



# COMUNE DI NAPOLI

## SISTEMA DI FOGNATURA DELL'AREA DI COMPETENZA DEL COMUNE DI NAPOLI AFFERENTE LA COLLINA DEI CAMALDOLI

### LOTTO II - COMPLETAMENTO - PROGETTO ESECUTIVO -

PROGETTISTA:

Ing. Paolo MINUCCI BENCIVENGA

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Concetta Porto



RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Ing. Giovanni Miranda

0	08/15		FEM	COT	EMISSIONE PER APPROVAZIONE
Revisione	Data	Redatto	Verificato	Approvato	Descrizione della revisione
RELAZIONE GEOLOGICA					Progettazione <b>IDI</b> s.r.l. ingegneria per l'ambiente
					Elaborato n° <b>TD.02</b>
					Scala
					Data <b>Agosto 2015</b>

## **Comune di Napoli (NA)**

**OGGETTO:** Sistema di fognatura dell'area di competenza del comune di Napoli  
affidente la collina Camaldoli - Lotto II Completamento

### **RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA**

#### **Progetto - esecutivo**

#### **INDICE**

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....</b>	<b>8</b>
<b>3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE DELL'AREA D'INTERESSE .....</b>	<b>10</b>
<b>4. GEOLOGIA DELL'AREA D'INTERESSE .....</b>	<b>12</b>
4.1 GEOMORFOLOGIA.....	12
4.2 CONDIZIONI DI STABILITÀ DELL'AREA .....	12
4.3 LITOLOGIA - .....	13
4.4 LE PRINCIPALI FORMAZIONI SONO DESCRITTE NEL SEGUITO .....	15
4.5 IDROGEOLOGIA .....	16
4.6 RISCHIO IDROGEOLOGICO E RISCHIO FRANE .....	16
4.7 CONTABILITÀ IDROGEOLOGICA .....	18
<b>5. DESCRIZIONI DELLE INDAGINI GEOLOGICHE EFFETTUATE E FATTIBILITA' DELL'AREA .....</b>	<b>19</b>
5.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....	19
<b>6. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA.....</b>	<b>20</b>
6.1 CARATTERISTICHE DEL TERRENO.....	20
6.2 CARATTERISTICHE DEL TERRENO.....	20
6.3. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE .....	22
<b>7. INDICAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE .....</b>	<b>23</b>
7.1 PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA IN CAMPANIA.....	25
7.2 VALUTAZIONE DEL SISMA DI PROGETTO.....	26
7.3 LIQUEFAZIONE .....	30
<b>8. CONCLUSIONI .....</b>	<b>31</b>

## 1. PREMESSA

La presente relazione geologica, geotecnica redatta dalla dott.ssa geologo Concetta Porto, con studio geologico in Faicchio (BN) alla via Odi n. 118, iscritta all'Ordine dei Geologi della Regione Campania al n. 1747 dal 1998 è un allegato al progetto esecutivo "Sistema di fognatura dell'area di competenza del comune di Napoli afferente la collina Camaldoli - Interventi di funzionalizzazione" da eseguire nel territorio comunale di Napoli. Tale progetto esecutivo è stato redatto al fine di concludere i lavori relativi al sistema fognario dei Camaldoli rimasti incompleti a causa della rescissione contrattuale avvenuta tra l'impresa esecutrice e la Stazione Appaltante. Il presente lavoro ha lo scopo di illustrare e fornire al progettista le caratteristiche geologico-stratigrafiche dei terreni presenti nell'area interessata dalle opere, con particolare riferimento ai caratteri geologici, idrogeologici, sismici e geotecnici. Lo studio è stato elaborato eseguendo in un primo luogo ad un accurato rilievo di campagna, orientato principalmente all'osservazione di scarpate naturali o artificiali, di aree di cava attive e dismesse, successivamente, ai fini della determinazione del modello strutturale del suolo e del sottosuolo sono stati presi in considerazione tutti i dati ottenuti dalla campagna d'indagini eseguita precedentemente con particolare riferimento alla Relazione Geologica e Indagini geognostiche relative al P.R.G.C. a firma del Dott. Prof. E. Cocco del 1984. e in modo particolare a tutte le indagini eseguite dalla società E.S.M. s.r.l. su incarico della SOGESID da cui si rileva che nell'ambito di tale campagna di indagini sono state effettuate, in due stralci, le seguenti attività:

### Stralcio n°1

- N. 11 sondaggi geognostici;
- N. 13 prove penetrometriche del tipo SPT;
- N. 6 prelievi di campioni indisturbati;
- N. 33 prelievi di campioni rimaneggiati;
- N. 6 Set di prove di laboratorio geotecnico;
- N. 33 analisi chimiche.

### Stralcio n°2

- N. 7 sondaggi geognostici;
- N. 14 prove penetrometriche del tipo SPT;
- N. 7 prelievi di campioni indisturbati;
- N. 21 prelievi di campioni rimaneggiati;
- N. 7 Set di prove di laboratorio geotecnico;
- N. 21 analisi chimiche.

In particolare:

Sondaggio (Stralcio N°1)	Ubicazione	Coordinate	Profondità (m)	Rivestimento (m)	Cassette (n.)
S1	Picchetti da 1 a 14	40°52'47,60"N 14°11'27,50"E	8,00	1,50	2
S2	Picchetti da 44 a 65	40°52'57,57"N 14°12'02,08"E	8,50	1,50	2
S3	Picchetti da 100 a	40°53'29,10"N	8,00	1,50	2

St. Geologico GEOASTRA Via Odi – Faicchio (BN) Tel. 347/0454335	Comune di Napoli – Provincia di Napoli Sistema di fognatura dell'area di competenza del comune di Napoli afferente la collina Camaldoli Lotto 2 completamento
---	---

Sondaggio (Stralcio N°1)	Ubicazione	Coordinate	Profondità (m)	Rivestimento (m)	Cassette (n.)
	114	14°12'40,50"E			
S4	Vasca Tirone	40°53'30,90"N 14°12'41,90"E	6,00	1,50	1
S5	Vasca Tirone	40°53'33,30"N 14°12'43,50"E	6,50	1,50	1
S6	Vasca Tirone	40°53'36,10"N 14°12'43,40"E	6,00	1,50	1
S7	Vasca Tirone	40°53'36,60"N 14°12'44,20"E	6,00	1,50	1
S8	Vasca Tirone	40°53'38,30"N 14°12'43,90"E	6,00	1,50	1
S9	Vasca Tirone	40°53'39,90"N 14°12'44,90"E	6,00	1,50	1
S10	Vasca Tirone	40°53'41,10"N 14°12'46,70"E	11,00	1,50	2
S12	Via Tirone	40°53'46,38"N 14°12'38,64"E	9,50	1,50	2
<b>Totale</b>			<b>51,50</b>	<b>16,50</b>	<b>16</b>

#### Riepilogo sondaggi stralcio n°1

Sondaggio (Stralcio N°2)	Ubicazione	Coordinate	Profondità (m)	Rivestimento (m)	Cassette (n.)
S1	Via Rotondella	40°52'33,43"N 14°11'31,08"E	4,00	1,50	1
S2	Traversa Villa Camaldoli	40°52'10,26"N 14°12'15,42"E	12,00	1,50	3

Sondaggio (Stralcio N°2)	Ubicazione	Coordinate	Profondità (m)	Rivestimento (m)	Cassette (n.)
S3	Traversa Via Canullo Guerra	40°52'16,50"N 14°11'22,80"E	13,25	1,50	3
S4	Traversa Via Orsolone ai Guantai	40°52'14,22"N 14°11'53,70"E	6,00	1,50	1
S5	Via Lardighello	40°52'11,24"N 14°12'03,56"E	8,00	1,50	2
S6	Via Santa Croce ad Orsolone	40°52'24,16"N 14°12'44,02"E	9,50	1,50	2
S7	Via Antonio Cinque	40°52'22,50"N 14°12'14,40"E	8,00	1,50	2
<b>Totale</b>			<b>60,75</b>	<b>10,50</b>	<b>14</b>

#### Riepilogo sondaggi stralcio n°2



Sondaggio (Stralcio N°1)	Prova	Profondità (m)	N1	N2	N3	N <sub>SPT</sub>	Descrizione
S1	SPT1	2,00 +2,45	2	5	7	12	Piroclastite rimaneggiata di colore marrone - grigiastro costituita da frequenti frammenti eterogenei ed eterometrici (d <sub>max</sub> = 4 cm) in matrice sabbiosa - debolmente limosa.
	SPT2	7,50 +7,95	5	7	8	15	Piroclastite rimaneggiata di colore marrone - grigiastro costituita da frequenti frammenti eterogenei ed eterometrici (d <sub>max</sub> = 4 cm) in matrice sabbiosa - debolmente limosa.
S2	SPT1	2,00 + 2,45	5	7	5	12	Tufo Giallo Napoletano in fase alterata.

