

# COMUNE DI NAPOLI

IV DIREZIONE LL.PP.

SERVIZIO P.R.M. FOGNATURE E IMP. IDRICI

## ADEGUAMENTO STATICO FUNZIONALE DEL COLLETTORE ARENA SANT' ANTONIO NEL TRATTO DI VIA BEN HUR

### PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione:

Ing.Serena Riccio

Geom. Ferdinando Bustelli

Geom. Luigi Imparato

Geom. Carmine Luca Scognamiglio

Responsabile del procedimento:

Ing. Eduardo PANELLI

Geologo:

Dott. Geol. Vincenzo Cimmino

Titolo:

Relazione geologica

EMISSIONE: Agosto 2009

REVISIONE A:

REVISIONE B:

REVISIONE C:

TAVOLA:

**R-02**

formato

scala

-

**Adeguamento statico e funzionale del collettore Arena S. Antonio nel tratto di Via Ben-Hur**  
**-Progetto Definitivo-**

INDICE

Premessa

*Cenni di Geologia Regionale..... 2*

*Geologia di dettaglio dell'area..... 8*

*Ipotesi di calcolo della capacità portante attraverso l'interpretazione delle prove ..... 10*

*Considerazioni sulla sismicità dell'area..... 11*

Conclusioni.....11

Allegati

**Adeguamento statico e funzionale del collettore Arena S. Antonio nel tratto di Via Ben-Hur**  
**-Progetto Definitivo-**

**Premessa**

L'intervento proposto ha richiesto un'indagine geologico-tecnica che ha interessato i terreni avente ad oggetto la progettazione volta all'adeguamento statico-funzionale del collettore Arena S. Antonio nel tratto di Via Ben Hur.

Tale indagine rientra nell'ambito dei lavori di cui al I tratto del collettore Arena S. Antonio, dal ponte di Via Epomeo all'attraversamento della circumflegrea, dalla sez. 44 alla sezione 82, per una lunghezza di 216mt.

Il progetto prevede i seguenti interventi:

- allargamento della sezione idraulica esistente fino a 6 mt e conseguente innalzamento del tratto ribassato sino ad un'altezza utile di 2,10mt. in definitiva verrà riconfigurata una nuova struttura da connettere alla precedente per quanto attiene la platea di fondo dell'originario collettore, lasciando inalterate la pendenza e le attuali quote di scorrimento.
- realizzazione di paratie di pali accostati su entrambi i lati, in considerazione dei limitati spazi fisici (nelle immediate adiacenze del collettore insistono palazzi);
- realizzazione di un salto di fondo in corrispondenza del ponte ferroviario con l'eliminazione dell'interferenza trasversale costituita dal ribassamento della sezione esistente.

La relazione è redatta in conformità alle leggi vigenti: 64/1974, DM 21/01/1981, LR n.9 del 1983, DM 11/3/1988 e relativi aggiornamenti. A tale scopo sono stati eseguiti il rilevamento geologico di superficie e le indagini geognostiche in sito.

Tale indagine riassume, nelle sue linee fondamentali, l'assetto geologico-strutturale, gli aspetti geomorfologici e idrogeologici, le caratteristiche geomeccaniche e sismiche dei terreni al di sotto dell'area in esame.

Per la ricostruzione del quadro geologico nelle zone di intervento sono stati eseguiti dei sondaggi geognostici e per la caratterizzazione meccanica dei terreni sono state eseguite prove penetrometriche in sito e prove di laboratorio su campioni indisturbati. I risultati di tali indagini al momento non sono ancora disponibili.

**Cenni di Geologia Regionale**

L'area oggetto dello studio, ubicata nella parte nord-occidentale del territorio del Comune di Napoli, specificamente nel quartiere di Soccavo, ricade nella Tav. 23-Napoli (Quadrante 184-I) della Carta Topografica Programmatica Regionale della Regione Campania e presente sul foglio 183-184 (Isola d'Ischia-Napoli) della Carta Geologica d'Italia.

A Nord e ad Est è bordata dai rilievi vulcanici dei Campi Flegrei, ad Ovest dal complesso vulcanico Somma-Vesuvio. I terreni ivi affioranti sono riconducibili all'attività eruttiva dei Campi Flegrei e a quella del Somma-Vesuvio quindi di origine esclusivamente vulcanica anche se spesso si presentano rimaneggiati da una dinamica di tipo fluviale.

Il magmatismo campano è da mettersi in relazione con le fasi tettoniche distensive che hanno interessato il margine tirrenico dell'Appennino.

