



UNIONE EUROPEA



REGIONE CAMPANIA



COMUNE DI NAPOLI



## COMUNE DI NAPOLI

### - Direzione centrale Infrastrutture, lavori pubblici e mobilità

*Servizio Sistema delle infrastrutture di trasporto, delle opere pubbliche a rete e dei parcheggi*

### - Direzione centrale Ambiente, tutela del territorio e del mare

*Servizio Ciclo integrato delle acque*



## Grande progetto Riqualficazione urbana Napoli est

Riqualficazione urbanistica e ambientale asse costiero: corso San Giovanni

Rifunzionalizzazione sistema fognario San Giovanni

## PROGETTO DEFINITIVO

### Gruppo di progettazione

**progettazione urbana e infrastrutturale:** arch. Anna Rita Affortunato, arch. Luca d'Angelo, ing. Marzia Di Caprio, arch. Giovanni Lanzuise, arch. Ignazio Leone, ing. Roberta Catapano, ing. Stefano Napolitano, ing. Maria Teresa Giugliano, dott. Vincenzo Campolo, geom. Luciano Marino, geom. Italo Ricci

**sicurezza:** arch. Francesca Spera

**progettazione impianti fognari:** prof. ing. Giovanni de Marinis

### Responsabile del procedimento

arch. Giuseppe Pulli

## Relazione geologico-tecnica e indagini

PIAZZETTA LARGHETTO FERROVIA-SAN GIOVANNI A TEDUCCIO-NAPOLI.  
COMUNE DI NAPOLI



**OGGETTO:** INDAGINI GEOGNOSTICHE PROPEDEUTICHE ALLA REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO, PREVISTE NELL'AMBITO DEL GRANDE PROGETTO "NAPOLI EST" - REALIZZAZIONE DI RETE FOGNARIA IN CORSO SAN GIOVANNI A NAPOLI

**COMMITTENTE:** COMUNE DI NAPOLI

**LOCALITA':** PIAZZETTA LARGHETTO STAZIONE-SAN GIOVANNI A TEDUCCIO (NAPOLI)

ELABORATO	<i>RELAZIONE GEOLOGICA</i>	
REV. DEL	<i>29 NOVEMBRE 2013</i>	<i>Timbro e Firma</i>
DOTT. GEOL.	<i>LAMBERTO LAMBERTI</i>	

**INDICE**

1 - Premessa.....	3
2 – Inquadramento geologico generale.....	5
2.1 – Geologia del sito in esame .....	11
3 - Inquadramento idrogeologico generale.....	13
3.1 - Unità idrogeologica del Sebeto -bacino del fosso di Volla .....	15
3.2 - Valutazioni in merito alla risalita della falda nell'area orientale di Napoli .....	19
3.3 - Caratteristiche idrogeologiche del sito in esame .....	22
4 – Indagini Geognostiche .....	23
4.1 – I Sondaggi.....	23
4.2 – Prove Penetrometriche S.P.T.....	26
4.3 – Campioni indisturbati .....	28
4.4 – Indagine sismica di superficie “MASW”.....	30
4.4.1 – <i>Identificazione delle categorie di suolo ai sensi del Decreto del Ministero per le Infrastrutture 14 gennaio 2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”</i> .....	34
5 – Conclusioni.....	37

**ELABORATI ALLEGATI**

**Allegato 1 di 4** Stralcio Planimetrico con ubicazione delle indagini;

**Allegato 2 di 4** Colonna stratigrafica;

**Allegato 3 di 4** Prove di laboratorio;

**Allegato 4 di 4** Foto relative al cantiere.

## 1 - Premessa

La presente relazione, viene redatta su incarico del *Comune di Napoli – Direzione Centrale – Ambiente, Tutela del Territorio e del Mare Servizio Ciclo Integrato delle Acque*, per il supporto al progetto di realizzazione di un impianto di sollevamento, presso piazzetta Larghetto Stazione a S. Giovanni a Teduccio in Napoli (foto 1), nell’ambito delle opere previste per il grande progetto “Napoli Est”.



*Foto1: Larghetto Stazione con l’indagine in corso*

Tenendo conto delle esigenze progettuali e delle problematiche di carattere geologico, proprie dell’area in oggetto, al fine di acquisire i dati necessari alla stesura della presente relazione geologica, e fornire ai progettisti gli strumenti per un corretto dimensionamento delle strutture, è stato necessario effettuare un rilievo di superficie dell’area, del punto di sondaggio e dello stendimento sismico di superficie.

Tale rilievo, realizzato dai tecnici della società *Tecno In S.p.A.*, è stato opportunamente esteso alle aree esterne a piazzetta Larghetto Stazione, lungo Corso San Giovanni.

Il rilievo di campagna è stato integrato sia dalla consultazione del materiale tecnico scientifico esistente al riguardo e, soprattutto, dalle indagini dirette geognostiche e geofisiche, realizzate in sito da parte della società *Tecno In S.p.A.*.

Le indicazioni riportate derivano, pertanto, in primo luogo da elementi di conoscenza in possesso di chi scrive, integrate con i dati risultanti dalla campagna di indagini geognostiche e geofisiche, realizzate in sito dalla *Tecno In S.p.A.*, in osservanza all'autorizzazione del Ministero Infrastrutture e Trasporti ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/01 alla esecuzione e certificazione di Prove in Situ e di Laboratorio su Terre con Concessione n° 53363 del 06.05.05, così come disposto dal cogente D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Tale campagna di indagini in situ, è così articolata:

- n° 1 sondaggio geognostico denominato "S1", realizzato a carotaggio continuo e spinto sino alla profondità max di 30.00 m dal p.c.;
- prelievo in foro di sondaggio di n° 1 campione indisturbato;
- n° 3 prove penetrometriche dinamiche S.P.T., realizzate lungo la verticale di sondaggio "S1";
- condizionamento del foro di sondaggio "S1", con un piezometro a tubo aperto in PVC da 2", per il futuro monitoraggio della falda;
- realizzazione di uno stendi mento sismico di superficie "MASW".

Alla presente relazione si allegano le seguenti tavole:

- I. Planimetria dell'area di intervento, con ubicazione delle indagini;
- II. Colonna stratigrafica;

## 2 – Inquadramento geologico generale

La morfologia della città di Napoli è tipica di un territorio vulcanico la cui attività è stata prevalentemente esplosiva con depositi di ceneri e scorie. Si rileva infatti la presenza di un apparato collinare caratterizzato da tavolati più o meno estesi al top delle colline e da rotture di pendenze più o meno accentuate, a seconda che si sia in corrispondenza dei lati interni degli edifici vulcanici, o di quelli esterni.

La presenza di piane è condizionata dalla situazione morfologica verificatasi subito dopo l'attività eruttiva, infatti laddove gli sprofondamenti vulcano-tettonici crearono dei golfi chiusi come nell'area Fuorigrotta-Bagnoli il riempimento da parte delle alluvioni fu rapido, non disturbato dalle correnti marine, mentre laddove queste condizioni non si verificarono, le piane mancano completamente o, se esistono, sono artificiali come ad esempio la Riviera di Chiaia.

Dal punto di vista geologico la città di Napoli, è riportata nel Foglio 184 (Napoli) della Carta Geologica d'Italia; essa è compresa nella Piana Campana che rappresenta un profondo graben carbonatico, conseguenza delle fasi tettoniche verificatesi nel Pliocene superiore e nel Quaternario, colmato da depositi piroclastici e alluvionali associati a frequenti depositi marini e palustri; di conseguenza l'assetto e la costituzione geolitologica del territorio derivano, non solo, dai processi tettonici che hanno dato origine alla Piana Campana, ma anche dall'attività vulcanica dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio.

Tutti i terreni che colmano il graben sono costituiti nella parte basale da lembi residui della serie cenozoica, quindi dai prodotti del Roccamonfina e della prima attività dei Campi Flegrei, nonché dai prodotti coevi dell'attività erosiva delle acque continentali che sfociavano nel braccio di mare che si estendeva tra i monti calcarei e l'attuale edificio del Somma-Vesuvio.

Successivamente furono depositati i terreni più superficiali, costituiti dai prodotti vulcanici **dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio**.

Come detto dal punto di vista geologico-vulcanologico il territorio comunale napoletano si posiziona tra il dominio flegreo e quello vesuviano; in particolare l'area di stretto interesse, Corso San Giovanni a San Giovanni a Teduccio, si colloca nella zona orientale della

città di Napoli, ad una quota di media pari a circa 3.50 m s.l.m., ed è lambita a sud-ovest, da un tratto della ferrovia "NA - RC".

La zona orientale della città di Napoli è limitata ad Ovest dalla congiungente l'ex Forte del Carmine con P.zza Carlo III, a Nord-Ovest dalla Terra di Lavoro, falso piano vulcanico sopraelevato, ad Est dalle pendici del Somma Vesuvio e a Sud dal mare. Ha quote medie poco al di sopra del livello del mare presso la costa, fino ad arrivare a circa 19 m s.l.m. nella parte più settentrionale; morfologicamente la zona è denominata "Depressione del Sebeto". Tale area era quello che gli antichi greci avevano soprannominato Clanis, toponimo largamente diffuso in Campania per indicare corsi d'acqua a deflusso lento e da cui sarebbe successivamente derivato l'odierno Lagni. Questa ha da sempre costituito fino dall'età classica un'insuperabile barriera naturale; difensiva in un primo tempo e successivamente di espansione urbanistica fino a tempi relativamente recenti.

Nel complesso il sistema fluvio-torrentizio si esplica attraverso una serie di piccoli impluvi e profonde incisioni, quasi ovunque stravolte da interventi di antropizzazione dell'area. In quest'area scorreva l'unico corso d'acqua naturalmente perenne, il Sebeto che, nascendo dalle sorgenti della Bolla (fiume di risorgiva), presso Tavernanova, a Sud di Casalnuovo, scendeva fino allo sbocco a mare al Ponte della Maddalena.

In seguito, sia a causa dello scavo del Fosso Reale che incanalò parte delle acque verso i mulini distribuiti nella zona, sia dell'emungimento ai pozzi di Lufrano che abbassò notevolmente il livello della falda e comportò l'estinzione delle sorgenti, il fiume fu privato dell'alimentazione e quindi delle sue acque.

Attualmente il solco del Sebeto è adibito quale improprio collettore fognario, in parte a pelo libero in parte coperto.

Il fiume impostò il suo corso nella depressione che si venne a formare per abbassamento della zona orientale rispetto alla retrostante Terra di Lavoro ad opera di una probabile tettonica post-Tufo Giallo. Questa, dopo il secondo periodo di attività dei vulcani flegrei, ribassò il Tufo Giallo di circa 90 m, formando il Golfo del Sebeto, (è importante sottolineare che la piana dove era impostato il Sebeto non era alluvionale e quindi dovuta al fiume ma viceversa, essendo il fiume di risorgiva). Fenomeni di subsidenza e tettonici sono da attribuirsi anche a periodi precedenti alla deposizione del Tufo Giallo Napoletano e posteriori

alla deposizione dell'Ignimbrite Campana come confermano i potenti depositi marini e la presenza di livelli fossiliferi all'interno della costa.

Il Golfo del Sebeto circa 10.000 y.b.p. occupava tutta l'area, tuttavia nel tempo il Golfo andò interrandosi sia per l'accumulo di sabbie marine, come testimoniano i gusci di lamellibranchi e vermetuli di ambiente salmastro di transizione ritrovati in questi sedimenti, sia per apporto di materiali dalle zone più interne, come dimostrano i livelli di argille e ghiaie portate dall'Appennino retrostante, e anche a seguito di eruzioni che permisero un notevole accumulo di materiale piroclastico sciolto (pozzolane, pomici e lapilli) di origine sia flegrea che somma-vesuviana.

Il gradino della faglia che ha originato la depressione e' ancora appena visibile alla sorgente della Bolla, ma diviene sempre più marcato avvicinandosi alla zona urbana di Napoli ed a Poggioreale- S. Maria del Pianto il rigetto e' di circa 70 mt.

Fino a pochi decenni fa, nonostante le bonifiche apportate sotto Carlo di Borbone, la zona risultava ancora occupata da estese paludi.

Il Sebeto ha senz'altro contribuito nel tempo alla deposizione di grossi spessori (da 20 a 40 m) di materiale piroclastico rimaneggiato a cui si intercalano paleosuoli e torbe, come si evince anche dall'andamento stratigrafico riscontrato nel nostro caso.

Antichi sedimenti palustri (torbe) si ritrovano in placche e lenti di diverso spessore nel sottosuolo dell'area. Proprio questi livelli testimoniano la generale subsidenza dell'area anche se la sua vicinanza ad apparati vulcanici quali il Somma-Vesuvio e i vulcani occidentali di Napoli, può aver causato sollevamenti e abbassamenti indipendenti dalla subsidenza regionale. Ipotizzando che gli orizzonti torbosi si siano depositi a quota zero s.l.m. (cosa non necessariamente vera), i movimenti sia di sollevamento che di abbassamento possono essere calcolati come differenza tra la quota attuale e il paleo livello del mare.

L'orizzonte torboso più superficiale si rinviene tra **+5** e **+20** m s.l.m. e copre probabilmente tutta l'aria a monte, tra Lufrano, Volla e Ponticelli.

L'orizzonte intermedio si rinviene tra i **+25** e gli **0** m s.l.m. e si sviluppa in parte nella zona di Lufrano al di sotto del precedente, in parte lungo la costa nella zona della stazione ferroviaria di Napoli. Alcuni campioni di torbe superficiali relativi a questo orizzonte hanno fornito un'età (<sup>14</sup>C) di 5.800 anni b.p. e di 4.200 anni b.p.

L'orizzonte più profondo infine si rinviene a **-50** e **-30** m s.l.m. nella zona costiera più a sud della precedente e corrispondente grossomodo all'area industriale di Napoli (dai Granili a San Giovanni a Teduccio). Tale orizzonte ha fornito un'età ( $^{14}\text{C}$ ) di 14.000 anni b.p..

La quota e l'età dei tre livelli di torbe indicano quindi che l'area è stata soggetta a movimenti positivi (sollevamento) da 14.000 a 5.800 anni b.p. e a movimenti negativi (subsidenza) da 5.800 anni b.p. ad oggi

Di seguito vengono riportati in tabella 1 le quote e le età dei livelli torbosi rinvenuti nel sottosuolo dell'area orientale.

*Tabella 1: Quote ed età dei livelli torbosi dell'area orientale di Napoli*

Livello Torboso	Quota attuale (m s.l.m.)	Età del deposito (anni b.p.)	Quota di deposizione (m s.l.m.)	Dislocazione totale (m)
A	- 7	4.200	-9 / 0 / +5	2 / -7 / -12
B	- 14	5.800	-2 / -8	-12 / -6
C	- 63	14.000	- 80	+ 17

La zona orientale di Napoli, ha subito nell'ultimo secolo e in particolare dal dopoguerra, una notevole espansione edilizia a carattere prevalentemente industriale ed è ancora oggi considerata zona di espansione.

Il sottosuolo dell'area è caratterizzato dalla presenza di discontinuità sia laterali che verticali tra i vari materiali. Tale situazione oltre ad avere le ovvie implicazioni sotto l'aspetto geologico-geotecnico, può generare sostanziali differenze nella risposta del sottosuolo alle sollecitazioni sismiche, come dimostrato in un'area campione del Centro Direzionale.

Come detto, l'area compresa tra il limite della Caldera dell'I.C. e il bordo esterno della Caldera del T.G.N. è stata soggetta ad una generale subsidenza che ha interessato l'area Napoletana a sud dell'allineamento Camaldoli - Poggioreale fino alla valle del Sebeto e la Baia di Napoli.

L'area interna alla Caldera del T.G.N., invece, ha subito fenomeni di innalzamento, ad eccezione della parte periferica, soggetta a subsidenza, che comprende ad esempio le aree di Baia, Bacoli, Miseno e Fuorigrotta.; le aree esterne alla Caldera dell'IC e quindi al Distretto Vulcanico Flegreo - Napoletano non hanno subito le vicissitudini descritte e sono da ritenere stabili (figura 2).

Le piroclastiti più giovani del T.G.N. sono diffusamente esposte in tutta l'area napoletana e flegrea; quella più antiche, invece, si rinvencono solo nella parte centrale della città di Napoli, a sud dell'allineamento Camaldoli-Poggioreale (M. Echia, collina di S. Martino, Moiarriello, Ponti Rossi e Sant'Arpino), e lungo i versanti occidentali e settentrionali della collina di Posillipo. Successioni stratigrafiche che comprendono rocce più antiche dell'”I.C.” sono esposte lungo i versanti che delimitano a ovest e a nord la depressione dei Campi Flegrei (Monte di Procida, Cuma, San Severino, Punta Marmolite, Trefola, Camaldoli) e lungo l'allineamento Camaldoli Poggioreale e sono state incontrate in perforazione a Poggioreale, Capodimonte, Ponti Rossi, Chiaiano e Secondigliano, tutti siti a nord e ad est della città di Napoli; nella parte più bassa di una perforazione eseguita a Secondigliano sono stati incontrati anche sedimenti di ambiente marino.

Sulla base dei markers stratigrafici significativi, oltre quelli già citati, è stato possibile suddividere l'attività vulcanica dei Campi Flegrei in una sequenza di 4 cicli principali<sup>1</sup>:

- 1° ciclo - *depositi vulcanici pre-Ignimbrite Campana (>37.000 anni)*;
- 2° ciclo - *Ignimbrite Campana (37.000 anni b.p.)*
- 3° ciclo - *Tufo Giallo Napoletano (12.000 anni b.p.)*
- 4° ciclo - *depositi vulcanici, sedimenti marini, transizionali e palustri (<12.000 anni)*

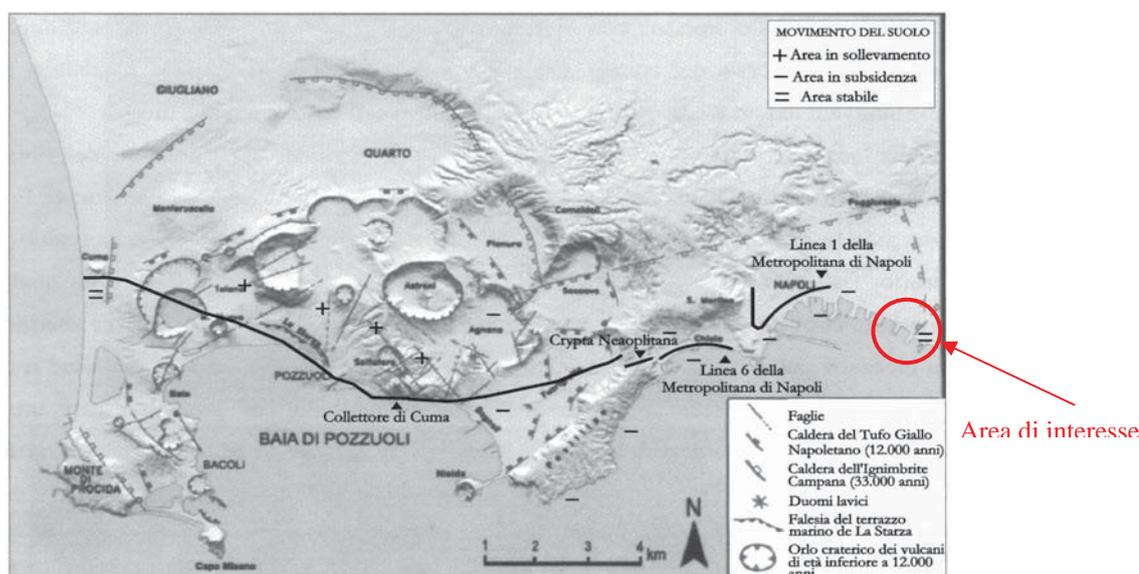


Figura 2. Carta morfostrutturale dell'area flegreo-napoletana

La presenza del T.G.N., è stata riscontrata nel territorio oggetto di indagine.

Di seguito si riportano brevi descrizioni di tali formazioni.

❖ **1° ciclo** (> 37.000 anni) con formazione di cupole laviche (S. Martino, Cuma, Punta Marmolite), tufi antichi costituiti da intercalazioni di tufi litoidi e semilitoidi (*Tufi di Torre Franco*), livelli cineritici stratificati e massivi, associati localmente a brecce, livelli pomicei e paleosuoli. L'attività eruttiva di questo ciclo è ancora poco conosciuta.

❖ **2° ciclo** ( 37.000 anni) con la messa in posto dell' "*Ignimbrite Campana*" nota anche come "*Tufo Grigio Campano*".

Tali depositi sono rappresentati da tufi di colore grigio violaceo, più o meno saldati, ricchi di scorie nere, che si correlano con i depositi di Piperno-Breccia Museo presenti nell'area dei Camaldoli.

❖ **3° ciclo** (12.000 anni) con la messa in posto del "*Tufo Giallo Napoletano*".

I prodotti dell'eruzione (circa 40 Km<sup>3</sup>), con meccanismo deposizionale da flusso piroclastico, sono distribuiti prevalentemente sull'area della città di Napoli e, con spessori ridotti, fino a Caserta; essi presentano una facies gialla litoide, legata a processi di trasformazione (zeolitizzazione) delle sostanze vetrose, ed una facies grigio chiaro incoerente o parzialmente litoide.

❖ **4° ciclo** (<12.000 anni ÷ eruzione Monte Nuovo 1538) caratterizzato da una intensa attività eruttiva all'interno dell'area calderica formatasi in seguito all'eruzione dei Tufo Giallo Napoletano.

Si riconoscono i prodotti di quattro eruzioni flegree di maggiore intensità e con tipologie eruttive e deposizionali diverse, che costituiscono la "Serie Urbana Recente": **Gauro** (10.000 anni); **Minopoli e Pomici Principali di Agnano** (9.000 anni); **Monte Spina** (4.300 anni); **Astroni** (3.750 anni). La velocità temporale con cui si sono succedute le varie eruzioni ha impedito la formazione di significativi paleosuoli guida e talora obliterato contatti stratigrafici, per cui i prodotti di questo ciclo risultano separati da sottili orizzonti unificati.

---

<sup>1</sup> Per dettagli maggiori, si rimanda alla letteratura specializzata

## 2.1 – Geologia del sito in esame

Dal punto di vista geologico, l'area di stretto interesse, si sviluppa a valle del bordo calderco dell'Ignimbrite Campana, ed è costituita da depositi recenti di origine antropica, vulcanica, marino-palustri e torbiferi.

Ciò trova riscontro anche nelle indicazioni generali fornite dalla Carta Geologica Italiana scala 1:100.000 (F°183-184) (figura 3) in cui, come è possibile osservare nello stralcio riportato di seguito, nell'area a monte del limite della caldera, in affioramento sono segnalati “prodotti piroclastici dei C. Flegrei e ceneri vesuviane di epoca storica (litologia “av”), lingue delle litologie “t<sub>p</sub>” e “t<sub>3</sub>”, rappresentanti rispettivamente tufo giallo (*facies gialla dell'Ignimbrite Campana*) e la così definita “serie comprensiva: lapilli pozzolanici e paleosuoli intercalati”.

Nella fascia a valle del bordo calderico sono segnalati in affioramento, “terre nere palustri, torbifere, del Sebeto” (litologia “a”).

