



**COMUNE DI META**  
**(Città Metropolitana di Napoli)**

**Amministrazione Comunale**  
**di Meta**

**PIANO URBANISTICO ATTUATIVO (PUA) N° 1**

**TAVOLA 01**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

**Ufficio Pianificazione Territoriale del Comune di Meta**

**Responsabile: Arch. Maria Rosaria Visciano**

**Collaboratore: Ing. Giuseppe Maresca**

**Consulente: Dr. Geol. Francesco Ruocco\***

**Collaboratore: Dr. Geol. Giuseppe Di Crescenzo^**

\* 80063 Piano di Sorrento (NA) - Via Cavoniello n° 8 - +39 0818071679 - +39 3388669444

[geol.francescoruocco@alice.it](mailto:geol.francescoruocco@alice.it) - [francescoruocco@pec.it](mailto:francescoruocco@pec.it) - <http://it.linkedin.com/in/geologofrancescoruocco>

^ 84010 Cetara (SA) - Via Salvo D'Acquisto n° 6 - +39 089261660 - +39 3283340032 - [g.di.crescenzo@alice.it](mailto:g.di.crescenzo@alice.it)

SCALA:

FILE: Studio geologico-tecnico PUA1 Meta

ARCHIVIO: C:\Documenti\Lavori 2017

REVISIONE	DATA	OGGETTO	REDATTO	APPROVATO	AUTORIZZATO
00	Dicembre 2017	Emissione			

I N D I C E

1. PREMESSA .....	4
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	10
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO .....	12
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....	14
5. GEOMORFOLOGIA .....	26
6. IDROGEOLOGIA.....	30
7. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA NEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE URBANISTICA .....	36
8. INDAGINI GEOGNOSTICHE <i>IN SITU</i> .....	38
8.1 SONDAGGI PENETROMETRICI .....	38
8.2 RILIEVI GEOMECCANICI.....	41
8.3 PROSPEZIONI SISMICHE MASW .....	43
9. SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA LOCALE.....	46
10. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI ATTRAVERSO LE PROVE PENETROMETRICHE DPSH.....	49
11. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI .....	50
12. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI.....	52
13. SISMICITÀ DELL'AREA.....	57
14. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI IN PROSPETTIVA SISMICA.....	61
15. AZIONE SISMICA, STATI LIMITE E RELATIVE PROBA-BILITÀ DI SUPERAMENTO .....	62
16. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO.....	67
17. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE .....	71
18. ANALISI DELLE CONDIZIONI DI STABILITÀ DELL'AREA.....	72
19. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....	75

## A L L E G A T I

### Tavola 02 – Cartografia d'inquadramento

- Corografia generale dell'area - Stralcio della Carta Topografica d'Italia dell'I.G.M. - Foglio n. 466 Sezione III SORRENTO (Scala 1 : 25.000);
- Stralcio Carta Geologica della Penisola Sorrentina (Scala 1 : 25.000);
- Progetto CARG - Cartografia Geologica - Stralci delle Tavola nn. 46613-46609 (Scala 1 : 10.000);
- Stralcio aerofotogrammetrico (Scala 1 : 5000);
- Stralcio Carta delle pendenze del P.R.G. comunale (Scala 1 : 4000);
- Stralcio Carta con l'ubicazione delle indagini del P.R.G. comunale (Scala 1 : 4000);
- Stralcio Carta geolitologica del P.R.G. comunale (Scala 1 : 4000);
- Stralcio Carta geomorfologica del P.R.G. comunale (Scala 1 : 4000);
- Stralcio Carta del rischio geomorfologico del P.R.G. comunale (Scala 1 : 4000);
- Stralcio Carta idrogeologica del P.R.G. comunale (Scala 1 : 4000);
- Stralcio Carta dei bacini del P.R.G. comunale (Scala 1 : 4000);
- Stralcio Carta della pericolosità da frana del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della ex Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale (Scala 1 : 5000);
- Stralcio Carta del rischio da frana del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della ex Autorità di Bacino della Campania Centrale (Scala 1 : 5000);
- Stralcio Carta della pericolosità idraulica del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della ex Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale (Scala 1 : 5000);
- Stralcio Carta del rischio idraulico del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della ex Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale (Scala 1 : 5000);

### Tavola 03 – Carta con l'ubicazione delle indagini geognostiche (Scala 1 : 1000);

### Tavola 04 – Indagini geognostiche in situ:

- Tabelle ed istogrammi profondità – n. di colpi battuti di n. 3 prove penetrometriche dinamiche continue;

- Grafico profondità – n. di colpi battuti – resistenza dinamica alla punta – interpretazione stratigrafica delle prove penetrometriche dinamiche continue;
- Colonne stratigrafiche dei sondaggi a carotaggio continuo e/o distruzione di nucleo;

Tavola 05 – Relazione sull’elaborazione dei sondaggi penetrometrici;

Tavola 06 – Relazione sull’elaborazione delle prospezioni sismiche MASW;

Tavola 07 – Relazione geostrutturale;

Tavola 08 – Carta geolitologica (Scala 1 :1000);

Tavola 09 – Sezioni geolitologiche (Scala grafica);

Tavola 10 – Carta delle pendenze (Scala 1 :1000);

Tavola 11 – Carta geomorfologica (Scala 1 :1000);

Tavola 12 – Carta idrogeologica (Scala 1 :1000);

Tavola 13 – Carta della zonazione del territorio in prospettiva sismica (Scala 1 :1000);

Tavola 14 – Carta geolitologica frontale (Scala grafica);

Tavola 15 – Carta geomorfologica frontale (Scala grafica);

Tavola 16 – Carta geostrutturale frontale (Scala grafica);

Tavola 17 – Carta della stabilità frontale (Scala grafica);

Tavola 18 – Carta della stabilità del PRG comunale (Scala 1 :1000);

Tavola 19 – Carta della pericolosità da frana del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico della ex Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale (Scala 1 :1000);

Tavola 20 – Carta della stabilità del PUA1 (Scala 1 :1000);

Tavola 21 – Documentazione fotografica.

## 1. PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Meta con D.D. n. 357 del 18 luglio 2017 ha incaricato lo scrivente di redigere lo studio idrogeomorfologico e geologico-tecnico per la predisposizione degli elaborati del PUA n. 1, stipulando apposita convenzione in data 27 luglio 2017, atteso che l'area d'interesse, ai fini del rischio da frana e/o idraulico, ricade nel territorio di competenza della ex Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale, ora Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale<sup>1</sup>, e che il Comune di Meta, con Deliberazione della Giunta Regionale della Campania n. 5447 del 07.11.2002, è stato classificato a rischio sismico.

Lo scrivente tecnico per lo svolgimento dell'incarico si è avvalso della collaborazione del dr. geol. Giuseppe Di Crescenzo di Cetara (SA).

Lo studio *de quo*, pertanto, sulla base di specifiche indagini geologiche, ha perseguito i seguenti obiettivi:

-  identificazione delle formazioni presenti nell'ambito morfologico significativo;
-  studio dei tipi litologici, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo;
-  definizione del modello geologico del sottosuolo;
-  illustrazione e caratterizzazione degli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici e geomorfologici;
-  caratterizzazione geomeccanica dei fronti rocciosi;
-  caratterizzazione geotecnica dei terreni;
-  zonazione del territorio in prospettiva sismica;

---

<sup>1</sup> Autorità di Bacino Nazionale dei fiumi Liri-Garigliano e Volturno, Regione Abruzzo, Regione Basilicata, Regione Calabria, Regione Campania, Regione Lazio, Regione Molise, Regione Puglia.

-  modellazione sismica dell'area;
-  determinazione del livello di pericolosità geologica con particolare riferimento al rischio da frana.

Tanto premesso, il presente lavoro, per come stabilito dal D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207<sup>(2)</sup> art. 26 comma 1 punto a<sup>(3)</sup> e D.M. 14 gennaio 2008<sup>(4)</sup> capitolo 6<sup>(5)</sup> capi 6.2.1 - *Caratterizzazione e modellazione geologica del sito*<sup>6</sup> - e 6.2.2 - *Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica*<sup>7</sup>, L.R. n. 9/1983 e NdA ed allegato B del PSAI della ex Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale, è stato

---

<sup>(2)</sup> Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE». (G.U. n. 288 del 10 dicembre 2010).

<sup>3</sup> *La relazione geologica comprende, sulla base di specifiche indagini geologiche, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura e dei caratteri fisici del sottosuolo, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché il conseguente livello di pericolosità geologica.*

<sup>(4)</sup> Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni. (Supplemento ordinario alla G.U. n. 29 del 04.02.2008 - Serie generale).

<sup>(5)</sup> Progettazione geotecnica.

<sup>6</sup> *“La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio. In funzione del tipo di opera o di intervento e della complessità del contesto geologico, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Esso deve essere sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche. Metodi e risultati delle indagini devono essere esaurientemente esposti e commentati in una relazione geologica.”*

<sup>7</sup> *“Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento e devono riguardare il volume significativo di cui al § 3.2.2, e devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione. I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti mediante specifiche prove in laboratorio su campioni indisturbati di terreno e attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito. Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro nello stato limite considerato. Per modello geotecnico si intende uno schema rappresentativo delle condizioni stratigrafiche, del regime delle pressioni interstiziali e della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni e delle rocce comprese nel volume significativo, finalizzato all'analisi quantitativa di uno specifico problema geotecnico. È responsabilità del progettista la definizione del piano delle indagini, la caratterizzazione e modellazione geotecnica.*

articolato secondo il seguente *iter* metodologico:

- consultazione delle fonti bibliografiche citate in appendice, reperite presso la casa comunale, l’Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale, i Dipartimenti di *Scienze della Terra* e di *Ingegneria Idraulica, Geotecnica ed Ambientale* dell’Università degli Studi di Napoli “*Federico II*” e l’archivio personale dello scrivente;
- rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio esteso all’ambito morfologico significativo;
- consultazione e riproduzione stralci della cartografia tematica esistente inerente l’assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico della zona;
- campagna di indagini geognostiche *in situ* che ha compendiato l’esecuzione di sondaggi penetrometrici DPSH<sup>8</sup>, rilievi geostrutturali e prospezioni sismiche di superficie di tipo MASW<sup>9</sup>;
- ricostruzione delle colonne stratigrafiche;
- ricostruzione in dettaglio della successione litostratigrafica locale sia attraverso le indagini esperite sia mediante sondaggi pregressi eseguiti nell’ambito geomorfologico significativo, nonché sulla base dei rilievi di campo;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni attraverso l’elaborazione dei profili penetrometrici;

---

*Le indagini e le prove devono essere eseguite e certificate dai laboratori di cui all’art. 59 del DPR 6 giugno 2001 n. 380. I laboratori su indicati faranno parte dell’elenco depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.*

*Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione potrà essere basata sull’esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e sulle scelte progettuali”.*

<sup>8</sup> Dynamic Probing Super Heavy.

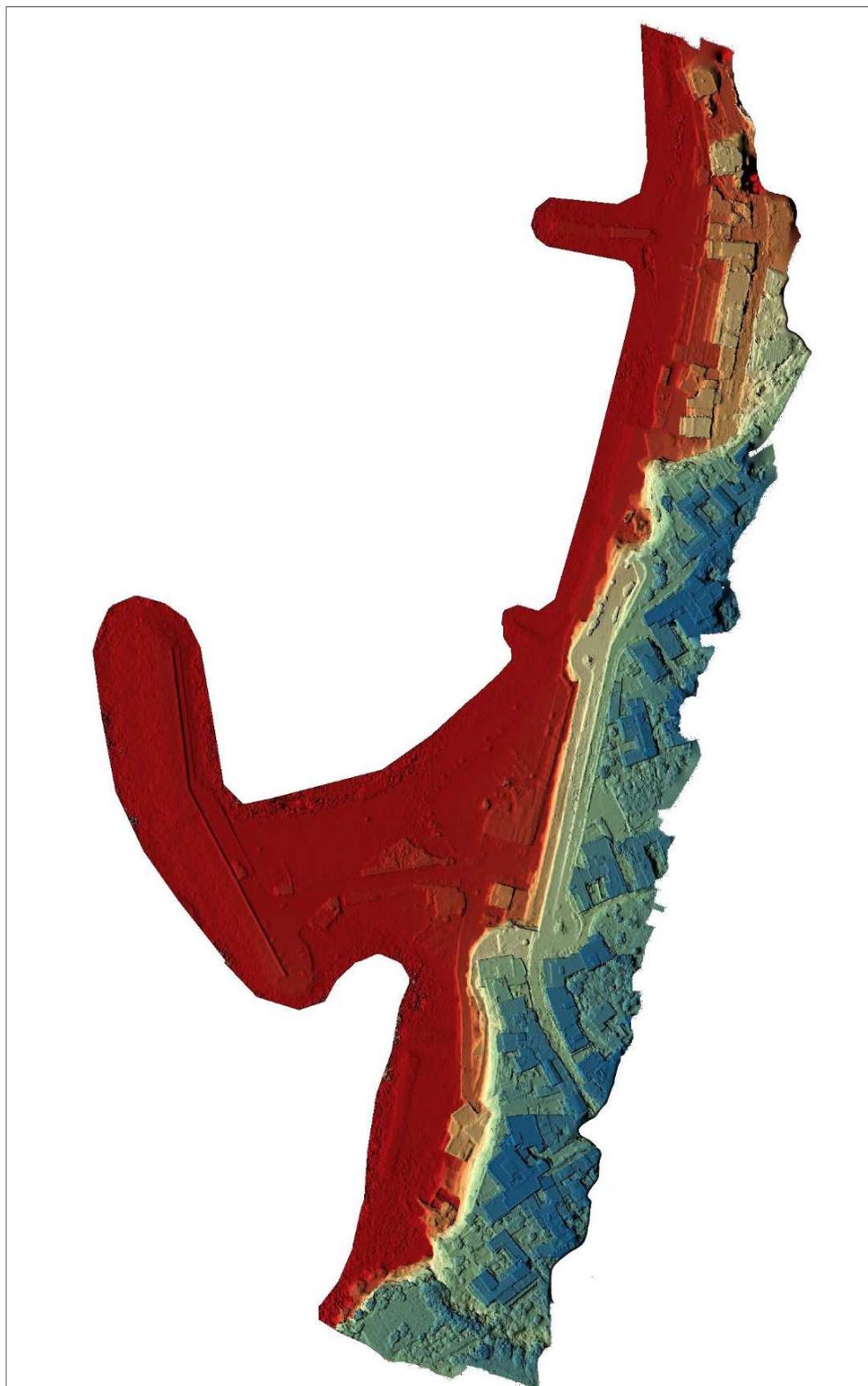
<sup>9</sup> Multichannel Analysis of Surface Waves.

- caratterizzazione geomeccanica degli ammassi rocciosi mediante rilievi geostrutturali;
- caratterizzazione dei terreni in prospettiva sismica sulla scorta delle prospezioni sismiche MASW;
- determinazione della categoria di sottosuolo e di quella topografica di cui al paragrafo 3.2.2 delle NTC 2008 (D.M. 14.01.2008);
- ricostruzione del modello geologico dell'area d'interesse mediante l'allestimento di n. 7 sezioni significative;
- redazione dei seguenti elaborati ex novo:
  - Carta con l'ubicazione delle indagini (Scala 1 : 1000);
  - Carta geolitologica (Scala 1 : 1000);
  - Sezioni geolitologiche (Scala grafica);
  - Carta delle pendenze (Scala 1 : 1000);
  - Carta geomorfologica (Scala 1 : 1000);
  - Carta idrogeologica (Scala 1 : 1000);
  - Carta della zonazione del territorio in prospettiva sismica (Scala 1 : 1000);
  - Carta geolitologica frontale (Scala 1 : 1000);
  - Carta geomorfologica frontale (Scala 1 : 1000);
  - Carta geostrutturale frontale (Scala 1 : 1000);
  - Carta della stabilità frontale (Scala 1 : 1000);
  - Carta della stabilità (Scala 1 : 1000).

Tali cartografie sono state elaborate sulla base topografica realizzata mediante SAPR (Sistema Aeromobile a Pilotaggio Remoto - drone) dall'Ing. Simone AVERSA<sup>10</sup>, all'uopo incaricato dall'A.C. (*cf.* *Figura 1.1. e 1.2.*).

---

<sup>10</sup> Con studio in Sant'Agnello (NA) alla via Aniello Balsamo, 93.



**Figura 1.1: Modello digitale del terreno**



**Figura 1.2: Ortofoto**

## **2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla vigente normativa in materia:

- ✓ Norme di Attuazione ed Allegato B del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale, adottato dal Comitato Istituzionale con Delibera n.1 del 23/02/2015 (B.U.R.C. n. 20 del 23/03/2015);
- ✓ Decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163 - Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE - (G.U. n. 100 del 2 maggio 2006);
- ✓ D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE». (G.U. n. 288 del 10 dicembre 2010);
- ✓ D.L. 13 maggio 2011, n. 70 - Prime disposizioni urgenti per l'economia – Misure in materia di appalti, demanio marittimo, semplificazioni in edilizia, risorse idriche;
- ✓ Legge 12/7/2011, n. 106 - Conversione in legge, con modificazione del D.L. 13.05.2011 n. 70 concernente Prime disposizioni urgenti per l'economia.
- ✓ D.M. 14 gennaio 2008 Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni. (Supplemento ordinario alla G.U. n. 29 del 04.02.2008 - Serie generale);
- ✓ Circolare 02 febbraio 2009 n. 617/C.S.LL.PP. “Istruzione per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”;

- ✓ Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte prima: regole generali – UNI ENV 1997-1 (Aprile 1997);
- ✓ Eurocodice EN 1997-2: 2007 (E) Sezione 2 sulla “*Programmazione delle Indagini sui Terreni*”;
- ✓ Associazione Geotecnica Italiana (giugno 1977) - *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*;
- ✓ Associazione Geotecnica Italiana (maggio 1990) - *Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio*;
- ✓ Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale;
- ✓ Legge Regione Campania 7 gennaio 1983 n. 9 “Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico”.
- ✓ Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003;
- ✓ Delibera della Giunta Regionale della Campania n. 5447/2002;
- ✓ Delibera della Giunta Regionale della Campania n. 248/2003;
- ✓ Delibera della Giunta Regionale della Campania n. 816/2004.

### 3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

L'area di studio comprende la falesia costiera del territorio comunale di Meta che dal livello del mare si eleva fino a quota topografica di circa 50 m s.l.m. nel materiale piroclastico e detritico-piroclastico, e fino ai 160 m s.l.m. nella zona più a nord ove risulta costituita dalle rocce calcareo-dolomitiche (*cfr. Figura 3.1*).

Presenta un andamento orientato nord-sud ed è limitata a nord da un tratto del versante occidentale del Monte Sant'Angelo mentre a sud termina con un piccolo alveo pensile inciso nel banco piroclastico.

Nella Carta Tecnica Regionale ricade nei fogli nn. 466131 e 466092 mentre nella Carta Topografica d'Italia (scala 1:25.000) dell'Istituto Geografico Militare (I.G.M.) - Serie 25 - l'area d'interesse rientra nel Foglio n. 466 Sezione III denominato *SORRENTO (Tavola 02 – Cartografia di inquadramento)*.

Nella recentissima Carta Geologica d'Italia (scala 1 : 50.000) è riportata nel Foglio 466-485 denominato *SORRENTO–TERMINI*.

