) - *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome, Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 Vol. e Dvd.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.
- Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G. and Gasperini P. (1997). *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990*, vol. 2. ING-SGA, Bologna.
- Microzonazione sismica Linee guida per l'elaborazione della carta e delle sezioni geologico tecniche per la microzonazione sismica (CGT_MS), Versione 1.0, Roma 2013.
- Ascione A. e Cinque (1995)-L'età della tettonica trascorrente nell'Appennino campano: il contributo dell'analisi geomorfologica. *St. Geol. Camerti*, v.sp. 1995/2, 41.
- Aprile, Brancaccio Carannante, Cravero, Cinque, Di Nocera, Guida, Iaccarino, Ortolani, Pescatore, Sgrosso e Torre (1978)- Dati preliminari sulla Neotettonica dei fogli 172 (Caserta), 185 (Salerno), 196 (Sorrento) e 197 (Amalfi). *Pubbl. n. 155, Prog. Fin. Geodin.*

- Basi C., Caiazza C., Cinque A. e Messina P. (1993) Le superfici relitte della regione fucense (Appennino centrale) ed il loro possibile significato nella ricostruzione dell'evoluzione geologica. *Il Quaternario*, 9.
- Cinque, (1992a) -Distribuzione spazio-temporale dei movimenti tettonici verticali nell'Appennino campano-lucano: alcune riflessioni. *St. Geo. Camerti*, v.sp. 1992.
- Cinque (1992b) - Verso una reinterpretazione delle evidenze geomorfologiche di neotettonica in un'area di tetto-genesi recente: l'Appennino campano-lucano. *n Quaternario*, 5.
- Ortolani e Aprile (1985)-Principali caratteristiche stratigrafiche strutturali dei depositi superficiali della Piana Campana. *Bol. Soc. Geol. Ital.*, 104.
- ORTOLANI (1978)-Alcune considerazioni sulle fasi tettoniche mioceniche e plioceniche dell'Appennino Meridionale *Bol. Soc. Geol. Ital.*,97.
- Scacchia. (1885) - La regione vulcanica fluorifera della Campania. *Atti Acc. Scienze Fisiche e Matematiche*, serie 2, 2, Napoli.

Appendice 1

La normativa di riferimento

- D.L. n. 39 del 28/04/2009, convertito in Legge n. 77 del 24/06/2009 – Interventi urgenti di Protezione Civile in materia di prevenzione del rischio sismico.
- O.P.C.M. n. 4007 del 29/02/2012 – Attuazione dell’articolo 11 del Decreto legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77.
- O.P.C.M. 20 marzo 2003 n° 3274 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” (G.U. n.105 del 08/05/2003)”;
- Decreto 14/01/2008 del Ministero delle Infrastrutture “Norme tecniche per le costruzioni” (GU n.29 del 04/02/2008);
- Decreto 17/01/2018 del Ministero delle Infrastrutture “Nuove Norme tecniche per le costruzioni” (GU n.42 del 20/02/2018);
- Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti approvata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" (Gazzetta Ufficiale del 26.02.2009 n. 47, supplemento ordinario n. 27);
- Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, 2008 – Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome;
- Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.0b, 2015.