Sondaggio (Stralcio N°1)	Prova	Profondità (m)	N1	N2	N3	N <sub>SPT</sub>	Descrizione
	SPT2	8,00 +8,45	2	2	4	6	Tufo Giallo Napoletano in fase alterata.
S3	SPT1	3,00 +3,45	7	7	9	16	Piroclastite di colore marrone con sfumature ocra costituita da frequenti pomici eterometriche (d <sub>max</sub> = 2 cm) di forma arrotondata, tenere al taglio e fibrose, e da sparsi litici di origine vulcanica poco più che millimetrici in abbondante matrice sabbiosa debolmente limosa.
	SPT2	4,50 +4,95	22	24	32	56	Piroclastite di colore marrone con sfumature ocra costituita da frequenti pomici eterometriche (d <sub>max</sub> = 2 cm) di forma arrotondata, tenere al taglio e fibrose, e da sparsi litici di origine vulcanica poco più che millimetrici in abbondante matrice sabbiosa debolmente limosa.
S4	SPT1	1,50 +1,95	7	5	7	12	Piroclastite rimaneggiata (Materiale di riporto) di colore marrone - grigiastro costituita da frequenti frammenti di laterizi e in clseterometrici in matrice sabbiosa - limosa.
S6	SPT1	3,00 +3,45	15	14	15	29	Piroclastite rimaneggiata di colore marrone costituita da sparsi frammenti eterogenei ed eterometrici (d <sub>max</sub> = 4 cm) in matrice sabbiosa - limosa.
S7	SPT1	5,50 +5,95	5	4	5	9	Piroclastite rimaneggiata di colore marrone costituita da sparsi frammenti eterogenei ed eterometrici (d <sub>max</sub> = 4 cm)

Sondaggio (Stralcio N°1)	Prova	Profondità (m)	N1	N2	N3	N <sub>SPT</sub>	Descrizione
							in matrice sabbiosa - limosa.
S9	SPT1	3,00 +3,45	5	5	5	10	Piroclastite rimaneggiata di colore marrone costituita da sparsi frammenti eterogenei ed eterometrici (d <sub>max</sub> = 4 cm) in matrice sabbiosa - limosa.
S12	SPT1	3,00 +3,45	5	5	5	10	Piroclastite rimaneggiata (Materiale di riporto) di colore marrone costituita da frequenti frammenti di laterizi e in clsterometrici (d <sub>max</sub> = 4 cm) in matrice sabbiosa - debolmente limosa.
	SPT2	4,50 +4,95	4	3	2	5	Piroclastite rimaneggiata (Materiale di riporto) di colore marrone costituita da frequenti frammenti di laterizi e in clsterometrici (d <sub>max</sub> = 4 cm) in matrice sabbiosa - debolmente limosa.
	SPT3	9,00 +9,45	5	6	7	13	Piroclastite di colore marrone con sfumature ocra costituita da frequenti pomici eterometriche (d <sub>max</sub> = 2 cm) di forma arrotondata, tenere al taglio e fibrose, e da sparsi litici di origine vulcanica poco più che millimetrici in abbondante matrice sabbiosa debolmente limosa.

**Riepilogo SPT stralcio n°1**

Sondaggio (Stralcio N°2)	Prova	Profondità (m)	N1	N2	N3	N <sub>SPT</sub>	Descrizione
S1	SPT1	2,20 +2,65	2	1	2	3	Piroclastite rimaneggiata di colore marrone costituita da frequenti frammenti eterogenei ed eterometrici (d <sub>max</sub> = 4 cm) in matrice sabbiosa - debolmente limosa.
S2	SPT1	5,00 +5,45	3	5	6	11	Piroclastite di colore marrone chiaro in cui si rinvencono sparse pomici centimetriche di forma arrotondata e rari litici lavici in abbondante matrice sabbiosa - limosa.
	SPT2	11,50 +11,95	5	5	5	10	Piroclastite di colore marrone chiaro in cui si rinvencono sparse pomici centimetriche di forma arrotondata e rari litici lavici in abbondante matrice sabbiosa - limosa.
S3	SPT1	3,00 + 3,45	1	0	0	0	Piroclastite rimaneggiata di colore marrone costituita da frequenti frammenti eterogenei ed eterometrici (d <sub>max</sub> = 4 cm) in matrice sabbiosa - debolmente limosa.
	SPT2	7,00 +7,45	1	0	0	0	Piroclastite di colore marrone chiaro in cui si rinvencono sparse pomici centimetriche di forma arrotondata e rari litici lavici in abbondante matrice sabbiosa - limosa.
	SPT3	12,80 +13,25	3	4	5	9	Piroclastite di colore marrone chiaro in cui si rinvencono sparse pomici centimetriche di forma arrotondata e rari litici lavici in abbondante matrice sabbiosa - limosa.
S4	SPT1	2,00 +2,45	11	10	10	20	Piroclastite rimaneggiata di colore marrone con sfumature ocra costituita da frequenti frammenti eterometrici (d <sub>max</sub> = 5 cm) di Tufo Giallo Napoletano in matrice sabbiosa - debolmente limosa.

Sondaggio (Stralcio N°2)	Prova	Profondità (m)	N1	N2	N3	N <sub>SPT</sub>	Descrizione
	SPT2	5,50 +5,95	5	7	9	16	Piroclastite rimaneggiata di colore marrone con sfumature ocra costituita da frequenti frammenti eterometrici (d <sub>max</sub> = 5 cm) di Tufo Giallo Napoletano in matrice sabbiosa - debolmente limosa.
S5	SPT1	2,50 +2,95	3	3	3	6	Piroclastite rimaneggiata di colore marrone - grigiastro costituita da frequenti pomici centimetriche e di forma arrotondata e da sparsi frammenti eterogenei ed eterometrici (d <sub>max</sub> = 3 cm) in matrice sabbiosa - debolmente limosa.
	SPT2	7,00 +7,45	2	6	6	12	Piroclastite rimaneggiata di colore marrone - grigiastro costituita da frequenti pomici centimetriche e di forma arrotondata e da sparsi frammenti eterogenei ed eterometrici (d <sub>max</sub> = 3 cm) in matrice sabbiosa - debolmente limosa.
S6	SPT1	2,00 +2,45	1	1	1	2	Piroclastite rimaneggiata di colore marrone - verdastro costituita da rare pomici centimetriche di colore grigiastro e da rari litici lavici eterometrici (d <sub>max</sub> = 2 cm) in matrice sabbiosa - debolmente limosa.
	SPT2	9,00 +9,45	8	5	5	10	Livello di pomici di colore grigiastro, tenere al taglio, di forma irregolare e vacuolari in scarsa matrice sabbiosa.
S7	SPT1	2,00 +2,45	1	1	1	2	Piroclastite rimaneggiata di colore marrone costituita da sparse pomici minute di colore grigiastro e da rari litici

Sondaggio (Stralcio N°2)	Prova	Profondità (m)	N1	N2	N3	N <sub>SPT</sub>	Descrizione
							lavici eterometrici (d <sub>max</sub> = 2,5 cm) in matrice sabbiosa - limosa.
	SPT2	6,00 +6,45	1	2	0	2	Piroclastite rimaneggiata di colore marrone costituita da sparse pomici minute di colore grigiastro e da rari litici lavici eterometrici (d <sub>max</sub> = 2,5 cm) in matrice sabbiosa - limosa.

**Riepilogo SPT stralcio n°2**

Data l'estrema quantità di dati ottenuti dalle prove sopraelencate in riferimento al presente progetto non si è ritenuto necessari eseguire ulteriori indagini per cui in riferimento alle indagini geognostiche in sito, la sottoscritta in linea al Decreto Ministeriale del 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni" e della Delibera n. 49 del 28-11-2010 della Regione Campania, dichiara di aver programmato insieme al progettista strutturista, i modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione, in funzione del tipo di opera che interesserà il volume significativo del terreno, utilizzando i dati ottenuti dalle indagini eseguite precedentemente

Lo studio è redatto a norma della legislazione vigente da professionista geologo abilitato, ai sensi della Legge 03.02.1963, n° 112, ed è stato effettuato in ottemperanza alle Norme vigenti nelle aree dichiarate sismiche, con specifico riguardo, alla Legge 07.01.1983, n° 9, della Regione Campania ed è stato redatto in conformità delle norme tecniche Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con decreto del 14/01/2008.



## **2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE**

La Regione Campania, costituisce un territorio complesso dal punto di vista geologico-strutturale, la cui storia geologico-evolutiva si inquadra, a grande scala, nel contesto evolutivo dell'Appennino meridionale.

La catena appenninica è una struttura a falde di ricoprimento derivante dalla deformazione di un insieme di domini paleogeografici costituiti da piattaforme carbonatiche e bacini pelagici, costituenti il bordo esterno della placca africana. La storia evolutiva dei suddetti domini paleogeografici, legata alle complesse vicende geodinamiche della tettonica globale (D'Argenio et Al., 1980), può essere così ricostruita: a partire da un'unica piattaforma a sedimentazione marina neritica, rappresentata da evaporiti e carbonati di mare basso, in seguito ad una fase di separazione continentale, che già in uno stadio precoce, nel Trias medio, vede l'individuazione del Bacino di Lagonegro come un inizio di oceanizzazione presto abortito, in uno stadio successivo, nel Trias superiore - Lias inferiore, si verifica la differenziazione in una serie di piattaforme carbonatiche di tipo bahamiano caratterizzate da un'alta velocità di sedimentazione (100 m/M.a.) e separate da una serie di bacini pelagici (20-30 m/M.a.) (Pescatore, 1980). L'oceanizzazione, che non si è più verificata nel Bacino di Lagonegro, avviene ad ovest della piattaforma più interna e porta all'individuazione della Tetide (inizio Giurassico fino al Cretaceo inferiore), destinata a scomparire in una successiva fase di chiusura che, dal Cretaceo superiore all'Eocene, in connessione con l'apertura dell'oceano Atlantico, coinvolge i soli domini più interni, i quali vengono deformati e vanno a costituire la catena alpina a vergenza europea, mentre a partire dal Miocene inferiore, la deformazione investe anche il margine continentale adriatico-africano, con uno stadio di tetto-genesi per collisione continente-continente, dando luogo alla formazione della catena appenninica Africa-vergente. La costruzione dell'orogene appenninico è avvenuto dunque attraverso una serie di fasi tetto-genetiche traslative esplicatesi dal Miocene inferiore al Pliocene, che hanno coinvolto nella deformazione settori paleogeografici via via più esterni con creazione di un'avanzfossa migrante verso est davanti al fronte delle falde (D'Argenio et Al., 1986, Ortolani, 1978). Un'intensa fase tettonica estensionale occorsa a partire dal Messiniano fino al Pliocene medio, in connessione con l'apertura del Mar Tirreno, ha poi modificato la struttura della catena collisionale nei suoi settori più interni generando l'attuale margine tirrenico (Scandone, 1979; D'Argenio et AL, 1986). Il modello paleogeografico pretetto-genetico proposto per spiegare l'evoluzione dell'Appennino centro-meridionale (Sgrosso, 1988) prevede l'esistenza di tre piattaforme carbonatiche (Campano-Lucana o interna, Abbruzzese-Campana o esterna e Apulo-Molisana), separate da due bacini :Bacino Molisano, più interno, e Bacino di Lagonegro più esterno.