**Adeguamento statico e funzionale del collettore Arena S. Antonio nel tratto di Via Ben-Hur**  
**-Progetto Definitivo-**

L'Appennino meridionale è una catena a falde di ricoprimento con vergenza E e NE. A seguito di sollevamento della parte centrale della catena iniziato nel Pliocene Superiore e dello smembramento del suo margine W, dovuto alle intense fasi tettoniche a carattere distensivo connesse con l'apertura del Tirreno, si è formata la depressione della Piana Campana delimitata da faglie dirette e verticali ad andamento NE-SW (Antiappenninico) e NW-SE (Appenninico), suddivisa in una serie di horst e graben minori (horst del Monte Massico e graben del Garigliano); il complesso vulcanico del Somma-Vesuvio ed il distretto vulcanico flegreo (isole di Procida, Vivara ed Ischia e la caldera Flegrea) sono posti lungo una di tali strutture, un alto strutturale a direzione NE-SW, per il primo, che si raccorda verso NW con l'alto strutturale su cui si colloca il secondo. Il campo di stress regionale che ha portato alla formazione della Piana Campana, ha determinato le condizioni per la formazione e la risalita di magmi ad affinità alcalino-potassica che hanno alimentato l'attività quaternaria dei vulcani campani. Il distretto vulcanico flegreo, il Vesuvio ed il Roccamonfina sono compresi nella Provincia Comagmatica Romana che comprende anche i vulcani laziali.

I Campi Flegrei sono un campo vulcanico in cui negli ultimi 37ka, sono stati attivi più di quaranta centri eruttivi differenti. La depressione dei Campi Flegrei è interpretata come una struttura calderica dovuta alla sovrapposizione di due episodi di collasso, connessi con le eruzioni dell'Ignimbrite Campana e del Tufo Giallo Napoletano. L'età del vulcanismo nell'area flegrea non è nota con certezza; piroclastici e lave di ca. 2ma di età sono state incontrate in perforazione tra Villa Literno e Parete; mentre in affioramento i prodotti vulcanici più antichi hanno un'età di circa 50ka e sono costituiti principalmente da depositi piroclastici e da resti di duomi lavici.

La geologia di superficie è stata ricostruita facendo riferimento ai depositi dell'Ignimbrite Campana e del Tufo Giallo Napoletano, che, grazie alla loro grande diffusione areale, costituiscono ottimi orizzonti guida. In base a tale criterio i depositi dei Campi Flegrei vengono suddivisi in:

**precedenti all'Ignimbrite Campana.**

Tali rocce, essenzialmente alcalitrachitiche, affiorano lungo le scarpate che bordano i Campi Flegrei e comprendono i duomi lavici di Punta Marmolite (47ka) e di Cuma (37ka), i depositi piroclastici dei Tufi di Torre Franco ed il relitto del cono di tufo di Monte Grillo. In una cava ubicata al limite NE della Piana di Quarto sono ben esposti i depositi piroclastici, intercalati da paleosuoli, di almeno dieci diverse eruzioni, tutti con caratteristiche sedimentologiche di depositi prossimali. Deposit piroclastici alla stessa altezza stratigrafica sono stati incontrati in perforazione a Poggioreale, Capodimonte, Ponti Rossi, Chiaiano, Secondigliano.

**dell'Ignimbrite Campana (37ka)**

L'ignimbrite Campana è il prodotto della maggiore eruzione esplosiva avvenuta nel quaternario nell'area campana. Furono emessi, da un centro eruttivo ubicato nei Campi Flegrei, 150 Km<sup>3</sup> di magma di composizione da rachitica a trachifonolitica, che ricoprirono un'area di circa 30.000 Km<sup>2</sup>. In base alla posizione stratigrafica, alle caratteristiche tessiturali e petrologiche si sono potuti attribuire all'eruzione dell'Ignimbrite Campana tutti i depositi di breccia e i tufi affioranti lungo l'allineamento Camaldoli-Poggioreale. A nord di tale allineamento, l'Ignimbrite Campana si rinviene in affioramento in perforazione a bassa profondità, a sud, invece il tetto, che non si incontra mai in perforazione, deve

**Adeguamento statico e funzionale del collettore Arena S. Antonio nel tratto di Via Ben-Hur**  
**-Progetto Definitivo-**

essere situato ben al di sotto del livello del mare. Perforazioni eseguite lungo la costa, a sud della collina di San Martino e nella zona orientale di Napoli, lo incontrano solo intorno ai 450 e 300 metri sotto il livello del mare. Tale andamento del tetto dell'Ignimbrite Campana, consente di interpretare la linea Camaldoli-Poggioreale come l'evoluzione morfologica di un versante di faglia, forse connesso con un sistema di faglie regionali attivatosi prima dell'eruzione dell'Ignimbrite Campana. Tale struttura, ad est di Poggioreale, è suturata dall'Ignimbrite Campana, in un tratto in cui non è stata riattivata dlla collasso calderico.

Il collasso della caldera, il cui margine strutturale non affiora, si è realizzato sia a causa della formazione di nuove faglie sia per la riattivazione di strutture regionali preesistenti.

