

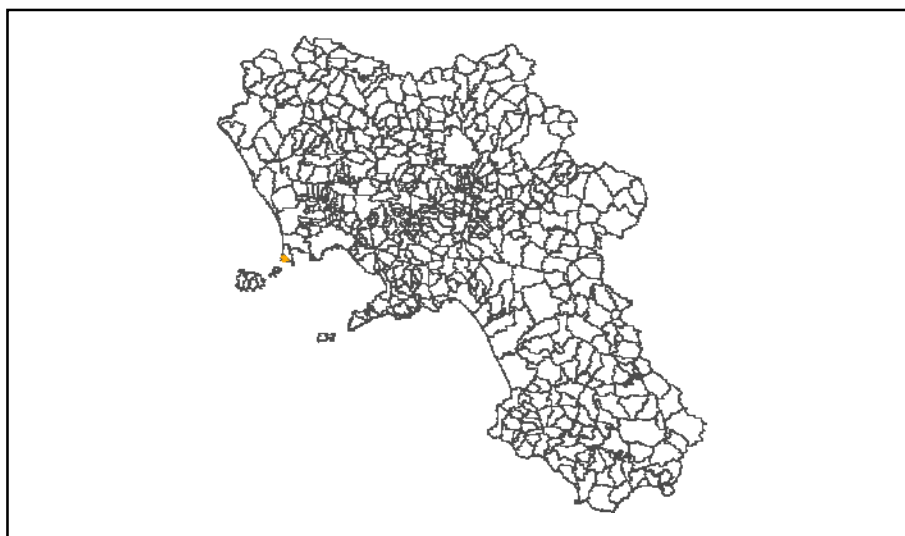
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

Regione Campania

Comune di Monte di Procida (NA)



Regione Campania

Soggetto realizzatore:  
Dr. Geol. Giovanni De Falco  
(Geologo incaricato)

Dott. geol. Marco Cavallaro

Data: Maggio 2018

Rev. 1: Marzo 2019

## INDICE

1.INTRODUZIONE.....	2
2.DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO .....	3
2.1. Cenni sulla sismicità storica dell'area.....	4
2.2. Pericolosità sismica.....	6
2.3 Pericolosità vulcanica.....	9
2.4. Attività sismica recente.....	11
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	11
3.1 Aspetti geologici generali.....	11
3.2-Prodotti del vulcanismo antecedente l'eruzione della Ignimbrite Campana.....	15
3.3-Eruzione dell'Ignimbrite Campana.....	15
3.4- Prodotti del vulcanismo tra 39.000 e 15.000 anni.....	16
3.5- Tufo Giallo Napoletano.....	16
3.6. Vulcanismo più recente di 15.000 anni.....	18
3.7. Vulcani e prodotti vulcanici presenti sul territorio di Monte di Procida.....	22
3.8 Aspetti geomorfologici generali.....	25
3.9. Aspetti idrogeologici generali.....	28
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	30
4.1 Indagini geognostiche.....	30
5. MODELLO DI SOTTOSUOLO.....	46
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	50
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	51
8. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	52
8.1 Carta delle indagini (Tav. n. 1).....	52
8.2 Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica (Tav. n. 2).....	53
8.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica. (Tav. n. 3).....	54
8.4 Commenti finali e criticità.....	60
9. BIBLIOGRAFIA .....	61
10. ALLEGATI .....	63

## 1. INTRODUZIONE

Con determinazione n. 9 del 17-01-2018 del Responsabile del Settore III Servizio Urbanistica del Comune di Monte di Procida è stato affidato allo scrivente l'incarico professionale per indagini e studi di Microzonazione Sismica del territorio comunale.

Lo studio di Microzonazione Sismica consente di suddividere il territorio comunale in zone dal comportamento omogeneo in occasione di un evento sismico e di individuare e perimetrare le aree che a seguito dello scuotimento siano potenzialmente interessate da deformazioni permanenti del terreno.

La Microzonazione Sismica, quale strumento di riduzione e prevenzione del rischio sismico, è un utile supporto per gli strumenti di pianificazione territoriale in quanto indirizza le linee di sviluppo urbanistico verso aree a ridotta pericolosità sismica.

Il presente studio è stato eseguito tenendo presente gli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (ICMS08) e gli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" approvati dalla CTMS (Versione 4.0b, ottobre 2015) nonché l' "Aggiornamento degli indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" (AA. VV. - Ingegneria Sismica-Anno XXVIII- n. 2-2011).

La definizione del modello geologico, con la relativa descrizione delle caratteristiche litologiche e geometriche delle unità geologiche presenti sul territorio comunale, ha consentito l'elaborazione dello studio di Microzonazione Sismica di livello 1 e la suddivisione del territorio comunale in Zone Stabili, Zone Stabili Suscettibili di Amplificazioni Locali e Zone di Attenzione per Instabilità.

L'attività si è svolta procedendo al censimento della cartografia geologica disponibile ed alla validazione della stessa mediante appositi rilievi di campagna e alla ricerca, catalogazione e successiva validazione delle prove geognostiche eseguite negli ultimi decenni sul territorio comunale ai fini sia di una prima caratterizzazione dei terreni che della programmazione e successiva esecuzione di nuove indagini nelle zone in cui era necessario un approfondimento.

Le nuove indagini eseguite, consistenti in misure passive di rumore ambientale (HVSR), hanno avuto l'obiettivo di migliorare e affinare la conoscenza dell'assetto geologico-strutturale ricostruito sulla scorta delle indagini pregresse.

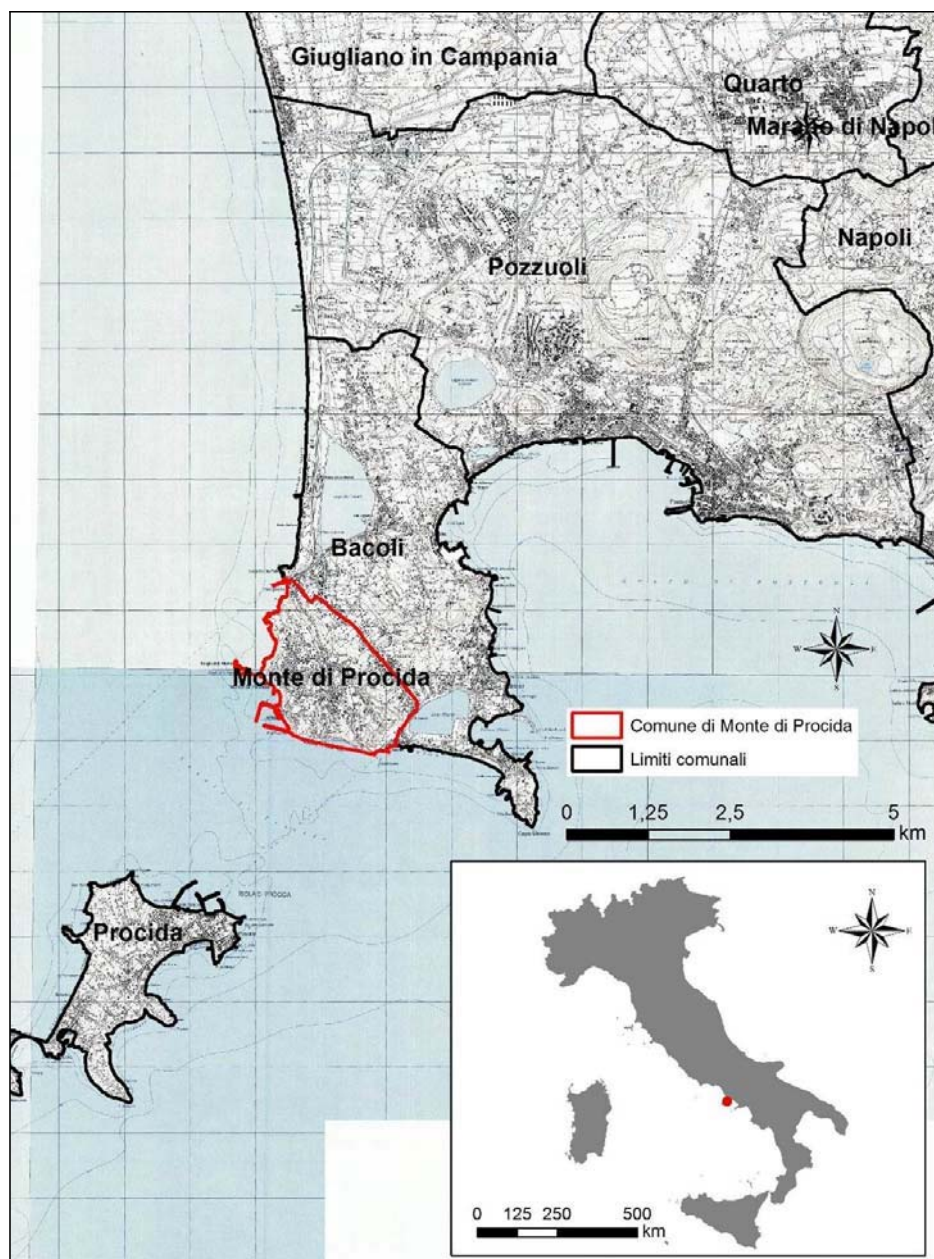
Lo studio è stato condotto in due fasi, la prima elaborando una carta geologico-tecnica ed una carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica sulla scorta delle indagini e prove eseguite negli ultimi decenni sul territorio comunale censite e validate e la seconda, a valle dell'esecuzione delle nuove indagini, confermando o correggendo il modello geologico-tecnico e le microzone precedentemente individuate.

## 2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Il territorio comunale di Monte di Procida ha la superficie di 3.70 km<sup>2</sup>, è riportato nella tavoletta III N.O. (Procida) in scala 1:25.000 del F. 184 della Carta d'Italia, negli elementi n° 447132-133 (Bacoli) e n° 465011-014 (Monte di Procida) della Carta Numerica Regionale in scala 1:5.000 e nei Fogli 183-184, Isola d'Ischia-Napoli, della carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000.

Il territorio comunale è compreso nella parte più occidentale dei Campi Flegrei continentali, confina a nord e ad est con il comune di Bacoli e a sud e a ovest con il mare Tirreno (Fig. n. 1).

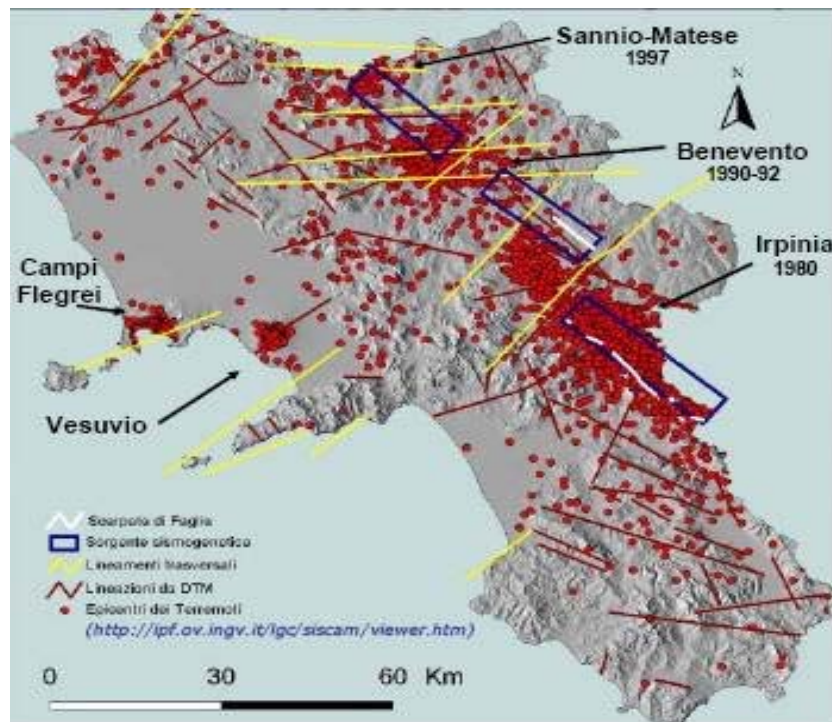
Le coordinate geografiche della sede comunale in WGS84 sono lat. 40.794936, long. 14.055278.



**Fig. n. 1 - Stralcio della tavolette IGM "Isola di Procida" e "Pozzuoli" (scala 1:25.000).**

## 2.1 Cenni sulla sismicità storica dell'area

L'analisi della distribuzione della sismicità storica e recente nella Regione Campania evidenzia che la maggior parte dell'attività sismica è concentrata nella catena appenninica con un'estensione nella fascia costiera vesuviano-flegrea (Fig. n. 2).



**Fig. n. 2 – Epicentri dei terremoti storici nella Regione Campania**

Il territorio comunale di Monte di Procida è ubicato nel settore occidentale dei Campi Flegrei, a circa 70-80 km a Ovest dei margini sismogenetici dell'Appennino Campano.

Per quanto concerne la sismicità dell'area, con particolare riferimento alla macrosismologia, la ricerca su quanto avvenuto in passato si è avvalsa dei cataloghi predisposti dalla Comunità Scientifica ed in particolare della documentazione prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.).

Più in dettaglio sono stati esaminati:

1. il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (ultima edizione CPTI15);
2. il Database macrosismico "DBMI15".

I dati di questa analisi sono riassunti nella Tab. 1 e Fig. n.3.

Da quest'analisi storica si evince che la massima intensità sismica dell'attività tellurica dell'Appennino meridionale risentita nel territorio comunale di Monte di Procida è relativa al terremoto dell'Irpinia del 23/07/1930 (risentito con VI grado MCS).

Per quanto riguarda l'attività sismica dei Campi Flegrei l'evento maggiore catalogato ha una magnitudo presunta di 5,7 ed è accaduto nel 1275 nell'Isola di Ischia.

Storia sismica di Monte di Procida				
Totale numero di terremoti: 3				
Effetti	In occasione del terremoto del			
Is	Anno Me Gi Or	Area epicentrale	Io	Mw
5-6	1930 07 23 00:08:43	Irpinia	10	6.62 $\pm$ 0.09
6	1980 11 23 18:34:52	Irpinia-Basilicata	10	6.89 $\pm$ 0.09
4-5	1990 05 05 07:21:22	Potentino		5.80 $\pm$ 0.09

Tab. 1 - Osservazioni macrosismiche per il comune di Monte di Procida; Is rappresenta l'intensità di sito espressa nella scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg, 1930), mentre Io l'intensità epicentrale (Mercalli-Cancani-Sieberg, 1930), Mw rappresenta la magnitudo momento dell'area epicentrale.

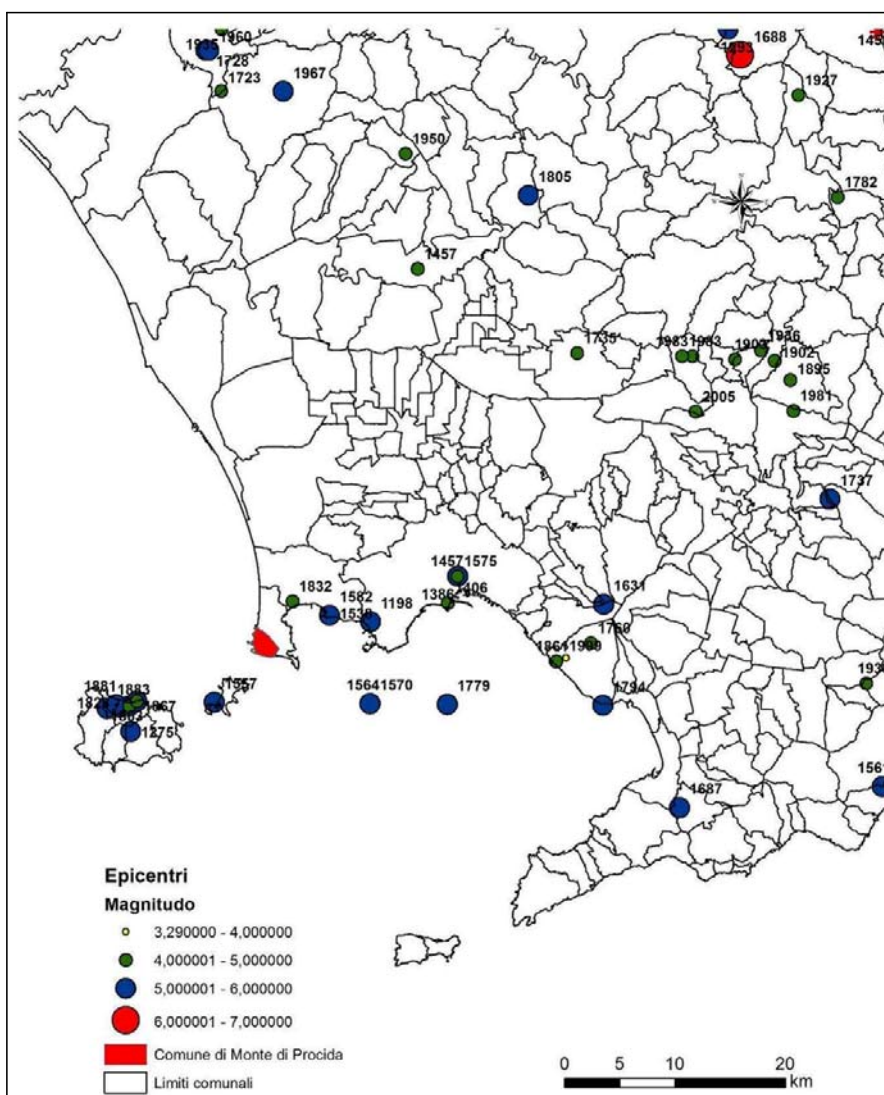


Fig. n. 3 - Mappa dei terremoti storici, con indicazione dell'anno di accadimento, in prossimità del comune di Monte di Procida (da INGV, CPT15).

Oltre i terremoti, l'area vulcanica dei Campi Flegrei è stata sempre caratterizzata da intensi fenomeni deformativi, con forti variazioni del livello del suolo. Le manifestazioni più recenti di questi fenomeni sono rappresentate dalle due crisi di bradisismo del '70-'72 e del '82-'84, durante

le quali si è verificato un sollevamento massimo complessivo di oltre 3 m. In occasione di queste crisi si è avuta una intensa attività sismica. In particolare l'ultima crisi è stata accompagnata da oltre 10.000 terremoti, spesso in sciame. In questi periodi di rapida deformazione del suolo si è osservato anche un incremento dell'attività idrotermale nella zona della Solfatara, in cui si trova un esteso campo di fumarole.

Dopo il 1984 nell'area flegrea è iniziato un processo di lento abbassamento del suolo. Episodi minori di sollevamento si sono avuti nel 1989 e nel 2000, mentre nel 1994 si è avuto un temporaneo arresto dell'abbassamento del suolo. Dal 2004 l'area mostra un trend in leggero sollevamento che nel maggio 2005 ha raggiunto un valore di circa 11 millimetri e gli episodi minori di sollevamento sono stati accompagnati da modesta sismicità, rappresentata da sciame di terremoti di piccola Magnitudo. Nel periodo da maggio a ottobre 2005 si è avuta una stasi del fenomeno di risalita del suolo, mentre da novembre 2005 a marzo 2006 si è verificato un nuovo sollevamento di 13 mm.

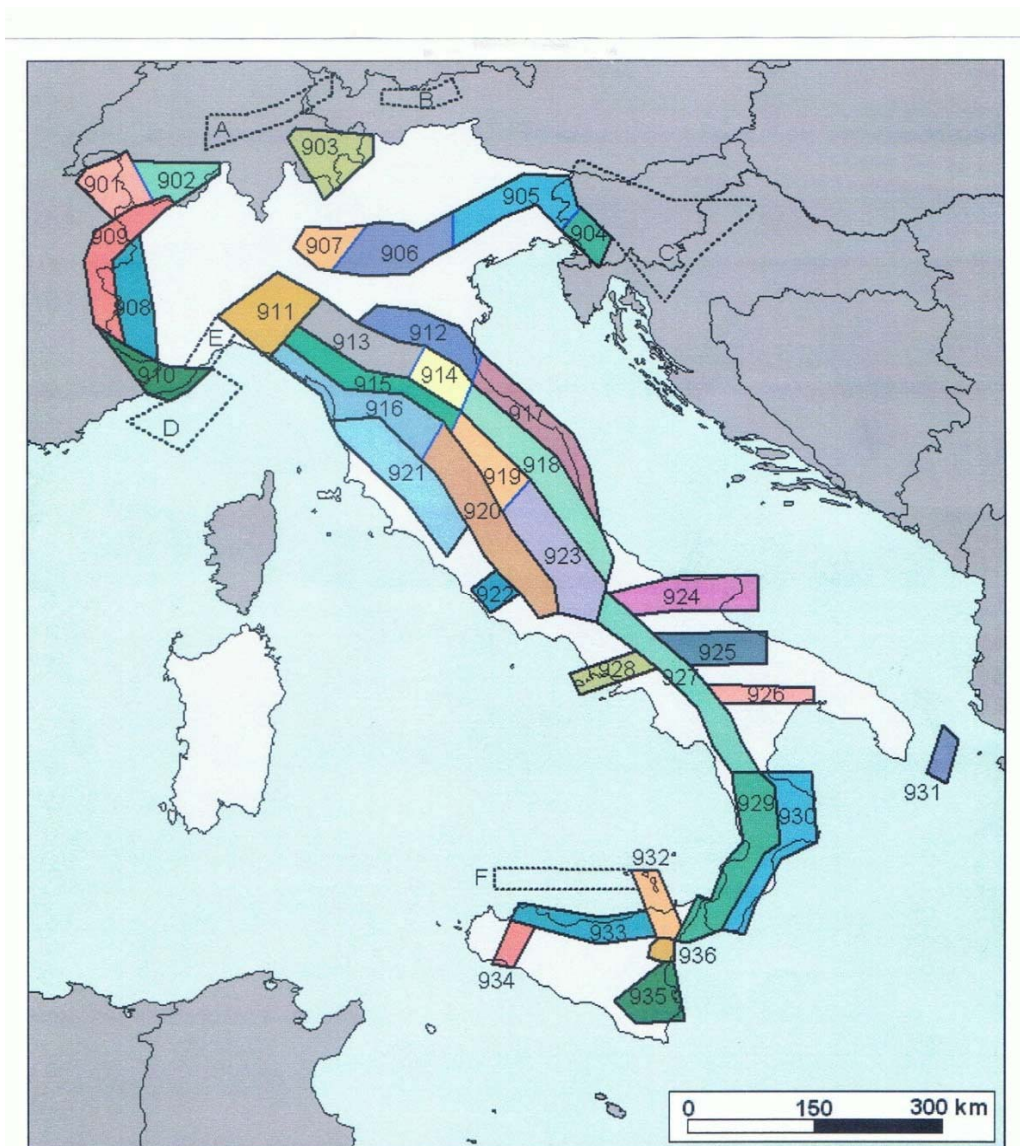
## 2.2 Pericolosità sismica

La valutazione della pericolosità sismica dell'area italiana viene rappresentata sulla base della zonazione sismogenetica ZS9 (Fig. n. 4 e Tabella n. 2) secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone per tutta la penisola italiana, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima  $M_{wmax}$  (Zonazione sismogenetica ZS9, a cura di C. Meletti e G. Valensise, 2004).

Da tale zonazione si evince che il Comune di Monte di Procida rientra totalmente nella zona sismogenetica 928 "Ischia-Vesuvio" a cui si associa una magnitudo di 5,91.

Nome ZS	Numero ZS	$M_{wmax}$
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

**Tab. n. 2 – Valori di  $M_{wMAX}$  per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Zonazione sismogenetica ZS9, a cura di C. Meletti e G. Valensise, 2004-Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (INGV).**



**Fig. n. 4 – Zonazione sismogenetica ZS9 (C. Meletti e G. Valensise, 2004)**

L'area di studio, risente marginalmente dell'attività sismica dell'Appennino meridionale prodotta dal regime tettonico estensionale, essendo totalmente interessata della sismicità di origine vulcanica e vulcano-tettonica dei Campi Flegrei. L'Appennino è stato più volte sede, sia in tempi storici che in epoca strumentale, di terremoti crostali di grande energia (fino a magnitudo 7.1), mentre l'area flegrea si caratterizza per terremoti di moderata energia (fino a magnitudo di poco superiori a 5) e superficiali (3-4 km di profondità), il cui risentimento decresce rapidamente con la distanza epicentrale.