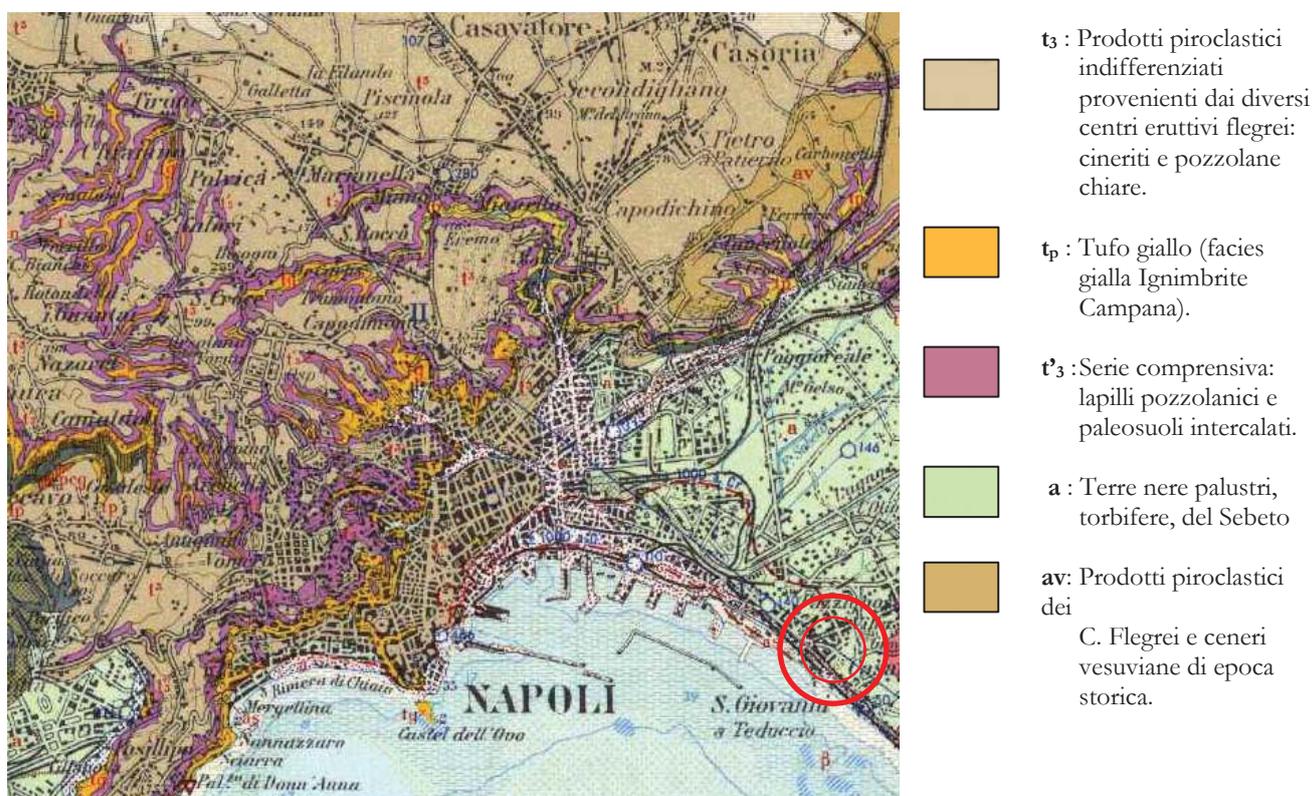


Fig. 3: Stralcio da Carta Geologica d'Italia f°183-184

In particolare, il sondaggio realizzato ha permesso di ricostruire la seguente successione stratigrafica: da 0.00/17.00 m: Cenere rimaneggiata a granulometria sabbiosa medio grossolana, di colore grigio scuro, con inclusi litici arrotondati di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Sono intercalati orizzonti più fini e debolmente limosi, di colore marrone e con incluse pomice arrotondate poco porfiriche per biotite e di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Dopo i 9 m circa, di profondità dal p.c., la granulometria diventa più limosa e addensata e sono inclusi nuclei sabbiosi, al massimo centimetrici, con all'interno rari e minuscoli apparati algali filiformi e rari frammenti di gusci malacologici.

Da 17.00/30.00 m: Facies litoide del Tufo Giallo Napoletano. La colorazione si presenta variabile dal giallastro, al verdastro di alterazione, al prevalente grigio scuro e sono presenti fratture con evidenti tracce di ossidazione (20.30 m, circa). La parte superiore dello strato (fino a circa 23 m di profondità) si appare tenera al passaggio del carotiere. Complessivamente si presenta scoriaceo e cariato con pasta di fondo poco addensata, fino a circa 23 m di profondità e più addensata nel resto dello strato, con litici di dimensioni massime pari a circa 1.5 cm e pomice di dimensioni, a volte maggiori. Lungo tutta la verticale, immersi nella pasta di fondo, si nota la presenza di minuti frammenti carbonatici biancastri.

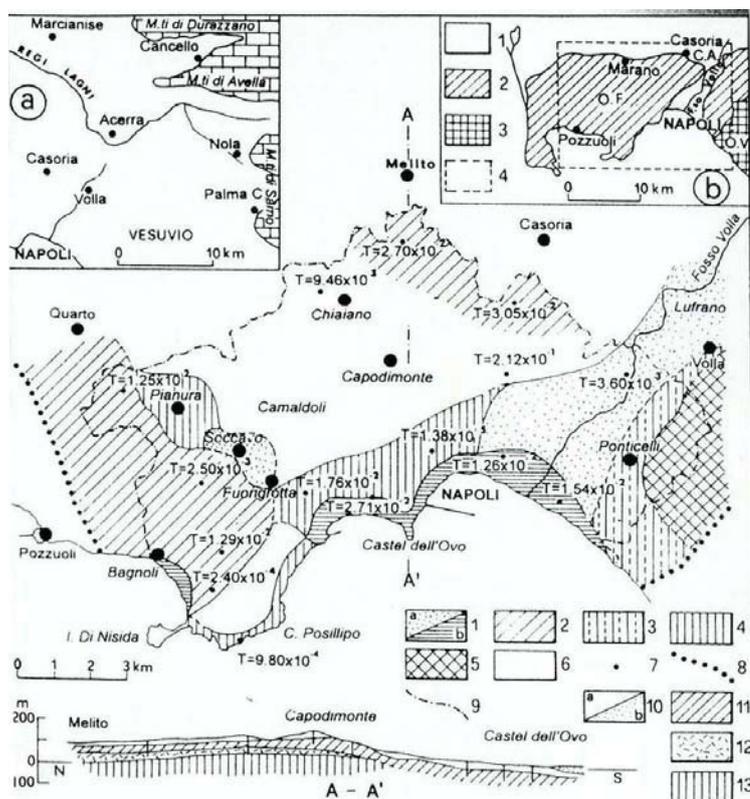
La linea piezometrica della falda superficiale è stata intercettata a profondità dal p.c., pari a 3.10 m; per i particolari sulla circolazione idrica sotterranea generale e dell'area, si rimanda ai paragrafi successivi.

### 3 - Inquadramento idrogeologico generale

Al fine di semplificare il quadro delle attuali conoscenze idrogeologiche generali dell'area napoletana, e contestualmente introdurre le problematiche idrogeologiche dell'area di ns. interesse, distinguiamo per l'area napoletana tre "aree" idrogeologiche ("Occidentale-Flegrea", "Centrale-alluvionale" ed "Orientale-Vesuviana" (figura 4), ben differenziabili soprattutto per il ruolo che esse assumono nello schema di circolazione idrica sotterranea.

L'area "Occidentale-Flegrea" rappresenta una struttura vulcanica molto eterogenea e caratterizzata da un assetto stratigrafico-strutturale variabile da zona a zona; ciò è da porre in relazione con la giacitura, la potenza, la granulometria dei termini sciolti, il grado di fessurazione dei termini lapidei e la presenza di numerose lineazioni vulcano-tettoniche.

Ne deriva, pertanto, uno schema di circolazione idrica sotterranea per "falde sovrapposte", ma tra loro interconnesse, sia per l'interdigitazione di depositi a vario grado di permeabilità, sia tramite flussi verticali di "drenanza".



Carta dei complessi acquiferi sede della porzione più alta della falda idrica sotterranea.

- 1) Piroclastiti rimaneggiate in ambiente continentale (a) e costiero-marino (b); 2) Complesso piroclastico "prossimale recente" del settore "Occidentale-Flegreo"; 3) Tufo "Vesuviano"; 4) "Tufo Giallo Napoletano" e tufi della "Serie Urbana"; 5) piroclastiti e lave vesuviane; 6) punti di misura della trasmissività (in m<sup>2</sup>/s); 7) limite dell'area di studio; 8) limite comunale dell'area urbana di Napoli; 9) depositi vulcano-clastiti rimaneggiati in ambiente continentale (a) e/o costiero-marino (b); 10) "Tufo Giallo Napoletano"; 11) "Ignimbrite Campana" e "Breccia Museo-Piperno"; 12) piroclastiti antiche.

1/a - Ubicazione dell'area di studio

1/b - Settori idrogeologici dell'area metropolitana (1: "Centrale-Alluvionale" (C.A.); 2: "Occidentale-Flegreo" (O.F.); 3: "Orientale-Vesuviano" (O.V.); 4: limite dell'area di studio)

Figura 4: Carta dei principali complessi acquiferi

Ciò nonostante, nell'ambito di tale schematizzazione, è stato osservato che le falde maggiormente produttive sono localizzate tutte nei prodotti sciolti giustapposti al Tufo

Giallo Napoletano e che le relative quote di livellamento non si discostano in modo rilevante tra loro.

Pertanto, diversi Autori concordano nel ritenere valido uno schema idrico a falda unica, costituita da vari orizzonti idraulicamente interconnessi per la mancanza di veri e propri impermeabili sufficientemente estesi.

L'andamento della morfologia piezometrica e il chimismo delle acque, ben differenziabile da quello della restante area urbana, hanno consentito di considerare il settore "Occidentale-Flegreo" come una struttura sostanzialmente autonoma e indipendente dalle falde della Piana Campana. L'area di ricarica principale è stata individuata in una zona di alto piezometrico compreso tra l'abitato di Marano e il retroterra di Pozzuoli, dove si rinvennero numerose conche endoreiche responsabili della riduzione delle aliquote d'acqua di ruscellamento superficiale.

Nell'area "Centrale-alluvionale", corrispondente al bacino del Fosso Volla, studi hanno dimostrato che l'acquifero è costituito principalmente da piroclastiti Flegree e Vesuviane, più o meno rimaneggiate in ambiente alluvionale, a cui sono intercalati, localmente, sedimenti marini e palustri. Essa rappresenta il recapito preferenziale di parte delle acque provenienti dai settori "Occidentale-Flegreo" ed "Orientale-Vesuviano".

Pure in questo caso si ha una circolazione idrica sotterranea articolata in più falde sovrapposte, ma idraulicamente interagenti, anche per la presenza di migliaia di pozzi privi del condizionamento necessario per isolare, dal punto di vista idraulico, i diversi livelli idrici sovrapposti.

Infine, lungo le pendici sud-occidentali del Somma-Vesuvio, la circolazione idrica sotterranea si sviluppa nell'area "Orientale-Vesuviana", costituita da alternanze di lave e depositi piroclastici, sovente intercalati ai prodotti flegrei. Anche in questo caso si è in presenza di un acquifero localmente multifalda, ma che si riconduce ad un unico corpo idrico.

Il settore centrale-alluvionale si caratterizza dai restanti settori per un andamento essenzialmente freatico della falda, che si sviluppa preferenzialmente nelle alluvioni del fosso Volla ( $T=10-2$  m<sup>2</sup>/s) e nelle sottostanti piroclastiti più antiche.

Tale fattore può essere addebitato alla maggiore trasmissività (T) relativa dei terreni alluvionali rispetto alla facies pozzolanica del T.G.N., che caratterizza essenzialmente i restanti settori.

### **3.1 - Unità idrogeologica del Sebeto -bacino del fosso di Volla**

L'Unità idrogeologica del Sebeto -bacino del fosso di Volla corrisponde alla porzione centro-meridionale della Conca Campana delimitata a Nord e a Sud da due spartiacque idrogeologici: quello settentrionale coincidente con la direttrice Cancellone-Afragola-Arzano e quello meridionale con la direttrice Somma-Vesuvio Palma Campania. Il flusso sotterraneo risulta orientato preferenzialmente in direzione NW-SE (zona di Lufrano – depressione del Sebeto).

La litologia del sottosuolo è rappresentata da depositi piroclastici, con frequenti intercalazioni di depositi di origine marina e palustre (questi ultimi ricchi di materia organica), il cui spessore supera il migliaio di metri. In tali condizioni, dal punto di vista idrogeologico, si possono pertanto distinguere alternanze di livelli a varia litologia e granulometria (e, pertanto, a diverso grado di permeabilità), la cui giacitura è sub-orizzontale. Tali livelli possono essere continui e arealmente estesi (se di origine marina o se costituiti dal "Tufo Grigio Campano") o, più spesso, a forma lenticolare (se di origine palustre o vulcanica, con esclusione del "Tufo Grigio").

Nel sottosuolo si sviluppa pertanto una circolazione idrica "per falde sovrapposte", contenute, ovviamente, nei livelli a granulometria più grossolana. A causa del particolare disordine che caratterizza lo spessore, la granulometria, la giacitura dei singoli strati acquiferi, le falde idriche sono tra loro interconnesse attraverso i cosiddetti "*flussi verticali di drenanza*". Tenuto conto che nei primi 100 m di profondità dal piano campagna si rinviene un solo livello sufficientemente continuo a scarsa permeabilità (Tufo Grigio Campano), lo schema della circolazione idrica può, in sintesi, essere ricondotto ad un sistema a due falde sovrapposte: la prima, superficiale, localizzabile al di sopra del Tufo Grigio ed una, più profonda, circolante al di sotto.

In condizioni di equilibrio idrogeologico normali, la falda profonda alimenterebbe per "drenanza" - quella superficiale. Infatti il carico piezometrico della falda profonda risulta

essere di alcune decine di centimetri più elevato di quella superficiale, come é stato evidenziato in passato dalla risalita del livello idrico di alcuni pozzi perforati nell'acquifero sottostante, nonché da esperienze realizzate proprio nell'ambito di una serie di problematiche che hanno interessato alcuni tratti di galleria della Circumvesuviana nell'area orientale. In tali condizioni, le falde profonde risultano sufficientemente protette da eventuali fenomeni di contaminazione e subiscono un ricambio molto lento. Sino a qualche anno fa, questo ricambio é stato certamente più veloce di quello originario, in quanto l'acquifero è stato ipersfruttato tramite numerosi pozzi. Trattasi in primo luogo del campo-pozzi di Lufrano, completato e gestito dall'ex A.M.A.N. (Azienda Municipalizzata Acquedotto di Napoli) ora A.R.I.N., che sfruttava a scopo idropotabile la falda inferiore presente al di sotto del banco tufaceo. Sono presenti inoltre vari campi-pozzi localizzati in corrispondenza delle aree industriali comprese nel triangolo Napoli-Nola-Maddaloni, che sfruttavano ugualmente la falda inferiore. Negli ultimi decenni, infine, vi é stato un proliferare di pozzi privati (non meno di 90-100 per ogni Km<sup>2</sup> di superficie), quasi tutti abusivi, utilizzati, in gran parte, per l'irrigazione; si tratta di pozzi che superano lo strato di tufo semipermeabile e che, essendo privi di qualsiasi tipo di cementazione (tra pareti del foro e rivestimento), hanno accentuato le possibilità di interscambio tra la "falda superficiale" e quella relativamente "profonda". In questo contesto idrogeologico, fortemente antropizzato, la falda, nella zona di Lufrano, ha subito nel tempo un progressivo abbassamento. Basti pensare che nel 1946 la falda era rinvenibile mediamente a circa 14 metri di quota s.l.m., mentre si era portata a 10-11 metri nel 1977; durante la magra del 1975, era stato addirittura rilevato un livello statico di circa 5 m s.l.m..

Al sovrasfruttamento delle risorse idriche sotterranee ha fatto ovviamente riscontro la diminuzione della potenzialità

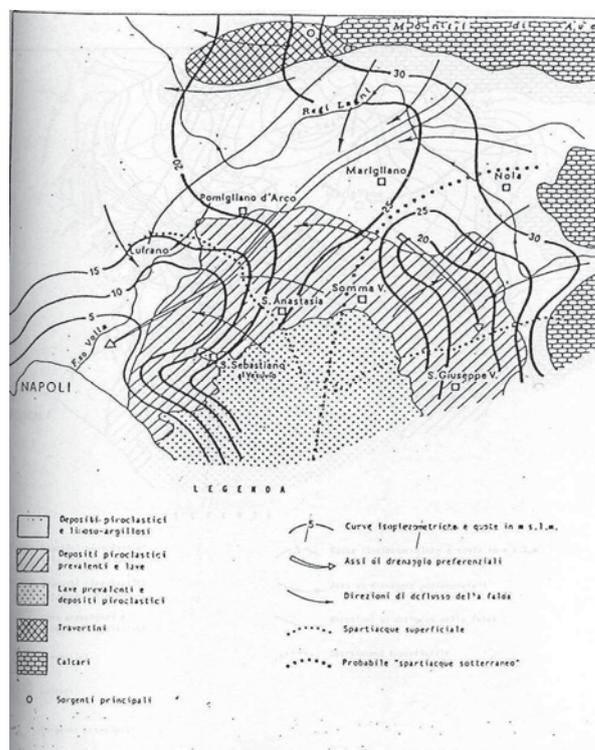


Figura 5 - Schema idrogeologico - anno 1978

delle sorgenti. Le portate di oltre 1,4 m<sup>3</sup>/sec segnalate nel 1926 erano già ridotte a qualche centinaio di litri al secondo nel 1977; inoltre la sorgente Bolla, che era la più importante (0,65 m<sup>3</sup>/sec. nel 1926) al 21 Gennaio 1978 risultava già asciutta. Nel settore di Lufrano, a differenza della zona Flegrea, l'alimentazione dell'acquifero proveniente dai massicci calcarei e dalle falde della Conca Campana è evidente. La piezometria di figura 5, relativa al 1978, mette in evidenza infatti delle fasce di drenaggio preferenziale che sembrano convogliare le acque della falda dell'alto bacino dei Regi Lagni, soprattutto verso la zona orientale della città di Napoli ed in parte anche verso la piana del F. Sarno. Di tale alimentazione si ha conferma anche dai risultati dello studio del chimismo delle acque; si evidenzia infatti che una parte di esse proviene dalle strutture carbonatiche circostanti e subisce modifiche chimiche e mescolamenti durante il percorso nella piana.

In particolare, è stato accertato che le falde profonde contengono una maggiore percentuale di acque che hanno circolato in rocce calcaree. Dal 1978 sino a circa al 1992, come già accennato, la situazione è stata tuttavia profondamente modificata dal continuo aumento dei prelievi idrici. La piezometria di figura 6, relativa al periodo di magra dell'anno 1989, mette in risalto l'evidente stato di alterazione morfologica della superficie piezometrica concentrata soprattutto in corrispondenza delle aree industriali (Nord di Caivano, di Acerra, di Marigliano e di Pomigliano d'Arco). Il livello di falda, rispetto a quello del 1978,

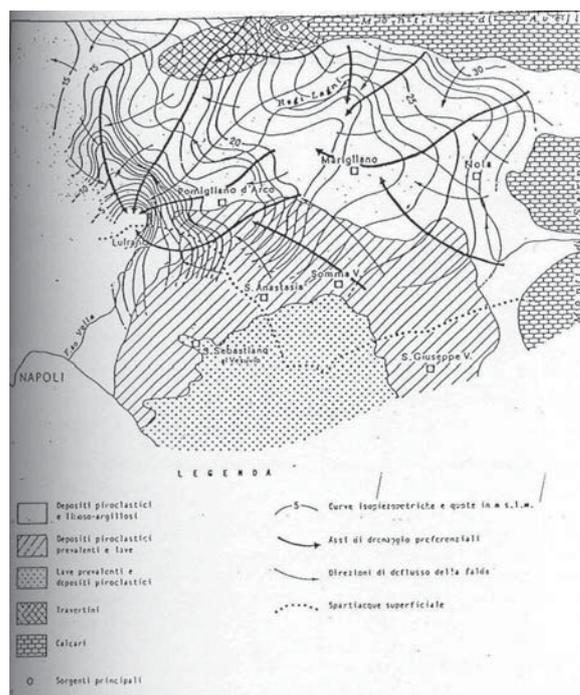


Figura 6 --Schiema idrogeologico - anno 1989

sembra trovarsi a quote più basse di alcuni metri, circa 10 metri nella ristretta zona dei pozzi di Lufrano. L'andamento delle isopieze, sembra comunque confermare l'alimentazione proveniente dal Somma-Vesuvio e dai massicci carbonatici dei monti di Avella e di Sarno, nonché l'esistenza di una importante asse di drenaggio preferenziale, con orientamento da NE verso SW, che convoglierebbe le acque dalla valle di Avella-Baiano verso l'area orientale

della città di Napoli. L'andamento di tale drenaggio preferenziale é tuttavia più articolato e deformato rispetto alla piezometria del '78, come conseguenza dell'ulteriore sviluppo dell'indice di antropizzazione.

Anche a Nord i flussi sotterranei sembrano orientati non più a Nord-Ovest, ma dapprima verso Sud-Est e poi verso Sud (con recapito preferenziale verso la zona di Lufrano). A Sud-Est, inoltre, sembra esserci una vera e propria inversione delle linee di flusso idrico; infatti, i versi di deflusso che nel '78 erano orientati verso la piana del Sarno, nel modello in esame si dirigono verso l'area dei Regi Lagni e, quindi, verso Lufrano (che rappresenta, in ogni caso, la zona di recapito preferenziale).

### 3.2 - Valutazioni in merito alla risalita della falda nell'area orientale di Napoli

Nel paragrafo precedente si sono esaminate le caratteristiche idrogeologiche generali della zona di ns. interesse, e si è posta l'attenzione sulle perturbazioni che la falda dell'area orientale di Napoli ha subito nel corso degli anni. Sostanzialmente ciò ha comportato un generale abbassamento del livello della piezometrica, protrattosi per svariati anni, che ha avuto per conseguenza, nella conoscenza generale, che il livello statico della falda prodottosi, fosse considerato come un dato di fatto acquisito e quindi la normale condizione con la quale confrontarsi nella programmazione e progettazione delle opere nell'area orientale di Napoli.

In tempi recenti, a seguito di numerose segnalazioni relative ad allagamenti di cantinati (molti dei quali in fabbricati di recente costruzione) siti nell'area Orientale di Napoli<sup>2</sup>, ed in parte anche nelle aree centrali limitrofe<sup>3</sup>, il problema ha acquisito una particolare rilevanza.

In prima sede è stato analizzato l'andamento del regime pluviometrico a partire dal 1927 sino al 2000 che presenta un range di variazione tra 614 e 1375 mm/a con un

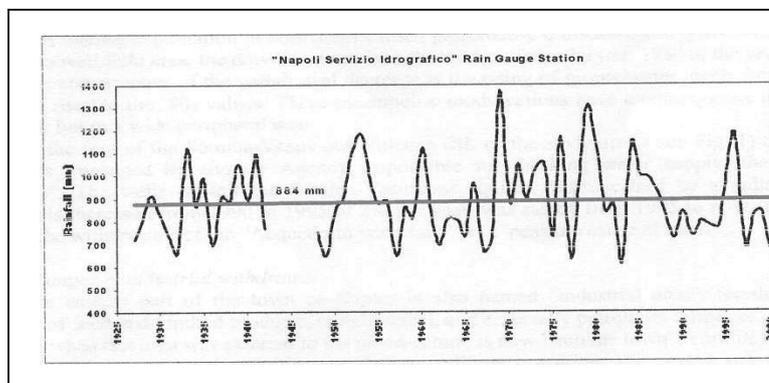


Fig.7: Andamento del regime pluviometrico anni 1927-2000

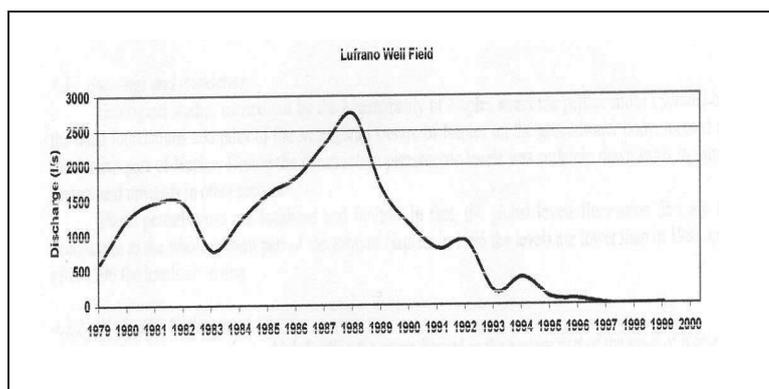


Fig. 8: Andamento degli emungimenti nel campo pozzi di Lufrano - anni 1979 -2000

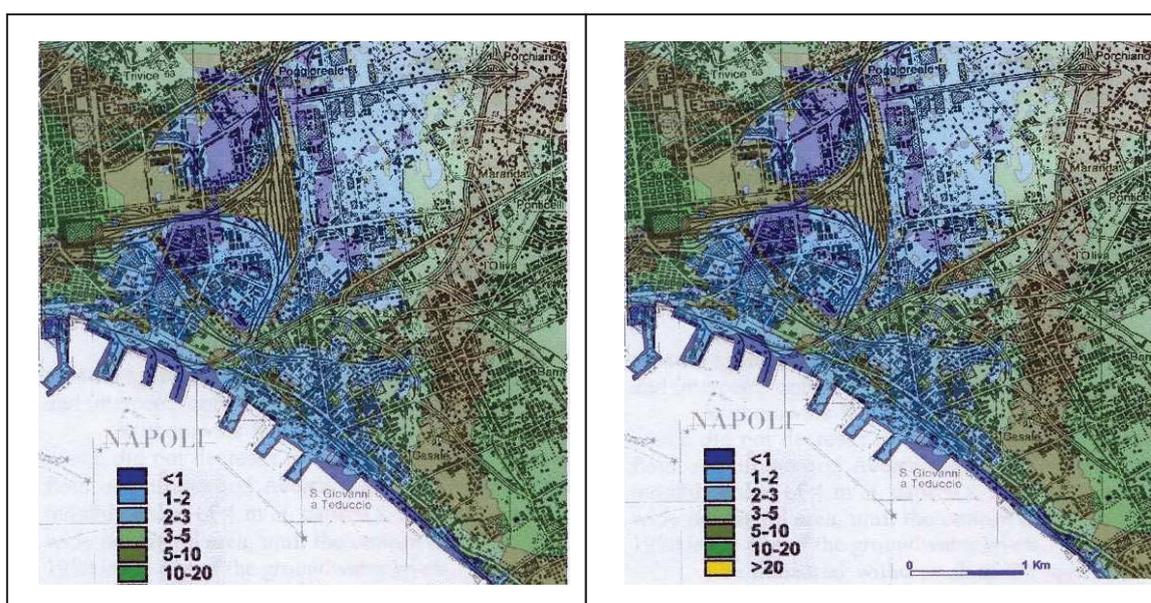
<sup>2</sup> In tal senso vanno ricordate anche le problematiche che hanno interessato la Circumvesuviana, relativamente ai tratti interrati nell'area orientale di Napoli.