Nel *Progetto CARG: Cartografia Geologica* (scala 1 : 10.000) pubblicato dall'Autorità di Bacino Regionale del Sarno nel 2003, infine, la zona *de qua* rientra nei fogli nn. 46613 e 46609.



Figura 3.1: Ortofoto con individuazione dell'area di interesse.

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La storia geologica della Penisola Sorrentina, che è una parte dell'Appennino meridionale, s'inquadra nella storia del ciclo orogenetico alpino che ha portato alla formazione delle catene montuose dell'area mediterranea quali Alpi, Appennino, Sicilia e Nord Africa.

I terreni della suddetta penisola rappresentano una delle coltri di ricoprimento (terreni alloctoni) della catena appenninica e sono costituiti in gran parte da una successione di depositi calcareo-dolomitici (piattaforma campano-lucana) di spessore stimabile in 4000 ÷ 5000 metri ed età compresa tra il *Carnico*, il *Cretaceo superiore* ed il *Paleocene* (cfr. Figure 4.1 - 4.2).

Sui terreni mesozoici o sul *Paleocene* si rinvencono trasgressivi i depositi miocenici, cioè dopo una lunga fase di emersione nell'*Eocene* e nell'*Oligocene*, si ha un'ingressione del mare nel *Miocene*.

I sedimenti miocenici evolvono verso facies di flysch<sup>11</sup> nella parte alta della successione stratigrafica ed affiorano diffusamente nella zona sud-occidentale e nella parte collinare della Penisola Sorrentina, ove si rinvencono termini arenacei ed arenaceo-marnosi in facies di flysch, inglobanti lingue di argille varicolori scagliose e pacchi di flysch calcareo.

---

<sup>11</sup> Con il termine flysch si definiscono potenti alternanze di strati, di spessore variabile dal cm ad alcuni metri, di rocce sedimentarie di origine detritica. I sedimenti si sono accumulati durante la tettonogenesi in bacini di mare profondo con meccanismi di deposizione del tipo "nuvola di torbida"; ciò ha dato luogo alla formazione di strutture gradate (in senso granulometrico), sia nell'ambito dei singoli strati che nell'intera successione. I flysch, come sopra definiti, sono quindi caratterizzati da alternanze di argille, siltiti, marne ed arenarie, queste ultime talora prevalenti e ricche di minerali del tipo quarzo-feldspati-miche, provenienti dall'erosione di catene in fase di sollevamento (tettonogenesi).

Di fatto esistono anche "complessi litologici eterogenei" costituiti da alternanze di strati prevalentemente calcareo-marnoso-silicei che derivano da sedimentazione in bacini di mare profondo esistenti ancor prima della tettonogenesi. A tali complessi viene ugualmente attribuito, sia pure in modo improprio, il termine "flysch".

Indipendentemente dagli ambienti di formazione e dagli smembramenti indotti dagli eventi tettonici, oggi si può osservare che i flysch argilloso-calcarei occupano una posizione stratigrafica "inferiore" rispetto a quelli arenacei.

Detti terreni passano verso il basso ad arenarie glauconitiche, arenarie conglomeratiche e calcareniti fossilifere del *Miocene inferiore*, le quali trasgrediscono quasi ovunque sul substrato calcareo del *Cretaceo* (cfr. *Tavola 02 – Stralcio Carta Geologica della Penisola Sorrentina e figura 4.3*).

**PIANO URBANISTICO TERRITORIALE № 1 - META (NA)**  
**RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA**  
 Dott. Geol. Francesco RUOCO\* - Dott. Geol. Giuseppe DI CRESCENZO<sup>^</sup>

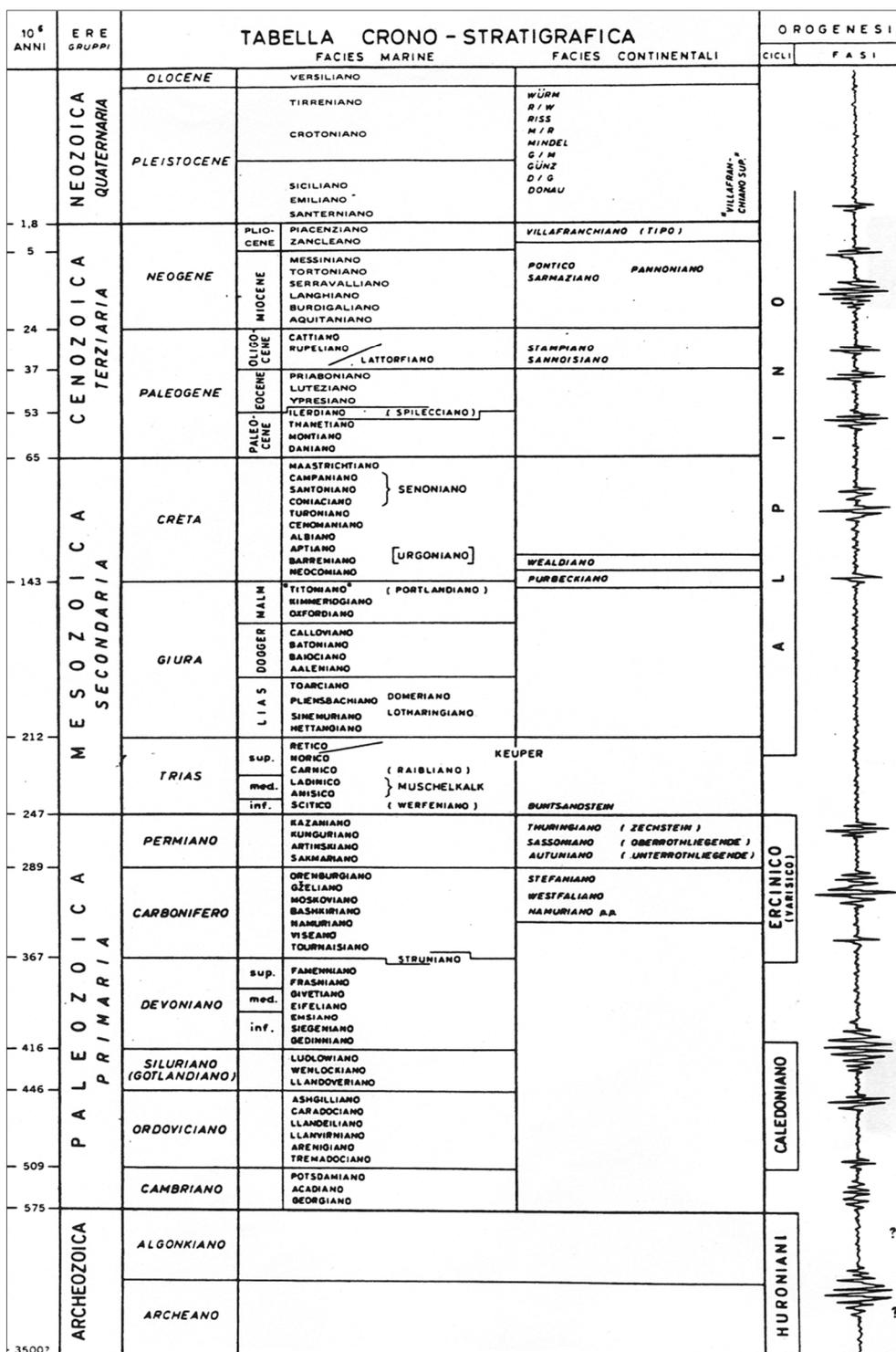


Figura 4.1: Tabella crono-stratigrafica.

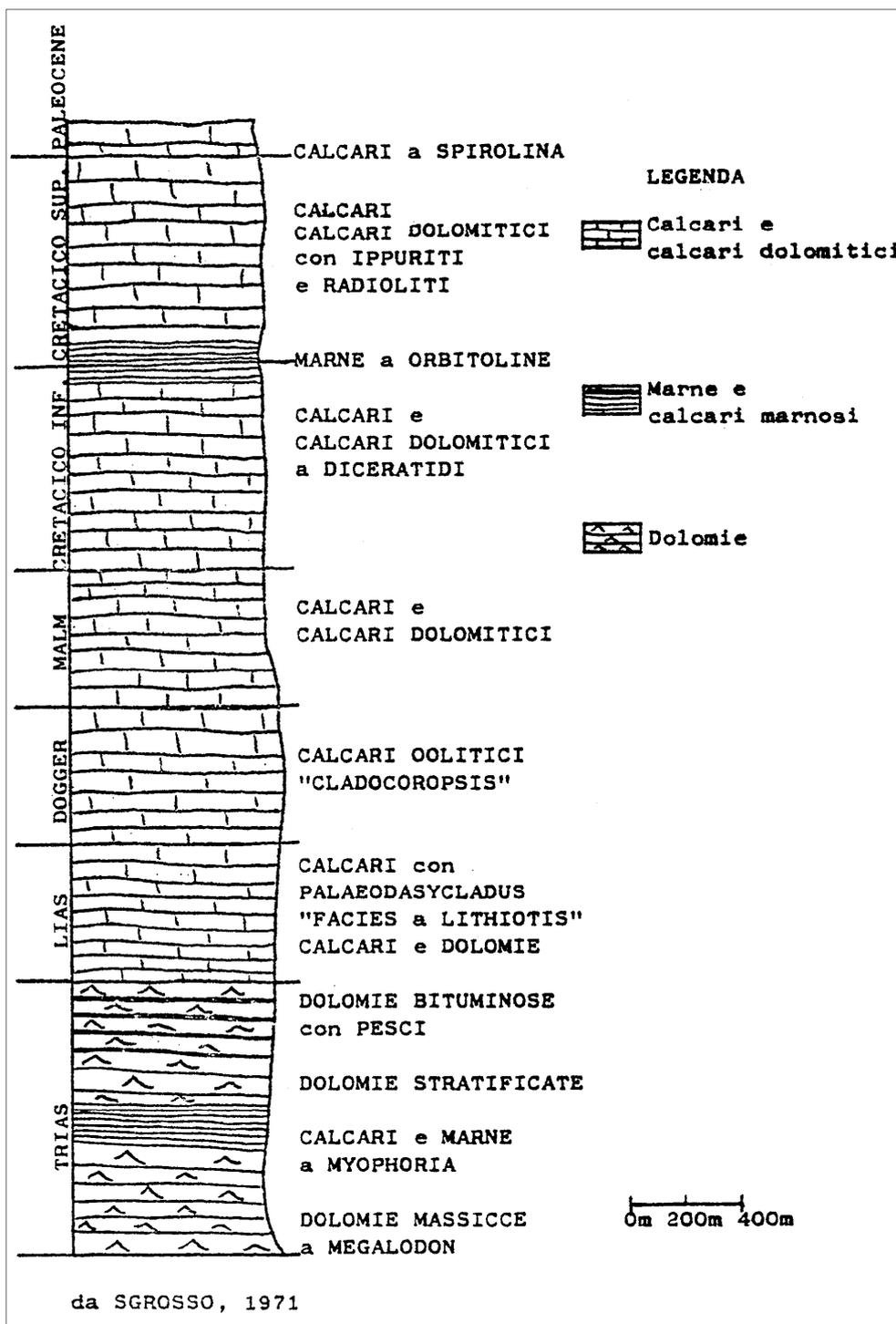


Figura 4.2: Colonna stratigrafica della successione carbonatica mesozoica e paleocenica.

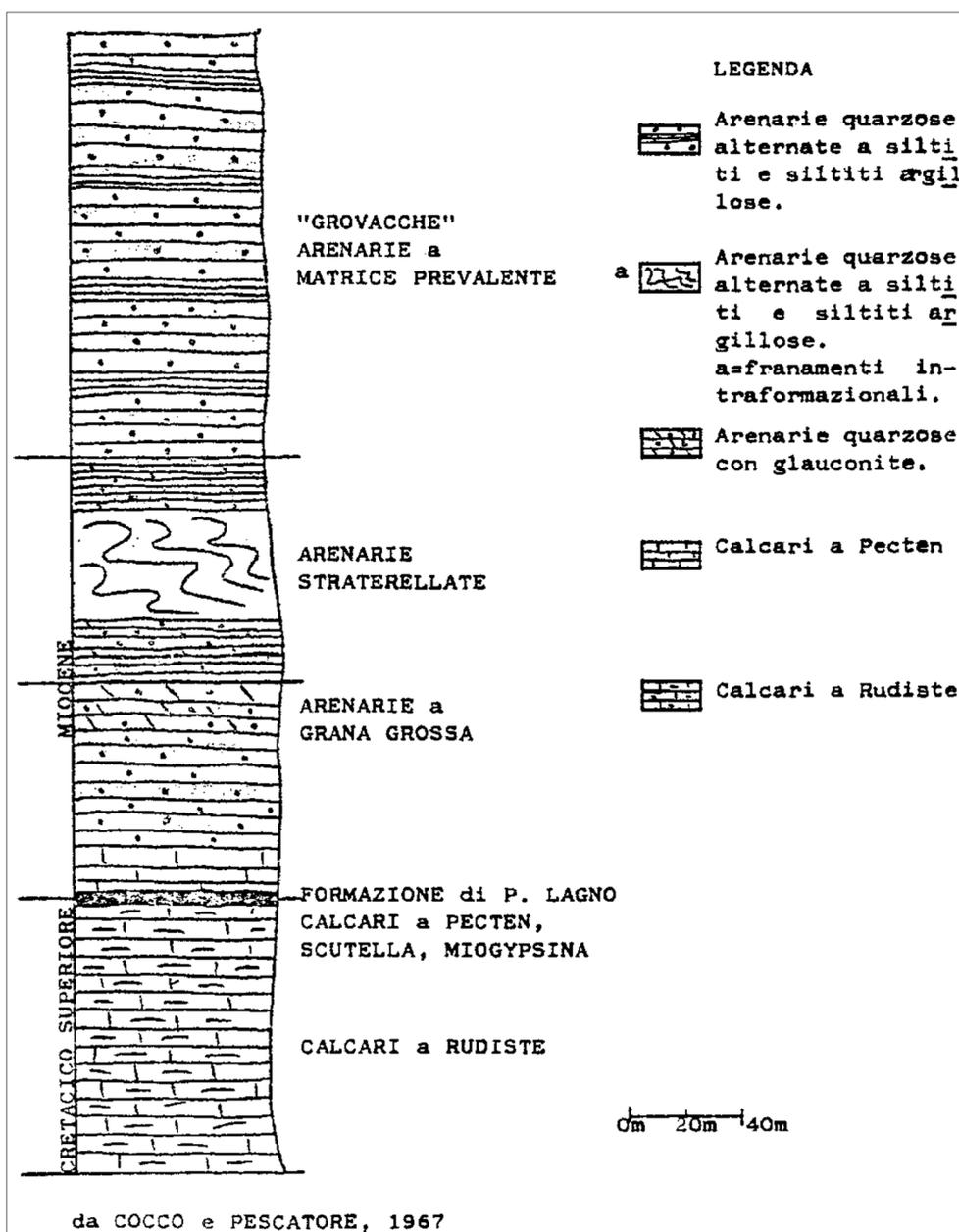


Figura 4.3: Colonna stratigrafica della successione miocenica.

I terreni più recenti sono rappresentati da depositi continentali detritici e piroclastici; i primi sono riferibili a breccie di versante e a ghiaie e conglomerati di conoide, i secondi a vulcanoclastiti, spesso rimaneggiate ed umificate, collegate a prodotti da caduta degli apparati vulcanici dei “*Campi Flegrei*” e del “*Somma-Vesuvio*” che, com’è noto, nelle varie fasi di attività parossistica hanno eiettato a notevoli

distanze dall'area pericraterica ceneri, sabbie, pomici, scorie, bombe<sup>12</sup> e brandelli lavici.

Le piroclastiti incoerenti del *Somma-Vesuvio* rivestono ampie porzioni dei versanti calcarei e flyschoidi ed affiorano maggiormente sul versante napoletano che in generale, nonostante le elevate pendenze, si presenta comunque meno acclive di quello salernitano-amalfitano.



Foto n. 4.1: Dorsale montuosa Penisola Sorrentina-Isola di Capri

L'attuale assetto morfostrutturale della penisola è stato raggiunto durante il *Pleistocene medio* per l'azione di diverse fasi tettoniche da collegarsi in parte a movimenti compressivi mio-pliocenici (sovrascorrimenti e faglie trascorrenti), in parte ad una tettonica distensiva plio-quadernaria caratterizzata da faglie con rigetti

---

<sup>12</sup> Le bombe vulcaniche sono frammenti di materiale vulcanico proiettato in aria durante alcuni tipi di eruzioni. Si hanno bombe *fusiformi*, che sono state eiettate allo stato fuso e che hanno preso la loro forma caratteristica ruotando in aria, e bombe *a crosta di pane*, di forma tondeggianti e schiacciata, che hanno la superficie screpolata per la presenza di fenditure dovute alla diminuzione di volume durante il rapido raffreddamento subito da una lava viscosa poco fluida.

prevalentemente verticali. In particolare queste ultime hanno disarticolato i Monti Lattari, individuando alcuni alti strutturali (es.: Monte Faito, Monte Pendolo) ed alcune depressioni costiere ed intramontane, come il *graben* di Sorrento e la piana di Agerola.

Il sollevamento e la disarticolazione della dorsale dei Monti Lattari hanno chiaramente condizionato la deposizione dei terreni quaternari; essi appaiono prevalentemente preservati dall'erosione nelle depressioni tettoniche e lungo le fasce pedemontane, dove presentano spessori considerevoli spesso superiori ai 50 metri. Si ricordano a tale proposito i tufi di Sorrento, i depositi detritico-piroclastici delle piane di Agerola e di Vico ed i prodotti di conoide delle falde del Monte Faito tra Castellammare e Pimonte.

In tale scenario l'area d'interesse ricade nella piana di Sorrento che, dal punto di vista geologico-strutturale, rappresenta una fossa tettonica ribassata tra due *horst*<sup>13</sup> calcarei del *Cretaceo* (cfr. Figura 4.4).