L'allegato A delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, elaborate dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per ottenere i parametri che determinano la forma dello spettro di risposta elastica, prevede che l'azione sismica di riferimento per la progettazione (paragrafo 3.2.3) venga definita sulla base dei valori di pericolosità sismica proposti dal Progetto S1 dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

In riferimento alla mappa della Campania per la pericolosità sismica, i cui dati sono disponibili *on-line* sul sito dell'INGV di Milano

(<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>), redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), si indica che il territorio comunale di Monte di Procida (NA) rientra nelle celle contraddistinte da valori di **ag** di riferimento compresi tra **0.150g e 0.175g** (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50) (Fig. n. 5 e 6).

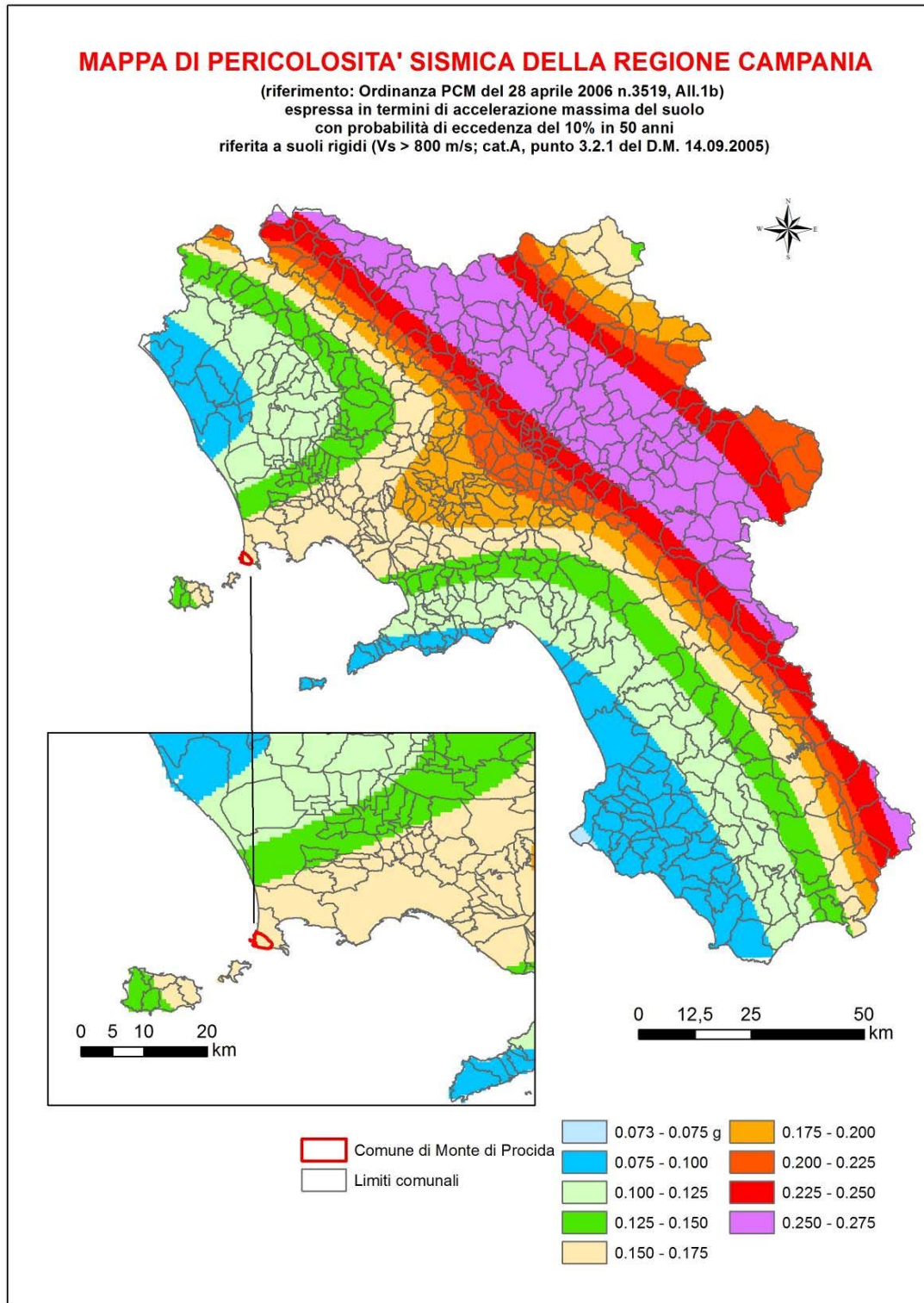


Fig. n. 5 – Mappa della pericolosità sismica della Campania.

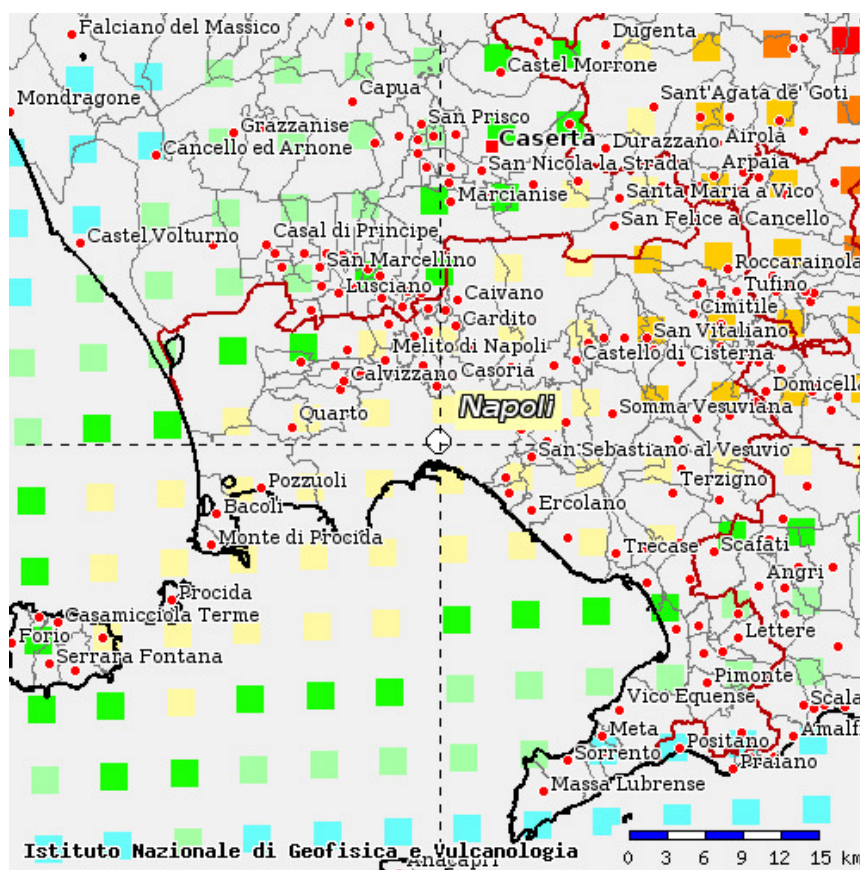
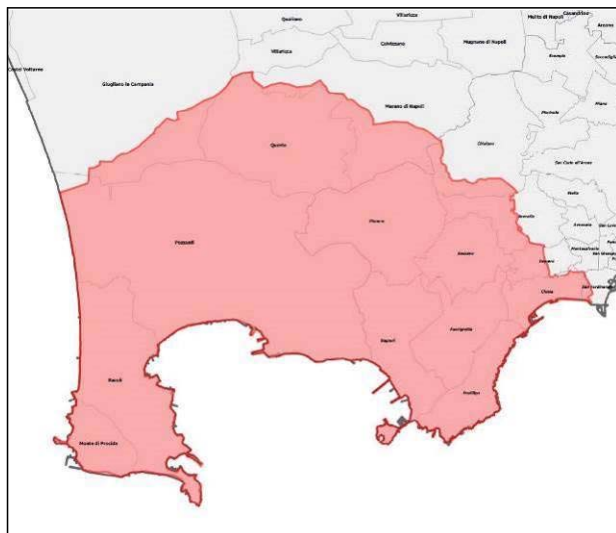


Fig. n. 6 – Mappa della pericolosità sismica dell'area flegrea (Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

### 2.3 Pericolosità vulcanica

La caldera dei Campi Flegrei è un vulcano ancora attivo e per l'intensa urbanizzazione, sia al suo interno (300.000 persone) che nelle aree limitrofe (oltre un milione), il rischio vulcanico risulta estremamente alto. Allo scopo di ridurre questo alto rischio, la Protezione Civile ha redatto un piano di emergenza da mettere in atto in caso di ripresa dell'attività eruttiva.

La nuova zona rossa comprende l'area esposta all'invasione di flussi piroclastici, che consistono in una miscela di gas e materiale solido ad alta temperatura che si muove ad elevata velocità. Si tratta della fenomenologia vulcanica più pericolosa per la vita umana e per la quale l'unica misura di salvaguardia per la popolazione è l'evacuazione preventiva. Rispetto alla zona rossa tracciata nel 2001, la nuova area da evacuare preventivamente comprende anche alcune aree dei comuni di Giugliano in Campania, Quarto, Marano e, a Napoli, i quartieri di Chiaiano e San Ferdinando. Oltre a questi, restano in zona rossa – con qualche modifica nelle delimitazioni - i comuni di Bacoli, **Monte di Procida**, Pozzuoli, e, a Napoli, i municipi di Soccavo-Pianura, Bagnoli-Fuorigrotta, Vomero-Arenella e i quartieri di Posillipo e Chiaia.



**Fig. n. 7 – Nuova zona rossa del Piano nazionale di emergenza per i Campi Flegrei.**

*Scenari eruttivi attesi.* Lo scenario eruttivo definisce l'insieme dei fenomeni pericolosi e la loro area di impatto. In caso di ripresa dell'attività eruttiva, i fenomeni attesi possono essere di intensità e impatto diversi a seconda della tipologia e della scala dell'evento di riferimento e per un'eruzione di scala uguale o inferiore a quella media prevedono:

- la formazione di una colonna eruttiva sostenuta alta qualche chilometro;

- la caduta di bombe vulcaniche e blocchi nell'immediato intorno della bocca eruttiva e di particelle di dimensioni minori (ceneri e lapilli) anche a diverse decine di chilometri di distanza;

- la formazione di flussi piroclastici che scorrerebbero per alcuni chilometri.

In aggiunta, ai Campi Flegrei possono verificarsi particolari fenomeni esplosivi legati al coinvolgimento di acqua esterna, noti come esplosioni freatiche, in aree con intensa attività idrotermale (area Solfatara/Pisciarelli), o dove esistono attualmente disponibilità significative di acqua superficiale, quali zone umide residuo di ambienti lacustri (Agnano), laghi intra-craterici (Averno) e mare (Golfo di Pozzuoli).

*Le aree di pericolosità.* Sulla base della scala dell'evento eruttivo di riferimento e degli scenari connessi, vengono definite le tre zone del Piano (rossa, gialla e blu) per le quali sono previste differenti misure operative. La zona rossa comprende l'area esposta al pericolo di invasione di flussi piroclastici che per le loro elevate temperature e la loro velocità rappresentano il fenomeno più pericoloso per le vite umane; la zona gialla, individua le aree esposte alla ricaduta di lapilli e ceneri vulcaniche, e la zona blu prende in considerazione le zone esposte ai fenomeni di alluvionamento e invasione da colate rapide di fango (*lahar*).

*I livelli di allerta.* Nel documento prodotto dal Gruppo di lavoro sono stati definiti anche i livelli di allerta per i Campi Flegrei, che scandiscono il tempo che precede una possibile ripresa dell'attività eruttiva. Come nella pianificazione di emergenza 2001, i livelli di allerta sono quattro: un livello di base (verde), un livello di attenzione (giallo), un livello di pre-allarme

(arancione) e un livello di allarme (rosso). Il passaggio da un livello di allerta al successivo è stabilito sulla base delle variazioni dei parametri ordinariamente monitorati dal sistema di monitoraggio gestito dall'Osservatorio Vesuviano dell'INGV.

## **2.4. Attività sismica recente**

L'area vulcanica dei Campi Flegrei è stata sempre caratterizzata da intensi fenomeni deformativi, con forti variazioni del livello del suolo. Le manifestazioni più recenti di questi fenomeni sono rappresentate dalle due crisi di bradisismo del '70-'72 e del '82-'84, durante le quali si è verificato un sollevamento massimo complessivo di oltre 3 m. In occasione di queste crisi si è avuta una intensa attività sismica. In particolare l'ultima crisi è stata accompagnata da oltre 10.000 terremoti, spesso in sciame.

In questi periodi di rapida deformazione del suolo si è osservato anche un incremento dell'attività idrotermale nella zona della Solfatara, in cui si trova un esteso campo di fumarole. Dopo il 1984 nell'area flegrea è iniziato un processo di lento abbassamento del suolo. Episodi minori di sollevamento si sono avuti nel 1989 e nel 2000, mentre nel 1994 si è avuto un temporaneo arresto dell'abbassamento del suolo. Dal 2004 l'area mostra un trend in leggero sollevamento. Gli episodi minori di sollevamento sono stati accompagnati da modesta sismicità, rappresentata da sciame di terremoti di piccola Magnitudo. A partire dal ottobre 2004 è iniziato un periodo di debole sollevamento che nel maggio 2005 ha raggiunto un valore di circa 11 millimetri. Nel periodo da maggio a ottobre 2005 si è avuta una stasi del fenomeno di risalita del suolo, mentre da novembre 2005 a marzo 2006 si è verificato un nuovo sollevamento di 13 mm.

## **3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA**

### **3.1 Aspetti geologici generali**

Il campo vulcanico dei Campi Flegrei è situato nella parte centrale della Piana Campana dove le attività legate alle fasi tettoniche distensive plio-quadernarie hanno innescato prima lo smembramento e, durante il Quaternario, il successivo pronunciato sprofondamento di alcune migliaia di metri delle unità meso-cenozoiche dell'Appennino Campano con conseguente innesco delle attività vulcaniche.

Successivamente i prodotti delle attività vulcaniche ed i prodotti coevi dell'attività erosiva delle acque continentali hanno colmato il "graben" e conseguentemente portato alla formazione della Piana stessa (Rittman et alii, 1950; Luongo et alii, 1991). (Fig. n. 8)

Il distretto vulcanico dei Campi Flegrei si configura come una struttura calderica all'interno della quale sono stati attivi, negli ultimi 39.000 anni, più di settanta centri eruttivi. L'attuale struttura è stata originata dalla sovrapposizione di due collassi calderici (Orsi et alii, 1996), il primo più ampio legato all'eruzione dell'Ignimbrite Campana (IC- 39000 anni; De Vivo et al., 2001) ed il secondo manifestatosi nel settore sud-occidentale del primo in occasione dell'eruzione del Tufo Giallo Napoletano (TGN; 12.000

anni; Alessio et al.,1973).

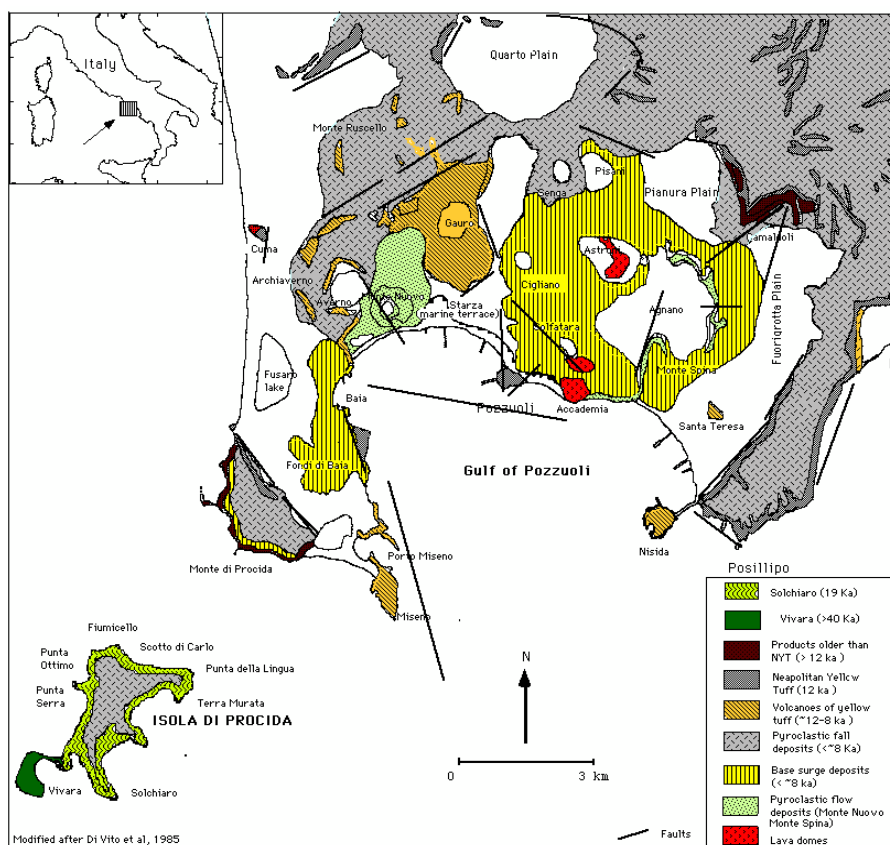


Figura n. 8 - Carta geologica dei Campi Flegrei (da Orsi et alii,1996)

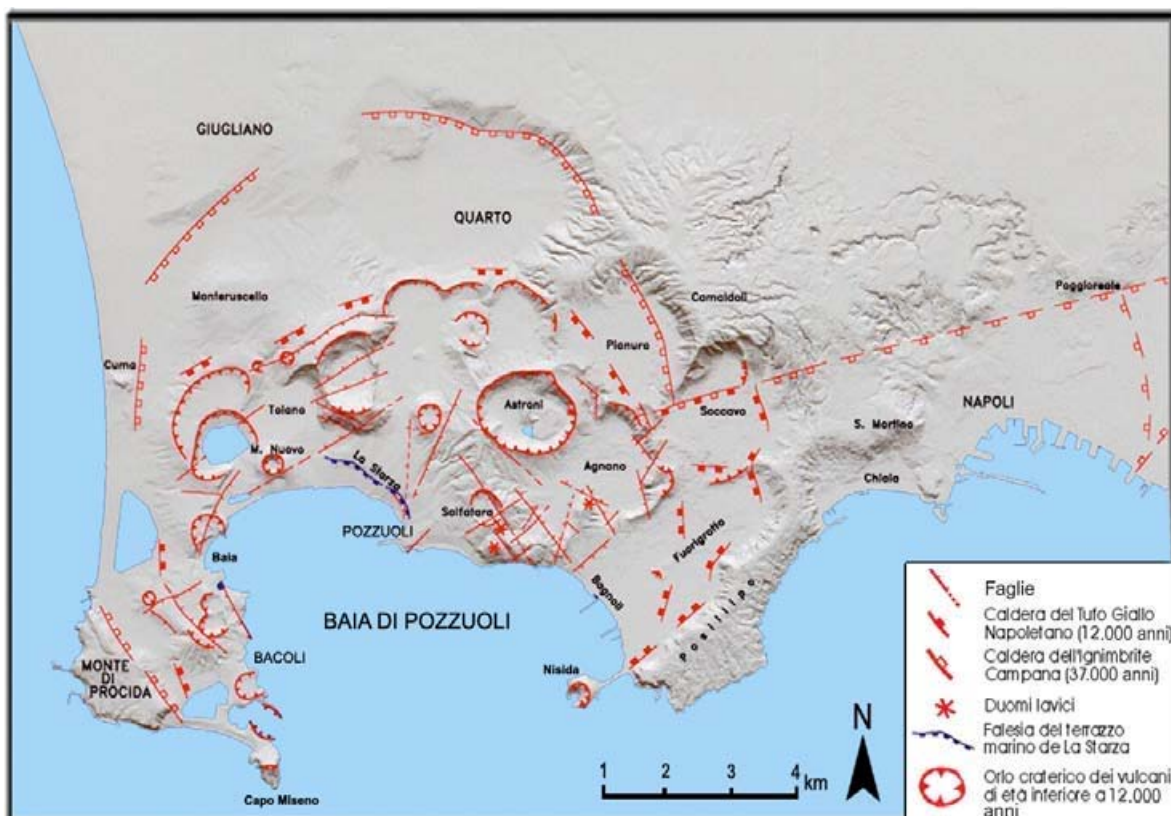
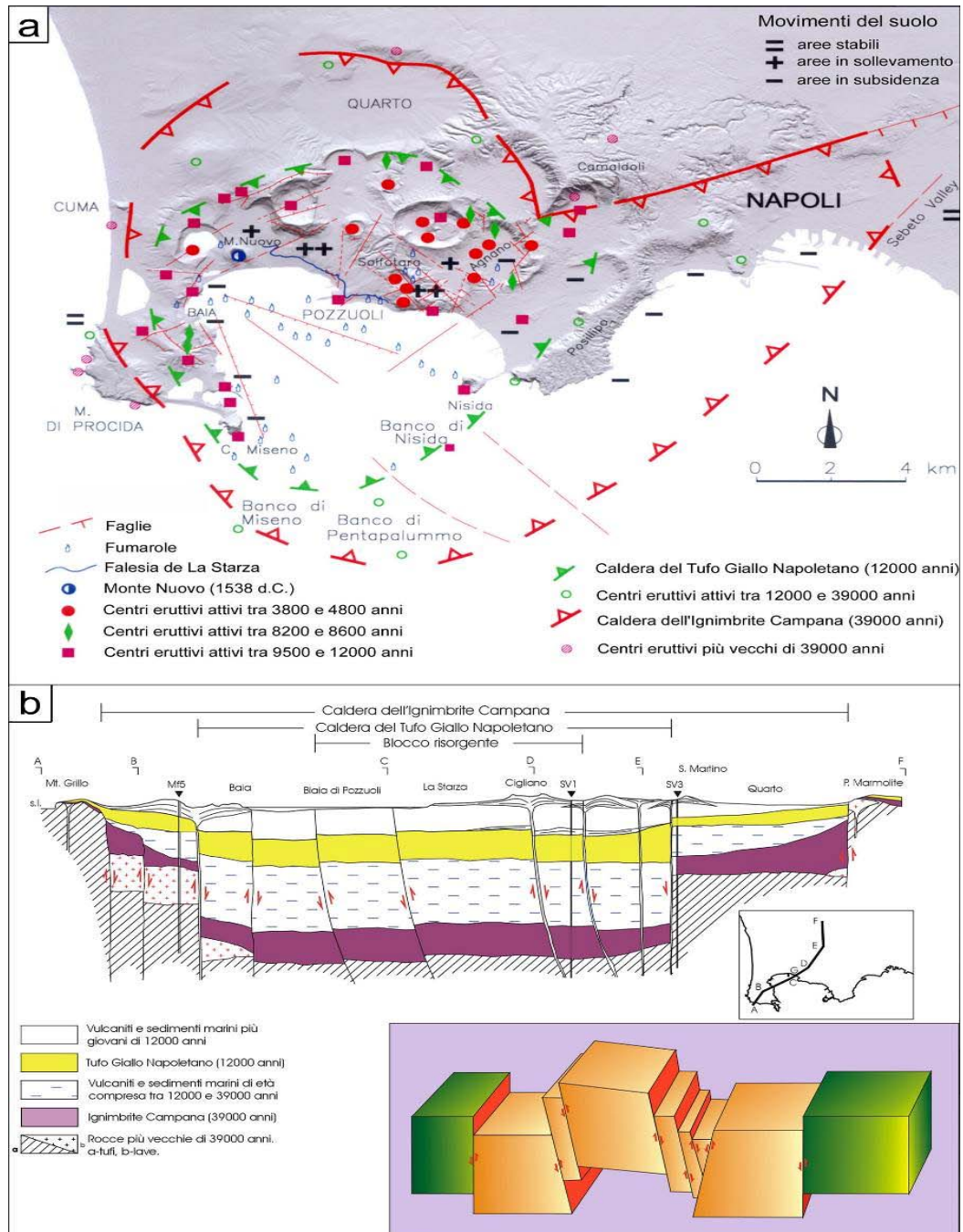


Figura n. 9 – Carta morfo-strutturale dell'area napoletano-flegrea.

Quest'ultima parte è stata poi sede di una intensa attività vulcanica e vulcanotettonica più recente (Figura n. 9 ).