<sup>3</sup> Le prime avvisaglie di una risalita della falda, chi scrive ha avuto modo di ravvisarle nell'ambito del monitoraggio del costruendo parcheggio di p.zza. San Francesco (p.ta Capuana) nel quale si è riscontrato un aumento del livello di falda di circa 2 m. tra i dati misurati nel '95 e quelli misurati nel '98-99.

valore medio di 884 mm/a. La distribuzione delle piogge rientra in un andamento tipicamente da clima Mediterraneo con un picco nei mesi di novembre e dicembre ed un minimo nel mese di luglio.

L'analisi degli ultimi venti anni evidenzia un periodo di siccità tra il 1987 e il 1990 e un massimo di piovosità nel 1996. In un'analisi di lungo periodo si vede che tali dati rientrano ampiamente in un generale trend. In sintesi le variazioni piezometriche non possono essere addebitate a variazioni del regime pluviometrico poiché la media dei dati relativi al periodo 1992-2000 si discosta di poco dal valore medio generale.

Fattore che ha sicuramente inciso sull'andamento dei livelli della piezometrica è stato la recente diminuzione degli emungimenti dal campo pozzi A.I.R. (Acquedotto di Integrazione e Riserva) di Lufrano da parte dell'attuale A.R.I.N. (ex A.M.A.N.), nonché dall'omologo campo pozzi di Acerra. Nell'area di Lufrano, a partire sin dall'immediato dopoguerra, e integrati nel 1963, vi sono 196 pozzi dai quali nel 1990 vi era un prelievo di circa  $44 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ . Tale prelievo nel corso degli anni 1990-93 risultava di circa  $30.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ , per diminuire nel triennio 1994-97 a circa  $8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$ , sino a circa  $4.5 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$  nell'anno 1998. Nello stesso periodo sono diminuiti sensibilmente i prelievi industriali nell'area orientale di Napoli, per i quali risulta difficoltoso realizzare una stima precisa. In tal senso possono essere utilizzati i valori relativi all'area del petrolchimico della Kuwait che oggi emunge circa 8 l/sec., di contro ai circa 300 l/sec. del 1987. Dati dell'Amministrazione Provinciale di Napoli indicano in



circa 980 l/sec gli emungimenti nell'area industriale nel 1992 contro i 150 l/sec dell'anno 2000.

Le figure 9 e 10 illustrano chiaramente le variazioni piezometriche che si riscontrano attualmente nell'area di ns. interesse in relazione all'andamento della stessa falda negli anni e decenni precedenti.

Un ulteriore fattore da non trascurare è la messa in comunicazione tra la falda profonda artesianiana e quella superficiale, che potrebbe spiegare l'attuale incremento anche in confronto ai dati relativi al 1924.

In ultimo alcuni ritengono che vi possano essere anche correlazioni derivanti dalla realizzazione di importanti infrastrutture nell'area. Allo stato non vi sono dati a tal proposito che permettano una sicura relazione, il tema in ogni caso merita un sicuro approfondimento.

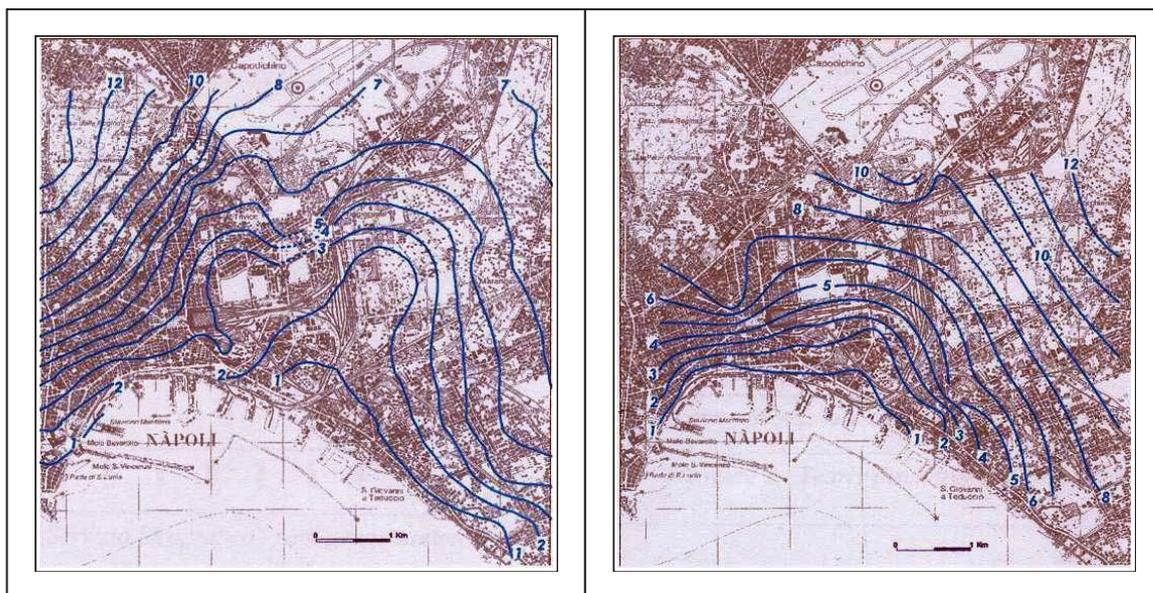


Fig. 9: Carta piezometrica relativa all'anno 1992 - Fig.10: Carta piezometrica relativa all'anno 2001

### 3.3 - Caratteristiche idrogeologiche del sito in esame

L'area interessata dalle indagini, è parte dell'Unità idrogeologica del Sebeto; le indagini in situ effettuate, hanno confermato la presenza di litologie costituite da depositi piroclastici, rimaneggiati, più o meno fini/grossolani con intercalazioni di depositi di origine marina e/o palustre (con materia organica), a monte della facies litoide del T.G.N.; dal punto di vista idrogeologico, si possono

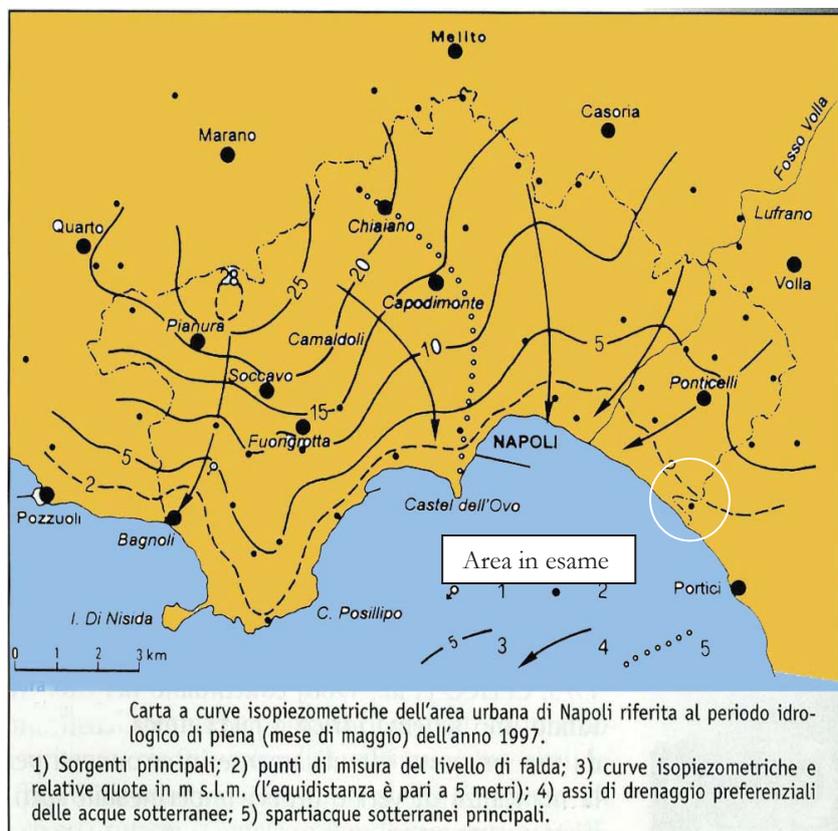


Figura 11: carta delle isopiezometriche della città di Napoli

pertanto distinguere alternanze di livelli a varia granulometria (e, pertanto, a diverso grado di permeabilità). Nel sottosuolo si sviluppa, pertanto, una circolazione idrica "per falde sovrapposte", contenute, ovviamente, nei livelli a granulometria più grossolana.

Tale unità è caratterizzata da alternanze di cineriti rimaneggiate e sabbie a granulometria da medio fine a medio grossolano, incoerenti.

Tali terreni sono caratterizzati da un grado di permeabilità primario, da basso a alto, in funzione dell'assortimento granulometrico.

Al di sotto c'è il T.G.N., caratterizzato da una permeabilità per fatturazione e porosità

Al fine di monitorare l'andamento della falda, il foro di sondaggio "S1" è stato condizionato con un piezometro a tubo aperto.

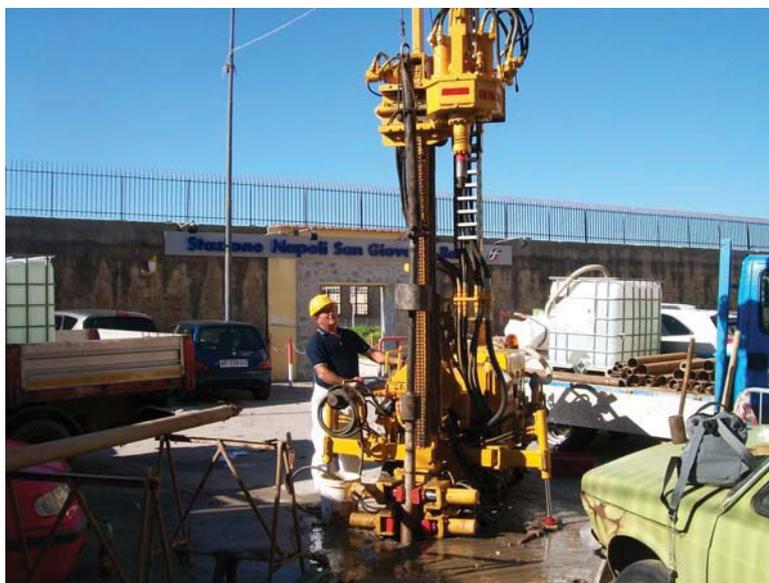
La falda si attesta alla profondità di 3.10 m dal p.c..

## 4 – Indagini Geognostiche

### 4.1 – I Sondaggi

Il sondaggio denominato “S1”, è stato realizzato con una sonda cingolata gommata “Beretta T25” (foto 12).

L’esecuzione del sondaggio “S1”, a carotaggio, è stata finalizzata alla determinazione della quota piezometrica e alla definizione della sequenza stratigrafica dei primi 30.00 m, nonché, alla



*Foto12: La sonda “Beretta T25” della Tecno In S.p.A. sul punto di sondaggio “S1”*

definizione delle caratteristiche fisiche e meccaniche della verticale investigata, attraverso le prove SPT, il calcolo dell’indice di qualità della roccia “RQD”, le prove di laboratorio realizzate sul campione indisturbato prelevato in foro e l’esecuzione di uno stendimento sismico di superficie “MASW”.

Per l’ubicazione si rimanda alla planimetria allegata (allegato 1).

L’esecuzione del sondaggio “S1” permette la ricostruzione della sequenza stratigrafica dei primi 30.00 m di sottosuolo.

A partire dalla base del sondaggio, per i primi 13 m è presente il Tufo Vesuviano.

Il Tufo Vesuviano si presenta con una colorazione variabile dal giallastro, al verdastro di alterazione, al prevalente grigio scuro e sono presenti fratture con evidenti tracce di ossidazione (20.30 m, circa). La parte superiore dello strato (fino a circa 23 m di profondità) appare tenera al passaggio del carotiere. Complessivamente si presenta scoriaceo e cariato con pasta di fondo poco addensata, fino a circa 23 m di profondità e più addensata nel resto dello strato, con litici di dimensioni massime pari a circa 1.5 cm e pomici di dimensioni, a volte maggiori. Lungo tutta la verticale, immersi nella pasta di fondo, si nota la presenza di minuti frammenti carbonatici biancastri.

A monte poggiano 17 m di ceneri rimaneggiate. Si presentano a granulometria sabbiosa limosa, a tratti medio grossolana, di colore grigio scuro, con inclusi litici arrotondati di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Sono intercalati orizzonti più fini limosi debolmente argillosi, di colore marrone e con incluse pomice arrotondate poco porfiriche per biotite e di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Dopo i 9 m circa, di profondità dal p.c., la granulometria diventa più limosa e addensata e sono inclusi nuclei sabbiosi, al massimo centimetrici, con all'interno rari e minuscoli apparati algali filiformi e rari frammenti di gusci malacologici.

La falda è stata intercettata alla profondità di 3.10 m dal p.c., corrispondente a quota 0.77 m s.l.m..

Per quanto concerne l'ubicazione dei sondaggi si rimanda alla planimetria allegata (allegato1), mentre di seguito si riporta la tabella 1, riepilogativa, con indicazione: della sigla id., coordinate, quota del p.c. desunta dal rilievo piano altimetrico realizzato dalla Tecno In S.P.A., profondità raggiunta, n° di prove SPT, n° di campioni indisturbati, profondità della falda, la profondità del tetto del Tufo Giallo Napoletano, il calcolo dell'indice "RQD".

*Tabella 1: riepilogativa dei sondaggi*

Sond	Coordinate (Est e Nord)	Quota p.c. (m s.l.m.)	Prof. max (m)	SPT (n°)	C.I. (n°)	Falda (m da p.c.) (m s.l.m.)	Tetto del T.G.N. (m dal p.c.)	Calcolo indice "RQD"	
								Tratto da m/ m	%
S1	2461608.1529 4520418.1342	3.87	30.00	3	1	3.10 (0.77 m s.l.m.)	17.00	19.00/21.00	58
								21.00/22.70	57
								22.70/24.30	68
								24.30/26.40	33
								26.40/28.20	72
								28.20/30.00	83

Nella pagina seguente, si riporta la "scheda stratigrafica" del sondaggio, nella quale sono indicate:

- la descrizione litologica;
- la profondità degli strati;
- la profondità raggiunta;
- le prove S.P.T.;
- il campione indisturbato prelevato;
- la profondità della falda;
- l'indice R.Q.D.;
- la quota del p.c. in m s.l.m.;

A tergo della scheda stratigrafica, in allegato 2, si riporta il certificato stratigrafico, del sondaggio realizzato dalla Tecno In S.p.A., redatto in conformità all'art. 59 del D.P.R. del

06/06/01 n° 380, a seguito della *Concessione Ministeriale* 53363/05, costituito da una “colonna stratigrafica” sulla quale è indicato, oltre a quanto già presente sulle schede, lo spessore di ogni strato, la rappresentazione grafica del piezometro installato e da ulteriori colonne inerenti le modalità di perforazione, la tipologia di carotieri, e di rivestimento.

**Sondaggio S1 (17-18/10/2013)**  
**Coordinate: Est= 2461608.1529; Nord= 4520418.1342**  
**Quota: 3.87 m s.l.m.**  
**Falda: 3.10 m dal p.c. (misura del 24/10/13)**

Profondità dal p.c. (m)	Descrizione
<b>0.00 – 1.50</b>	<b>Prescavo:</b> Al fine di individuare ed evitare, la presenza di eventuali sottoservizi, è stato realizzato un prescavo a mano fino alla profondità di 1.50 m dal p.c..
<b>1.50 – 17.00</b>	<b>Cenere rimaneggiata:</b> Cenere rimaneggiata a granulometria sabbiosa limosa, a tratti medio grossolana e di colore grigio scuro, con inclusi litici arrotondati di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Sono intercalati orizzonti più fini limosi debolmente argillosi, di colore marrone e con incluse pomice arrotondate poco porfiriche per biotite e di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Dopo i 9 m circa, di profondità dal p.c., la granulometria diventa più limosa e addensata e sono inclusi nuclei sabbiosi, al massimo centimetrici, con all'interno rari e minuscoli apparati algali filiformi e rari frammenti di gusci malacologici. <i>SPT 1 da 5.00/5.45 (10/10/9)</i> <i>SPT 2 da 10.00/10.45 (9/11/13)</i> <i>SI/C1 da 12.00/12.50</i> <i>SPT 3 da 15.00/15.45 (15/18/23)</i>
<b>17.00 – 30.00</b>	<b>Tufo Vesuviano (12 Ky Bp):</b> Tufo Vesuviano. La colorazione si presenta variabile dal giallastro, al verdastro di alterazione, al prevalente grigio scuro e sono presenti fratture con evidenti tracce di ossidazione (20.30 m, circa). La parte superiore dello strato (fino a circa 23 m di profondità) si appare tenera al passaggio del carotiere. Complessivamente si presenta scoriaceo e cariato con pasta di fondo poco addensata, fino a circa 23 m di profondità e più addensata nel resto dello strato, con litici di dimensioni massime pari a circa 1.5 cm e pomice di dimensioni, a volte maggiori. Lungo tutta la verticale, immersi nella pasta di fondo, si nota la presenza di minuti frammenti carbonatici biancastri. <i>RQD: da 19.00/21.00= 58%</i> <i>RQD: da 21.00/22.70= 57%</i> <i>RQD: da 22.70/24.30= 68%</i> <i>RQD: da 24.30/26.40= 33%</i> <i>RQD: da 26.40/28.20= 72%</i> <i>RQD: da 28.20/30.00= 83%</i>

(\*)Il foro di sondaggio è stato condizionato con un piezometro a tubo aperto da 2”, per il futuro monitoraggio della falda (3 m tubo cieco + 27 m tubo fessurato)

#### 4.2 – Prove Penetrometriche S.P.T.

Nella descrizione stratigrafica del sondaggio “S1”, riportata nell’allegato 2, nonché nella tabella n°1 riepilogativa delle prove realizzate, sono state segnalate le 3 prove S.P.T. realizzate, tuttavia per rendere più agevole la consultazione si riporta, di seguito, la tabella 2 riassuntiva.

Di seguito, vengono riportati due grafici, che mettono in relazione i dati relativi alle prove penetrometriche dinamiche S.P.T. eseguite, con la profondità dal p.c., con la quota in m s.l.m. e lo stato di addensamento.

Tabella 2: riepilogo prove S.P.T.

<i>Sondaggio S1– (Quota 3.87 m s.l.m.)</i>			
SPT 1 5.00 – 5.45 m (- 1.13 /- 1.58) m s.l.m.	Cenere Rimaneggiata	N <sub>1</sub> S.P.T.= 10 N <sub>2</sub> S.P.T.= 10 N <sub>3</sub> S.P.T.= 9	N S.P.T.=19
SPT 2 10.00 – 10.45 m (- 6.13 /- 6.58) m s.l.m.	Cenere Rimaneggiata	N <sub>1</sub> S.P.T.= 9 N <sub>2</sub> S.P.T.= 11 N <sub>3</sub> S.P.T.= 13	N S.P.T.=24
SPT 3 (*) 15.00 – 15.45 m (- 11.13 /- 11.58) m s.l.m.	Cenere Rimaneggiata	N <sub>1</sub> S.P.T.= 15 N <sub>2</sub> S.P.T.= 18 N <sub>3</sub> S.P.T.= 23	N S.P.T.=41

Località: Larghetto Stazione - S. Giovanni a Teduccio - Napoli

Committente: Comune di Napoli

Prove Penetrometriche S.P.T.

Grafico N.S.P.T./Profondità dal p.c.

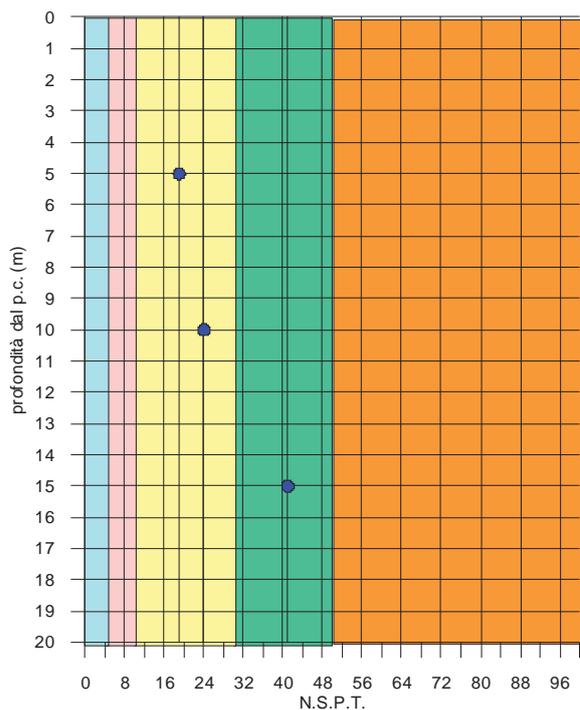
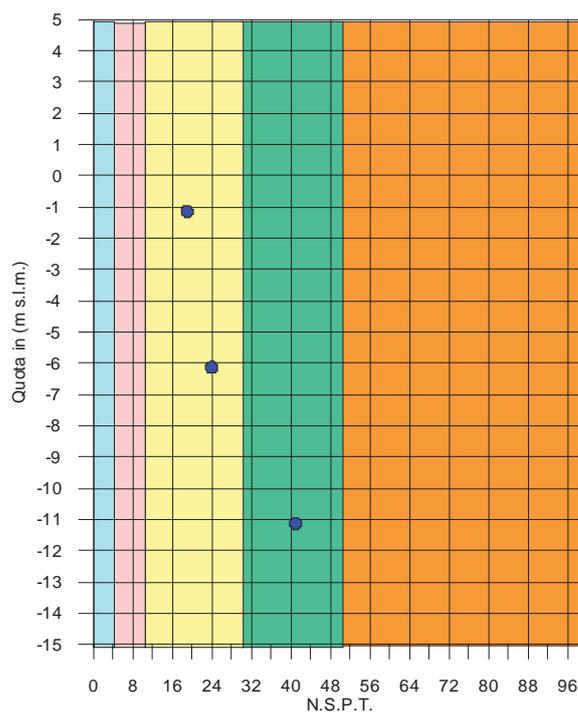


Grafico N.S.P.T./Quote assolute m s.l.m.



legenda sondaggi

 31

**Stato di addensamento**  
tab. 4.5 raccomandazioni A.G.I. 1977

-  sciolto
-  poco addensato
-  moderatamente addensato
-  addensato
-  molto addensato

#### **4.3 – Campioni indisturbati**

All'interno del foro di sondaggio "S1" è stato prelevato un campione indisturbato nell'orizzonte compreso fra le profondità di 12.00/12.50, con campionatore tradizionale tipo shelby, costituito da una fustella in acciaio inox a pareti sottili, che viene infissa nel terreno senza rotazione allo scopo di indurre il minor disturbo possibile alle caratteristiche del campione stesso.

Dopo il prelievo, le superfici esposte dei campioni sono state sigillate con paraffina fusa e nastro adesivo, per garantire la perfetta conservazione delle caratteristiche fisiche del campione.

L'elenco di tutti i campioni prelevati è riassunto nella tabella 3.

Il campione, è stato trasportato presso il laboratorio terre della Tecno In S.p.A., con sede in Napoli alla II<sup>a</sup> Traversa Strettola S. Anna alle Paludi, 11.