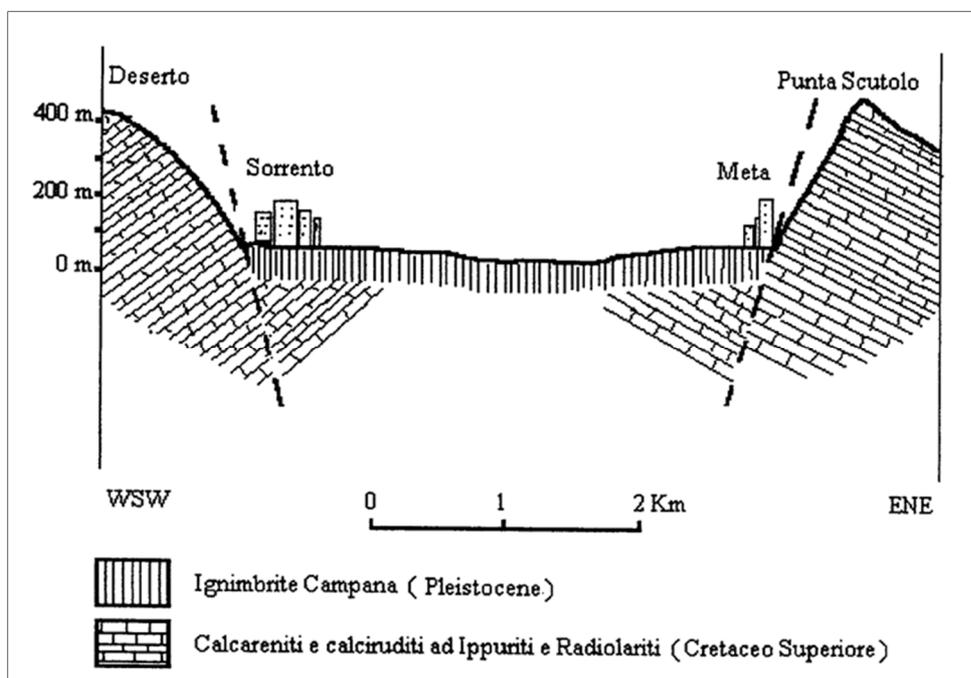
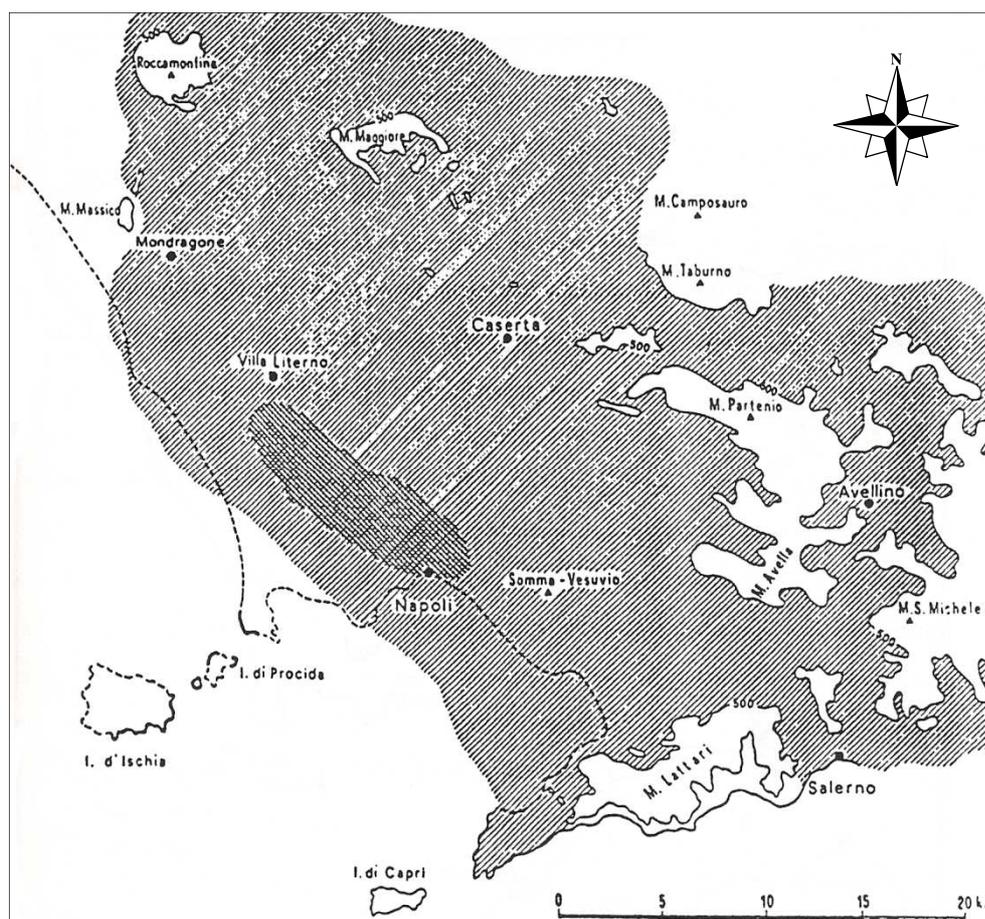


Figura 4.4: Schema geologico-strutturale della piana di Sorrento.

<sup>13</sup> Zona della crosta terrestre sollevata rispetto alle zone circostanti, dalle quali è separata da faglie.

Il *graben*<sup>14</sup> è stato colmato nel corso del *Würm* (circa 39.000 anni fa) da materiali piroclastici provenienti dall'area flegrea (*Ignimbrite Campana*) che, arrivati come grandi nubi ardenti ad alta temperatura, pareggiarono tutte le asperità del terreno (cfr. *Figura 4.5*).



**Figura 4.5: Probabile distribuzione dell'Ignimbrite Campana. La linea tratteggiata rappresenta l'attuale linea di costa; i tratti pieni (Monte di Procida, parte di Procida, parte di Ischia) indicano morfologie vulcaniche preesistenti. La zona quadrettata indica l'area entro la quale si rinvergono breccie associate all'Ignimbrite Campana. Le linee intere chiuse indicano l'isoipsa di 500m (Fonte: Di Girolamo et al., 1984).**

Il raffreddamento di questa massa piroclastica ha dato luogo al consolidamento del materiale con fessure verticali che scompongono

<sup>14</sup> Fascia della superficie terrestre situata tra due zone sopraelevate, perché sprofondata in seguito a movimenti tettonici, e limitata da due faglie.

la roccia in colonne più o meno regolari, originando lo “zoccolo” tufaceo che costituisce il basamento litoide della piana di Sorrento (cfr. Figura 4.6).

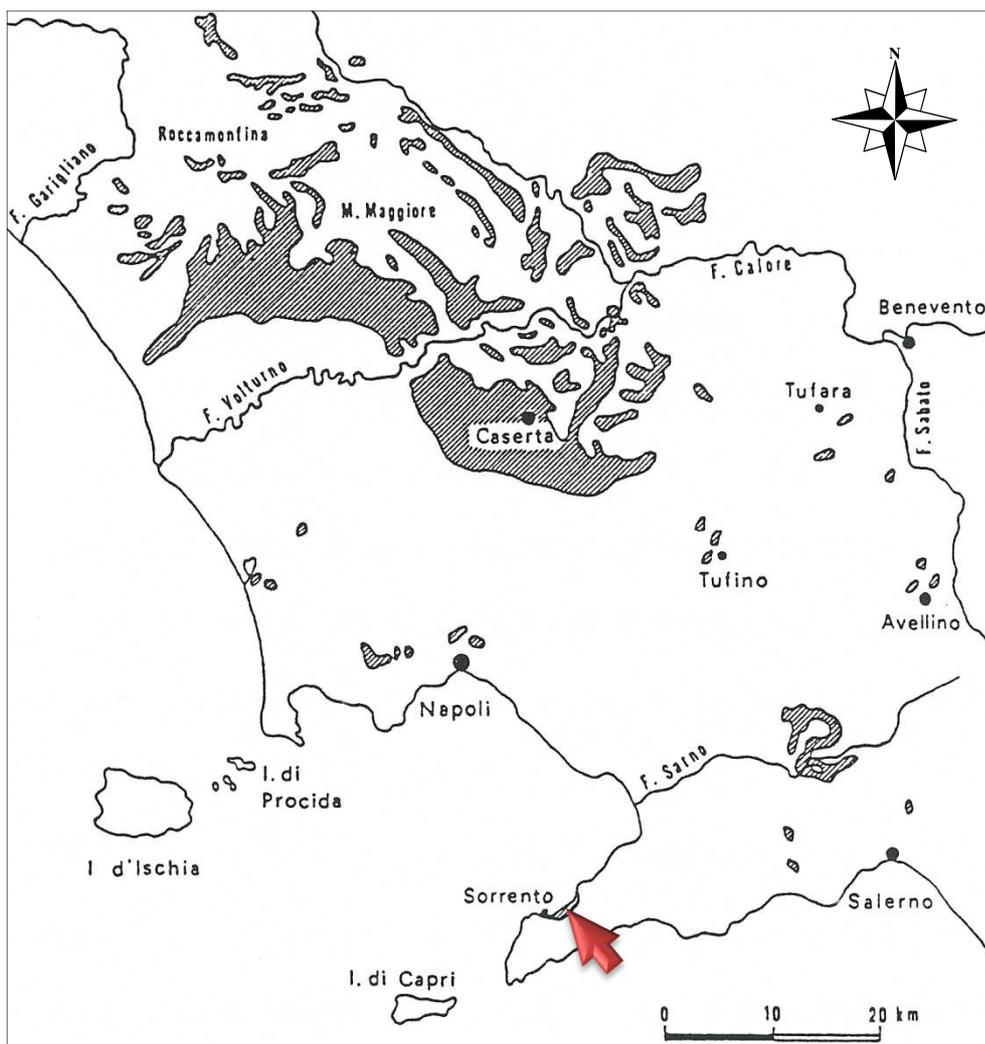


Figura 4.6: Attuale distribuzione dell’Ignimbrite Campana  
(Fonte: Di Girolamo et al., 1984).

Sull’*Ignimbrite Campana*<sup>15</sup> si rinvencono in successione i prodotti delle eruzioni del complesso vulcanico “*Somma-Vesuvio*” che in Penisola Sorrentina sono rappresentati da cineriti di colore marrone, bruno-rossastro se interessate da fenomeni di argillificazione, frammiste a piccole pomici alterate, litici e scorie vulcaniche ed

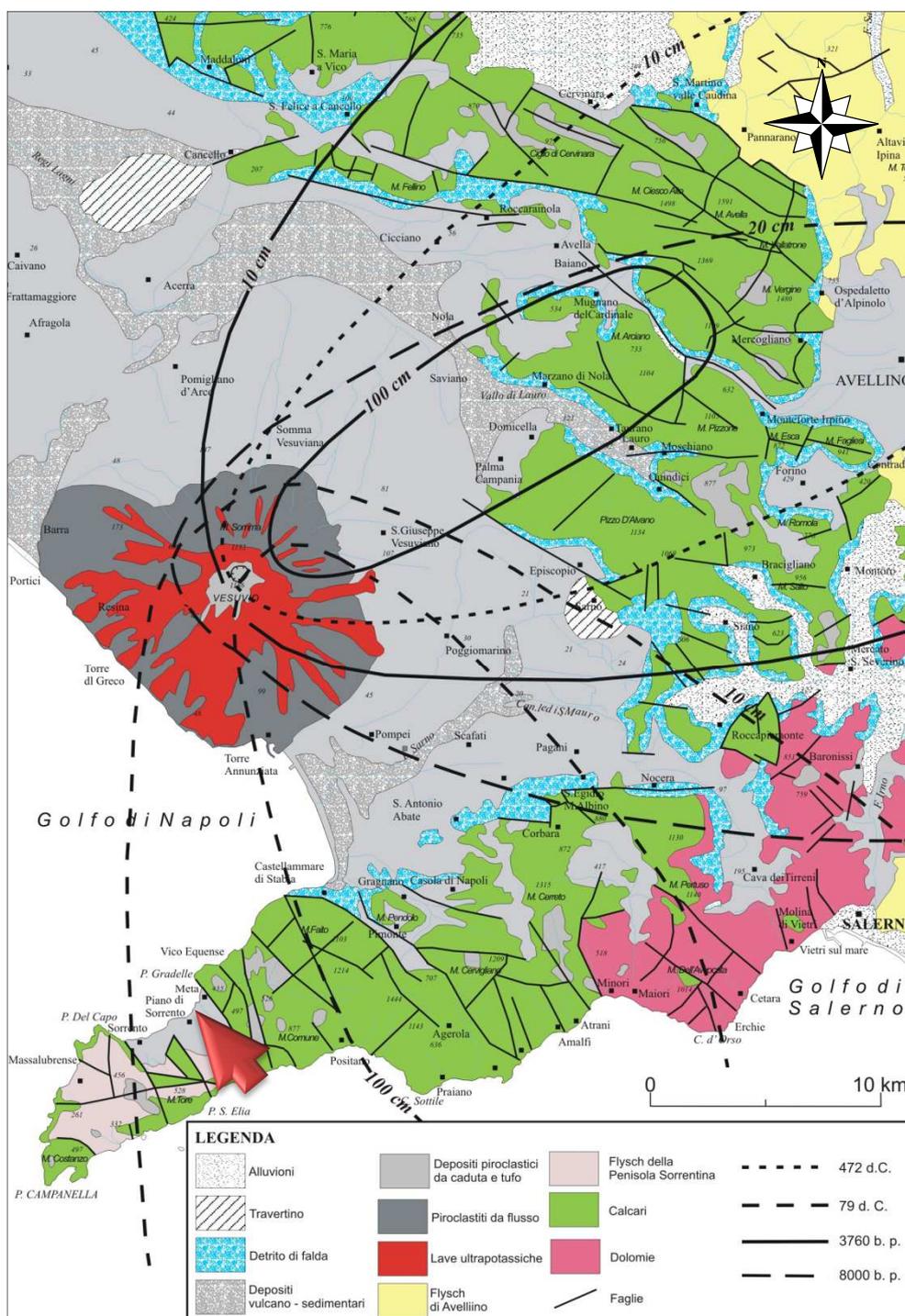
<sup>15</sup> Termine petrografico e/o vulcanologico del Tufo Grigio Campano.

intercalate da orizzonti di pomice millimetriche e centimetriche di colore grigio chiaro - biancastro e/o giallastro (cfr. *Tavola 02 - Stralcio Carta Geologica della Penisola Sorrentina, Progetto CARG - Cartografia Geologica - stralcio della Tavole nn. 46613 e 46609, stralcio della Carta geolitologica del P.R.G. comunale, foto n. 4.2 e figura n. 4.7*).



Foto n. 4.2: Successione stratigrafica tipo della porzione sommitale della piana di Sorrento.

La parte sommitale di tali piroclastiti (1 ÷ 2 m) in seguito a processi di umificazione dà origine ad un ottimo terreno agrario.

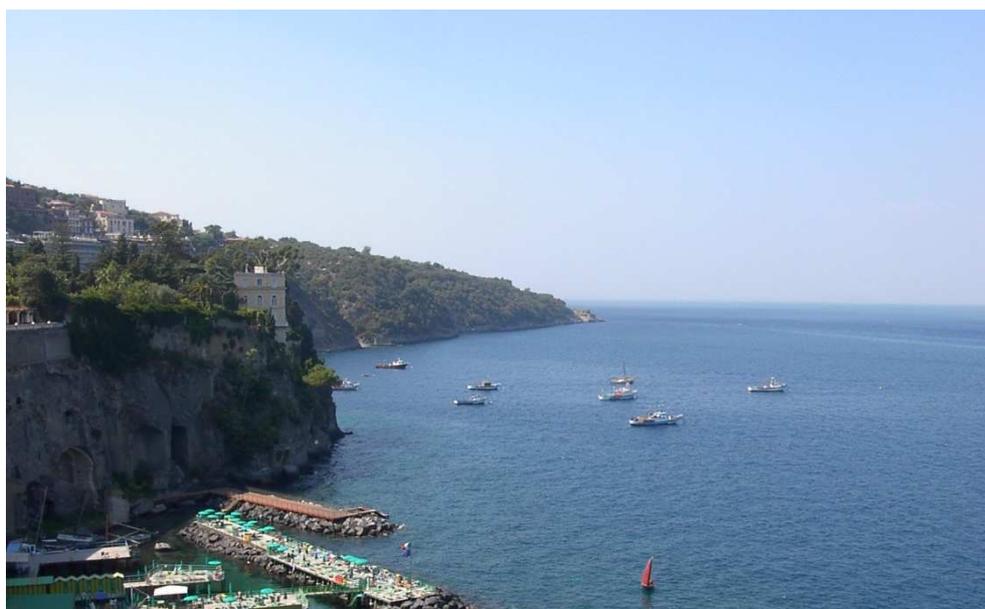


**Figura 4.7: Distribuzione dei prodotti piroclastici sui rilievi campani a seguito dell'attività del "Somma-Vesuvio".**

Gli *horst* calcarei che delimitano il suindicato *graben* si identificano a Nord-Est con la struttura di Monte Sant'Angelo (cfr. Foto n. 4.3), mentre a Sud-Ovest c'è il pilastro della zona del Capo (cfr. Foto n. 4.4).



**Foto n. 4.3: Horst di Monte Sant'Angelo.**



**Foto n. 4.4: "Pilastro" calcareo del capo di Sorrento.**

## 5. GEOMORFOLOGIA

La dorsale montuosa Monti Lattari-Penisola Sorrentina, sotto il profilo geomorfologico, costituisce un alto strutturale allungato trasversalmente alla catena appenninica, delimitato dalle profonde depressioni della Piana Campana a Nord e del Fiume Sele a Sud; l'ossatura di tale dorsale è costituita da una successione calcareo-dolomitica mesozoica, potente più di mille metri, che risulta mediamente basculata verso NNW individuando, in grande, una struttura monoclinale.

L'assetto geomorfologico generale della Penisola Sorrentina è caratterizzato da versanti ad alta energia di rilievo, sia perché la tettonica ha sollevato le successioni calcareo-dolomitiche a quote sovente superiori ai 500 metri s.l.m., sia perché tali rilievi risultano molto prossimi al mare; ne derivano versanti ad elevata pendenza, che solo localmente conservano superfici a debole inclinazione da collegarsi a vecchie spianate sommitali di erosione e, lungo costa, ad antichi terrazzi marini.

L'attuale conformazione morfostrutturale della penisola, come già accennato al paragrafo precedente, è stata raggiunta durante il *Pleistocene medio* per l'azione di diverse fasi tettoniche da collegarsi in parte a movimenti compressivi mio-pliocenici (sovrascorrimenti e faglie trascorrenti), in parte ad una tettonica distensiva plio-aternaria caratterizzata da faglie con rigetti prevalentemente verticali (*cfr. Figura 5.1*).

Nel corso del Quaternario, poi, varie fasi tettoniche, intervallate da cicli morfogenetici differenti, hanno dato luogo al caratteristico paesaggio attuale; sui rilievi carbonatici sono presenti, infatti, delle superfici morfologiche strutturali in posizione sommitale.

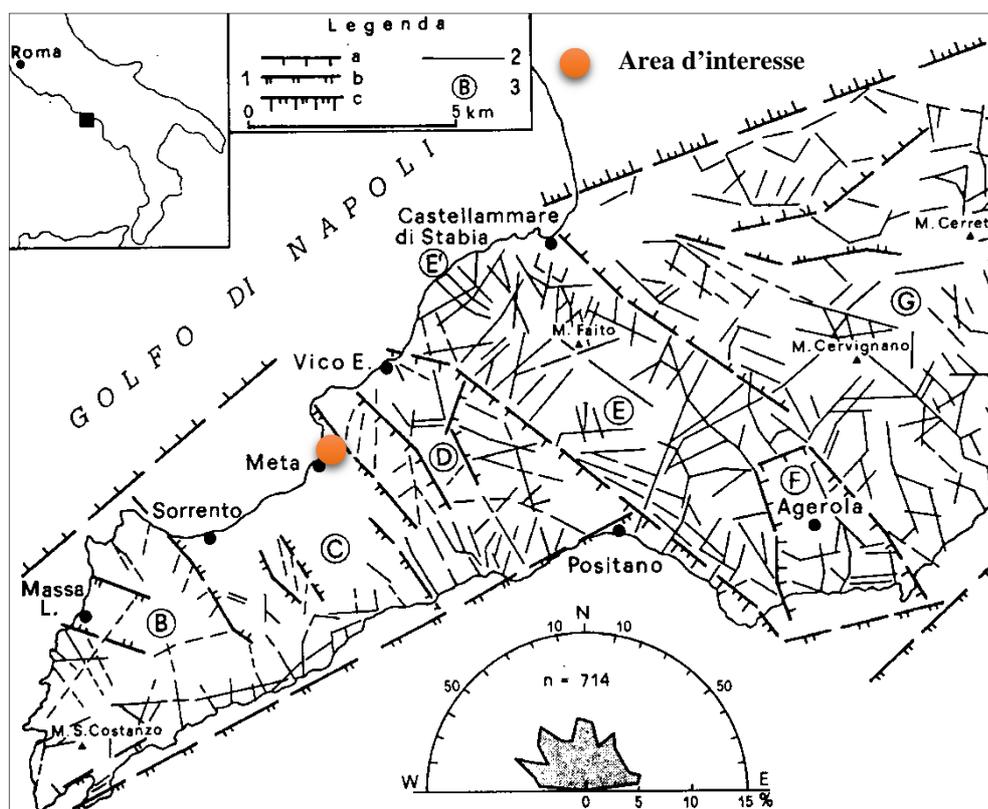


Figura 5.1: Schema delle lineazioni strutturali della Penisola Sorrentina.  
1) Faglie dirette attive dal Pliocene medio al Pleistocene medio (a), dal Pleistocene medio all'Olocene (b), dal Pliocene medio all'Olocene (c); 2) Lineazioni rilevate da aerofoto; 3) Sub-unità morfostrutturali. In basso diagramma a rosa cumulativo.