In seguito ad una complessa serie di eventi tettonici occorsi tra il Miocene inferiore e il Pliocene medio, tali domini paleogeografici vengono fortemente deformati e vanno a costruire l'attuale catena sud-appenninica. Questi eventi possono essere così schematizzati (Russo, 1990):

- a) Fase tettonica langhiana: la costruzione orogenica dell'Appennino meridionale incomincia con questa fase tettonogenetica durante la quale le Unità Sicilidi e Liguridi, cioè i domini paleogeografici più interni ubicati sul margine continentale africano, si sovrappongono tra loro investendo via via i domini più esterni (Piattaforma Campano-Lucana e Bacino di Lagonegro) e provocando la formazione del Bacino Irpino.
- b) Fase tettonica tortoniana: durante questa fase tettonica vengono coinvolti nella deformazione domini paleogeografici ancora più esterni e cioè il Bacino Irpino, la Piattaforma Abbruzzese-Campana e il Bacino Molisano; comincia inoltre ad individuarsi l'area tirrenica, l'area di catenae un'area di avanfossa adiacente al fronte delle falde.
- c) Fase tettonica messiniana: con questa fase tettonica si innescano importanti fenomeni estensionali sul margine tirrenico della catena, mentre sul margine orientale continua la compressione con ulteriore traslazione delle falde. In questo periodo si assiste alla parziale emersione di buona parte della catena.
- d) Fase tettonica del Pliocene inferiore: nel Pliocene inferiore nell'area di catena -continuano, sebbene in maniera più modesta, i movimenti traslativi che fanno emergere ulteriormente la catena, mentre sul bordo tirrenico accentuano i movimenti estensionali con ulteriore approfondimento del bacino tirrenico, già individuatosi nel Tortoniano, e con un'importante ingressione marina provocata dalla netta subsidenza delle aree depresse. Si individuano inoltre importanti linee tettoniche trasversali alla catena.
- e) Fase tettonica del Pliocene medio: durante questa fase tettonica prosegue la traslazione della catena verso le aree più interne e sui sedimenti dell'avanfossa.
- f) Fase tettonica plio-quadernaria: con questa fase tettonica si ha l'emersione di gran parte della catena appenninica, mentre sul bordo tirrenico e all'interno della catena stessa si individuano, a partire dal Pliocene superiore, vaste aree depresse come la Piana del Garigliano, la Piana del Sele e la Piana Campana, all'interno delle quali si depositano enormi spessori di sedimenti marini, transizionali, continentali e vulcanici.

Nel Pliocene superiore e nel Quaternario, oltre a residue traslazioni della catena ancora attive sul margine orientale, si innesca un'intensa tettonica verticale (neotettonica) che porta all'individuazione di horst e graben limitati da faglie normali con rigetti di diverse migliaia di metri. Nello stesso tempo si individuano altre importanti linee tettoniche trasversali.



### **3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE DELL'AREA D'INTERESSE**

La collina dei Camaldoli rappresenta la struttura morfologica più importante dell'area napoletana. La sua altezza, che all'eramo raggiunge i 458 m s.l.m. la rende visibile anche da molto lontano. La morfologia della collina è molto complessa in quanto rappresenta il relitto dell'antica caldera dei Campi Flegrei. La cima della collina (eramo) è formata da un settore fra due conche più o meno semicircolari che sono conosciute in letterature come i crateri di Soccavo e di Pianura. I fianchi della collina verso queste piane sono molto ripidi, contrariamente a ciò il versante nord-orientale scende con dolce declivio verso la pianura campana, infatti il pendio tra i Camaldoli e il castello di Marano è di solo 2° , 6 in direzione nord. Verso Marinella, nord-est, l'inclinazione è più forte, ma sempre piccola 4°,3 in media di 3°,7. I fenomeni vulcanici hanno avuto sicuramente un ruolo di primaria importanza per la configurazione dell'assetto morfologico attuale. Lo studio geomorfologico ha permesso il riconoscimento di forme e processi legati a diversi agenti geomorfici nonché alla influenza di altri fattori; di essi viene di seguito riportata la descrizione delle zone di interesse.

*Forme di origine vulcano-tettonica e strutturale.* L'aspetto rilevante di interesse morfologico è dato dalla presenza di versanti da moderatamente a fortemente acclivi di origine strutturale, connessi al verificarsi di fenomeni di collasso vulcano-tettonico. Tali versanti si impostano in rocce litoidi e in terreni piroclastici sciolti; in particolare, le creste tufacee che bordano la collina dei Camaldoli è interessata da un'intensa fatturazione che contribuisce ad isolare blocchi in precarie condizioni di equilibrio, spesso soggetti a fenomeni di crollo, i cui effetti sono testimoniati da numerosi massi presenti nelle aree pedemontane. I versanti della collina dei Camaldoli sono intagliati sia nei depositi piroclastici precedenti il Tufo Giallo Napoletano sia nel tufo giallo stesso. Anche in questo caso il versante interno alla depressione, quello meridionale, ha un andamento caratterizzato da due falcate molto arcuate, di cui la prima raccorda il versante alla dorsale di Posillipo, la seconda alla piana di Quarto. Il versante esterno immerge, con deboli pendenze, verso la parte settentrionale dell'entroterra napoletano.

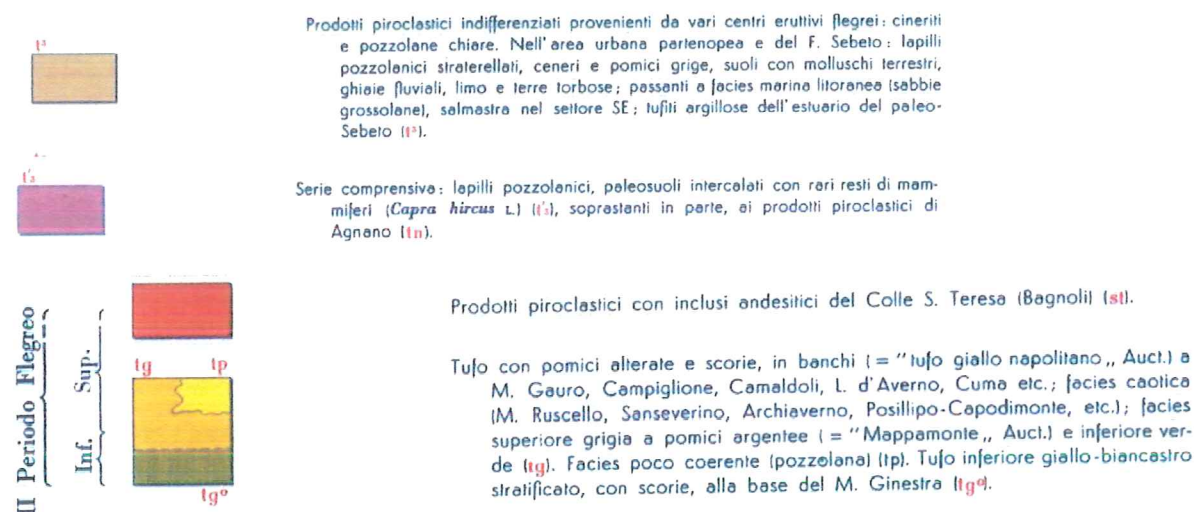
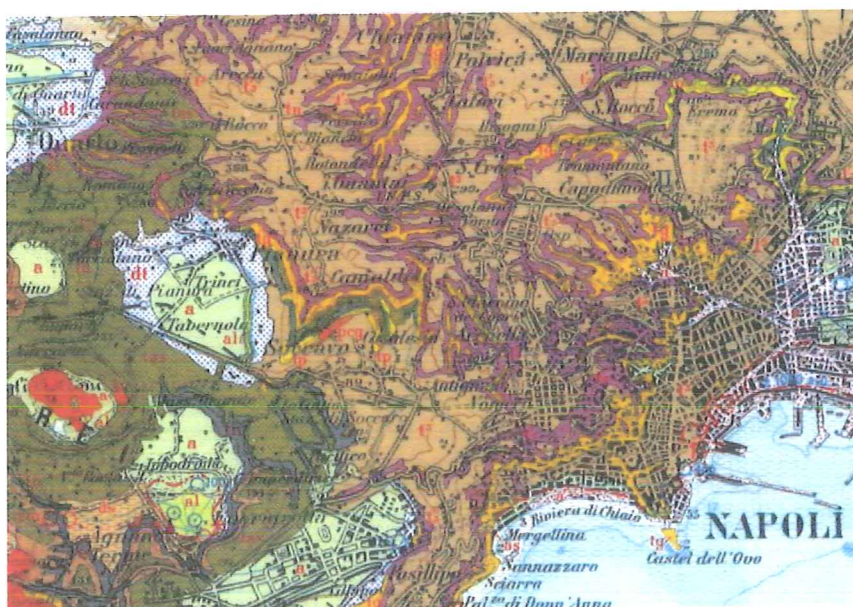
*Forme, processi e depositi legati all'azione delle acque correnti superficiali.* Forme di erosione e accumulo quali: solchi da ruscellamento concentrato, alvei poco incisi, alvei da moderatamente a molto incisi, orli di scarpata, vallecule a conca, vallecule a fondo piatto, gomiti lungo aste fluviali a forte gradiente, soglie di valle sospesa, conoidi alluvionale attivo, fasce di raccordo versante fondovalle di origine alluvio-colluviale o di origine fluvio denudazionale, e settori di glacis alluvio-colluviale interessati da diffusi fenomeni di deiezione.