*Tabella 3: riepilogativa dei campioni indisturbati*

Sondaggio	Coordinate E e N	Quota in mt s.l.m.	Falda (mt dal p.c.)	Prof. (m)	Campioni Indisturbati (m)
S1	2461608.1529 4520418.1342	3.87	3.10	30.00	12.00/12.50

Le caratteristiche litologiche del campione hanno permesso di procedere alla determinazione delle caratteristiche fisiche generali, della granulometria per vagliatura e sedimentazione, del taglio diretto (TDCD) con la determinazione dei valori di picco e della prova di compressione edometrica, con la determinazione del coefficiente di compressibilità e del modulo edometrico

Tutti i certificati, sono riportati nell'allegato 3, relativo alle prove di laboratorio realizzate.

Per rendere più rapida la visione, delle risultanze, i valori scaturiti delle prove, vengono inseriti nella tabella 4, di seguito riportata.

Tabella 4: Riepilogo delle prove di laboratorio sul campione indisturbato

Sigla campione	S1/C1
Profondità prelievo (m)	12.00/12.50
Peso volume naturale $\gamma_n$ (KN/m <sup>3</sup> )	19.23
Peso volume del secco $\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	15.87
Contenuto d'acqua W (%)	21.22
Peso volume dei Granuli G (-)	2.65
Porosità n (%)	40.10
Indice dei vuoti e (-)	0.67
Grado di saturazione Sr (%)	83.83
Classe granulometrica	Sabbia limosa, debolmente argillosa, debolmente ghiaiosa
<b>Prova di Taglio "TDCD"</b>	
Angolo di attrito interno (di picco) (°)	33
Coesione (di picco) (KPa)	12
<b>Prova Edometrica</b>	
Coefficiente di compressibilità $mv$ (Mpa <sup>-1</sup> )	8.52E-02
Modulo Edometrico (Mpa)	11.7

#### 4.4 – Indagine sismica di superficie “MASW”

L’indagine MASW in oggetto è stata eseguita in larghetto Stazione, un’area adibita a parcheggio, in una traversa del Corso San Giovanni a Teduccio, Comune (NA), come mostrato nelle immagini di seguito e nella pagina successiva (foto 13 e 14).



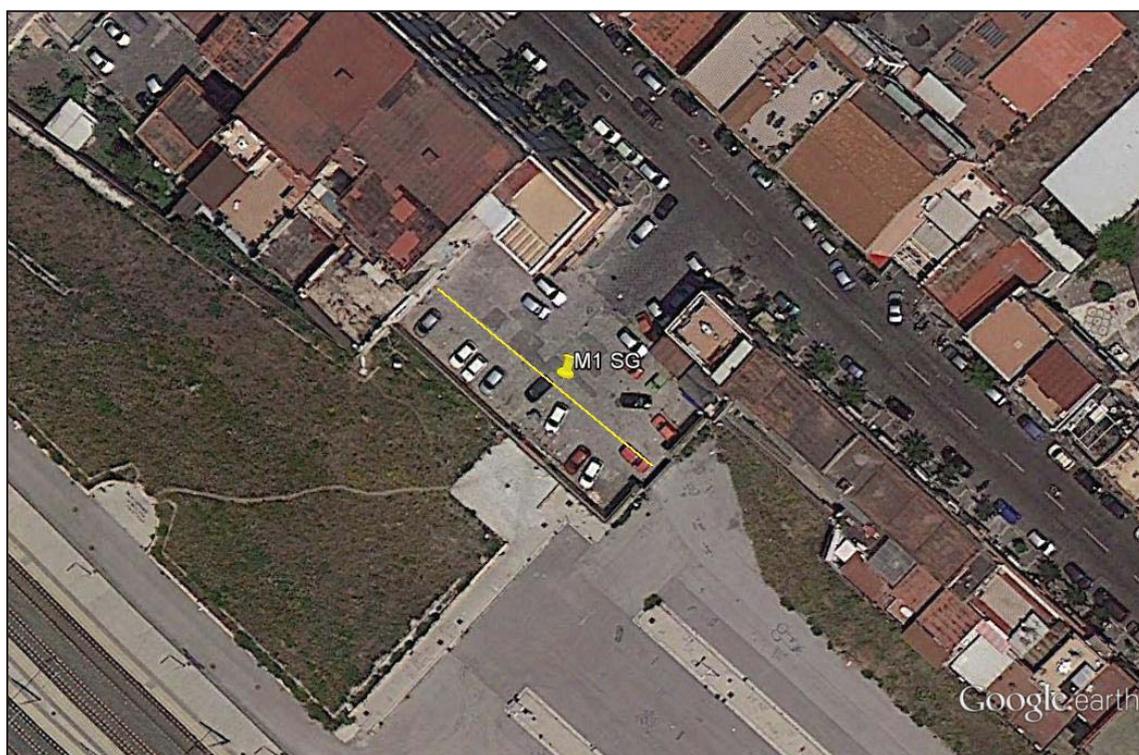
Foto 13: Strumentazione utilizzata e vista del profilo sismico MASW 1

I segnali sono stati acquisiti mediante un sismografo MAEA 6000S a 24 bit (foto 15), configurato per rilevare i segnali con un campionamento pari a 2.000 c/s operando con differenti setup. L’acquisizione dei dati è stata eseguita utilizzando una distanza intergeofonica pari a 1 m e un offset sorgente ricevitore pari a 10m.

L’elaborazione dei dati è avvenuta avvalendosi dei seguenti software specialistici:

- **IXSeg2Segy** software per la visualizzazione dei segnali acquisiti;
- **SURFSEIS 3.0** della Kansas Geological Survey – University of Kansas.

Mediante i programmi descritti, è stato possibile ottenere il profilo di velocità delle onde *S* nel sottosuolo e di conseguenza, calcolare la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}$  e definire la *categoria del suolo*.



*Figura 14: Foto aerea – fonte Google earth*



*Foto 15: Sismografo A600S utilizzato per l'acquisizione dei dati*

L'elaborazione dei dati è stata effettuata selezionando, tra tutti i segnali acquisiti, il sismogramma di seguito riportato (figura 16).

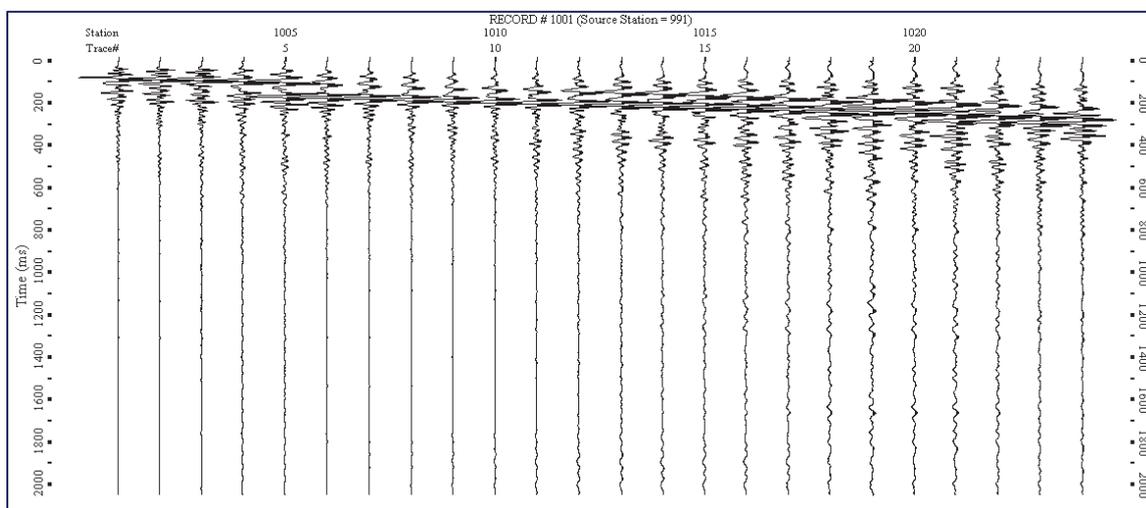


Figura 16: Indagine MASWI - sismogramma

A seguito del post-processing descritto in precedenza, è stato elaborato il diagramma velocità di fase-frequenza dal quale è stata estratta la curva di dispersione di seguito riportata (figura 17).

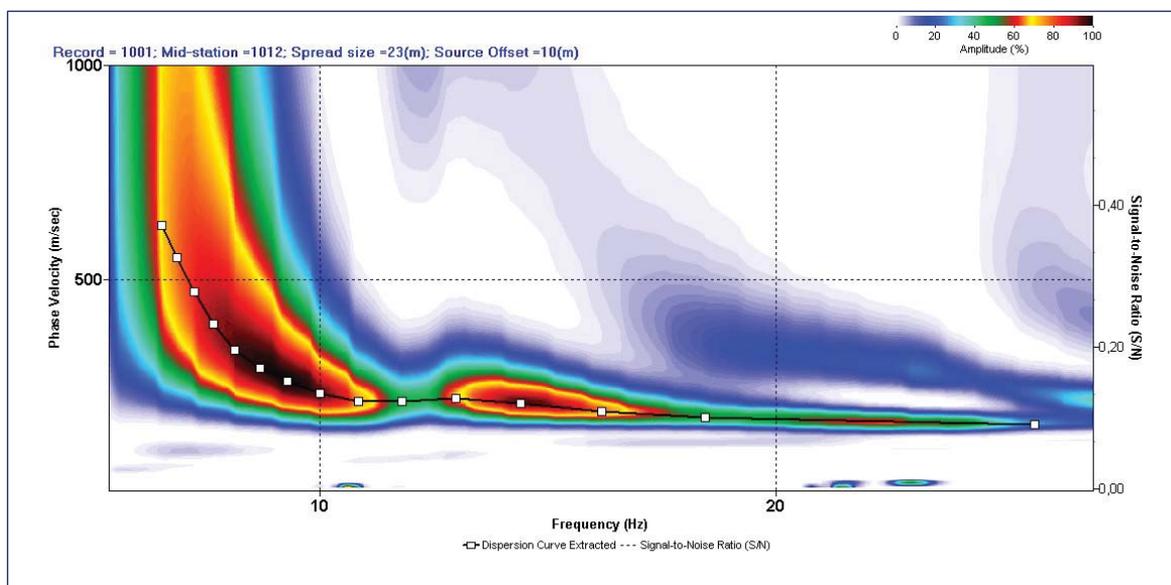


Figura 17: Indagine MASWI – diagramma velocità di fase-frequenza e curva di dispersione

Ultimato il processo di inversione, è stato ricavato il profilo verticale dell'andamento della velocità delle onde  $S$  di seguito diagrammato (figura 18).

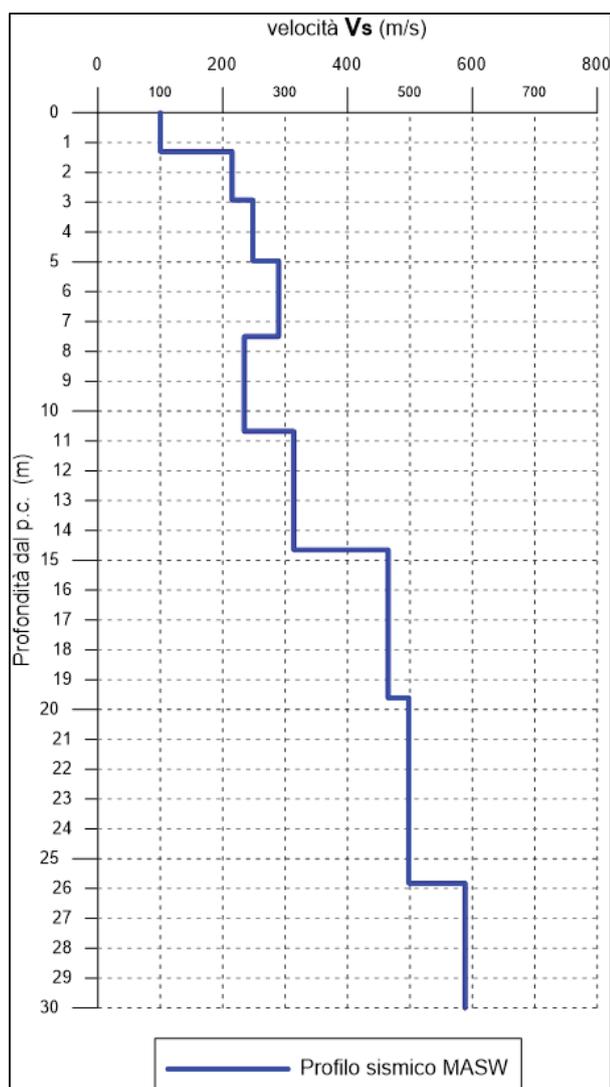


Figura 18: Indagine MASWI – Andamento del profilo delle velocità delle onde  $S$  con la profondità.

**4.4.1 – Identificazione delle categorie di suolo ai sensi del Decreto del Ministero per le Infrastrutture 14 gennaio 2008 “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”**

La problematica inerente la classificazione del terreno da un punto di vista sismico è stata recentemente oggetto di numerose ordinanze e normative (OPCM 3274; DM 14/09/2005); in ultimo, il Decreto del Ministero per le Infrastrutture 14 gennaio 2008, costituisce l'approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Nel suddetto Decreto al par. 3.2.2. “*Categorie di Sottosuolo e Condizioni Topografiche*”, facente parte del più ampio capitolo riguardante l’Azione Sismica, si riporta che “... per la definizione dell’azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento”.

Tali categorie sono riepilogate nella tabella di seguito riportata (Tabella 5).

Tabella 5: Tabella di suddivisione delle categorie di suolo

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

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel “volume significativo” (per *volume significativo* di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell’opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Sono, inoltre, definite ulteriori due categorie (Tabella 6) che prevedono specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d’elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

Tabella 6: Tabella di suddivisione delle categorie di suolo

<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

La velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}$  è definita dall’espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s_i}}} \quad (4)$$

dove:

$h_i$  è lo spessore (in metri) dell’i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{s_i}$  velocità (in m/s) delle onde di taglio nell’i-esimo strato.

Per quanto concerne l'indagine eseguita, se si considerano i valori della velocità di propagazione delle onde "S", attraverso i materiali rinvenuti nell'ambito dei primi 30 metri, desunta mediante la prospezione *MASW*, la determinazione del valore della velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}$  è risultata pari a:

- ***MASW I = 319 m/s***

Ne consegue che, sulla scorta di quanto riportato nel citato Decreto del Ministero per le Infrastrutture 14 gennaio 2008 "*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*", i terreni investigati dalla prospezione *MASWI* ricadono nella categoria litostratigrafica tipo "C" ( $180 \text{ m/s} < V_{s,30} < 360 \text{ m/s}$ ).

## 5 – Conclusioni

Su incarico del Comune di Napoli, è stata redatta la presente relazione geologica, propedeutica alla progettazione di un impianto di sollevamento, da realizzare in Piazzetta Larghetto Stazione a San Giovanni a Teduccio, in Napoli, nell'ambito delle opere previste dal grande progetto "Napoli Est".

Per la stesura della relazione ci si è avvalsi dei dati noti in letteratura, e dei risultati di una campagna di indagini geognostiche e geofisiche, espletata fra il 17 ed il 30 ottobre 2013, dalla società *Tecno In S.p.A.*, realizzata in osservanza all'autorizzazione del Ministero Infrastrutture e Trasporti ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/01 alla esecuzione e certificazione di Prove in Situ e di Laboratorio su Terre con Concessione n° 53363 del 06.05.05, così come disposto dal cogente D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Dalle indagini eseguite, e gentilmente fornite, dalla suddetta società, i cui risultati sono stati esposti nei paragrafi precedenti, è stato possibile trarre le seguenti considerazioni conclusive:

1. L'Area oggetto di studio ricade nel territorio comunale di Napoli ricade nel Foglio 184 (Napoli) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000; la morfologia della città è tipica di un territorio vulcanico ed è compresa nella Piana Campana che rappresenta un profondo graben carbonatico, conseguenza delle fasi tettoniche verificatesi nel Pliocene superiore e nel Quaternario, colmato da depositi piroclastici e alluvionali associati a frequenti depositi marini e palustri; di conseguenza l'assetto e la costituzione geolitologica del territorio derivano, non solo, dai processi tettonici che hanno dato origine alla Piana Campana, ma anche dall'attività vulcanica dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio. L'area indagata è posta ad una quota di circa 3.50 m s.l.m. e si inquadra nell'area di influenza del Sebeto, che ha senz'altro contribuito nel tempo alla deposizione di grossi spessori (da 20 a 40 m) di materiale piroclastico rimaneggiato a cui si intercalano paleosuoli e torbe, come si evince anche dall'andamento stratigrafico riscontrato nel nostro caso.

2. Dal punto di vista geologico, l'esecuzione del sondaggio a carotaggio "S1" ha permesso la ricostruzione della sequenza stratigrafica dei primi 30.00 m di sottosuolo. A partire dalla base del sondaggio, per i primi 13 m è presente il Tufo Vesuviano, il quale si presenta con una colorazione variabile dal giallastro, al verdastro di alterazione, al prevalente grigio scuro e sono presenti fratture con evidenti tracce di ossidazione (20.30 m, circa). La parte superiore dello strato (fino a circa 23 m di profondità) appare tenera al passaggio del carotiere. Complessivamente si presenta scoriaceo e cariato con pasta di fondo poco addensata, fino a circa 23 m di profondità e più addensata nel resto dello strato, con litici di dimensioni massime pari a circa 1.5 cm e pomici di dimensioni, a volte maggiori. Lungo tutta la verticale, immersi nella pasta di fondo, si nota la presenza di minuti frammenti carbonatici biancastri. A monte poggiano 17 m di ceneri rimaneggiate. Si presentano a granulometria sabbiosa limosa, a tratti medio grossolana, di colore grigio scuro, con inclusi litici arrotondati di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Sono intercalati orizzonti più fini limosi debolmente argillosi, di colore marrone e con incluse pomici arrotondate poco porfiriche per biotite e di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Dopo i 9 m circa, di profondità dal p.c., la granulometria diventa più limosa e addensata e sono inclusi nuclei sabbiosi, al massimo centimetrici, con all'interno rari e minuscoli apparati algali filiformi e rari frammenti di gusci malacologici. La falda è stata intercettata alla profondità di 3.10 m dal p.c., corrispondente a quota 0.77 m s.l.m..

3. Il tetto del Tufo Vesuviano è stato intercettato alla profondità di 17 m dal p.c. Attraverso il sondaggio a carotaggio "S1", è stato possibile determinare anche l'indice di qualità "R.Q.D.", che varia da un minimo del 33% (fra 24.30/26.40 m di profondità dal p.c.), ad un massimo dell'83% (fra 28.20/30.00 m di profondità dal p.c.). Durante le tre perforazioni non sono stati rilevati vuoti o cavità. Le risultanze sono riassunte nella tabella 7, di seguito riportata

*Tabella 7: Tabella delle determinazioni sul Tufo Giallo Napoletano*

Sond	Coordinate (Est e Nord)	Quota p.c. (m s.l.m.)	Prof. max (m)	Falda (m da p.c.) (m s.l.m.)	Tetto del Tufo Vesuviano (m dal p.c.)	Calcolo indice "RQD"	
						Tratto da m/ m	%
S1	2461608.1529 4520418.1342	3.87	30.00	3.10 (0.77 m s.l.m.)	17.00	19.00/21.00	58
						21.00/22.70	57
						22.70/24.30	68
						24.30/26.40	33
						26.40/28.20	72
28.20/30.00	83						

4. Durante la perforazione, la falda superficiale è stata intercettata alla profondità di 3.10 m dal p.c., pari ad una quota di 0.77 m s.l.m.

5. Durante le fasi di sondaggio sono state realizzate 3 prove penetrometriche dinamiche S.P.T.. I risultati delle prove sono stati riportati su due grafici che mettono in correlazione il numero dei colpi con lo stato di addensamento dei terreni. Dall'analisi dell'andamento dei grafici, si evince che la resistenza delle litologie intercettate, migliorano gradualmente, all'aumentare della profondità. I risultati delle prove registrano la loro collocazione fra i terreni definiti da “moderatamente addensati” a “addensati”.

6. Nel corso della perforazione, nell'orizzonte compreso fra le profondità di 12.00/12.50, è stato prelevato n campione indisturbato, all'interno delle Ceneri rimaneggiate. Dalle determinazioni derivanti dalle prove di laboratorio si evince che lo strato presenta un angolo di attrito interno, di picco, pari a  $33^\circ$  ed una coesione, di picco, pari a 12 KPa. Attraverso la prova di compressibilità edometrica, sono stati ricavati il modulo edometrico, pari a 11.7 Mpa e il coefficiente di compressibilità, pari a  $8.52E-02 \text{ Mpa}^{-1}$ .

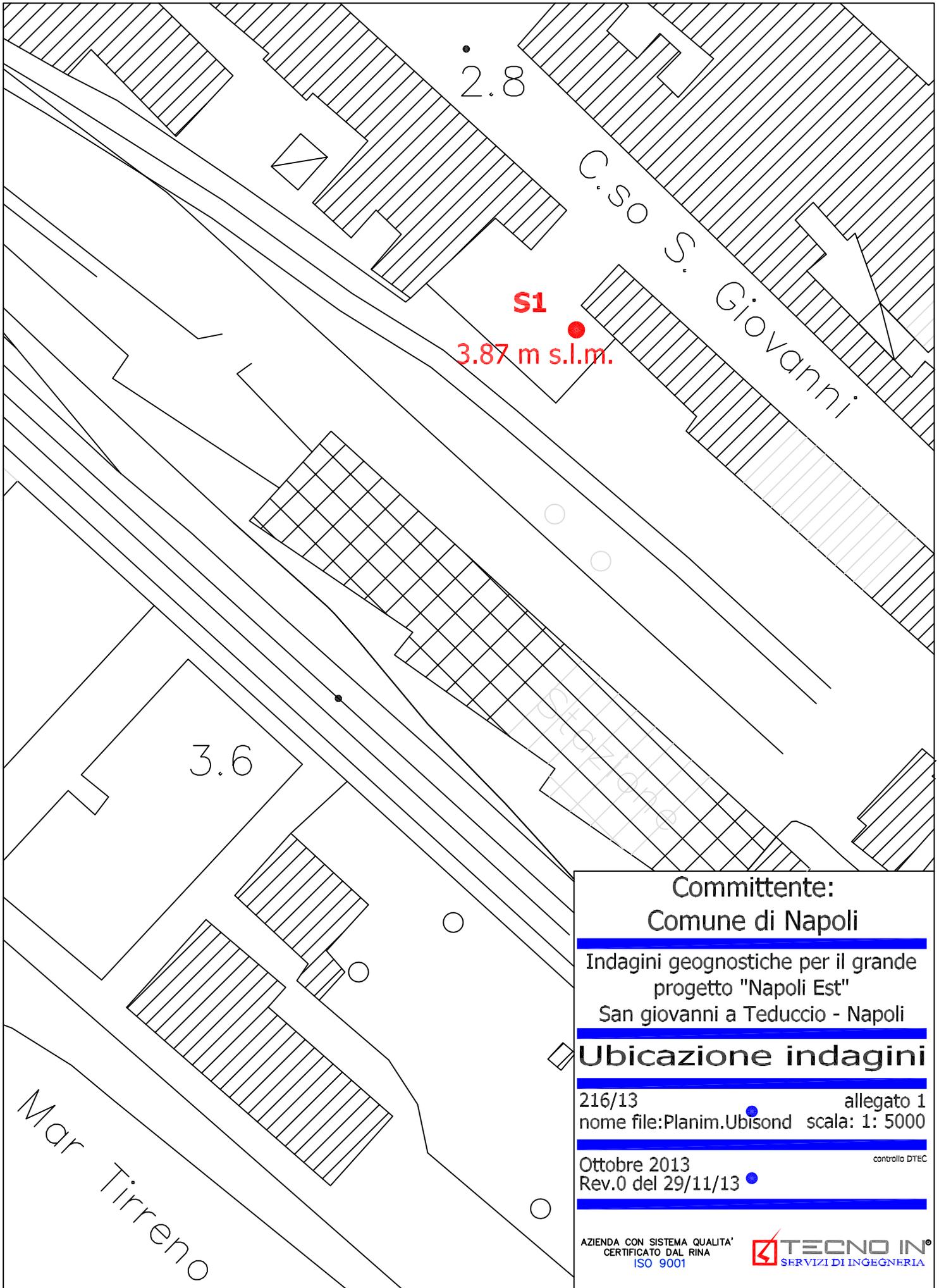
7. A supporto dell'indagine puntuale costituita dal sondaggio “S1” è stata realizzata un'indagine sismica di superficie “MASW”. Dalle risultanze della prospezione in oggetto, si evince che i primi 30 m di sottosuolo sono caratterizzati da due sismostrati. Il primo, di spessore pari a circa 14.70 m e coincidente con la cenere rimaneggiata, è caratterizzato da una velocità delle onde “S” pari a circa 250 m/s. Il secondo sismostrato, di circa 15.30 m, e coincidente con lo strato caratterizzato dal Tufo Vesuviano, è contraddistinto da una velocità delle onde “S” pari a circa 500 m/s. Complessivamente, considerando i valori della velocità di propagazione delle onde “S”, attraverso i materiali rinvenuti nell'ambito dei primi 30 metri del sondaggio “S1”, la determinazione del valore della velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}$  è risultata pari a **319 m/s**; ne consegue che, sulla scorta di quanto riportato nel citato Decreto del Ministero per le Infrastrutture 14 gennaio 2008 “*Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*”, i terreni investigati dalle prospezioni *down-hole* ricadono nella categoria litostratigrafica tipo “C” ( $360 \text{ m/s} < V_{s,30} < 800 \text{ m/s}$ ).