Il margine strutturale della caldera si evidenziò in conseguenza sia della formazione di nuove faglie che della riattivazione di strutture preesistenti e attualmente si distingue in una parte emersa ed una sommersa. (Figura n. 10)



**Fig. n. 10 - a) Carta strutturale della caldera dei Campi Flegrei; b) sezione geologica orientata SW-NE (la traccia è riportata nell'inserito) e modello di risorgenza a blocchi per taglio semplice (modificato da Orsi et al., 1991, 1996, 1999; Di Vito et al., 1999).**

Nella parte emersa i margini sono spesso nascosti dai prodotti vulcanici più recenti dell'Ignimbrite Campana o dall'evoluzione morfologica delle scarpate. Tuttavia i predetti margini affiorano in modo evidente a Monte di Procida, Cuma, lungo i confini della piana di Quarto e Pianura nonché lungo l'allineamento Camaldoli- Poggioreale.

Nella parte sommersa il margine della caldera è stato ricostruito sulla base di evidenze geofisiche, morfologiche e strutturali (Orsi et al., 1996) (Fig. n. 10).

La ricostruzione degli eventi vulcanici si può sintetizzare come segue (Figura n. 11):

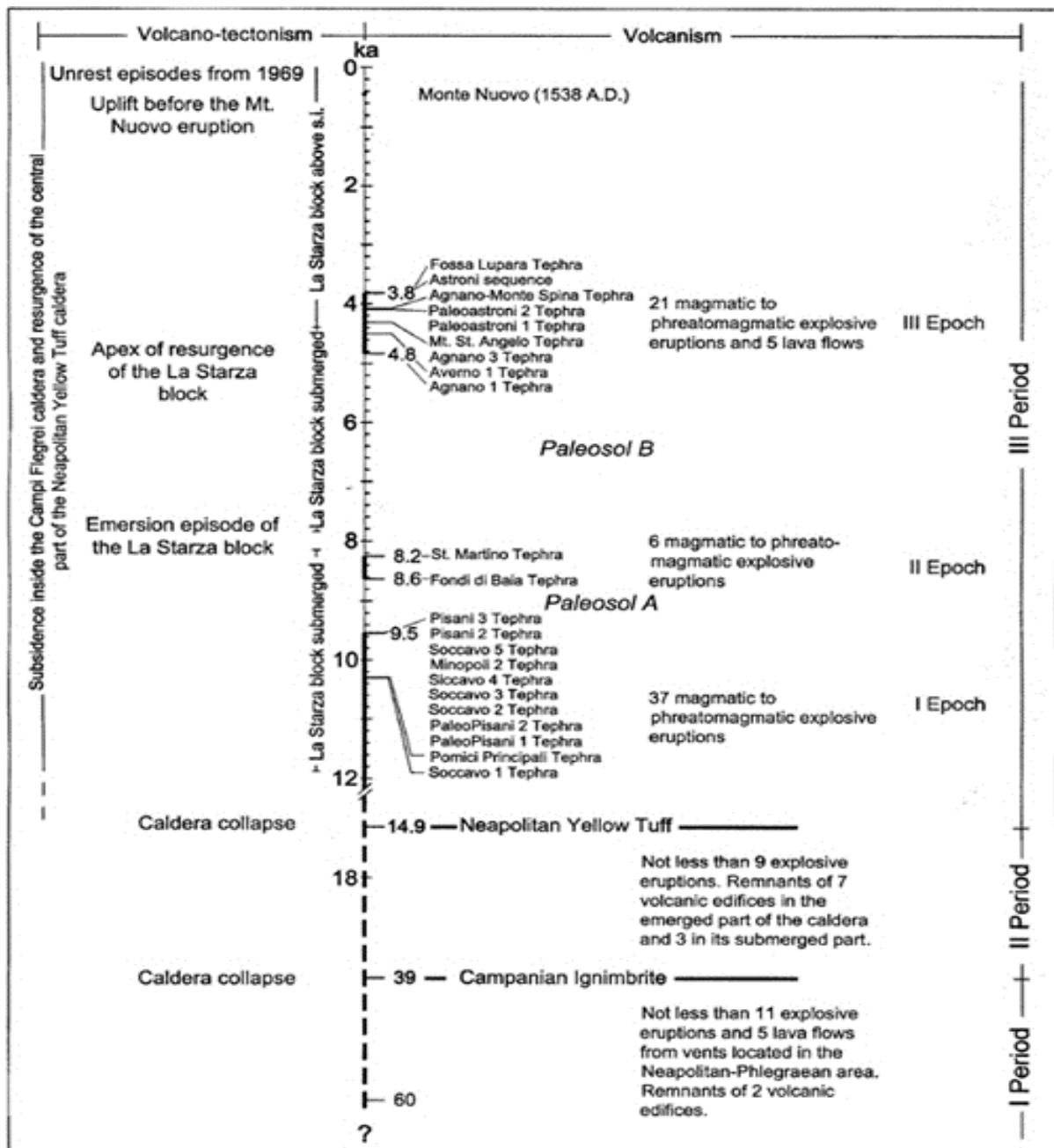


Figura n. 11 – Cronogramma dell'attività vulcanica dei campi Flegrei.

- Vulcanismo più antico di 39.000 anni;
- Eruzione dell'Ignimbrite Campana;
- Vulcanismo di età compresa tra i 39.000 e i 15.000;
- Eruzione del Tufo Giallo Napoletano;
- Vulcanismo più recente di 15.000 anni.

I prodotti dell'attività vulcanica che si rinvenivano nel territorio di Monte di Procida sono i seguenti:

### **3.2-Prodotti del vulcanismo antecedente l'eruzione della Ignimbrite Campana (più antichi di 39.000 anni).**

Le rocce deposte antecedentemente all'eruzione dell'Ignimbrite Campana comprendono la cupola lavica trachitica ricoperta da un deposito scoriaceo stratificato dell'isolotto di S. Martino avente l'età di  $76,8 \pm 3,9$  ka ed i prodotti più o meno coevi della Formazione di M. Grillo.

La Formazione di M. Grillo è costituita da due termini, i prodotti del Vulcano di Vitafumo che, in corrispondenza della spiaggia omonima, si presenta con un deposito trachitico stratificato di ceneri con pomici e litici avente spessore di circa 30 metri e i prodotti sovrapposti del vulcano di Miliscola costituiti da una successione di livelli di ceneri e ceneri e pomici che nella parte alta passa a strati massivi di lapilli pomicei con l'interposizione di livelli decimetrici di ceneri.

Ai predetti terreni si sovrappongono con spessori variabili i prodotti provenienti da vulcani localizzabili nell'Isola d'Ischia (Formazione di Pignatiello Auct., membro della baia di Porticello e Gruppo di Punta Serra) e nell'Isola di Procida (Tufo di Fiumicello).

Alla predetta attività seguì l'eruzione dell'Ignimbrite Campana.

### **3.3-Eruzione dell'Ignimbrite Campana**

L'Ignimbrite Campana è un deposito da flusso piroclastico a composizione da trachitica a fonolitica caratterizzato da un'elevata viscosità e da una temperatura relativamente bassa (Barberi et al., 1978), con caratteristiche variazioni tessiturali verticali.

Dalla zona basale, non sempre presente, costituita da cinerite non saldata, si passa ad una zona intermedia più spessa, scarsamente saldata, con abbondanti pomici e tessitura da eutassitica a caotica verso l'alto; nella parte alta del deposito si arriva ad una zona non saldata a tessitura caotica. Le pomici presentano una gradazione inversa, mentre i frammenti litici hanno una gradazione diretta. Nella zona intermedia sono spesso presenti una fessurazione colonnare e *pipes structures*.

Altra caratteristica macroscopica osservabile in questo deposito è la variazione, spesso graduale, di colore dal grigio al giallo per fenomeni idrotermali.

La tipica facies grigia dell'Ignimbrite consiste di pomici e frammenti litici dalle svariate dimensioni, immerse in una matrice di fondo cineritica, che rappresenta circa il 90% del volume totale. Nella facies gialla, invece, è presente una pronunciata zeolitizzazione secondaria.

Nel corso dell'eruzione il materiale più grossolano e pesante si sarebbe depositato nelle zone prossime al punto di emissione. In questo deposito

grossolano, denominato "Breccia Museo" sono stati distinti quattro orizzonti a partire dal basso (Note illustrative della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50.000- Foglio 465 Isola di Procida): Il Flusso Pomiceo Inferiore, la Breccia soprastante, il livello di *Spatter* saldati ed il Flusso Pomiceo Superiore. Lo spessore del deposito è variabile "mostrando un forte controllo da parte della topografia preesistente"

Nel territorio di Monte di Procida il termine "Breccia Museo" è costituito da blocchi lavici arrotondati, da blocchi tufacei, da grosse scorie di lava e da litici del basamento sedimentario immersi in una matrice cineritica sabbiosa relativamente scarsa. Il termine si presenta a luoghi cementato e verso l'alto passa a piroclastiti sciolte giallastre con concentrazioni di pomici stratificate con andamento ondulato. Lo spessore del deposito è maggiore in corrispondenza delle paleodepressioni.

### **3.4- Prodotti del vulcanismo tra 39.000 e 15.000 anni.**

Le rocce riconducibili alle eruzioni prodottesi nel periodo di tempo compreso "tra l'eruzione dell'IC e quella del Tufo Giallo Napoletano, sono esposte lungo il bordo della caldera dell'Ignimbrite Campana, all'interno della città di Napoli e lungo i versanti nord occidentale e sud occidentale della collina di Posillipo" (INGV Sezione di Napoli-Osservatorio Vesuviano). Si tratta generalmente di prodotti di eruzioni esplosive a carattere freatomagmatico. Le caratteristiche di queste rocce in affioramento, indicano che "i centri eruttivi,...., erano ubicati all'interno della Caldera dell'Ignimbrite Campana, sia nella parte attualmente emersa, sia nella parte che attualmente si trova sotto il livello del mare nel golfo di Napoli. In particolare a Torregaveta, Monticelli, Monte Echia, lungo il versante meridionale delle colline di San Martino e Capodimonte, e lungo i versanti nord-occidentale e sud-occidentale della collina di Posillipo. Anche i vulcani sommersi del Banco di Pentapalumbo e del Banco di Miseno, che si trovano nella Baia di Pozzuoli, appartengono a questo periodo di attività". (INGV Sezione di Napoli-Osservatorio Vesuviano).

Nel territorio di Monte di Procida i prodotti chiaramente presenti riconducibili al periodo sono le Piroclastiti di Torregaveta ed il Tufo di Solchiaro. Le piroclastiti di Torregaveta (22,3 ka) sono costituite da un deposito stratificato incoerente con strati decimetrici di scorie scure con intercalati livelli cineritici con scorie disperse. Lo spessore è funzione della distanza dal centro eruttivo passando dai 30 metri e più di località Torregaveta agli 1-2 m. di località Acquamorta e Marina di Vitafumo.

Il Tufo di Solchiaro (19-17 ka), proveniente dalla bocca eruttiva omonima presente sull'isola di Procida, è generalmente sovrapposto alle piroclastiti di Torregaveta si presenta in strati di scorie grigio scure con intercalati livelli cineritici in cui sono presenti piccole scorie.

### **3.5- Tufo Giallo Napoletano (15.000 anni).**

I depositi di Tufo Giallo Napoletano sono il risultato di un'unica eruzione a cui sarebbe legato il collasso dell'area (Lirer et al., 1987). Scarpati e Cole

(1993), in un lavoro basato su dettagliati studi stratigrafici, granulometrici e geochimici, sposano l'ipotesi di una sola eruzione. Questi ultimi collocano il centro di emissione nella parte nord-orientale dei Campi Flegrei e ricostruiscono l'andamento dell'eruzione in base alla sequenza dei prodotti a partire dai depositi basali, costituiti da strati alternati di pomici e ceneri, riconducibili ad una fase eruttiva iniziale freato-pliniana, seguita da una violenta fase di surge e flussi piroclastici.

Il Tufo Giallo Napoletano consiste in un vasto deposito da flusso piroclastico, di colore giallastro e grigiastro e struttura da massiva a stratoide, costituito da pomici, frammenti lavici e tufacei immersi in una matrice cineritica, con una composizione variabile da latitica a fonolitica, probabilmente risultato di una camera magmatica zonata (De Gennaro et al., 2000).

I depositi ascrivibili al Tufo Giallo Napoletano sono stati suddivisi in due membri, il membro inferiore e il membro superiore, che si differenziano per caratteristiche tessiturali, sedimentologiche, area di dispersione e composizione chimica (Orsi et al., 1992, 1995). Il passaggio tra i due membri è evidenziato da una brusca variazione delle caratteristiche tessiturali del deposito e/o da una discordanza angolare. Il Membro Inferiore è stato rinvenuto fino a 35 Km dall'area di emissione ed è costituito da diverse unità da caduta, intercalate da numerosi livelli di cenere a grana fine, con intervalli contenenti lapilli accrezionali e vescicolari.

Il Membro Superiore, rinvenuto fino a circa 14 Km dall'area di emissione, è costituito da una sequenza di depositi da flusso e surges piroclastici, le cui caratteristiche variano in funzione sia della distanza dal centro di emissione che della posizione rispetto al margine della caldera. I depositi del Membro Superiore sono costituiti da alternanze di livelli di ceneri a differente granulometria, da massivi a laminati, con pomici e frammenti litici dispersi, caratterizzati generalmente da un elevato grado di litificazione per zeolitizzazione. All'interno della caldera dei Campi Flegrei (Monte di Procida, Quarto, Collina dei Camaldoli, Vomero, Posillipo e Capodimonte) affiorano prevalentemente depositi da flusso e surges piroclastici del Membro Superiore, mentre nelle aree periferiche (Qualiano, Giugliano, Miano, Ponti Rossi, Poggioreale e comuni a nord di Napoli) depositi costituiti in prevalenza dal Membro Inferiore e composti da ceneri laminate, da scarsamente a non zeolitizzate.

In conclusione il Tufo Giallo Napoletano è generalmente di colore grigio e scarsamente litificato in aree distali, mentre è giallo e litificato per zeolitizzazione (de'Gennaro et al., 1990) nelle aree prossimali.

Le caratteristiche stratigrafiche, sedimentologiche e composizionali del Tufo Giallo Napoletano indicano che il collasso calderico iniziò già nel corso dell'eruzione (Orsi e Scarpati, 1989; Orsi et al., 1991, 1992, 1995; Scarpati et al. 1993; Wohletz et al., 1995). Larga parte del margine strutturale della caldera è stato individuato sulla base di studi gravimetrici e magnetici (Barberi et al., 1991), della distribuzione dei centri eruttivi più recenti del Tufo Giallo Napoletano, dell'andamento di superfici di abrasione marina di età nota e di dati di perforazione superficiale e profonda.

Il versante occidentale ad alto angolo della collina di Posillipo probabilmente rappresenta l'evoluzione morfologica di una scarpata di faglia prodottasi durante il collasso calderico.

Tutti i centri eruttivi più giovani di 15.000 anni sono ubicati all'interno della caldera del Tufo Giallo Napoletano. Il collasso calderico si realizzò attraverso l'attivazione di nuove faglie e la riattivazione di porzioni di faglie persistenti generate dalla tettonica regionale. Il fondo della caldera fu dislocato in una serie di blocchi ribassati in modo differenziale (Fig. 3).

Nel comune di Monte di Procida il Tufo Giallo Napoletano si presenta sia nella facies gialla litoide che nella facies sciolta costituita da alternanze di livelli di ceneri a differente granulometria, da massivi a laminati, con pomici e frammenti litici dispersi.

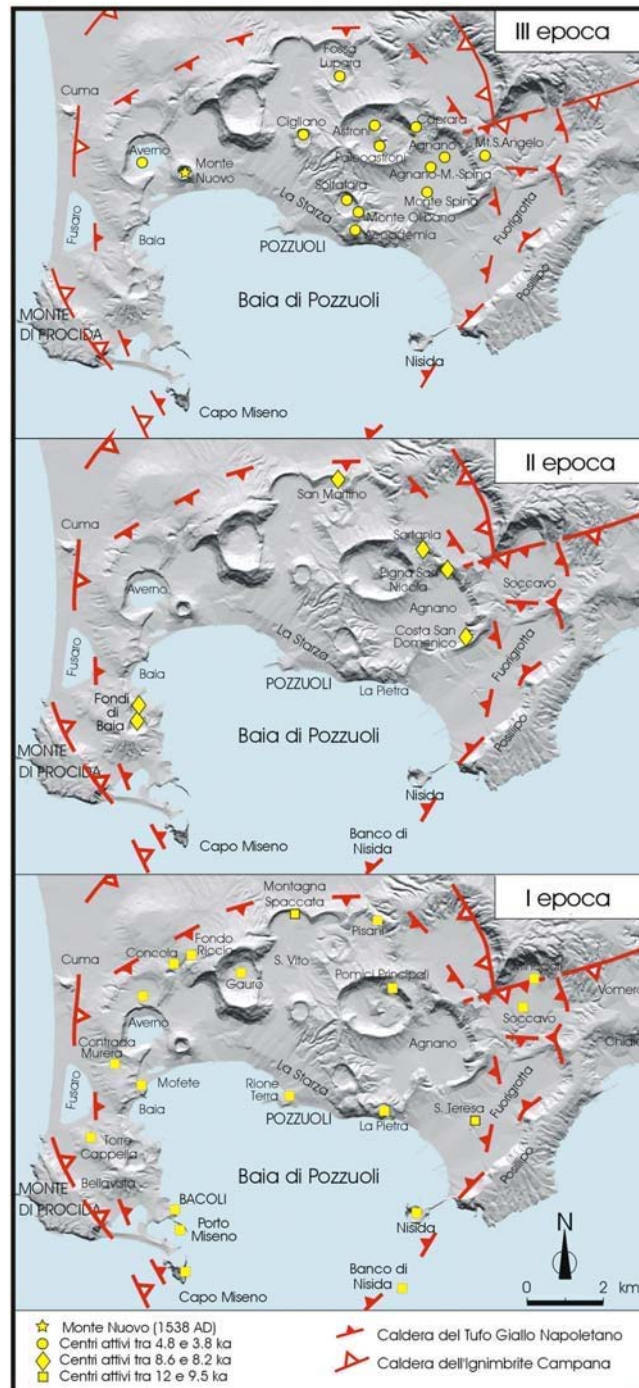
### **3.6 - Vulcanismo più recente di 15.000 anni.**

L'eruzione del TGN e il relativo collasso calderico furono seguiti da un'ingressione marina nell'attuale settore meridionale dei Campi Flegrei. Probabilmente in questa fase gli alti morfologici di Cuma e del Monte di Procida erano delle piccole isole, mentre le piane di Soccavo e Pianura erano emerse.

Il vulcanismo più recente del TGN è stato concentrato in tre epoche di attività, alternate a periodi di quiescenza (Di Vito *et al.*, 1999). Vulcanismo e quiescenza sono strettamente correlati a una intensa deformazione del fondo della caldera prodotta da un fenomeno di risorgenza. La distribuzione areale dei centri attivi in ciascuna epoca è un ottimo tracciante delle strutture attive che hanno favorito la risalita del magma nel tempo. Quasi tutte le eruzioni definite (65 su 70) sono state esplosive e caratterizzate da alternanza di esplosioni magmatiche e freatomagmatiche. Le esplosioni magmatiche hanno generato prevalentemente depositi piroclastici da caduta e subordinatamente da flusso, mentre quelle freatomagmatiche hanno prodotto depositi da *surges* piroclastici. Le eruzioni esplosive sono state di bassa e media *magnitudo*, eccetto due di alta *magnitudo*, avvenute una nella I e una nella II epoca.

Durante la I epoca (12.000 – 9.500 anni), si verificarono 37 eruzioni, tutte esplosive, a una media di una ogni 70 anni. Solamente quella delle Pomici Principali (10.300 anni; Di Vito *et al.*, 1999) fu di alta *magnitudo*. Le eruzioni i cui centri erano ubicati lungo la linea di costa furono di tipo freatomagmatico e produssero prevalentemente *tuff-rings* e *tuff-cones* e generarono *surges* piroclastici che si depositarono nelle aree più prossime ai centri. I centri ubicati lontano dalla costa (es. Soccavo 1, Minopoli 2, Pisani 2; Fig. n. 12) produssero vari tipi di depositi piroclastici ampiamente distribuiti al di fuori della caldera e sull'area oggi occupata dalla città di Napoli. Depositati da caduta coprono il settore nord-orientale del fondo della caldera e i versanti settentrionali della collina dei Camaldoli, fino a 15 km dal centro della caldera stessa. I depositi da caduta delle Pomici Principali coprono un'area molto vasta, con uno spessore di 20 cm a circa 50 km a est-nord-est del centro eruttivo. Correnti piroclastiche depositarono il loro contenuto solido sul fondo della caldera, sul versante settentrionale della collina dei Camaldoli e su una parte della Piana Campana a nord di Cuma. La

distribuzione areale dei centri attivi in questa epoca (Fig. n. 12) suggerisce che il magma riusciva a raggiungere la superficie attraverso tutte le faglie marginali della caldera del TGN e solo attraverso alcune delle faglie all'interno della caldera. Questa distribuzione dei centri implica che il vulcanismo si alimentava essenzialmente attraverso le faglie bordiere.



**Fig. n. 12– Distribuzione dei centri eruttivi della caldera dei Campi Flegrei durante ciascuna delle epoche di attività negli ultimi 12.000 anni.**

Dopo una quiescenza durata circa 1.000 anni, durante la quale si formò il paleosuolo A, iniziò la II epoca di attività (8.600 – 8.200 anni) che

produsse 6 eruzioni esplosive di bassa *magnitudo* che si susseguirono a intervalli medi di 65 anni. I depositi piroclastici di questa epoca coprono un'area molto più ristretta di quella coperta dai depositi della I epoca. I depositi da caduta coprono il fondo della caldera e, con spessori modesti, il versante settentrionale della Collina dei Camaldoli. Il magma raggiunse la superficie solamente attraverso porzioni delle faglie marginali della caldera del TGN.

Una quiescenza di circa 3.500 anni, durante la quale si formò il paleosuolo B, separò la II dalla III epoca. In questo tempo all'interno della caldera si verificò una variazione del regime di *stress*. Fin dal collasso della caldera del TGN, il livello del mare è andato sempre salendo, mentre il blocco de La Starza è stato sollevato con tassi di risorgenza variabili (Di Vito *et al.*, 1999). Questa variabilità nel tasso di risorgenza ha determinato l'alternanza di periodi di emersione e di sommersione del blocco, e la sua definitiva emersione all'inizio della III epoca.

Durante la III epoca (4.800 – 3.800 anni) si ebbero 21 eruzioni esplosive e 5 effusive che si succedettero a intervalli medi di circa 40 anni. Durante questa epoca, l'eruzione di Agnano-Monte Spina fu l'unico evento ad alta *magnitudo* e fu accompagnato da un collasso vulcano-tettonico. Deposit piroclastici da caduta coprono il fondo della caldera e le aree circostanti. Solamente i depositi di Agnano-Monte Spina furono dispersi su un'area molto vasta, a nord-est del centro eruttivo. Correnti piroclastiche fluirono prevalentemente nel basso morfologico della caldera e subordinatamente lungo il versante settentrionale della Collina dei Camaldoli. Solamente le correnti prodotte dalle eruzioni di Agnano-Monte Spina e Astroni raggiunsero distanze rispettivamente di 18 e 7 km dal centro di emissione. Il magma poté raggiungere la superficie solamente attraverso le faglie del settore nord-orientale del fondo della caldera del TGN. Le faglie marginali della caldera del TGN non si comportarono come strutture di alimentazione delle eruzioni.

L'ultimo periodo di quiescenza, iniziato alla fine della III epoca, fu interrotto nel 1538 dall'eruzione che determinò la formazione del *tuff-cone* del Monte Nuovo. Questa eruzione è una delle più piccole verificatesi nei Campi Flegrei e durò solo una settimana. I suoi prodotti sono essenzialmente depositi piroclastici da flusso e da caduta, dispersi su un'area limitata nei dintorni del centro di emissione. L'eruzione fu preceduta da deformazioni del suolo molto vistose e da attività sismica avvertita fino a Napoli (Parascandola, 1947). Essa, così come quella più vecchia di Averno, si verificò all'intersezione di due sistemi di faglie delimitanti la porzione più sollevata del blocco de La Starza.

La risorgenza all'interno della caldera del TGN è cominciata tra 10.500 e 8.000 anni dall'attuale. L'inizio del fenomeno potrebbe essere messo in relazione con l'eruzione trachibasaltica di Minopoli, quando, cioè, nuovo magma, più caldo e meno differenziato rispetto al magma residente, entrò nella camera magmatica superficiale. L'acme della risorgenza è stato raggiunto circa 5.000 anni dall'attuale ed è immediatamente precedente alla III epoca di attività. La risorgenza della parte centrale della caldera del TGN non è avvenuta in maniera omogenea, ma attraverso la dislocazione

verticale differenziale di un numero discreto di blocchi, secondo un meccanismo di taglio semplice (Orsi *et al.*, 1996) (Fig. n. 3).