*Forme, processi e depositi di versante di origine gravitativa.* I fenomeni franosi riconosciuti sono ascrivibili prevalentemente a scorrimenti traslativi, colate e frane complesse, quest'ultime rappresentate da crolli o scorrimenti traslativi evoluti in colate. Gli scorrimenti, gli scorrimenti-



colata e le colate sono in larghissima parte di modesto volume, e si sono attivati lungo versanti ad inclinazione variabile, per lo più compresa tra 40° e 50° circa. Nel complesso, gli eventi di frana sono distribuiti in maniera abbastanza omogenea lungo tutte le aree di versante caratterizzate da elevata acclività e energia di rilievo spesso concentrati in corrispondenza degli orli di scarpata a controllo strutturale (vedi i versanti legati a fenomeni di collasso vulcano-tettonico). In corrispondenza delle pareti subverticali impostate in materiali litoidi di natura tufacea e lavica, sono frequenti fenomeni di crollo. Da un punto di vista litologico la collina dei Camaldoli è caratterizzata da terreni piroclastici quaternari depositatisi entro le formazioni vulcaniche quaternarie dei tre periodi flegrea, caratterizzati dalla prevalenza in affioramento dei terreni piroclastici sciolti di caduta, e, subordinatamente, dalla presenza, a profondità variabile, del banco del "Tufo giallo napoletano" in evidenza, in particolare, nelle incisioni e cave presenti nell' area studiata.

#### Stralcio della Carta geologica d'Italia - Fogli 183-184 "Isola d'Ischia-Napoli"

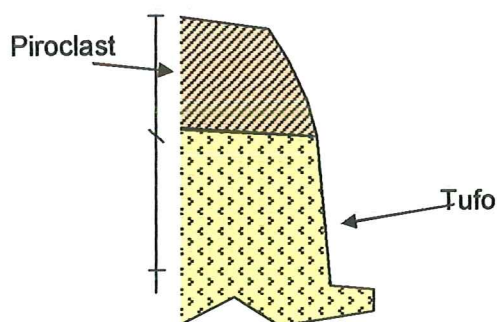


## **4. GEOLOGIA DELL'AREA D'INTERESSE**

### **4.1 GEOMORFOLOGIA**

La collina dei Camaldoli rappresenta un alto morfologico la cui ossatura rocciosa è costituita dal banco del tufo giallo napoletano coperto da spessori variabili di terreni incoerenti complesso, tale morfologia si presenta con valori di acclività estremamente variabili. In particolare le profonde incisioni naturali sovente pongono a nudo a varie quote il banco tufaceo, lasciando esposte, con pendenze anche maggiori di 45°, la coltre di copertura incoerente. Analoga situazione è determinata dagli scavi artificiali operati per le attività estrattive.

Lo schema morfologico delle scarpate nella situazione “naturale” è mediamente il seguente:



In cui, si evidenzia al di sopra del banco tufaceo, la coltre piroclastica sciolta che a causa di una forte acclività locale, determina l'insorgere di una tipica fenomenologia franosa superficiale o, quantomeno, di situazioni di elevato rischio.

### **4.2 CONDIZIONI DI STABILITÀ DELL'AREA**

La collina dei Camaldoli rappresenta uno dei settori più a rischio per quanto riguarda la stabilità. Analizzando la Collina dei Camaldoli questa si può suddividere in due macroaree a seconda che l'evoluzione sia stata condizionata da fattori antropici o naturali.

*Macroarea governata da fattori naturali* I versanti sud/sudorientali: sono caratterizzati da alti valori di pendenza; il versante è stato interessato dai fenomeni di sprofondamento connessi con la fine dell'attività vulcanica e quindi è stato regolarizzato dagli agenti atmosferici. Sussistono in alcune fasce di altitudine numerose nicchie di distacco di vecchie frane, alcune delle quali sono state riattivate dagli insediamenti abitativi che incanalano le acque reflue direttamente sui bordi dei valloni accelerando l'erosione e i distacchi delle coltri superficiali. *Versante occidentale*: tale area è caratterizzata da una fitta coltre boschiva che ha quindi preservato il versante da fenomeni di



dissesto, tuttavia la presenza di strade senza opere di canalizzazione delle acque superficiali e di costruzioni abusive che hanno impermeabilizzato la parte alta della collina (alterando quindi la naturale circolazione idrica) hanno attualmente innescato frane anche di grosse dimensioni.

*Macroarea governata da fattori antropici* : La collina dei Camaldoli con il passar degli anni è stata fortemente urbanizzata con una serie di problematiche legate sia alla presenza di sottoservizi che alla presenza di fronti di cava con pareti dissestate e con crolli di blocchi tufacei di dimensione anche notevoli. Il crollo dei materiali tufacei, arretrando i costoni, coinvolge anche i materiali sciolti di copertura.

Ritornando al materiale incoerenti sciolti che ricoprono il banco tufaceo è da evidenziare, che essi presentano delle buone caratteristiche geotecniche, nonostante la pendenza, dovuto alla presenza di una “pseudo-coesione” che consente ai terreni piroclastici di conservare scarpate sub-verticali anche per molti anni. Tuttavia, in concomitanza di eventi pluviometrici particolarmente intensi o di eventi di qualsivoglia natura che determinano una forte imbibizione dei terreni, si riduce considerevolmente la resistenza al taglio di tali piroclastiti e, al contempo, viene ad aumentare il peso della massa. Le conseguenze di tali fenomenologie, tutt’ altro che rare, sono smottamenti rotazionali o colate rapide

#### 4.3 LITOLOGIA -

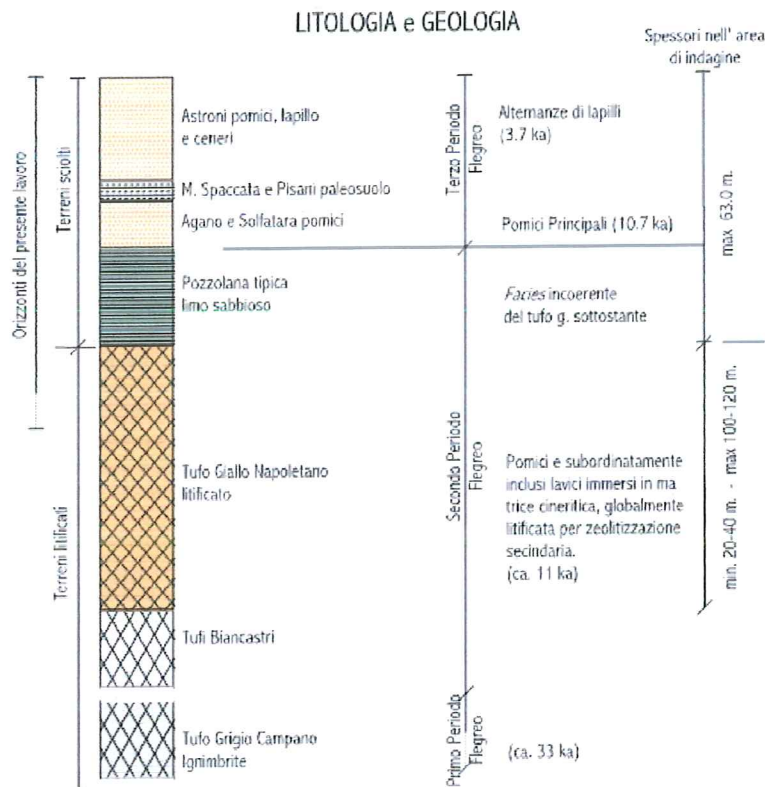
Da un punto di vista litologico l'intervento rientra interamente in un'area caratterizzata da terreni piroclastici quaternari depositatisi entro le formazioni vulcaniche quaternarie dei tre periodi flegrea, caratterizzati dalla prevalenza in affioramento dei terreni piroclastici sciolti di caduta, e, subordinatamente, dalla presenza, a profondità variabile, del banco del “Tufo giallo napoletano” in evidenza, in particolare, nelle incisioni e cave presenti nell' area. In definitiva, da un punto di vista geologico applicativo, i terreni indagati sono costituiti dai prodotti piroclastici sciolti differenziabili in due litotipi principali ben distinti, che rimarcano, conseguentemente, caratteristiche geotecniche differenti:

**I° Litotipo** – Terreni piroclastici sciolti- alternanze di lapilli, sabbie, pomici e ceneri, appartenenti al III° Periodo Flegreo. In tale complesso vengono raggruppati i prodotti derivanti dalle eruzioni di Astroni e di Agnano. In tale formazione verranno incluse, a causa della natura incoerente, le pozzolane tipiche, anche se da un punto di vista geologico più rigoroso queste vengono considerate una facies non litificata del tufo sottostante.

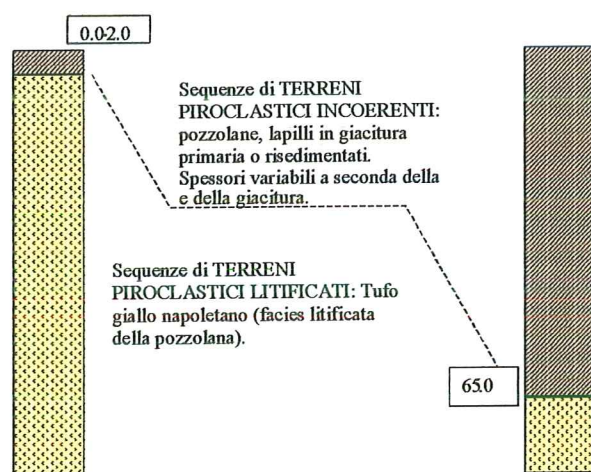
**II° Litotipo** – Tufo Giallo Napoletano – piroclastite litificata a causa di processi di zeolitizzazione, avvenuti successivamente alla deposizione, di prodotti piroclastici con prevalente matrice cineritica inglobante pomici e inclusi lavici. Il tufo giallo e la pozzolana sovrastante appartengono al II°Periodo Flegreo.