L'area collassata comprende una parte sommersa ed una emersa, nella prima il margine della caldera è stato ricostruito sulla base di evidenze geofisiche, morfologiche e strutturali, nella seconda, il margine è marcato da superfici molto inclinate ricoperte, in discordanza angolare, da potenti successioni di rocce piroclastiche più recenti dell'Ignimbrite Campana.

Il margine W della caldera si osserva in corrispondenza di Monte di Procida e Cuma, dove superfici ad alto angolo tagliate nell'Ignimbrite Campana e in rocce più antiche, immergenti a NE e ad E e mantellate dai prodotti del Tufo Giallo Napoletano, sono il prodotto dell'evoluzione morfologica di scarpate di faglia prodottesi durante il collasso calderico.

Il margine N del bordo craterico è esposto a San Severino, lungo il margine delle piane di Quarto e di Pianura, e lungo l'allineamento Camaldoli-Poggioreale. Anche in questo caso, tali superfici ad alto angolo, sono tagliate nell'Ignimbrite Campana e nelle rocce più antiche e sono mantellate dal Tufo Giallo Napoletano. Per questo motivo e per il rilassamento verso sud tali superfici vengono interpretate come il prodotto dell'evoluzione morfologica di faglie prodottesi durante il collasso calderico.

Il margine E della caldera è segnato da una struttura regionale ad andamento NE-SW che separa l'area stabile vesuviana dall'area in subsidenza della parte orientale della città di Napoli. Il margine S è marcato dai centri eruttivi più recenti di 73 ka dei banchi di Pentapalummo e di Miseno.

La Caldera Flegrea copre un'area di circa 230 Km<sup>2</sup> e racchiude tutti i centri eruttivi attivi dopo l'eruzione dell'Ignimbrite Campana. Assumendo uno sprofondamento di circa 700m in media, come suggerito dalle perforazioni profonde, il volume collassato è di circa 160 Km<sup>3</sup>, in buon accordo con il volume stimato di magma eruttato nel corso dell'eruzione (150 Km<sup>3</sup>).

**successivi all'Ignimbrite Campana e precedenti il Tufo Giallo Napoletano**

I prodotti di tale periodo affiorano lungo il bordo della caldera dell'I.C., all'interno della città di Napoli e lungo i versanti NW e SW della collina di Posillipo. Le rocce che si rinvencono (Monte di Procida, Punta Marmolite, Trefola, Masseria del Monte, Vallone del Verdolino, Moiariglio, Ponti Rossi, Sant'Arpino, Monte Echia, Villanova, Coroglio e Trentaremi) sono il prodotto di eruzioni esplosive a carattere generalmente idromagmatico. Le loro caratteristiche morfologiche e sedimentologiche, indicano che i centri eruttivi erano ubicati all'interno della caldera dell'I.C., a Torregaveta, Monticelli, Monte Echia, lungo il versante Sud delle colline di San Martino e Capodimonte, e i versanti NW e SW della collina di Posillipo.

**Adeguamento statico e funzionale del collettore Arena S. Antonio nel tratto di Via Ben-Hur**  
**-Progetto Definitivo-**

La collina di San Martino è una cupola lavica ricoperta di prodotti piroclastici. L'interpretazione dei profili sismici eseguiti attraverso la baia di Pozzuoli suggerisce che il vulcano di Pentapalummo ricopre i depositi dell'I.C., che entrambi sono tagliati dalla superficie di abrasione del Wurm.

Il vulcano del banco di Miseno, non ricoperto dai depositi dell'I.C., è a sua volta tagliato dalla superficie wurmiana. Pertanto sia il vulcano del banco di Pentapalummo sia quello del banco di Miseno hanno età compresa tra 37 e 18-14ka.

**del Tufo Giallo Napoletano**

L'eruzione del Tufo Giallo Napoletano, la seconda per importanza nell'area Campana, ha avuto carattere variabile da freatopliniano a freatomagmatico, in funzione della efficienza dell'interazione acqua/magma ed è stata condizionata da un collasso calderico.

Nel corso dell'eruzione furono emessi, da un centro ubicato nei Campi Flegrei, 40 Km<sup>3</sup> di magma a composizione da alcalitrachitica a latitica che ricoprirono un'area di circa 1.000 Km<sup>2</sup>. I depositi connessi con tale eruzione si rinvenivano nell'area napoletano-flegrea e nella Piana Campana fino ai rilievi dell'Appennino.

Sebbene il centro eruttivo fosse ubicato nei Campi Flegrei, gli affioramenti più prossimi si rinvenivano solo ad una distanza di alcuni Km dalla presunta area di emissione. Nel Golfo di Napoli i depositi attribuibili al Tufo Giallo Napoletano sono presumibilmente compresi nella pila di sedimenti più bassa delle due che giacciono sui versanti del vulcano di Pentapalummo.