Napoli, 29 novembre 2012

Dott. Geol. Lamberto Lamberti

# **ALLEGATO 1**

## UBICAZIONE INDAGINI



**Committente:**  
**Comune di Napoli**

Indagini geognostiche per il grande  
progetto "Napoli Est"  
San giovanni a Teduccio - Napoli

**Ubicazione indagini**

216/13 allegato 1  
nome file: Planim.Ubisond scala: 1: 5000

Ottobre 2013  
Rev.0 del 29/11/13

controllo DTEC

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'  
CERTIFICATO DAL RINA  
ISO 9001



## **ALLEGATO 2**

### **CERTIFICATI STRATIGRAFICI**

SONDAGGIO: S1

Committente: Comune di Napoli

Cantiere: S. Giovanni a Teduccio

Località: Larghetto della Stazione

Coordinata Est (m): 2461608.1529

Coordinata Nord (m): 4520418.1342

Quota assoluta (m slm): 3.87

Periodo: 17-18/ottobre/2013

Sezione max. (mm): 127

Sezione min. (mm): 101

Profondità max. (m): 30.00

Scala: 1:200



Il Trav. Str. la S. Anna alle Paludi 11  
80142 Napoli  
tel. 061-5634520 fax. 5633970

Il Tecnico Sperimentatore:  
dr. geol. L. Lamberti

Il Direttore:  
dr. geol. L. Amato

Legenda

- Prescavo
- Genere Rimaneggiata
- Tufo Vesuviano

Certificato stratigrafico  
Conc. Min. N° 53363

Certificato N° 989/13  
Data Protocollo 22/10/13  
Accettazione N° 029/13  
Sigla Prova PF 978/13  
Pag. 1 di 1

Quota Assoluta (m slm)	Spessore dello strato (m)	Profondità relativa al p.c. (m)	Litologia	Descrizione Litologica	Doppio Carotiere T2	Carotiere S. 101mm	Rivestimento 127mm	Piezometro a T.A.	Campione indisturbato e/o rimaneggiato	SPT	RQD	Livello della Falda
2.37	1.50	1.50		<b>Prescavo:</b> Al fine di individuare ed evitare, la presenza di eventuali sottoservizi, è stato realizzato un prescavo a mano fino alla profondità di 1.50 m dal p.c..								
	15.50			<b>Genere rimaneggiata:</b> Genere rimaneggiata a granulometria sabbiosa limosa, a tratti medio grossolana e di colore grigio scuro, con inclusi litici arrotondati di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Sono intercalati orizzonti più fini limosi debolmente argillosi, di colore marrone e con incluse pomici arrotondate poco porfiriche per biotite e di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Dopo i 9 m circa, di profondità dal p.c., la granulometria diventa più limosa e addensata e sono inclusi nuclei sabbiosi, al massimo centimetrici, con all'interno rari e minuscoli apparati algali filiformi e rari frammenti di gusci malacologici.					5.00 10-10-9 5.45			3.10
									10.00 9-11-13 10.45			
									12.00 S1/C1 12.50			
-13.13		17.00		<b>Tufo Vesuviano (12 Ky Bp):</b> Tufo Vesuviano. La colorazione si presenta variabile dal giallastro, al verdastro di alterazione, al prevalente grigio scuro e sono presenti fratture con evidenti tracce di ossidazione (20.30 m, circa). La parte superiore dello strato (fino a circa 23 m di profondità) si appare tenera al passaggio del carotiere. Complessivamente si presenta scoriaceo e cariato con pasta di fondo poco addensata, fino a circa 23 m di profondità e più addensata nel resto dello strato, con litici di dimensioni massime pari a circa 1.5 cm e pomici di dimensioni, a volte maggiori. Lungo tutta la verticale, immersi nella pasta di fondo, si nota la presenza di minuti frammenti carbonatici biancastr.					15.00 15-18-23 15.45			
	13.00								19.00			58%
									21.00			57%
									22.70			68%
									24.30			33%
									26.40			72%
									28.20			83%
-26.13		30.00							30.00			

**ALLEGATO 3**  
**PROVE DI LABORATORIO**



FOGLIO 1 DI 1

<u>Acc. n°</u>	125/13	<u>del</u>	21/10/13	<u>Certificato n°</u>	4184/13
<u>Committente:</u>	COMUNE DI NAPOLI			<u>Commessa n°:</u>	216/13
<u>Cantiere</u>	Sede Viaria di Corso San Giovanni - Barra (NA)				
<u>Località:</u>	Napoli				
<u>Campione</u>	S1 CI 1			<u>Profondità (m)</u>	12,00-12,50
<u>Sigla di laboratorio:</u>	T.1369/13	<u>Data di inizio prova:</u>	28/10/2013	<u>Data di emissione:</u>	11/11/2013

DETERMINAZIONI	1	2
Picnometro n°	9	6
Peso picnometro (N)	1.60	1.60
Peso pic. + acqua distill.(N)	4.69	4.74
Temperatura (°C)	21.0	21.0
Peso terreno secco (N)	0.40	0.40
Peso pic. + terreno secco (N)	2.00	1.99
Peso pic. + terreno + acqua distill. (N)	4.94	4.98
Temperatura miscela (°C)	21.0	21.0
Peso specifico $\gamma_s$ (-)	2.67	2.63

**PESO SPECIFICO MEDIO " $\gamma_s$ ":**

**2.65 (-)**

Note:

**Lo Sperimentatore**  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**Il Direttore del Laboratorio**  
 Dott. Geol. Lucio Amato

Accettazione n:	125/13	del	21/10/13	Certificato n° :	4185/13
Committente:	COMUNE DI NAPOLI			Commessa n°:	216/13
Cantiere:	Sede Viaria di Corso San Giovanni - Barra (NA)				
Località:	Napoli				
Campione:	S1 CI 1			Profondità (m) :	12,00-12,50
Sigla di laboratorio:	T.1369/13	Data di inizio prova:	28/10/13	Data di emissione:	11/11/2013

DETERMINAZIONI	1	2	3
Altezza provino (mm)	23.0	23.0	23.0
Diametro provino (mm)	60.0	60.0	60.0
Volume (mm <sup>3</sup> )	64998	64998	64998
Peso tara (N)	0.75	1.07	1.04
Peso tara + prov. umido (N)	2.01	2.31	2.29
Peso tara + prov. secco (N)	1.80	2.08	2.07
Peso prov. umido (N)	1.26	1.24	1.25
Peso prov. secco (N)	1.05	1.01	1.03
<b>Valori calcolati</b>			
Peso di volume naturale $\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> ) :	19.34	19.10	19.25
Peso di volume secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> ) :	16.17	15.55	15.89
Contenuto d'acqua naturale $w$ (%) :	19.65	22.84	21.17
Peso specifico dei granuli $G$ (-):	2.65	2.65	2.65
Porosità $n$ (%) :	38.97	41.31	40.04
Indice dei vuoti $e$ (-):	0.64	0.70	0.67
Grado di saturazione $S_r$ (%) :	81.52	85.97	83.99
<b>Valori medi</b>			
Peso di volume naturale $\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> ) :	<b>19.23</b>		
Peso di volume secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> ) :	<b>15.87</b>		
Contenuto d'acqua naturale $w$ (%) :	<b>21.22</b>		
Peso specifico dei granuli $G$ (-):	<b>2.65</b>		
Porosità $n$ (%) :	<b>40.10</b>		
Indice dei vuoti $e$ (-):	<b>0.67</b>		
Grado di saturazione $S_r$ (%) :	<b>83.83</b>		

Note:

**Lo Sperimentatore**  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**Il Direttore del Laboratorio**  
Dott. Geol. Lucio Amato

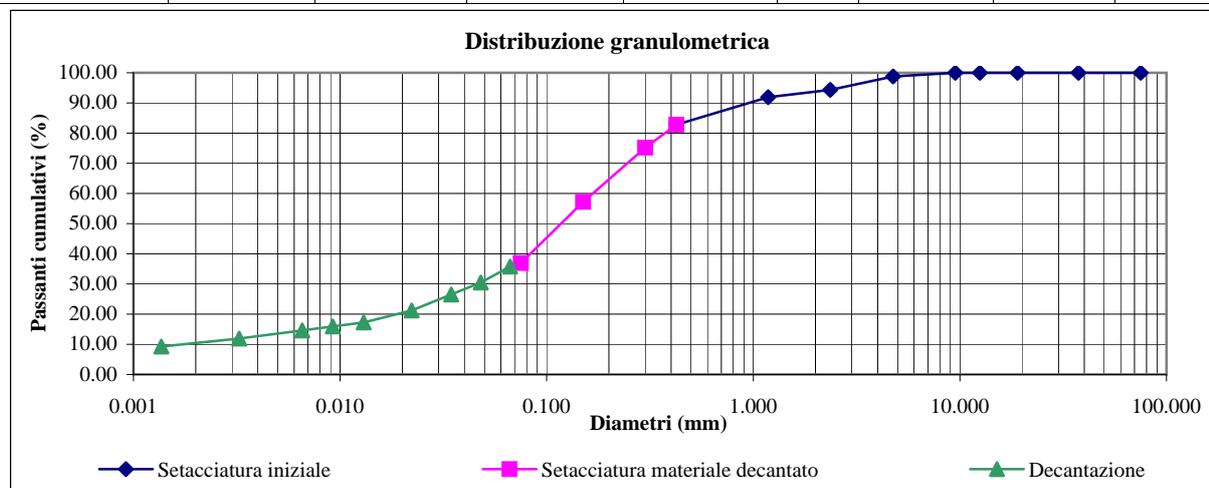
Acc. n°	125/13	del	21/10/13	Certificato n°:	4186/13
Committente:	COMUNE DI NAPOLI			Commessa n°	216/13
Cantiere:	Sede Viaria di Corso San Giovanni - Barra (NA)				
Località:	Napoli				
Campione:	S1 CI 1			Profondità (m):	12,00-12,50
Sigla di laboratorio	T.1369/13	Data di inizio prova	28/10/2013	Data di emissione:	11/11/2013

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 40 ASTM, 0,425 mm)			
Peso secco iniziale (g):	428.43	Peso secco dopo lavato (g):	331.57
Peso tara (g):			8.45
Setaccio		Peso ritenuto cumulativo + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
3"	75.000	8.45	100.00
1 1/2"	37.500	8.45	100.00
3/4"	19.000	8.45	100.00
1/2"	12.500	8.45	100.00
3/8"	9.500	8.45	100.00
N. 4	4.750	13.65	98.76
N. 10	2.360	32.24	94.34
N. 16	1.180	42.51	91.89
N. 40	0.425	80.76	82.78

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione passante al N. 40 ASTM)			
Peso secco iniziale (g):	50.2		
Setaccio		Peso ritenuto cumulativo (g)	Percentuale passante parziale (%)
ASTM	mm		
N.40	0.425	2.98	82.78
N.50	0.300	7.60	75.16
N.100	0.150	18.50	57.19
N. 200	0.075	30.80	36.91
Peso specifico della soluzione : 1.001			

Peso tara (g)	2.98
Diametro max della frazione sottoposta a decantazione (mm):	0.425

Decantazione								
Peso iniziale secco (g): 50.2			Peso specifico dei granuli: 2.65					
Tempo (min)	Letture al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Letture corrette per temperatura e menisco	Percentuale delle particelle in sospensione	L (cm)	K	Diametro delle particelle in sospensione (cm)
0.50	1.0150	22	-0.0005	1.0145	35.78	12.45	0.01332	0.066
1	1.0130	22	-0.0005	1.0125	30.48	13.00	0.01332	0.048
2	1.0115	22	-0.0005	1.0110	26.51	13.40	0.01332	0.034
5	1.0095	22	-0.0005	1.0090	21.20	13.90	0.01332	0.022
15	1.0080	22	-0.0005	1.0075	17.23	14.30	0.01332	0.013
30	1.0075	22	-0.0005	1.0070	15.90	14.40	0.01332	0.009
60	1.0070	22	-0.0005	1.0065	14.58	14.55	0.01332	0.007
250	1.0060	22	-0.0005	1.0055	11.93	14.85	0.01332	0.003
1440	1.0050	22	-0.0005	1.0045	9.28	15.10	0.01332	0.001



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Lucio Amato

Accettazione n°:	<b>125/13</b>	del	<b>21/10/2013</b>	Commessa n°:	<b>216/13</b>
Committente:	<b>COMUNE DI NAPOLI</b>				
Cantiere:	<b>Sede Viaria di Corso San Giovanni - Barra (NA)</b>				
Località:	<b>Napoli</b>				
Campione:	<b>S1 CI 1</b>		Profondità (m):	<b>12,00-12,50</b>	
Sigla del laboratorio:	<b>T.1369/13</b>		Data di emissione:	<b>11/11/2013</b>	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI		
Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	<b>19.23</b>
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	<b>15.87</b>
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	<b>21.22</b>
Peso specifico dei granuli G	(-)	<b>2.65</b>
Porosità n	(%)	<b>40.10</b>
Indice dei vuoti e	(-)	<b>0.67</b>
Grado di saturazione Sr	(%)	<b>83.83</b>

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)		
Argilla < 0,002 mm	(%)	<b>10.00</b>
Limo < 0,06 mm	(%)	<b>24.00</b>
Sabbia < 2,00 mm	(%)	<b>59.00</b>
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	<b>7.00</b>
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	<b>0.00</b>

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)		
Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)		

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)		
Gruppo		
Sotto gruppo		
Indice di gruppo		

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT <sub>s</sub> 69)		
Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO		
Permeabilità	(m/s)	

PROVA DI COMPRESSIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)		
Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)		
Cu media	kPa	

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)		
Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)		
Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)		
Angolo di attrito interno (di picco)	°	<b>33</b>
Coesione (di picco)	kPa	<b>12</b>
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)		
Intervallo di carico compreso tra 100 e 200 kPa*		
Coefficiente di compressibilità $m_v$	Mpa <sup>-1</sup>	<b>8.52E-02</b>
Modulo edometrico $E_{ed}$	Mpa	<b>11.7</b>
Permeabilità in cella edometrica $k$	m/sec	
Coefficiente di consolidazione $c_v$	cm <sup>2</sup> /sec	

\* intervallo corrispondente alla tensione geostatica in sito

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
(ASTM D 3080-98)

FOGLIO 1 DI 4

Acc. n°	125/13	del	21/10/2013	Protocollo n°	4187/13
Committente:	COMUNE DI NAPOLI			Commessa n°:	216/13
Cantiere:	Sede Viaria di Corso San Giovanni - Barra (NA)				
Località:	Napoli				
Campione:	S1 - CII			Profondità (m):	12,00-12,50
Sigla laboratorio	T.1369/13	Data inizio prova:	28/10/2013	Data di emissione	11/11/2013

Altezza fustella (cm): 2.30

Area sezione resistiva (cm<sup>2</sup>) 28.26

Diametro fustella (cm): 6.00

Anello dinamometrico da: 3.0 KN

Volume fustella (cm<sup>3</sup>): 65.00

PROVINO	1	2	3
Peso fustella (N)	0.75	1.07	1.04
Peso provino + fustella (N)	2.01	2.31	2.29
Peso provino (N)	1.26	1.24	1.25
Peso di volume " $\gamma_n$ " (kN/m <sup>3</sup> )	19.34	19.10	19.25
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.006	0.006	0.006

**DATI CONSOLIDAZIONE**

PROVINO	1	2	3
Pressione verticale KPa	100	200	300
Tempo di consolidazione (ore)	24	48	72
Cedimento verticale finale (mm)	0.930	0.990	1.200

**Lo Sperimentatore**

Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**Il Direttore del Laboratorio**

Dott. Geol. Lucio Amato

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
 (ASTM D 3080-98)

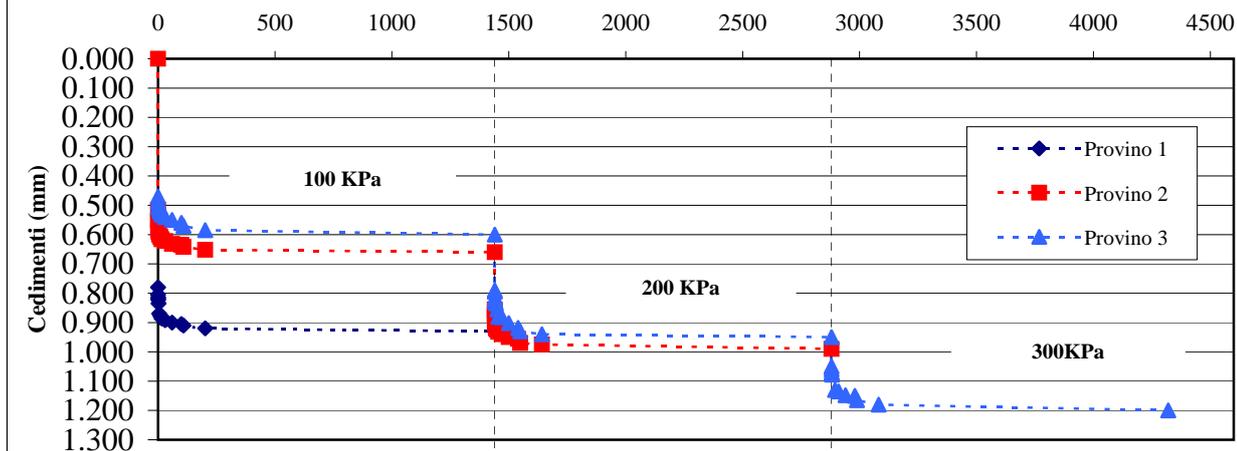
FOGLIO 2 DI 4

 Sigla campione: **T.1369/13**
**CONSOLIDAZIONE**

Data	PROVINO 1	PROVINO 2		PROVINO 3		
	28/10/2013	28/10/2013	29/10/2013	28/10/2013	29/10/2013	30/10/2013
Carico (KPa)	100	100	200	100	200	300
Tempi di lettura (min.)	Cedimenti (mm)	Cedimenti (mm)		Cedimenti (mm)		
0	0.000	0.000	0.660	0.000	0.600	0.950
0.1	0.780	0.515	0.855	0.470	0.790	1.050
0.25	0.805	0.552	0.872	0.485	0.795	1.060
0.5	0.815	0.570	0.890	0.490	0.815	1.070
1	0.822	0.582	0.900	0.505	0.825	1.075
2	0.835	0.590	0.905	0.508	0.828	1.078
5	0.870	0.600	0.920	0.518	0.835	1.095
10	0.878	0.608	0.925	0.524	0.855	1.115
15	0.886	0.616	0.932	0.532	0.880	1.130
30	0.892	0.622	0.940	0.540	0.882	1.135
60	0.900	0.632	0.950	0.550	0.902	1.148
100	0.905	0.635	0.956	0.560	0.918	1.150
200	0.910	0.642	0.970	0.570	0.930	1.165
500	0.920	0.652	0.975	0.585	0.940	1.180
1440	0.930	0.660	0.990	0.600	0.950	1.200

**GRAFICO DEI CEDIMENTI PER GRADINI DI CARICO**

Tempi di lettura (min.)


**Lo Sperimentatore**

Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**Il Direttore del Laboratorio**

Dott. Geol. Lucio Amato

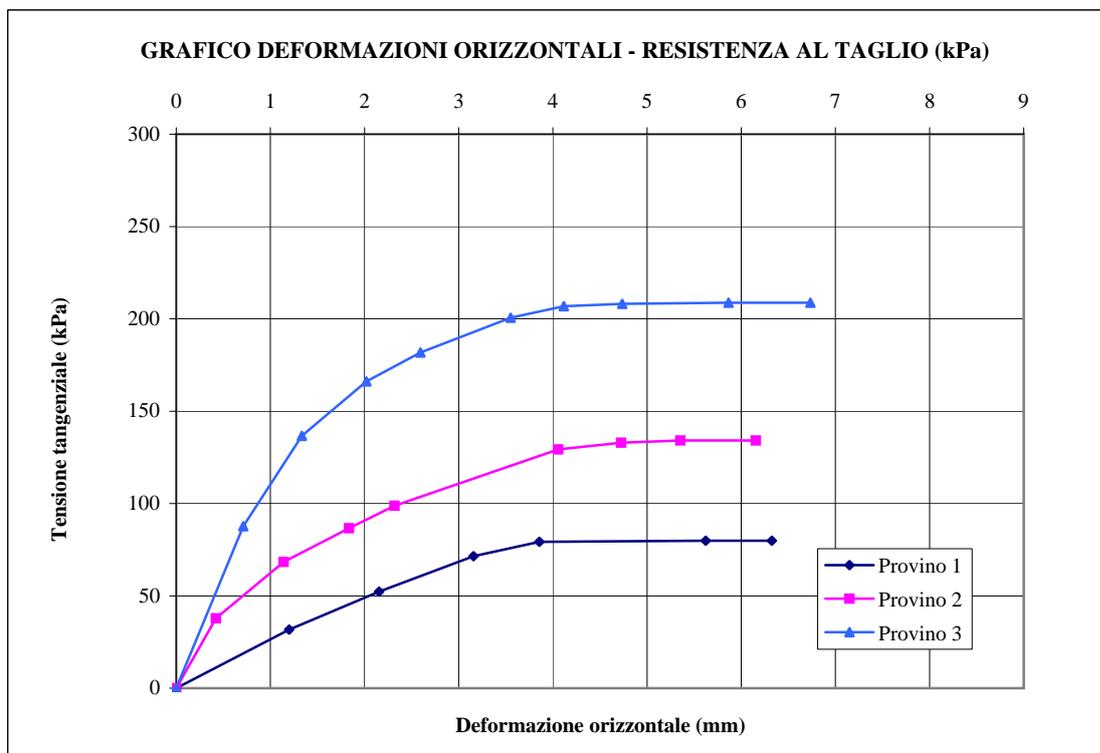
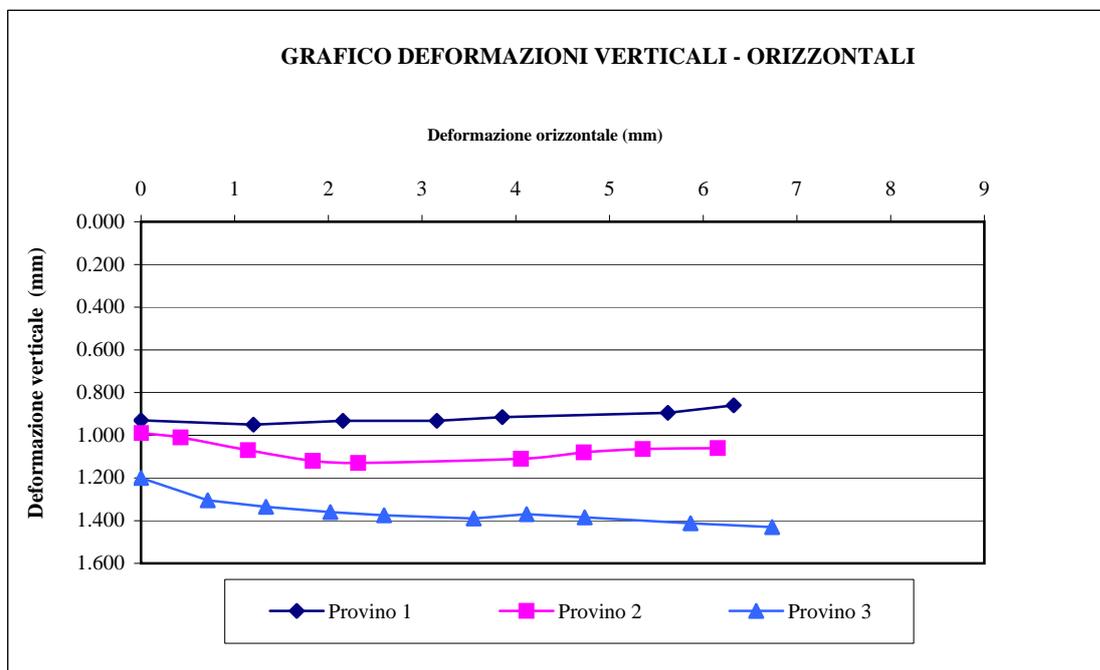