Altro elemento tettonico e morfologico rilevante della suddetta penisola è la piana di Sorrento, impostata su faglie dirette che ribassano le zone carbonatiche. Qui l'*Ignimbrite Campana*, che nel corso del *Würm* ha colmato il *graben*, forma oggi un terrazzo profondamente re-inciso in cui vi è l'attuale piana di Sorrento; il banco tufaceo, il cui spessore supera i 50 m, affiora lungo tutta la costa da Sorrento a Meta dando luogo ad una splendida falesia con una caratteristica fessurazione verticale (cfr. *Tavola 02 - Stralcio della Carta Topografica d'Italia dell'I.G.M. - Foglio n° 466 Sezione III SORRENTO*).

Più in dettaglio il limite del PUA si pone a ridosso del margine costiero del territorio comunale di Meta e comprende morfologicamente almeno tre settori molto antropizzati.

Settore 1: fascia stretta e allungata di costa bassa costituita da un terrazzo di abrasione marina impostato prevalentemente sul substrato tufaceo o carbonatico (a nord) ricoperto da depositi di spiaggia recenti e materiale detritico-piroclastico e/o eluvio colluviale.

In tale settore, avendo a disposizione elaborati cartografici di età diversa dopo opportune procedure di georeferenziazione, sono state distinte: la linea di riva attuale, la linea di riva ricostruita da rilievo topografico (1:1000) e la linea di riva antica (PRG, 1998). La posizione reciproca delle linee di riva evidenziano i tratti di costa in recessione (la maggior parte) ed in progradazione (spesso favorite da interventi di protezione del litorale mediante scogliere frangiflutti). In questo settore, come si evince dalla Carta delle pendenze (*cfr. Tavola 10*), si registrano valori di acclività prevalentemente inferiori a 10°.

Settore 2: falesia in tufo o roccia calcarea. La falesia in tufo presenta un'altezza di circa 30 ÷ 40 m, risulta inattiva e localmente antropizzata e/o sistemata. Quella in roccia carbonatica si colloca alla base di una versante strutturale policiclico caratterizzato da una parete di base subverticale talora aggettante sormontata da un'area meno pendente in recessione rettilineo-parallela caratterizzata da una successione di piccole pareti (testate di strato) a luoghi con disposizione a mensola. La *Carta delle pendenze* per questo settore mostra valori di acclività tendenzialmente superiori a 60°. Nell'area di affioramento del massiccio carbonatico si registrano anche pendenze meno elevate (30° ÷ 50°) in corrispondenza di terrazzi morfologici disposti a quote

variabili a partire da circa 50 m s.l.m..

Settore 3: comprende il terrazzo di aggradazione piroclastica e la fascia pedemontana. In quest'ultima si individua una falda detritica costituita da conoidi detritici e detritico-piroclastici coalescenti con apici impostati nel punto di immissione nell'area pianeggiante degli impluvi che talora risultano molti incisi e incassati. Gli impluvi presentano bacini idrografici con coperture piroclastiche poco spesse e discontinue e mostrano andamenti marcatamente rettilinei ovvero susseguenti. In questo settore la classe clivometrica più diffusa e quella con valori inferiori a 10° ma si raggiungono localmente anche acclività prossime ai 20° ÷ 25°.

L'analisi geomorfologica è stata condotta anche sul prospetto frontale dell'area interessata dal PUA. In particolare sono stati differenziati le macroaree di affioramento del tufo da quelle calcaree. Nell'ambito di ognuna di esse in ragione della collocazione spaziale, dei valori di acclività e del grado di fessurazione e persistenza delle discontinuità sono stati distinti qualitativamente i settori da poco a molto fratturati.

Con apposita simbologia sono state indicate molte delle tracce di nicchie di frane da crollo e scorrimento-crollo ancora osservabili nonché mensole e gradini in roccia, scavarnamenti e fratture beanti con aperture metriche.

## 6. IDROGEOLOGIA

La maggior parte dei litotipi che costituiscono la Penisola Sorrentina appartengono alle successioni sedimentarie della piattaforma campano-lucana di cui si è già detto.

La circolazione idrica sotterranea di detta penisola è legata all'esistenza di un fitto intreccio di fratture e faglie ed è spesso condizionata dalle fasce cataclastiche delle principali direttrici tettoniche. Ulteriore motivo di condizionamento e frazionamento della circolazione idrica di base è dovuto al fatto che la successione sedimentaria si presenta divisa in monoclinali complesse (*cfr. Figura 4.1*).

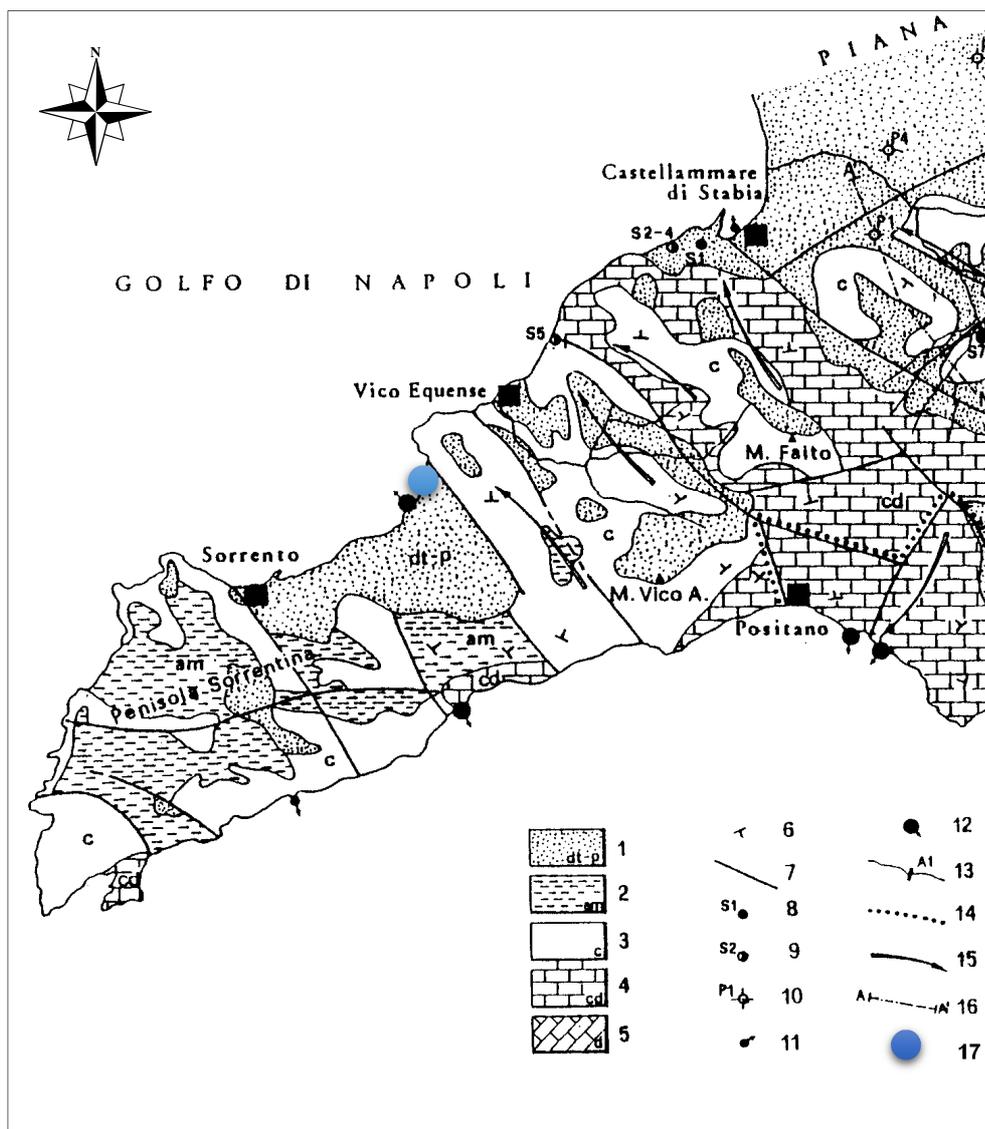


Figura 6.1: Schema idrogeologico della Penisola Sorrentina.

- 1) Complesso detritico-piroclastico; 2) Complesso arenaceo-argilloso; 3) Complesso calcareo; 4) Complesso calcareo-dolomitico; 5) Complesso dolomitico; 6) Giacitura degli strati; 7) Principali discontinuità tettoniche; 8) Sorgenti continentali; 9) Sorgenti minerali; 10) Pozzi; 11) Sorgenti sottomarine (30 + 50 l/s); 12) Sorgenti sottomarine (50 + 150 l/s); 13) Sezioni di misura in alveo; 14) Principale spartiacque sotterraneo; 15) Principali direzioni di flusso della falda di base; 16) Traccia di sezione; 17) Sito d'indagine.

Ciò posto, dal punto di vista idrogeologico i terreni affioranti sull'area di studio sono riconducibili a tre complessi, di cui si evidenziano di seguito le principali caratteristiche in funzione della permeabilità e dei reciproci rapporti spaziali (*cfr. Tavola 12 - Carta idrogeologica allegata al PRG*):

- il *complesso carbonatico (Cretaceo)* è quello di maggiore estensione areale e di più rilevante interesse in funzione delle ben note caratteristiche idrogeologiche. In esso, infatti, si localizzano le più cospicue falde idriche sotterranee e dallo stesso prendono alimentazione tanto le falde di pianura periferiche quanto le più grosse emergenze sottomarine e non. Affiora a ridosso della zona nord-est del PUA e si presenta spesso molto fratturato per cui risulta molto permeabile per fessurazione e carsismo;
- il *complesso detritico (Pleistocene superiore - Olocene)* è rappresentato da fasce di potenza variabile che bordano i calcari ed in relazione alla maggiore o minore matrice piroclastica tale litotipo passa da efficace dreno dei calcari a tampone degli stessi. È caratterizzato da una permeabilità per porosità da bassa a media in funzione della percentuale di matrice piroclastica;
- il *complesso piroclastico (Pleistocene superiore - Olocene)*, in cui vengono raggruppati le piroclastiti sciolte recenti, il tufo grigio (che ne rappresenta per spessore il litotipo principale) e le piroclastiti antiche. Dette piroclastiti, sia antiche che recenti, sono caratterizzate da una bassa permeabilità per porosità mentre il tufo grigio presenta una permeabilità media per porosità e fessurazione.

Ai suddetti complessi vanno aggiunti i depositi di spiaggia che presentano un'elevata permeabilità per porosità (*cfr. Tavola 12 - Carta idrogeologica*).

L'area d'interesse si colloca all'interno della struttura idrogeologica della piana di Sorrento - margine orientale - che risulta delimitata a Nord-Est dalla faglia di Meta, a Sud-Ovest dalla parallela linea tettonica Sorrento-Monticello ed a sud dallo spartiacque principale della Penisola Sorrentina orientato in direzione NE-SW, passante per le località "Malacoccola" (+ 524 m s.l.m.), "Colli di Fontanelle" (+ 300 m s.l.m.), "Monte Bosco" (+ 362 m s.l.m.), "Colli di San Pietro" (+ 350 m s.l.m.) e "Monte Vico Alvano" (+ 642 m s.l.m.).

I terreni ivi presenti, come già visto, sono ascrivibili prevalentemente al *complesso piroclastico* con intercalazioni di materiale detritico-alluvionale che è sede di un acquifero libero monostrato la cui piezometrica si rinviene generalmente appena al di sotto del banco tufaceo, nel materiale detritico-alluvionale tamponato alla base dal complesso *arenaceo - marnoso - argilloso* (flysch miocenico) che funge da impermeabile relativo.

La falda, inoltre, è caratterizzata da una superficie piezometrica piana con linee di flusso parallele che si sviluppano in direzione NW-SE.

Orbene la piana di Sorrento risulta costituita da materiali piroclastici, talora con alla base depositi marini, che hanno in parte colmato un graben tettonico interrotto, a sud di Sant'Agello, da un horst secondario.

Ambedue i depositi sopra descritti costituiscono l'acquifero della piana e poggiano su un basamento terrigeno miocenico (De Gennaro - Stanzione, 1969) il cui tetto si rinviene, il più delle volte, in prossimità del livello medio marino.

È interessante osservare che, quando i predetti materiali plio-quadernari si sono depositi, l'originaria depressione tettonica aveva già raggiunto un certo grado di maturità morfologica (Civita - De Riso -

Lucini - Nota D'Elogio, 1973); è quindi probabile che in essa i terreni miocenici (in posto o risedimentati), oltre a prevalere sul fondo, formassero - a seguito di frane o di erosione - una fascia al piede dei versanti carbonatici così da conferire alla depressione una globale inclinazione verso nord.

La falda della piana risulterebbe, pertanto, limitata alla base, sia pure con delle possibili soluzioni di continuità, dall'assetto morfologico del substrato impermeabile e, dallo stesso, condizionata nel deflusso verso nord.

Al riguardo, lo studio delle anomalie termiche lungo la falesia tufacea che delimita a nord la piana di Sorrento (Celico - Corniello, 1979) ha evidenziato un gran numero di sbocchi di acque continentali, testimoniando che il recapito principale del deflusso idrico sotterraneo è rappresentato dal mare.

Per quanto concerne la potenzialità della struttura si riporta in tabella 6.1 il bilancio idrogeologico reperito nella bibliografia specialistica consultata.

Struttura idrogeologica	S (Km <sup>2</sup> )	P (mm/a)	E <sub>r</sub> (mm/a)	Q = P - E <sub>r</sub>		Complesso calcareo					Complesso arenaceo-marnoso				Complesso piroclastico				I <sub>p</sub> tot (%)	R <sub>o</sub> tot (%)
				(mm/a)	(10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> /a)	S (Km <sup>2</sup> )	C.I.P. (%)	I <sub>p</sub> (%)	R <sub>o</sub> (%)	S (Km <sup>2</sup> )	C.I.P. (%)	I <sub>p</sub> (%)	R <sub>o</sub> (%)	S (Km <sup>2</sup> )	C.I.P. (%)	I <sub>p</sub> (%)	R <sub>o</sub> (%)			
Piana di Sorrento	34,64	1103	683	420	14,5	10,55	100	4,4	0,0	15,51	20	1,3	5,2	8,58	50	1,8	1,8	7,5	7,0	

Legenda: S = superficie; P = precipitazioni medie annue; E<sub>r</sub> = evapotraspirazione reale media annua; Q = deflusso globale medio annuo; C.I.P. = coefficiente di infiltrazione potenziale, in percentuale di Q; I<sub>p</sub> = infiltrazione potenziale media annua; R<sub>o</sub> = ruscellamento superficiale medio annuo.

**Tabella 6.1: Bilancio idrogeologico della piana di Sorrento**  
 (Fonte: Celico-Corniello, 1979).

La circolazione idrica superficiale in Penisola Sorrentina è fortemente condizionata dagli elementi strutturali e spesso il reticolo idrografico, che presenta caratteristiche forme giovanili ed una forte

\*80063 Piano di Sorrento (NA) - Via Cavoniello n. 8 - Tel./Fax (+39) 081 8071679 - Mobile (+39) 3388669444  
 E-mail [geol.francescoruocco@alice.it](mailto:geol.francescoruocco@alice.it) - <http://it.linkedin.com/in/geologofrancescoruocco>

^84010 Cetara (SA) - Via Salvo D'Acquisto n. 6 - Tel. 089 261660 - Mobile 3283340032 - E-mail [g.di.crescenzo@alice.it](mailto:g.di.crescenzo@alice.it)

capacità erosiva a causa degli ultimi spostamenti del livello di base, si è impiantato lungo linee di faglia seguendo, per il deflusso delle acque, una rete di fratture preesistenti; i corsi d'acqua che ne risultano, sono tutti brevi e rettilinei, con pendenze elevate e sempre incassati tra pareti rocciose.

Nella piana di Sorrento nonostante la presenza del tufo grigio, i deflussi superficiali hanno di poco variato le loro peculiari caratteristiche; i valloni sorrentini sono praticamente delle forre incise nel tufo che si raccordano, con pendenze elevate, al reticolo idrografico impostato sulle zone calcaree.

Per la zona in esame il reticolo idrografico è praticamente assente.

Due incisioni sono presenti nell'assise carbonatica a monte della zona di Alimuri, esternamente all'area del PUA, e si attivano solo in concomitanza di eventi pluviometrici particolarmente intensi; un alveo pensile, anch'esso fuori dall'area di studio - lato sud - si rinviene inciso nel substrato tufaceo (*cfr. Stralcio Carta idrogeologica del PRG*).

## 7. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA NEGLI STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE URBANISTICA

Il settore di territorio ricompreso nel PUA 1 nella *Carta della stabilità* del P.R.G. comunale ricade in aree ove sono possibili diversi fenomeni di instabilità (*cfr. Tavola 02 - Cartografia di inquadramento e Tavola 18 - Carta della stabilità del P.R.G. comunale*). In primis si evidenzia una instabilità elevata (A) in corrispondenza del versante del rilievo carbonatico (aree settentrionale del PUA) ove sono possibili distacchi di frammenti e blocchi rocciosi e, in generale frane da crollo che in concomitanza con eventi sismici possono raggiungere dimensioni rilevanti.

Valori di instabilità da moderata ad elevata vengono associati ai versanti carbonatici con coperture detritico-piroclastiche ed alla porzione con maggiore acclività della fascia pedemontana per l'attivazione e avanzamento di colate rapide di fango (B' e B''). La potenzialità di tali fenomeni si riduce molto nella fascia pedemontana più distale ove in occasione di eventi meteorici particolarmente intensi sono temuti processi di erosione concentrata e/o diffusa per ruscellamento superficiale (C).

Per quanto attiene la falesia tufacea viene riscontrata una instabilità elevata indifferenziata per fenomeni da crollo (E) per tutta la sua lunghezza eccezion fatta per i settori interessati da opere di consolidamento (E').

Viene assegnato, infine, un grado di instabilità elevato a tutto il settore di costa bassa (spiaggia) perché potenzialmente soggetto a processi di dinamica costiera (H).

L'area in esame, ai fini della pericolosità geomorfologica, nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Campania Centrale è classificato in zone con diversi livelli di

pericolosità e rischio da frana e idraulico (*cfr. Tavola 02 - Cartografia di inquadramento*).