Negli ultimi 2.000 anni, la caldera del TGN è stata interessata da una deformazione, ben documentata al Serapeo di Pozzuoli (Parascandola, 1947). Due maggiori eventi bradisismici hanno avuto luogo nei periodi 1969–1972 e 1982–1984 (Orsi *et al.* 1999 e bibliografia citata). Durante tutti gli eventi bradisismici il massimo sollevamento del suolo è stato misurato a Pozzuoli. Dopo il 1984 nell'area flegrea è iniziato un processo di lento abbassamento del suolo. Episodi minori di sollevamento si sono avuti nel 1989 e nel 2000, mentre nel 1994 si è avuto un temporaneo arresto dell'abbassamento del suolo. Gli episodi minori di sollevamento sono stati accompagnati da modesta sismicità, rappresentata da sciame di terremoti di piccola Magnitudo. A partire dal ottobre 2004 è iniziato un periodo di debole sollevamento che nel maggio 2005 ha raggiunto un valore di circa 11 millimetri. Nel periodo da maggio a ottobre 2005 si è avuta una stasi del fenomeno di risalita del suolo, mentre da novembre 2005 a marzo 2006 si è verificato un nuovo sollevamento di 13 mm.

Le eruzioni vulcaniche e gli eventi vulcano-tettonici verificatisi negli ultimi 40.000 anni hanno anche determinato l'assetto morfo-strutturale dei Campi Flegrei. Le eruzioni hanno prodotto un elevato numero di edifici vulcanici. I più giovani (es. Astroni, Averno, Solfatara, Monte Nuovo) sono facilmente riconoscibili per la tipica forma tronco-conica. In altri casi le originarie forme vulcaniche sono state modellate e talora in parte smantellate per effetto di eventi vulcano-tettonici, intensi processi erosionali, deposizione di prodotti piroclastici successivi (es.: Nisida, Gauro, Montagna Spaccata, Torre Cappella).

Altro elemento morfologico di primaria importanza per l'area flegrea è dato dalle numerose piane interne e costiere risultanti dagli eventi sia vulcanici che vulcano-tettonici. Alcune depressioni ubicate all'interno della caldera del TGN sono state interessate da ingressione marina, come testimoniato sia dalle caratteristiche dei sedimenti (Orsi *et al.*, 1996) sia dall'occorrenza di tipiche forme deposizionali o erosionali (terrazzi, falesie).

La generale subsidenza della CCF e la risorgenza della parte centrale della caldera del TGN, hanno contribuito in modo rilevante all'articolazione plano-altimetrica dei luoghi. L'effetto più evidente della risorgenza è il terrazzo marino de La Starza, posto a circa 40-60 m s.l.m. e costituito da più intervalli deposizionali di origine marina, intervallati da depositi piroclastici subaerei. La generale subsidenza della CCF è testimoniata dai numerosi resti archeologici di età imperiale che costellano, a profondità per lo più comprese entro l'isobata dei -10 m, il litorale flegreo-napoletano.

Nel territorio di Monte di Procida i prodotti chiaramente attribuibili al periodo sono le cineriti incoerenti con piccole pomice arrotondate e rade scorie provenienti dai centri eruttivi di Baia e Fondi di Baia e di Bacoli che ricoprono i terreni riconducibili al Tufo Giallo Napoletano.

### 3.7 – Vulcani e prodotti vulcanici presenti sul territorio di Monte di Procida.

La costituzione geolitologica del territorio di Monte di Procida deriva sia dall'attività di bocche vulcaniche locali che dai vulcani localizzati nell'isola di Procida e subordinatamente di Ischia nonché dai vulcani che hanno esplicato l'attività nella parte continentale della Caldera dei Campi Flegrei.

I vulcani che hanno esplicato l'attività entro i confini comunali di Monte di Procida (M. Rosi & A. Sbrana, *Phlegrean Fields*. C.N.R. Roma, 1987) sono:

- il vulcano di Miliscola, le bocche eruttive di S. Martino e di Vitafumo antecedenti all'eruzione dell'Ignimbrite Campana (periodo pre-caldera);
- il vulcano di Torregaveta posteriore all'eruzione dell'Ignimbrite Campana (periodo post-caldera).

Le eruzioni che in modo più o meno intenso hanno interessato il territorio di Monte di Procida hanno prodotto i depositi che si riportano di seguito, costituiti da piroclastiti e molto subordinatamente da lave, la cui età è stata ricostruita mediante accertamenti radiometrici e considerazioni stratigrafiche:

- Scorie nere dell'Isolotto di S. Martino: 77 ka;
- Formazione di Monte Grillo costituita dai prodotti del Vulcano di Vitafumo e dai sovrapposti prodotti del vulcano di Miliscola: coevi alle scorie nere dell'isolotto di S. Martino;
- Formazione di Pignatiello *Auct.*, membro della Baia di Porticello, Gruppo di Punta Serra) e Tufo di Fiumicello: 75-60 ka;
- Breccia Museo: 39 ka;
- Piroclastiti di Torregaveta: 22,3 ka;
- Tufo di Solchiaro: 19-17 ka;
- Tufo giallo Napoletano: 15 ka;
- Tufo dei vulcani di Baia e di Fondi di Baia: 9.6 ka;
- Tufo di Bacoli: 8,6 ka;
- Tufo di Porto Miseno 6,5 ka.

I predetti depositi, presenti sul territorio comunale di Monte di Procida sia in modestissimi lembi che in strati dallo spessore variabile in quanto condizionati dalla presenza di paleo-depressioni, sono stati individuati e classificati sia mediante campagne di rilevamento che mediante sondaggi eseguiti nel corso degli anni.

I depositi, ordinati in funzione dell'età, sono di seguito distinti sia in terreni antecedenti alla deposizione della Breccia Museo (pre-caldera) che susseguenti alla stessa (post-caldera) nonché raggruppati ai fini del presente studio:

a) attività post-caldera (dall'attuale a circa 22,3 ka):

- Piroclastiti fini (sabbia limosa e/o limo sabbioso con minute pomici e scorie arrotondate) in genere rimaneggiate (centro abitato), depositi alluvionali recenti e attuali di località Cappella e frazione Miliscola (sabbia limosa e/o limo sabbioso con minute pomici e scorie arrotondate), depositi di spiaggia (sabbia a luoghi ghiaiosa);
- Pozzolana grigia e grigio verdastra dei vulcani di Baia e di Fondi di Baia (Piroclastiti sabbioso limose e/o limo sabbiose, sabbiose, limose,

generalmente sciolte o poco addensate di colore marrone passante in basso a grigio verde, a luoghi con venature marroni, con ghiaia minuta (pomici e subordinatamente scorie) e a luoghi con lenti e livelli di ghiaia (pomici) con a letto un livello di sabbia limosa ossidata (paleosuolo) ;

- Tufo Giallo Napoletano: depositi piroclastici costituiti da sabbie limose con ghiaia pomicea e litici, di colore che varia dal grigio-verdognolo al giallastro, che nella parte orientale del territorio comunale si presentano in facies litoide, con grado di saldatura medio-basso;

- Piroclastiti stratificate superiori derivanti principalmente dalle eruzioni di Torregaveta e di Solchiaro: Piroclastiti limo sabbiose e/o sabbia limosa e sabbia da fine a grossolana, con a letto uno strato di scorie nerastre con intercalate ceneri grigie in livelli generalmente ben distinti, mediamente addensati e a luoghi cementati, con ghiaia minuta (pomici e scorie) e con lenti e livelli di ghiaia (pomici) di diametro fino a 3 cm. Colore dei livelli grigio, grigio scuro e marrone con venature giallastre a luoghi debolmente litificate, con intercalazioni di paleosuoli che testimoniano pausa delle attività eruttive. I predetti terreni, in prossimità del centro eruttivo di Torregaveta, passano ad una breccia tufacea;

b) eruzione dell'ignimbrite Campana (circa 39 ka):

- Breccia Museo, equivalente stratigrafico dell'Ignimbrite Campana: breccia vulcanica costituita da blocchi lavici arrotondati, da blocchi tufacei, da grosse scorie di lava e da litici del basamento sedimentario immersi in una matrice cineritica sabbiosa spesso grossolana relativamente scarsa con a letto pomici in strati e lenti. A luoghi la formazione appare cementata. Verso l'alto passa ad una facies giallastra di piroclastiti stratificate con andamento ondulato, poco o niente litificate. La messa in posto è per flusso piroclastico.

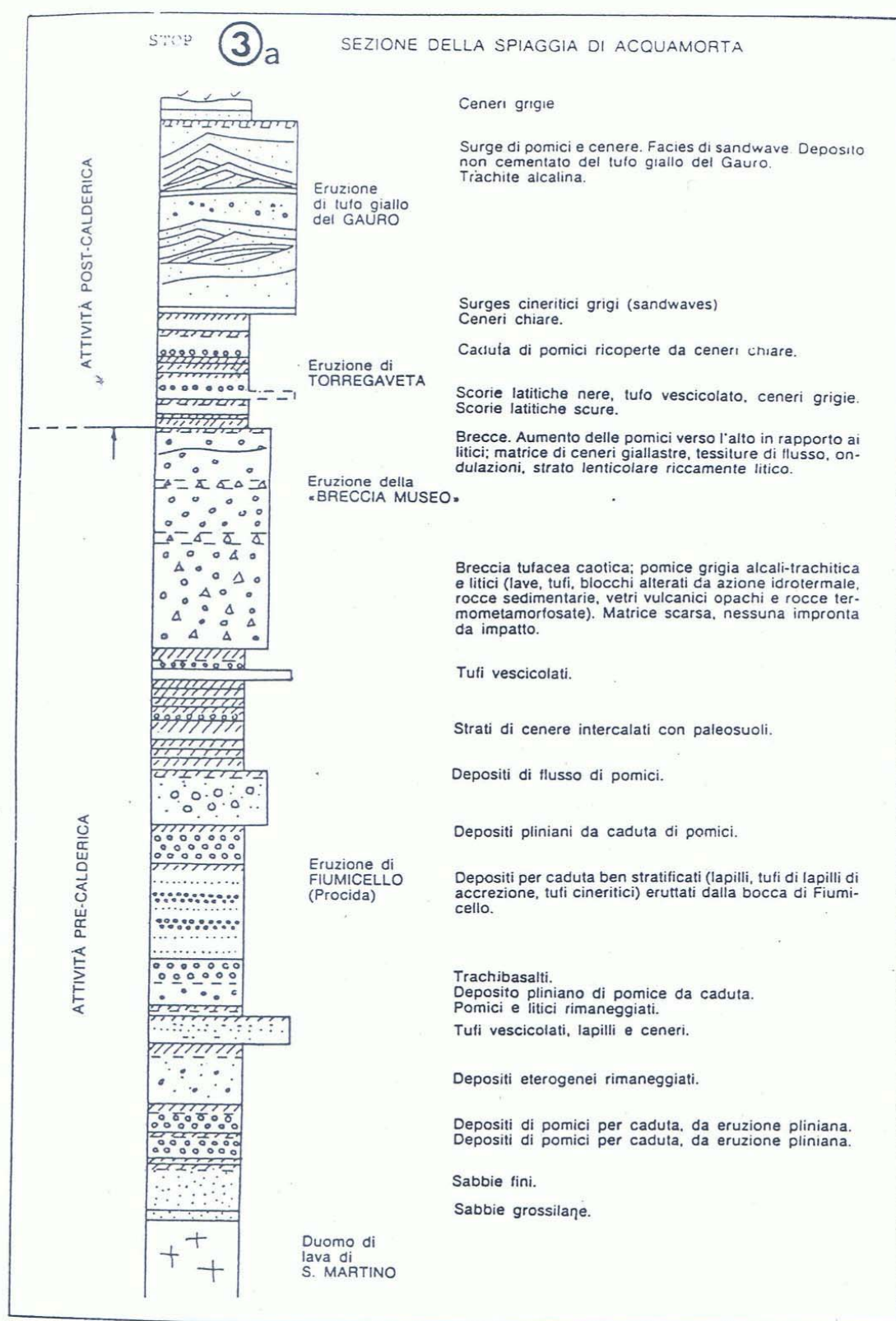
c) attività pre-caldera (età maggiore di 39 ka):

- Piroclastiti stratificate inferiori: alternanze di piroclastiti sciolte e tufi, strati di scorie laviche, pomici e ceneri da caduta e strati di piroclastiti rossastre con intercalati prodotti del vulcano di Fiumicello costituiti da strati di lapilli neri che si alternano con ceneri cementate grigio scure ricche di lapilli;

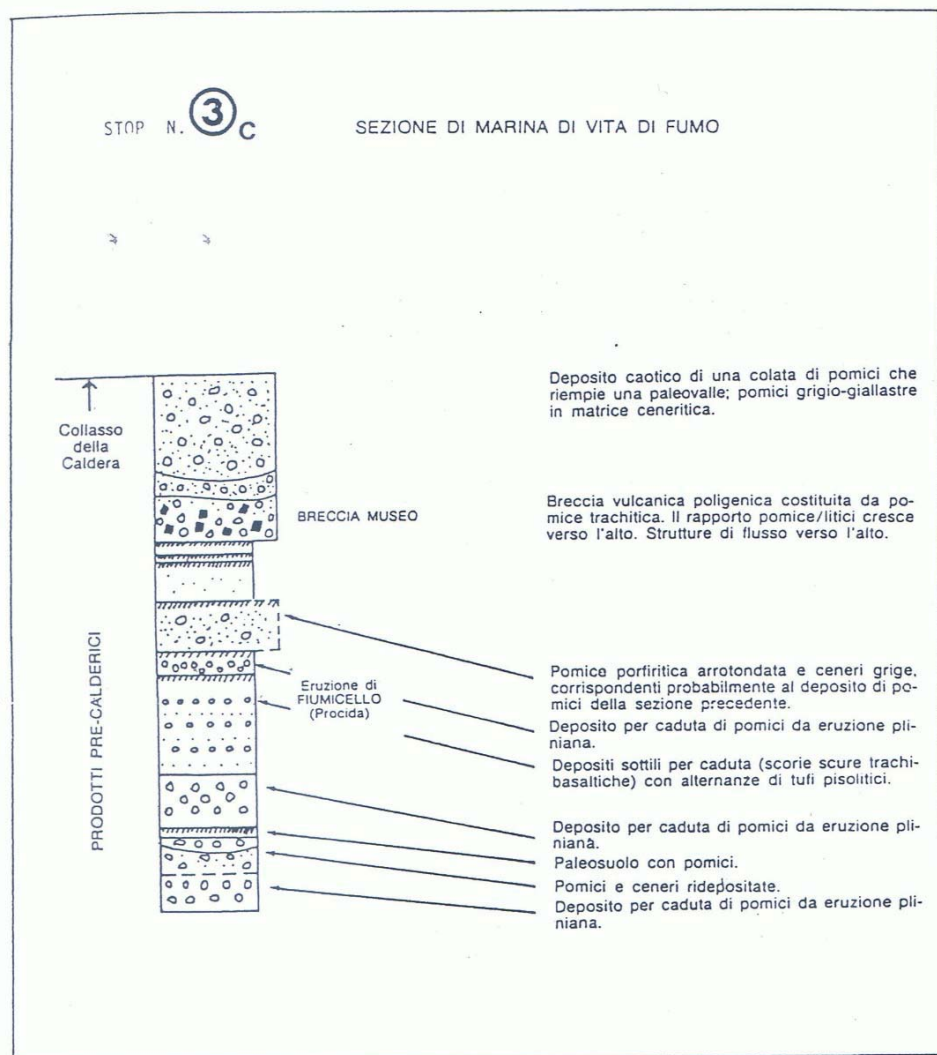
- Formazione di Monte Grillo: alternanze di lenti e livelli cineritici e sabbiosi e di livelli con grosse scorie e frammenti lavici a tratti cementati;

- Lava di S. Martino: lava massiva trachitica, di tessitura porfirica, coperta da un deposito scoriaceo stratificato.

Le sezioni riportate nelle figure n. 13 e n. 14 sintetizzano efficacemente la successione di terreni riportata in precedenza.



**Fig. n. 13 – Sezione della Spiaggia di Acquamorta** (P. Di Girolamo et alii. Vulcanologia e petrologia dei Campi Flegrei. Boll. Soc. Geol. It. 103, 1984)



**Fig. n. 14 – Sezione di Marina di Vita di Fumo** (P. Di Girolamo et alii. Vulcanologia e petrologia dei Campi Flegrei. Boll. Soc. Geol. It. 103, 1984).

### 3.8 Aspetti geomorfologici generali

Le eruzioni vulcaniche e gli eventi vulcano-tettonici verificatisi negli ultimi 40.000 anni hanno anche determinato l'assetto morfo-strutturale dei Campi Flegrei.

Elementi morfologici di rilievo sono i versanti, generalmente legati ai fenomeni di collasso vulcano-tettonici, che si presentano da moderatamente a fortemente acclivi e sono impostati sia in rocce litoidi (creste tufacee che bordano la collina dei Camaldoli e la collina di Posillipo) che in terreni piroclastici sciolti.

Altre morfologie strettamente legate all'attività vulcanica flegrea sono rappresentate dai *duomi lavici* (Monte Olibano, La Caprara) e da un elevato numero di edifici vulcanici. I più giovani (es. Astroni, Averno, Solfatara, Monte Nuovo) sono facilmente riconoscibili per la tipica forma tronco-conica. In altri casi le originarie forme vulcaniche sono state modellate e talora in parte smantellate per effetto di eventi vulcano-

tettonici, di intensi processi erosionali, di deposizione di prodotti piroclastici successivi (es.: Nisida, Gauro, Montagna Spaccata, Torre Cappella).

Altro elemento morfologico di primaria importanza per l'area flegrea sono le numerose piane interne e costiere risultanti dagli eventi sia vulcanici che vulcano-tettonici. Alcune depressioni ubicate all'interno della caldera del TGN sono state interessate da ingressione marina, come testimoniato sia dalle caratteristiche dei sedimenti (Orsi *et al.*, 1996) sia delle tipiche forme deposizionali o erosionali (terrazzi, falesie).

La generale subsidenza della CCF e la risorgenza della parte centrale della caldera del TGN, hanno contribuito in modo rilevante all'articolazione plano-altimetrica dei luoghi. L'effetto più evidente della risorgenza è il terrazzo marino de La Starza, posto a circa 40-60 m s.l.m. e costituito da più intervalli deposizionali di origine marina, intervallati da depositi piroclastici subaerei. La generale subsidenza della CCF è testimoniata dai numerosi resti archeologici di età imperiale che costellano, a profondità per lo più comprese entro l'isobata dei -10 m, il litorale flegreo-napoletano.

Nel territorio Flegreo si riconoscono sia le forme legate all'azione delle acque ruscellanti quali "solchi da ruscellamento concentrato, alvei poco incisi, alvei da moderatamente a molto incisi, orli di scarpata, vallecicole a conca, vallecicole a fondo piatto, gomiti lungo aste fluviali a forte gradiente, soglie di valle sospesa, conoidi alluvionali attivi, poco o non reincisi, fasce di raccordo versante fondovalle di origine alluvio-colluviale o di origine fluvio-denudazionale, e settori di glacis alluvio-colluviale interessati da diffusi fenomeni di deiezione" che le forme legate ai fenomeni gravitativi quali "scorrimenti traslativi, colate e frane complesse, quest'ultime rappresentate da crolli o scorrimenti traslativi evoluti in colate" (Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania. Valutazione del rischio da frana.2002).

Sono presenti. Infine, anche forme e depositi di origine marina costituite "dagli orli di falesia; .....Di particolare interesse, inoltre, ai fini della ricostruzione delle variazioni del livello del suolo, è l'elemento geomorfologico corrispondente al terrazzo della Starza, limitato verso mare da un versante acclive soggetto a una vivace dinamica morfologica" (Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania. Valutazione del rischio da frana.2002).

### 3.8.1 – Geomorfologia locale.

Il promontorio di Monte di Procida si eleva significativamente rispetto alle aree pianeggianti circostanti.

Il bordo orientale del promontorio, che segna il piede del costone tufaceo da Torregaveta a Miliscola, è l'elemento morfologico di rilievo del territorio comunale. Esso coincide presumibilmente con un tratto del margine sud-occidentale della caldera dell'Ignimbrite Campana ormai nascosto dai prodotti vulcanici più recenti o dall'evoluzione morfologica della scarpata (fascia di raccordo versante fondovalle di origine alluvio-colluviale o di origine fluvio-denudazionale). La scarpata, inoltre, risulta sagomata artificialmente con diversi terrazzi intermedi che addolciscono

la pendenza e delimitata da un'ampia fascia di raccordo versante-fondovalle.

I bordi occidentali e meridionali del territorio comunale, che si seguono da Torregaveta ad Acquamorta e a proseguire da Marina di Vitafumo fino a Miliscola, sono costituiti da ripide falesie *"sulle quali si trovano esposte potenti successioni vulcanoclastiche nelle quali è registrata la complessa evoluzione vulcanologica dell'area"* (Note illustrative della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50.000-Foglio 465, Isola di Procida).

In direzione Ovest, a Nord della spiaggia di Acquamorta, si posiziona l'isolotto di S. Martino collegato alla terraferma mediante un ponte che trova recapito in una stretta galleria che parte da via Cappella.

Il territorio comunale si può distinguere *"in almeno quattro zone* (L. Pisani. Piano Urbanistico Comunale. Relazione geologica di sintesi, 2010):

- zona centrale o di penepiano. *Coincide con la parte centrale dell'abitato estesa secondo la direttrice N.NW –S.SE. In essa si rilevano le maggiori altezze: 135 m. s.l.m. in località Casa Lubrano, 113 m. a piazza S. Antonio, 97 m. in via Principe di Piemonte, 135 m. in via Bellavista e 145 m. in località M. Grillo, all'estremità sudorientale.*

- Zona costiera. *Rappresenta il limite naturale, occidentale e meridionale, del territorio comunale. Si estende dalla spiaggia di Torregaveta a quella di Miliscola, attraverso la Chiaia dei Porci, la spiaggia di Acquamorta e il litorale Vita di Torrefumo, per uno sviluppo costiero di circa 5 Km.*

- Zona orientale. *E' la fascia dei versanti compresi tra la via Cappella e l'allineamento Torregaveta – Case Vecchie – M. Grillo. I pendii inizialmente degradano con pendenze dirette grosso modo verso est e comprese all'incirca tra 20° e 26°-28°. Tra le quote 30 e 20 m. s.l.m. si ha una prima riduzione dell'acclività per passare a pendenze decisamente modeste fino alle quote della via Cappella (4-10 m. s.l.m.).*

- Zona occidentale. *E' compresa tra la fascia costiera e le vie Amedeo e A. Scialoia a nord e via Torrione a sud. Il pendio degrada inizialmente con pendenze piuttosto dolci che raramente superano i 10°. Grosso modo tra le quote 80 e 70 m. s.l.m. si ha un brusco aumento dell'inclinazione fino a raggiungere i 60° - 70° delle falesie.*

Per quanto l'intensa urbanizzazione abbia profondamente mascherato e modificato la morfologia originaria e su larga parte del territorio comunale non consente di effettuare osservazioni dirette, è possibile individuare alcune forme caratteristiche".

Per quanto riguarda le forme naturali si segnalano gli alvei-strada presenti in via G. Da Procida/via Mennillo e di via Petrone, gli alvei in approfondimento da moderatamente a molto incisi presenti sulla falesia di Miliscola ai piedi della quale si rinvencono detriti di falda e accumuli di frana, in località "Il Cercone" che termina con un conoide detritico-alluvionale, in via Panoramica nei pressi dell'agriturismo Esperia, in via Panarone nei pressi dei giardini di Dedalo, a valle di via Colletta, a valle dell'incrocio di via Salita di Torregaveta/via P. di Piemonte ed i cigli delle paleofalesie e delle falesie attive.

Per quanto riguarda l'intervento antropico si segnalano quattro cave di tufo non in esercizio in via Petrone, in via Cappella, I traversa nei pressi dei Giardini di Dedalo, in via Caranfe ed in località Torregaveta dove sono presenti anche due cave di pozzolana dismesse, un'altra cava di pozzolane dismessa è presente a monte di via Panoramica in prossimità del ciglio della falesia di Miliscola.