**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

(ASTM D 3080-98)

FOGLIO 4 DI 4

Sigla campione: **T.1369/13**



**Lo Sperimentatore**

*Dott. Geol. Giovanni Patricelli*

**Il Direttore del Laboratorio**

*Dott. Geol. Lucio Amato*

<u>Acc. n°</u>	<b>125/13</b>	<u>del:</u>	<b>21/10/2013</b>	<u>Protocollo n°:</u>	<b>4188/13</b>
<u>Committente:</u>	<b>Comune di Napoli</b>			<u>Commessa n°:</u>	<b>216/13</b>
<u>Cantiere:</u>	<b>Sede Viaria di Corso San Giovanni - Barra (NA)</b>				
<u>Località:</u>	<b>Napoli</b>				
<u>Campione:</u>	<b>S1 CI1</b>			<u>Profondità (m):</u>	<b>12,00-12,50</b>
<u>Sigla di laboratorio:</u>	<b>T.1369/13</b>	<u>Data di prova:</u>	<b>28/10/2013</b>	<u>Data di emissione:</u>	<b>11/11/2013</b>

**DATI GENERALI**

**Diametro del provino:** 50.46 mm  
**Altezza del provino:** 20.01 mm  
**Area della sezione resistiva:** 20.00 cm<sup>2</sup>  
**Volume del provino:** 40.00 cm<sup>3</sup>

**Peso specifico grani:** 2.65 (-)  
**Contenuto in acqua:** 21.26 %  
**Peso iniziale:** 0.771 N  
**Peso di volume naturale:** 19.28 kN/m<sup>3</sup>  
**Peso secco:** 0.636 N  
**Peso di volume secco:** 15.90 kN/m<sup>3</sup>  
**Indice dei pori naturale:** 0.67 (-)  
**Grado di saturazione naturale:** 85 %  
**Carico massimo di prova:** 3200 kPa

**Osservazioni:**

Lo Sperimentatore  
*Dott. Geol. Giovanni Patricelli*

Il Direttore del Laboratorio  
*Dott. Geol. Lucio Amato*

Sigla campione: **T.1369/13**

Pagina 2 di 9

**DATI RIEPILOGATIVI**

FASE DI CARICO

Incremento		n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pressioni verticali $\sigma'_v$	da	kPa	0.0	12.5	25.0	50.0	100.0	200.0	400.0	800.0	1600.0
	a	kPa	12.5	25.0	50.0	100.0	200.0	400.0	800.0	1600.0	3200.0
Tempo		min.	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440
<b>Ced. assoluto <math>\delta h</math></b>		mm	0.175	0.260	0.358	0.452	0.618	0.782	0.975	1.230	1.580
<b>Modulo <math>E_{ed}</math></b>		Mpa	1.4	2.9	5.0	10.4	11.7	23.5	39.7	59.3	85.1
Ced. unitario (dh/ho) $e_v$		(%)	0.87	1.30	1.79	2.26	3.09	3.91	4.87	6.15	7.90
Indice dei vuoti $e$		(-)	0.653	0.646	0.638	0.630	0.616	0.602	0.586	0.565	0.536
Indice di compr. $a_v$		MPa <sup>-1</sup>	1.10E-01	5.67E-02	3.27E-02	1.57E-02	1.38E-02	6.83E-03	4.02E-03	2.66E-03	1.82E-03
Coeff. di compr $m_v$		MPa <sup>-1</sup>	7.03E-01	3.40E-02	1.96E-02	9.59E-02	8.52E-02	4.25E-02	2.52E-02	1.69E-02	1.18E-02
Coeff. di compr. primaria $C_v$		cm <sup>2</sup> /sec									
Coeff. di permeab. $K$		cm/sec									

FASE DI SCARICO

Scarichi		n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pressioni verticali $\sigma'_v$	da	kPa	3200.0	800.0	200.0	50.0					
	a	kPa	800.0	200.0	50.0	12.5					
Tempo		min.	720	720	720	720					
<b>Ced. assoluto <math>\delta h</math></b>		mm	<b>1.520</b>	<b>1.480</b>	<b>1.440</b>	<b>1.400</b>					
Ced. unitario (dh/ho) $e_v$		(%)	7.60	7.40	7.20	7.00					
Indice dei vuoti (e)		(-)	0.54	0.54	0.55	0.55					

<b>Eed</b>	$\delta\sigma'_v/\delta\varepsilon'_v$
<b><math>a_v</math></b>	$-\delta\varepsilon/\delta\sigma'$
<b><math>m_v</math></b>	<b>1/Eed</b>

<b><math>C_v</math></b>	<b>0,197*H'<sup>2</sup>/t50</b>
-------------------------	---------------------------------

Lo Sperimentatore  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

<b>K</b>	<b><math>C_v * m_v * \gamma_v</math></b>
----------	--

Il Direttore del Laboratorio  
 Dott. Geol. Lucio Amato

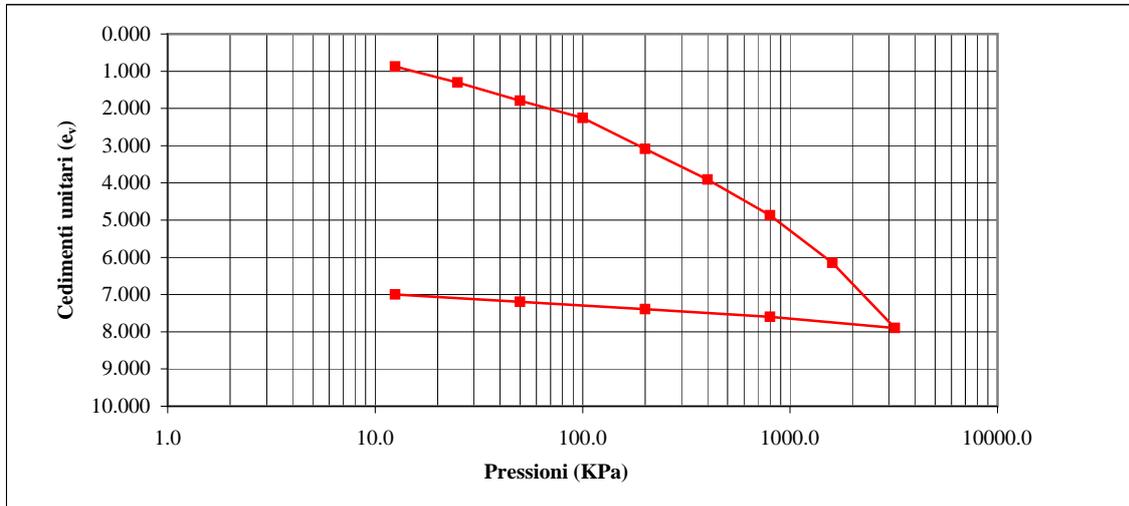
**TABELLE TEMPI - CEDIMENTI**

Incremento n. 1		Incremento n. 2		Incremento n. 3		Incremento n. 4	
Da (kPa):	a (kPa):	Da (kPa):	a (kPa):	Da (kPa):	a (kPa):	Da (kPa):	a (kPa):
0.0	12.5	12.5	25.0	25.0	50.0	50.0	100.0
Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)	Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)	Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)	Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)
0.1	0.105	0.1	0.185	0.1	0.322	0.1	0.412
0.25	0.106	0.25	0.194	0.25	0.326	0.25	0.416
0.5	0.108	0.5	0.201	0.5	0.328	0.5	0.420
1	0.112	1	0.207	1	0.330	1	0.423
2	0.116	2	0.213	2	0.332	2	0.426
4	0.121	4	0.219	4	0.334	4	0.430
10	0.128	10	0.228	10	0.338	10	0.434
15	0.132	15	0.231	15	0.340	15	0.435
30	0.139	30	0.236	30	0.342	30	0.438
60	0.147	60	0.241	60	0.344	60	0.440
120	0.155	120	0.245	120	0.347	120	0.443
240	0.161	240	0.250	240	0.350	240	0.446
480	0.167	480	0.253	480	0.353	480	0.448
1440	0.175	1440	0.260	1440	0.358	1440	0.452
Incremento n. 5		Incremento n. 6		Incremento n. 7		Incremento n. 8	
Da (kPa):	a (kPa):	Da (kPa):	a (kPa):	Da (kPa):	a (kPa):	Da (kPa):	a (kPa):
100.0	200.0	200.0	400.0	400.0	800.0	800.0	1600.0
Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)	Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)	Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)	Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)
0.1	0.540	0.1	0.690	0.1	0.900	0.1	1.130
0.25	0.549	0.25	0.697	0.25	0.903	0.25	1.140
0.5	0.555	0.5	0.702	0.5	0.910	0.5	1.145
1	0.560	1	0.708	1	0.915	1	1.154
2	0.566	2	0.716	2	0.920	2	1.160
4	0.572	4	0.723	4	0.925	4	1.166
10	0.579	10	0.733	10	0.932	10	1.175
15	0.583	15	0.738	15	0.935	15	1.180
30	0.589	30	0.746	30	0.940	30	1.188
60	0.594	60	0.751	60	0.947	60	1.197
120	0.598	120	0.761	120	0.954	120	1.206
240	0.604	240	0.766	240	0.961	240	1.214
480	0.610	480	0.772	480	0.968	480	1.220
1440	0.618	1440	0.782	1440	0.975	1440	1.230
Incremento n. 9		<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: 100%; height: 100%;">                     Osservazioni:                 </div>					
Da (kPa):	a (kPa):						
1600.0	3200.0						
Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)						
0.1	1.440						
0.25	1.455						
0.5	1.464						
1	1.472						
2	1.483						
4	1.492						
10	1.505						
15	1.511						
30	1.521						
60	1.530						
100	1.540						
240	1.552						
480	1.562						
1440	1.580						

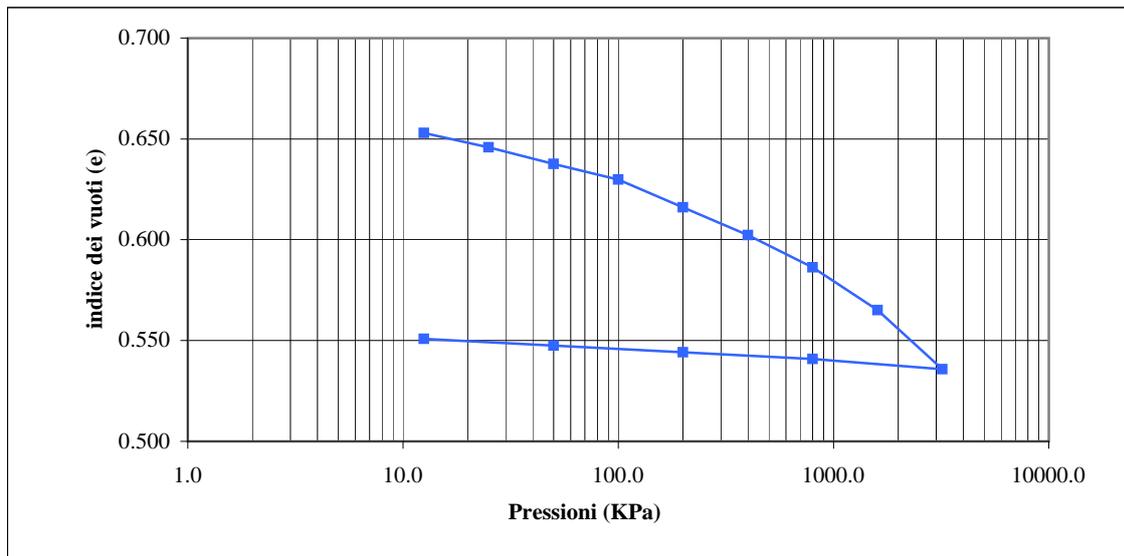
Lo Sperimentatore  
*Dott. Geol. Giovanni Patricelli*

Il Direttore del Laboratorio  
*Dott. Geol. Lucio Amato*

**GRAFICO CARICHI - CEDIMENTI**



**GRAFICO CARICHI - INDICE DEI VUOTI**



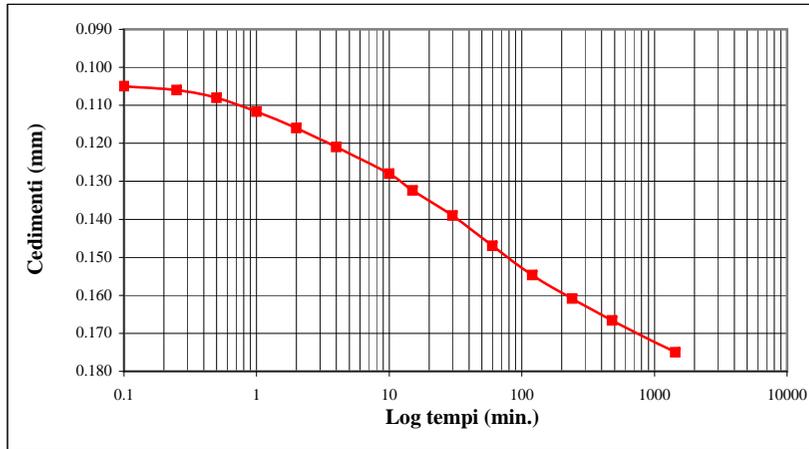
Lo Sperimentatore  
*Dott. Geol. Giovanni Patricelli*

Il Direttore del Laboratorio  
*Dott. Geol. Lucio Amato*

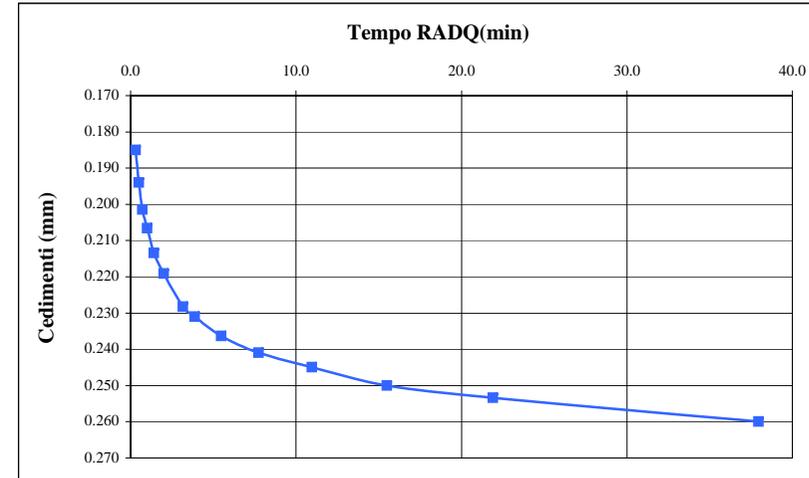
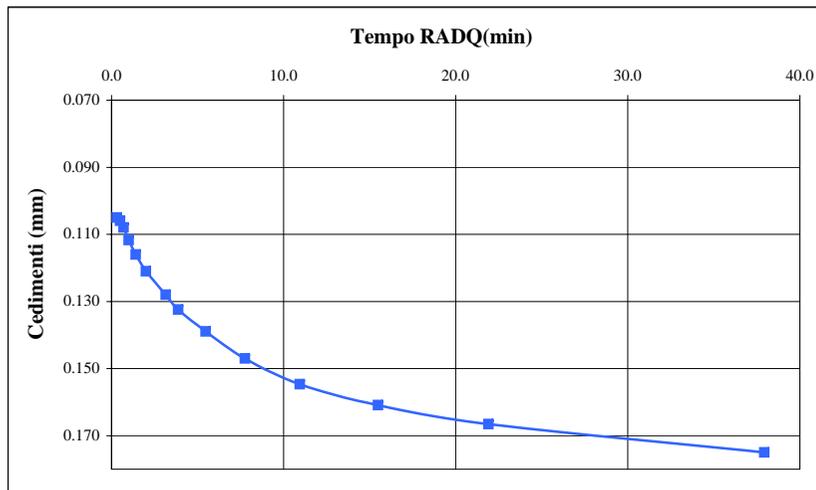
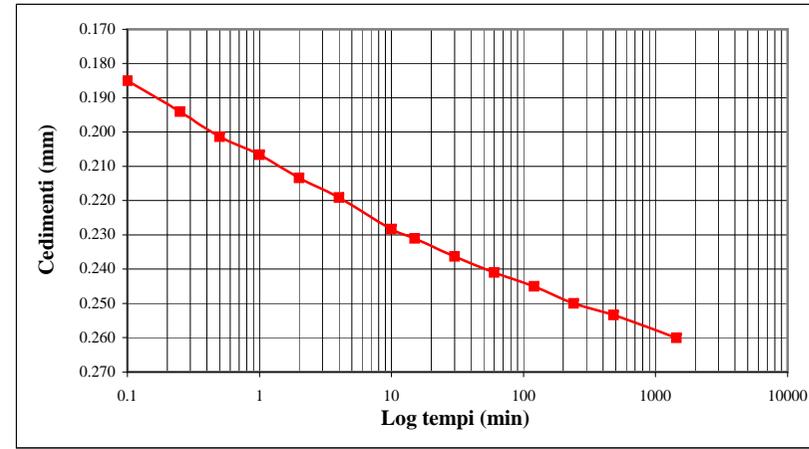
Sigla campione **T.1369/13**

Pagina 5 di 9

**INCREMENTO N° 1 DA 0,0 A 12,5 KPa**



**INCREMENTO N° 2 DA 12,5 A 25,0 KPa**



Lo Sperimentatore  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

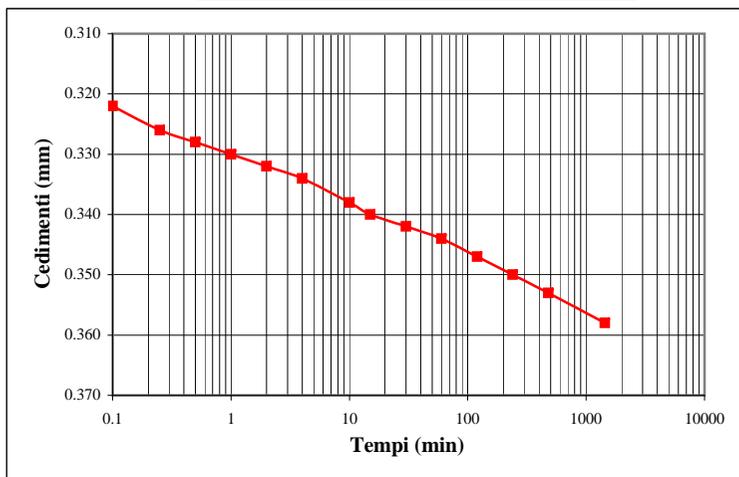
Il Direttore del Laboratorio  
 Dott. Geol. Lucio Amato

Sigla campione

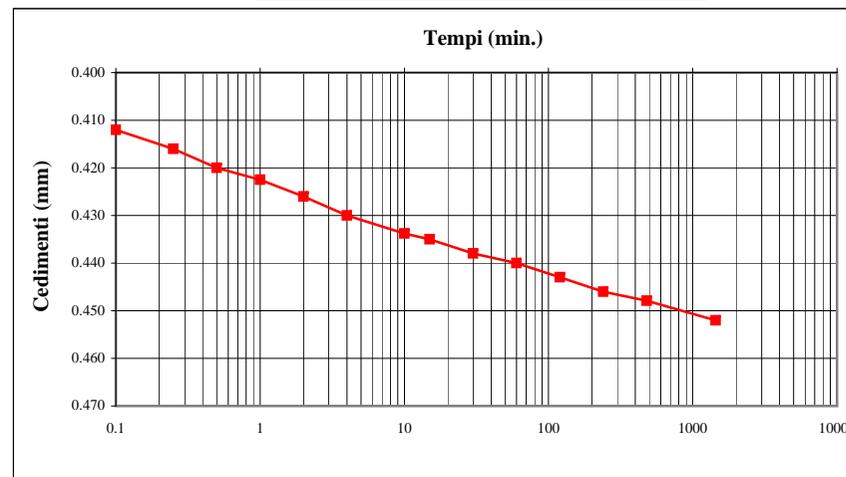
**T.1369/13**

Pagina 6 di 9

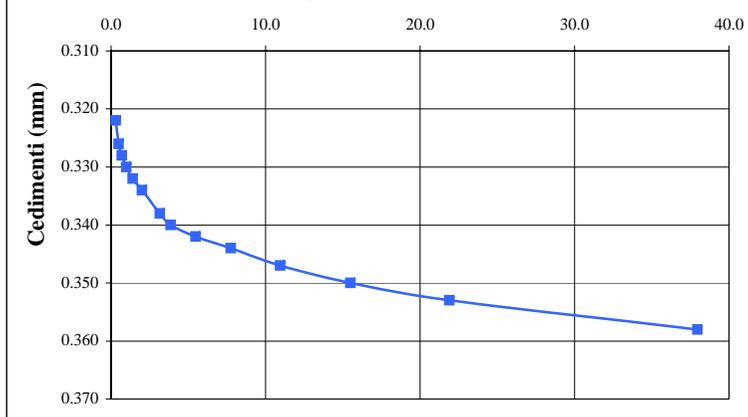
**INCREMENTO N° 3 DA 25 A 50 KPa**



**INCREMENTO N° 4 DA 50 A 100 KPa**

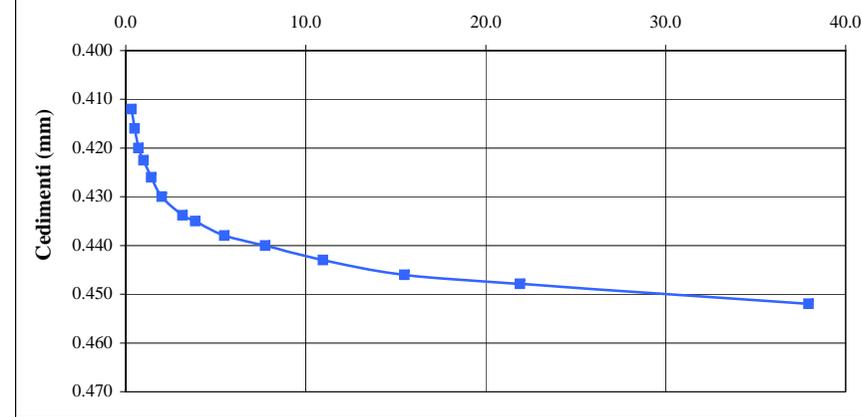


**Tempo RADQ(min)**



Lo Sperimentatore  
*Dott. Geol. Giovanni Patricelli*

**Tempo RADQ(min)**

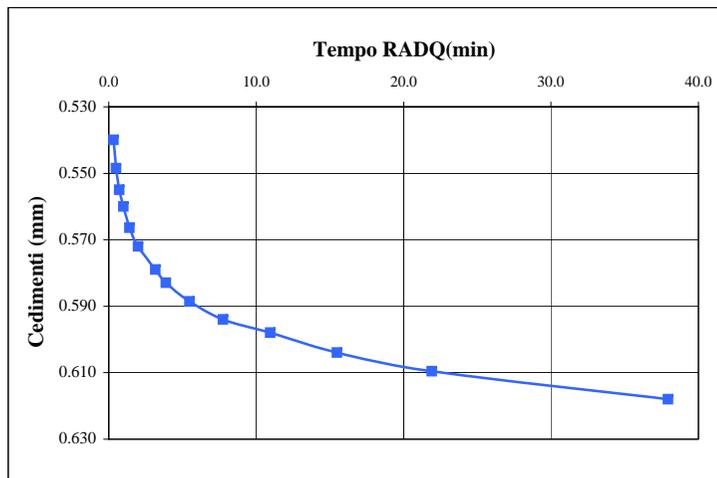
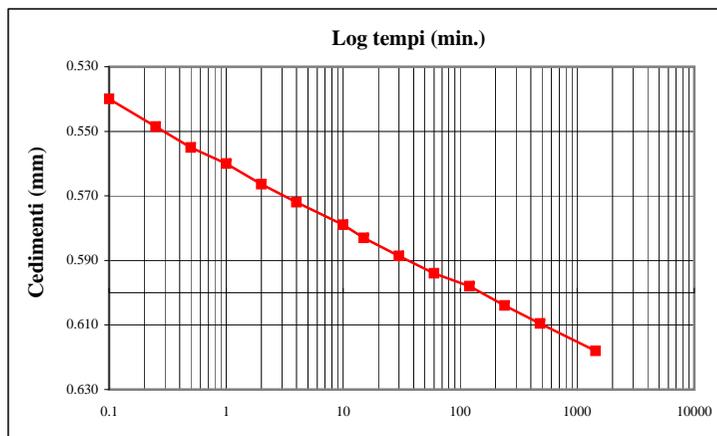