In particolare come si evince dalla cartografia allegata l'area del PUA ai fini del rischio da frana ricade per la maggior parte tra le zone a pericolosità da frana bassa (P1) campite in verde. I settori dell'area settentrionale, ovvero alla base del massiccio carbonatico, indicati in arancio e rosso, risultano classificati rispettivamente a pericolosità da frana elevata (P3) e molto elevata (P4) (*cfr. Tavola 19 - Carta della pericolosità da frana del PSAI*). Tali aree, come si evince dalla cartografia del suddetto PSAI<sup>16</sup>, risultano classificate in parte anche a pericolosità idraulica elevata (*cfr. Tavola 02 - Cartografia di inquadramento*).

Nello specifico l'estensione delle aree a diversa pericolosità da frana e le relative percentuali di territorio coperte sono sintetizzate nella seguente tabella:

<b>Classe di pericolosità</b>	<b>Estensione (m<sup>2</sup>)</b>	<b>%</b>
P1	35333	48
P3	6135	8
P4	13414	18
Nulla	19271	26
<b>Totale</b>	<b>74153</b>	<b>100</b>

**Tabella 7.1: estensione delle aree a pericolosità da frana in relazione al PUA.**

---

<sup>16</sup> Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico

## 8. INDAGINI GEOGNOSTICHE *IN SITU*

Per la ricostruzione della successione litostratigrafica locale, la caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche *in situ* che ha compendiato l'esecuzione di n. 3 sondaggi penetrometrici, n. 3 prospezioni sismiche di superficie di tipo MASW<sup>17</sup> e n. 10 estendimenti geomeccanici.

Ci si è avvalsi altresì di n. 13 perforazioni eseguite nell'area del PUA e/o nell'ambito morfologico significativo (*cf. Tavola 03*).

L'ubicazione di tali indagini è riportata sul rilievo aerofotogrammetrico di cui alla Tavola 03.

### 8.1 SONDAGGI PENETROMETRICI

I sondaggi penetrometrici ( $S_n$ ), sono stati affidati alla TRVELSONDAGGI S.r.l. di Crispano (NA), società di riconosciuta serietà ed esperienza nel campo delle indagini geognostiche, già autorizzata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, con Decreto n. 1271 del 08.02.2011, per l'esecuzione e certificazione di indagini geognostiche prelievo di campioni e prove in sito.

Le prove penetrometriche dinamiche continue del tipo DPSH<sup>18</sup> sono state eseguite con un'apparecchiatura della ditta PAGANI<sup>19</sup> modello TG 63 - 200 (*cf. Tavola 21 - Foto nn. 1 ÷ 3*) le cui caratteristiche tecniche-strumentali sono le seguenti:

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	0,63 Kg
Diametro punta conica	51,00 mm

---

<sup>17</sup> Multichannel Analysis of Surface Waves.

<sup>18</sup> Dynamic Probing Super Heavy.

<sup>19</sup> Con sede in località Campogrande - Calendasco - Piacenza.

Area di base punta	20,43	cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1	m
Peso aste a metro	6,31	Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,40	m
Avanzamento punta	0,20	m
Numero colpi per punta	N(20)	
Coeff. Correlazione	1,47	
Rivestimento/fanghi	No	
Angolo di apertura punta	90°	

Com'è noto le prove penetrometriche dinamiche consistono nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Queste prove, stante la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione, sono molto diffuse ed utilizzate da geologi e geotecnici.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette, inoltre, di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, deve comunque essere trattato con le opportune cautele e dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Gli elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Le terebrazioni meccaniche, contrassegnate con le sigle  $DPSH_n$  sono state spinte fino al rifiuto della strumentazione.

Terminata l'estrazione delle aste di perforazione i perfori derivanti dalle prove penetrometriche sono stati ispezionati con un freatimetro per verificare la presenza d'acqua nei terreni attraversati.

Le misurazioni eseguite hanno confermato, ovviamente, la presenza d'acqua in prossimità della quota del livello del mare.

Dette prospezioni, infine, oltre a permettere la caratterizzazione geotecnica dei depositi di spiaggia hanno consentito di ricostruire con maggiore dettaglio lo spessore di tali terreni sul substrato tufaceo (*cfr. Tavola 09*).

## 8.2 RILIEVI GEOMECCANICI

Per la caratterizzazione geomeccanica e geotecnica dell'ammasso roccioso sono state eseguiti n. 10 estendimenti di cui 8 alla base della falesia tufacea denominati  $E_{1\_T} \div E_{8\_T}$  e n. 2 alla base del costone roccioso contraddistinti dalle sigle  $E_{1\_C}$  e  $E_{2\_C}$  (cfr. *Tavola 07- Relazione geostrutturale e Tavola 21 – Foto nn. 9 ÷ 21*).

Com'è noto il rilievo geomeccanico/geostrutturale è il primo e fondamentale approccio di indagine dell'ammasso roccioso. Le modalità di rilievo sono uniformate a livello internazionale dalle norme ISRM (International Society of Rock Mechanics).

Il metodo previsto dalle norme è noto come “scan line”, che consiste nel posizionare una cordella metrica centimetrata sull'affioramento.

Lungo la striscia centimetrata devono essere raccolti tutti i dati per ogni “linea” che attraversa la cordella metrica. Questo sistema, anche se molto rigoroso, ha dei limiti:

- ✓ necessità di affioramenti sufficientemente estesi.
- ✓ non eseguibile in condizioni di rilievo scomode.
- ✓ rischio di perdere informazioni delle fratture importanti disposte parallelamente allo stendimento.

È sempre buona norma cercare affioramenti ortogonali o comunque disposti con direzioni intersecanti tra loro, in modo da poter avere punti di osservazioni differenti del “volume” di ammasso roccioso indagato.

Per l'esecuzione di un rilievo geomeccanico utile e completo è necessaria una cultura geologica di base. Uno dei principali motivi è che il rilievo geomeccanico va riferito sempre ad un rilievo geologico di dettaglio, per permettere di definire l'estrapolabilità dei dati raccolti e quindi delle caratteristiche dell'ammasso roccioso.

La cultura geologica è importante anche per effettuare un rilievo funzionale al litotipo (che deve essere descritto). Infatti, in rocce sedimentarie le discontinuità a cui porre particolare attenzione sono soprattutto gli strati, in rocce metamorfiche la scistosità, mentre nelle rocce magmatiche non sono presenti discontinuità fondamentali.

Il rilievo geomeccanico viene svolto attraverso stazioni (“stop”) di rilevamento geostrutturale, secondo le norme I.S.R.M. (International Society for Rock Mechanics).

Ogni “stazione” analizza un settore omogeneo, rappresentativo delle condizioni strutturali dell’ammasso roccioso in esame.

### 8.3 PROSPEZIONI SISMICHE MASW

Per la valutazione dell'incremento sismico locale sono state eseguite n. 3 prospezioni sismiche di superficie del tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh) (Tavola 07).

Il rilievo geofisico M.A.S.W. è utilizzato per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici (cfr. Figura 8.3.1).

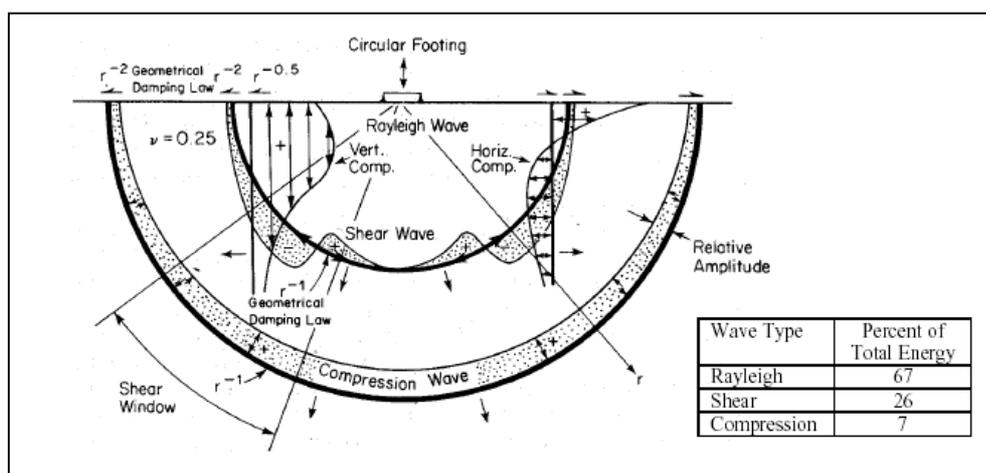


Figura 8.3.1: Distribution of Stress Wave Motions from a Vibration Circular Footing on a homogeneous, Isotropic, Elastic Half Space (from Woods, 1968).

I vantaggi di questa nuova metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

- 1) l'uso particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi;
- 2) l'utilizzo non limitato - a differenza del metodo a rifrazione - dalla presenza di inversioni di velocità in profondità;
- 3) la buona risoluzione (a differenza del metodo a riflessione);
- 4) la ricostruzione della distribuzione verticale della velocità delle onde di taglio (S), fondamentale per la caratterizzazione geotecnica del sito.

Inoltre:

- la percentuale di energia convertita in onde di *Rayleigh* è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%);
- l'ampiezza delle *surface waves* dipende da  $\sqrt{r}$  e non da  $r$  come per le *body waves*;

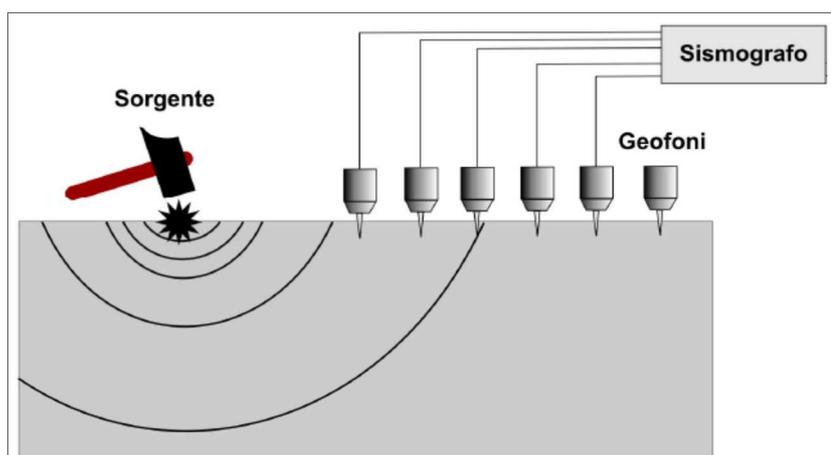
L'attrezzatura utilizzata per tale prospezione (cfr. Tavola 21 - Foto nn. 4 ÷ 8) è composta da:

- un sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. (Refraction Microtremor); M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves); S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves)];
- una sorgente energizzante costituita da una massa battente (martello) da 10 kg che percuote una piastra metallica;
- n. 24 geofoni da 4,5 Hz.

Le caratteristiche degli stendimenti sono riportate nella seguente tabella 8.3.1, mentre lo schema è riprodotto in figura 8.3.2.

<i>Prospezione sismica</i>	<i>Lunghezza complessiva dello stendimento (m)</i>	<i>Offset e spacing (m)</i>	<i>Direzione</i>	<i>Coordinate Geografiche WGS84</i>	
				<i>N</i>	<i>E</i>
<i>MASW n. 1</i>	<i>50.0</i>	<i>2.0</i>	<i>N 352° E</i>	<i>40.650225°</i>	<i>14.408982°</i>
<i>MASW n. 2</i>	<i>50.0</i>	<i>2.0</i>	<i>N 216° E</i>	<i>40.646744°</i>	<i>14.407418°</i>
<i>MASW n. 3</i>	<i>37.5</i>	<i>1.5</i>	<i>N 36° E</i>	<i>40.645037°</i>	<i>14.407252°</i>

**Tabella 8.3.1: Riepilogo caratteristiche degli stendimenti sismici.**



**Figura 8.3.2: Schema dello stendimento sismico.**

I profili MASW sono stati eseguiti utilizzando n. 24 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 2 metri; i punti di scoppio sono stati posizionati alle estremità degli stendimenti a distanze di 1,5 e 2 m dal geofono n. 1 in modo da avere profili sismici diretti e inversi.

## 9. SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA LOCALE

L'accurato rilevamento geologico e le indagini geognostiche di cui al paragrafo precedente, unitamente a quelle pregresse reperite per l'ambito geomorfologico significativo, hanno consentito di allestire ex novo le Tavole 08 e 09, *Carta geolitologica* in scala 1:1000 e le *Sezioni geolitologiche (scala metrica)*, che ben evidenziano come l'assetto geologico e stratigrafico locale sia riconducibile a quello più generale già descritto per la piana di Sorrento.

In particolare sulla Tavola 08 è possibile differenziare un primo settore costiero di bassa quota compreso tra la riva del mare e la base della falesia tufacea o carbonatica spesso molto antropizzato, un secondo settore rappresentato dalla falesia stessa e un terzo settore rappresentato dal terrazzo di aggradazione piroclastica del graben di Sorrento comprendente anche i depositi detritici carbonatici sottoposti e localmente in eteropia di facies con il materiale detritico-piroclastico del *Pleistocene superiore-Quaternario*.

Nel primo settore si rinvencono in affioramento depositi da spiaggia da olocenici ad attuali costituiti da sabbia limosa nerastra che passa a ghiaia con sabbia grossolana spostandosi verso la falesia. Tali materiali presentano uno spessore di alcuni metri e sono sovrapposti al substrato tufaceo. La composizione del deposito da spiaggia varia spostandosi verso i quadranti settentrionali ove diventa preponderante la componente carbonatica che è costituita da ghiaia con blocchi per lo più decimetrici in matrice sabbiosa di natura vulcanica.

Il secondo settore è rappresentato come detto da una fascia costiera alta di natura tufacea o carbonatica. La prima, compresa tra una quota di circa 2 m a 50 m s.l.m. (plateau di aggradazione di Sorrento), occupa buona parte dell'area meridionale e centrale dell'intero PUA ed

è costituita dal Tufo Grigio Campano (Ignimbrite Campana Auct.). Quest'ultimo consta di una matrice cineritica ricca di cristalli di sanidino e scorie vetrose molto soffiate di colore nerastro (*Pleistocene superiore*). La falesia tufacea presenta in prossimità della cornice sommitale uno spessore variabile (alcuni metri) di materiale piroclastico e detritico-piroclastico, talora in affioramento quando non antropizzato o ricoperto da vegetazione. Detto materiale, rimaneggiato per fenomeni eluvio-colluviali e più raramente per frana, affiora localmente su piccoli terrazzi con profondità metrica disposti a varia altezza sulla parete tufacea.

La natura litologica del tratto costiero alto varia nella parte settentrionale laddove la falesia tufacea scompare in un'area molto antropizzata dominata da un massiccio carbonatico di natura calcarea. Quest'ultimo risulta stratificato a mò di monoclinale immergente verso nord e si presenta generalmente molto fratturato e carsificato. Alla base del rilievo carbonatico, con orientamento NW-SE, si rinviene una fascia pedemontana costituita prevalentemente a letto da detrito di falda con clasti calcarei a spigoli vivi o debolmente smussati, talora in matrice piroclastica (porzione sommitale), ed a tetto da depositi eluvio-colluviali di natura piroclastica e subordinatamente carbonatica.

Nella fascia pedemontana sono compresi ma non differenziati cumuli di frane da crollo, debris flow e probabilmente rock avalanche. Il massiccio carbonatico è tagliato da almeno due famiglie di faglie: la prima con orientazione NE-SW segue l'andamento degli impluvi fino a perdersi nella falda detritica e la seconda a carattere distensivo segue con andamento NW-SE il massiccio carbonatico attestandosi presumibilmente in prossimità del margine interno della fascia pedemontana.

La successione stratigrafica appena descritta è meglio illustrata nelle sezioni geolitologiche di cui alla Tavola 09.

Le litologie testé menzionate sono state riportate anche su prospetto frontale dimensionato (ortofoto) ove sono stati differenziati i settori tufacei in affioramento da quelli carbonatici con le relative discontinuità (fratture-faglie-giunti) e i settori interessati da opere di sistemazione (*cfr. Tavola 14 - Carta geolitologica frontale*).

## 10. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI ATTRAVERSO LE PROVE PENETROMETRICHE DPSH

La caratterizzazione geotecnica dei terreni mediante le prove penetrometriche DPSH di cui al § 8.1 è stata eseguita con il programma Dynamic Probing (versione 2017) della società *GeoStru Software*, di Bianco (RC), in licenza allo scrivente.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981. Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

L'elaborazione delle prove unitamente alle correlazioni dei vari autori utilizzati dal software sono illustrate nella Tavola 05 mentre nelle seguente tabella 10.1 sono riportati i valori ottenuti per i principali parametri geotecnici.

<b>LITOTIPI</b>	<b>PARAMETRI GEOTECNICI</b>					
	<b>D<sub>r</sub></b> (%)	Classificazione <b>AGI</b>	<b>γ<sub>nat</sub></b> (KN/m <sup>3</sup> )	<b>φ</b> (deg.)	<b>E</b> (MPa)	<b>E<sub>ed</sub></b> (MPa)
<i>Sabbia monogranulare con ciottoli deb. ghiaiosa</i>	38 ÷ 50	<b>Moderatamente addensata</b>	17,65 ÷ 18,63	28 ÷ 32	12,4 ÷ 15,9	33,5 ÷ 36,9
<i>Tufo Grigio Campano</i>	67 ÷ 70	<b>Molto addensato</b>	13,72 ÷ 14,71	33 ÷ 38	14,5 ÷ 21,5	55,7 ÷ 65,5

**Tabella 10.1: Valori nominali delle principali caratteristiche geotecniche dei terreni desunti dalle prove DPSH.**

[Legenda: γ<sub>nat</sub> (KN/m<sup>3</sup>) = peso dell'unità di volume; φ' (deg.) = angolo di resistenza al taglio; D<sub>r</sub> (%) = densità relativa; E(MPa) = modulo di Young; E<sub>ed(SPT)</sub> (MPa) = modulo edometrico].

## 11. CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEGLI AMMASSI ROCCIOSI

I rilievi geostrutturali alla macroscala e mesoscala, analizzati e descritti in dettaglio nella Tavola 07 hanno permesso di allestire una *Carta geostrutturale frontale* (cfr. Tavola 16) su cui viene discretizzato l'ammasso roccioso in funzione delle caratteristiche geomeccaniche e geotecniche. Tale elaborato rappresenta la base progettuale per la scelta e dimensionamento delle opere di difesa attiva (chiodature e consolidamenti) e passiva (reti addossate e barriere paramassi). In sintesi il fronte del costone tufaceo è stato suddiviso in tre settori mentre quello in calcare è stato considerato come settore unico. Nell'ambito di ogni settore sono state distinte quattro classi geomeccaniche ( $RMR_{base}$  di Bieniawki) cui è associato un diverso grado di qualità dell'ammasso roccioso e per ognuna di esse vengono forniti i principali parametri geotecnici necessari alla progettazione strutturale delle opere di mitigazione del rischio.

Sul settore di falesia tufacea ricoperto con malta cementizia fibrorinforzata non è stato possibile eseguire indagini e rilievi per cui non è stata assegnata una classe geomeccanica né, di conseguenza, sono stati definiti i parametri geotecnici.