### **3.9 – Aspetti idrogeologici generali**

La configurazione litostratigrafica del territorio dei Campi Flegrei, con livelli a varia litologia e granulometria il cui andamento è spesso lenticolare, influenza la circolazione idrica sotterranea; quest'ultima si sviluppa essenzialmente nei livelli piroclastici a granulometria più grossolana..

L'alternanza, spesso complessa, di terreni a permeabilità medio-alta (sabbie, ghiaie, ecc.) con altri a permeabilità bassa (limi, paleosuoli, ecc.), determina una circolazione idrica sotterranea "per falde sovrapposte" che, però, non è possibile distinguere in quanto esse sono tra loro interconnesse sia attraverso il "flusso di drenanza" che attraverso le soluzioni di continuità dei sedimenti meno permeabili.

Questa situazione, accompagnata dall'assenza di livelli di terreni impermeabili estesi e spessi, consente di asserire che le acque di infiltrazione meteorica concorrono ad alimentare una falda di base unica estesa a tutta l'area flegrea. Questa asserzione è confermata dalla sufficiente concordanza dei livelli piezometrici dei pozzi che pescano a diverse profondità.

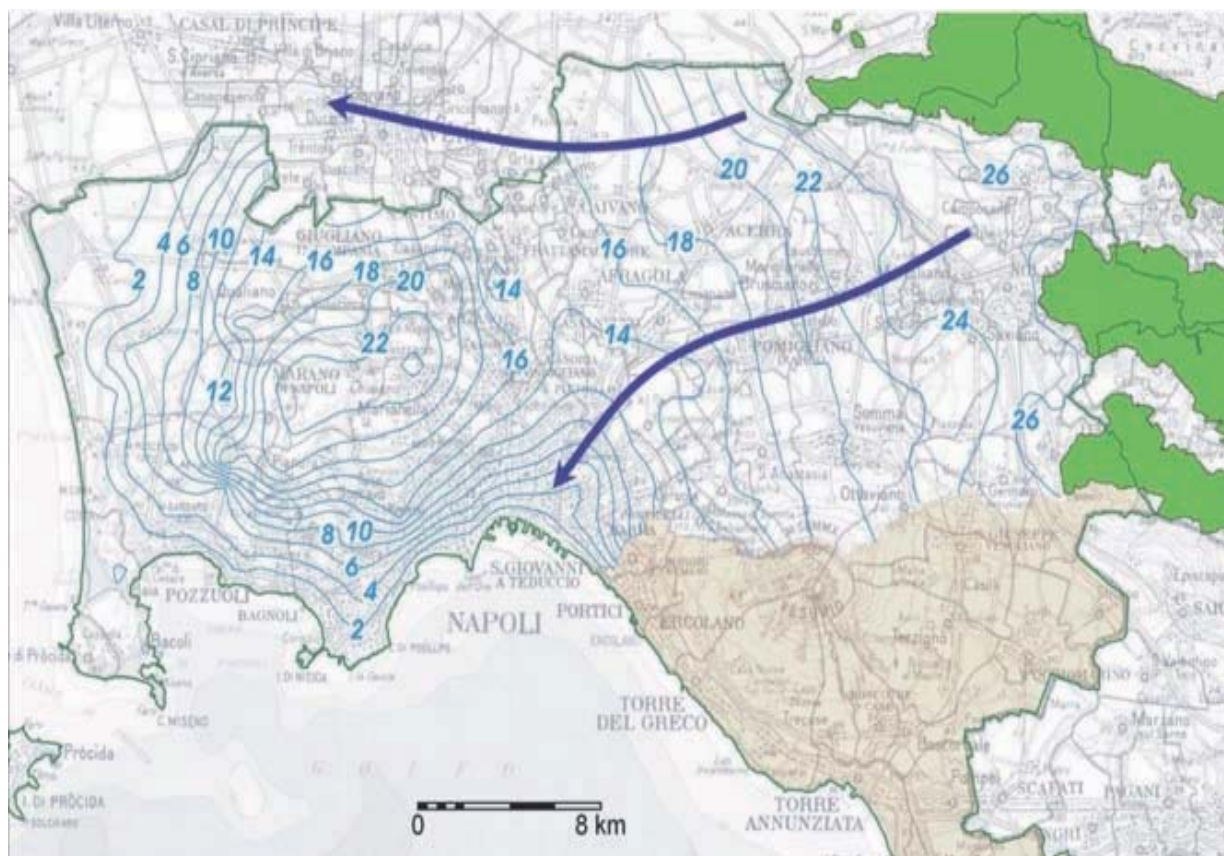
La falda, in gran parte a pelo libero, presenta un alto nella zona di Marano-Calvizzano, ha un deflusso radiale, trova recapito a mare lungo la linea di costa a Sud e Ovest, verso la Piana Campana a Nord e a Nord-Est e verso il fosso Volla ad Est.

In corrispondenza della zona a gradiente piezometrico elevato, si ipotizza la presenza di un'alimentazione della falda proveniente dal basso che, aumentando localmente la portata, ne determina l'incremento del gradiente piezometrico.

Nella zona sud-occidentale e occidentale la falda, prima di raggiungere il mare, affiora in corrispondenza del lago d'Averno, del lago Lucrino, del lago Fusaro e verosimilmente del lago Miseno. La falda affiora, inoltre, lungo la fascia costiera tra Licola e Varcaturò.

L'assetto piezometrico mette in evidenza come l'alto flegreo determini la deviazione del flusso idrico della Piana Campana a nord delle colline flegree (Fig. n. 15).

*"Le acque sotterranee sono connesse a un circuito idrotermale, testimoniato dagli elevati gradienti geotermici dell'area e dalla presenza di numerose sorgenti termominerali" e "il chimismo di queste acque è quindi influenzato dagli apporti fluidi profondi e, ad esclusione delle sorgenti di Agnano, dalla ingressione di acque marine" (Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania. Valutazione del rischio da frana.2002).*



**Fig. n. 15 – Piezometria del febbraio 2003 (valori in m s.l.m). (Amministrazione Provinciale di Napoli – Settore Ambiente , 2003). In verde sono indicati i massicci carbonatici.**

### 3.9.1 – Caratteristiche idrogeologiche locali.

La stratigrafia complessa del territorio comunale, caratterizzata dalla sovrapposizione di prodotti piroclastici variabili in granulometria, spessore, stato di costipazione ed estensione laterale, influenza l'assetto idrogeologico locale.

Dal punto di vista idrogeologico i litotipi possono essere distinti in tre complessi idrogeologici:

- complesso delle piroclastiti e dei detriti alluvionali incoerenti, caratterizzato da una permeabilità per porosità variabile da media a bassa, per la presenza di un'abbondante frazione cineritica;
- complesso dei tufi, costituito principalmente dal Tufo Giallo Napoletano, caratterizzato da un grado di permeabilità per porosità e fessurazione;
- complesso delle lave e delle scorie, poco presenti in affioramento, il cui grado di permeabilità è elevato per fessurazione nel caso delle lave e per porosità nel caso delle scorie.

*“Le acque sotterranee, sotto forma di falda continua, si raccolgono a profondità tali che il pelo libero viene a trovarsi a quota 1-2 m. s.l.m.*

*La direzione di flusso delle acque sotterranee è verso il mare, ovvero verso ovest e verso sudovest” (L. Pisani. Piano Urbanistico Comunale. Relazione geologica di sintesi, 2010).*

## 4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

### 4.1 Indagini geognostiche

Al fine di valutare la situazione stratigrafica e le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni sono stati presi in esame i risultati di una serie di indagini geognostiche pregresse eseguite per diversi scopi nel territorio comunale di Monte di Procida.

Ad integrazione delle predette prove sono state eseguite n. 11 misure di microtremore a stazione singola (HVSr) per la determinazione delle frequenze fondamentali di risonanza dei siti indagati.

Le indagini pregresse sono state reperite sia presso l'Ufficio Tecnico Comunale che presso professionisti che hanno eseguito studi sul territorio comunale.

L'elenco delle prove pregresse viene riportato nelle Tabelle che seguono:

#### 4.1.1 Indagini geognostiche pregresse

Tipologia di indagine	Numero di indagini
Sondaggi a carotaggio continuo (S)	79
Sondaggi a carotaggio continuo con prelievo di campioni(SC)	10
Prova penetrometrica dinamica in foro (SPT)	147
Prova penetrometrica dinamica pesante (DP)	17
Prova penetrometrica dinamica media (DM)	8
Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)	4
Analisi su campione (C.F.G., Gran.)	22
Prova di taglio diretto (TD)	14
Prova edometrica (ED)	3
Prova triassiale consolidata drenata (CD)	2

**Tab. n. 3- Indagini geognostiche pregresse fornite dall'UTC e reperite presso professionisti.**

I 79 sondaggi a c.c. disponibili eseguiti sul territorio comunale in diverse circostanze sono:

- n. 64 sondaggi eseguiti e/o utilizzati per il PUC;
- n. 3 sondaggi eseguiti nel 2010 per l'ampliamento del cimitero;
- n. 2 sondaggi eseguiti nel 2017 in località Torrefumo;
- n. 3 sondaggi eseguiti nel 2015/2017 in località Chiaia dei Porci;
- n. 1 sondaggio eseguito per autorizzazione sismica;
- n. 2 sondaggi eseguiti nel giugno 2007 per la riqualificazione ambientale nell'area di Marina di Torre Fumo tra Miliscola e Acquamorta;
- n. 1 sondaggio eseguito nel 2004 per la sistemazione dell'area archeologica di sabato a Cappella;
- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti nel 2014 per risanamento ambientale a valle di via G. da Procida;
- n. 1 sondaggio a c.c. eseguito nel 2011 per il sig. Nicola Fevola.





Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.

					31.00	42	
					35.00	33	
					40.00	R	
					45.00	R	
					50.00	60	
P20	Via sTen. M. Ruoppo	69	50.00	21.70	5.00	15	Si
					10.00	21	
					15.00	18	
					20.00	21	
					25.00	50	
					30.00	R	
					35.00	R	
					40.00	R	
					45.00	R	
					50.00	22	
P10	Zona Ampliamento Cimitero	50	30.00	16.00	3.00	12	====
					6.00	9	
					9.00	12	
					12.00	13	
					14.50	12	
					18.00	25	
					21.00	28	
					24.00	26	
P11	Zona Ampliamento Cimitero	50	27.00	12.00	13.00	22	====
P9	Zona Ampliamento Cimitero	51	20.00	==	====		====
P66	Scuola elementare corso Garibaldi	70	27.30	==	====		====
P72	Scuola elementare corso Garibaldi	70	27.30	==	====		====
P67	Scuola elementare corso Garibaldi	70	31.50	==	====		====
P68	Scuola elementare corso Garibaldi	70	33.20	==	====		====
P64	Scuola elementare corso Garibaldi	70	23.40	==	====		====
P69	Scuola elementare corso Garibaldi	70	23.50	==	====		====
P65	Scuola elementare corso Garibaldi	70	10.90	==	====		====
P70	Scuola elementare corso Garibaldi	70	25.00	==	====		====
P71	Scuola elementare corso Garibaldi	70	30.20	==	====		====
P63	Scuola elementare corso Garibaldi	70	28.20	==	====		====
P23	Via Filomarino, Parrocchia di S. Antonio	113	21.50	==	====		====
P24	Via Filomarino, Parrocchia di S.	113	16.90	==	====		====

Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.

	Antonio						
P50	Complesso sportivo località M. Grillo	133	35.00	==	===	===	
P49	Complesso sportivo località M. Grillo	133	30.00	==	===	===	
P51	Complesso sportivo località M. Grillo	133	21.10	==	===	===	
P53	Complesso sportivo località M. Grillo	133	25.00	==	===	===	
P52	Complesso sportivo località M. Grillo	133	25.00	==	===	===	
P33	Are PIP località Cappella	10	40.00	==	===	===	
P34	Are PIP località Cappella	4	40.00	==	===	===	
P35	Are PIP località Cappella	7	40.00	==	===	===	
P36	Are PIP località Cappella via Caranfe II trav. a destra	13.50	35.00	==	===	Si	
P46	Case Popolari a nord della I traversa Cappella	15	25.00	==	===	===	
P45	Case Popolari a nord della I traversa Cappella	15	23.00	==	===	===	
P39	Case Popolari a nord della I traversa Cappella	15	23.00	==	===	===	
P40	Case Popolari a nord della I traversa Cappella	15	23.00	==	===	===	
P44	Case Popolari a nord della I traversa Cappella	15	23.00	==	===	===	
P41	Case Popolari a nord della I traversa Cappella	15	22.00	==	===	===	
P43	Case Popolari a nord della I traversa Cappella	15	22.00	==	===	===	
P42	Case Popolari a nord della I traversa Cappella	15	23.00	==	===	===	
P31	Via cappella, Scuola Elementare Torregaveta	10	18.50	==	===	===	
P29	Via Cava di tufo, loc. Torregaveta	27	31.00	==	===	===	
P30	Via Cava di tufo, loc. Torregaveta	25	20.00	==	===	===	
P78	Scuola materna via Amedeo	113	18.00	==	2.45	6	===
					4.85	12	
					8.75	10	
P17	Scuola elementare	63	18.00	==	===	===	



Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.

	area di sosta privata			11.50 18.10	6.30 9.20 12.00 16.00 18.60 22.30 25.50	11 16 19 21 21 21 16	
P79	Via Filomarino, viale villa Matarese	110	35.00	3.00 12.00 20.70	3.30 6.00 9.00 12.30 15.50 18.20 21.00 25.60 29.00	5 21 19 26 24 26 22 20 28	Si
P3	Costone Torrefumo	4	20.00	3.00 10.50 17.00	3.50 11.00 17.50	34 88 90	===
P4	Costone Torrefumo	4	10.00	3.00 6.00 8.50	3.50 6.50 9.00	11 51 73	===
P25	Sig.ra Ambrosino Assunta, Chiaia dei Porci	90	30.00	12.00 21.00	7.50 12.50 21.50	10 29 41	===
P26	Sig. Chianese Gaetano, Chiaia dei Porci	98	30.00	8.00 17.00 24.00	8.50 17.50 24.50 29.50	42 67 18 20	===
P27	Sig. Iovine Salvatore	90	30.00	8.00 15.00	8.50 15.50 22.00 27.00	12 15 47 57	===
P55	Sig. Di Meo Carmine, via Panoramica	78	30.00	===	1.00 3.00 5.00 7.00 9.00 12.00 16.00 18.00 22.00 25.00 28.00	6 5 12 31 27 36 44 41 51 58 60	===
P8	Costone Marina di Torrefumo	40	40.00	7.50 14.00	1.60 3.00	18 9	===

Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.

				18.50 24.00 28.30	4.50 6.00 8.00 10.50 14.00 16.00 19.00 21.00 24.30 28.30	7 6 8 19 15 16 16 19 23 R	
P6	Costone Marina di Torrefumo	27	25.00	16.00	3.20 6.60 9.60 13.00 16.30 19.40 23.50	17 66 62 46 70 66 R	===
P38	Area archeologica di Piazza Mercato Sabato a Cappella	25	20.50	3.00 10.80	7.00 12.00	29 36	===
P1	A valle di via S. Giovanni da Procida	25	30	4.50 9.50	1.00 2.00 3.00 4.00 5.00 6.00 7.00 8.00 9.00 10.00 11.00 12.00 13.00 14.00 15.00 16.00 17.00 18.00 19.00 20.00 21.00 22.00 23.00 24.00 25.00 26.00 27.00	22 27 28 42 44 31 34 30 26 24 27 21 25 18 20 30 29 22 28 28 28 32 35 25 50 38 45	Si

Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.

					28.00	53	
					29.00	52	
P2	A valle di via S. Giovanni da Procida	5	30.00	2.30 9.50 15.00	1.00	33	Si
					2.00	53	
					3.00	55	
					4.00	56	
					5.00	61	
					6.00	72	
					7.00	73	
					9.00	77	
					10.00	43	
					11.00	50	
					12.00	41	
					13.00	32	
					14.00	30	
					15.00	42	
					16.00	32	
					17.00	37	
					18.00	40	
					19.00	34	
					20.00	33	
					21.00	33	
					22.00	53	
					23.00	46	
					24.00	43	
					25.00	31	
					26.00	38	
					27.00	41	
					28.00	30	
					29.00	21	
P62	Sig. Fevola Nicola Coordinate : 4516647,19N 420205,82 E	80	33.00	===	5.00	14	Si
					10.00	19	
					15.00	27	
					20.00	44	
					25.00	49	
					29.50	R	

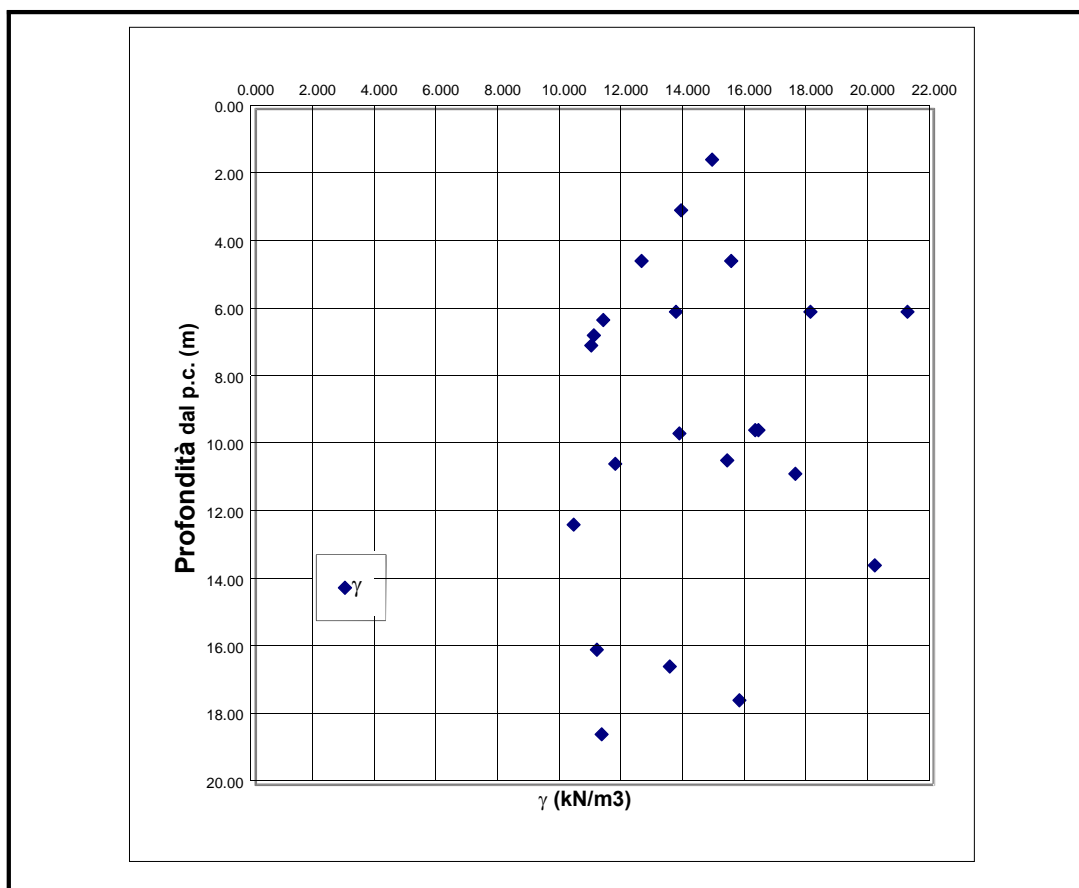
**Tab. n. 4- Sondaggi e prove eseguite in essi. La denominazione fa riferimento al codice attribuito nella carta delle indagini.**

Per quanto riguarda le prove geotecniche di laboratorio nelle tabelle n. 5, 6 e 7 si riportano le principali caratteristiche meccaniche dei terreni analizzati. Anche in questo caso la denominazione fa riferimento al codice attribuito nella carta delle indagini del presente studio.

Sonda ggio	Località	Camp ione	Prof.	Y (kN/m <sup>3</sup> )	c' (kPa)	φ'
P14*	v. Torrione, tra 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> trav.	1	6.00	13.63	9.8	28°
P18*	v. Torrione, parcheggio	1	7.00	10.88	16.6	33°
P18*	" "	2	17.50	15.69	17.6	30°
P158*	Via S. Ten. M. Ruoppo	1	6.25	11.27	8.8	33°
P70*	Scuola el. c. Garibaldi	1	16.5	13.43	0.00	38°
P71*	Scuola el. c. Garibaldi	1	10.50	11.66	0.00	36°
P35*	PIP, via Cappella	4	10.40	15.29	8.8	28°
P31*	Via Cappella	1	4.50	15.42	19	34°
P57*	Via Panora- mica, scuola Vespucci	2	9.60	13.74	4.6	37°
P56	v. Panora.ca, III trav.	2	6.00	17.99	2.5	32°
P37	V. Cappella	1	4.50	12.51	6.76	37°
P38	Loc. Cappella	2	10.80	17.5	0.46	34.9°
P73	c. Garibaldi	1	6.70	10.97	2.6	36°
P79	Villa Matarese	1	3.30	12.01	3.02	38°
P79	" "	2	12.30	10.31	8.6	37°
P1	A valle di via G. da Procida	2	9.50	16.2	9.6	29.4°
P2	A valle di via G. da Procida	2	9.50	16.3	5.46	29.86°
P3	Loc. Torrefumo	1	1.50	14.80	1.56	26.63°
P4	" "	1	3,00	13.80	==	==
P4	" "	2	6.00	21.14	==	==
P8	Torrefumo- Acquamorta	2	13.50	20.08	==	==
P8	Torrefumo- Acquamorta	3	18.50	11.22	45	34.34°
P6	Torrefumo- Acquamorta	1	16.00	11.06	2	40.7°

\*(da L. Pisani. Relazione geologica di sintesi del PUC)

**Tab. n. 5- Piroclastiti del primo livello (SMec-SMig).  
Peso di volume e parametri di resistenza a rottura. La denominazione fa  
riferimento al codice attribuito nella carta delle indagini**



**Fig. 16 - Andamento del peso dell'unità di volume con la profondità dei terreni presenti nei primi 20 metri di profondità (SMec-SMig) .**

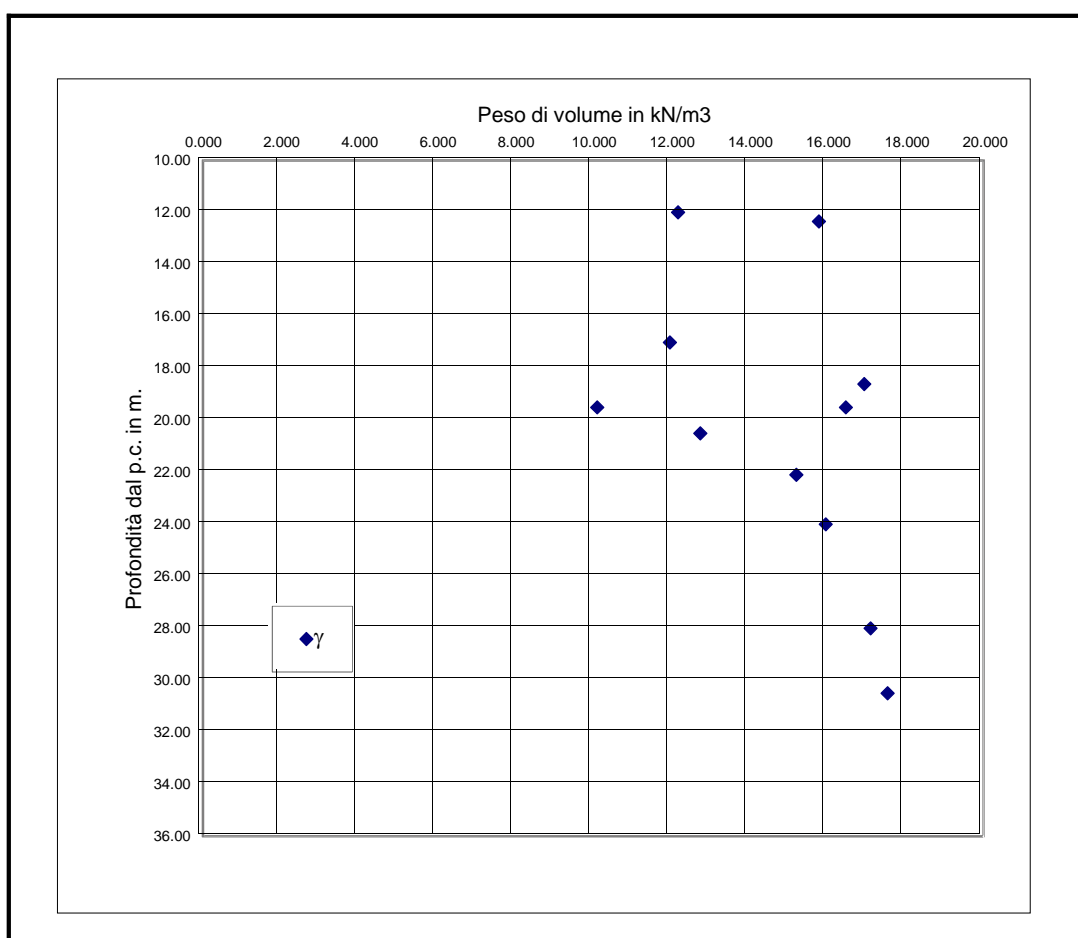
Sond aggi o	Località	Cam pion e	Prof.	Y (kN/m³)	c' (kPa)	φ'
P22*	Via Imbò, belvedere	1	12.35	15.78	15.6	28°
" " *	" "	2	20.50	12.74	0.00	37°
" " *	" "	3	33.50	16.66	49	31°
P21*	VIA Scotto D'Abbusco	1	30.50	17.54	6.9	32°
P20*	Via S. Ten. M. Ruoppo	1	22.10	15.20	9.8	30°
P70*	C. Garibaldi, Scuola elemen.	2	19.50	16.47	4.9	36°
P71*	C. Garibaldi, Scuola elemen.	2	17.00	11.96	15	32°
P63*	C. Garibaldi, Scuola elemen.	1	13.50	11.96	0.00	38°
" " *	" "	2	19.50	10.10	0.00	38°
P73	c. Garibaldi, Area di sosta	2	12.00	12.17	1.8	35°
" "	c. Garibaldi, Area	3	18,60	16.94	1.1	35°

Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.

	di sosta					
P8	Torrefumo-Acquamorta	4	24.00	15.95	32	31.38
P8	Torrefumo-Acquamorta	5	28.00	17.10	56	33.38
P3	Loc. Torrefumo	3	17.00	20.08	==	==
P4	" "	2	6.00	21.14	==	==

\*(da L. Pisani, Relazione geologica di sintesi del PUC)

**Tab. n. 6- Piroclastiti del secondo livello (SWig). Peso di volume e parametri di resistenza a rottura. La denominazione fa riferimento al codice attribuito nella carta delle indagini**

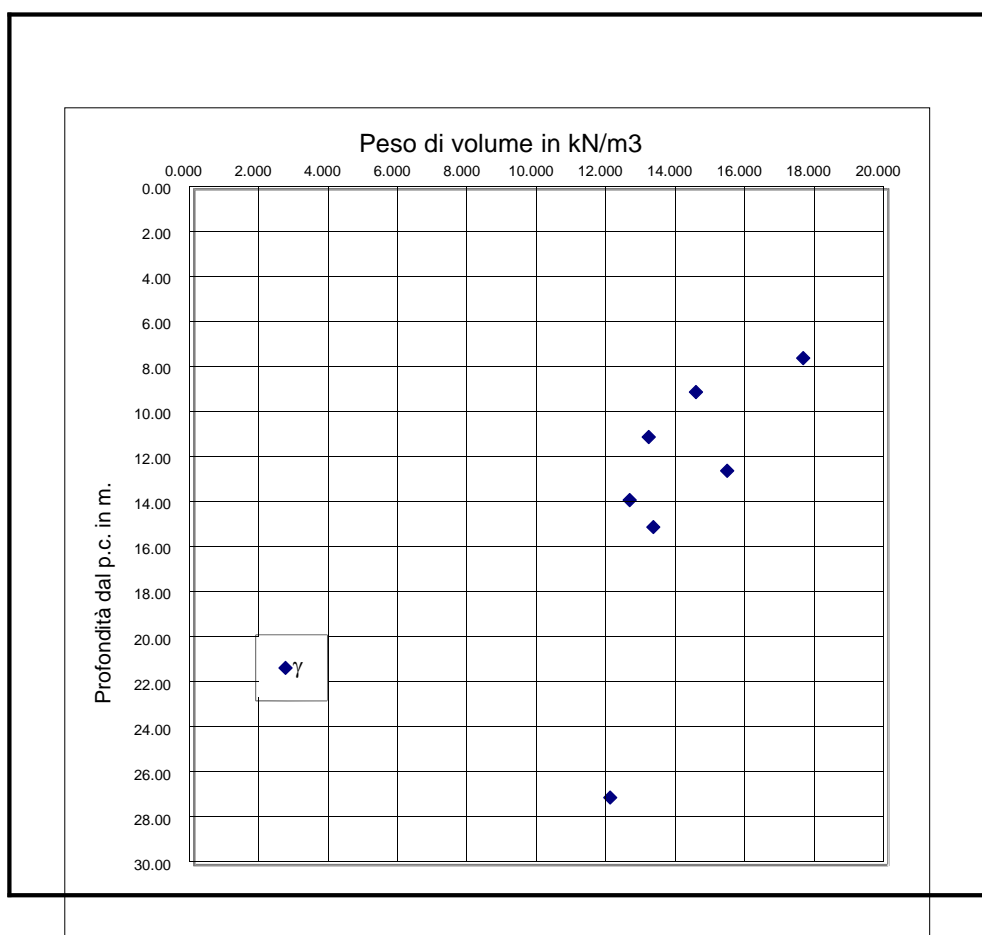


**Fig. 17- Andamento del peso dell'unità di volume con la profondità dei terreni denominati nei sondaggi come piroclastiti stratificate (SWig). .**

Sond aggi o	Località	Campion e	Prof.	Y (kN/m <sup>3</sup> )	σ (kPa)
P29*	Via Cava di tufo	1	7.50	17.55	3194
" " *	" "	2	9.00	14.46	1921
" " *	" "	3	11.00	13.10	2510
" " *	" "	4	12.50	15.36	3934
" " *	" "	5	13.80	12.55	3431
" " *	" "	6	15.00	13.23	1362
P36*	Via Caranfe	2	27.00	11.99	2037

\*(da L. Pisani, Relazione geologica di sintesi del PUC)

**Tab. n. 7- Tensione a rottura del Tufo Giallo Napoletano. La denominazione fa riferimento al codice attribuito nella carta delle indagini**



**Fig. 18- Andamento del peso dell'unità di volume con la profondità del Tufo Giallo Napoletano (SFGR).**

Per quanto riguarda i valori dei parametri di resistenza a rottura dei terreni, i dati ricavabili dalle prove penetrometriche dinamiche superpesanti, dinamiche medie, dinamiche SPT e statiche CPT confermano quelli delle prove geotecniche di laboratorio.

#### 4.1.2 Indagini geofisiche pregresse

Tipologia di indagine	Numero di indagini
Indagine sismica in foro tipo down-hole (DH)	15
Indagine geofisica "multichannel analysis of surface waves (MASW)	17
Misure di microtremore a stazione singola (HVSr)	16

**Tab. n. 8 - Indagini geofisiche pregresse fornite dall'UTC e/o reperite presso professionisti.**

Prova MASW	Vs30 in m/s	Indirizzo
L1	349	Via Amedeo n. 36 (F. 5, p.lla n. 20)
L2	350	Via Torregaveta n. 25
L3	508	Via Caranfe
L4	284	Via Cappella n. 429(attuale 639)
L5	672	Via Torregaveta n. 397 (F. 1, p.lla 136)
L6	327	Via Inferno
L7	322	Via Scialoia-Piazza S. Antonio
L8	384	Campo di calcio comunale
L9	322	Via Le Croci n. 9
L10	353	Via Roma
L11	280	Spiaggia Torrefumo
L12	330	Via Panoramica, Il Traversa.
L13	350	Via Panoramica n. 164
L14	301	Ampliamento cimitero comunale
L15	375	Complesso polisportivo Bellavista
L16	370	Scuola elementare via Cappella
L17	348	Scuola media via Panoramica

**Tab. n. 9 – Tabella delle prove sismiche MASW disponibili ed il relativo indirizzo. La denominazione fa riferimento al codice attribuito nella carta delle indagini.**

Prova down-hole	Vs30 in m/s	Indirizzo
P1	358	A valle di via S. Gi. Da Procida
P2	309	" " "
P12	109	Lato Ovest del Cimitero
P15	108	Via S. Ten. M. Ruoppo
P19	425	Campo sportivo
P18	98	Via Torrione, parcheggio
P20	61	Via S. Ten. M. Ruoppo
P22	108	Via Imbò, belvedere
P32	279	Via Torregaveta, 103
P36	486	Via Caranfe
P37	336	Via Cappella, P.co dei Pini
P56	299	Via Panoramica
P62	309	Via Croci, sig. Fevola
P73	267	Parcheggio c.so Garibaldi
P79	244	Villa Matarese

**Tab. n. 10 – Tabella delle prove sismiche down-hole disponibili ed il relativo indirizzo. La denominazione fa riferimento al codice attribuito nella carta delle indagini.**

Prova HVSR	Frequenza di picco Max H/V (Hz)	X	Y	Indirizzo
P98	3.1 ± 0.58	420701	4516330	Via Panoramica snc (F. 9, p.lla 959,960)
P97	25 ± 0.40	420574	4516191	Via Bellavista II Trav.
P99	17	419760	4517073	Via Filomarino n. 129
P96	1.5 ± 1.6	4203396	4516011	Via Panoramica n. 40 (F. 10, p.la 313)
P21	18 ± 0.82	419491	4516601	Via Imbò, I trav. n. 22
P101	17 ± 1,7	419562	4517292	Via Amedeo snc
P108	17 ± 1.60	419865	4516854	Via Pedecone IV trav. n. 15(F. 5, p.la1162 sub 6 e 7)
P94	5 ± 1.37	420940	4515735	Via Miliscola, 23(F. 12, p.la 66 sub2 e 3)
P107	11.90 ± 0.11	420322	4516066	Via Panoramica (F.10, p.la 253)

P3	$6.3 \pm 0.44$	419948	45158553	Loc. Torrefumo
P4	$2.19 \pm 0.08$	410379	4515811	Loc. Torrefumo
P102	$2.82 \pm 0,07$	419317	4517351	Loc. Chiaia dei Porci
P103	$1,25 \pm 0.13$ $2.27 \pm 0.09$	419229	4517038	Loc. Chiaia dei Porci
P104	$1.34 \pm 0.12$ $2.36 \pm 0.1$	419237	4517039	Loc. Chiaia dei Porci
P105	$1.35 \pm 0.05$ $2.30 \pm 0.13$	419257	4517051	Loc. Chiaia dei Porci
P106	$1,38 \pm 0.07$ $2.31 \pm 0.06$	419255	4517040	Loc. Chiaia dei Porci

**Tab. n. 11 – Tabella con i risultati delle prove HVSR disponibili e le relative coordinate e indirizzo. La denominazione fa riferimento al codice attribuito nella carta delle indagini.**

#### 4.1.3 Indagini geofisiche eseguite.

La prova HVSR è una tecnica di sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali o HVSR, Horizontal to Vertical Spectral Ratio) che si utilizza, oltre che per fini stratigrafici e per la determinazione delle frequenze fondamentali di risonanza dei siti indagati, anche per la determinazione dei valori della  $V_s$  per i singoli strati. Per il presente studio sono state effettuate n. 11 prove HVSR e le relative elaborazioni sono riportate in apposito allegato nella cartella indagini.

##### 4.1.3.a - La strumentazione impiegata.

Tutte le registrazioni dei microtremori presentate in questo studio sono state effettuate con un sismografo digitale a 3 canali della M.A.E., modello Vibralog, con display a colori TouchScreen, trattamento del segnale a 24 bit, supporto di memorizzazione di tipo Secure Digital (S.D.)

Le elaborazioni, poste in apposito allegato alla presente, sono stati ottenuti con i software Geopsy – Dinver (<http://www.geopsy.org>).

Nella tabella che segue sono sintetizzati i risultati delle elaborazioni realizzate.

Prova HVSR	Frequenza di picco Max H/V (Hz)	X	Y	Indirizzo
P113	$15.52 \pm 0.52$	420920	4516306	S.P. Miliscola-M.di Procida
P114	$4.41 \pm 0.21$	420385	4516911	Via Pietro Colletta
P115	$2.99 \pm 0.14$	420325	4517429	Trav. Privata via Mercato di Sabato
P116	$2.58 \pm 0.27$	420003	4517905	Via Cappella

**Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.**

P117	3.90 ± 0.27	419678	4517087	Via Petegone, angolo via Filomarino
P118	4.00 ± 0.23	419787	4516549	C.so Umberto I edificio scolastico
P119	5.87 ± 0.29	420101	4516077	Via Roma
P120	7.78 ± 0.31	420277	4516670	Via Le Croci
P121	4.00 ± 0.24	420059	4517039	Via Torregaveta
P122	5.60 ± 0.22	420059	4517039	Strada Miliscola-M. di Procida (Parcheggio)
P123	Non definita/probabile bedrock superficiale	418655	4516927	Isolotto di S. Martino

**Tab. n. 12 – Tabella con i risultati delle prove HVSR eseguite e le relative coordinate espresse nel sistema di riferimento UTM WGS84. La denominazione fa riferimento al codice attribuito nella carta delle indagini**

## **5. MODELLO DI SOTTOSUOLO**

Il territorio comunale di Monte di Procida è caratterizzato da una estrema variabilità dei terreni sia in termini litostratigrafici che in termini granulometrici.

Quanto riportato in questo paragrafo deriva dal rilevamento di superficie integrato dai dati esistenti ricavati dalle stratigrafie dei sondaggi geognostici e dalle altre tipologie d'indagini eseguite sul territorio comunale.

Pertanto al fine di evidenziare l'assetto litostratigrafico locale sono stati definiti cinque modelli di sottosuolo che tengono conto della natura e distribuzione spaziale dei litotipi e delle eventuali variazioni laterali degli stessi.

### **a) Area compresa tra il limite orientale del confine comunale e l'allineamento via Amedeo, via P. Piemonte, via Bellavista, prima curva in salita della provinciale Miliscola-Monte di Procida.**

Tale modello si caratterizza per la presenza di un banco di Tufo Giallo Napoletano (detto localmente Tufo di Torregaveta) in facies litoide, a luoghi fratturato e con grado di saldatura medio-basso, posto a profondità comprese tra 9 e 35 metri circa ed avente uno spessore, valutato sulla scorta dei sondaggi consultati e delle osservazioni di campagna, compreso tra 9.00 m. (area di cava) e circa 50 m (codice SFGR della carta geologico tecnica). Il banco di tufo presenta a tetto piroclastiti sabbioso limose e/o limoso sabbiose, sabbiose, limose, generalmente sciolte o poco addensate

di colore marrone passante in basso a grigio verde, a luoghi con venature marroni, con ghiaia minuta (pomici e subordinatamente scorie) e a luoghi con lenti e livelli di ghiaia (pomici) con a letto un livello di sabbia limosa ossidata (paleosuolo) (codice SMig della carta geologico tecnica). Questi ultimi terreni, nella parte più orientale dell'area, si presentano a luoghi

Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.  
argillificati e rimaneggiati per trasporto di acque o per gravità e assumono spesso la struttura a lenti (codice SMec della carta geologico tecnica). Lo spessore di questo livello di terreni è compreso tra 7 e 25 metri (spessore medio 13 metri circa).

A tetto dei predetti terreni si rinviene generalmente terreno di riporto (a luoghi vegetale) sabbioso limoso spesso con inclusi di natura antropica avente spessore molto variabile ( $1.5 \leq \text{spessore} \leq 9.00 \text{ m.}$ ) (codice RIzz delle sezioni geologiche).

**b) Area compresa tra il mare e l'allineamento via Amedeo-via P. Piemonte- via Bellavista-prima curva della salita della provinciale Miliscola-Monte di Procida.**

Tale modello si caratterizza per la presenza, a profondità comprese tra 18.00 e 38.00 m. circa, di breccia vulcanica costituita da blocchi lavici arrotondati, da blocchi tufacei, da grosse scorie di lava e da litici del basamento sedimentario, aventi dimensioni comprese tra 1 e 5 cm ed in alcuni casi sino a 10 cm ed oltre, immersi in una matrice cineritica sabbiosa da grossolana a molto grossolana relativamente scarsa. A luoghi la formazione appare cementata (codice GWig della carta geologico tecnica). Lo spessore del livello, valutato sulla scorta dei sondaggi consultati e delle osservazioni di campagna, è compreso tra 6 e circa 30 metri (Marina di Vitafumo).

A tetto del predetto livello si rinvencono piroclastiti limo sabbiose e/o sabbia limosa e sabbia da fine a grossolana, in livelli generalmente ben distinti, mediamente addensati e a luoghi cementati, con ghiaia minuta (pomici e scorie) e con lenti e livelli di ghiaia (pomici) di diametro fino a 3 cm (codice SWig della carta geologico tecnica). Colore dei livelli grigio, grigio scuro e marrone con venature giallastre. Lo spessore di detti terreni, valutato sulla scorta dei sondaggi consultati e di osservazioni di campagna, è compreso tra 2.00 e 13.00 m nei sondaggi geognostici e tra 6.00 e 40.00 m sui costoni.

Seguono verso l'alto, con l'interposizione di un livello di sabbia limosa ossidata (paleosuolo), piroclastiti sabbioso limose e/o limo sabbiose, sabbiose, limose, generalmente sciolte o poco addensate di colore marrone passante in basso a grigio verde, a luoghi con venature marroni, con ghiaia minuta (pomici e subordinatamente scorie) e a luoghi con lenti e livelli di ghiaia (pomici) (codice SMig della carta geologico tecnica).

Lo spessore valutato sulla scorta dei sondaggi consultati è compreso tra 7.00 e 27.00 metri.

I predetti terreni presentano a tetto terreno di riporto, a luoghi vegetale, sabbioso limoso grigio marrone avente lo spessore medio di poco superiore ai 2 metri.

Nella zona sud-occidentale di quest'area, in prossimità del cimitero comunale, si rinviene una vecchia cava riempita con terreni di riporto antropici aventi spessori anche maggiori di 10 m (codice RIzz della carta geologico tecnica).

**c) Area di Monte Grillo.**

Piroclastiti sabbioso-ghiaiose costituite da livelli cineritici di sabbia e

Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.  
sabbia grossolana e clasti di natura pomicea, lavica e tufacea di dimensioni variabili e livelli più propriamente ghiaiosi, di sabbia rossastra e di tufo giallastro aventi spessore maggiore di 30 metri; si presentano prevalentemente incoerenti con livelli a luoghi cementati (codice GMig della carta geologico tecnica).

I predetti terreni presentano a tetto un livello, avente uno spessore medio di poco superiore a 2 metri, di terreno di riporto sabbioso e/o sabbioso limoso a luoghi con ciottoli carbonatici e/o sabbia limosa rimaneggiata giallastra.

In quest'area si rinviene una vecchia area di cava riempita con terreni di riporto antropici aventi spessori anche maggiori di 10 m (codice Rlzz della carta geologico tecnica).

#### **d) Area dell'Isolotto di S. Martino.**

Lava massiva trachitica, di tessitura porfirica, ricoperta da un deposito scoriaceo stratificato grigio scuro avente spessore di circa 10 metri. I predetti terreni sono ricoperti da lembi di depositi cineritici di colore grigio con scorie nerastre e lenti di brecce costituite da litici e pomici. Il deposito scoriaceo affiora anche alla base delle falesie di fronte all'Isolotto di S. Martino (codice SFLP della carta geologico tecnica).

#### **e) Area del rione Miliscola.**

Terreno di riporto sabbioso e/o sabbioso limoso e limoso con inclusi detriti calcarei, tufacei e di laterizio passante a luoghi a terreno vegetale con a letto sabbia limosa e/o limo sabbioso con ghiaia minuta (pomici e scorie) (codice SMec della carta geologica tecnica).

*Tab. 1 - Abaco per la stima dello spessore delle coperture (h) a partire dai valori delle frequenze di risonanza ( $f_0$ ) determinate dalle misure  $H/V$ .*

$F_0$ (Hz)	h (m)
<1	>100
1 -2	50-100
2 -3	30-50
3 -5	20-30
5 -8	10-20
8 -20	5-10
>20	<5

**Fig. 19- Abaco estratto da "Dario Albarello, Silvia Castellaro - Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola, Ingegneria sismica, anno XXVIII, n. 2. 2011."**

Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.

I complessi assetti litostratigrafici precedentemente descritti sono confermati dalle misure di HVSr eseguite. Infatti, alla luce dell'abaco riportato in Fig. n. 19, le frequenze fondamentali di risonanza dei terreni nei siti interessati dalle prove, utilizzati per una stima di massima dello spessore delle coperture soffici (tabelle n. 12 e 13), mostrano una notevole variabilità.

Prova HVSr	Frequenza di picco Max H/V (Hz)	Stima di massima dello spessore delle coperture soffici in m.
P98	$3.1 \pm 0.58$	49
P97	$25 \pm 0.40$	4
P99	17	9
P96	$1.5 \pm 1.6$	75
P21	$18 \pm 0.82$	9
P101	$17 \pm 1,7$	8
P108	$17 \pm 1.60$	8
P94	$5 \pm 1.37$	10
P107	$11.90 \pm 0.11$	7
P3	$6.3 \pm 0.44$	14
P4	$2.19 \pm 0.08$	34
P102	$2.82 \pm 0,07$	45
P103	$1,25 \pm 0.13$	63
	$2.27 \pm 0.09$	36
P104	$1.34 \pm 0.12$	67
	$2.36 \pm 0.1$	37
P105	$1.35 \pm 0.05$	67
	$2.30 \pm 0.13$	37
P106	$1,38 \pm 0.07$	68
	$2.31 \pm 0.06$	37

**Tab. n. 13 – Prove HVSr disponibili. Stima di massima dello spessore delle coperture soffici.**

Prova HVSr	Frequenza di picco Max H/V (Hz)	X	Y	Indirizzo
P113	$15.52 \pm 0.52$	420920	4516306	S.P. Miliscola-M.di Procida
P114	$4.41 \pm 0.21$	420385	4516911	Via Pietro Colletta
P115	$2.99 \pm 0.14$	420325	4517429	Trav. Privata via Mercato di Sabato
P116	$2.58 \pm 0.27$	420003	4517905	Via Cappella
P117	$3.90 \pm 0.27$	419678	4517087	Via Petegone, angolo via Filomarino

Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.

P118	4.00 ± 0.23	419787	4516549	C.so Umberto I edificio scolastico
P119	5.87 ± 0.29	420101	4516077	Via Roma
P120	7.78 ± 0.31	420277	4516670	Via Le Croci
P121	4.00 ± 0.24	420059	4517039	Via Torregaveta
P122	5.60 ± 0.22	420059	4517039	Strada Miliscola-M. di Procida (Parcheggio)
P123	Non definita/probabile bedrock superficiale	418655	4516927	Isolotto di S. Martino

**Tab. n. 14 – Tabella con i risultati delle prove HVSR eseguite e le relative coordinate espresse nel sistema di riferimento UTM WGS84. La denominazione fa riferimento al codice attribuito nella carta delle indagini**

I dati riportati nelle tabelle, infatti, danno conto della complessità litostratigrafica, geotecnica e sismica dei terreni presenti sul territorio comunale.

La complessità dell'assetto dei terreni viene anche confermata dalle sezioni geologiche allegate in apposita tavola alla presente relazione.

## **6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE**

Lo studio eseguito, per quanto supportato da numerose indagini e consistenti dati di letteratura, non ha chiarito in modo completo i rapporti tra i terreni presenti.

Il Tufo Giallo Napoletano in facies litoide, presente nella parte orientale del territorio comunale, alla luce dei sondaggi disponibili, sembra essere completamente assente ad occidente dell'allineamento via Amedeo, via P. Piemonte, via Bellavista, prima curva in salita della provinciale Miliscola-Monte di Procida. Ad occidente del predetto allineamento, all'altezza del tufo, si evidenziano piroclastiti sabbioso limose e/o limoso sabbiose, sabbiose, limose, generalmente sciolte o poco addensate di colore grigio verde con ghiaia minuta (pomici e subordinatamente scorie). Questi ultimi terreni sciolti appaiono essere una eteropia laterale del tufo. In fase di approfondimento sarà necessario non solo determinare con minore approssimazione l'andamento dell'allineamento che separa il livello di tufo litoide dai presumibilmente coevi terreni sciolti ma anche se nel sottosuolo, a occidente dell'allineamento precedentemente menzionato, è sempre assente il tufo litoide.