Sebbene il verificarsi di un collasso calderico sia comprovato dalle stesse caratteristiche sedimentologiche e chimiche del Tufo Giallo Napoletano, il bordo della caldera non è in affioramento. La sola evidenza morfologica, visibile nella parte continentale della caldera, è data dal versante W della collina di Posillipo che, probabilmente, rappresenta l'evoluzione morfologica di una scarpata di faglia prodottasi durante il collasso calderico.

Il bordo calderico può essere ricostruito, però, sulla base delle evidenze geofisiche, della distribuzione dei centri eruttivi più recenti del Tufo Giallo Napoletano, dall'andamento di superfici di abrasione marina di età nota nella parte sommersa dei Campi Flegrei e delle interpretazioni di perforazioni superficiali e profonde.

L'allineamento circolare delle anomalie magnetiche viene interpretato come coincidente con le faglie marginali della caldera del Tufo Giallo Napoletano.

Tutti i centri eruttivi di età inferiore a 12ka sono ubicati all'interno dell'area calderica così individuata. L'allineamento dei centri eruttivi tra Averno e Capo Miseno può essere considerato come un'evidenza del fatto che il margine occidentale della caldera segue una struttura ad andamento N-S, probabilmente legata ad un sistema regionale di faglie.

La depressione della Baia di Pozzuoli è delimitata verso sud dagli alti morfologici del Banco di Pentapalummo e del Banco di Miseno. L'età di questi due banchi è compresa tra 37 e 18-14ka ed i loro depositi sono spianati sulla superficie di abrasione marina del Wurm, che viene bruscamente interrotta e ribassata a nord del banco di Pentapalummo.

Le scarpate tagliate nei depositi del banco di Pentapalummo sono ricoperte in discordanza da depositi che hanno parzialmente colmato la baia di Pozzuoli. L'età dei depositi è compresa tra 14 e 9,0-6,5ka; essi pertanto devono comprendere anche i depositi connessi con l'eruzione del Tufo Giallo

**Adeguamento statico e funzionale del collettore Arena S. Antonio nel tratto di Via Ben-Hur**  
**-Progetto Definitivo-**

Napoletano. L'età delle scarpate che delimitano a sud la baia di Pozzuoli, quindi, sarebbe compatibile con quella del Tufo Giallo Napoletano e pertanto si sarebbero formate a seguito del collasso calderico, così come la depressione della baia di Pozzuoli.

L'insieme dei dati provenienti dallo studio di perforazioni, inoltre, dimostra che il collasso calderico si è realizzato attraverso l'attivazione di faglie (sia preesistenti che prodottesi ex novo), che hanno sbloccato il fondo della caldera, dislocando una serie di blocchi in maniera differenziale.

La caldera del Tufo Giallo Napoletano copre un'area di circa 90 Km<sup>2</sup>, mentre le perforazioni profonde suggeriscono uno sprofondamento dell'ordine dei 600m. estrapolando questo dato all'intero fondo calderico, si ottiene un volume collassato di circa 54 Km<sup>3</sup>, in buon accordo con le stime di volume relative alla quantità di magma emesso nel corso dell'eruzione.

**successivi al Tufo Giallo Napoletano**

l'eruzione del Tufo Giallo Napoletano fu seguita da un'ingressione mariana al di sopra dell'attuale settore meridionale dei Campi Flegrei. Probabilmente in questa fase Cuma e Monte di Procida dovevano essere delle piccole isole, mentre le piane di Soccavo e Pianura erano emerse. L'ingressione marina è testimoniata dal ritrovamento in perforazione, di sedimenti marini intercalati da depositi piroclastici più recenti. Tali sedimenti giacciono al di sopra di centinaia di metri di tufi zeolitizzati, la maggior parte dei quali, presumibilmente appartiene alla formazione del Tufo Giallo Napoletano.

Il vulcanismo più recente del Tufo Giallo Napoletano ha prodotto circa 30 eruzioni, che generarono essenzialmente tuff cones e tuff rings e, subordinatamente, depositi da caduta più o meno dispersi e duomi lavici. Quest'attività vulcanica si è concentrata in particolare in due periodi, compresi tra 10,5 e 8,0 e tra 4,5 e 3,7 ka, rispettivamente. Le rocce di questi due periodi di attività sono separate da uno spesso paleosuolo, formatosi intorno a 4,6ka.