**II° Litotipo – Terreni di risulta – accumuli, anche di ingenti volumi, di materiali derivanti dall'attività estrattiva (taglime) e, subordinatamente materiale edilizio scaricato..**

Alla pagina seguente è mostrato lo schema stratigrafico dell' area.



In particolare, da quanto fin qui detto e con riferimento alla geolitoologia, le sezioni stratigrafiche appresso riportate schematizzano i differenti spessori e i rapporti geometrici con i quali possono rinvenirsi le principali unità litotecniche:





#### 4.4 LE PRINCIPALI FORMAZIONI SONO DESCRITTE NEL SEGUITO

##### *I° Litotipo – Terreni Incoerenti*

Divise da un paleosuolo si rinvencono, sul tufo giallo napoletano, le formazioni del terzo periodo flegrea; localmente si interpone tra i prodotti del secondo periodo (tufo g.n.) e terzo periodo una fascia di pozzolana. Come già accennato in precedenza, le pozzolane, trattandosi di terreni sciolti, sono stati inseriti nel presente litotipo. Le piroclastici del terzo periodo sono costituite da livelli di pomici, ceneri e lapillo regolarmente stratificati e intervallati da paleosuoli; questi prodotti derivano dall'attività esplosiva dei vulcani accentrati nell'area di Pozzuoli. Il complesso di strati del terzo periodo è stato diviso (in letteratura geologica) in terzo periodo antico delle pomici principali dei vulcani di Agnano e Solfatara, intermedio quasi totalmente unificato della M. Spaccata e Pisani e terzo periodo recente dei vulcani Cigliano, Astroni e Averno. Le formazioni più caratteristiche e costanti sono quelle di Agnano e Astroni caratterizzate da un'alternanza ritmica di pomici, lapillo e ceneri. Per quanto riguarda le pozzolane, queste sono costituite da ceneri sottili dalla tipica colorazione grigio chiara con rare pomici nella matrice a parte livelli ben distinti. Nell'area in esame presenta spessori di max 10 m. ca. sovrastanti il banco tufaceo. Nella zona di Capodichino – Secondigliano, tale formazione sostituisce completamente il tufo giallo. Va sottolineato, che nel corso dei sondaggi, eseguiti precedentemente nell'area d'interesse, in accordo con quanto era già noto dalla letteratura geologica, sovente si rinvencono all'interno delle alternanze di Agnano e Astroni (pomici, ceneri e lapillo), strati francamente pozzolanici, caratterizzati dalla scarsa presenza di elementi grossolani.

##### *II° Litotipo – Tufo giallo napoletano*

Questa formazione costituisce l'ossatura delle colline dei Campi Flegrea e rappresenta il prodotto tipico del secondo periodo flegrea; esso è costituito litologicamente da pomici e subordinatamente da frammenti lavici immersi in una matrice cineritica globalmente litificata per un processo di zeolitizzazione secondaria. Procedendo verso le zone periferiche orientali e settentrionali il tufo giallo diviene incoerente lasciando il posto alle pozzolane che costituiscono la facies incoerente della medesima formazione. La formazione del tufo giallo costituisce un banco continuo con potenza variabile da m. 100-120 a 20-40, rinvenendosi in tutta l'area flegrea.



#### 4.5 IDROGEOLOGIA

L'acquifero dell'unità idrogeologica dell'area interessata è costituito essenzialmente da un'alternanza di lapilli, pomici, tufi, limi, sabbie e lenti ciottolose, ciò condiziona sensibilmente la circolazione idrica sotterranea. Infatti essa avviene essenzialmente per falde sovrapposte. Dall'analisi dei risultati ottenuti dalla campagna di indagini eseguita precedentemente nell'aria, non si dovrebbero incontrare falde ad interesse geognostico.

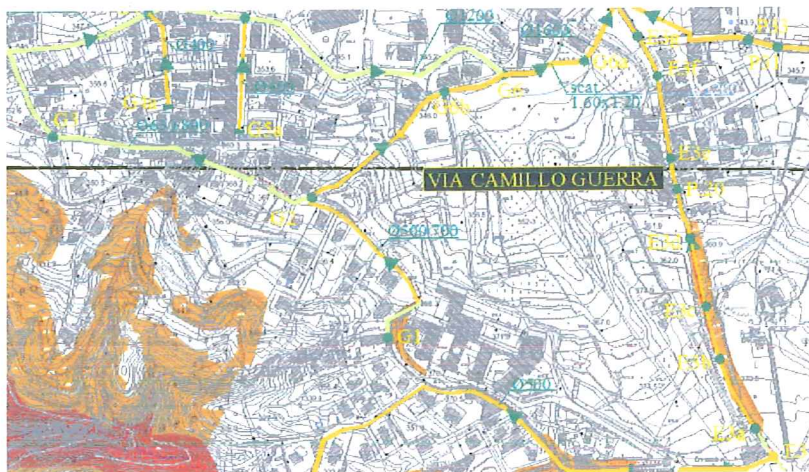
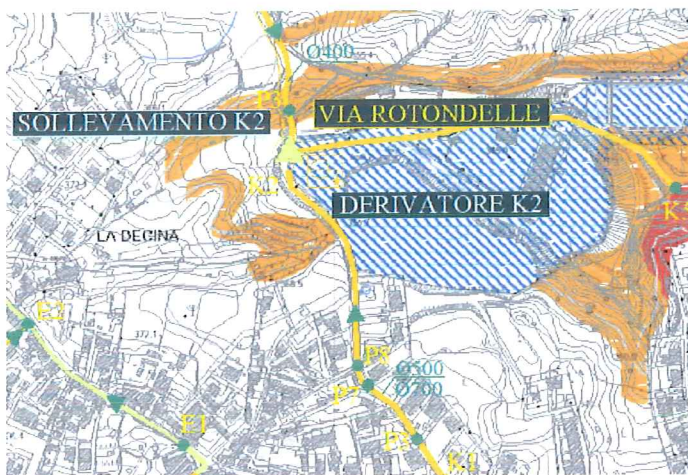
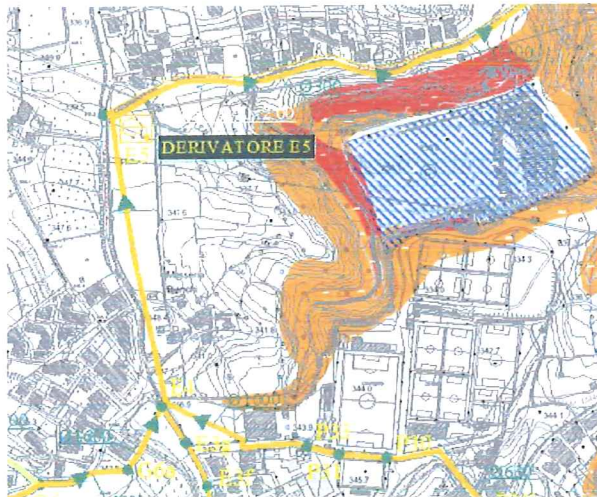
L'Unità idrogeologica del complesso del "Tufo Giallo Napoletano" presenta una scarsa o nulla permeabilità per porosità mentre è caratterizzata da un'alta permeabilità per fessurazione, a presenza di livelli a granulometria più elevata consente una trasmissione delle acque. In sito data la natura dei terreni non sono presenti falde freatiche di interesse idrogeologico. Comunque è consigliabile allontanare le acque meteoriche, dal volume fondazionale tecnicamente significativo attraverso la realizzazione di efficaci opere di smaltimento idrico.