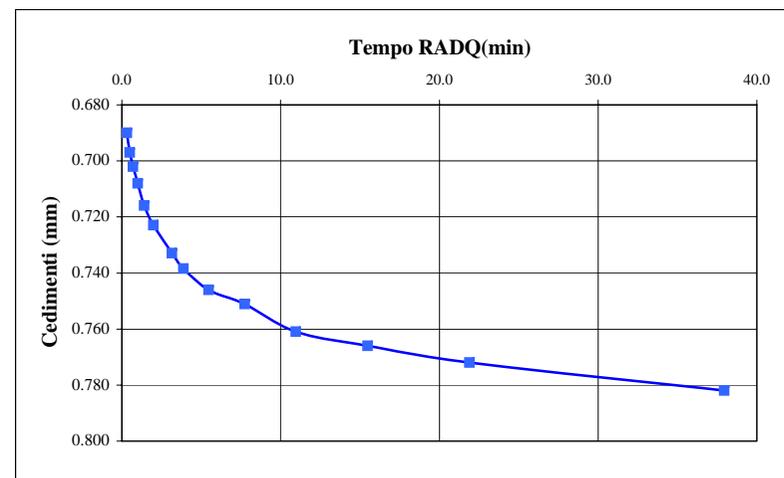
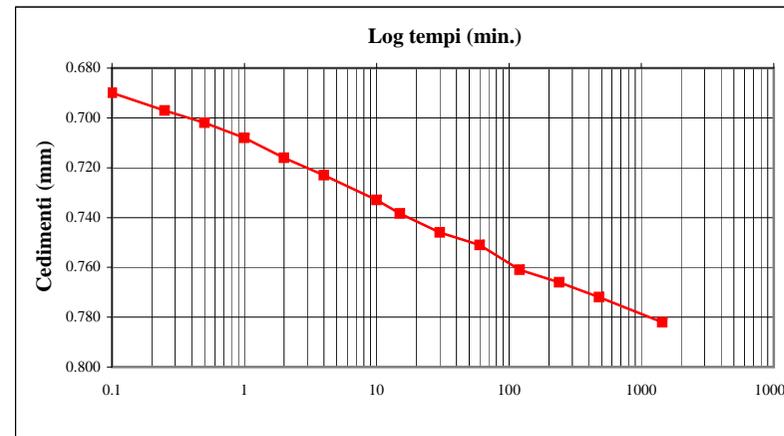
Il Direttore del Laboratorio  
*Dott. Geol. Lucio Amato*

Sigla campione

T.1369/13

Pagina 7 di 9

**INCREMENTO N° 5 DA 100 A 200 KPa**

 Lo Sperimentatore  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**INCREMENTO N° 6 DA 200 A 400 KPa**

 Il Direttore del Laboratorio  
 Dott. Geol. Lucio Amato

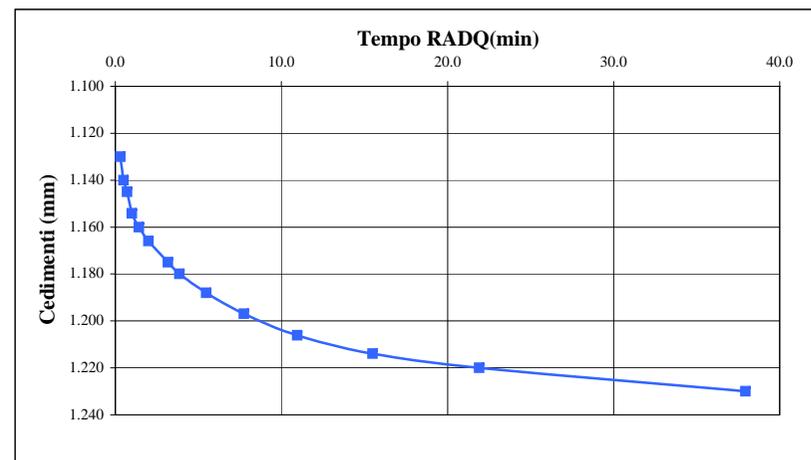
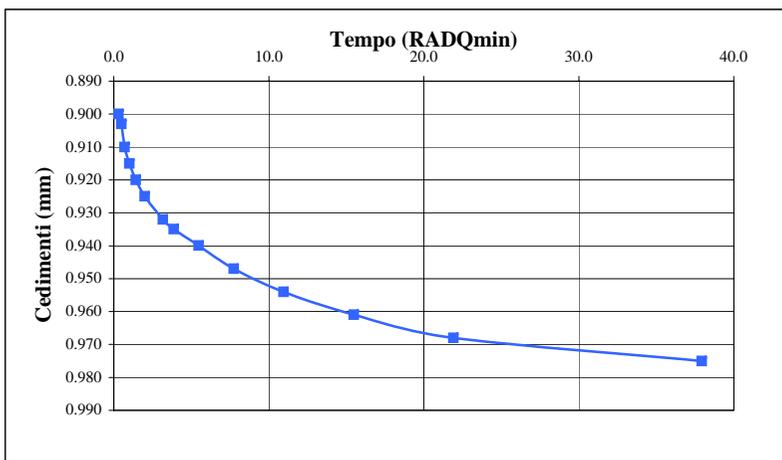
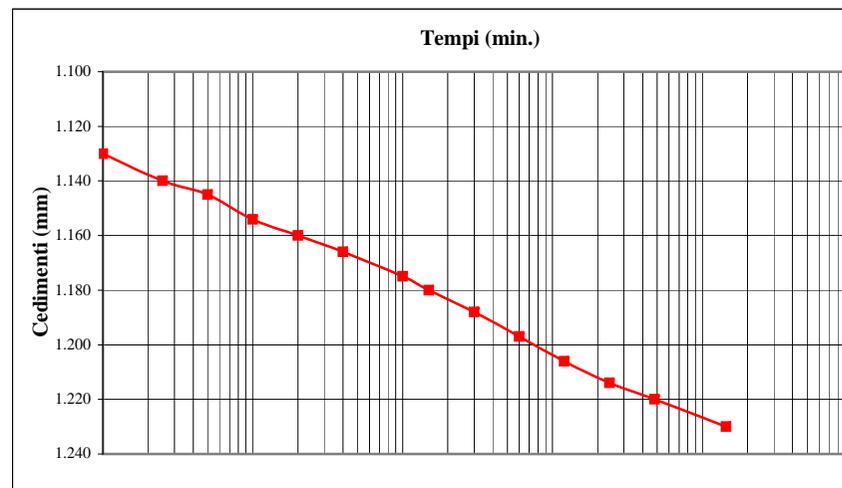
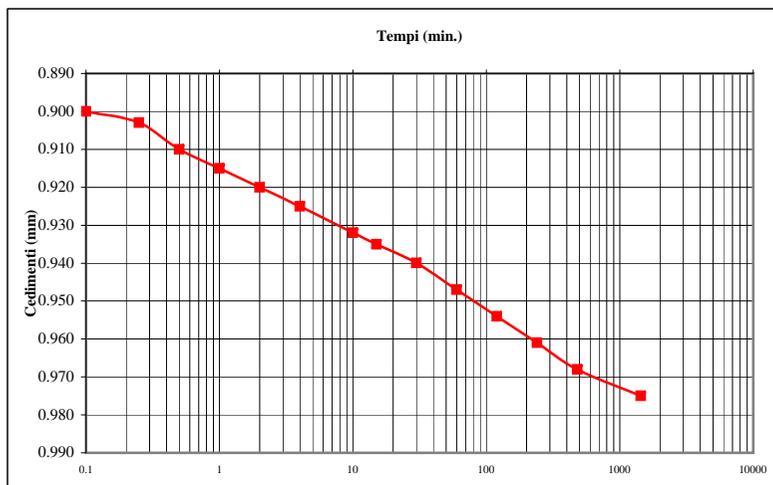
Sigla campione:

**T.1369/13**

**INCREMENTO N° 7 DA 400 A 800 KPa**

Pagina 8 di 9

**INCREMENTO N° 8 DA 800 A 1600 KPa**



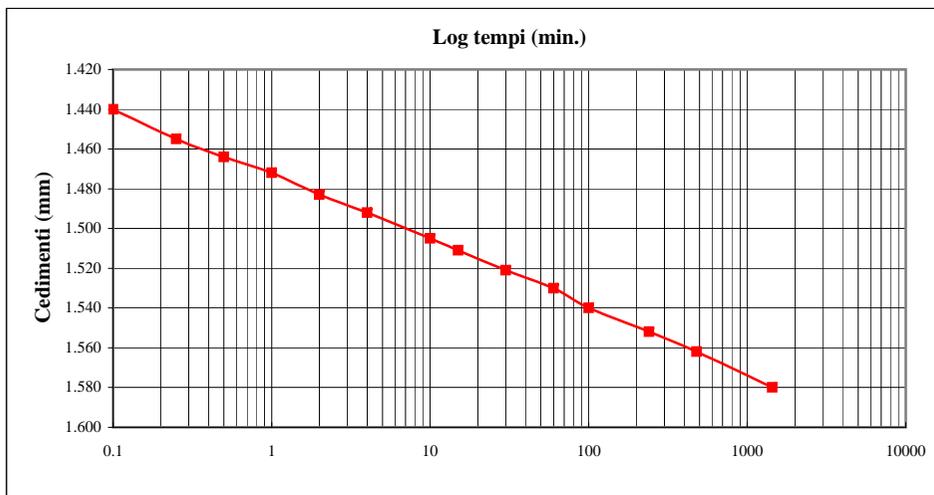
Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Lucio Amato

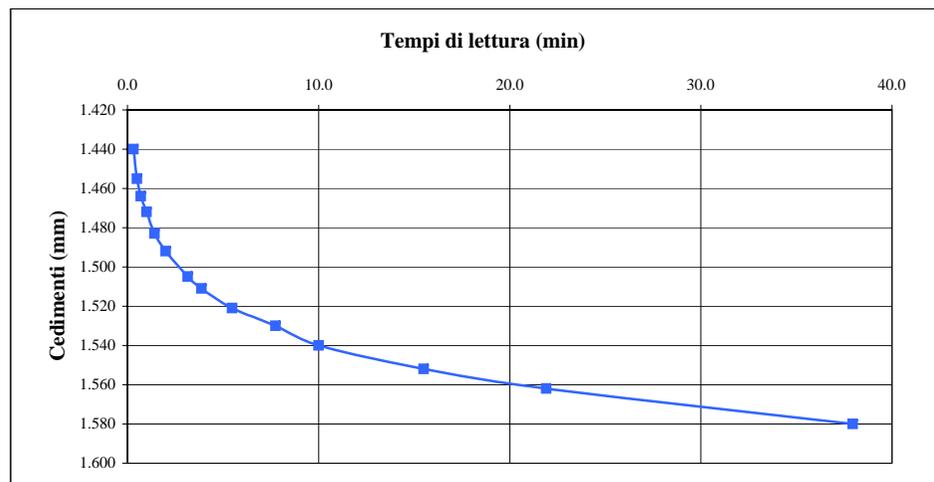
Sigla campione: **T.1369/13**

**INCREMENTO N° 9 DA 1600 A 3200 KPa**

Pagina 9 di 9



**Osservazioni:**



Lo Sperimentatore  
*Dott. Geol. Giovanni Patricelli*

Il Direttore del Laboratorio  
*Dott. Geol. Lucio Amato*

---



---

# **ALLEGATO 4**

## **FOTO CANTIERE**

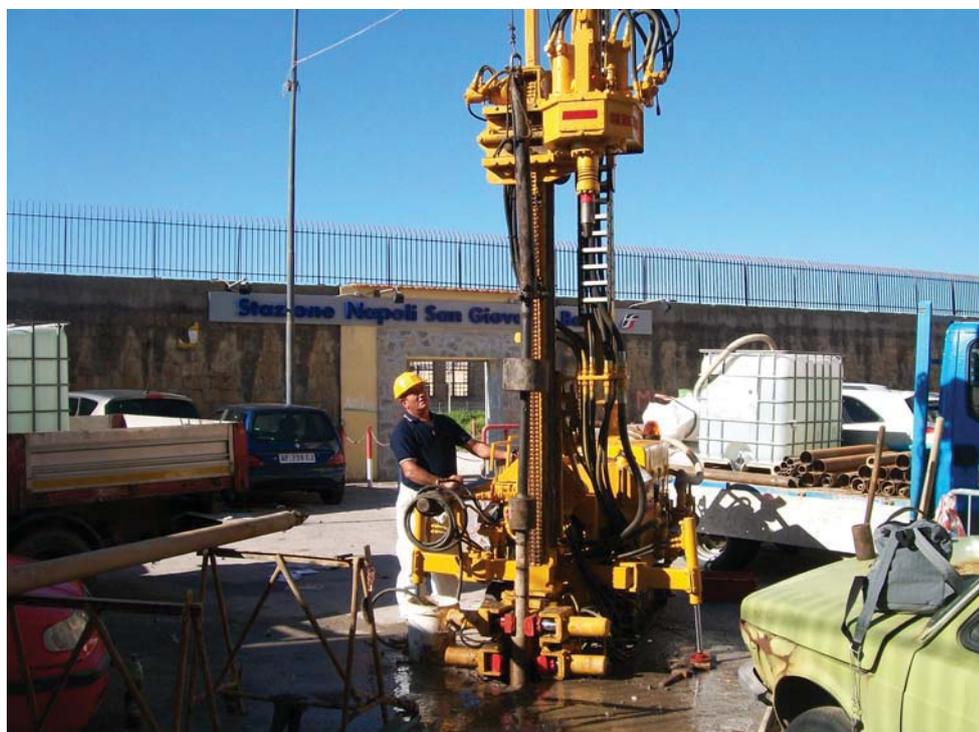
---

PIAZZETTA LARGHETTO FERROVIA-SAN GIOVANNI A TEDUCCIO-NAPOLI.  
COMUNE DI NAPOLI

---



S1: Postazione



S1: Prova SPT

PIAZZETTA LARGHETTO FERROVIA-SAN GIOVANNI A TEDUCCIO-NAPOLI.  
COMUNE DI NAPOLI



S1: cassetta 1 da 0.00 a 5.00 m



S1: cassetta 2 da 5.00 a 10.00 m

PIAZZETTA LARGHETTO FERROVIA-SAN GIOVANNI A TEDUCCIO-NAPOLI.  
COMUNE DI NAPOLI



S1: cassetta 3 da 10.00 a 15.00 m



S1: cassetta 4 da 15.00 a 20.00 m

**COMMITTENTE:** COMUNE DI NAPOLI

**OGGETTO:** Indagini geognostiche propedeutiche alla realizzazione di un impianto di sollevamento, previste nell'ambito del grande progetto "Napoli Est" - Realizzazione rete fognaria in Corso San Giovanni - Napoli

**LOCALITA':** Piazzetta Larghetto Ferrovia  
S. Giovanni a Teduccio - Napoli

**TIPO DI PROVE:** Sondaggi geognostici - Stendimento MASW - Rilevo topografico della sede viaria - Rilievo e censimento dei sottoservizi in C.so S. Giovanni (Napoli)

*Indagini eseguite e certificate con autorizzazione ministeriale ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/01.*

**ELABORATO:** Note esplicative alle indagini

Reg. Com.	216-13	
Nome File:	Note alle Ind. S. Giovanni a Teduccio	
Impresa esecutrice delle indagini <b>TECNO IN S.p.A.</b> Servizi di Ingegneria		
Data	Rev.	Revisione
29 novembre 2013	0	Emissione



**Tecno In S.p.A.**

*Laboratorio Geotecnico su Terre e Prove in Situ  
Conc. N° 53363 del 06.05.05 Ministero Infrastrutture e Trasporti*

*Laboratorio Prove su Materiali da Costruzione  
Conc. N° 40228 del 27.04.95 Ministero Infrastrutture e Trasporti*



AZIENDA CON SISTEMA  
QUALITA'  
CERTIFICATO DAL RINA  
ISO 9001 - ISO 14001

80142 Napoli - 2ª traversa. Strettola S. Anna alle Paludi ,11  
Tel. 081 563 45 20- Fax 081 563 39 70  
20097 S. Donato Milanese (MI) - Via Marcora, 52  
Tel. 346.50.25.325 - 348.00.54.498

e-mail: [tecnoin@tecnoinonline.it](mailto:tecnoin@tecnoinonline.it) - [www.tecnoin.it](http://www.tecnoin.it) - [www.tecnoinonline.it](http://www.tecnoinonline.it)  
P.Iva 05016170630 - CCIAA Na 411847 - Reg. Imprese 3275/86 -

## INDICE

<b>1 - Premessa .....</b>	<b>3</b>
<b>2 - Descrizione dell'attrezzatura utilizzata .....</b>	<b>5</b>
2.1 - Sondaggi .....	5
2.2 - Prove SPT .....	6
2.3 - Campioni indisturbati, rimaneggiati e prove di laboratorio.....	8
2.4 - Strumentazione Installata: Piezometro a tubo aperto .....	8
2.4 - Strumentazione Installata: Piezometro a tubo aperto .....	9
2.5 - Indagine Sismica di Superficie MASW: Descrizione del metodo di indagine.....	10
2.6 Indagine Sismica di Superficie MASW: Descrizione dell'acquisizione dati.....	11
2.7 Indagine Sismica di Superficie MASW: Descrizione dell'elaborazione dati .....	11
2.8 Indagine Sismica di Superficie MASW: Descrizione dell'indagine.....	12
<b>3 - Risultati delle indagini.....</b>	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
3.1 - I sondaggi .....	14
3.2 - Prove di laboratorio .....	19
3.3 - Indagine Sismica di superficie MASW .....	20
3.4 - Identificazione delle categorie di suolo ai sensi del Decreto del Ministero per le Infrastrutture gennaio 2008 - "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".....	14 22

### ***ELABORATI ALLEGATI***

*Allegato 1 di 5 Planimetria dell'area con Ubicazione delle indagini;*

*Allegato 2 di 5 Certificati stratigrafici;*

*Allegato 3 di 5 Certificati e grafici delle prove SPT;*

*Allegato 4 di 5 Prove di Laboratorio;*

*Allegato 5 di 5 Allegato fotografico.*

## 1 - Premessa

Nell'ambito delle indagini necessarie per la realizzazione del grande "Progetto Napoli Est" - "Realizzazione rete fognaria" in Corso San Giovanni (foto1), Il *Comune di Napoli – Direzione Centrale – Ambiente, Tutela del Territorio e del Mare Servizio Ciclo Integrato delle Acque*, ha conferito alla *Tecno In S.p.A.*<sup>1</sup> l'incarico di realizzare una campagna di indagini geognostiche e geofisiche, in Piazzetta "Larghetto Stazione", un'area adibita a parcheggio, in una traversa del



Foto1: L'area delle indagini (Larghetto Stazione)

Corso San Giovanni a Teduccio nel Comune (NA), al fine di fornire ai progettisti elementi utili alla progettazione di un impianto di sollevamento.

A tale scopo è stato realizzato un sondaggio geognostico "S1", spinto fino alla profondità di 30 m dal p.c., nel quale è stato prelevato un campione indisturbato nell'intervallo di profondità dal p.c. di 12.00/12.50 m, sul quale realizzare le relative prove di laboratorio

e sono state realizzate 3 prove penetrometriche dinamiche S.P.T..

Al termine delle operazioni di carotaggio, il foro di sondaggio è stato condizionato con un piezometro a tubo aperto, per il monitoraggio della falda.

In una seconda fase delle indagini, sempre in piazzetta "Larghetto Stazione", è stata realizzata un'indagine sismica di superficie MASW.

Contemporaneamente alla realizzazione del sondaggio, è stata portata a termine una campagna di rilevamento topografico della rete viaria e di dei sottoservizi, con relativo censimento degli stessi.

Delle risultanze della campagna di rilevamento riferiscono le "Note" appositamente redatte.

---

<sup>1</sup> R.C. 216/13

	Indagini geognostiche presso Larghetto Stazione a S. Giovanni a Teduccio - Napoli	Reg. Com. 216.13 ediz. 29.11.13 gp - Rev. 0 Pag. 4 di 23
---	--	---

Le indagini geognostiche<sup>2</sup> hanno avuto lo scopo di:

- definire la successione stratigrafica del sottosuolo
- caratterizzare dal punto di vista geomeccanico e geofisico gli orizzonti investigati
- verificare la presenza o meno della falda freatica.

La Tecno In S.p.A. è autorizzata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, ai sensi dell'art. 59 del D.P.R. 380/01, all'esecuzione e certificazione di *Prove in Situ e di Laboratorio su Terre* con Concessione n°53363 del 06.05.05, così come disposto dal cogente D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Le attività di cantiere hanno avuto inizio il giorno 17.10.13 e sono terminate il 31.10.13.

---

<sup>2</sup> Tutte le indagini sono state eseguite in conformità alle norme AGI (Associazione Geotecnica Italiana).

## 2 - Descrizione dell'attrezzatura utilizzata

### 2.1 - Sondaggi

Per la realizzazione del sondaggio, è stata utilizzata una perforatrice idraulica cingolata gommata "**Beretta T41**" (Foto 2), con le caratteristiche e gli accessori di scavo di seguito elencati:

- testa di rotazione 620 kg di coppia;
- slitta di avanzamento 3,00 m;
- centralina oleodinamica;
- cingoli con pattini in gomma;
- organo idraulico;
- doppio freno blocca aste;
- pompa a pistone 200 l-30 bar.

Gli utensili utilizzati sono stati i seguenti:

- aste di manovra diam. 76-50 mm;
- carotiere semplice  $\varnothing$  127-101 mm;
- carotiere doppio T2  $\varnothing$  101 mm;
- tubi di rivestimento  $\varnothing$  127 mm;
- corone e scarpe con inserti in widia.



Foto2: Sonda Beretta T41

La scelta del metodo di perforazione utilizzato (perforazione a secco con rotazione, a carotaggio continuo) è stata dettata dagli scopi preposti, nonché dalle litologie presenti nell'area in studio; si è applicato l'avanzamento a secco utilizzando solo quantitativi d'acqua minimi, necessari al raffreddamento degli utensili di perforazione.

I campioni estratti sono stati conservati in apposite cassette catalogatrici ed analizzati da un geologo (Foto3).



Foto3: Un esempio di campionamento in cassetta

## 2.2 - Prove SPT

All'interno del foro di sondaggio "S1", durante le fasi di carotaggio, a più altezze, sono state realizzate, in totale, 3 prove penetrometriche dinamiche S.P.T. .

Tale tipologia di prova<sup>3</sup> consente di determinare la resistenza che un terreno offre alla penetrazione dinamica di un campionatore infisso a partire dal fondo del foro di sondaggio; tale resistenza è funzione delle caratteristiche geomeccaniche e litologiche dei terreni.

La prova consiste nel far cadere un maglio dal peso di 63.5 Kg da un'altezza di 760 mm (foto 4), su una testa di battuta fissa alla sommità di una batteria di aste alla cui estremità inferiore è avvitato il campionatore RAYMOND di dimensioni standardizzate (foto 5-6-7); Il numero di colpi (N) necessario per una penetrazione della punta pari a 300 mm (dopo l'eventuale penetrazione quasi-statica per gravità e dopo 150 mm di infissione dinamica per il posizionamento) è il dato assunto come indice di resistenza alla penetrazione ( $N_{S.P.T.}$ ).

Prima dell'esecuzione delle prove penetrometriche dinamiche, dal foro di sondaggio vengono eliminati eventuali sedimenti che potrebbero inficiare l'esito della prova.

Nella tabella 1 della pagina seguente, riepilogativa delle prove SPT, si riporta: la sigla identificativa del sondaggio, la quota del p.c. in m s.l.m., la profondità massima raggiunta durante la perforazione, la profondità di rinvenimento della falda dal p.c., il n° di prove S.P.T. eseguite, la profondità di esecuzione delle prove dal p.c., la profondità di esecuzione delle prove in m s.l.m., il n° di colpi registrati, e l'indicazione generica della litologia investigata.

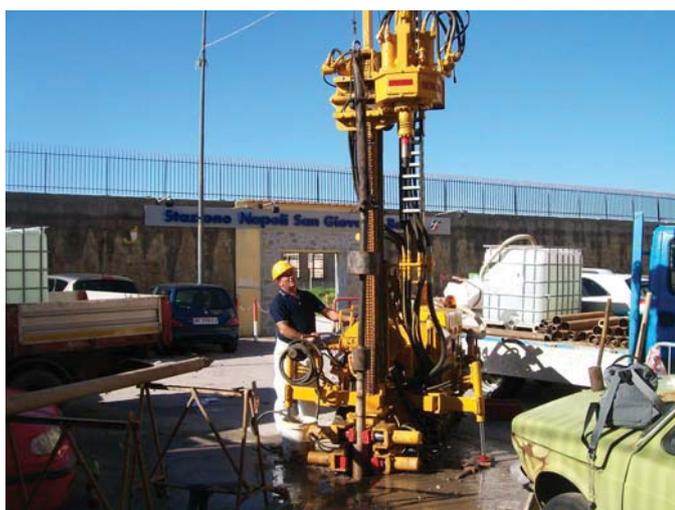


Foto 4: Una prova SPT in corso in S1

<sup>3</sup> La prova è compresa negli standard ASTM (D. 1586-67 riapprovata nel 1974 rivista D. 1586-84) che ancora più recentemente ha emanato uno standard (D. 4633-86) in cui descrive il metodo di misura dell'energia cinetica, sviluppata da un colpo di maglio, che entra effettivamente nella batteria di aste. L'Associazione Geotecnica Italiana (A.G.I.) ha incluso la prova nelle raccomandazioni per le indagini geotecniche (1977); la raccomandazione è più restrittiva dell'ASTM ma non è aggiornata con la misura dell'energia.



