



FINANZIAMENTO POR CAMPANIA FESR 2007-2013

# COMUNE DI NAPOLI

GRANDE PROGETTO RIQUALIFICAZIONE URBANA, AREA PORTUALE DI NAPOLI EST



**RIFUNZIONALIZZAZIONE DEL SISTEMA FOGNARIO DI SAN GIOVANNI-VOLLA. IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO "POLLENA"**

**"INTERVENTO PER IL RISANAMENTO IGIENICO SANITARIO DEL LITORALE DI SAN GIOVANNI A TEDUCCIO CON LA RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE DEL COLLETTORE DI VOLLA E PARTE DI RETE ADDUTTRICE- II LOTTO "**

Progettista:

Ing. Fabio Mastellone di Castelvetero

Responsabile del Procedimento

Arch. Giuseppe Pulli

## PROGETTO ESECUTIVO

ELABORATO:

Relazione Geologica

ALLEGATO:

C

SCALA:

-

DATA:

19 DICEMBRE 2013

REDAZIONE:

Geol. Marco MANCUSO

VERIFICA:

APPROVAZIONE:

EMESSO PER:

REV.:

-

Chiudi

Stampa



# ARTIGIANSOA

## GRUPPO BNP PARIBAS

Sede Legale: Via Crescenzo del Monte, 25 - 00153 Roma

Codice identificativo : 06214101005 (Autorizzazione n.43 del 15/02/2001 )

### ATTESTAZIONE DI QUALIFICAZIONE ALLA ESECUZIONE DI LAVORI PUBBLICI RILASCIATA AI SENSI DEL DPR 207/2010

Rilasciato alla  
impresa:

GEOTEC S.R.L.

con sede in:

NAPOLI

CAP: 80125

Provincia : NA

Indirizzo:

VIA CONSALVO, 169 - ISOLATO 8

Iscritta alla

NAPOLI

al n.: 07910800635

C. F.: 07910800635

P. IVA: 07910800635

CCIAA di:

## Rappresentanti legali:

Titolo nome e cognome	Codice Fiscale	Titolo nome e cognome	Codice Fiscale
Dott. Marco Mancuso	MNCMRC72A12F839C		

## Direttori Tecnici:

Titolo nome e cognome	Codice Fiscale	Titolo nome e cognome	Codice Fiscale
Dott. Marco Mancuso	MNCMRC72A12F839C		

## Categorie e classifiche di qualificazione:

Cat.	Class.	C.F. direttore tecnico cui è connessa la qualificazione	Cat.	Class.	C.F. direttore tecnico cui è connessa la qualificazione	Cat.	Class.	C.F. direttore tecnico cui è connessa la qualificazione
OS20-B	II							
OS21	I							

Attestazione n.: 7636/43/01

( N.ro progr./Codice SOA - Sostituisce  
) l'attestazione n.:( N.ro progr./Codice  
SOA )

Date	rilascio attestazione originaria	19/04/2013	scadenza validità triennale	18/04/2016	scadenza intermedia (cons. stab.)	
	rilascio attestazione in corso	19/04/2013	effettuazione verifica triennale		scadenza validità quinquennale	18/04/2018

Copia del documento autenticato con firma digitale e archiviato nella banca dati della Autorità per la vigilanza sui lavori pubblici

Il legale rappresentante  
Giovanni Di Leva

timbro SOA

Il direttore tecnico  
Paolo Trombetta

# QUALITY CERTIFICATION BUREAU ITALIA

Certificato di conformità alla  
norma ISO 9001:2008 n. Q-0732-13

Rilasciato a

**GEOTEC S.R.L.**

codice fiscale: 07910800635

Sede Legale: Via Consalvo, 169 Is. 8 - 80125 - Napoli (NA) ITALIA

per l'implementazione del Sistema di Gestione per la Qualità nel sito di:  
Via Consalvo, 169 Is. 8 - 80125 Napoli (NA) Italia

**Settore: 35 & 28a**

Sistema di gestione per la qualità conforme alla norma ISO 9001:2008 e valutato secondo le prescrizioni del Regolamento Tecnico ACCREDIA RT-05.

La presente certificazione si intende riferita agli aspetti gestionali dell'impresa nel suo complesso ed è utilizzabile ai fini della qualificazione delle imprese di costruzione ai sensi dell'articolo 40 della legge 163 del 12 aprile 2006 e successive modificazioni e del DPR. n. 207 del 5 ottobre 2010.

**Scopo:** Erogazione di servizi e consulenze tecniche relative a prove strutturali in sito, controlli strutturali, rilievi topografici e monitoraggi geotecnici, ambientali e strutturali, sondaggi e indagini geognostiche.

I dettagli relativi ad eventuali esclusioni di requisiti della norma ISO 9001:2008 possono essere ottenuti consultando il Manuale Qualità dell'organizzazione certificata. La validità del presente certificato è subordinata a sorveglianza periodica (semestrale/annuale) e al riesame completo del sistema di gestione aziendale con periodicità triennale.

Per informazioni puntuali ed aggiornate circa eventuali variazioni intervenute nella validità del presente certificato, si prega di consultare il sito web di Q.C.B. Italia all'indirizzo [www.qcb.it](http://www.qcb.it).

Data prima emissione: 21/10/2013

Data ultima emissione: 21/10/2013

Data obbligata del rinnovo: 04/04/2016



SGQ N° 084 A  
SGA N° 031 D

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento  
EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF e ILAC  
Mutual Recognition Agreements



Socio fondatore UNOA  
Founder member of UNOA

Quality Certification Bureau Italia S.r.l. - Via Fermi 23, 35136 Padova - Italy  
ph. 049 8725897 - Fax 1786076741 e-mail: [info@qcb.it](mailto:info@qcb.it) - web: [www.qcb.it](http://www.qcb.it)

Form 964\_ITA 9\_certificato di conformità QMS

## SOMMARIO

Normativa di riferimento .....	pag. 2
1. PREMESSA .....	pag. 3
2. CARATTERI GEOLOGICO-STRUTTURALI E GEOMORFOLOGICI .....	pag. 5
2.1 Morfologia e quadro geologico-strutturale – la depressione del Volla .....	pag. 6
2.2 Breve richiamo alla storia geologica – il vulcanismo flegreo-vesuviano.....	pag. 8
2.3 Caratteri geologici dell'area di riferimento .....	pag. 9
2.4 Inquadramento idrogeologico .....	pag. 10
3. PREVISIONI PROGETTUALI E MODELLO GEOLOGICO .....	pag. 12
3.1 Analisi dei risultati delle indagini – sondaggio stratigrafico .....	pag. 12
3.2 Analisi dei risultati delle indagini – prove in foro S.P.T. ....	pag. 13
3.3 Modello geologico di sintesi .....	pag. 15
4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO .....	pag. 17
4.1 Sismicità del sito e azioni sismiche .....	pag. 17
4.2 Analisi dei risultati della prova sismica "Down-hole" .....	pag. 21
5. CONCLUSIONI E INDICAZIONI PROGETTUALI .....	pag. 24

### **ALLEGATO A: Stralci cartografici di riferimento e ubicazione dell'intervento**

*Tav. 1 - Carta Geologica (stralcio Carta Geologica d'Italia 1: 100.000 – F° 183-184)*

*Tav. 2 – Inquadramento territoriale in scala 1: 10.000, con l'area in studio.*

*Tav. 3 – Carta del rischio e della pericolosità idraulica (stralcio del P.A.I. Autorità di Bacino)*

*Tav. 4: - Ubicazione delle indagini geognostiche*

### **ALLEGATO B: Stratigrafia di sondaggio (Modello geologico)**

### **ALLEGATO C: Prove in foro S.P.T.**

### **ALLEGATO D: Prova sismica "Down-hole"**

*Normativa di riferimento*

L.R. n° 9 del 07/01/1983 (normativa regionale progettazione aree sismiche)

D.P.R. 380 del 6/06/2001 (testo unico edilizia)

D.G.R. 5447 del 07/11/2002 (classificazione sismica Regione Campania)

Ordinanza del P.C.M. 3274 del 20/03/2003 (primi elementi di progettazione sismica)

D. Lgs 163 del 12/04/2006 (codice dei contratti)

Allegato al voto del C.S.L.P. n° 36 del 27/07/2007 (pericolosità sismica)

Decreto Ministeriale 14/01/2008 (N.T.C. 2008)

Circolare del Consiglio Superiore Lavori Pubblici (C.S.L.P.) del 2/02/2009 (Istruzioni)

D.P.R. n° 207 del 05/10/2010 (regolamento di attuazione codice contratti)

Delibera del Comitato Istituzionale n. 384 del 29/11/2010 (P.A.I.) dell'A.d.B. Nord-Occidentale



## 1. PREMESSA

Con Determina n° 03 del 26/07/2013 l'Area Tecnica della Vice-Direzione Generale del Comune di Napoli affidava alla scrivente GEOTEC S.r.l., a seguito di gara informale ai sensi



dell'art. 125 del D. Lgs. 163/2006, l'esecuzione delle Indagini geognostiche con relativa Relazione Geologica finalizzate alla progettazione esecutiva dei lavori di "Rifunionalizzazione del sistema fognario di San Giovanni / Volla" – Impianto di sollevamento "Pollena", previsti nell'ambito delle opere di Risanamento igienico-sanitario del litorale di San Giovanni a Teduccio con

riqualificazione funzionale del collettore di Volla e parte della rete adduttrice – Il LOTTO del Grande Progetto di Napoli Est.

Trattasi quest'ultimo di un'insieme integrato di lavori, tra cui è prevista la rifunionalizzazione del sistema di raccolta delle acque di piattaforma e degli impianti fognari delle aree di intervento.

A tale scopo, è stato definito dal progettista incaricato, ing. Fabio Mastellone di Castelvetero, un piano di indagini geognostiche specifico per il progetto di recupero dell'impianto di sollevamento denominato "Pollena".

Il presente studio geologico viene pertanto finalizzato in ultima analisi alla verifica di compatibilità delle opere previste mediante l'identificazione delle formazioni e dei tipi litologici presenti nel sottosuolo del sito di interesse, la definizione della struttura e dei caratteri fisici del medesimo, la ricostruzione del modello geologico di riferimento, e del conseguente livello di pericolosità geologica delle opere a farsi (*cfr. Studio di pericolosità geologica di cui al § 6.2.1 del D.M. 14/01/2008*).

In tale prospettiva, il lavoro è stato coordinato nei seguenti momenti operativi:

*fase 1)* **Ricerca bibliografica**, ed analisi di dati cartografici e non pregressi, desunti da fonti ritenute attendibili (Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000, Cartografia Geologica della locale Autorità di Bacino Nord Occidentale, pubblicazioni di letteratura scientifica, cartografia geologica regionale, ecc.), volta tra l'altro ad inquadrare le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche del sito nel più ampio contesto geologico di riferimento;

---

**GEOTEC S.r.l. – Servizi di Ingegneria & Territorio**

NAPOLI: via Consalvo 169 is. 8 - 80125 / Telefax +39 081 19363750

ROMA: via Monza, 32 – 00182 / Tel. +39 06 99291410 / fax: +39 06 62201346

[www.geo-tec.it](http://www.geo-tec.it)

- fase 2)* **Rilevamento sul campo e/o analisi dello stato dei luoghi**, effettuata per individuare eventuali problematiche di ordine morfologico che potessero interferire negativamente con i manufatti esistenti;
- fase 3)* **Analisi dei risultati delle indagini geognostiche** comprese nell'affidamento, previste dal progettista per l'area di interesse, e consistenti in n° 1 sondaggio geognostico a carotaggio continuo con annesse tre prove in foro SPT, per la ricostruzione di dettaglio dei caratteri litologici e idrogeologici del sottosuolo (MODELLO GEOLOGICO), nonché delle principali caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi ivi affioranti;
- fase 4)* **Verifica della sismicità dell'area e delle risposta sismica locale**, mediante l'analisi dei risultati di una prova sismica condotta con tecnica "down-hole";
- fase 5)* **Stesura del presente elaborato**, al quale si uniscono i seguenti allegati:

**Allegato A:** Stralci cartografici di riferimento e ubicazione dell'intervento

*Tav. 1 - Carta Geologica (stralcio Carta Geologica d'Italia 1: 100.000 – F° 183-184)*

*Tav. 2 – Inquadramento territoriale in scala 1: 10.000, con l'area in studio.*

*Tav. 3 – Carta del rischio e della pericolosità idraulica (stralcio P.A.I. Autorità di bacino)*

*Tav. 4: - Ubicazione delle indagini geognostiche*

**Allegato B:** Stratigrafia di sondaggio (Modello geologico)

**Allegato C:** Prove in foro S.P.T.

**Allegato D:** Prova sismica "Down-hole"

## 2. CARATTERI GEOLOGICO-STRUTTURALI E GEOMORFOLOGICI

Gli interventi in progetto sono ubicati nell'area orientale di Napoli, nello specifico lungo il litorale di San Giovanni a Teduccio (tavv. 2 e 4, allegato A).