#### 4.6 RISCHIO IDROGEOLOGICO E RISCHIO FRANE

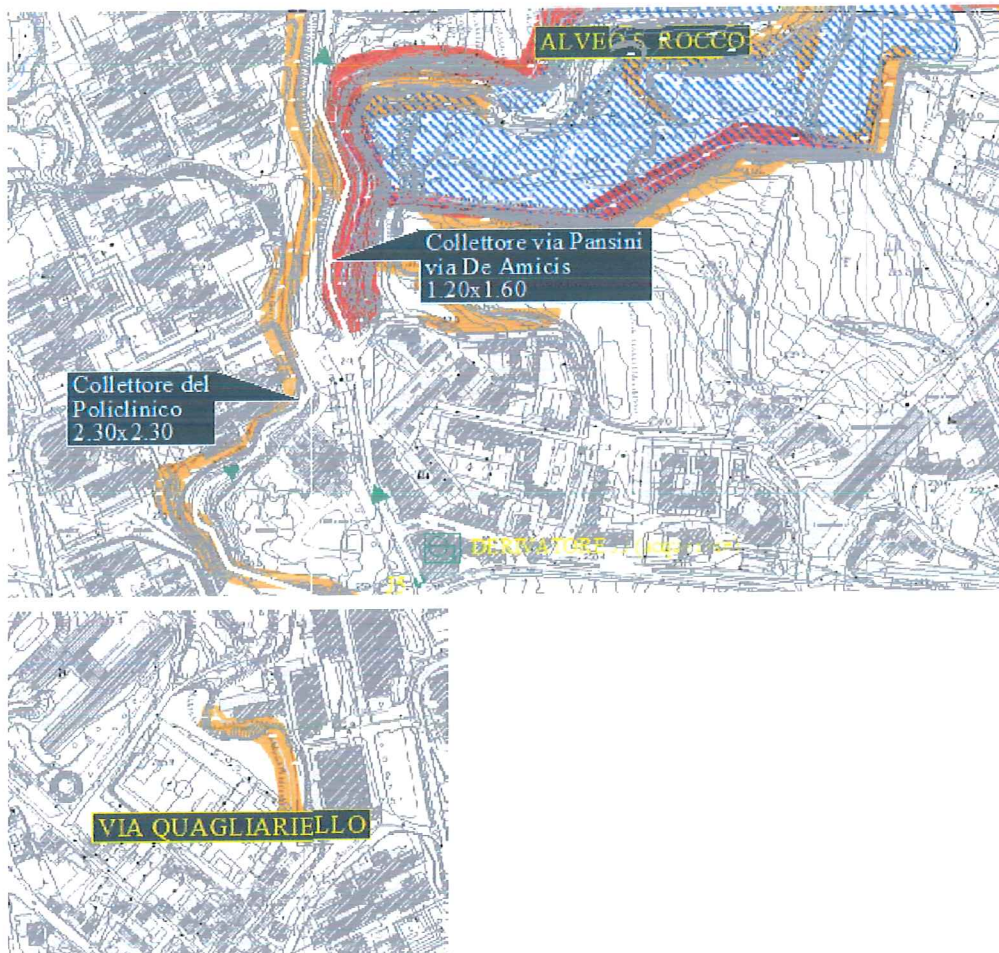
La Collina dei Camaldoli è sottoposta a vincolo idrogeologico sul versante Pianura-Soccavo. L'intera collina è, sulla base di studi geologici, parte di un grande cono eccentrico il cui asse va individuato al centro dei Campi Flegrei ed in particolare nella zona di Agnano. La configurazione di cui farebbe parte la collina, quindi, appartarrebbe al recinto di un grande apparato vulcanico denominato Archiflegreo. Di questo grande relitto geologico rimarrebbero oggi le pareti della Collina dei Camaldoli, la cui zona sud è denominata "Verdolino" e rappresenta l'area di studio per la geologia dei Campi Flegrei. Il Vallone del Verdolino è una struttura vulcano-tettonica che ha condizionato l'assetto idrografico della Collina dei Camaldoli, catturando una linea di impluvio estranea agli effetti drenanti del declivio est ed è, pertanto, un chiaro esempio di condizionamento strutturale. Nell'area sono stati individuati fenomeni di frana a carico della copertura piroclastica sciolta. Il pericolo di eventi franosi, tipo quelli che hanno colpito il comune di Sarno (SA) nel 1998, è da non sottovalutare e fenomeni di erosione lineare, ribaltamenti e crolli delle pareti tufacee.

La maggior parte delle aree interessate dall'opera non rientrano nella Carta della Pericolosità "Rischio Frana" redatta dall'Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale solo alcuni interventi rientrano nelle aree considerate a Rischio elevato. Ma poichè sono opere di piccole entità non dovrebbero andare ad alterare l'equilibrio geomorfologico, in ogni caso è consigliabile attuare tutte le norme stabilite dal P.A.I in tale aree.

Di seguito vengono riportati gli stralci della Carta della Pericolosità "Rischio Frana" redatta dall'Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale in cui vengono riportati i tracciati.







#### LEGENDA

- P1 - Pericolosità molto elevata
- P3 - Pericolosità elevata
- P2 - Pericolosità moderata
- P1 - Pericolosità bassa
- Area declassata per interventi di sistemazione idrogeologica
- Area di cava
- Limite di bacino

#### 4.7 CONTABILITÀ IDROGEOLOGICA

Per salvaguardia delle opere stessa e per non alterare l'equilibrio idrogeologico dell'area, si consigliano i seguenti interventi:

- predisporre le opere di canalizzazione delle acque meteoriche con immissione nel vicino impluvio;
- durante la realizzazione di lavori ed opere che comportino scavi o riporti di terreno non devono essere create condizioni di rischio per il verificarsi di smottamenti, franamenti od altri movimenti gravitativi;
- fatto salvo che si sia proceduto alla realizzazione di idonee opere di preventivo consolidamento dei terreni, gli scavi, anche se di piccole profondità, devono essere eseguiti in stagioni a minimo rischio di piogge e procedendo per stati di avanzamento tali da consentire la rapida ricolmatura degli stessi o il consolidamento dei fronti con opere provvisorie o definitive di contenimento.

## **5. DESCRIZIONI DELLE INDAGINI GEOLOGICHE EFFETTUATE E FATTIBILITA' DELL'AREA**

### **5.1 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO**

Il presente progetto esecutivo è stato redatto al fine di concludere i lavori relativi al sistema fognario dei Camaldoli rimasti incompleti a causa della rescissione contrattuale avvenuta tra l'impresa esecutrice e la Stazione Appaltante. Gli interventi che si prevedono in progetto sono di seguito schematicamente elencati, suddividendo gli stessi per bacino funzionale e rimandandone agli elaborati tecnici la descrizione dettagliata:

#### **Bacino E – Via Camillo Guerra**

Modifica dello schema idraulico in corrispondenza della confluenza del bacino C e posa, nel tratto E1-E3a di una tubazione DN800 a fronte del DN1400 previsto in progetto.

Completamento dell'impianto di sollevamento E6.

#### **Bacino J – Zona Policlinico**

Posa dei tratti fognari mancanti;

Modifiche ai manufatti presenti su via Quagliariello, sui tratti A e B;

Modifiche al tracciato planimetrico della fogna su via Pansini (tratto D);

#### **Bacino J – Strada comunale Montelungo**

Realizzazione dei tratti fognari E ed F;

Realizzazione del manufatto di derivazione n.3;

Interventi di sistemazione e di ripristino del collettore fognario esistente;

#### **Bacino G – Via Marano Pianura – via Soffritto – Via Rocchetti**

Posa collettore G2b-G6 e G2-G2a;

#### **Bacino K – Via Rotondella**

Completamento dell'impianto di sollevamento K2.

#### **Bacino H – Via Reggente**

Completamento dell'impianto di sollevamento H5.

#### **Interventi di completamento**

Completamento pavimentazioni stradali;

Miglioramento della captazione acque di ruscellamento mediante installazione di griglie di raccolta;

Miglioramento dei pozzetti di linea mediante sigillatura, smussamento, scalottatura e pulizia.

## **6. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA**

### **6.1 CARATTERISTICHE DEL TERRENO**

Gli interventi di progetto sono previsti su un'area generalmente costituita da un'ossatura di tufo giallo napoletano con ricoprimento di terreni incoerenti a spessori variabili, tali caratteristiche, si riscontrano per tutta l'area della collina dei Camaldoli. Nella maggior parte dei casi i manufatti di progetto si attestano nei suddetti spessori di terreno incoerente, pertanto per i calcoli geotecnici è consigliabile fare riferimento alle caratteristiche geomeccaniche di quest'ultimo, consistente in piroclastiti sciolte costituite da alternanze di lapilli, ceneri sabbie e pomici nonché pozzolane. Questi terreni pur avendo frazioni granulometricamente diverse si comportano in maniera abbastanza omogenea se sottoposti a carichi. Infatti sia per la notevole profondità della falda idrica sia per l'elevata permeabilità relativa, i carichi applicati si trasmettono immediatamente allo scheletro solido. Ne consegue che il decorso delle deformazioni è molto rapido. Per quanto riguarda la resistenza a rottura essa dipende essenzialmente dalla porosità.

### **6.2 CARATTERISTICHE DEL TERRENO**

Dal punto di vista geologico-tecnico e geomorfologico applicativo, lo spessore dei terreni incoerenti, ovvero la determinazione della profondità del banco tufaceo, giocano un ruolo fondamentale nella caratterizzazione geotecnica dell' interazione terreni-strutture attesa la tipologia delle opere a farsi.

#### *1° Litotipo – Terreni Incoerenti - Caratteri e proprietà meccaniche*

La formazione tufacea è quasi sempre ricoperta da terreni sciolti di vario spessore, che si presentano differenziati per dimensioni e struttura delle particelle e con stratificazione da un lato assai minuta, dall'altro tendente ad anastomizzarsi eteropicamente l'uno con l'altro. La differenziazione nell' ambito dei terreni incoerenti va attenuandosi allorché si vanno ad esaminare le proprietà fisico-meccaniche.

Come è stato più volte ribadito, i terreni sciolti sono distinguibili in pozzolane e alternanze di piroclastiti costituite da ceneri (pozzolane) pomici e lapillo; questi due materiali si differenziano tra loro principalmente per la granulometria, marcatamente più fine nella pozzolana (limi sabbiosi) in cui è quasi del tutto assente la frazione ghiaiosa, e per la struttura che è più vacuolare e leggera nelle pomici.

Il comportamento dei due materiali sotto i carichi esterni è molto simile: Infatti, sia per la notevole profondità della falda idrica sia per l' elevata permeabilità relativa (in particolare delle pomici), i carichi applicati si trasmettono immediatamente allo scheletro solido. Ne consegue che il decorso delle deformazioni è molto rapido .



Per quanto riguarda la resistenza a rottura questa dipende essenzialmente dalla porosità. In entrambi i materiali tale resistenza è caratterizzata da valori dell'angolo d'attrito intorno a 30°. Per quanto riguarda la coesione, in loco questa è sicuramente superiore allo zero, ma resta di difficile determinazione in laboratorio, essendo legata a numerosi fattori legati presumibilmente ai fenomeni geochimici successivi alla deposizione. Si ritiene pertanto, come è prassi per i terreni sciolti, trascurarla.

Dall'esame delle colonne stratigrafiche e dei profili penetrometrici, analizzati su prove geognostiche eseguite in precedenza sul progetto generale di tale opera, risulta che i livelli ghiaiosi di pomici e lapilli raramente superano il metro, prevalendo i terreni cineritici-pozzolatici. Ne consegue che il rilievo esatto della stratigrafia ha significato solo puntuale nell'ambito di una determinata verticale. Inoltre, la stratificazione non è orizzontale ed è spesso discontinua ed eteropica a causa delle modalità di deposizione medesime.