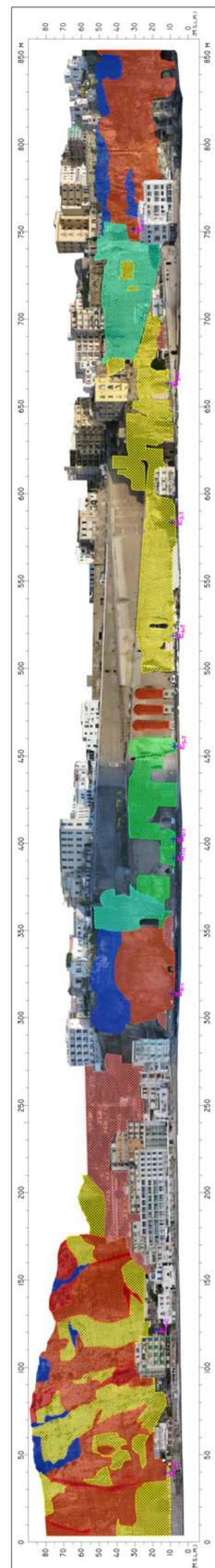


Figura 11.1: Settori distinti sulla falesia tufacea e sul fronte carbonatico.

La seguente tabella riporta la sintesi della caratterizzazione geomeccanica e geotecnica ottenuta mediante le indagini in sito.

	<b>CLASSE II (BUONA)</b> RMR = 61 ÷ 80; $c_m$ (MPa) > 0,30; $\varphi_m$ (°) > 36; E (GPa) = > 20;
	<b>CLASSE III (MEDIOCRE)</b> RMR = 41 ÷ 60; $c_m$ (MPa) = 0,21 ÷ 0,30; $\varphi_m$ (°) = 26 ÷ 36; E (GPa) = 6 ÷ 20;
	<b>CLASSE IV (SCADENTE)</b> RMR = 21 ÷ 40; $c_m$ (MPa) = 0,10 ÷ 0,21; $\varphi_m$ (°) = 16 ÷ 25; E (GPa) = 2 ÷ 6;
	<b>CLASSE V (MOLTO SCADENTE)</b> RMR = < 20; $c_m$ (MPa) = < 0,10; $\varphi_m$ (°) = < 16; E (GPa) = < 2;
	<b>CLASSE E PARAMETRI NON DEFINIBILI</b> Settore di falesia ricoperto con malta cementizia fibrorinforzata a comportamento reoplastico (SPRITZ BETON).
	<b>CLASSE NON DEFINIBILE</b> Settore con coperture detritico-piroclastiche $\gamma$ = 14,22 ÷ 16,18 KN/m <sup>3</sup> ; $c$ = 0,00 ÷ 19,61 KN/m <sup>2</sup> ; $\varphi$ = 24° ÷ 30°;
	<b>CLASSE NON DEFINIBILE</b> Materiale detritico e cumuli di frane $\gamma$ = 16,67 ÷ 18,63 KN/m <sup>3</sup> ; $c$ = 0,00 KN/m <sup>2</sup> ; $\varphi$ = 27° ÷ 33°;
	Estendimenti geomeccanici e relativa sigla identificativa (T: substrato tufaceo; C: substrato carbonatico).

**Tabella 11.1: Riepilogo delle principali caratteristiche geomeccaniche del substrato carbonatico e tufaceo.**

## **12. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI**

Con l'ausilio del software SurfSeis 2.05 della Kansas Geological Survey sono stati analizzati i dati sismici acquisiti in campagna in modo tale da poter restituire i profili verticali della Vs (velocità delle onde di taglio).

Nelle tabelle seguenti si riporta la schematizzazione del sottosuolo in sismostrati desunta dalle prospezioni esperite, rappresentata graficamente nelle figure 12.1 ÷ 12.3.

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V<sub>P</sub> (m/s)</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i>	<i>Densità P (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Coefficiente di Poisson ν(ad)</i>	<i>Modulo di taglio G (kPa)</i>	<i>Modulo di Young E (kPa)</i>	<i>Modulo di incompressibilità K (kPa)</i>
S1	0.0 – 3.1	755	267	1800	0.43	128320	366619	854951
S2	3.1 – 15.3	982	352	1900	0.43	235418	671545	1518325
S3	15.3– 35.1	1304	487	1900	0.42	450621	1278825	2629962

Tabella 12.1: Prospetto dei valori di  $V_S$  e  $V_P$  e dei moduli dinamici dei sismostrati desunti dalla MASW n.1.

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V<sub>P</sub> (m/s)</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i>	<i>Densità P (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Coefficiente di Poisson ν(ad)</i>	<i>Modulo di taglio G (kPa)</i>	<i>Modulo di Young E (kPa)</i>	<i>Modulo di incompressibilità K (kPa)</i>
S1	0.0 – 1.4	411	144	1800	0.43	37325	106751	254291
S2	1.4 – 5.2	810	305	1500	0.42	139538	395560	798100
S3	5.2 – 7.9	1502	599	1400	0.41	502321	1411965	2488644
S4	7.9 – 11.2	1877	753	1400	0.40	793813	2229178	3873964
S5	11.2 – 35.1	2037	826	2000	0.40	1364552	3825131	6479335

Tabella 12.2: Prospetto dei valori di  $V_S$  e  $V_P$  e dei moduli dinamici dei sismostrati desunti dalla MASW n.2.

<i>Sismostrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>V<sub>P</sub> (m/s)</i>	<i>V<sub>S</sub> (m/s)</i>	<i>Densità P (kg/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Coefficiente di Poisson ν(ad)</i>	<i>Modulo di taglio G (kPa)</i>	<i>Modulo di Young E (kPa)</i>	<i>Modulo di incompressibilità K (kPa)</i>
S1	0.0 – 1.4	391	141	1800	0.43	35786	102008	227471
S2	1.4 – 3.1	829	300	1500	0.42	135000	384656	850862
S3	3.1 – 5.2	1066	400	1400	0.42	224000	635292	1292232
S4	5.2 – 7.9	1595	663	1400	0.40	615397	1717649	2741106
S5	7.9 – 27.1	1931	754	2000	0.41	1137032	3206548	5941479
S6	27.1 – 35.1	2056	819	2000	0.41	1341522	3771544	6665576

Tabella 12.3: Prospetto dei valori di  $V_S$  e  $V_P$  e dei moduli dinamici dei sismostrati desunti dalla MASW n.3.

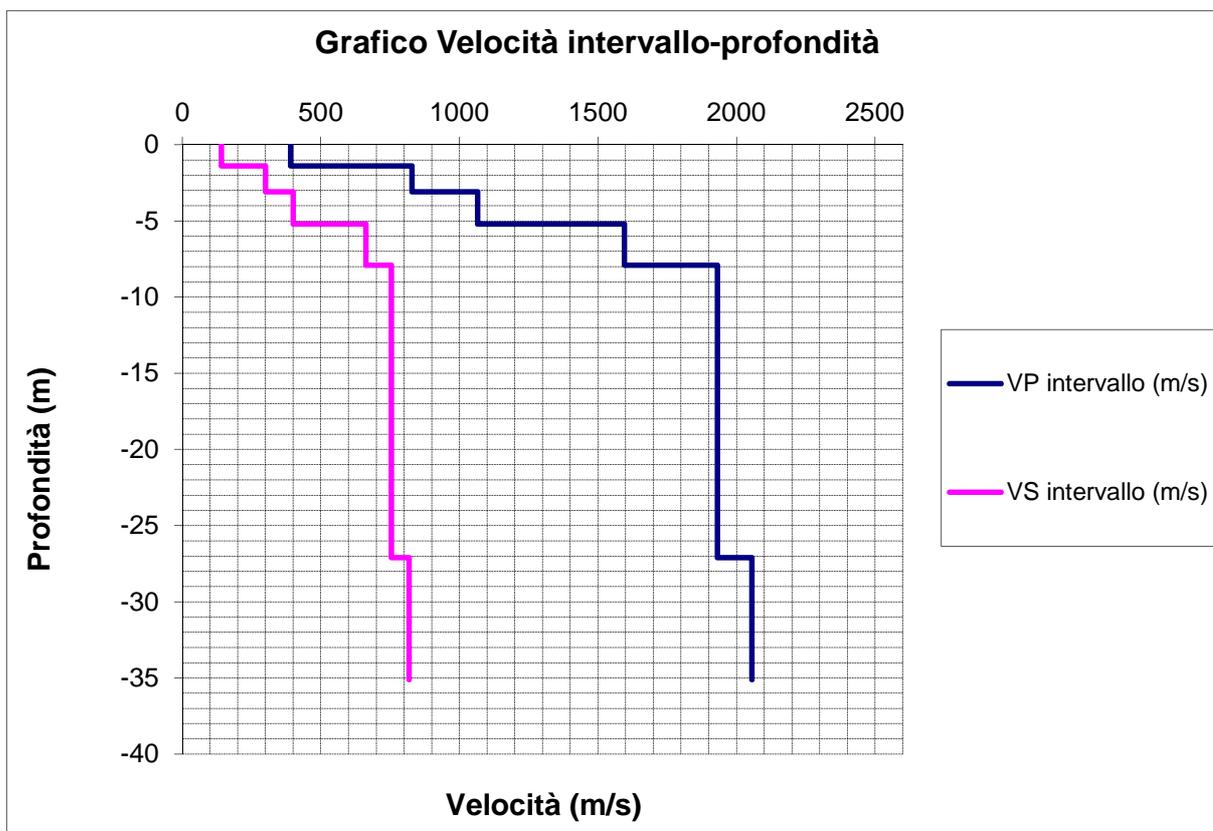


Figura 12.1: Grafico dei valori medi di  $V_s$  e  $V_P$  per i sismostrati desunti dall'indagine sismica MASW n.1.

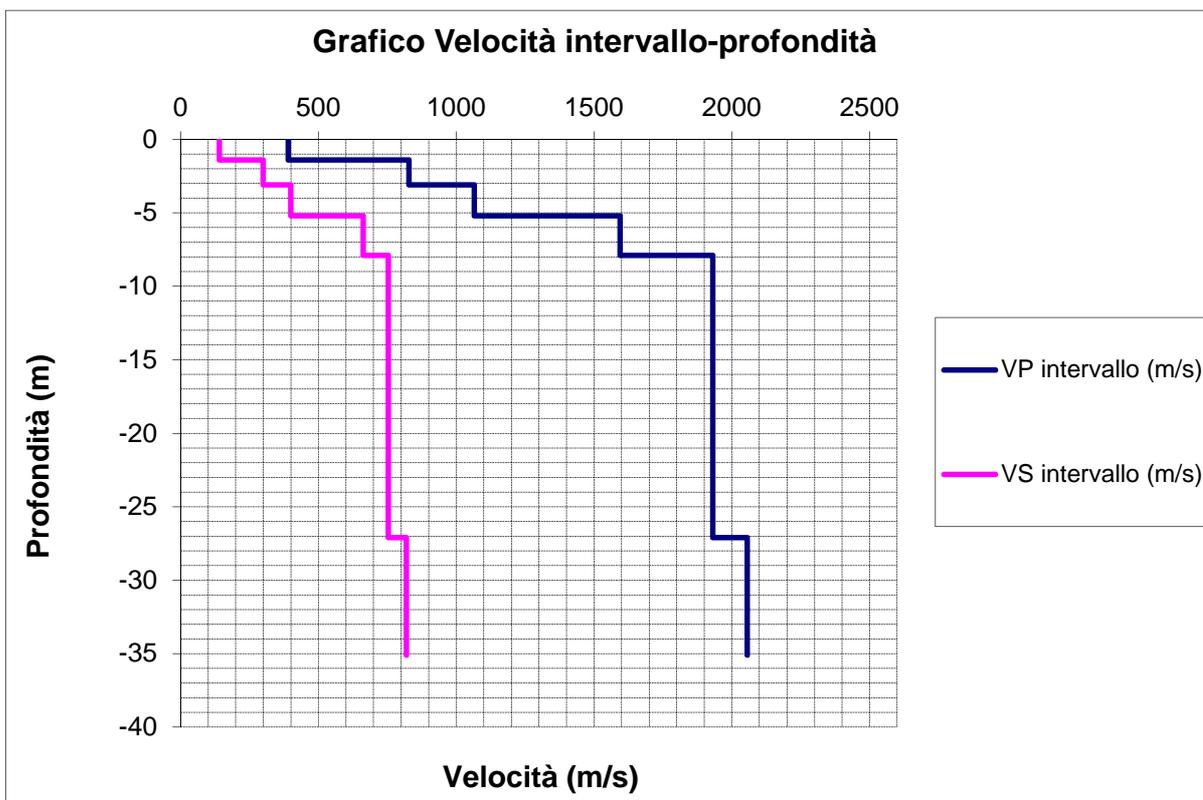


Figura 12.2: Grafico dei valori medi di  $V_S$  e  $V_P$  per i sismostrati desunti dall'indagine sismica MASW n.2.

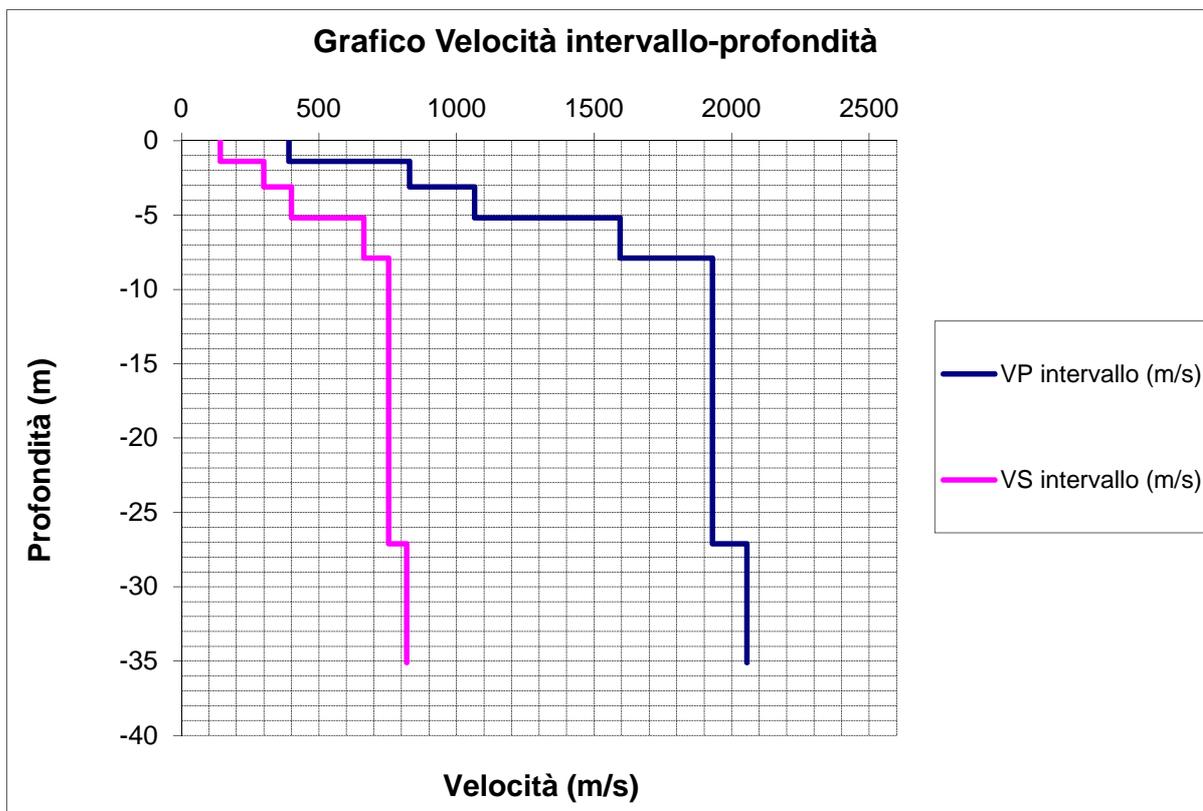


Figura 12.3: Grafico dei valori medi di  $V_s$  e  $V_p$  per i sismostrati desunti dall'indagine sismica MASW n.3.

### 13. SISMICITÀ DELL'AREA

L'attività sismica che interessa la Penisola Sorrentina, quale propaggine carbonatica dell'Appennino verso il Tirreno, è riconducibile a due diverse tipologie di sorgenti: quella connessa all'evoluzione tettonica della catena appenninica e quella derivante dall'attività vulcanica del Vesuvio, dei Campi Flegrei e dell'Isola d'Ischia. L'analisi storica dell'attività sismica dell'Appennino e dei distretti vulcanici napoletani, rilevata dalla bibliografica specializzata, ha consentito di ricostruire le sequenze esposte nelle tabelle 13.1 (terremoti tettonici) e 13.2 (terremoti vulcanici).

<b>Data terremoti tettonici</b>	<b>Intensità (MCS) Zona epicentrale</b>	<b>Zona epicentrale</b>	<b>Intensità (MCS) Area Napoli Pen. Sor.</b>
<b>1282</b>	<b>VIII</b>	<b>Castellammare</b>	<b>non nota</b>
<b>30 dicembre 1456</b>	<b>X - XI</b>	<b>Matese</b>	<b>VIII</b>
<b>maggio 1537</b>	<b>VIII</b>	<b>Punta Orlando</b>	<b>VIII</b>
<b>25 aprile 1685</b>	<b>VI</b>	<b>Salerno</b>	<b>non nota</b>
<b>26 aprile 1687</b>	<b>VII</b>	<b>Castellammare</b>	<b>non nota</b>
<b>1688</b>	<b>XI</b>	<b>Cerreto Sannita</b>	<b>VII - VIII</b>
<b>8 settembre 1694</b>	<b>X</b>	<b>Irpinia</b>	<b>VII</b>
<b>15 settembre 1697</b>	<b>VI</b>	<b>Castellammare</b>	<b>non nota</b>
<b>15 novembre 1697</b>	<b>VI</b>	<b>Castellammare</b>	<b>non nota</b>
<b>19 maggio 1698</b>	<b>V</b>	<b>Castellammare</b>	<b>non nota</b>
<b>29 marzo 1732</b>	<b>X</b>	<b>Avellinese</b>	<b>non nota</b>
<b>26 luglio 1805</b>	<b>X</b>	<b>Isernia-Campobasso</b>	<b>VII</b>
<b>1857</b>	<b>X - XII</b>	<b>Basilicata</b>	<b>VII</b>
<b>1930</b>	<b>X</b>	<b>Irpinia</b>	<b>VII</b>
<b>agosto 1962</b>	<b>XI</b>	<b>Ariano Irpino</b>	<b>VII</b>
<b>23 novembre 1980</b>	<b>X</b>	<b>App. Campano-Lucano</b>	<b>VII</b>

**Tabella 13.1**

<b>Data terremoti vulcanici</b>	<b>Intensità (MCS) Zona epicentrale</b>	<b>Zona epicentrale</b>	<b>Intensità (MCS) Area Napoli Pen. Sor.</b>
<b>62 d.C.</b>	<b>IX</b>	<b>Vesuvio</b>	<b>VII - VIII</b>
<b>79 d.C</b>	<b>non nota</b>	<b>Vesuvio</b>	<b>non nota</b>
<b>1228</b>	<b>IX - X</b>	<b>Ischia</b>	<b>non nota</b>
<b>1488</b>	<b>non nota</b>	<b>Pozzuoli</b>	<b>non nota</b>
<b>1538</b>	<b>non nota</b>	<b>Monte Nuovo</b>	<b>non nota</b>
<b>1796</b>	<b>VIII</b>	<b>Ischia</b>	<b>non nota</b>
<b>1828</b>	<b>VIII - IX</b>	<b>Ischia</b>	<b>non nota</b>
<b>1881</b>	<b>X</b>	<b>Ischia</b>	<b>non nota</b>
<b>28 luglio 1883</b>	<b>X</b>	<b>Ischia</b>	<b>non nota</b>
<b>4 ottobre 1983</b>	<b>VII</b>	<b>Area flegrea</b>	<b>V - VI</b>

Tabella 13.2

L'individuazione delle aree sorgenti di eventi sismici viene effettuata principalmente sull'esame dei cataloghi sismici e sulla base di studi di Geometria e Fisica della Sorgente, di Geologia Strutturale e di Geodinamica.