Tale area ricade dal punto di vista cartografico nel foglio n° 183-4 ("Napoli-Isola d'Ischia") della Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000 e al foglio n° 184, tavoletta I S.W. ("Napoli"), della topografia ufficiale italiana in scala 1: 25.000 (tavv. 1 e 2, in allegato A).

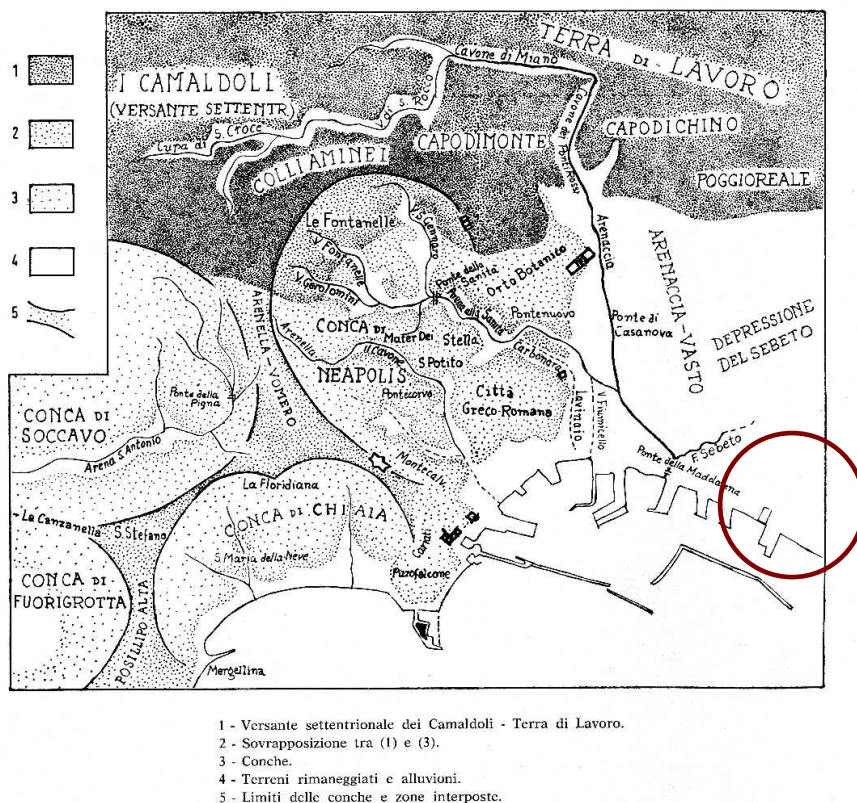


Fig. 1 – Morfologia dell'area urbana di Napoli, con l'area in esame (da Scherillo & alii, 1967).



Dal punto di vista morfologico, essa si inserisce nell'ambito di un contesto attualmente molto urbanizzato, originariamente di retro-costa, posto lungo le zone di recapito della cosiddetta "depressione del Sebeto<sup>1</sup>", detta anche del Volla, la piana alluvionale sita nell'area orientale di Napoli e compresa tra la "Conca di Neapolis" a Ovest, i rilievi delle colline orientali della città a Nord (Poggioreale, Capodichino), il Somma-Vesuvio a Est ed il mare a Sud (fig. 1).

### 2.1 Morfologia e quadro geologico-strutturale - La depressione di Volla

La piana del Volla rappresenta una striscia di pianura lunga circa 8 Km che da Lufrano conduce fino al mare; è delimitata ad est dal Vesuvio e ad ovest dalle colline orientali di Napoli.

Dal punto di vista geologico, l'importanza della piana è legata non solo al suo significato di basso morfologico e, quindi, di contenitore di formazioni vulcaniche e sedimentarie, ma anche principalmente alla sua origine strutturale. Infatti, essa si può definire una depressione di limitate dimensioni impostata su lineamenti tettonici trasversali rispetto all'Appennino (vedi figura in basso); i limiti tettonici trasversali, mascherati dalle coperture vulcaniche e, in parte, sedimentarie più recenti, sono collegati direttamente all'evoluzione vulcano-tettonica dell'area degli ultimi 30-35.000 anni.

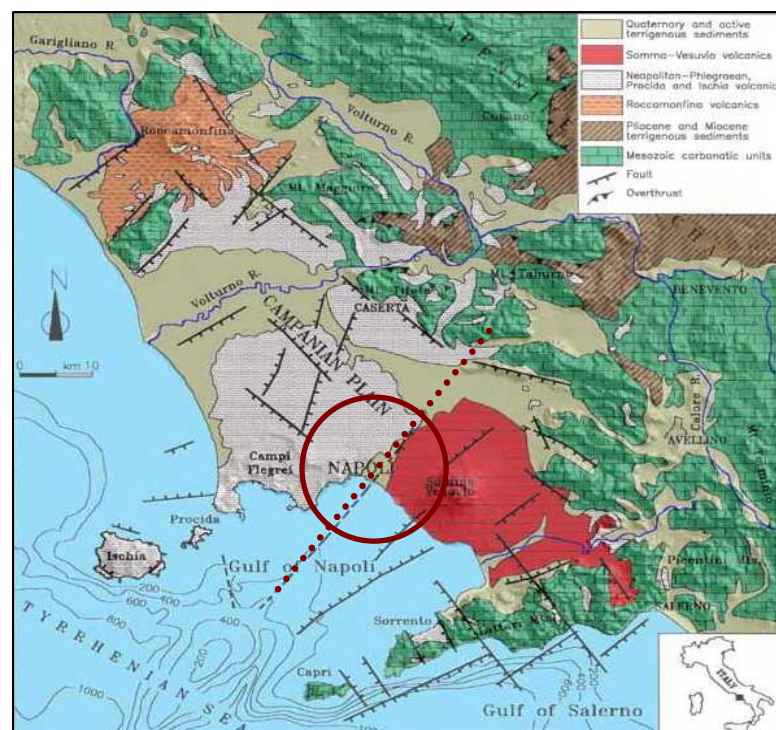


Fig. 2 – Schema strutturale della regione vulcanica napoletana, con l'area in esame (da Orsi et alii, 1996).

<sup>1</sup> I toponimi sono ripresi da "Scherillo & Franco, 1967".

Sebeto è il nome del fiume che la solcava e di cui si parla sin dai tempi dei Romani. E' difficile ricostruirne il corso originario: sicura è la sua origine dalle sorgenti della Bolla (Volla), che alimentavano le condotte ed i pozzi della città di Napoli. Venne regimato ed incanalato ai tempi dei Borboni per evitare gli impaludamenti che si avevano, ad esempio, nella zona di Volla. Gradatamente scomparve, sia per il graduale interrimento di quest'area, sia per la mancata alimentazione delle sorgenti, dalle quali in tempi recenti veniva ancora integralmente captata l'acqua per rifornire Napoli.

Il Sebeto ha senza dubbio contribuito nel tempo alla deposizione di grossi spessori (da 20 m a 40 m) di materiale piroclastico rimaneggiato, a cui si intercalano paleosuoli e depositi torbosi. La deposizione delle torbe è stata continua nel tempo e ha interessato quasi tutta la piana del Volla. Lungo la costa, cioè nell'area di interesse progettuale, la formazione dei depositi torbosi sarebbe stata favorita dalla probabile presenza di sbarramenti costieri (dune).

Studi dei primi anni '90 (Bellucci, 1993), basati sulla datazione dei diversi livelli di torba nell'area orientale di Napoli, indicano che la depressione del Volla è stata interessata sia da fenomeni di subsidenza, e quindi da notevoli accumuli di depositi piroclastici rimaneggiati, che da fenomeni di sollevamento, con la conseguente formazione di ambienti deposizionali da marini a tipicamente transizionali (paludi costiere), con una locale e copiosa falda acquifera sempre molto prossima alla superficie topografica esterna (cfr. § 2.4).

La costa orientale di Napoli, ed in particolare la fascia compresa tra la collina di Pizzofalcone a Ovest e la "depressione del Sebeto" a Est, è caratterizzata dalla presenza nel sottosuolo di accumuli di sabbie tipiche di un ambiente di spiaggia, completamente trasformato a causa dell'intensa urbanizzazione degli ultimi secoli.

Effetto della antropizzazione dei luoghi è stata, ad esempio, l'obliterazione di alcuni antichi alvei di erosione, le note "Arene", che un tempo drenavano verso mare le acque dilavanti provenienti dai versanti meridionali dei Colli Aminei e delle colline di Capodimonte-Capodichino (fig. 1).

Trattavasi di linee naturali d'impluvio, paleoalvei o solchi di corrivazione (cupa, cavone, arena, canale, canalone<sup>2</sup>) scavati dalle acque meteoriche, che hanno influito notevolmente sull'urbanistica napoletana. Tra questi, l'antica "Arenaccia", lunga alcuni chilometri, che prendeva origine dalle colline dei Colli Aminei e di Capodimonte con la denominazione di Vallone San Rocco, per poi volgere verso Sud con il nome di Cavone di Miano e Cavone dei Ponti Rossi e sfociare in mare nella zona dell'odierna "S. Erasmo".

## 2.2 Breve richiamo alla storia geologica – Le attività vulcaniche flegreo-vesuviane

L'insieme delle attuali caratteristiche topografiche e morfologiche dell'area urbana di Napoli, e della specifica zona di interesse ai fini del presente studio, sono il riflesso della complessità del suo sottosuolo, caratterizzato da una spiccata variabilità stratigrafica, nonché delle proprietà geologico-tecniche dei vari litotipi che lo costituiscono; variabilità a sua volta dovuta all'azione, sia delle forze endogene (attività vulcanica vesuviano-flegrea), sia di quelle esogene (agenti meteorici), sviluppatasi negli ultimi 35.000 anni circa.

In questo lasso di tempo la regione partenopea è stata interessata dalla deposizione di una successione di prodotti vulcanici, essenzialmente piroclastici, legati all'intensa dinamica esplosiva tardo-quadernaria dei Campi Flegrei e, subordinatamente, del Somma-Vesuvio (tav. 1, in allegato A)<sup>3</sup>.

La suddetta attività vulcanica, articolatasi nel tempo in più fasi eruttive, ha dato origine, sia a depositi poco coerenti (pomici, ceneri e pozzolana s.s.), che litoidi (tufi ed in misura molto minore lave), successivamente erosi e/o rimaneggiati in massima parte dall'azione dilavante delle acque meteoriche oltre che, come visto, da quella antropica.

<sup>2</sup> Tali denominazioni sono quelle che, secondo la configurazione del terreno, si davano al percorso delle acque piovane che dalle circostanti colline si riversavano a valle. Era chiamato **canale** o **canalone** (in rapporto alla larghezza e lunghezza) l'alveo naturale formato dal fluire delle acque. Dove il canale s'incassava formava una **cupa**, e dove la cupa era più profonda diventava un **cavone**. L'**arena** era un canale largo e poco profondo; il letto sabbioso (sabbia vulcanica, pomici e lapilli), asciutto per la mancanza d'acqua, costituiva un arenajo. Questi materiali in occasione di particolari eventi meteorici alluvionavano, provocando notevoli danni; infatti è ancora oggi vivo il ricordo della cosiddetta "lava dei Vergini".