Per la marcata variabilità sia lungo la verticale sia in orizzontale, diventa praticamente impossibile una caratterizzazione geotecnica dettagliata dei terreni in esame. È sufficiente una caratterizzazione globale del sottosuolo che, pur trascurando i minuti dettagli stratigrafici, fornisca una visione d'insieme delle caratteristiche geotecniche del terreno, considerato anche quanto detto circa il comportamento meccanico simile tra i due litotipi.

Per tali tipologie di terreni sono state molto significative le prove penetrometriche analizzate in sito (SPT in foro e dinamiche continue tipo SCPT e/o DPL) in quanto, soprattutto quelle di tipo continuo, consentono di valutare con buona approssimazione le variazioni lungo la verticale delle caratteristiche di resistenza al taglio principali.

#### *II° Litotipo – Tufo giallo napoletano - Caratteri e proprietà meccaniche*

Nella formazione tufacea non si riscontrano veri e propri piani di stratificazione nel senso di superfici regolari, si rinvencono invece fratture ad andamento generalmente sub-verticale sovente piuttosto estese da generare prismi distaccatisi; ciò appare sovente visibile lungo le pareti delle numerose cave aperte nell'area in esame. Di conseguenza, il comportamento di questa formazione sotto l'azione di carichi esterni dipende dalla geometria e dalle proprietà meccaniche delle superfici di frattura medesime laddove queste sono frequenti. Generalmente ciò non si verifica e pertanto assume significato il comportamento a rottura della massa litoide, attese anche le esigue profondità di scavo nei tratti in cui il banco tufaceo è affiorante o prossimo alla superficie. La capacità di resistenza a rottura del tufo varia in relazione al grado di litificazione.

Di seguito vengono riportati i parametri dei terreni, scaturiti dalla consultazione delle indagini in premessa, utili ai fini dei calcoli geotecnici.



## Descrizione terreni

### Simbologia adottata

n° numero d'ordine

Descrizione Descrizione del terreno

$\gamma$  peso di volume del terreno espresso in [kg/mc]

$\gamma_s$  peso di volume saturo del terreno espresso [kg/mc]

$\phi$  angolo d'attrito interno del terreno espresso in [°]

$\delta$  angolo d'attrito terreno/paratia espresso in [°]

c coesione del terreno espressa in [kg/cm<sup>2</sup>]

N°	Descrizione	$\gamma$ [kg/mc]	$\gamma_{sat}$ [kg/mc]	$\phi$ [°]	$\delta$ [°]	c [kg/cm <sup>2</sup> ]
1	strato 1	1300,0	1300,0	28.00	0.00	0,000
2	strato 2	1300,0	1300,0	30.00	0.00	0,000
3	strato 3	1800,0	2000,0	34.00	0.00	0,000

## 6.3. CONSIDERAZIONI GEOTECNICHE

In considerazione della forte variabilità laterale e eterogeneità dei depositi presenti nel sottosuolo dell'area in esame si consiglia, per gli scavi, di adottare le seguenti soluzioni:

- = profilare le pareti secondo un' inclinazione dettate dalle caratteristiche meccaniche dei terreni fornite nella presente relazione;
- = realizzare pareti verticali con sbatacchiature fino a profondità di 2.0 m. nei tratti in sbatacchiate e puntellate l'una contro l'altra;
- = paratie infisse a profondità adeguate al di sotto del fondo dello scavo ovvero strutture equivalenti, per profondità della trincea maggiori di 2.0 m. con le opportune verifiche previste dalla normativa da farsi sulle basi dei parametri ricavati in questa relazione; quest' ultima soluzione va adottata anche per profondità inferiori, per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti .

Poiché il progetto prevede anche il completamento di alcuni tratti di fogna urbana è consigliabile eseguire le seguenti protezioni di scavo.

- per scavi fino a 1.0 m. di profondità è possibile mantenere pareti verticali;
- per scavi fino a 2.5 m. non prossimi a manufatti esistenti e ove non sia prevista la permanenza di operai, risultano sufficienti le ordinarie opere provvisorie con sbatacchiature;
- per scavi profondi più di 2.0 m. prossimi a manufatti esistenti e ove sia prevista la permanenza di operai, le pareti sostenute da paratie infisse (o strutture equivalenti) opportunamente verificate sulla base dei parametri qui riportati.

I manufatti esistenti si intenderanno prossimi quando la distanza di questi dal ciglio dello scavo è pari o inferiore all' altezza di scavo medesima;

## **7. INDICAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE**

In base alle recente normativa antisismica (O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di norme tecniche per le costruzioni in zona sismica” modificata dall’Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03/05/2005 “Ulteriori modifiche ed integrazioni dell’Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 ...”; D.M. 14/09/2005 “norme tecniche per le costruzioni” sostituito dal DM del 14/01/2008 “nuove norme tecniche per le costruzioni”; ordinanza PCM 3519 del 28/04/2006), il territorio italiano è stato suddiviso in 4 zone sismiche con diversi livelli di accelerazione sismica di progetto. In particolare, nell’allegato relativo ai “criteri per l’individuazione delle zone sismiche- individuazione, formazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone” si è proceduto alla riclassificazione sismica dei comuni italiani in funzione di fattori quali l’accelerazione orizzontali con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni e l’accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. Sono state così definite quattro zone con fattore di rischio decrescente

Zona 1: sismicità alta, PGA oltre 0,25g. Comprende 708 comuni.

Zona 2: sismicità media, PGA fra 0,15 e 0,25g. Comprende 2.345 comuni .

Zona 3: sismicità bassa, PGA fra 0,05 e 0,15g Comprende 1.560 comuni.

Zona 4: sismicità molto bassa, PGA inferiore a 0,05g. Comprende 3.488 comuni.

Tra esse la zona 1 è quella di pericolosità più elevata, potendosi verificare eventi molto forti, anche di tipo catastrofico. A rischio risulta anche la zona 2, dove gli eventi sismici, seppur di intensità minore, possono creare gravissimi danni. La zona 3 è caratterizzata da una bassa sismicità, che però in particolari contesti geologici può vedere amplificati i propri effetti. Infine, la zona 4 è quella che nell’intero territorio nazionale presenta il minor rischio sismico, essendo possibili sporadiche scosse che possono creare danni con bassissima probabilità. La normativa precedente sulle costruzioni in zona sismica (D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996) suddivideva il territorio nazionale nelle seguenti zone sismiche:

zona I categoria (S=12)

zona II categoria (S=9)

zona III categoria (S=6)

zona IV categoria non classificata

Il D.M. 14 gennaio 2008 (Norme Tecniche per le Costruzioni) ha introdotto una nuova metodologia per definire la pericolosità sismica di un sito e, conseguentemente, le azioni sismiche di progetto per le nuove costruzioni e per gli interventi sulle costruzioni esistenti. Il territorio nazionale è stato suddiviso mediante una maglia di punti notevoli, al passo di 10 km, per ognuno dei quali sono noti i parametri necessari alla costruzione degli spettri di risposta per i diversi stati limite di riferimento



(tra i quali, la già citata PGA). Mediante un procedimento di interpolazione tra i dati relativi ai quattro punti del reticolo più vicini al sito in esame, è possibile risalire alle caratteristiche spettrali specifici del sito stesso, necessari come dati di input per la progettazione strutturale. Tra le critiche avanzate rispetto alla metodologia descritta, si evidenziano le seguenti: eccessiva complessità del metodo, rispetto alla modellazione di un fenomeno che, ad oggi, è caratterizzata da un elevato grado di aleatorietà e convenzionalità; possibili incongruenze tra la “vecchia” classificazione (O.P.C.M. 3274), tuttora vigente ai fini amministrativi, e la nuova metodologia di calcolo dell'azione sismica. Ad esempio, in alcuni comuni precedentemente classificati in zona 4, la PGA calcolata secondo il D.M. 14 gennaio 2008 supera 0,05 g. Dai dati ottenuti dalle indagini si evidenzia che l'area ricade in Zona 2: sismicità media per cui la PGA (Peak Ground Acceleration, ovvero picco di accelerazione al suolo) ha un valore fra 0,15 g e 0,25 g.

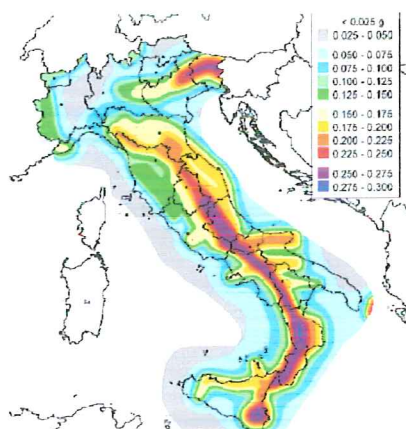
Di seguito si riporta la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Tabella 3 – Valori di accelerazione orizzontali

VALORI DI ACCELERAZIONI ORIZZONTALI		
ZONA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )	Accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico( $a_g$ )
1	>0.25	0.35
2	0.15-0.25	0.25
3	0.05-0.15	0.15
4	<0.05	0.05

Secondo l'ordinanza PCM 3598 del 2804/2006, le zone 1,2 e 3 possono essere ulteriormente divise in sottozone caratterizzate da valori di  $a_g$  intermedi rispetto a quelli riportati in tabella ed intervallati da valori non minori di 0.025 g. la valutazione di  $a_g$  dovranno essere effettuate sulla base di studi di pericolosità condotti su dati aggiornati.