Durante il primo periodo di attività tutti i centri eruttivi erano localizzati all'interno della depressione calderica del Tufo Giallo Napoletano, all'epoca completamente sommersa. Tali centri erano concentrati lungo l'allineamento Averno-Capo Miseno e nella parte settentrionale, nord-orientale ed orientale dell'area sommersa. Nella parte centrale ed in quella meridionale, dove attualmente è situata la baia di Pozzuoli, non si ebbe attività vulcanica. I vulcani formati in questo periodo sono principalmente tuff cones e tuff rings, suggerendo che le eruzioni furono innescate da efficiente interazione acqua/magma. Tale interazione venne probabilmente favorita dalla disponibilità di una grande quantità di acqua marina. La composizione dei magmi eruttati varia da rachitica ad alcalitrachitica; solo l'eruzione di Minopoli venne alimentata da magmi a composizione trachibasaltica che furono eruttati da un centro ubicato lungo una struttura regionale parzialmente riattivata sia durante il collasso della caldera dell'I.C. che quella del Tufo Giallo Napoletano.

L'edificio vulcanico di maggiori dimensioni, formatosi in questo periodo, è il cono di tufi del Gauro (10ka); mentre una delle eruzioni più violente degli ultimi 12ka, determinò la formazione delle Pomici Principali (10,7ka). Questo deposito è composto da una serie di livelli pomicei da caduta, ed interpretato come prodotto di una eruzione pliniana nell'area di Agnano. Dopo un periodo di quiescenza durato circa 2.00 anni, l'attività vulcanica riprese, determinando la formazione di una serie di centri eruttivi, ubicati principalmente nella parte settentrionale ed orientale della caldera del Tufo

**Adeguamento statico e funzionale del collettore Arena S. Antonio nel tratto di Via Ben-Hur**  
**-Progetto Definitivo-**

Giallo Napoletano, ancora parzialmente sommersa, e subordinatamente lungo l'allineamento Averno-Capo Miseno. La maggior parte di queste eruzioni ebbe carattere esplosivo e fu caratterizzato da fasi freatomagmatiche. Si verificarono solo alcune eruzioni effusive, che determinarono la formazione dei duomi lavici del Monte Olibano e dell'Accademia, a sud della Solfatara. Le eruzioni più violente di questo periodo si verificarono nel settore occidentale ed in quello orientale dell'area sommersa e generarono il tuff ring di Astroni e la sequenza piroclastica complessa di Agnano-Monte Spina. Questo periodo di attività si concluse con le eruzioni di Senga, Averno ed Astroni, avvenute circa 3,7 ka b.p.

L'eruzione del Monte Nuovo, ultima in ordine di tempo, si verificò nel 1538 A.D. dopo un periodo di quiescenza durato circa 3.000 anni. Questa eruzione è una delle minori verificatesi nei Campi Flegrei, e durò solo una settimana. I prodotti eruttati sono essenzialmente surges e flussi piroclastici, dispersi in un raggio di circa 1 Km attorno al centro di emissione. L'eruzione fu preceduta da deformazioni del suolo molto vistose e da attività sismica avvertita fino a Napoli.

Il Somma-Vesuvio è un vulcano centrale composito costituito dal più vecchio strato-vulcano del Monte Somma, la cui attività terminò con lo sprofondamento di una caldera sommitale, e la formazione del più recente Vesuvio. I prodotti più antichi in affioramento hanno 25ka. Il Somma è formato in prevalenza da lave, la sua morfologia è il risultato di almeno 5 episodi di collasso (caldera polifasica) connessi con altrettante eruzioni pliniane. L'attività del Vesuvio si è sviluppata all'interno della caldera anche se vi sono emissioni lungo fratture esterne ad essa.

In base alla quantità di magma emesso si possono distinguere tre tipi di eruzioni:

sono eruttati  $10^{-3}/10^{-2}$  Km<sup>3</sup> di lava, con attività effusiva o mista, fontane di lava e caduta di blocchi, bombe, ceneri e lapilli. Piccoli flussi piroclastici e lahar;

subpliniane, ca. 0,1 Km<sup>3</sup> di magma, con abbondante caduta di blocchi di ceneri e lapilli in prevalenza pomice, flussi piroclastici e lahar devastanti;

pliniane, > 1 Km<sup>3</sup> di magma; iniziano con l'emissione parossistica di grandi volumi di pomice e ceneri seguita da flussi piroclastici, surges e lahars.

Negli ultimi 25ka è possibile distinguere 3 cicli di attività:

1. da 25 a 11,5ka, si hanno due pliniane (Pomice Basali e Pomice Verdoline) ognuna preceduta da lunghi riposi e alternanze di colate ed eruzioni esplosive minori;
2. da 7,9 al 79 d.C.; con 3 pliniane (Mercato, Avellino e Pompei) e almeno 6 subpliniane intervallate da riposi più o meno lunghi e periodi di attività stromboliana;
3. dal 79 d.C. ad oggi, 2 o 3 subpliniane (Pollena 472, 512, 1631) preceduti da lunghi periodi di riposo, eruzioni esplosive ed effusive e 2 o 3 periodi di attività stromboliana. Dal 1631, ultima subpliniana, il Vesuvio ha avuto attività stromboliana (debolmente esplosiva a condotto aperto) ed eruzioni miste intervallate da brevi periodi di riposo. Dal 1944 è iniziata una fase a condotto ostruito con modesti segni di attività.