<sup>3</sup> Servizio Geologico Nazionale (1955). "Carta Geologica d'Italia, foglio n° 183-4, Napoli-Ischia".



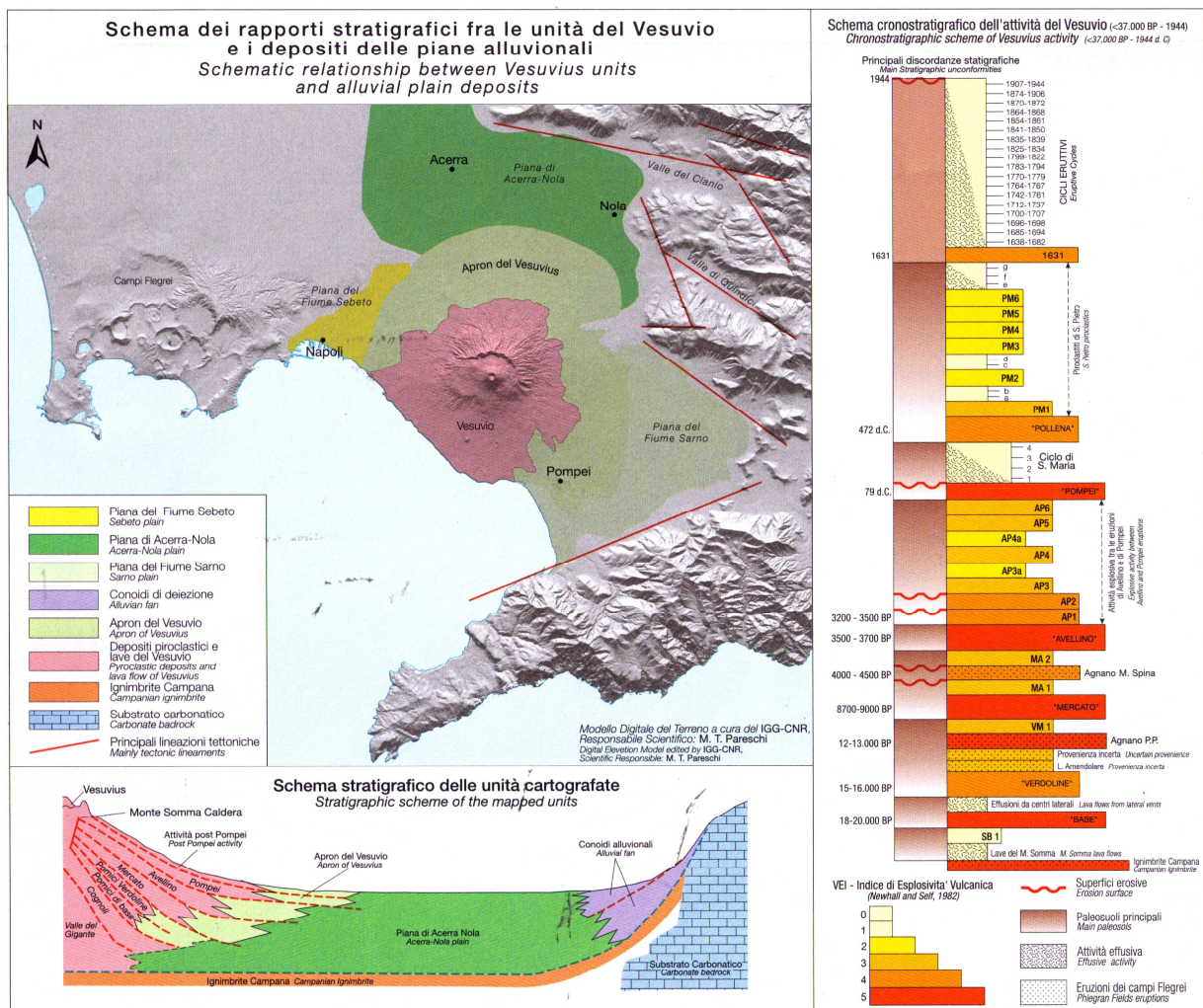
OGGETTO: "Risanamento igienico-sanitario del litorale di San Giovanni a Teduccio con riqualificazione funzionale del collettore di Volla e parte della rete adduttrice – II LOTTO

PROGETTO: Rifunionalizzazione dell'impianto di sollevamento "Pollena", in via Taverna del Ferro - **RELAZIONE GEOLOGICA**

### 2.3 Caratteri geologici dell'area di riferimento

Nella specifica area di riferimento si risentono gli effetti, oltre che dell'attività vulcanica flegrea, anche della vicina struttura eruttiva del Somma-Vesuvio.

Premesso che nell'ambito dei diversi litotipi legati all'attività flegrea, prevalenti nel resto del territorio cittadino, il Tufo Giallo Napoletano (T.G.N., 11.000 anni b.p.) costituisce il "bed-rock" del sottosuolo partenopeo.



Nell'area orientale di Napoli al di sopra del Tufo Giallo, dislocato e ribassato per faglie tettoniche (Bellucci, 1998), si rileva una successione di piroclastiti sciolte, costituite da pomici in matrice cineritica, intervallate da strati sabbiosi di ambiente litorale, legate alla deposizione dei prodotti delle eruzioni più recenti del Somma Vesuvio e, in minor misura, dei Campi Flegrei, o piroclastiti con scarsa coesione (tufi vesuviani semi-coerenti).

Lungo la fascia costiera, i prodotti piroclastici recenti di copertura del tufo risultano rimaneggiati in ambiente alluvionale, o si intercalano a sabbie e limi di ambiente deposizionale marino, a cui risultano a loro volta sovrapposti sensibili accumuli di detrito antropico; al di sotto del tufo si rileva ancora la presenza di sabbie marine (spessore dell'ordine di qualche metro), nonché di tufi antichi vesuviani.

Un quadro stratigrafico sintetico dell'area di riferimento si può ricondurre al seguente schema:

- 1. coperture di materiali di riporto antropico, eterogenei, e depositi rimaneggiati, costituiti da pezzame litico di varia natura, in matrice sabbiosa di origine piroclastica il più delle volte prevalente;*
- 2. ceneri e cineriti delle eruzioni vesuviane del 79 d.C. e di "Avellino" (spessore di circa 5-10 m);*
- 3. "tufo vesuviano" sia in facies grigia, semilitoide, che gialla, litoide, per uno spessore totale variabile tra 25 e 40 m;*
- 4. sabbie e limi sabbiosi marini (spessore 5-10 m);*
- 5. modesti spessori della formazione del "Tufo Giallo Napoletano" (T.G.N.), in facies grigia, incoerente;*
- 6. tufi antichi vesuviani (spessore imprecisato).*

#### *2.4 Inquadramento idrogeologico*

Riguardo agli aspetti idrogeologici, i numerosi studi effettuati nell'area urbana orientale di Napoli indicano che, a monte della fascia costiera, le piroclastiti rimaneggiate in ambienti umidi costituenti il sottosuolo sono caratterizzate da una conducibilità idraulica "k" alquanto variabile, come sovente accade negli acquiferi piroclastico-alluvionali, funzione della granulometria dei terreni e del loro grado di addensamento; essa si attesta in genere su valori modesti nei limi e nelle cineriti medio-fini, mentre diviene elevata nelle sabbie marine e nelle ceneri grossolane.

Nella piana del Volla lo schema di circolazione idrica sotterranea si sviluppa per falde sovrapposte, ma interagenti tra loro a causa delle numerose soluzioni di continuità presenti



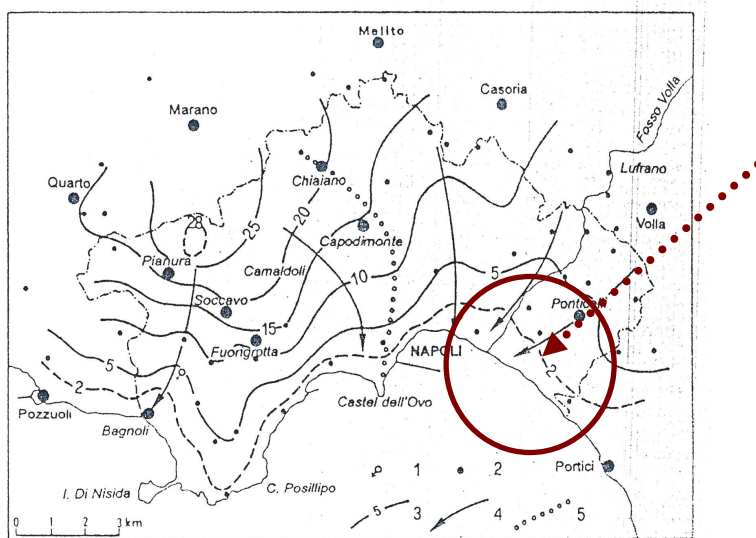
nei livelli meno permeabili e dei flussi verticali di "drenanza"; il primo orizzonte acquifero, di interesse ai fini del presente lavoro, contiene come detto una falda freatica molto superficiale permeante le sabbie e i limi litorali sovrapposti ai depositi vulcanici più profondi (cfr. § 2.3).

Lungo le zone di recapito, la prevalenza di terreni sabbiosi favorisce una copiosa circolazione idrica sotterranea, che risulta molto prossima alla superficie del terreno, in funzione dei caratteri geologici e morfologici già descritti ai paragrafi precedenti, tanto da generare frequenti fenomeni di emergenza e di ristagno delle acque nelle parti topograficamente più ribassate e depresse (via Gianturco); ciò soprattutto in concomitanza con eventi piovosi intensi e protratti nel tempo.

La costruzione di imponenti manufatti e di strutture, anche recenti, di notevole impatto col sottosuolo, con la realizzazione di fondazioni profonde e palificate di contenimento, ha sicuramente indotto una modificazione delle condizioni naturali di deflusso della falda lungo il perimetro dell'area portuale, tanto che si segnalano da tempo frequenti fenomeni di rigurgito con risalita di acque sotterranee negli scantinati di vecchi edifici limitrofi alle aree oggetto di intervento che mai in passato avevano manifestato tali problemi e con l'attuale frequenza.

A ciò si aggiunga il recente innalzamento, dell'ordine di alcuni metri, dei livelli di falda dell'area urbana e soprattutto orientale di Napoli, che secondo studi di dettaglio tuttora in corso sarebbe legato all'interruzione degli emungimenti nelle aree industriali dismesse e del campo pozzi di Lufrano.

Lungo il litorale di San Giovanni i livelli idrici si rilevano tra 1,5 e 3,0 metri dal p.c., con deflussi orientati in direzione NE-SW (F. Celico, L. Esposito & M. Mancuso, 2001. "Complessità idrodinamica e idrochimica dell'area urbana di Napoli: scenari interpretativi").



### 3. PREVISIONI PROGETTUALI E MODELLO GEOLOGICO

Come anticipato nelle premesse, il progetto in questione prevede la rifunionalizzazione del sistema di raccolta delle acque di piattaforma e degli impianti fognari al servizio di una vasta area sita tra i quartieri di San Giovanni a Teduccio e Barra.

In particolare, nell'ambito dell'esistente stazione di sollevamento "Pollena" si prevedono nuove opere in cemento armato, necessarie per il funzionamento idraulico della stazione; tali opere consistono nella realizzazione di una cameretta in cemento armato posta ad una profondità di circa 3,00 m dal piano campagna ed avente dimensioni di circa 3,0x3,0 metri, ed un'altezza di 2,4 m circa.

Riguardo alle caratteristiche tecniche specifiche ed alle modalità esecutive, sia delle strutture portanti, che di quelle architettoniche, si rimanda ad ogni modo agli elaborati progettuali.