Si riporta a tale proposito la Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

**Valori di pericolosità sismica del territorio nazionale**

(riformato: Ordinanza PCM del 26 aprile 2006 n. 3519, All. 1a)

espressi in termini di accelerazione massima del suolo

con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni

riferita a suoli rigidi ( $V_{s,0} > 800$  m/s; cat.A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005)

## 7.1 PERICOLOSITÀ E CLASSIFICAZIONE SISMICA IN CAMPANIA

La Regione Campania in cui la maggioranza dei comuni è da considerarsi, anche se in misura diversa, soggetta a rischio sismico, è stata la prima in Italia ad approvare uno strumento concreto di prevenzione dal rischio terremoto. Con deliberazione della Giunta regionale n. 5447 del 7 novembre 2002, recante Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania, è stata varata la nuova mappa sismica della regione. Tale deliberazione è entrata in vigore il 18 novembre 2002, giorno della sua pubblicazione sul Bollettino ufficiale della Regione Campania (Burc) n. 56. L'ultima classificazione delle zone sismiche in Campania e, quindi, l'ultima mappa sismica, risale al 1981; l'attuale aggiornamento approvato dalla Giunta regionale, include tutti i comuni della regione, che risultano quindi classificati come sismici, compresi gli 81 che non erano stati inseriti nelle classificazioni precedenti ed attribuisce ai comuni già classificati come sismici dallo Stato una diversa categoria sismica, cosa questa che si riflette sulla strumentazione urbanistica e sulle norme da osservarsi per le costruzioni. Successivamente, con deliberazione n. 248 del 24 gennaio 2003, la Giunta regionale della Campania ha approvato la circolare applicativa, facente seguito la delibera n. 5447/2002, relativa alla strumentazione urbanistica. Alla deliberazione è allegato l'elenco dei comuni sismici, sia quelli già classificati come tali dallo Stato, sia quelli dichiarati a rischio sismico dalla Regione Campania con la deliberazione 5447/2002 (le categorie sismiche sono sempre tre). Il nuovo scenario che si prospetta è il seguente

- il 24% dei comuni campani (129 comuni) è inserito nella categoria a più alto rischio
- il 65% (360 comuni), con Napoli e Salerno, è collocato nella fascia intermedia;
- il 11% (62 comuni), rientra nella terza categoria, quella caratterizzata dal più basso grado di pericolosità.

Quindi, alle tre categorie corrispondono diversi gradi di sismicità (S), ed in particolare i valori di S sono rispettivamente pari a 12 (I categoria), 9 (II categoria) e 6 (III categoria).

Secondo la nuova circolare, i comuni che prima non erano inseriti tra quelli a rischio sismico, così come tutti quelli sismici, al fine di prevenire o ridurre tale rischio, devono attenersi alle prescrizioni di cui alla legge 2 febbraio 1974, n. 64 (recante Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche), alle norme tecniche per le costruzioni in zona sismica di cui al Dm 16 gennaio 1996 e anche alla LR 7 gennaio 1983 n. 9 (recante Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico), in particolare in relazione agli strumenti urbanistici da adottarsi, adottati e vigenti (artt. 11, 12, 13, 14 e 15).

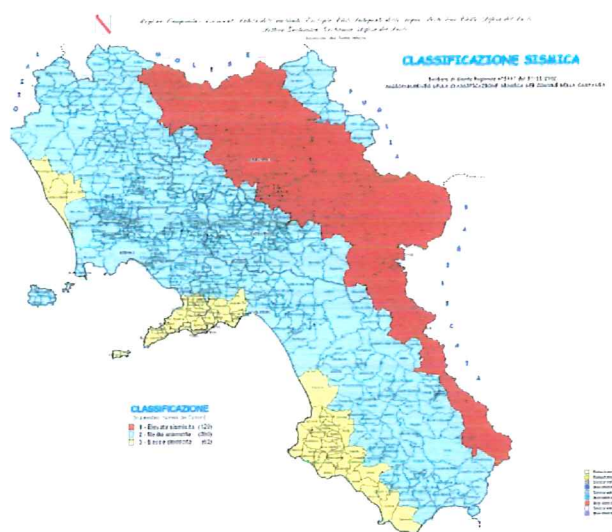


Figura 6 - Delibera giunta regionale n. 5447 del 07/11/2002.  
AGGIORNAMENTO DELLA CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELLA CAMPANIA

La classificazione sismica della Regione Campania, è stata aggiornata in seguito alla Delibera G.R. 7-11-2002 n.° 5447 (Figura 6).

Dalla classificazione dei comuni riportata nella delibera si evince che circa il 65% dei comuni della Campania rientra nella seconda categoria, circa il 23% in prima categoria, e l'11% in terza categoria. Le aree che ricadono in prima categoria sono il Sannio-Matese e l'Irpinia, mentre le zone vulcaniche del napoletano sono classificate in seconda categoria. La classificazione sismica del territorio tiene conto non solo dell'ubicazione delle sorgenti sismiche, ma anche della propagazione dell'energia sismica con la distanza dalla sorgente e della eventuale amplificazione locale delle oscillazioni sismiche, prodotte dalle caratteristiche del terreno.

## 7.2 VALUTAZIONE DEL SISMA DI PROGETTO

Il territorio comunale di Napoli provincia di Napoli, a seguito dell'emanazione dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23.03.2003, che riclassifica l'intero territorio nazionale, attribuisce all'interno territoriale comunale una Sismicità Media, ricadente in Zona 2, con valori di  $a_g$  compresi tra 0,15 e 0,25. Con l'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'area sismica. Le misure sismiche con tecnica Masw che sono state eseguite precedentemente nelle aree interessate dall'opere



hanno consentito di ottenere, congruente con la descrizione stratigrafica secondo la tabelle 3.2.II delle NTC 2008, che le aree esame ricadono, nelle **categorie di sottosuolo di tipo B e di tipo C**.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

#### Amplificazione stratigrafica

Per sottosuolo di categoria A i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  valgono 1.

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  e  $T_c$  relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella Tab.

3.2.V, nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.



Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{\sigma_g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{\sigma_g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{\sigma_g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.50}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{\sigma_g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

### Condizioni topografiche

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.IV):

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

### Amplificazione topografica

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati nella Tab. 3.2.VI, in funzione delle categorie topografiche definite in § 3.2.2 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

**Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

### Spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale è definito dalle espressioni seguenti:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

nelle quali  $T$  e  $S_{ve}$  sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale verticale e  $F_v$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno ag su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:

$$F_v = 1.35 \cdot F_0 \cdot \left( \frac{a_g}{g} \right)^{0.5}$$

I valori di  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $S$ ,  $\eta$  sono definiti nel § 3.2.3.2.1 per le componenti orizzontali; i valori di  $S_s$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ , salvo più accurate determinazioni, sono quelli riportati nella Tab. 3.2.VII.

**Tabella 3.2.VII – Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale**

Categoria di sottosuolo	$S_s$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

Per tener conto delle condizioni topografiche, in assenza di specifiche analisi si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S_T$  riportati in Tab. 3.2.VI.

### **Spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali**

Lo spettro di risposta elastico in spostamento delle componenti orizzontali  $S_{De}(T)$  si ricava dalla corrispondente risposta in accelerazione  $S_e(T)$  mediante la seguente espressione:

$$S_{De}(T) = S_e(T) \times \left( \frac{T}{2\pi} \right)^2$$

purché il periodo di vibrazione  $T$  non ecceda i valori  $T_E$  indicati in Tab. 3.2.VIII.

**Tabella 3.2.VIII – Valori dei parametri  $T_E$  e  $T_F$**

Categoria sottosuolo	$T_E$ [s]	$T_F$ [s]
A	4,5	10,0
B	5,0	10,0
C, D, E	6,0	10,0

## **7.3 LIQUEFAZIONE**

Non sono da prevedere fenomeni di liquefazione a seguito di un evento sismico in quanto l'assortimento granulometrico dei litotipi costituenti l'area, non è ascrivibile al « fuso granulometrico » individuato da SEED, IDRISS et Alii, ed ancora, sono da considerare nulle le sovrappressioni neutre.



## **8. CONCLUSIONI**

La presente relazione geologica, geotecnica è stata redatta al fine di identificare le caratteristiche geologiche, idrogeologiche, geomorfologiche e geotecniche di un terreno inerente al progetto esecutivo per la ***Sistema di fognatura dell'area di competenza del comune di Napoli afferente la collina Camaldoli - Interventi di funzionalizzazione*** . ***nella zona dei Camaldoli.***

Ai fini del lavoro in oggetto, come precedentemente dichiarato in premessa sono state prese in considerazione le indagini geognostiche e rilievi geologico-geomorfologici, precedentemente eseguite nell'area in studio, il tutto finalizzato alla corretta e adeguata conoscenza della stratigrafia e delle caratteristiche litotecniche dei terreni interessati dall' opera.

Dall'interpretazione di tali dati è risultata una sequenza stratigrafica tipica, caratterizzata dalla presenza di una coltre di terreni piroclastici sciolti di spessore variabile, ricoprente il banco del tufo giallo napoletano, diffuso, quest' ultimo entro tutta l' area studiata.

Circa i terreni piroclastici sciolti di copertura entro cui massimamente rientrano le opere in oggetto, è stata eseguita una caratterizzazione globale, trascurando i minuti dettagli stratigrafici, sulla base di un comportamento meccanico omogeneo, desunto da un' altrettanta omogenea statistica dei parametri ad essi relativi. Tali parametri sono stati ottenuti dall'analisi delle indagini precedenti .

Con la presente relazione, esaustiva in merito all' incarico conferito la scrivente, dal punto di vista geologico tecnico e geomorfologico, limitatamente a quanto di propria competenza, ha in definitiva, fornito tutti i dati necessari ai fini del calcolo geotecnico delle strutture e degli scavi a farsi.

Alla luce di quanto emerso, tenuto conto delle buone caratteristiche di stabilità dei luoghi, viste le soddisfacenti risultanze, sia meccaniche che dinamiche dei terreni del substrato, nel pieno rispetto di quanto scritto e delle norme vigenti in materia, si può concludere nel considerare l'area idonea per l'intervento di progetto.

Faicchio Marzo 2015