Recentemente, uno studio accurato eseguito dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Gruppo di Lavoro MPS, 2004) ha prodotto un'attenta delimitazione delle aree sismogenetiche italiane. Per l'Italia centro-meridionale, le aree sismogenetiche individuate sono riportate in figura 13.1.

In particolare, per la Campania le zone di diretto interesse sono quelle designate con i numeri 927 e 928, la prima corrispondente alle ben note aree del Molise, Matese, Sannio, Irpinia e Alto Potentino, la seconda alle aree vulcaniche attive di Ischia, dei Campi Flegrei e del Vesuvio.

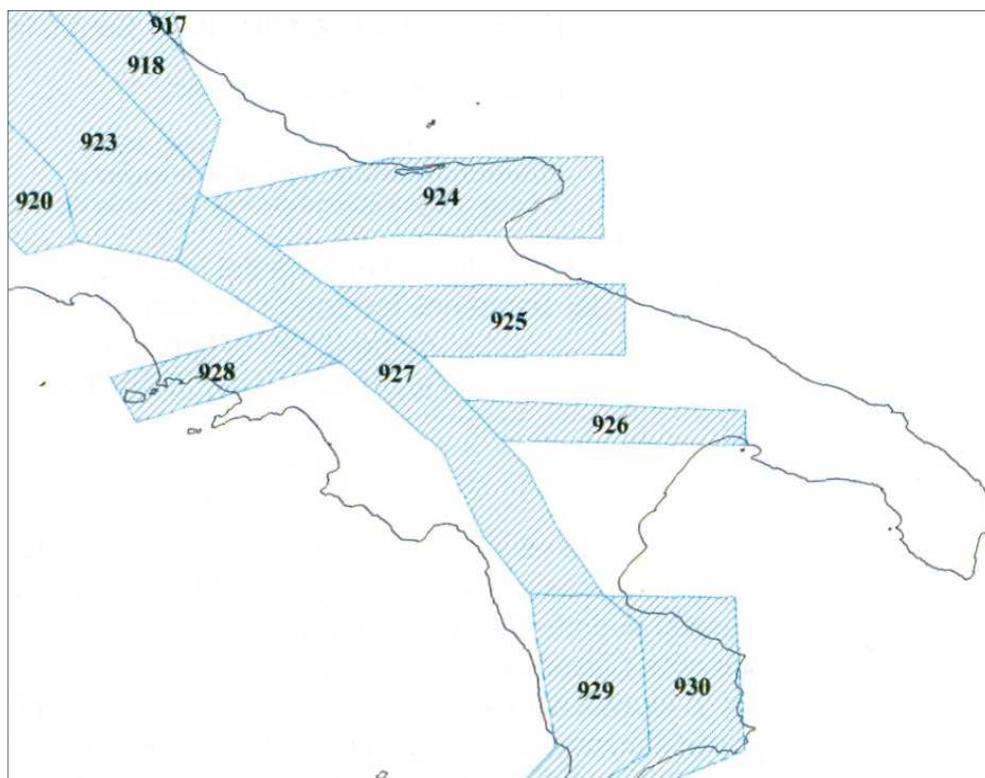


Figura 13.1: Aree sismogenetiche per l'Italia centro-meridionale.  
(Fonte: Gruppo di Lavoro MPS, 2004).

Nello specifico il territorio comunale di Meta, già inserito tra i comuni “gravemente danneggiati” dal terremoto del 23 novembre 1980, a seguito del sisma che ha colpito il Molise il 31 ottobre 2002 è stato dichiarato a rischio sismico con delibera della Giunta Regionale della Campania n° 5447 del 7 novembre 2002 (pubblicata sul BURC n° 56 del 18 novembre 2002) che ha approvato l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale inserendo nell'elenco sismico tutti i comuni della Regione Campania.

Pertanto alla luce del succitato atto normativo il territorio comunale di Meta se è stato assoggettato ad un grado di sismicità  $S = 6$  (3<sup>a</sup> categoria sismica) (cfr. Figura 13.2).

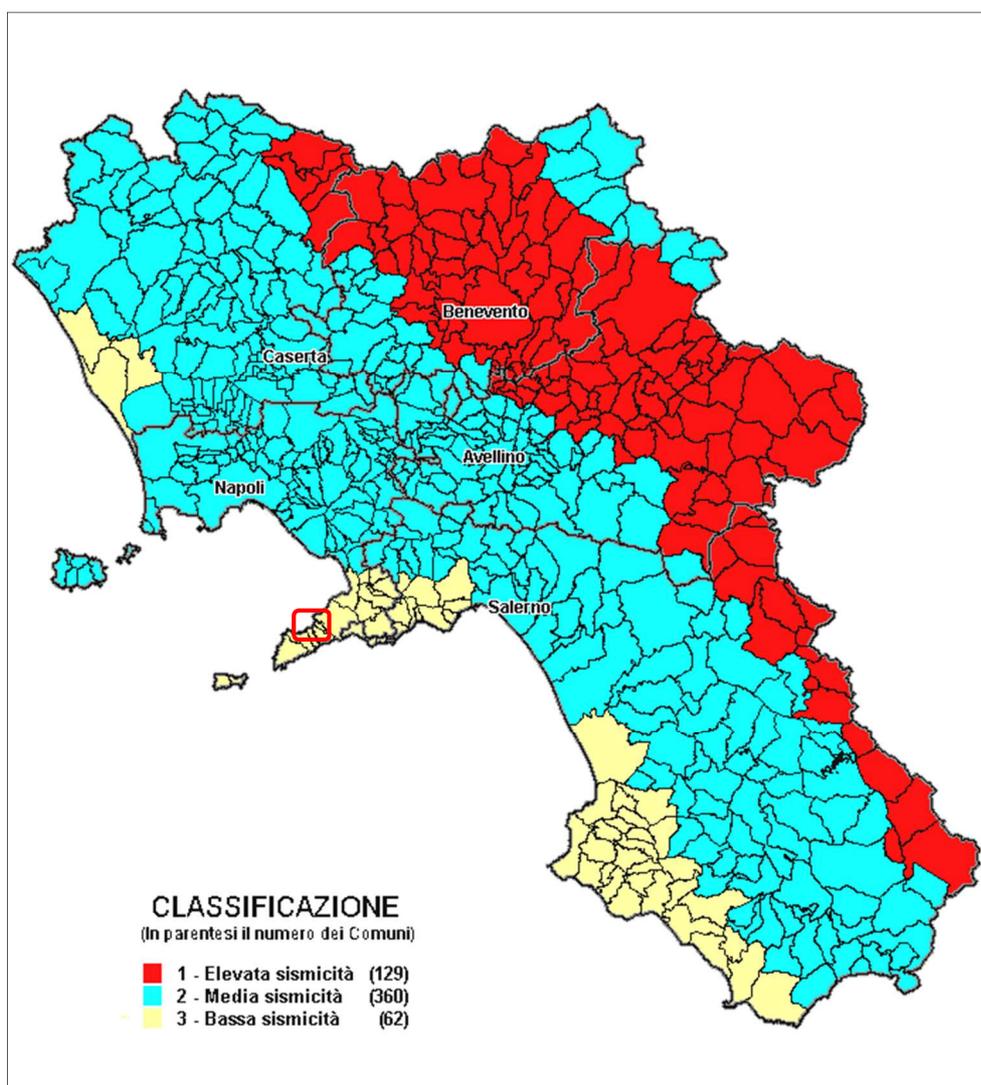


Figura 13.2: Classificazione sismica della Campania di cui alla Delibera di Giunta Regionale n° 5447 del 7 novembre 2002 pubblicata sul BURC n° 56 del 18.11.2002.

## 14. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI IN PROSPETTIVA SISMICA

La caratterizzazione dei terreni in prospettiva sismica è stata eseguita sulla scorta delle prospezioni sismiche MASW di cui al § 12, confrontando i valori di velocità delle onde di taglio così ottenuti con quelli desunti dalle prove DPSH.

In tal modo è stata allestita la seguente tabella 14.1 che riporta i range dei valori delle velocità delle onde longitudinali ( $V_p$ ) e trasversali ( $V_s$ ) ed i moduli elastici dinamici [modulo di Young dinamico ( $E_d$ ), modulo di taglio dinamico ( $G_d$ ), modulo di incompressibilità dinamico o di Bulk ( $K$ ), coefficiente di Poisson ( $\nu$ )] dei vari litotipi costituenti il sottosuolo fino alla massima profondità d'indagine (35 metri).

<b>LITOTIPI</b>	<b>PARAMETRI GEOFISICI</b>					
	<b><math>V_p</math></b> (m/s)	<b><math>V_s</math></b> (m/s)	<b><math>E_d</math></b> (MPa)	<b><math>G_d</math></b> (MPa)	<b>K</b> (MPa)	<b><math>\nu</math></b> (ad.)
<i>Sabbia monogranulare con ciottoli deb. ghiaiosa</i>	390 ÷ 755	140 ÷ 305	102 ÷ 635	36 ÷ 235	1518 ÷ 6665	0,43 ÷ 0,42
<i>Tufo Grigio Campano</i>	810 ÷ 2030	350 ÷ 820	1278 ÷ 3770	224 ÷ 1364	1080 ÷ 3018	0,41 ÷ 0,40

**Tabella 14.1: Caratteristiche sismiche dei terreni.**

[Legenda:  $V_p$  (m/s) = velocità delle onde longitudinali o di compressione;  $V_s$  (m/s) = velocità delle onde trasversali o di taglio;  $\nu$  (ad.) = coefficiente di Poisson;  $E_d$  (MPa) = modulo di Young dinamico;  $G_d$  (MPa) = modulo di taglio dinamico;  $K$  (MPa) = modulo di Bulk].

## 15. AZIONE SISMICA, STATI LIMITE E RELATIVE PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO

A partire dalle aree sismogenetiche descritte al § 13 e sulla base di valutazioni probabilistiche del massimo terremoto atteso e delle leggi di attenuazione, il Gruppo di Lavoro MPS (2004) ha elaborato una *Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale* (cfr. Figura 15.1), espressa in termini di accelerazione massima al suolo e riferita a suoli rigidi ( $V_s > 800$  m/s), della quale è presentato in figura 15.2 il settore relativo alla Regione Campania.

Con l'emanazione dell'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 il territorio nazionale è stato suddiviso in 4 zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore del parametro  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima), i cui valori sono espressi come frazione dell'accelerazione di gravità (cfr. Tabella 15.1).

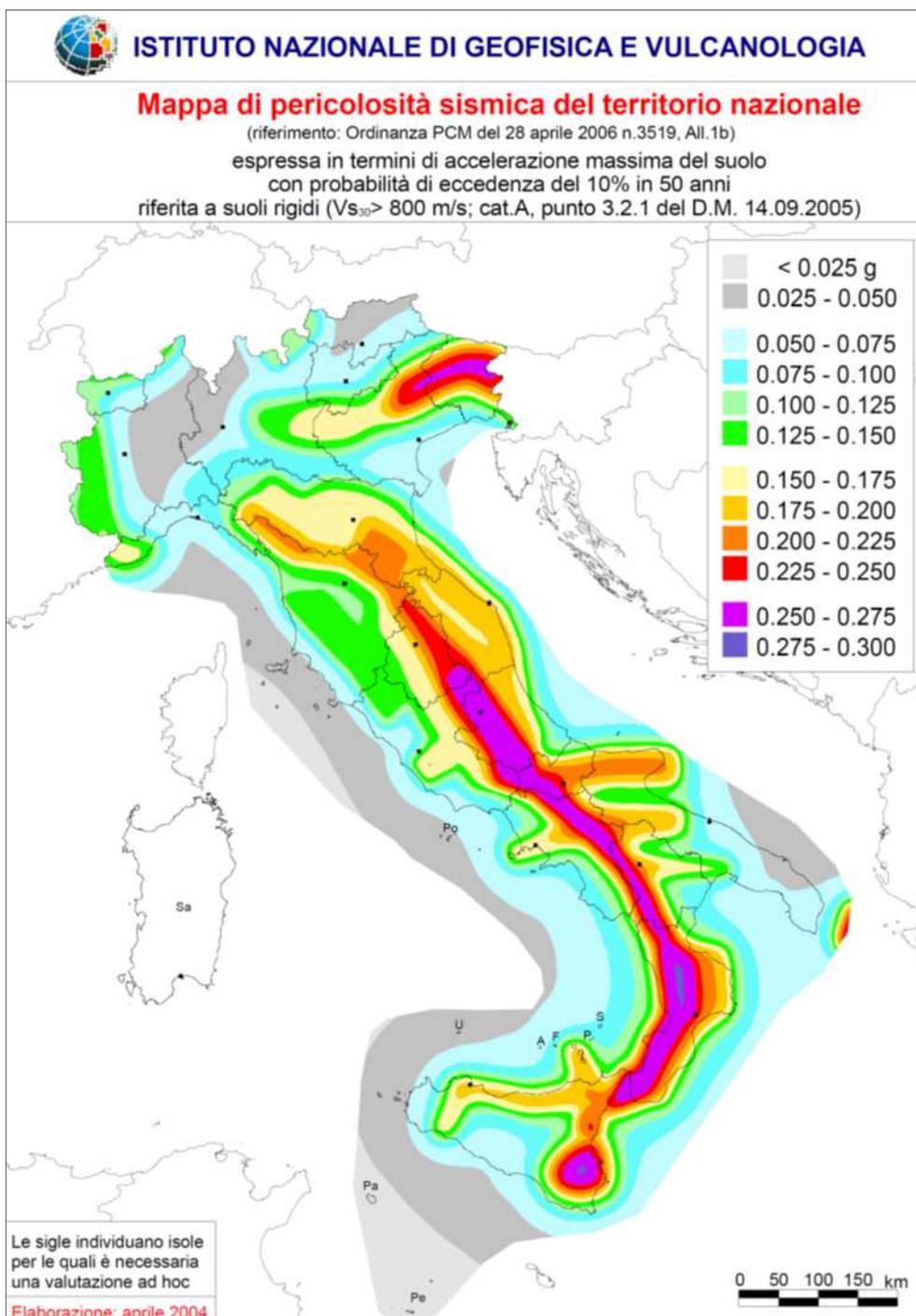
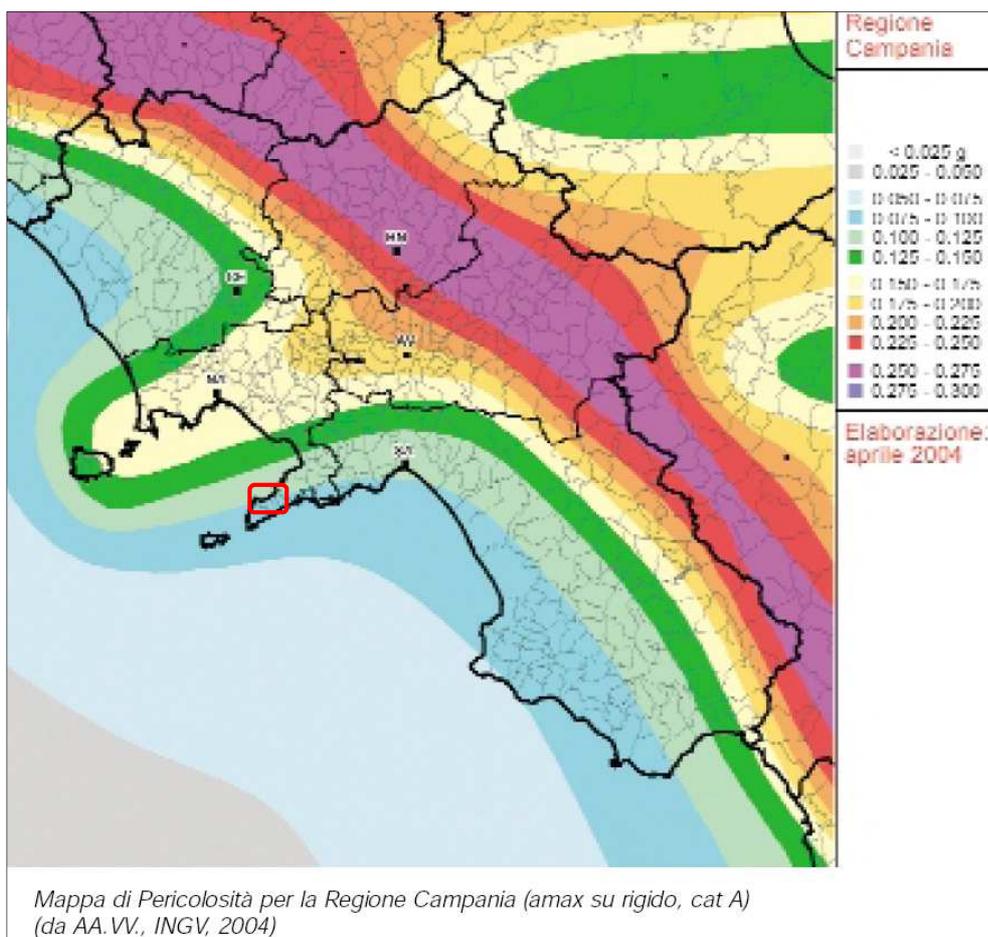


Figura 15.1: Mappa della *Pericolosità Sismica* del territorio nazionale.



**Figura 15.2: Mappa della Pericolosità Sismica del territorio campano.**

<b>Zona</b>	<b>Valore di <math>a_g</math></b>
<b>1</b>	<b>0,35g</b>
<b>2</b>	<b>0,25g</b>
<b>3</b>	<b>0,15g</b>
<b>4</b>	<b>0,05g</b>

**Tabella 15.1: Zonazione sismica prevista dall'O.P.C.M. n° 3274.**

Nell'ambito di tale classificazione il territorio comunale di Meta ricade in zona 3, da cui risulta  $a_g = 0,15g$ .

Con l'entrata in vigore del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 14 gennaio 2008 - *Approvazione delle*

*Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni* - le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “*pericolosità sismica di base*” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita in tabella 16.1), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $PV_R$  (cfr. Tabella 15.2), nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4 del citato D.M.

In alternativa è ammesso l’uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla *pericolosità sismica* del sito.

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $PV_R$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T^*_c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alla norma in discorso, per tutti i siti considerati, sono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T^*_c$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della

costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $PV_R$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella 15.2.

Stato limite		$PV_R$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 15.2: Probabilità di superamento  $PV_R$  al variare dello stato limite considerato.

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di  $V_R$  forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

## 16. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi come indicato nel § 7.11.3. del D.M. 14 gennaio 2008. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (*cfr. Tabelle 16.1 ed 16.2*).