Il tufo, inoltre, è stato considerato substrato geologico "granulare cementato fratturato/alterato" (codice SFGR della carta geologico tecnica) e non cartografato come area stabile nella carta delle MOPS, in quanto è caratterizzato da velocità delle onde Vs che si attestano su valori compresi tra 500 e 650 m/s.

In riferimento all'isolotto di San Martino, poi, le indagini disponibili, allo stato, non consentono di ricostruire compiutamente l'assetto litostratigrafico

Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.  
e le relative proprietà litologiche, geotecniche e geofisiche dei terreni. Infatti, la prova HVSR eseguita (prova P123), pur avendo prodotto una curva H/V senza picchi di frequenze tipica dei substrati litoidi, essa non può essere considerata esaustiva ai fini dell'interpretazione dei rapporti stratigrafici.

Anche per l'area dove insiste il piccolo nucleo abitato di Miliscola, in cui affiora terreno di riporto sabbioso e/o sabbioso limoso e limoso con inclusi detriti calcarei, tufacei e di laterizio passante a luoghi a terreno vegetale con a letto sabbia limosa e/o limo sabbioso con ghiaia minuta (pomici e scorie), è necessario prevedere un approfondimento atto a stabilire se in profondità è presente tufo o altro terreno litoide.

## **7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI**

La realizzazione dei vari prodotti di cui si compone la microzonazione sismica è stata basata su varie procedure metodologiche ed operative. Esse sono in sintesi:

- *Rilievo diretto e misure strumentali sul terreno;*
- *Acquisizione, analisi e selezione delle informazioni, dei dati e delle documentazioni preesistenti anche di carattere scientifico;*
- *Incrocio e sovrapposizione dei dati in vari step;*
- *Digitalizzazione e archiviazione informatica dei dati e delle cartografie.*

Alla base dell'intero lavoro è stato posto il volume contenente gli standard di rappresentazione ed archiviazione informatica 4.0b, che si è seguito nelle sue diversificate e talora complesse linee operative, per rendere un prodotto il più possibile omogeneo alla media di quelli elaborati a livello nazionale.

Pertanto, sia la relazione, quanto le varie cartografie tematiche sono stati costruiti sulla base delle indicazioni fornite dalla guida.

Ne è derivato un prodotto contenente non solo gli elementi conoscitivi e cartografici previsti dalla convenzione e dalle direttive della Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica, quanto molte informazioni aggiuntive di carattere stratigrafico, geotecnico e sismico.

## **8. ELABORATI CARTOGRAFICI**

Gli elaborati cartografici sono stati costruiti in piena coerenza con le specifiche indicate dalle guide ICMS, ovvero con simbologie, contenuti, colori e digitalizzazione così come da esse previsto.

Inoltre, gli elaborati sono georeferenziati rispetto al sistema di riferimento geografico WGS84 UTM zona 33N. Nello specifico le varie mappe sono articolate come in seguito descritto.

### **8.1 Carta delle indagini (Tav. n. 1)**

Per l'elaborazione della Carta delle indagini del Comune di Monte di Procida sono state prese in considerazione tutte le prove pregresse e

**Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.**  
quelle eseguite ex-novo sul territorio comunale relative a indagini geognostiche, indagini geofisiche e misure di rumore ambientale.

Tutte le indagini suddette sono state catalogate ed archiviate attraverso il *software* SoftMS versione 4.0, *software* per la compilazione delle tabelle per la Carta delle Indagini, messo a disposizione sul sito internet del Dipartimento della Protezione Civile. Il file contenente questo database è contenuto nella cartella indagini.

Nella carta delle Indagini (Tav. n. 1) viene indicata la posizione e la tipologia sia delle indagini pregresse che delle indagini eseguite in occasione del presente studio.

Per favorire la leggibilità della carta, le etichette delle indagini riportate su di essa fanno riferimento al codice ID\_SPU derivante dal database creato dal *software* SoftMS, a cui sono state sottratte le cifre che indicano la localizzazione amministrativa uguali per tutti i siti di prova (ad es. il codice ID\_SPU 063047P22 diventa più semplicemente P22).

La qualità della carta è stata valutata con la procedura semiquantitativa basata sul numero e sulla qualità dei dati raccolti descritta in "D. Alberello, S. Castenetto e G. Naso - Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità di una carta di MS di livello 1, Ingegneria sismica, anno XXIII- n. 2".

La cartografia geologica ha un fattore di qualità FQ pari al 40,87% per cui ha la classe di qualità è C.

## **8.2 Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica (Tav. n. 2)**

L'elaborazione ha subito un processo complesso di individuazione ed analisi di precedenti studi scientifici, di rilievi di campagna, di una prima elaborazione di una carta geologica tradizionale, successivamente adeguata nei contenuti alle linee guida 4.0b.

La geologia del territorio comunale è stata ricostruita utilizzando le informazioni desunte dalla copiosa letteratura scientifica, dalle relazioni geologiche e carte redatte da professionisti e dagli elaborati cartografici di letteratura.

In particolare, sono state raccolte e analizzate le seguenti fonti cartografiche:

- Foglio 183-184 (Isola d'Ischia-Napoli) della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000;
- Carta Geologica e Gravimetrica dei Campi Flegrei in scala 1:15.000 (M. Rosi e A. Sbrana, C.N.R., 1987);
- Foglio n. 465 "Isola di Procida" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Progetto CARG dell'ISPRA);
- Carta Geolitologica dell'Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania in scala 1: 10.000(2002);
- Carta Geologica in scala 1:5.000 redatta dal dott. Luciano Pisani per il P.U.C. (2010).

Sono state, inoltre, consultati ed esaminati le numerose prove eseguite per enti e privati sul territorio comunale nonché le relative relazioni.

Le informazioni geologiche sono state controllate e in qualche misura aggiornate mediante appositi rilievi di campagna.

#### Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.

Nella carta geologico-tecnica sono stati individuati e delimitati i seguenti terreni di copertura:

- terreni contenenti resti di attività antropiche (Rizz);
- ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di spiaggia(GMsp);
- sabbie limose, miscela di sabbia e limo di eluvi/colluvi (SMec);
- sabbie limose, miscela di sabbia e limo di coltri ignimbriche (SMig);
- sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di coltri ignimbriche (SWig);
- ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo di coltri ignimbriche (GMig);
- ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo di coltri ignimbriche (GWig).

Ai predetti terreni sono state aggiunte le formazioni individuate come substrato geologico:

- substrato geologico fratturato/alterato (Tufo Giallo Napoletano)(SFLP);
- substrato geologico cementato fratturato/alterato (Duomo lavico di S. Martino) (SFGR).

Sulla Carta sono evidenziate le seguenti forme di superficie e sepolte:

- una conoide alluvionale in località Cercone;
- le falde detritiche ai piedi dei versanti;
- gli orli di scarpata naturali (falesie) ed artificiali (cave di tufo non in attività e/o abbandonate).

Nella Carta Geologico-Tecnica sono state riportate, inoltre, le aree a rischio frana elevato e molto elevato che generalmente fanno riferimento a fenomeni gravitativi classificabili come frane complesse quiescenti e che si possono manifestare come "crolli e/o scorrimenti traslativi evoluti in colate". Tali aree corrispondono a quelle perimetrate nell'ambito del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino della Campania Centrale, attualmente Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, in particolare le aree di fascia P4 e P3.

Tale criterio è stato adottato in quanto la franosità caratteristica del territorio in esame è ampiamente diffusa sui versanti ed è legata prevalentemente all'innescò di fenomeni di neoformazione e di rapida obliterazione, nonché di difficile rappresentazione per singoli eventi.

Sulla carta infine sono state riportate le posizioni dei sondaggi geognostici disponibili nonché le tracce delle sezioni litostratigrafiche.

### **8.3 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica. (Tav. n. 3)**

La Carta delle *Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica* è stata elaborata sulla scorta dei dati ricavati dalla *Carta Geologico-Tecnica* e della *Carta delle Indagini*.

La Carta M.O.P.S. è un elaborato di sintesi, costruito con la sovrapposizione dei dati geologici, geomorfologici, idrogeologici, geotecnici e geofisici, avente lo scopo di suddividere il territorio in unità che presentano

**Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.**  
caratteristiche geologiche, geomorfologiche e geotecniche sufficientemente omogenee. Ognuna delle predette unità ingloba parti di territorio che, avendo le caratteristiche omogenee prima enumerate, potrebbero avere pari potenziale suscettibilità a fenomeni di amplificazione locale e/o effetti superficiali indotti dall'azione sismica quali: amplificazione del moto, induzione di frane e altri dissesti, modificazioni permanenti del suolo, liquefazione dei terreni, cedimenti differenziali, ecc..

Nel territorio comunale di Monte di Procida sono state individuate n. 9 microzone con caratteristiche sufficientemente omogenee le cui colonnestratigrafiche sintetiche con relativa legenda si riportano di seguito. Le stesse colonne stratigrafiche sono state riportate anche nella carta delle MOPS.

Sulla base di quanto stabilito negli *“Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica”* le microzone predette sono state classificate in:

1. Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali;
2. Zone di attenzione per instabilità.

Per le definizioni ed i simboli con cui rappresentare le singole zone sono stati utilizzati i precitati *“Indirizzi”* e la *“Microzonazione Sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Versione 4.”*.

Nella Carta delle M.O.P.S. del Comune di Monte di Procida sono state individuate le seguenti zone:

a) **ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI**

Sono state individuate e delimitate n. 7 zone stabili suscettibili di amplificazione locale. Nelle zone stabili suscettibili di amplificazione locale sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto della situazione stratigrafica e morfologica locale.

Le zone individuate in questa classe sono:

**Zona 0** (codice zona 2099) – Substrato fratturato e alterato costituito da:

- Aree in cui erano ubicate cave di tufo, ormai dismesse, nelle quali affiora il tufo che presenta a letto piroclastiti limo sabbiose e/o sabbioso limose e sabbia da fine a grossolana, in livelli generalmente ben distinti, mediamente addensati e a luoghi cementati, con ghiaia minuta (pomici e scorie) e con lenti e livelli di ghiaia (pomici) di diametro fino a 3 cm.
- Aree in corrispondenza degli affioramenti dei depositi scoriacei stratificati affioranti alla base delle falesie prospicienti l'Isolotto di S. Martino che, in base ai dati di letteratura, sono posti a tetto di una lava massiva trachitica fratturata di tessitura porfirica;

**Zona 1**(Codice zona 2001) - Aree nelle quali è presente un substrato fratturato o alterato costituito da tufo giallastro in facies litoide con a tetto piroclastiti sabbioso limose e/o limo sabbiose e sabbiose passanti a tratti a limose a luoghi con ghiaia minuta (pomici), sciolte e/o moderatamente addensate e a luoghi addensate, con struttura a lenti, a luoghi argillificate e rimaneggiate per trasporto di acqua e per gravità, con intercalati livelli e lenti di ghiaia (pomici e subordinatamente scorie). La serie termina verso l'alto con terreni di origine antropica di copertura avente spessore da poco più di 1 metro sino a, nell'area archeologica, 9.00 m.

**Zona 2**(Codice zona 2002) - Aree nelle quali è presente lo stesso substrato fratturato o alterato della zona 1, costituito da tufo giallastro in facies litoide con a tetto piroclastiti sabbioso limose e/o limo sabbiose, sabbiose, limose, generalmente sciolte o poco addensate di colore marrone passante in basso a grigio verde, a luoghi con venature marroni, con ghiaia minuta (pomici e subordinatamente scorie) e a luoghi con lenti e livelli di ghiaia (pomici) con a letto un livello di sabbia limosa ossidata (paleosuolo). I predetti terreni presentano a tetto terreno di riporto, a luoghi vegetale, sabbioso limoso grigio marrone avente lo spessore compreso tra poco più di 1.50 m. fino a, nelle cave di tufo dismesse di località Torregaveta, circa 7.00 metri.

**Zona 3**(Codice zona 2003) - Aree nelle quali è presente, a profondità comprese tra 18.00 e 38.00 m. circa, una breccia vulcanica costituita da blocchi lavici arrotondati, da blocchi tufacei, da grosse scorie di lava e da litici del basamento sedimentario, aventi dimensioni comprese tra 1 e 5 cm ed in alcuni casi sino a 10 cm ed oltre, immersi in una matrice cineritica sabbiosa da grossolana a molto grossolana relativamente scarsa. A luoghi la formazione appare cementata.

A tetto del predetto livello si rinvencono piroclastiti limo sabbiose e/o sabbioso limose e sabbia da fine a grossolana, in livelli generalmente ben distinti, mediamente addensati e a luoghi cementati, con ghiaia minuta (pomici e scorie) e con lenti e livelli di ghiaia (pomici) di diametro fino a 3 cm.

Seguono verso l'alto, con l'interposizione di un livello di sabbia limosa ossidata (paleosuolo), piroclastiti sabbioso limose e/o limo sabbiose, sabbiose, limose, generalmente sciolte o poco addensate di colore marrone passante in basso a grigio verde, a luoghi con venature marroni, con ghiaia minuta (pomici e subordinatamente scorie) e a luoghi con lenti e livelli di ghiaia (pomici).

I predetti terreni presentano a tetto terreno di riporto, a luoghi vegetale, sabbioso limoso grigio marrone avente lo spessore medio di poco superiore ai 2 metri.

**Zona 4**(Codice zona 2004) - Aree nelle quali è presente, a profondità comprese tra 1 e 4.00 m., una piroclastite sabbioso-ghiaiosa costituita da livelli cineritici di sabbia e sabbia grossolana e clasti di natura pomicea, lavica e tufacea di dimensioni variabili con livelli di sabbia rossastra e tufo giallastro aventi spessore maggiore di 30 metri; i terreni si presentano prevalentemente incoerenti passanti lateralmente e in profondità a cementati.

I predetti terreni presentano a tetto un livello, avente uno spessore medio di poco superiore a 2 metri, di terreno di riporto sabbioso e/o sabbioso limoso a luoghi con ciottoli carbonatici e/o sabbia limosa rimaneggiata giallastra.

**Zona 5**(Codice zona 2005) - Terreno di riporto con resti di attività antropica (frammenti di tufo, pomici, laterizi, ecc.), avente spessore compreso tra 4.00 e 14.00 m., con a letto una piroclastite sabbioso-ghiaiosa costituita da livelli cineritici di sabbia e sabbia grossolana e clasti di natura pomicea, lavica e tufacea di dimensioni variabili con livelli di sabbia rossastra e tufo giallastro aventi spessore maggiore di 30 metri; i terreni si presentano prevalentemente in livelli incoerenti passanti lateralmente e in profondità a cementati.

**Zona 6**(Codice zona 2006)– Terreno di riporto con resti di attività antropica (frammenti di tufo, pomici, laterizi, ecc.), avente spessore compreso tra 6.00 e 14.00 m., con a letto piroclastiti sabbioso limose e/o limo sabbiose, sabbiose, limose, generalmente sciolte o poco addensate di colore marrone passante in basso a grigio verde, a luoghi con venature marroni, con ghiaia minuta (pomici e subordinatamente scorie) e a luoghi con lenti e livelli di ghiaia (pomici). Seguono verso il basso piroclastiti limo sabbiose e/o sabbia limosa e sabbia da fine a grossolana, in livelli generalmente ben distinti, mediamente addensati e a luoghi cementati, con ghiaia minuta (pomici e scorie) e con lenti e livelli di ghiaia (pomici) di diametro fino a 3 cm.

A letto dei predetti terreni si rinviene una breccia vulcanica costituita da blocchi lavici arrotondati, da blocchi tufacei, da grosse scorie di lava e da litici del basamento sedimentario, aventi dimensioni comprese tra 1 e 5 cm ed in alcuni casi sino a 10 cm ed oltre, immersi in una matrice cineritica sabbiosa da grossolana a molto grossolana relativamente scarsa. A luoghi la formazione appare cementata.

#### b) ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITA'

Nelle zone di attenzione per instabilità, oltre ai fenomeni di amplificazione del moto, il sisma può determinare effetti cosismici che si manifestano con deformazioni permanenti del territorio. Nel territorio comunale si identificano due categorie di effetti deformativi, l'instabilità delle falesie e delle coltri piroclastiche in forte pendenza nonché e l'instabilità legata a fenomeni di liquefazione.

Pertanto le zone suscettibili di instabilità possono essere raggruppate in:

- a) Zona di attenzione per instabilità di versante: aree delimitate sulla scorta delle aree a pericolosità elevata e molto elevata del PSAI e in

**Microzonazione sismica livello I del Comune di Monte di Procida (Na). Relazione.**

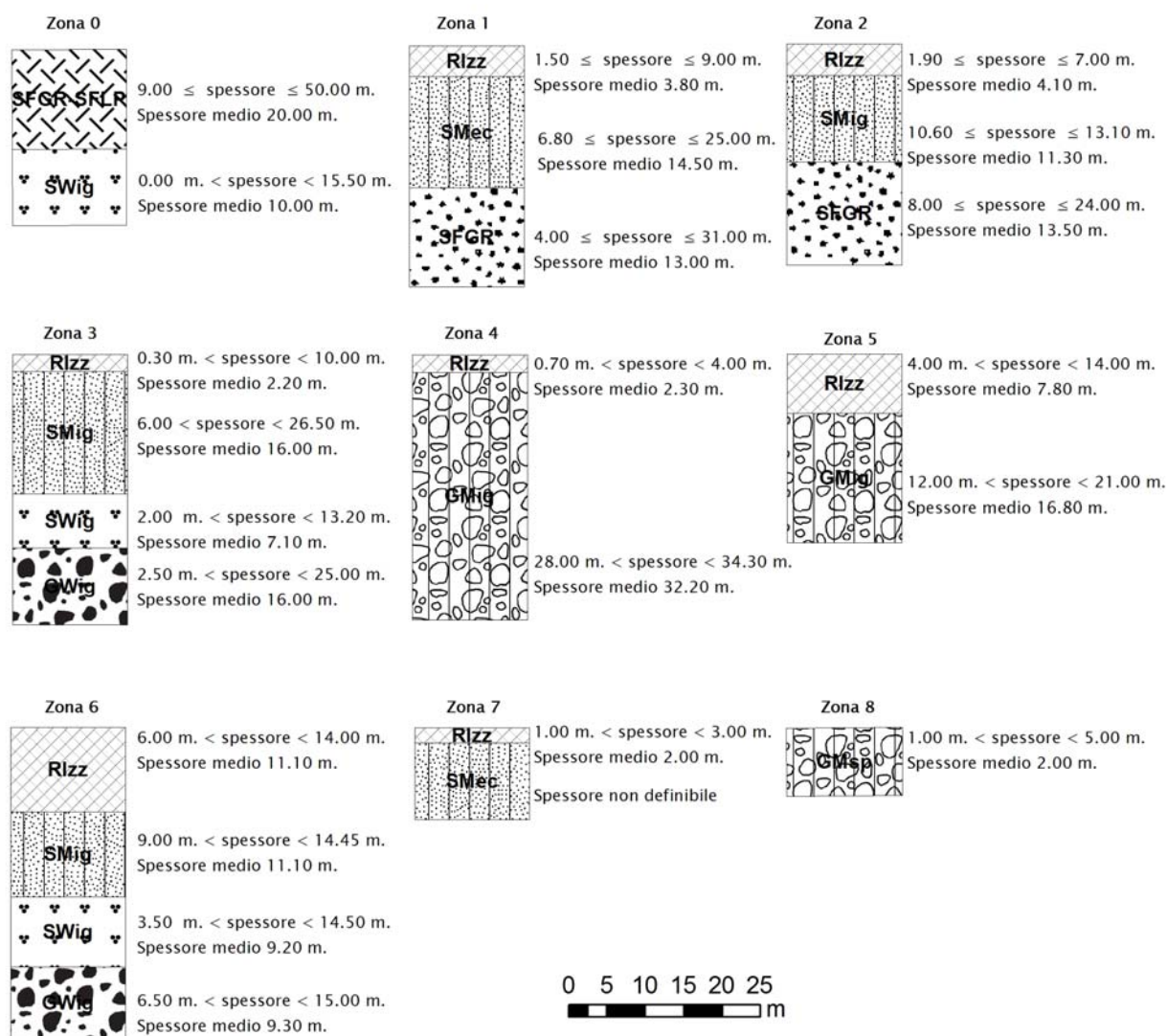
cui sono possibili fenomeni gravitativi classificabili in generale come frane complesse quiescenti e che si possono manifestare come "crolli e/o scorrimenti traslativi evoluti in colate". Queste aree, evidenziate sulla carta con l'apposito retino e col relativo codice a otto cifre, occupano parte delle zone 0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6 precedentemente definite e totalmente le seguenti zone:

- **Zona 7** (codice 30242007) – in corrispondenza della frazione Miliscola nella quale si rinviene terreno di riporto sabbioso e/o sabbioso limoso e limoso con inclusi detriti calcarei, tufacei e di laterizio passante a luoghi a terreno vegetale con a letto sabbia limosa e/o limo sabbioso con ghiaia minuta (pomici e scorie);

- **Zona 8** (codice 30242008) - Depositi di spiaggia a granulometria sabbioso-ghiaiosa.

- b) Zona di attenzione per fenomeni di liquefazione: parte di territorio comunale in cui il pelo libero della falda freatica si posiziona a profondità inferiori ai 15.00 m.: queste aree, evidenziate sulla carta con l'apposito retino e col relativo codice a otto cifre, occupano parte delle zone 1, 2, 7 e 8 come precedentemente definite.
- c) Zone in cui si sovrappongono i predetti due tipi di instabilità evidenziate con l'apposito retino ed il relativo codice a quattro cifre (3070).

## Colonne stratigrafiche sintetiche



**Fig. 20 – Colonne stratigrafiche sintetiche delle singole zone della Carta delle MOPS.**



Nel caso il comune intenda utilizzare il presente studio per la programmazione urbanistica, nelle norme di attuazione del PUC dovranno essere inserite le seguenti prescrizioni:

- *nella Zona di attenzione per instabilità di versante individuate nella Carta delle MOPS è necessario rispettare gli artt. 22, 23, 24, 25 e 26 delle Norme di Attuazione del PSAI dell'Autorità di Bacino della Campania Centrale (Attualmente Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale) e, nel caso di interventi edilizi o di trasformazione del territorio, eseguire uno studio di compatibilità nei riguardi del rischio frana così come previsto nell'art. 36 delle norme di attuazione del PSAI ;*

- *nella Zona di attenzione per fenomeni di liquefazione individuate nella Carta delle MOPS è necessario, prima di ogni intervento edilizio, condurre apposite indagini finalizzate all'individuazione dei depositi liquefacibili e/o che consentano di escludere che nel sito si possa verificare il fenomeno della liquefazione;*

- *nelle zone in cui si sovrappongono i predetti due tipi di instabilità è necessario, prima di ogni intervento edilizio o di trasformazione del territorio, rispettare ambedue le prescrizioni riportate in precedenza;*

- *In tutte le aree del territorio comunale, infine, considerate a rischio e delimitate nelle relative carte dell'Autorità di Bacino è necessario rispettare le norme di attuazione del PSAI.*

Sulla carta, infine, sono state riportate le stratigrafie di riferimento di ogni singola microzona e la localizzazione delle prove HVSR con il relativo valore del picco di frequenza.

#### **8.4 Commenti finali e criticità**

Il lavoro svolto si è basato principalmente su studi, sondaggi e prove pregressi realizzati sul territorio di Monte di Procida che, integrati da sopralluoghi e misure di microtremore, hanno consentito di ricostruire con sufficiente approssimazione i parametri litostratigrafici, geotecnici e sismici.

Molte delle indagini reperite, in particolar modo quelle eseguite per le autorizzazioni sismiche di privati, sono state scartate in quanto considerate non funzionali allo studio eseguito.

In generale ne è derivato un quadro attendibile del sottosuolo che però, considerata la complessità accertata dell'assetto litostratigrafico, necessita di approfondimenti in parte già ricordati in precedenza.

Un approfondimento necessario riguarda le formazioni presenti nell'area dell'Isolotto di S. Martino che sono state considerate zona di attenzione per instabilità di versante nella parte continentale e non meglio qualificate per la parte insulare nella Carta delle MOPS. Pertanto l'area insulare non è stata zonata a causa della scarsità dei dati a disposizione. Infatti, la prova HVSR eseguita sull'isolotto (prova P123), pur avendo prodotto una curva H/V senza picchi di frequenze tipica dei substrati rigidi, non ha consentito una corretta ed esaustiva interpretazione dei rapporti stratigrafici e, pertanto, non ha risolto le incertezze. Per questa ragione, nelle fasi successive si rendono necessari approfondimenti per stabilire sia l'estensione della formazione nell'ambito del territorio comunale che la possibilità di

classificare la formazione stessa come substrato.