Al fine di definire lo specifico assetto stratigrafico e i principali aspetti di pericolosità geologica del sito, sono state prese in esame cartografie tematiche ed i risultati delle indagini geognostiche eseguite nell'ambito dell'area di sedime dell'impianto.

Le indagini sono state realizzate dalla scrivente GEOTEC S.r.l., che ha curato l'editing dei dati riportati negli allegati.

#### 3.1 Analisi dei risultati delle indagini geognostiche – Sondaggio stratigrafico

Ciò premesso, le indagini geognostiche e geofisiche eseguite hanno consentito di definire in dettaglio la sequenza litostratigrafica che affiora nel sito e che interferirà con le opere a farsi (cfr. allegato B – MODELLO GEOLOGICO).

Esse hanno confermato la grande variabilità, dal punto di vista dei litotipi presenti nel sottosuolo, che contraddistingue l'intera piana del Volla.

In sintesi, il sondaggio a carotaggio continuo ha restituito una successione, rappresentata entro i primi 30 metri di profondità da litotipi sia



incoerenti, che litoidi, questi ultimi intercettati a 16,20 metri dal p.c. (quota del piano di campagna, posta a +6,7 metri s.l.m.).

In dettaglio, sono stati rinvenuti inizialmente livelli sedimentari di origine alluvionale a granulometria sabbioso-limosa, separati da un paleosuolo a due orizzonti più grossolani di origine marina, da sabbiosi a ghiosi, contenenti questi ultimi ciottoli calcarei eterometrici.

I depositi alluvionali si presentavano alle osservazioni di campagna con variazioni granulometriche interne talora frequenti, in funzione del paleoambiente di posizione, delle variazioni di energia al momento della deposizione e del livello medio del mare degli ultimi 10.000 anni, connesse come riferito in precedenza anche a fenomeni di subsidenza e innalzamento che hanno interessato la piana del Volla.

I depositi marini poggiano su materiali piroclastici, rappresentati dalla quota di circa -16,0 metri da un tufo molto tenero a tessitura fine, in facies prima giallastra, poi grigiastra, quest'ultimo contenente numerose scorie laviche.

I materiali tufacei sono stati intercettati fino alla massima profondità raggiunta dal sondaggio, e sono di origine vesuviana (tufo vesuviano *auct.*).

Nel corso del sondaggio la falda idrica è stata rinvenuta a -5,00 metri dal p.c..

Per quanto concerne la descrizione di dettaglio dei litotipi rinvenuti nel sondaggio, si rimanda alla scheda stratigrafica allegata.

### 3.2 Analisi dei risultati delle indagini geognostiche – Prove in foro S.P.T.

Le prove S.P.T. sono state effettuate nei livelli sedimentari presenti a tetto del tufo vesuviano *auct.*.

Nel complesso sono state eseguite n° 3 prove in foro (cfr. tab. 1), come da programma, utilizzando il campionatore standard di tipo "Raymond" (a punta aperta), in funzione della natura prevalentemente limo-sabbiosa dei terreni indagati.

Prova S.P.T.	Profondità (m dal p.c.)	Nspt
S1SPT1	4.50-4.95	6-7-3/Nspt 10
S1SPT2	10.00-10.45	4-3-4 / Nspt 7
S1SPT3	16.00-16.30	17-Rif. (10 cm) / RIF

Tab. 1 – Profondità di esecuzione e risultati delle prove penetrometriche dinamiche SPT.

I dati ricavati dalle prove, cioè il numero dei colpi necessario alla massa battente per una penetrazione della punta di 30 cm (Nspt), sono stati diagrammati in funzione della profondità in fig. 3. I risultati completi sono riportati nella scheda stratigrafica, oltre che in maniera più organica nello specifico report in allegato C.

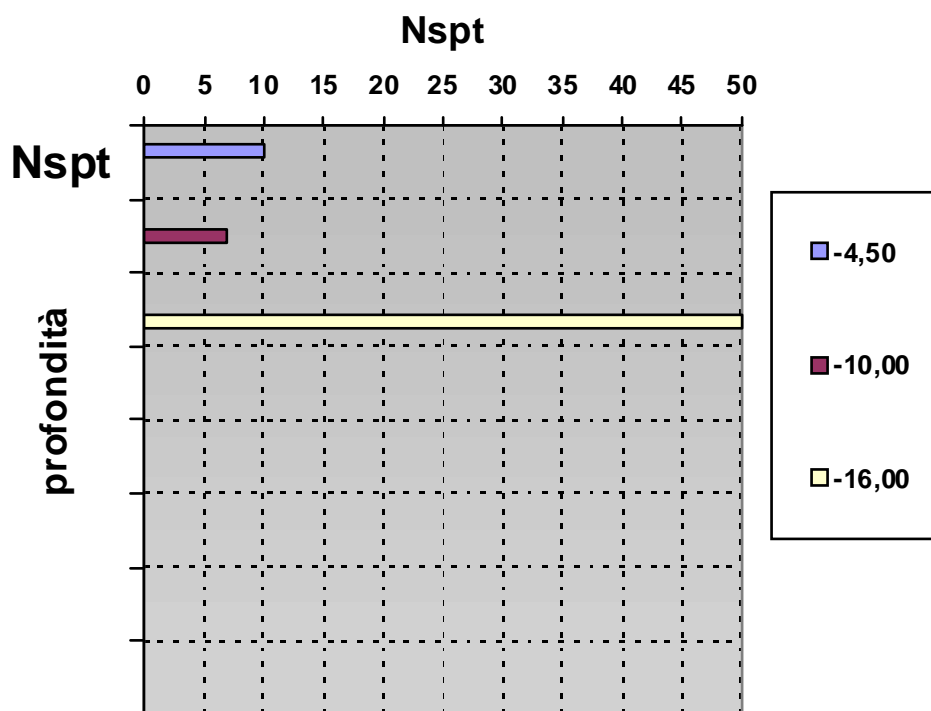


Fig. 3 – Grafico di restituzione delle prove penetrometriche discontinue S.P.T..

Nel report si forniscono altresì i dati elaborati per mezzo delle correlazioni empiriche correntemente in uso, al fine di determinare i principali parametri geotecnici di interesse progettuale (angolo di attrito  $\phi$ , densità relativa  $D_r$ , ecc.). Dette correlazioni potranno essere eventualmente verificate criticamente alla luce di altri fattori che intervengono nell'interpretazione dei dati di campagna e che esulano da questa sede.

Dalle prove in foro è emerso che le caratteristiche geomeccaniche dei depositi sedimentari intercettati durante la perforazione (cfr. allegato C) fino a -16,0 metri risultano discrete; infatti, in sostanza i termini sedimentari alluvionali hanno restituito un valore di  $N_{spt}$  pari a 10 colpi, che classifica il litotipo in questione come mediamente addensato (cfr. tab. 2), mentre le caratteristiche di resistenza delle sabbie marine in falda possono essere considerate analoghe proprio perché il dato di  $N_{spt}$  (pari a 7 colpi) risulta influenzato dalla falda idrica.

Numero di colpi $N_{spt}$	Stato di addensamento (terreni granulari)
<4	Sciolto
4 – 10	Poco addensato
10 – 30	Mediamente addensato
30 – 50	Addensato
> 50	Molto addensato

Tab. 2 – Tabella di correlazione tra  $N_{s.p.t.}$  e addensamento dei terreni (da A.G.I., 1977).

Le risultanze elaborate delle prove vengono sintetizzate nelle tabelle che seguono, dove sono state riportate le correlazioni ritenute più affidabili, in funzione delle litologie.

PROVA	S1-Spt1	S1-Spt2	S1-Spt3
<b>Profondità di prova</b>	4.50 – 4.95 m	10.00 – 10.45	16.00 – 16.30
<b>Terreno indagato</b>	Sabbia con limo alluvionale	Sabbia marina	Tufo semi-coerente
<b><math>N_{spt}</math></b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>RIF.</b>
<b>Peso di volume <math>\gamma</math> (g/cm<sup>3</sup>) (Meyerhof)</b>	1.7	1.7	/
<b>Angolo di attrito <math>\phi'</math> (°) (Sowers)</b>	30	31	/
<b>Densità relativa <math>D_r</math> (%) (Gibbs &amp; Holtz, 1957)</b>	60	55	/

Tab. 3 – Elaborazione in chiave geomeccanica delle prove S.P.T. sondaggio S1.

### **3.3) MODELLO GEOLOGICO DI SINTESI**

L'insieme dei dati geologico-stratigrafici e geotecnici acquisiti, sia dalla cartografia tematica, che da prove in sito effettuate dalla scrivente, oltre che da indagini pregresse, consente di definire un modello geologico del sottosuolo del sito a cui potrà riferirsi la Relazione geotecnica ed i relativi calcoli in fondazione.



In sintesi, pur nella tipica variabilità che contraddistingue i terreni di origine piroclastico-alluvionale che affiorano in Piana Campana (cfr. § 2), dai pochi dati disponibili possono essere individuati, per le profondità di interesse ai fini delle verifiche geotecniche (30 m), due strati:

- ✓ un primo strato (A), costituito da **sabbie e ghiaie**, da poco a mediamente addensate, presente con spessore di circa 15-16 metri, dalle caratteristiche meccaniche discrete;
- ✓ un secondo strato (B) di **materiali a consistenza da semi-litoide a litoide**, dalle tipiche caratteristiche di una roccia tenera (tufo), con superficie di tetto posta a -16/16,00 metri dal piano di riferimento della perforazione S1;

	LITOTIPO A	LITOTIPO B
<b>Descrizione litologica</b>	Sabbie e ghiaie costiere	Tufo
<b>Profondità</b>	0,0-15,0 m dal p.r.	15,0-30,0 m dal p.r.
<b>Nspt</b>	8-15	>50
<b>Peso di volume <math>\gamma</math> (g/cm<sup>3</sup>) (Meyerhof)</b>	1.7-1.8	/
<b>Coesione c (KPa)</b>	0-20	/
<b>Angolo di attrito (°)</b>	29-32	/

Tab. 4 – Modello geologico-tecnico di sintesi del sito "Pollena" (fino a 30m ) – via Taverna del Ferro (NA).

Si sottolinea il valore indicativo della modellazione geologica e geotecnica appena fornita, ricostruita sulla base dei soli dati disponibili e, soprattutto, in relazione agli specifici obiettivi dell'incarico di cui in premessa; a riguardo, si sottolinea che per quanto riguarda la definizione dei principali parametri geotecnici dei terreni rinvenuti nel corso delle indagini non sono state impiegate prove di laboratorio, per una richiesta economia dei lavori.

## 4. CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

Come anticipato nelle premesse, scopo del presente studio è la valutazione della pericolosità geologica del sito ai sensi delle N.T.C. 2008.

Tra i principali aspetti di pericolosità, rientra quello sismico.

La pericolosità sismica può definirsi, anche se in maniera semplicistica, come la "probabilità che in determinato territorio in un determinato periodo di tempo ( $V_r$  periodo di riferimento) possa registrarsi un evento tellurico".

Nell'area in esame, essa scaturisce dalla sua vicinanza relativa all'Appennino Campano, che rappresenta una delle zone a più alta pericolosità sismica di tutta la penisola italiana.

Ciò premesso, vista la necessità di preservare nel tempo l'integrità delle opere previste, si forniscono di seguito gli elementi di competenza per la valutazione, che sarà contenuta nella relazione geotecnica a cura del progettista, delle azioni sismiche secondo le N.T.C. 2008.

### 4.1) Sismicità del sito e azioni sismiche

Dopo le prime classificazioni sismiche del territorio italiano e campano (macrozonazioni basate su tre categorie), gli eventi sismici di San Giuliano (2002) e la più recente revisione della classificazione sismica regionale (D.G.R. 5447 del 07/11/2002), l'O.P.C.M. 3274/2003 ha suddiviso il territorio italiano in zone caratterizzate da differenti livelli di rischio sismico.