Il Vesuvio quindi, nel corso della sua storia è stato caratterizzato da tipi di attività estremamente variabili, passando da eruzioni relativamente tranquille, prevalentemente effusive, a catastrofiche eruzioni esplosive. La variabilità del comportamento eruttivo del Vesuvio è da mettere in relazione con l'alternanza irregolare di periodi in cui il condotto è aperto e periodi in cui esso è ostruito. L'attività del periodo compreso tra il 1631 e il 1944, ad es., è quella tipica del vulcano in condizioni di condotto



**Adeguamento statico e funzionale del collettore Arena S. Antonio nel tratto di Via Ben-Hur**  
**-Progetto Definitivo-**

aperto. Durante tali periodi si alternano fasi eruttive caratterizzate da attività stromboliana, brevi periodi di riposo e violente eruzioni miste (esplosive ed effusive). I periodi di riposo tra il 1631 e il 1944 non sono mai durati più di 7 anni. L'attuale periodo di riposo, cominciato dopo l'eruzione del 1944, molto più lungo di quelli rilevati in precedenza, fa ipotizzare che sia avvenuto il passaggio del vulcano ad una condizione in cui il condotto è ostruito.

Da un punto di vista petrologico è possibile dividere gli ultimi 25.000 anni di attività del Somma-Vesuvio in tre cicli magmatici. Nel corso del primo di questi cicli, precedente l'eruzione delle Pomici di Mercato (8.000 anni fa), si ebbe l'emissione di lave e piroclastici leggermente sottosature. Le lave hanno composizione variabile da K-basalto a K-latite, e sono rocce ricche in potassio con contenuto in  $\text{SiO}_2$  prossimo o di poco inferiore al 50% e caratterizzate dalla presenza di minerali quali il plagioclasio, il pirosseno e, talora, l'olivina (la differenza tra basalto e latite è fatta in base alla presenza o meno di quest'ultimo minerale, e del tipo di feldspato e di pirosseno presenti, oltre che in base all'abbondanza relative delle singole fasi). Le piroclastiti hanno composizione che varia da K-latite a K-trachite. Le trachiti sono rocce leggermente più ricche in  $\text{SiO}_2$ , caratterizzate dalla presenza di sanidino quale feldspato maggiormente rappresentato, e da mica biotite.

Durante il secondo periodo, che comprende le tre eruzioni pliniane e numerose eruzioni subpliniane, i magmi emessi hanno avuto composizione variabile da tefritico-fonolitica a fonolitica, vale a dire che hanno generato rocce potassiche più povere in  $\text{SiO}_2$  (sottosature), in cui comincia ad essere presente, tra le fasi minerali, un feldspatoide (la leucite o la nefelina), accanto ai pirosseni e al plagioclasio.

Il ciclo più recente, successivo all'eruzione del 79 d. C. fu caratterizzato dall'emissione di prodotti fortemente sottosaturi, sia nel corso di eruzioni moderatamente esplosive, sia nel corso di attività persistente di tipo stromboliano o effusivo. I magmi eruttati durante questo ciclo hanno generato rocce a composizione variabile da tefritico-leucitica a fonolitico-leucitica.

**Geologia di dettaglio dell'area**

La zona interessata dagli interventi previsti dalla progettazione e descritti in premessa, si presenta almeno nei suoi caratteri generali, con una stratigrafia abbastanza semplice, caratteristica di un'area geologicamente giovane, con attività vulcanica prevalentemente esplosiva, dove si rinviene, quindi una sequenza di rocce vulcaniche piroclastiche lapidee o sciolte (tufi, pozzolane, lapilli).

Nelle aree di intervento, si hanno, in superficie, terreni di riporto (ceneri sabbiose, frammenti di laterizi) e, fino alla profondità interessata dalle aree di progetto, ceneri sabbiose, talvolta rimaneggiate e, successivamente, piroclastici, talvolta rimaneggiate verso l'alto, costituite da ceneri a granulometria sabbiosa e frammenti litici dal millimetro al centimetro. In particolare nell'area di Soccavo, dove successivamente al terremoto del 1980 è stato effettuato il riempimento di tutti i valloni e delle depressioni, si rinviengono spessori anche elevati di materiali di riporto, costituiti dagli stessi materiali innanzi citati.