Un secondo approfondimento riguarda sia l'ampiezza, nel sottosuolo comunale, della facies litoide del Tufo Giallo Napoletano che i rapporti dello stesso con le piroclastiti grigio verdastre considerate in questo studio una eteropia laterale dello stesso.

Il predetto approfondimento è necessario in quanto il Tufo Giallo Napoletano litoide, classificato nel presente studio substrato geologico "granulare cementato fratturato/alterato" (codice SFGR della carta geologico tecnica) e non cartografato come area stabile nella carta delle MOPS in quanto caratterizzato da velocità delle onde Vs che si attestano su valori compresi tra 500 e 650 m/s circa, ha sicuramente influenza, quando presente, sui valori delle frequenze di picco di sito.

Nell'elaborazione delle MOPS le due aree di substrato individuate, che fanno riferimento rispettivamente alla lava massiva trachitica e al Tufo Giallo Napoletano Litoide, sono state considerate "substrato fratturato o alterato" e ad esse è stato attribuito un unico codice 2099. La relativa colonna stratigrafica (zona 0) fa dunque riferimento ad entrambi i substrati generando, in tal modo, un'incertezza di rappresentazione.

Un ulteriore approfondimento riguarda l'area dove insiste il piccolo nucleo abitato di Miliscola, caratterizzata dall'affioramento di terreno di riporto e/o vegetale, in quanto la scarsità dei dati ha imposto una classificazione nella Carta delle MOPS basata esclusivamente su dati di campagna e bibliografici.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- 1) AA.VV. (2002) - *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*. Autorità di Bacino Nord- Occidentale della Campania, 4 vol., Napoli, TPS-SELCA.
- 2) ALESSIO M., BELLA F., IMPTOTA S., BELLUOMINI G., CALDERONI G., CORTESI C. & TURI B. (1973)- *University of Rome Carbon-14 dates X*. Radiocarbon., 15, 164-178.
- 3) BARBERI F. , INNOCENTI F. , LIRER L. , MUNNO R. , PESCATORE T. & SANTACROCE R. (1978) – *The Campanian Ignimbrite: a Major Prehistoric Eruption in the Neapolitan Area (Italy)*. Bull. Volcanol. , 41, 1, 1-22.
- 4) BARBERI F., CASSANO E., LA TORRE P., & SBRANA A: (1991)- *Structural evolution of volcanological and geophysical data*. J. Volcan. Geotherm. Res. , 48, 33-50.
- 5) De Vivo B., Rolandi G., Gans P.B., Calvert A., Bohrsen B.A., Spera F.J., Belkin H.E. (2001) – *New constraints on the pyroclastic eruptive history of the Campania volcanic Plain (Italy)*. Mineralogy and Petrology, 73, pp. 47-65.
- 6) DE' GENNARO, CAPPELLETTI P., LANGELLA A., PERROTTA A. & SCARPATI C, (2000)- *Genesis of zeolites in the Neapolitan Yellow Tyff: geological , volcanological and mineralogical evidence*. Contb. Mineral. Petrol. , 139, 17-35.
- 7) DI GIROLAMO P. (1968a)- *Petrografia dei tufi campani: il Processo di pipernizzazione (tufo→tufo pipernoide→piperno)*. Rend. Accad. Sci. Fis. Mat., ser. 4, **35**, 329-394.

- 8) FACCIOLI E. (1986) – *Elementi per una guida alle indagini di Microzonazione Sismica*. Quaderni de “La Ricerca Scientifica”- Progetto Finalizzato “Geodinamica”. C.N.R. Roma. Vol. 7-Monografie Finali.
- 9) DI GIROLAMO P., GHIARA M.R., LIRER L., MUNNO R., ROLANDI G. & STANZIONE D. (1984)- *Vulcanologia e petrologia dei Campi Flegrei*. Boll. Soc. Geol. It. 103, 349-413.
- 10) DI GIROLAMO P. , LIRER L. , PORCELLI C. & STANZIONE D. (1972)- *Correlazioni stratigrafiche fra le principali formazioni piroclastiche della Campania (Roccamonfina, Campi Flegrei, Somma-Vesuvio)*. Rend. Soc. It. Mineral. Petrol. , 28, 77-123.
- 11) FEDELE L. et alii, *Note illustrative della Carta Geologica D'Italia alla scala 1:50.000*- Foglio 465 Isola di Procida.
- 12) LIRER L., LUONGO G. & SCANDONE R. (1987)- *On the vulcanological evolution of Campi Flegrei*. EOS, 68, 26-227.
- 13) LUONGO G., CUBELLIS E., OBRIZZO F. & PETRAZZUOLI F. M. (1991)- *A physical model for the origin of vulcanism of the Tyrrhenian margin: the case of the Neapolitan area*. J. Volcan. Geoth. Res., 48, 173-185.
- 14) MELE R., PALMA G., SANTO A. and SGAMBATI D. (2004) – *Fenomeni di instabilità dei versanti dei Monti Lattari e dell'Area Flegrea (Campania): scenari di suscettibilità da frana in aree campione*. Quaderni di Geologia Applicata, 11 (1), pp. 1-30.
- 15) ORSI G., D'ANTONIO M., DE VITA S. & GALLO G. (1992)- *The Neapolitan Yellow Tuff, a large magnitude trachitic phreto-plinian eruption dynamics, magma withdrawal and caldera collapse*. J. Volcan. Geotherm. Res. 53, 275-287.
- 16) ORSI G., CIVETTA L., D'ANTONIO M., DI GIROLAMO P. & PIOCHI M. (1995)- *Step-filling and development of a three-layer magma chamber: the NYT case history*. J. Volcan. Geotherm. Res. 67, 291-312.
- 17) ORSI G., DE VITA S., & DE VITO M. (1996)- *The restless, resurgent Campi Flegrei nested caldera (Italy): constraints on its evolution and configuration*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 74, 179-214.
- 18) PARASCANDOLA A. (1953)- *Sui lavori compiuti nell'Isola di Procida, M.te di Cora, Miseno e Vesuvio per il F. 184 della Carta Geologica d'Italia*. Boll. Serv. Geol. D'It. , 75, 766-778.
- 19) PESCATORE T., ROLANDI G. (1981)- *Osservazioni preliminari sulla stratigrafia dei depositi vulcanoclastici nel settore SW dei campi Flegrei*. Boll. Soc. Geol. It. 100, 233-254.
- 20) RITTMAN A. (1950)- *Sintesi geologica dei Campi Flegrei*. Boll. Serv. Geol. It. 69, 117-128.
- 21) ROLANDI G. (1988)- *Ignibriti e tufi gialli nella Pianura Campana e nei Campi Flegrei: una proposta di riordino*. Convegno “Bradismo e fenomeni connessi” 4^ Rendiconto 26-26 marzo 1988, 436-446.
- 22) ROSI M. & SBRANA A. ( 1987 )- *Flegrean Fields*. Quaderni de “ La Ricerca Scientifica”, Progetto finalizzato “ Geodinamica”, n. 114, 9, 1-168. Napoli maggio 1997.
- 23) SCARPATI C., COLE P., PERROTTA A. (1993) – *The Neapolitan Yellow Tuff – A large volume multiphase eruption from Campi Flegrei, Southern Italy*. Bull. Vulcan. , 55, 343-356,

## **10. ALLEGATI**

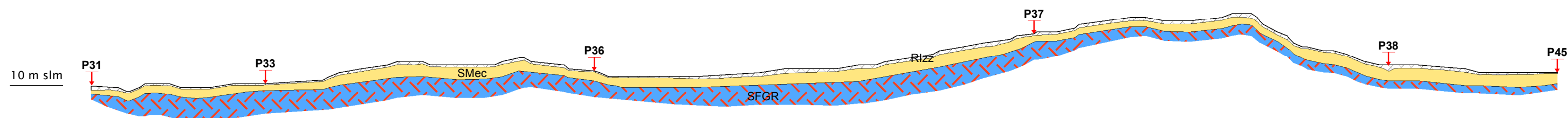
Al presente studio è stata allegata una tavola denominata Tavola delle Sezioni Geologiche (Tav. n. 4 contenuta nella cartella plot) in quanto le sezioni geologiche in essa riportate sono state ritenute, a causa della scala, più esplicative e leggibili di quelle riportate nella presente relazione.

Pomigliano d'Arco, Revisione Marzo 2019

Il Geologo  
Marco Cavallaro

Il Geologo Incaricato  
Dott. Giovanni De Falco

# Sezione geologica D-D'



## Legenda

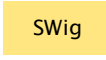
### Terreni di copertura



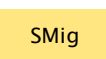
**Rizz** Terreni contenenti resti di attività antropica.  
Terreno di riporto sabbioso con limo, con vari inclusi di natura antropica (frammenti di tufo, pomici, laterizi, frammenti marmorei, PVC, ecc.). (Attuale).  
Vs (m/s): 66 – 184.



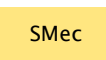
**GWig** Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di coltri ignimbriche.  
Breccia vulcanica costituita da blocchi lavici arrotondati, da blocchi tufacei, da grosse scorie di lava e da litici del basamento sedimentario aventi dimensioni comprese tra 1 e 5 cm ed in alcuni casi sino a 10 cm ed oltre, immersi in una matrice cineritica sabbiosa da grossolana a molto grossolana relativamente scarsa. A luoghi la formazione si presenta cementata (Breccia Museo, 39 ka).  
Vs (m/s): 271 – 483.



**SWig** Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di coltri ignimbriche.  
Piroclastiti limo sabbiose e/o sabbia limosa e sabbia da fine a grossolana, in livelli generalmente ben distinti, mediamente addensati e a luoghi cementati, con ghiaia minuta (pomici e scorie) e con lenti e livelli di ghiaia (pomici) di diametro fino a 3 cm. Colore dei livelli grigio, grigio scuro e marrone con venature giallastre (Torregaveta 22.3 ± 0.23 ka – Solchiaro 19–17 ka).  
Vs (m/s): 220 – 478.



**SMig** Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di coltri ignimbriche.  
Piroclastiti sabbioso limose e/o limo sabbiose, sabbiose, limose, generalmente sciolte o poco addensate di colore marrone passante in basso a grigio verde, a luoghi con venature marroni, con ghiaia minuta (pomici e subordinatamente scorie) e a luoghi con lenti e livelli di ghiaia (pomici) con a letto un livello di sabbia limosa ossidata (paleosuolo). (Tufo di Baia e Fondi di Baia 9.6 ka – Tufo di Bacoli 8.6 ka).  
Vs (m/s): 115 – 322.



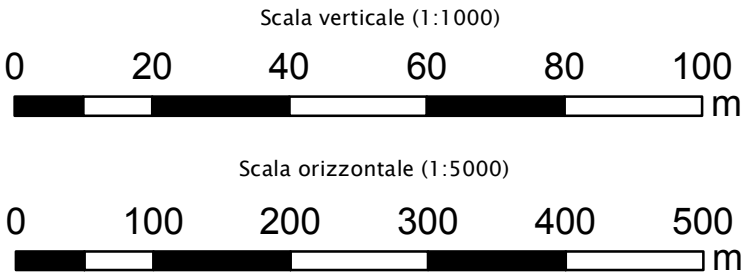
**SMec** Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di eluvi/colluvi.  
Piroclastiti sabbioso limose e/o limo sabbiose e sabbiose passanti a tratti a limose, a luoghi con ghiaia minuta (pomici), si presentano sciolte e/o moderatamente addensate, a luoghi addensate, con strutture a lenti, a luoghi argillificate e rimaneggiate per trasporto di acqua e per gravità, con lenti di ghiaia (pomici e subordinatamente scorie). Colore marrone passante in basso a grigio verde. (< 10 ka).  
Vs (m/s): 111 – 271.

P15 (numero indagine)  
Sondaggio

### Substrato geologico



**SFGR** Granulare cementato fratturato / alterato.  
Depositi piroclastici costituiti da sabbie limose con ghiaia pomicea e litici, di colore che varia dal grigio-verdognolo al giallastro, in facies litoide, con grado di saldatura medio-basso (eruzione del Tufo Giallo Napoletano 15 ka).  
Vs (m/s): 490 – 657.



# Sezione geologica B-B'



## Legenda

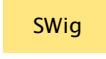
### Terreni di copertura



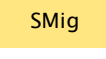
Terreni contenenti resti di attività antropica.  
Terreno di riporto sabbioso con limo, con vari inclusi di natura antropica (frammenti di tufo, pomici, laterizi, frammenti marmorei, PVC, ecc.). (Attuale).  
Vs (m/s): 66 – 184.



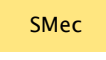
Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di coltri ignimbratiche.  
Breccia vulcanica costituita da blocchi lavici arrotondati, da blocchi tufacei, da grosse scorie di lava e da litici del basamento sedimentario aventi dimensioni comprese tra 1 e 5 cm ed in alcuni casi sino a 10 cm ed oltre, immersi in una matrice cineritica sabbiosa da grossolana a molto grossolana relativamente scarsa. A luoghi la formazione si presenta cementata (Breccia Museo, 39 ka).  
Vs (m/s): 271 – 483.



Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di coltri ignimbratiche.  
Piroclastiti limo sabbiose e/o sabbia limosa e sabbia da fine a grossolana, in livelli generalmente ben distinti, mediamente addensati e a luoghi cementati, con ghiaia minuta (pomici e scorie) e con lenti e livelli di ghiaia (pomici) di diametro fino a 3 cm. Colore dei livelli grigio, grigio scuro e marrone con venature giallastre (Torregaveta 22.3 ± 0.23 ka – Solchiaro 19–17 ka).  
Vs (m/s): 220 – 478.



Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di coltri ignimbratiche.  
Piroclastiti sabbioso limose e/o limo sabbiose, sabbiose, limose, generalmente sciolte o poco addensate di colore marrone passante in basso a grigio verde, a luoghi con venature marroni, con ghiaia minuta (pomici e subordinatamente scorie) e a luoghi con lenti e livelli di ghiaia (pomici) con a letto un livello di sabbia limosa ossidata (paleosuolo). (Tufo di Baia e Fondi di Baia 9.6 ka – Tufo di Bacoli 8.6 ka).  
Vs (m/s): 115 – 322.



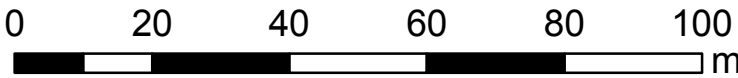
Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di eluvi/colluvi.  
Piroclastiti sabbioso limose e/o limo sabbiose e sabbiose passanti a tratti a limose, a luoghi con ghiaia minuta (pomici), si presentano sciolte e/o moderatamente addensate, a luoghi addensate, con strutture a lenti, a luoghi argillificate e rimaneggiate per trasporto di acqua e per gravità, con lenti di ghiaia (pomici e subordinatamente scorie). Colore marrone passante in basso a grigio verde. (< 10 ka).  
Vs (m/s): 111 – 271.

P15 (numero indagine)

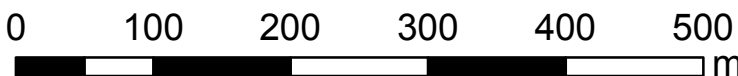


Sondaggio

Scala verticale (1:1000)



Scala orizzontale (1:5000)



### Substrato geologico



Granulare cementato fratturato / alterato.  
Depositi piroclastici costituiti da sabbie limose con ghiaia pomicea e litici, di colore che varia dal grigio-verdognolo al giallastro, in facies litoide, con grado di saldatura medio-basso (eruzione del Tufo Giallo Napoletano 15 ka).  
Vs (m/s): 490 – 657.

# Sezione geologica B-B'

96 m slm



## Legenda

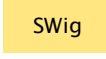
### Terreni di copertura



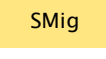
**Rizz** Terreni contenenti resti di attività antropica.  
Terreno di riporto sabbioso con limo, con vari inclusi di natura antropica (frammenti di tufo, pomici, laterizi, frammenti marmorei, PVC, ecc.). (Attuale).  
Vs (m/s): 66 – 184.



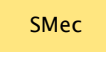
**GWig** Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di coltri ignimbriche.  
Breccia vulcanica costituita da blocchi lavici arrotondati, da blocchi tufacei, da grosse scorie di lava e da litici del basamento sedimentario aventi dimensioni comprese tra 1 e 5 cm ed in alcuni casi sino a 10 cm ed oltre, immersi in una matrice cineritica sabbiosa da grossolana a molto grossolana relativamente scarsa. A luoghi la formazione si presenta cementata (Breccia Museo, 39 ka).  
Vs (m/s): 271 – 483.



**SWig** Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di coltri ignimbriche.  
Piroclastiti limo sabbiose e/o sabbia limosa e sabbia da fine a grossolana, in livelli generalmente ben distinti, mediamente addensati e a luoghi cementati, con ghiaia minuta (pomici e scorie) e con lenti e livelli di ghiaia (pomici) di diametro fino a 3 cm. Colore dei livelli grigio, grigio scuro e marrone con venature giallastre (Torregaveta 22.3 ± 0.23 ka – Solchiaro 19–17 ka).  
Vs (m/s): 220 – 478.



**SMig** Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di coltri ignimbriche.  
Piroclastiti sabbioso limose e/o limo sabbiose, sabbiose, limose, generalmente sciolte o poco addensate di colore marrone passante in basso a grigio verde, a luoghi con venature marroni, con ghiaia minuta (pomici e subordinatamente scorie) e a luoghi con lenti e livelli di ghiaia (pomici) con a letto un livello di sabbia limosa ossidata (paleosuolo). (Tufo di Baia e Fondi di Baia 9.6 ka – Tufo di Bacoli 8.6 ka).  
Vs (m/s): 115 – 322.



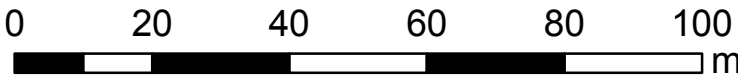
**SMec** Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di eluvi/colluvi.  
Piroclastiti sabbioso limose e/o limo sabbiose e sabbiose passanti a tratti a limose, a luoghi con ghiaia minuta (pomici), si presentano sciolte e/o moderatamente addensate, a luoghi addensate, con strutture a lenti, a luoghi argillificate e rimaneggiate per trasporto di acqua e per gravità, con lenti di ghiaia (pomici e subordinatamente scorie). Colore marrone passante in basso a grigio verde. (< 10 ka).  
Vs (m/s): 111 – 271.

P15 (numero indagine)

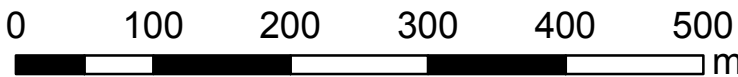


Sondaggio

Scala verticale (1:1000)



Scala orizzontale (1:5000)

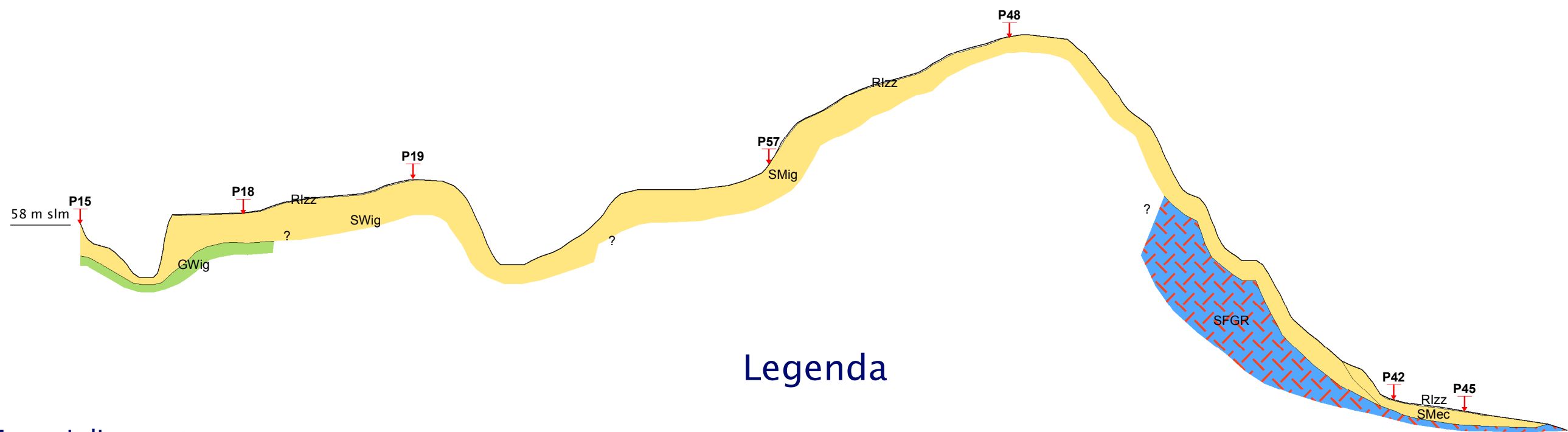


### Substrato geologico



**SFGR** Granulare cementato fratturato / alterato.  
Depositi piroclastici costituiti da sabbie limose con ghiaia pomicea e litici, di colore che varia dal grigio-verdognolo al giallastro, in facies litoide, con grado di saldatura medio-basso (eruzione del Tufo Giallo Napoletano 15 ka).  
Vs (m/s): 490 – 657.

# Sezione geologica A-A'



## Legenda

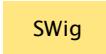
### Terreni di copertura



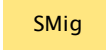
Terreni contenenti resti di attività antropica.  
Terreno di riporto sabbioso con limo, con vari inclusi di natura antropica (frammenti di tufo, pomici, laterizi, frammenti marmorei, PVC, ecc.). (Attuale).  
Vs (m/s): 66 – 184.



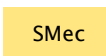
Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo di coltri ignimbratiche.  
Breccia vulcanica costituita da blocchi lavici arrotondati, da blocchi tufacei, da grosse scorie di lava e da litici del basamento sedimentario aventi dimensioni comprese tra 1 e 5 cm ed in alcuni casi sino a 10 cm ed oltre, immersi in una matrice cineritica sabbiosa da grossolana a molto grossolana relativamente scarsa. A luoghi la formazione si presenta cementata (Breccia Museo, 39 ka).  
Vs (m/s): 271 – 483.



Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose di coltri ignimbratiche.  
Piroclastiti limo sabbiose e/o sabbia limosa e sabbia da fine a grossolana, in livelli generalmente ben distinti, mediamente addensati e a luoghi cementati, con ghiaia minuta (pomici e scorie) e con lenti e livelli di ghiaia (pomici) di diametro fino a 3 cm. Colore dei livelli grigio, grigio scuro e marrone con venature giallastre (Torregaveta 22.3 ± 0.23 ka – Solchiaro 19–17 ka).  
Vs (m/s): 220 – 478.



Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di coltri ignimbratiche.  
Piroclastiti sabbioso limose e/o limo sabbiose, sabbiose, limose, generalmente sciolte o poco addensate di colore marrone passante in basso a grigio verde, a luoghi con venature marroni, con ghiaia minuta (pomici e subordinatamente scorie) e a luoghi con lenti e livelli di ghiaia (pomici) con a letto un livello di sabbia limosa ossidata (paleosuolo). (Tufo di Baia e Fondi di Baia 9.6 ka – Tufo di Bacoli 8.6 ka).  
Vs (m/s): 115 – 322.



Sabbie limose, miscela di sabbia e limo di eluvi/colluvi.  
Piroclastiti sabbioso limose e/o limo sabbiose e sabbiose passanti a tratti a limose, a luoghi con ghiaia minuta (pomici), si presentano sciolte e/o moderatamente addensate, a luoghi addensate, con strutture a lenti, a luoghi argillificate e rimaneggiate per trasporto di acqua e per gravità, con lenti di ghiaia (pomici e subordinatamente scorie). Colore marrone passante in basso a grigio verde. (< 10 ka).  
Vs (m/s): 111 – 271.

P15 (numero indagine)



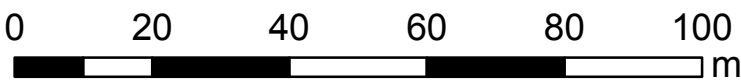
Sondaggio

### Substrato geologico



Granulare cementato fratturato / alterato.  
Depositi piroclastici costituiti da sabbie limose con ghiaia pomicea e litici, di colore che varia dal grigio-verdognolo al giallastro, in facies litoide, con grado di saldatura medio-basso (eruzione del Tufo Giallo Napoletano 15 ka).  
Vs (m/s): 490 – 657.

Scala verticale (1:1000)



Scala orizzontale (1:5000)