- zona sismica 1
- zona sismica 2
- zona sismica 3
- zona sismica 4

Per queste zone le norme indicano quattro valori di accelerazione orizzontale (ag/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. In particolare, ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo **ag**, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

**GEOTEC S.r.l. – Servizi di Ingegneria & Territorio**

NAPOLI: via Consalvo 169 is. 8 - 80125 / Telefax +39 081 19363750

ROMA: via Monza, 32 – 00182 / Tel. +39 06 99291410 / fax: +39 06 62201346

[www.geo-tec.it](http://www.geo-tec.it)

Pertanto, l'Ordinanza 3274/2003 ha introdotto le "categorie" sismiche in luogo delle vecchie "Zone", categorie per le quali sono state fissate soglie di PGA (Peak Ground Acceleration), ovvero di accelerazione orizzontale massima del suolo, che esprime il movimento del terreno, e rappresenta la forza orizzontale che un edificio deve sopportare durante un terremoto. Essa è espressa in rapporto all'accelerazione di gravità ( $g=9,8\text{m/s}^2$ ).

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag/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

Rispetto alle vecchie classificazioni, fu introdotta la Zona 4 per le aree precedentemente non classificate, cosicché da quel momento tutto il territorio nazionale risulta oggi sismico, sia pure con gradi di pericolosità molto diversi.

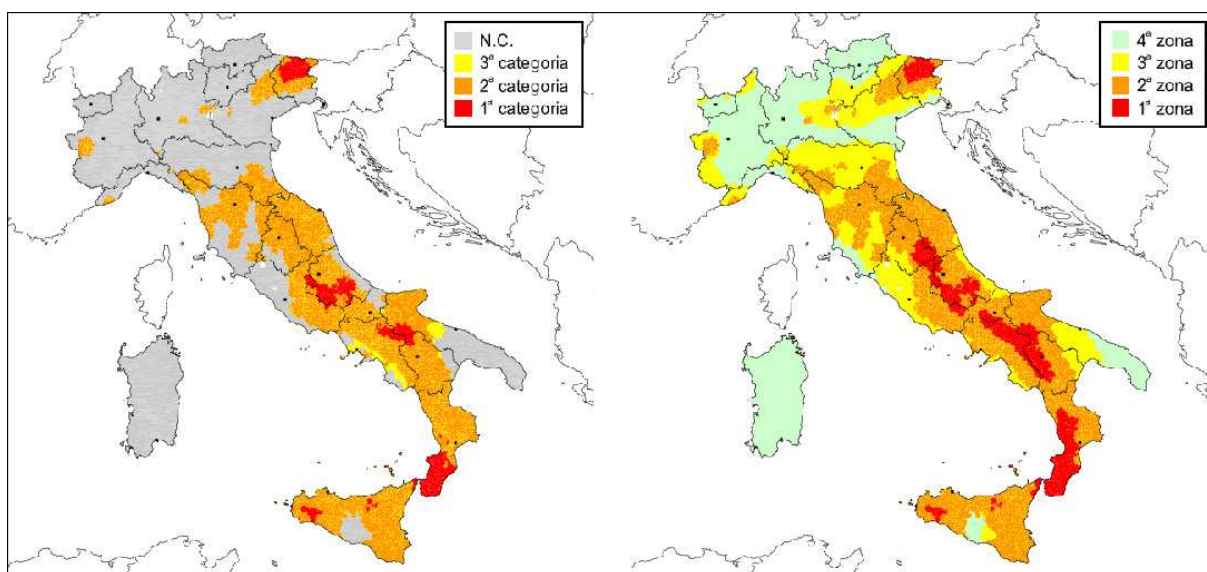
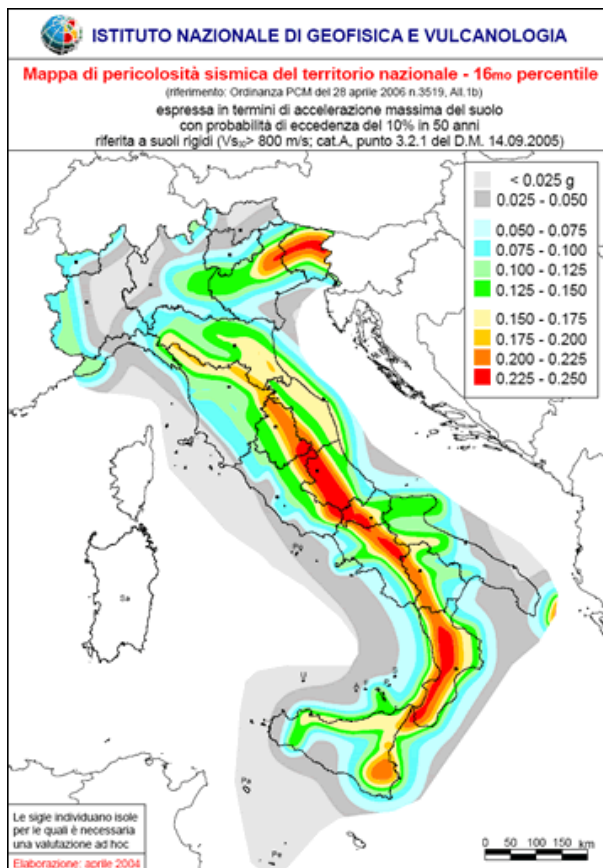


Fig. 4: Confronto tra la vecchia e la nuova classificazione sismica nazionale.

Una delle novità più importanti delle N.T.C. 2008 ha riguardato la valutazione delle azioni sismiche, che non vengono più definite sulla base delle "Zone" individuate nell'O.P.C.M. 3274/2003, bensì determinate puntualmente per ogni sito.

Attribuire ad un sito una determinata pericolosità sismica, significa stabilire norme vincolanti per le costruzioni, di severità proporzionata al terremoto ed alle prestazioni attese.



L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi Stati limite che entrano nella progettazione esecutiva secondo le N.T.C. 2008 viene definita partendo dall'azione sismica di base del sito di costruzione.

In particolare, l'azione sismica di riferimento per ogni progettazione è definita sulla base delle stime di pericolosità sismica per il territorio nazionale, secondo una griglia regolare di nodi individuate dall'I.N.G.V e il Dipartimento di Protezione Civile; essa è descritta sotto forma di spettro di risposta elastico in accelerazione e spettro di progetto.

Quindi, per la stima della pericolosità sismica il primo passo consiste nella determinazione di **a<sub>g</sub>** (accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido) mediante la conoscenza esatta dell'ubicazione dell'opera a farsi.

Conoscendo il coefficiente e la classe d'uso dell'opera, la sua vita nominale e la categoria di sottosuolo si determinano i principali parametri sismici che entrano nella progettazione.

Per categoria di sottosuolo si intendono le categorie che l'O.P.C.M. n° 3274/2003 ha introdotto per la definizione dell'azione sismica di progetto. L'O.P.C.M. prevede 5 categorie principali (dalla A alla E), a cui ne sono aggiunte altre 2 (S1 ed S2 per le quali sono richiesti studi speciali per definire l'azione sismica da considerare).

La classificazione può essere basata sulla stima dei valori della velocità media delle onde sismiche di taglio  $V_s$  nei primi 30 metri, ovvero sul numero medio di colpi  $N_{SPT}$  ottenuti in una prova penetrometrica dinamica, ovvero sulla coesione non drenata media  $c_u$ .

Il parametro  $V_{s30}$  rappresenta quindi la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 metri di profondità (al di sotto del piano di fondazione) ed è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = 30 / \sum_{1}^n h_1 / V_1$$

dove  $h_1$  e  $V_1$  indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ esimo per un totale di  $N$  strati presenti nei 30 metri superiori.

Il D.M. 14 gennaio 2008, entrato definitivamente in vigore dopo gli eventi dell'Aquila il 01/07/2009, ha recepito sostanzialmente, per gli aspetti della progettazione antisismica, quanto già introdotto nell'Ordinanza 3274; in essa acquistano assoluta importanza gli *effetti di sito*, non di zona, ossia quelle condizioni che portano ad una amplificazione delle onde sismiche, e quindi della pericolosità del terremoto, a livello locale (azioni sismiche), che dipendono dal tipo di terreno presente nel sottosuolo.

Classe	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ( $N_{spt,30} > 50$ nei terreni a grana grossa o $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ compresi fra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{spt,30} < 50$ nei terreni a grana grossa, $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati oppure di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ( $N_{spt,30} < 15$ nei terreni a grana grossa, $c_{u30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, giacenti su un substrato di riferimento ( $V_{s30} > 800$ m/s).

Tab. 5 – Classificazione dei suoli di cui alle N.T.C. 2008.



Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

Classe	Descrizione
A	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s30}$ inferiori a 100 m/s (o $10 < c_{u30} < 20$ ), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.
B	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria non rientrante nelle classi precedenti.

Tab. 6 – Ulteriori classi sismiche di cui alle N.T.C. 2008.

In sintesi, i parametri sismici che occorre determinare per la definizione delle forme spettrali sono:

- **Ag:** *Accelerazione orizzontale massima al sito*;
- **Fo:** *massimo valore del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale*;
- **Tc:** *periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale*.

I parametri suddetti si desumono, come visto, conoscendo l'ubicazione dell'opera, e saranno dipendenti dal periodo di ritorno del terremoto di riferimento, dallo stato limite considerato, nonché dalla vita nominale della futura costruzione.

Per la determinazione del parametro Ag, di natura strettamente geologica, occorre assegnare al sito in esame la categoria di suolo, cui si risale come già riferito attraverso la velocità delle onde  $V_s$  se disponibile, altrimenti sulla base del valore di  $N_{SPT}$  (per terreni prevalentemente granulari) ovvero di  $c_u$  (per terreni prevalentemente coesivi).

Nel caso in esame, è stata eseguita una prova sismica "down-hole", le cui risultanze vengono esposte nel paragrafo a seguire, oltre che nello specifico report allegato (allegato D).

#### 4.2) Analisi dei risultati della prova sismica "down-hole"

Sulla base di tali premesse, per la classificazione del sito sulla base del  $V_{s30}$  ai fini della determinazione dell'azione sismica, è stata eseguita una prova sismica in foro "down-hole".

La prova "down-hole" consente di investigare i terreni per le profondità di interesse geotecnica e di caratterizzarli sismicamente, determinandone le principali proprietà elastiche.

Le tecnica consiste nell'energizzare il terreno in superficie, ed acquisire l'arrivo dei treni d'onda che si generano per mezzo di una tripletta di geofoni calati in un preforo; il passo delle misure è scelto in funzione del grado di dettaglio che si vuole ottenere; nel caso in esame, si è operato con passo di 2 metri, ritenuto sufficiente.

Per l'energizzazione del suolo è stata impiegata una massa di 8 Kg battente su piastra circolare in acciaio (per la generazione delle onde di compressione P), oppure su una trave di legno tenuta ferma con un veicolo, colpita lateralmente con un martello per la generazione delle onde di taglio S; infatti colpendo lateralmente la trave, si applica uno sforzo di taglio al suolo e onde prevalentemente trasversali si muovono perpendicolarmente alla medesima trave verso il geofono.

In dettaglio, nota la distanza compresa tra l'asse del foro ed il punto di energizzazione in superficie (detto offset), per ciascun punto di registrazione sono stati desunti i segnali sismici (sismogrammi) a varie profondità, dai quali è stato possibile misurare i tempi di arrivo delle onde longitudinali P e trasversali S; nota la distanza dal punto di energizzazione, sono state ricavate le velocità.