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione del profilo stratigrafico</b>	<b>V<sub>s,30</sub> (m/s)</b>	<b>In alternativa</b>	
			<b>N<sub>SPT,30</sub> (ad.)</b>	<b>c<sub>u,30</sub> (kPa)</b>
<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V <sub>s,30</sub> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.	<b>&gt; 800</b>		
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V <sub>s,30</sub> compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero N <sub>SPT,30</sub> > 50 nei terreni a grana grossa e c <sub>u,30</sub> > 250 kPa nei terreni a grana fina).	<b>360 + 800</b>	<b>&gt; 50</b>	<b>&gt; 250</b>
<b>C</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V <sub>s,30</sub> compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero 15 < N <sub>SPT,30</sub> < 50 nei terreni a grana grossa e 70 < c <sub>u,30</sub> < 250 kPa nei terreni a grana fina).	<b>180 + 360</b>	<b>15 + 50</b>	<b>70 + 250</b>
<b>D</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V <sub>s,30</sub> inferiori a 180 m/s (ovvero N <sub>SPT,30</sub> < 15 nei terreni a grana grossa e c <sub>u,30</sub> < 70 kPa nei terreni a grana fina).	<b>&lt; 180</b>	<b>&lt; 15</b>	<b>&lt; 70</b>
<b>E</b>	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con V <sub>s</sub> > 800 m/s).			

**Tabella 16.1: Categorie di sottosuolo.**

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo<sup>20</sup>, ai fini dell'identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio (definita successivamente) entro i primi 30 metri di profondità. Per fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio è fortemente raccomandata. Nei casi in cui tale determinazione non sia disponibile, la classificazione può essere effettuata in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (*Standard Penetration Test*)  $N_{SPT,30}$  (definito successivamente) nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente  $c_{u,30}$  (definita successivamente) nei terreni prevalentemente a grana fina.

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definite al § 3.2.3 del D.M. 14.01.2008 in discorso.

Per sottosuoli appartenenti alle ulteriori categorie  $S_1$  ed  $S_2$  di seguito indicate (*cfr. Tabella 16.2*), è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

---

<sup>20</sup> Per *volume significativo* di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso.

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	V <sub>S,30</sub> (m/s)	In alternativa	
			N <sub>SPT,30</sub> (ad.)	Cu,30 (kPa)
S <sub>1</sub>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V <sub>S,30</sub> inferiori a 100 m/s (ovvero 10 < cu,30 < 20 kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.	< 100		10 ÷ 20
S <sub>2</sub>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.			

Tabella 16.2: Categorie aggiuntive di sottosuolo.

La velocità equivalente delle onde di taglio V<sub>S,30</sub> è definita dall'espressione:

$$V_{S,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S,i}}} [m/s]$$

dove:

- h<sub>i</sub> spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;
- V<sub>S,i</sub> velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato.

Ciò posto, nel caso in esame il parametro V<sub>S,30</sub>, riferito al p.c. è risultato variabile tra 392 e 559 m/s mentre per cui il sottosuolo investigato, dal punto di vista sismico, ricade sempre nella categoria "B" di cui alla tabella 16.1 (cfr. Tavola 13 - Carta della zonazione del territorio in prospettiva sismica).

## 17. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni - DM 14.01.2008 - prevedono che per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (*cfr. Tabella 17.1*).

<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>	<b>Inclinazione media (i) (deg)</b>
<b>T<sub>1</sub></b>	<b>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <math>i \leq 15^\circ</math></b>	<b><math>\leq 15</math></b>
<b>T<sub>2</sub></b>	<b>Pendii con inclinazione media <math>i &gt; 15^\circ</math>.</b>	<b><math>&gt; 15</math></b>
<b>T<sub>3</sub></b>	<b>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media <math>15^\circ \leq i \leq 30^\circ</math></b>	<b><math>15 \leq i \leq 30</math></b>
<b>T<sub>4</sub></b>	<b>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media <math>i &gt; 30^\circ</math></b>	<b><math>i &gt; 30</math></b>

**Tabella 17.1: Categorie topografiche.**

Le susposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Nel caso di specie il coefficiente topografico secondo la classificazione prevista in tabella 17.1 appartiene alla categoria "T<sub>1</sub>".

## **18. ANALISI DELLE CONDIZIONI DI STABILITÀ DELL'AREA**

Lo studio geologico, geomorfologico e geostrutturale ha consentito di allestire due carte di stabilità redatte nella forma nadirale (Tavola 20) e frontale (Tavola 17) che ben evidenziano quattro settori nell'ambito del PUA ognuno caratterizzato da diverse possibili tipologie di instabilità.

Il primo settore è rappresentato dalla fascia sottoposta alla falesia tufacea e carbonatica ove si riscontra la cosiddetta costa bassa. Quest'ultima risulta essere fortemente antropizzata e raggiunge un'altezza massima di circa 2 m s.l.m.. In questo settore si riscontra una spiaggia più o meno ampia ove sono possibili inondazioni da mareggiata. In particolare è stata distinta un'area con un'elevata propensione all'inondazione (S\_A) che ricalca in buona parte quanto contenuto nel Piano Stralcio per la Difesa delle Coste 2012 (Carta della Pericolosità della fascia costiera). Tale fascia, stretta ed allungata inizia in corrispondenza dell'attuale linea di riva e si spinge verso la terra emersa per un'ampiezza massima di circa 25 m. In adiacenza a tale area, procedendo verso est, si ritrova un'area a pericolosità da inondazione media (S\_M), essa comprende la porzione di spiaggia che potrebbe essere raggiunta solo in caso di mareggiate ultra centennali. Segue poi, verso l'interno un'area fortemente antropizzata sostanzialmente stabile (AA\_S).

Nella zona più settentrionale del PUA la zona stabile ora menzionata confina con un'area campita con in rosso, secondo settore, posta alla base del versante carbonatico (ICR\_A). Trattasi di un'area in cui è possibile l'invasione di frane da crollo che possono attivarsi dall'ammasso roccioso ivi presente che ad un'energia di rilievo notevole fa corrispondere una morfologia talora aggettante, una fratturazione e carsificazione molto spinta e numerose situazioni di incipiente instabilità.

Il terzo settore nell'ambito del PUA è rappresentato dalla falesia in tufo; quest'ultima presenta un'altezza media di circa 50 m e consta generalmente di un tratto subverticale basale e uno di pochi metri superiore impostato in rocce piroclastiche sciolte. La parete subverticale, come si evince dalla Tavola 17, è stata differenziata in ragione dello stato dell'ammasso in tre categorie di stabilità. Una situazione di forte instabilità (FT\_MI) è stata riscontrata nel tratto di falesia tufacea posto più a nord ove nonostante le parziali e localizzate opere di sistemazione si osservano numerose condizioni di incipiente instabilità. Un grado di instabilità significativo (FT\_I) ma meno spinto del precedente è stato osservato anche nell'area meridionale a sud delle due scogliere frangiflutti. Anche qui diverse sono le situazioni di instabilità riscontrate e sono correlate con lo stato fessurativo dell'ammasso e l'orientazione relativa della famiglie di discontinuità con la giacitura del fronte.

Nella porzione centrale della falesia tufacea ricadente nel PUA si differenzia un'area posta sul lato di sottoscarpa di via Caruso ove è stata rilevata una parziale stabilità (FT\_MI) in quanto sono state individuate aree in cui sono possibili fenomeni di crollo localizzati ma di limitata magnitudo. Le rimanenti porzioni di falesia tufacea ancorchè nascoste e stabilizzate da muri di contenimento antropici mostrano condizioni di instabilità molto ridotte se non assenti (FT\_S). Si sottolinea infine che nell'ambito della falesia tufacea è stata differenziata un'area cui è stata assegnata coautelativamente una stabilità incerta nonostante sia interessata da interventi di sistemazione (FT\_PS).

Altri due aspetti degni di nota del settore in parola riguardano le cavità antropiche scavate alla base della parete tufacea e il materiale piroclastico sciolto esistente al top della stessa. Quest'ultimo affiora in due aree e può essere interessato da frane superficiali del tipo scorrimento-colata di piccola magnitudo (< 150 metri cubi).

Le numerose grotte in tufo presenti nell'ambito del PUA hanno generalmente forma stretta e allungata verso est ma in alcuni casi sono anche interconnesse tra loro e, pertanto, possono avere anche forme più articolate. Lo stato fessurativo di queste grotte non è stato affrontato nel presente studio e meriterebbe un idoneo approfondimento onde poter risalire alle reali condizioni di stabilità e individuare al contempo le tipologie di interventi più idonei alla loro salvaguardia e messa in sicurezza.

Il quarto ed ultimo settore è rappresentato dalle porzioni di piana di Sorrento che ricadono nei limiti del PUA. Tale zona, molto antropizzata, presenta un grado di instabilità basso o nullo. In tale zona andrebbe meglio approfondito in termini di stabilità l'interazione tra le strutture/infrastrutture e la cornice superiore della falesia sia essa impostata in tufo che in materiale detritico-piroclastico sciolto.

## 19. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio geologico, geomorfologico e geostrutturale per il PUA n. 1 è stato redatto su una base topografica all'uopo elaborata mediante l'ausilio di SAPR (drone) che ha permesso di ricostruire l'andamento plano-altimetrico dell'area ed un fotomosaico frontale della falesia prospiciente la marina di Alimuri e quella di Meta.

Su tali basi topografiche sono state allestite le carte tematiche di rito, sia nadirali sia frontali, con particolare riferimento alla pericolosità geomorfologica della zona (*cf. Tavola 03 - Carta con l'ubicazione delle indagini, Tavola 08 - Carta geolitologica, Tavola 09 - Sezioni geolitologiche, Tavola 10 - Carta delle pendenze, Tavola 11 - Carta geomorfologica, Tavola 12 - Carta idrogeologica, Tavola 13 - Carta della zonazione del territorio in prospettiva sismica, Tavola 14 - Carta geolitologica frontale, Tavola 15 - Carta geomorfologica frontale, Tavola 16 - Carta geostrutturale frontale e Tavola 17 - Carta della stabilità frontale, Tavola 20 - Carta della stabilità*).

La ricostruzione della successione litostratigrafica locale è stata effettuata mediante la campagna di indagini geognostiche *in situ* che ha compendiato l'esecuzione di n. 3 sondaggi penetrometrici, n. 3 prospezioni sismiche di superficie, n. 10 estendimenti geomeccanici ed un accurato rilevamento geologico con l'analisi di tutti gli affioramenti (fronti e tagli naturali e/o artificiali) presenti sia sul sito d'interesse sia nell'ambito geomorfologico significativo. Ci si è avvalsi, inoltre, di n. 13 perforazioni eseguite nell'area del PUA1 e/o in aree contigue (*cf. Tavola 04*).

Le prove penetrometriche, elaborate con un apposito software dedicato, hanno consentito la caratterizzazione geotecnica dei terreni che costituiscono l'arenile (*cf. Tavola 05*), mentre i rilievi geostrutturali hanno permesso la caratterizzazione geomeccanica dei fronti rocciosi (*cf. Tavola 07 e Tavola 16*).

Le prospezioni sismiche hanno permesso di calcolare le velocità delle onde di compressione e di taglio ed i moduli elastici dinamici dei vari terreni che costituiscono il sottosuolo fino alla profondità di 35 metri. Note le  $V_s$  è stata determinata la categoria di sottosuolo, mentre l'analisi morfologica dell'area ha consentito la determinazione di quella topografica per come previsto al § 3.2.2 delle Nuove Norme tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008 e Circolare 02 febbraio 2009 n° 617/C.S.LL.PP.). Su tali basi è stata redatta la *Carta della zonazione del territorio in prospettiva sismica (cfr. Tavola 14)*.

I dati acquisiti dal rilevamento geologico-geomorfologico, dalle indagini di campo e da quelle pregresse reperite per l'area di interesse hanno permesso di ricostruire il modello geologico del sottosuolo rappresentato nelle sezioni di cui alla Tavola 09 ove, nell'ambito del PUA, è possibile distinguere un primo settore costiero compreso tra la riva del mare e la base della falesia tufacea o carbonatica, un secondo rappresentato dalla falesia stessa e un terzo settore costituito dal terrazzo di aggradazione piroclastica del graben di Sorrento, comprendente anche i depositi detritici carbonatici sottoposti e localmente in eteropia di facies con il materiale detritico-piroclastico del *Pleistocene superiore-Quaternario*.

La natura litologica del tratto costiero varia nella parte settentrionale laddove la falesia tufacea scompare in un'area molto antropizzata dominata da un massiccio carbonatico di natura calcarea, generalmente molto fratturato e carsificato. Alla base di tale rilievo si rinviene una fascia pedemontana costituita prevalentemente da detrito di falda con clasti calcarei a spigoli vivi o debolmente smussati, talora in matrice piroclastica, sormontata da depositi eluvio-colluviali di natura piroclastica e subordinatamente carbonatica.

Le litologie testé menzionate sono state riportate anche su prospetto frontale dimensionato (ortofoto) ove sono stati differenziati i

settori tufacei in affioramento da quelli carbonatici con le relative discontinuità (fratture-faglie-giunti) e i settori già interessati da opere di sistemazione (*cf. Tavola 14 - Carta geolitologica frontale*).

Per quanto concerne la circolazione idrica sotterranea, le prospezioni esperite, in accordo a quanto dedotto dal rilevamento geologico di superficie e confermato dalle fonti bibliografiche consultate, hanno evidenziato la presenza di un'unica falda acquifera la cui piezometrica praticamente coincide con il livello medio marino. Il reticolo idrografico per la zona in esame è assente.

Ai fini della pericolosità geomorfologica il settore di territorio ricompreso nel PUA 1 negli strumenti di pianificazione urbanistica (*Carta della stabilità del P.R.G. comunale e cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino della Campania Centrale*) è classificato in zone con diversi livelli di pericolosità e rischio da frana/idraulico. Tali elaborati, già riprodotti nella Tavola 02, sono stati ridisegnati sulla base topografica ex novo in scala 1:1000 utilizzata per il presente lavoro (*cf. Tavola 02 - Cartografia di inquadramento, Tavola 18 - Carta della stabilità del P.R.G. comunale e Tavola 19 - Carta della pericolosità da frana del PSAI*).

Ciò detto, sulla scorta dei rilievi, indagini e prove eseguite, sono state redatte due carte di stabilità, nadirale (Tavola 20) e frontale (Tavola 17), che ben evidenziano quattro settori ognuno caratterizzato da diverse possibili fenomenologie di dissesto.

Il primo settore della cosiddetta costa bassa è suscettibile di inondazioni da mareggiata.

Il secondo è rappresentato dalla zona settentrionale del PUA posta alla base del versante carbonatico ove è possibile l'invasione di frane da crollo che possono attivarsi dall'ammasso roccioso ivi presente che ad un'energia di rilievo notevole fa corrispondere una morfologia talora

aggettante, una fratturazione e carsificazione molto spinta e numerose situazioni di incipiente instabilità.

Il terzo settore è rappresentato dalla falesia in tufo subverticale in cui si alternano situazioni di forte, incerta e parziale instabilità. Rientrano in questo settore le cavità antropiche scavate alla base della parete tufacea, che in ragione dello stato fessurativo meritano uno studio *ad hoc*, ed il materiale piroclastico incoerente presente al top della stessa, suscettibile di frane superficiali del tipo scorrimento-colata di piccola magnitudo.

L'ultimo settore è rappresentato dalle porzioni della piana di Sorrento che ricadono all'interno del PUA; tale zona, molto antropizzata, presenta un grado di instabilità basso o nullo.

Orbene sulla scorta di quanto fin qui rappresentato si ritiene che tutti gli interventi da realizzare nell'area PUA1 dovranno essere eseguiti in ottemperanza alla vigente normativa per le zone sismiche e secondo le disposizioni delle NdA del PSAI della ex Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale, tuttora vigenti.

Detti interventi edilizi laddove nella *Carta della stabilità* di cui alla Tavola 20 ricadano in zone sottoposte alle pareti rocciose classificate ad incerta stabilità, instabili e molto instabili, dovranno compendiare le opportune opere di stabilizzazione del costone sovrastante.

Analogamente, nelle zone potenzialmente suscettibili di frane da crollo o scorrimento/colata rapida, gli interventi edilizi saranno preceduti dalla messa in sicurezza del tratto di versante significativo.

Per quanto attiene le opere da realizzare nei settori di costa bassa suscettibili ad inondazioni da mareggiate, i nuovi interventi a carattere permanente dovranno essere progettati sulla scorta di uno studio meteomarinario finalizzato alla individuazione delle opere di difesa del litorale più idonee.

Per gli interventi nelle grotte in tufo, infine, si raccomanda preliminarmente uno studio geostrutturale di dettaglio al fine di verificarne le reali condizioni di stabilità ed individuarne al contempo le tecniche di consolidamento più idonee per la loro salvaguardia e messa in sicurezza.

*Piano di Sorrento, dicembre 2017*

*IL GEOLOGO*

*Dr. Francesco RUOCCO*

**BIBLIOGRAFIA**

- 1) Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale - *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico* (pubblicato sul B.U.R.C. n. 20 del 23/03/2015);
- 2) Autorità di Bacino Regionale del Sarno (2003) - Progetto CARG: *Cartografia Geologica* (Scala 1 : 10.000);
- 3) Associazione Geotecnica Italiana (giugno 1977) - *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*;
- 4) Associazione Geotecnica Italiana (maggio 1990) - *Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio*;
- 5) Budetta P., Calcaterra D., Corniello A., De Riso R., Ducci D. & Santo A. (1993) - *Appunti di geologia dell'Appennino Meridionale* - Istituto di Geologia Applicata - Facoltà di Ingegneria - Università di Napoli "Federico II";
- 6) Calcaterra D., Santo A., De Riso R., Budetta P., Di Crescenzo G., Franco I., Galiotta G., Iovelli R., Napolitano P., Palma B., (1997) - *"Fenomeni franosi connessi all'evento pluviometrico del gennaio 1997 in Penisola Sorrentina-M.ti Lattari: primo contributo"* - Istituto di Geologia Applicata - Facoltà di Ingegneria - Università di Napoli "Federico II";
- 7) Casadio Mario, Elmi Carlo (1995) - *Il manuale del geologo* - Pitagora Editrice Bologna;
- 8) Celico Pietro, Corniello Alfonso (1979) - *Idrodinamica, potenzialità e possibilità di sfruttamento delle risorse idriche sotterranee dei Monti Lattari - Campania* - Estratto da: Memorie e Note dell'Istituto di Geologia Applicata - Napoli - Vol. XV;
- 9) Di Palma Nicola (Anno Accademico 2000 - 2001) - Tesi di laurea sperimentale in Geologia Applicata svolta presso il Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" dal titolo: *"Indagine geologico-tecnica per il restauro conservativo di un fabbricato per civile abitazione"*. (Relatore: Prof. Ing. Luigi Esposito - Correlatore: Dr. Geol. Francesco Ruocco);
- 10) Guarino M. Paolo (1998) - *Studio geologico allegato al PRG comunale di Meta*;
- 11) Guida M. & Vallario A. (2003) - *MURI SORRENTINI Geologia, storia, tecnica e rischio ambientale* - Franco Di Mauro Editore;
- 12) Rapolla Antonio (2008) - *La pericolosità sismica* - Liguori Editore;
- 13) Stabile A. (1983) - *Studio geologico allegato al P.R.G. comunale di Meta*.