Un po' dappertutto la città di Napoli, è caratterizzata da terreni vulcanici che hanno investito l'intera regione e costituiti in particolare dai prodotti delle numerose attività eruttive dei maggiori centri di emissione e particolarmente il complesso Somma-Vesuvio e i Campi Flegrei. L'area oggetto di

**Adeguamento statico e funzionale del collettore Arena S. Antonio nel tratto di Via Ben-Hur**  
**-Progetto Definitivo-**

intervento, è stata interessata in particolare dalle attività eruttive legate ai centri di emissione posti all'interno della caldera dei Campi Flegrei.

Per questi vulcani Flegrei, l'attività è stata suddivisa in tre cicli eruttivi:

un primo detto "*ciclo eruttivo recente dei Campi Flegrei*" "Prodotti ascrivibili alle eruzioni del IV periodo Flegreo (Agnano 10.000 anni b.p., Astroni 3.750 anni b.p.); ceneri con pomici e lapilli, intercalate da livelli humificati,

un secondo detto "*ciclo eruttivo antico dei Campi Flegrei*", che termina con la deposizione del tufo giallo caotico; Prodotti ascrivibili al III periodo Flegreo (Eruzione del Tufo giallo napoletano, circa 12.000 anni b.p.); Tufo Giallo Napoletano in facies incoerente -"pozzolana s.s."- sabbia fine di colore grigio chiaro contenente pomici, ed in facies litoide di colore giallo consolidatosi per processi di zeolitizzazione;

Il terzo ciclo o "*dell'Archiflegreo*"; Prodotti ascrivibili al II periodo Flegreo (Eruzione dell'Ignimbrite Campana, circa 35.000 anni b.p.); tufo grigio campano in facies gialla o verde oppure nella particolare facies di breccia vulcanica poligenica caratterizzata da clasti anche di notevoli dimensioni.

I terreni superficiali e medio-profondi, tutti riferibili all'attività eruttiva ed esplosiva dei vulcani dei Campi Flegrei, possono essere classificati in tre grandi gruppi:

*lave;*

*materiali piroclastici lapidei;*

*materiali piroclastici sciolti.*

Le lave, di natura essenzialmente trachitica, sono state rinvenute solo nel corso di scavi e sono molto poco diffuse. I materiali piroclastici lapidei che si rinvencono nel territorio comunale si possono distinguere in piperno, tufo giallo stratificato e tufo giallo caotico. Quest'ultimo, detto più semplicemente tufo giallo napoletano, assume particolare importanza in quanto è stato il materiale da costruzione più abbondantemente usato a Napoli ed in generale in Regione Campania.

I materiali piroclastici sciolti vanno distinti prioritariamente in materiali non rimaneggiati e materiali rimaneggiati e ciò a causa dei molteplici fattori, non ultimi quelli antropici, che sono intervenuti, successivamente alla loro deposizione, a modificarne le caratteristiche originarie. I materiali piroclastici sciolti non rimaneggiati possono essere suddivisi in: brecce e scorie; pomici; lapilli e sabbie vulcaniche; ceneri e pozzolane.

L'area di studio, nelle sue linee generali, da presa visione delle cassette catalogatrici dei carotaggi eseguiti, è caratterizzata da una stratigrafia, procedendo dall'alto verso il basso così costituita:

materiale di riporto, di spessore di alcuni metri (da 1 a 3), costituito da ceneri rimaneggiate a granulometria sabbiosa fine, con frammenti di tufi;

sabbie fini limose, alternate a sabbie medio grossolane fino alla profondità di 20mt, ricche localmente di pomici grigiastre e litici. Il colore varia da grigio verdastro a grigio plumbeo a bruno.

**Ipotesi di calcolo della capacità portante attraverso l'interpretazione delle prove.**

Di seguito è riportato il calcolo del carico limite tollerabile dal complesso terreno fondazione per un'ipotesi di fondazioni profonde realizzate su pali di diametro pari a 500/600 mm e di lunghezza di circa 6 metri. Come ampiamente esposto nell'area di intervento si rinvenivano generalmente terreni litoidi (Tufo Giallo Napoletano), ma frequentemente tale litotipo è ricoperto dalla coltre piroclastica incoerente costituita da ceneri ascrivibili alla sabbia limosa.

Di conseguenza, a vantaggio della sicurezza si prenderà in considerazione come terreno fondale un materiale incoerente con le seguenti caratteristiche:

$$\varphi(f_i) = 33^\circ; \quad \gamma = 1,6 \text{ t/mc}$$

Il calcolo del carico limite viene condotto secondo le formule statiche applicando i coefficienti di BEREZANTEV che, sembrano essere le più consigliabili nel caso di pali di medio diametro.

$$Q_{lim} = P + S = pA_p + sA_s = N_q q_l A_p + k \mu q z A_s = N_q \gamma L A_p + k \mu q z A_s$$

Ove:

$Q_{lim}$  = carico limite applicabile al complesso terreno/fondazione

$P$  = carico alla punta

$S$  = carico laterale

$p$  = carico unitario alla punta

$s$  = carico unitario laterale

$A_p$  = Area della punta

$A_s$  = Area laterale sulla quale si sviluppa l'adesione

$N_q$  = coefficiente di BEREZANTEV

$q_l$  = carico litostatico

$k$  = coefficiente dipendente dalle modalità esecutive

$\mu$  = coefficiente dipendente dalla scabrezza palo-terreno

$z$  = lunghezza del palo interessata da resistenza laterale

$\gamma$  = peso di volume naturale

$L$  = lunghezza del palo

Trattasi di semplice indicazione; sarà cura del progettista individuare il metodo che meglio soddisfa le esigenze progettuali e di calcolo strutturale. Nel corso della realizzazione delle opere lo scavo dovrà essere protetto dall'azione delle acque dilavanti e particolare attenzione dovrà essere dedicata alla progettazione delle armature di sostegno degli scavi stessi ai fini della sicurezza degli operatori e della salvaguardia dei manufatti prospicienti le strade interessate dagli interventi. Si prevedano inoltre interventi mirati all'allontanamento delle acque di pioggia, in quanto l'infiltrazione nel sottosuolo determina fenomeni di erosione sotterranea ed a volta veri e propri sifonamenti che creano il decadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni che possono innescare consistenti dissesti. La zona attualmente appare stabile e priva di linee di instabilità tettonica (faglie).

### **Considerazioni sulla sismicità dell'area**

Dal punto di vista sismico, il territorio in esame presenta un rischio derivante dalla sua posizione rispetto ai complessi vulcanici del Somma-Vesuvio e dei Campi Flegrei, oltre che dal margine della catena appenninica che, ancora in fase di sollevamento, è caratterizzata dalla presenza di strutture sismogenetiche lungo le quali si distribuiscono i principali eventi sismici.

Un lavoro del C.N.R. ha messo in evidenza una frequenza "media" di eventi sismici nell'area, aventi un'intensità massima del IX grado della Scala Mercalli. Tra i terremoti storici di carattere regionale di maggiore intensità si ricordano quelli del 16 dicembre 1857, 23 luglio 1930 e 23 novembre 1980 di intensità pari al VI grado della scala MCS e quelli del 5 dicembre 1456, 21 agosto 1962 pari al VII grado della MCS.

Nel calcolo delle sollecitazioni sismiche, valutate mediante un'analisi statica e dinamica, viene utilizzato un coefficiente di intensità sismica "c", in funzione della diversa categoria sismica di appartenenza (D.M. 03/03/1975).

Per il Comune di Napoli (Cod. Istat. 15063049), in seguito all'Aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni della Regione Campania (Regione Campania Giunta Regionale- seduta 07/11/2002- deliberazione N° 5447) , si ha un'appartenenza ad una zona sismica di 2° Categoria con grado di sismicità  $S = 9$  a cui compete un "coefficiente di intensità sismica"  $c = 0,07$  di g.

Alla luce di tali considerazioni ed in base al fatto che gli spessori delle coperture sono superiori ai 15m (il tufo è presente a profondità di almeno 15-20 m) poggiano su di un substrato litoide avente "caratteristiche tecniche significativamente superiori", in accordo col D.M. del 16/01/96, si assumerà per il coefficiente di fondazione il valore  $\epsilon = 1,0$ .

### **Conclusioni**

Da quanto esposto finora si possono dunque trarre le seguenti conclusioni:

I risultati di tale indagine hanno rilevato che le opere di progetto eserciteranno il carico su terreni incoerenti caratterizzati da un diverso grado di addensamento, più precisamente si tratta dei terreni piroclastici di origine vulcanica che derivano principalmente dall'attività eruttiva dei Campi Flegrei.

Tali terreni sono costituiti da terreno vegetale e di riporto in superficie, da alternanza di piroclastiti, da sciolte ad addensate, e a diversa granulometria (ceneri, pozzolane, paleosuoli, pomici, sabbie, tufi ignimbrici in facies gialla).

Dal punto di vista sismico il territorio di Napoli ha un'appartenenza ad una zona sismica di 2° categoria con un grado di sismicità  $S = 9$  a cui compete un "coefficiente di intensità sismica"  $c = 0,07$  g .

I principali parametri geotecnici presi di riferimento, sono:

<i>Angolo di attrito interno</i>	$\phi(fi) = 33^\circ$
<i>Peso di volume</i>	$\gamma = 1,6 \text{ t/mc}$
<i>Coesione</i>	$c = 0 \text{ t/mq}$

Si rimanda al progettista la scelta ed il dimensionamento delle opere da realizzare nel rispetto delle indicazioni fornite.

## **ALLEGATI**

Planimetria con indicazione area di intervento

Scala 1:5000