Successivamente, dalla conoscenza delle velocità delle onde P ed S lungo la profondità nei mezzi investigati, è stato possibile effettuare la conseguente stima dei principali moduli dinamici utilizzando la densità bifase del mezzo ( $\rho$ ), data dal rapporto fra il peso di volume e l'accelerazione di gravità (g), impiegando le seguenti espressioni:

⇒ **Modulo di Young (E)** [Kg/cm<sup>2</sup>]

$$E = \rho * V_s^2 \frac{3 \cdot V_p^2 - 4 \cdot V_s^2}{V_p^2 - V_s^2};$$

⇒ **Modulo di deformazione a taglio o Rigidità (Gd)** [kg/cm<sup>2</sup>];  $G = \rho * V_s^2$

⇒ **Modulo di Incompressibilità (K)** [kg/cm<sup>2</sup>];

$$K = \rho * \left( V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$

⇒ **Coefficiente di Poisson (Yn)**

$$\nu = \frac{\left[ 0.5 * \left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1 \right]}{\left[ \left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1 \right]}.$$

Sulla base di considerazioni di carattere sismico e geologico, è stata effettuata infine una discretizzazione in strati omogenei dal punto di vista della risposta sismica locale, individuate le proprietà elastiche per ciascuno strato, e ricavato il valore del  $V_{s30}$ , così come definito dalla normativa di cui al D.M. 14/01/2008:

$$V_{s30} = 30 / \sum_1^n h_i / V_i \cong \mathbf{333 \text{ m/sec}}$$

Categorie suolo di fondazione	
A	$V_{s30} > 800 \text{ m/s}$
B	$360 \text{ m/s} < V_{s30} < 800 \text{ m/s}$
<b>C</b>	<b><math>180 \text{ m/s} &lt; V_{s30} &lt; 360 \text{ m/s}</math></b>
D	$V_{s30} < 180 \text{ m/s}$
E	Alluvioni di spessore tra 5 e 20 m con $V_{s30}$ simili a C e D su substrato rigido con $V_s > 800 \text{ m/s}$
S1	$V_{s30} < 100 \text{ m/s}$
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione non classificabili nei tipi precedenti

Pertanto, si giunge alla conclusione che i terreni presenti nel sottosuolo sono ascrivibili alla tipologia di suolo della Categoria C: *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti"*, nei quali si registra un miglioramento delle proprietà elastiche con la profondità

Per i sismogrammi e le elaborazioni grafiche di dettaglio, si rimanda allo specifico report in allegato D.

## 5. CONCLUSIONI E INDICAZIONI PROGETTUALI

Dopo aver commentato nei precedenti paragrafi le risultanze delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite, di seguito ne vengono riepilogati i risultati, espressi in termini di compatibilità geologica delle opere a farsi in ordine ai seguenti fattori di rischio:

- ✓ **aspetti geotecnici** (tipologie fondali da realizzarsi per le relative problematiche quali presenza di cavità, cedimenti, verifiche agli stati limite, liquefazioni, ecc.);
- ✓ **Pericolosità geomorfologica** (stabilità morfologica dell'area);
- ✓ **Pericolosità idrogeologica** (alluvionamenti, esondazioni, ecc.);
- ✓ **Pericolosità sismica** (effetto di terremoti).

In merito agli aspetti geotecnici, le prove in sito prese in esame, illustrate negli allegati B e C, hanno consentito di determinare i principali parametri geotecnici attribuibili ai singoli litotipi di interesse geotecnico. Tali parametri consentiranno la successiva elaborazione del modello geotecnico di riferimento; infatti, il progettista avrà modo di verificare le informazioni desunte dalle prove, determinare in ultima analisi i parametri di progetto, nonché valutare le conseguenti soluzioni progettuali più corrette ed efficaci, alla luce di specifici fattori che esulano da questa sede.

In prima analisi, l'insieme delle indagini effettuate, come ampiamente descritto in precedenza, restituisce uno schema geologico preliminare del sottosuolo entro i primi 30 metri di profondità a due strati:

- un primo strato, costituito da sabbie e ghiaie costiere, di origine piroclastico-alluvionale e marina, presente nel complesso con spessori di 15,00/6,00 metri, dalle caratteristiche meccaniche variabili e da ritenersi nel complesso discrete (peso di volume 1,7-1,8 Kg/cmc, densità relativa  $55\% < D_r < 65\%$ , angoli di attrito interno tali che  $29^\circ < \varphi < 32^\circ$  ma coesione molto modesta);
- un secondo strato corrispondente al tufo vesuviano, da semicoerente a coerente.

Premesso che le indagini eseguite hanno risentito di una richiesta economia dei lavori, queste hanno messo in evidenza che le proprietà fisico-meccaniche dei depositi indagati sono soddisfacenti alla realizzazione delle opere in progetto, anche se andranno eventualmente valutati i rischi legati alla liquefazione dei terreni sabbiosi in falda.

Nel sito di indagine non vi sono rischi legati alla presenza di cavità sotterranee intese come ambienti ipogei con volumi definiti, ma solo eventuali fenomeni di erosione interna dei materiali sciolti di cui si compone il sottosuolo a causa di moti di filtrazione idrica sotterranei.

Dal punto di vista della pericolosità geomorfologica, la morfologia pianeggiante dei luoghi non implica l'esistenza di rischi legati a frane o instabilità del terreno connessa a movimenti di versante;

Per quanto concerne la pericolosità idrogeologica e idraulica, la falda idrica di base si livella a circa 5,0 metri dal p.c. e potrebbe interessare le opere in fondazione in considerazione delle sue oscillazioni talora notevoli. Inoltre, in allegato A si fornisce anche uno stralcio della carta del rischio idraulico, da dove si evince che l'area di interesse si sviluppa lungo un canalone, ormai tombato, del più ampio reticolo del Volla. Ciò a testimonianza dell'origine alluvionale del sito, dove sono frequenti fenomeni di allagamento legati a quel carente drenaggio nella locale rete fognaria delle acque di precipitazione atmosferica, a cui il progetto vuole far fronte.

Riguardo infine alla pericolosità sismica, si rimanda alla trattazione di cui al § 4 e alle elaborazioni in allegato per la illustrazione dei principali parametri sismici dei terreni che, unitamente alla classe di suolo C, il progettista avrà modo di utilizzare ai fini di una progettazione che tenga conto delle più recenti normative in materia di costruzioni in aree sismiche.

Napoli, 19 dicembre 2013

GEOTEC S.r.l.  
***Il Geologo:***

Dr. Geol. Marco Mancuso



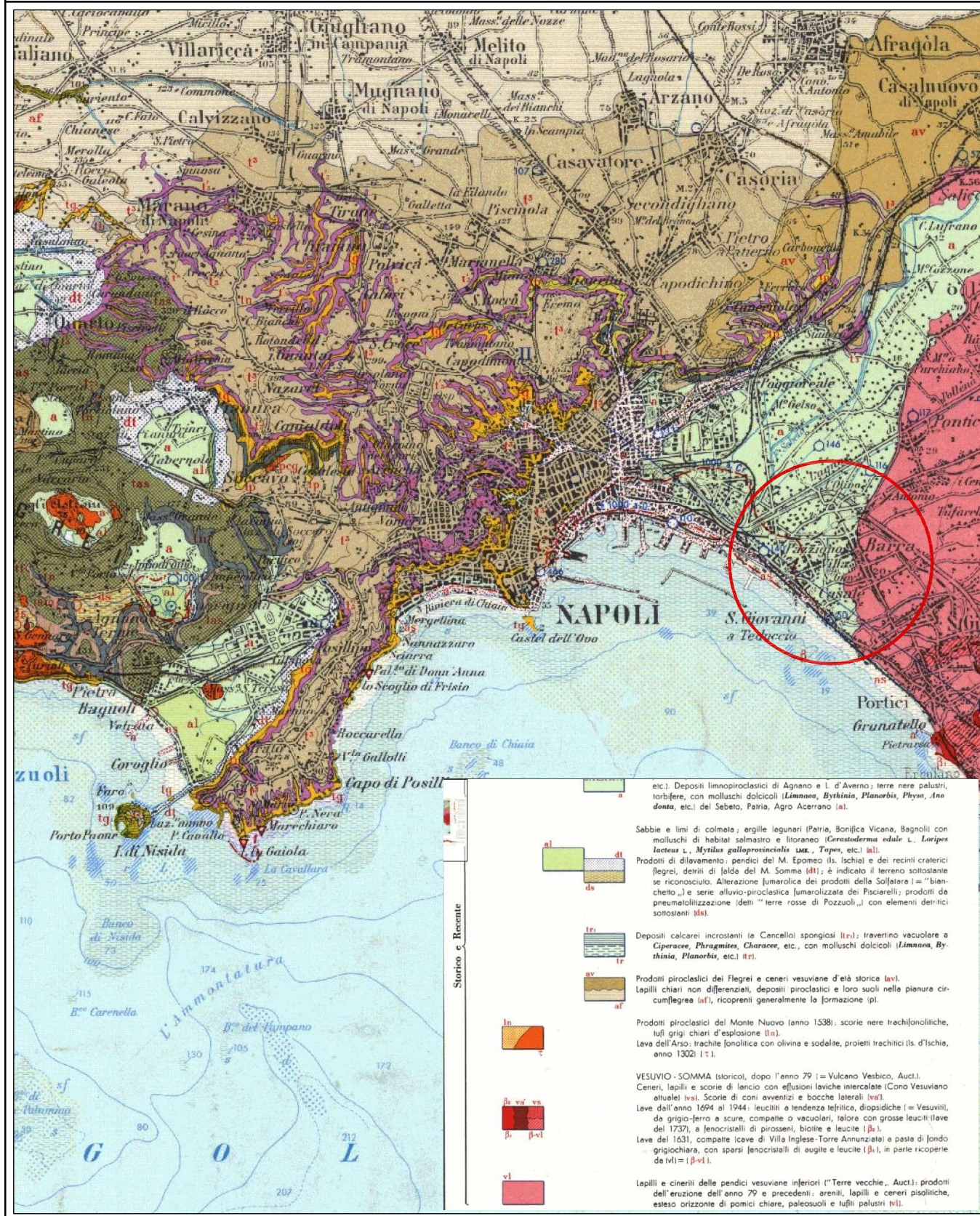
# ALLEGATO A

## Stralci cartografici di riferimento e ubicazione dell'intervento



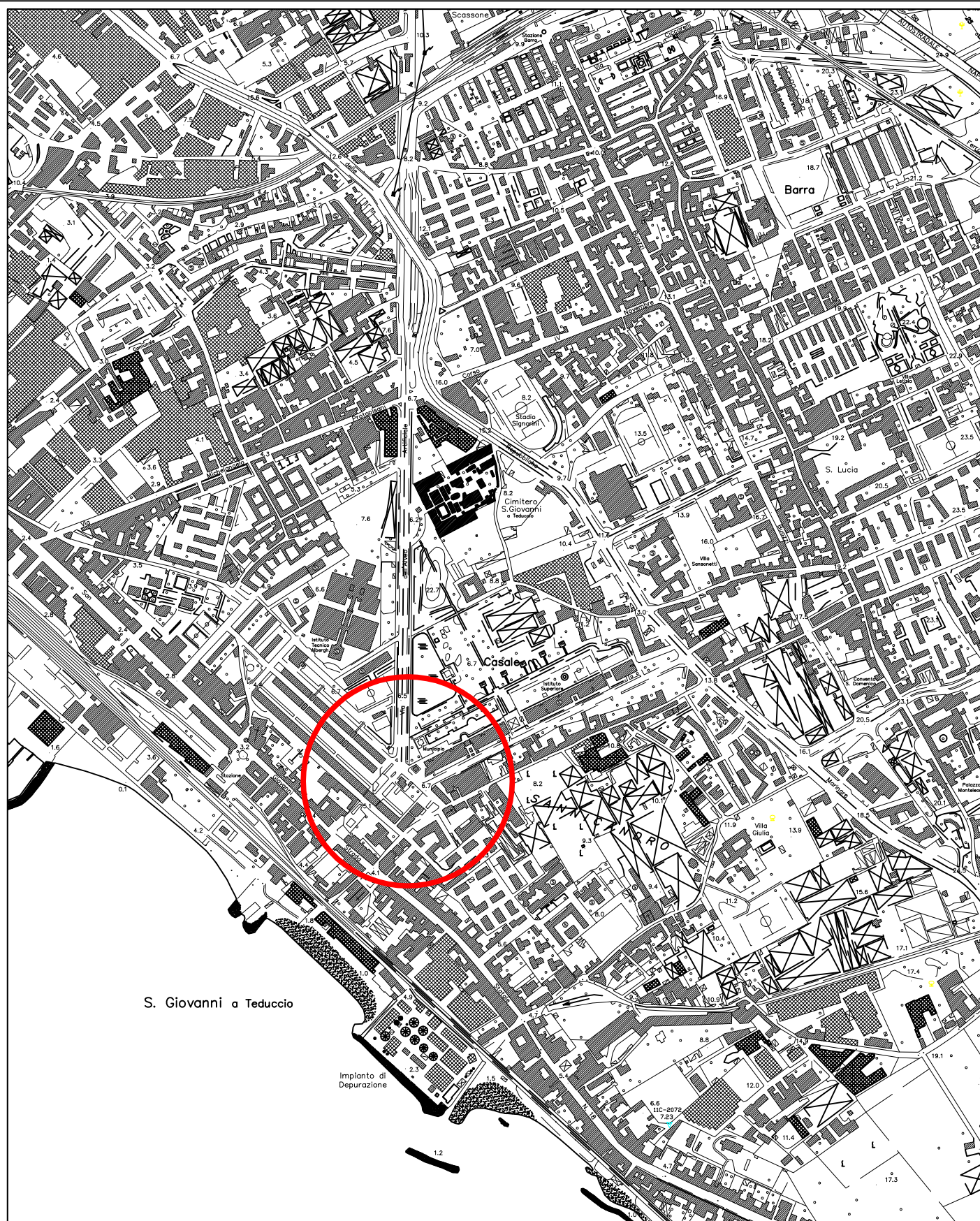
Tav. 1 - Carta Geologica d'Italia in scala 1: 100.000 (con l'area in studio)

(dal foglio n° 183-184 "Isola d'Ischia-Napoli")





Tav. 2 - Inquadramento territoriale in scala 1: 10.000  
(con l'area in studio)



## Tav. 3 - Carta del Rischio e della Pericolosità Idraulica (con l'area in studio)

(dal foglio n°447160 della Carta Rischio Idraulico aggiornata al 2010 dell'Aut. di Bacino N.O.della Campania)



### CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO

#### Legenda

##### Fenomeni da allagamento per esondazione

- R4 Rischio molto elevato
- R3 Rischio elevato
- R2 Rischio medio
- R1 Rischio moderato

- ▲ Punti/fasce di possibile crisi idraulica localizzata/diffusa dovuta a: fitta vegetazione in alveo, presenza di rifiuti solidi, riduzione di sezione, sponde danneggiate (\*)
- Area ad elevata suscettibilità di allagamento ubicata al piede dei valloni (\*)

- Vasca - Limite di bacino artificiale
- Linea di imfluvio incerto
- Reticolo idrografico
- Tratto tombato
- Alveo strada
- Aste montane incise con tratti di possibile crisi per piene repentine/colate detritiche/alluvioni di conoidi
- Limite comunale
- Limite di provinciale
- Limite dell'Autorità di Bacino

### CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA

#### Legenda

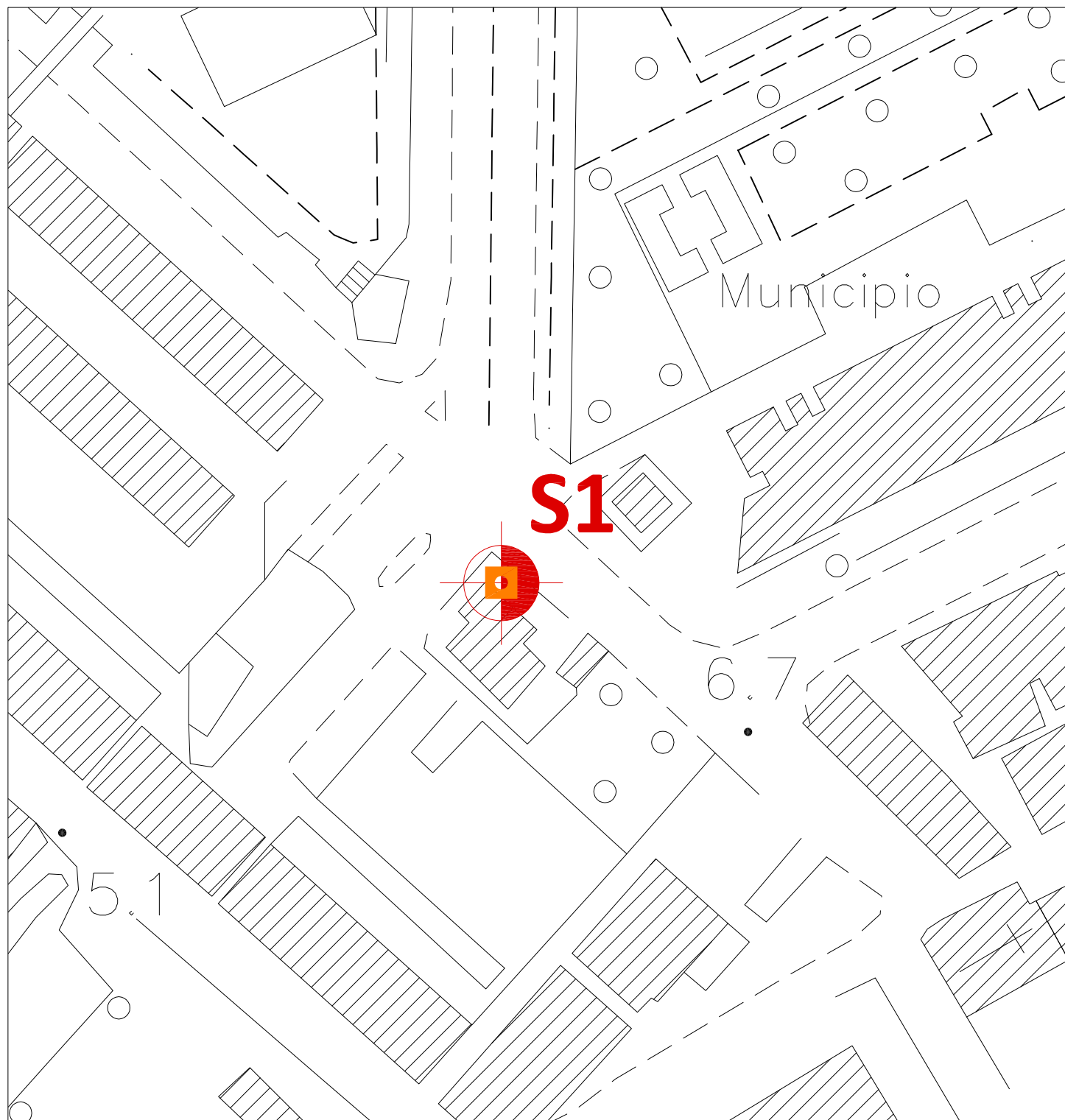
##### Fenomeni da allagamento per esondazione

- P4 Area a pericolosità molto elevata ( $T=20, 100$  anni;  $h>1m$ )
- P3 Area a pericolosità elevata ( $T=20$  anni;  $0.50m<h<1m$ )
- P2 Area a pericolosità media ( $T=20$  anni;  $h<0.50m$ )
- P1 Area a pericolosità moderata ( $T=100, 300$  anni;  $0.50m<h<1m$ )
- P0 Area a pericolosità moderata ( $T=100, 300$  anni;  $h<0.50m$ )
- Pa Area a suscettibilità alta per fenomeni di trasporto liquido e trasporto solido da alluvionamento, riconosciuta su base geomorfologica, stratigrafica e da dati storici per la presenza di conoidi attivi a composizione prevalentemente ghiaioso-sabbiosa.
- Pm Area a suscettibilità media per fenomeni di trasporto liquido e trasporto solido da alluvionamento, riconosciuta su base geomorfologica e stratigrafica per la presenza di settori distali e di conoidi attivi a composizione prevalentemente sabbiosa.
- Pb Area a suscettibilità bassa di invasione per fenomeni diffusi di trasporto liquido e trasporto solido da alluvionamento di prevalente composizione sabbioso-limoso.
- P0 Conche endoreiche e/o zone a falda sub-affiorante.
- ▲ Punti/fasce di possibile crisi idraulica localizzata/diffusa dovuta a: fitta vegetazione in alveo, presenza di rifiuti solidi, riduzione di sezione, sponde danneggiate (\*)
- Area ad elevata suscettibilità di allagamento ubicata al piede dei valloni (\*)
- Vasca - Limite di bacino artificiale
- Linea di imfluvio incerto
- Reticolo idrografico
- Tratto tombato
- Alveo strada
- Aste montane incise con tratti di possibile crisi per piene repentine/colate detritiche/alluvioni di conoidi
- Limite comunale
- Limite di provinciale
- Limite dell'Autorità di Bacino

La valutazione della pericolosità in questa area è stata effettuata tenendo conto dei risultati degli studi del Commissariato di Governo per l'Emergenza Idrogeologica

Area di approfondimento (Commissariato di Governo per l'Emergenza Idrogeologica)

## Ubicazione delle indagini effettuate (sito Pollena)



### LEGENDA



Sondaggio geognostico a carotaggio continuo con annesse prove SPT



Prova sismica in foro di tipo "Down hole"



SCALA 1: 1.000

# ALLEGATO B

## Stratigrafia di sondaggio (Modello Geologico)



Sondaggio S1	Committente Comune di Napoli	Quota ass. P.C. 6.7 m s.l.m.	Certificato n° 2013/28a/S1	Pagina 1/1
Cantiere impianto "Pollena"	Indagine Rifunionalizzazione sistema fognario	Coordinate X Y 14°18'43.8" E - 40°49'53.6" N	Inizio/Fine Esecuzione 7-9/12/13	
Località Via Taverna del Ferro	Profondità raggiunta 30 mt	Tipo Carotaggio Continuo	Note	Tipo Sonda Franza MAF550

Scala (mt)	Litologia	DESCRIZIONE	Quota	%Carotaggio R.Q.D.	S.P.T. (n° Colpi)	Campioni	Metodo Peforaz.	Metodo Stabilizzaz.	Cass. Catalog.	Falda di rinv.	Down hole
-1		PAVIMENTAZIONE STRADALE in conglomerato bituminoso e cls. TERRENO DI RIPORTO rappresentato da un deposito piroclastico di colore marroncino, a grana sabbiosa, contenente pomici grigiastre e frammenti di laterizi (fi max 4cm). Materiale umido, poco addensato.	-0.40 -1.50	%C=90			(CS) (CS) (CS)				
-2		SABBIA CON LIMO di colore grigiastro, contenente numerose pomici grigiastre di dimensioni eterometriche anche pluricentriche (fi max 5cm), di forma da arrotondata (quelle più minute) a non arrotondata (le grossolane). Materiale da umido a saturo, mediamente addensato.		%C=80	6-7-3:10 -4.50 PA		(CS) (CS) (CS)		C1 -5.00	-5.00	
-7		PALEOSUOLO di colore grigio scuro-bunastro, a grana sabbioso-limosa,	-7.50 -8.00	%C=100			(CS) (CS)				
-8		SABBIA (ambiente marino?) grossolana debolmente limosa, a tratti francamente limosa, di colore grigiastro. Alla base dello strato la granulometria diviene sabbiosa debolmente ghiaiosa. Materiale saturo, poco addensato.		%C=100	4-3-4:7 -10.00 PA		(CS) (CS)		C2 -10.00	-10.00	
-11		GHIAIA SABBIOSA (ambiente marino?) di colore grigiastro, contenente ciottoli calcarei eterometrici (fi max 4cm). Materiale saturo, da poco a mediamente addensato.	-11.50	%C=90			(CS) (CS)		C3 -15.00	-15.00	
-16		TUFO (Tufo vesuviano auct.?) in facies gialla, a tessitura fine, costituito da una matrice cineritica litificata a grana sabbioso-limosa, contenente numerosi pomici grigio chiari ed inerti lavici.	-16.20	%C=90	17-rif 10cm -16.00 PA		(CS) (CS) (CS)		C4 -20.00	-20.00	
-27		TUFO (Tufo vesuviano auct.?) in facies grigio scura, a tessitura fine, costituito da una matrice cineritica litificata a grana sabbioso-limosa, contenente numerose scorie laviche.	-27.00	%C=90			(CS) (CS) (CS)		C5 -25.00	-25.00	
-30		FINE SONDAGGIO.	-30.00 -30.50				(CS) (CS)	(RM)	C6 -30.00	-30.00	

Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT  
Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande  
Perforazione: CS-Carotiere Semplice, CD-Carotiere Doppio, EC-Elica Continua  
Stabilizzazione: RM-Rivestimento Metallico, FB-Fanghi Betonitici  
Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa  
Carotaggio: Continuo

Il geologo rilevatore

Il direttore tecnico

# ALLEGATO C

## Prove in foro S.P.T.

## **PROVA PENETROMETRICA IN FORO SPT** **SONDAGGIO GEOGNOSTICO IMPIANTO POLLENA**

Strumento utilizzato  
Prova eseguita in data  
Falda

PROVE SPT IN FORO  
7/12/2013  
non rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi
4,65	6
4,80	7
4,95	3
10,15	4
10,30	3
10,45	4
16,15	17
16,30	Rif. 10cm
16,45	

### **STIMA PARAMETRI GEOTECNICI (Terreni incoerenti)**

#### **Densità relativa**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	10	4,95	10	Gibbs & Holtz 1957	62,52
Strato 2	7	10,45	11	Gibbs & Holtz 1957	54,73

#### **Angolo di resistenza al taglio**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	10	4,95	10	Sowers (1961)	30,8
Strato 2	7	10,45	11	Sowers (1961)	31,08

#### **Classificazione AGI**

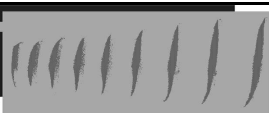
	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
Strato 1	10	4,95	10	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
Strato 2	7	10,45	11	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

#### **Peso unità di volume**

	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
Strato 1	10	4,95	10	Meyerhof ed altri	1,73
Strato 2	7	10,45	11	Meyerhof ed altri	1,76

# ALLEGATO D

## Prova sismica "down-hole"



## PROVA SISMICA DI TIPO DOWN HOLE

### ELABORAZIONE DATI

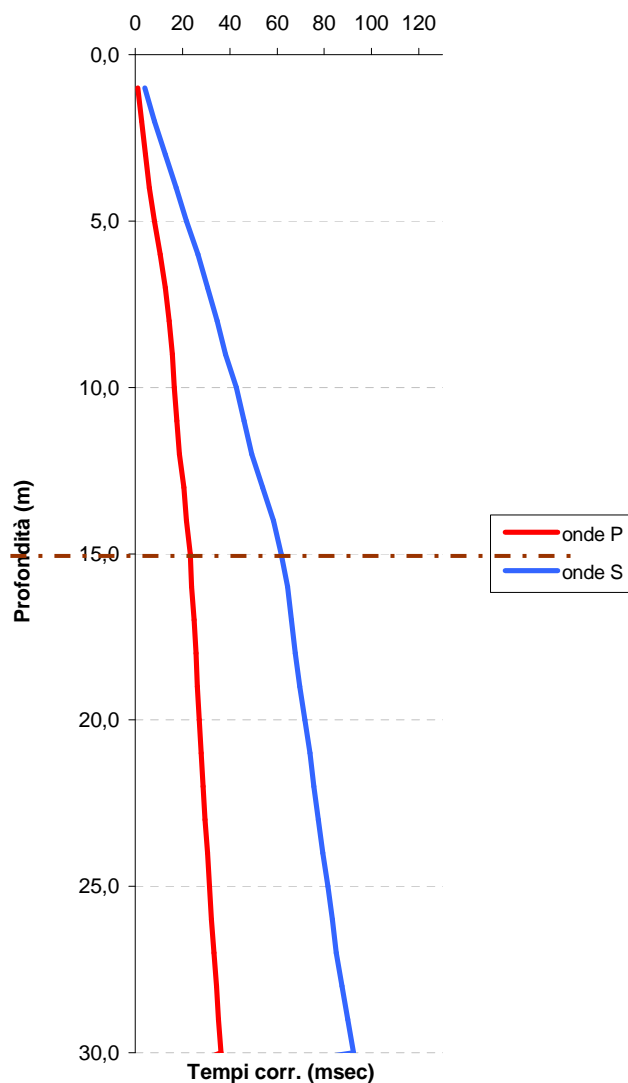
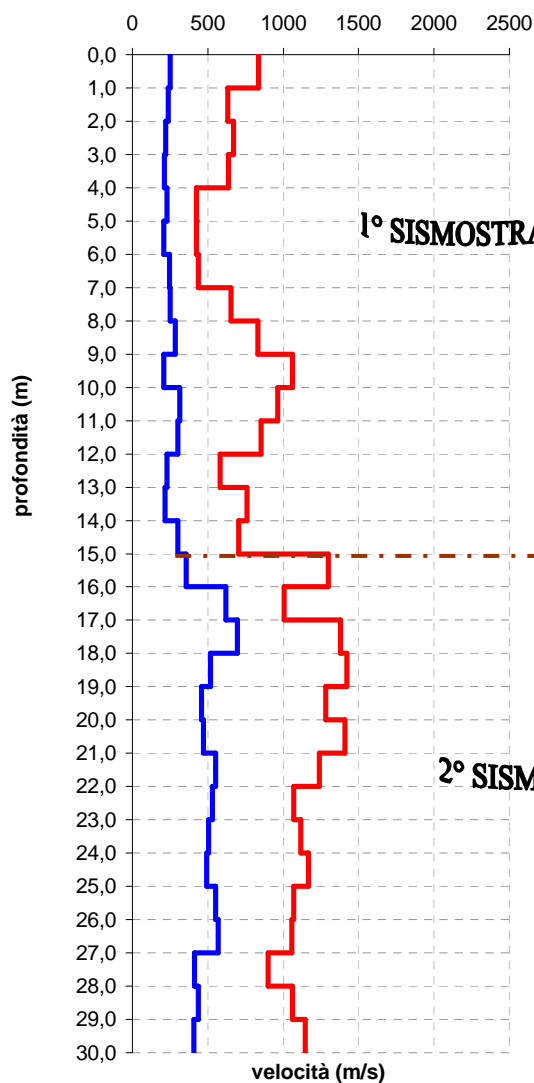
Committente:	Comune di Napoli	Rapporto n°:	2013/28a/DH1	Sondaggio:	S1
Oggetto:	Rifunzionalizz. sistema fognario	Distanza battuta (m):	2,00	Profondità foro (m):	30,00
Località:	"Pollena" - San Giovanni (NA)	1° lettura tempi (m dal p.c.):	1,00	Profondità substrato (m):	
Data:	13/12/2013	Passo letture (m):	1,00	Falda (m s.l.m.):	Presente

DATI SPERIMENTALI						VALORI CALCOLATI					
Profondità misure dal p.c. m	Tempi onde Vp speriment msec	Tempi onde Vp corretti msec	Tempi onde Vs speriment msec	Tempi onde Vs corretti msec	Peso volume Bibliografici g/cmc	Velocità onde Vp m/sec	Velocità onde Vs m/sec	Coeff. di Poisson n	Modulo di incompr. K Kg/cmq	Modulo di Young E Kg/cmq	Modulo di taglio Gd Kg/cmq
0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1,0	2,67	1,19	8,86	3,96	1,60	837	252	0,45	9863,11	2956	1019,11
2,0	3,93	2,78	11,53	8,15	1,60	631	239	0,42	5155,12	2581	911,091
3,0	5,13	4,27	15,20	12,65	1,60	671	223	0,44	6155,63	2279	792,156
4,0	6,53	5,84	19,41	17,36	1,60	636	212	0,44	5512,9	2070	720,115
5,0	8,83	8,20	23,42	21,74	1,60	424	228	0,30	1768,06	2159	832,455
6,0	11,13	10,56	27,97	26,53	1,60	424	209	0,34	1941,88	1869	697,42
7,0	13,37	12,86	31,84	30,61	1,60	435	245	0,27	1751,79	2437	961,051
8,0	14,83	14,39	35,66	34,60	1,60	653	251	0,41	5473,84	2854	1009,89
9,0	15,97	15,59	39,04	38,11	1,60	832	284	0,43	9338,46	3713	1294,95
10,0	16,86	16,53	43,72	42,87	1,60	1061	210	0,48	17055,9	2089	705,974
11,0	17,86	17,57	46,80	46,05	1,60	962	315	0,44	12694,6	4574	1588,08
12,0	19,00	18,74	50,05	49,37	1,90	855	301	0,43	9765,94	4140	1448,18
13,0	20,70	20,46	54,40	53,77	1,90	582	227	0,41	4319,4	2332	827,046
14,0	22,00	21,78	59,00	58,41	1,90	758	216	0,46	8197,32	2164	743,291
15,0	23,40	23,19	62,26	61,71	1,90	706	302	0,39	6030,68	4061	1463,18
						698	248	0,41	7002	2819	1000,93
16,0	24,15	23,96	65,03	64,53	1,90	1301	355	0,46	27425	6636	2273,16
17,0	25,13	24,96	66,60	66,14	1,90	1006	619	0,20	9014,35	16478	6892,71
18,0	25,84	25,68	68,00	67,58	1,90	1381	694	0,33	22762,1	23097	8677,38
19,0	26,53	26,38	69,90	69,52	1,90	1424	518	0,42	30066,3	13735	4823,16
20,0	27,30	27,16	72,06	71,70	1,90	1282	457	0,43	24543,8	10746	3765,25
21,0	28,00	27,87	74,15	73,82	1,80	1410	473	0,44	30399,6	11576	4029,24
22,0	28,80	28,68	75,94	75,63	1,80	1238	552	0,38	20272,5	15085	5481,36
23,0	29,73	29,62	77,80	77,51	1,80	1068	532	0,33	13728,6	13605	5096,12
24,0	30,62	30,51	79,76	79,48	1,80	1116	506	0,37	16280,6	12626	4605,44
25,0	31,47	31,37	81,78	81,52	1,80	1169	491	0,39	18796,5	12106	4346,27
26,0	32,40	32,30	83,58	83,33	1,80	1070	551	0,32	13307,6	14429	5468,56
27,0	33,34	33,25	85,32	85,09	1,80	1059	570	0,30	12375	15177	5856,98
28,0	34,45	34,36	87,74	87,52	1,80	898	411	0,37	10452,4	8334	3047,96
29,0	35,39	35,31	90,02	89,81	1,80	1060	437	0,40	15634,5	9598	3433,46
30,0	36,26	36,18	92,47	92,27	1,80	1145	407	0,43	19617,5	8504	2978,02
						1175	505	0,37	18978	12782	4718

## PROVA SISMICA DI TIPO DOWN HOLE GRAFICI DI RESTITUZIONE

Committente:	Comune di Napoli	Rapporto n°:	2013/28a/DH1	Sondaggio:	S1
Oggetto:	Rifunionalizz. sistema fognario	Distanza battuta (m):	2,00	Profondità foro (m):	30,00
Località:	"Pollena" - San Giovanni (NA)	1° lettura tempi (m dal p.c.):	1,00	Profondità substrato (m):	
Data:	13/12/2013	Passo letture (m):	1,00	Falda (m s.l.m.):	Presente

### GRAFICI



### CALCOLO Vs30

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} \frac{h_i}{V_i}}$$

1° sismostrato: da 1 a 15 m	15 m
2° sismostrato: da 15 a 30 m	15 m
Vs media del 1° strato	248
Vs media del 2° strato	505

**Vs30=**  
**333**

**CATEGORIA DI SUOLO: C**