Foto 5-6-7: Il campionatore Raymond prima e dopo una prova S.P.T. , e con la punta chiusa

Tabella 1: Prove SPT

Sond	Quota p.c. (m s.l.m.) <sup>4</sup>	Prof max (m)	Falda m dal p.c. (m s.l.m.)	Prove S.P.T (n°)	Prof. di esecuzione (m dal p.c.)	Prof. di esecuzione (m s.l.m.)	Colpi (n°)	Litologia
S1	3.87	30.00	3.10 (0.77 m s.l.m.)	3	5.00/5.45 10.00/10.45 15.00/15.45	- 1.13/- 1.58 - 6.13/- 6.58 - 11.13/- 11.58	10/10/9 9/11/13 15/18/23	Cenere rimaneggiata Cenere rimaneggiata Cenere rimaneggiata

<sup>4</sup> La quota e le coordinate del punto di sondaggio sono stati desunti dal rilievo topografico effettuato dai tecnici della Tecno In S.p.A.

### 2.3 - Campioni indisturbati, rimaneggiati e prove di laboratorio

Durante l'esecuzione del sondaggio, è stato prelevato 1 campione indisturbato, con campionatore tradizionale tipo shelby, costituito da una fustella in acciaio inox a pareti sottili (foto 8), che viene infissa nel terreno senza rotazione allo scopo di indurre il minor disturbo possibile alle caratteristiche del campione stesso.

Immediatamente dopo il prelievo, le superfici esposte dei campioni sono state sigillate con paraffina fusa e nastro adesivo, per garantire la perfetta conservazione delle caratteristiche fisiche del campione.

L'elenco di tutti i campioni prelevati è riassunto nella tabella 2.

Il campione, è stato trasportato presso il laboratorio terre della Tecno In S.p.A., con sede in Napoli alla II<sup>a</sup> Traversa Strettola S. Anna alle Paludi, 11.

*Tabella 2: riepilogativa dei campioni indisturbati e rimaneggiati*

Sondaggio	Coordinate E e N	Quota in mt s.l.m.	Falda (mt dal p.c.)	Prof. (m)	Campioni Indisturbati (n°)
S1	2461608.1529 4520418.1342	3.87	3.10	30.00	1



*Foto 8: Il prelievo di un campione indisturbato,*

## 2.4 - Strumentazione Installata: Piezometro a tubo aperto

Il foro di sondaggio “S1” è stato condizionato con l’installazione di un piezometro a tubo aperto da 2” (foto 9), rispettivamente fino alle profondità di 30 m.



*Foto 9: Un piezometro installato*

Le microfessure del tubo filtro hanno un’apertura tale da garantire il collegamento idraulico con l’acquifero (circa 0.4 mm e comunque proporzionale alla granulometria dell’insaturo); la giunzione tra i vari tratti di tubazione avviene con manicotti filettati, escludendo l’uso di qualunque collante o nastro adesivo; alla base ed al top si collocano gli idonei tappi a tenuta.

Nello spazio anulare tra tubo e parete del perforo, si pone un dreno (foto 10) in ghiaietto siliceo, lavato, arrotondato e calibrato (1-3 mm), che va da fondo foro ad almeno 50 cm al di sopra del tubo-filtro; la posa in opera di tale filtro drenante va effettuata con modalità esecutive e di controllo tali da garantirne la distribuzione uniforme.

La restante porzione superiore è stata sigillata con miscela di compactonite e la testa del piezometro è stata protetta con un chiusino carrabile (foto 11).



*Foto 10: formazione del filtro drenante con ghiaietto siliceo*



*Foto 11: un chiusino carrabile*

## 2.5 - Indagine Sismica di Superficie MASW: Descrizione del metodo di indagine

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) è una tecnica di indagine non invasiva che consente di individuare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle *onde superficiali* fatta in corrispondenza di uno stendimento di sensori multipli (di norma *geofoni*) posti sulla superficie del suolo.

Quando si energizza in un punto della sua superficie libera, si generano diversi tipi di onde. Se la sorgente è perpendicolare alla superficie libera hanno origine onde appartenenti al piano verticale: onde P, onde SV, onde *Rayleigh*, onde rifratte. Se la sorgente è parallela alla superficie libera si generano onde appartenenti al piano orizzontale: onde SH, onde di Love.

Nel metodo MASW si usano le sole onde di *Rayleigh* e si trascurano gli effetti dovuti alle onde P e SV. Sebbene una sorgente puntiforme verticale generi anche le onde P e le onde S oltre alle onde *Rayleigh*, intervengono due aspetti che rendono il contributo delle onde di *Rayleigh* prevalente sul contributo delle onde P e SV. Il primo aspetto è che le onde *Rayleigh* trasportano circa i due terzi dell'energia generata dalla sorgente. Il secondo aspetto è che allontanandosi dalla sorgente le onde di *Rayleigh* subiscono un'attenuazione geometrica inferiore rispetto alle onde P e SV, perchè le onde *Rayleigh* si propagano secondo fronti d'onda cilindrici, invece le onde P e SV si propagano secondo fronti d'onda sferici.

In sintesi, il contributo predominante alle *onde superficiali* è dato dalle onde di *Rayleigh*, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato, le onde di *Rayleigh* sono *dispersive*, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse *velocità di fase* e *velocità di gruppo* ovvero la *velocità di fase* (o di *gruppo*) apparente delle onde di *Rayleigh* dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle *onde superficiali* è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza, con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Il metodo di indagine MASW descritto nelle presenti "Note" è del tipo *attivo* ovvero le onde superficiali, generate per impatto in un punto sulla superficie del suolo, sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Esso consente di ottenere una *velocità di fase* (o *curva di dispersione* come nel caso in oggetto) sperimentale apparente, generalmente nel range di frequenze compreso tra 4,5 e 100 Hz; il metodo consente, pertanto, di ottenere informazioni dettagliate sulla parte più superficiale del sottosuolo, sino a circa 40÷50 metri dal piano campagna, in funzione della rigidità o *rigidità sismica* del suolo e della lunghezza dell'allineamento di sensori.

## 2.6 Indagine Sismica di Superficie MASW: Descrizione dell'acquisizione dati

L'indagine in oggetto è stata compiuta materializzando un profilo e ponendo al suolo n.24 geofoni equispaziati ogni 5 metri. I geofoni sono stati connessi ad un acquisitore multicanale avente risoluzione pari a 24 bit in grado di rilevare i segnali in tempo reale su 24 canali.

Dopo aver posizionato il profilo, si è proceduto ad energizzazioni presso entrambi gli estremi del profilo, mediante mazza battente su una piastra metallica disposta sul terreno effettuando sia misurazioni singole sia mediante sommatoria (*stacking*).

## 2.7 Indagine Sismica di Superficie MASW: Descrizione dell'elaborazione dati

La fase di elaborazione è stata effettuata avvalendosi di software scientifici di post-processing che hanno consentito l'esecuzione del seguente processo:

1. dopo aver visionato i files d'interesse ed impostate le caratteristiche geometriche del profilo, in primo luogo è stata calcolata la *velocità di fase* (o *curva di dispersione*) *apparente sperimentale*, mediante un processo di elaborazione che consente di estrarre la suddetta curva dallo spettro nel dominio frequenza–numero d'onda applicando una doppia trasformata di Fourier al campo di moto misurato originariamente nel dominio spazio-tempo;
2. successivamente, è stata calcolata la *velocità di fase* (o *curva di dispersione*) *apparente numerica* mediante la modellizzazione del sottosuolo in termini di velocità delle onde *P* ed *S*, intervallo dei valori del coefficiente di Poisson, la densità dei terreni;
3. la terza fase è consistita nell'individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali *V<sub>s</sub>*, modificando opportunamente lo spessore degli orizzonti litologici e la densità fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la *velocità di fase* (o *curva di dispersione*) *sperimentale* e la *velocità di fase* (o *curva di dispersione*) *numerica* corrispondente al modello di suolo assegnato.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali *V<sub>s</sub>*, si è proceduto al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità (*V<sub>s30</sub>*) ed alla individuazione della categoria sismica del suolo.

## 2.8 Indagine Sismica di Superficie MASW: Descrizione dell'indagine

L'indagine MASW in oggetto è stata eseguita in Larghetto Stazione, un'area adibita a parcheggio, in una traversa del Corso San Giovanni a Teduccio, Comune (NA), come mostrato nelle immagini in basso (foto 12 e 13).



Foto 12: Strumentazione utilizzata e vista del profilo sismico MASW 1

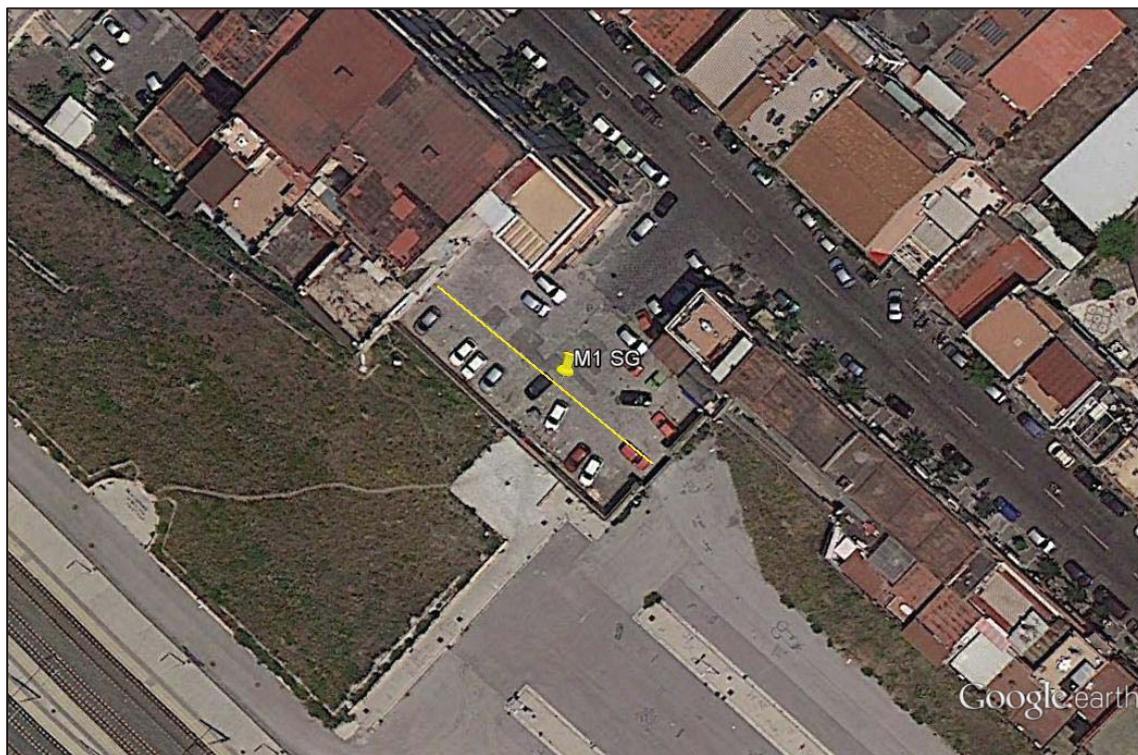


Figura 13: Foto aerea - fonte Google earth

I segnali sono stati acquisiti mediante un sismografo MAEA 6000S a 24 bit (foto 14), configurato per rilevare i segnali con un campionamento pari a 2.000 c/s operando con differenti setup. L'acquisizione dei dati è stata eseguita utilizzando una distanza intergeofonica pari a 1 m e un offset sorgente ricevitore pari a 10m.



Foto 14: Sismografo A600S utilizzato per l'acquisizione dei dati

L'elaborazione dei dati è avvenuta avvalendosi dei seguenti software specialistici:

- **IXSeg2Segy** software per la visualizzazione dei segnali acquisiti;
- **SURFSEIS 3.0** della Kansas Geological Survey – University of Kansas.

Mediante i programmi descritti, è stato possibile ottenere il profilo di velocità delle onde *S* nel sottosuolo e di conseguenza, calcolare la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}$  e definire la *categoria del suolo*.

### 3 - Risultati delle indagini<sup>5</sup>

#### 3.1 - I sondaggi

Nell'ambito delle indagini relative al grande progetto "Napoli Est", è stato realizzato 1 sondaggio geognostico, a carotaggio continuo, spinto fino alla profondità di 30.00 m dal p.c.; di seguito si riporta la tabella 3 riepilogativa, con indicazione della sigla identificativa, coordinate, quota del p.c. e profondità raggiunta.

Tabella 3: Sondaggi

sigla identificativa	Coordinate E e N	quota assoluta p.c. (m s.l.m.) <sup>6</sup>	profondità max (m dal p.c.)
S1	2461608.1529 4520418.1342	0.77	30.00

Dalle evidenze delle indagini, risulta che la stratigrafia è caratterizzata alla base e per uno spessore di 13 m dalla facies litoide dell'eruzione del Tufo Vesuviano.

Il colore è variabile dal giallo, al verdastro di alterazione, al grigio. Complessivamente si presenta scoriaceo e cariato con pasta di fondo poco addensata, fino a circa 23 m di profondità e più addensata nel resto dello strato, con litici di dimensioni massime pari a circa 1.5 cm e pomici di dimensioni, a volte maggiori. Lungo tutta la verticale, immersi nella pasta di fondo, si nota la presenza di minuti frammenti carbonatici biancastri.

A monte, gli altri 17 m sono caratterizzati dalla presenza di ceneri rimaneggiate a granulometria sabbiosa limosa, a tratti medio grossolana e di colore grigio scuro, con inclusi litici arrotondati di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Sono intercalati orizzonti più fini limosi debolmente argillosi, di colore marrone e con incluse pomici arrotondate poco porfiriche per biotite e di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Dopo i 9 m circa, di profondità dal p.c., la granulometria diventa più limosa e addensata e sono inclusi nuclei sabbiosi, al massimo centimetrici, con all'interno rari e minuscoli apparati algali filiformi e rari frammenti di gusci malacologici.

La falda è stata intercettata alla profondità di 3.10 m.

Per quanto concerne l'ubicazione dei sondaggi, si rimanda alla planimetria allegata (all. 1), ricavata dal rilievo topografico realizzato dai tecnici della Tecno In S.p.A., mentre di seguito si riportano le "schede stratigrafiche dei sondaggi, nelle quali sono indicate:

- la descrizione litologica;
- la profondità degli strati;

<sup>5</sup> Tutte le indagini sono state eseguite in conformità alle norme AGI (Associazione Geotecnica Italiana).

<sup>6</sup> La quota assoluta del p.c. è stata desunta dalla battuta topografica dei tecnici della Tecno In S.p.A.

	Indagini geognostiche presso Larchetto Stazione a S. Giovanni a Teduccio - Napoli	Reg. Com. 216.13 ediz. 29.11.13 gp - Rev. 0 Pag. 15 di 23
---	--	--

- la profondità raggiunta;
- I campioni indisturbati prelevati;
- Le prove SPT realizzate;
- L'indice di qualità della roccia "RQD";
- la quota del p.c. in m s.l.m.;

In allegato 2, è riportato il certificato stratigrafico, redatto in conformità a quanto dettato dall'art. 59 del D.P.R. del 06/06/01 n° 380 (N.T.C. – Cap. 6 Prospezioni geotecniche), costituito da una "colonna stratigrafica" (inserita a tergo della rispettiva scheda), sulla quale sono indicati, oltre a quanto già presente sulle schede, lo spessore di ogni strato, tutte le tipologie delle attrezzature di perforazione e campionamento e il condizionamento operato nel foro di sondaggio.

**Sondaggio S1 (17-18/10/2013)**  
**Coordinate: Est= 2461608.1529; Nord= 4520418.1342**  
**Quota: 3.87 m s.l.m.**  
**Falda: 3.10 m dal p.c. (misura del 24/10/13)**

Profondità dal p.c. (m)	Descrizione
<b>0.00 – 1.50</b>	<b>Prescavo:</b> Al fine di individuare ed evitare, la presenza di eventuali sottoservizi, è stato realizzato un prescavo a mano fino alla profondità di 1.50 m dal p.c..
<b>1.50 – 17.00</b>	<b>Cenere rimaneggiata:</b> Cenere rimaneggiata a granulometria sabbiosa limosa, a tratti medio grossolana e di colore grigio scuro, con inclusi litici arrotondati di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Sono intercalati orizzonti più fini limosi debolmente argillosi, di colore marrone e con incluse pomice arrotondate poco porfiriche per biotite e di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Dopo i 9 m circa, di profondità dal p.c., la granulometria diventa più limosa e addensata e sono inclusi nuclei sabbiosi, al massimo centimetrici, con all'interno rari e minuscoli apparati algali filiformi e rari frammenti di gusci malacologici. <i>SPT 1 da 5.00/5.45 (10/10/9)</i> <i>SPT 2 da 10.00/10.45 (9/11/13)</i> <i>S1/C1 da 12.00/12.50</i> <i>SPT 3 da 15.00/15.45 (15/18/23)</i>
<b>17.00 – 30.00</b>	<b>Tufo Vesuviano (12 Ky Bp):</b> Tufo Vesuviano. La colorazione si presenta variabile dal giallastro, al verdastro di alterazione, al prevalente grigio scuro e sono presenti fratture con evidenti tracce di ossidazione (20.30 m, circa). La parte superiore dello strato (fino a circa 23 m di profondità) si appare tenera al passaggio del carotiere. Complessivamente si presenta scoriaceo e cariato con pasta di fondo poco addensata, fino a circa 23 m di profondità e più addensata nel resto dello strato, con litici di dimensioni massime pari a circa 1.5 cm e pomice di dimensioni, a volte maggiori. Lungo tutta la verticale, immersi nella pasta di fondo, si nota la presenza di minuti frammenti carbonatici biancastri. <i>RQD: da 19.00/21.00= 58%</i> <i>RQD: da 21.00/22.70= 57%</i> <i>RQD: da 22.70/24.30= 68%</i> <i>RQD: da 24.30/26.40= 33%</i> <i>RQD: da 26.40/28.20= 72%</i> <i>RQD: da 28.20/30.00= 83%</i>

**(\*)Il foro di sondaggio è stato condizionato con un piezometro a tubo aperto da 2", per il futuro monitoraggio della falda (3 m tubo cieco + 27 m tubo fessurato)**

### 3.1.1 - Prove penetrometriche (SPT)

Nelle descrizioni stratigrafiche dei sondaggi, riportate nell'allegato 2, nonché nella tabella n°1 riepilogativa delle prove realizzate, sono state segnalate anche le profondità ed i risultati delle 3 prove S.P.T., tuttavia per rendere più agevole la consultazione si riporta, nella pagina seguente, la tabella 3 riassuntiva.

Di seguito, vengono riportati due grafici, che mettono in relazione i dati relativi alle prove penetrometriche dinamiche S.P.T. eseguite, con la profondità dal p.c., con la quota in m s.l.m. e lo stato di addensamento.

In allegato 3 sono forniti i certificati relativi alle prove effettuate, redatti in conformità all'art. 59 del D.P.R. del 06/06/01 n° 380, a seguito della Concessione Ministeriale 53363/05.

*Tabella 4: Riepilogo delle prove SPT*

<i>Sondaggio S1- (Quota 3.87 m s.l.m.)</i>			
SPT 1 5.00 – 5.45 m (- 1.13 /- 1.58) m s.l.m.	Cenere Rimaneggiata	N <sub>1</sub> S.P.T.= 10 N <sub>2</sub> S.P.T.= 10 N <sub>3</sub> S.P.T.= 9	N S.P.T.=19
SPT 2 10.00 – 10.45 m (- 6.13 /- 6.58) m s.l.m.	Cenere Rimaneggiata	N <sub>1</sub> S.P.T.= 9 N <sub>2</sub> S.P.T.= 11 N <sub>3</sub> S.P.T.= 13	N S.P.T.=24
SPT 3 (*) 15.00 – 15.45 m (- 11.13 /- 11.58) m s.l.m.	Cenere Rimaneggiata	N <sub>1</sub> S.P.T.= 15 N <sub>2</sub> S.P.T.= 18 N <sub>3</sub> S.P.T.= 23	N S.P.T.=41

**Località: Larghetto Stazione - S. Giovanni a Teduccio - Napoli**

**Committente: Comune di Napoli**

**Prove Penetrometriche S.P.T.**

Grafico N.S.P.T./Profondità dal p.c.

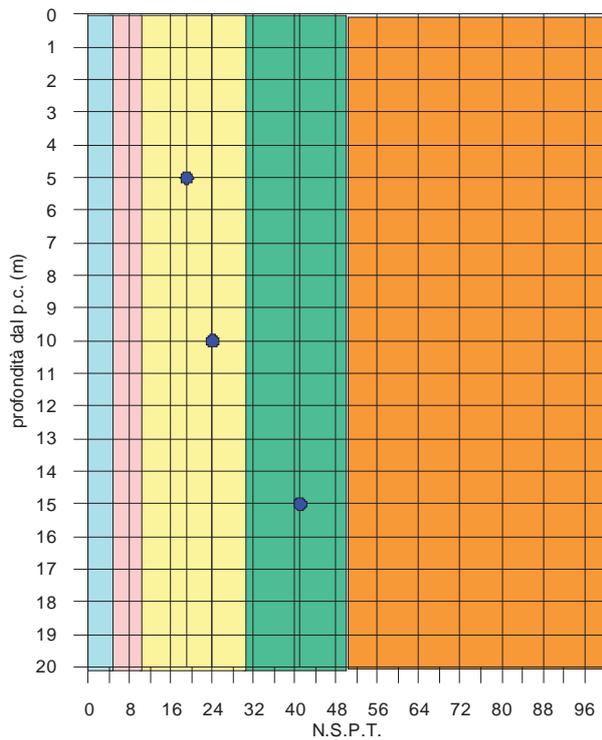
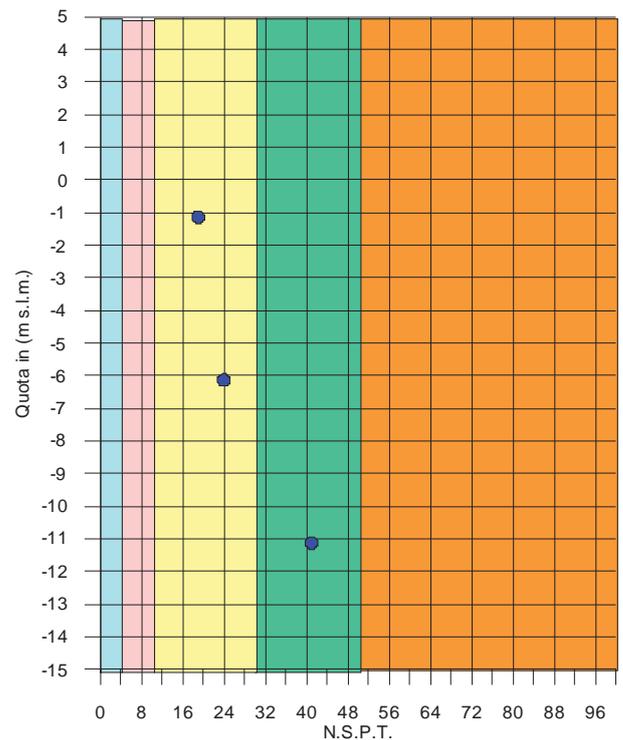


Grafico N.S.P.T./Quote assolute m s.l.m.



legenda sondaggi

● 31

**Stato di addensamento**  
*tab. 4.5 raccomandazioni A.G.I. 1977*

-  sciolto
-  poco addensato
-  moderatamente addensato
-  addensato
-  molto addensato

### 3.2 - Prove di laboratorio

Durante l'esecuzione dei sondaggi è stato prelevato 1 campione indisturbato di terreno, riassunto nella tabella 3, da sottoporre a prove di laboratorio.

Le caratteristiche litologiche del campione hanno permesso di procedere alla determinazione delle caratteristiche fisiche generali, della granulometria per vagliatura e sedimentazione, del taglio diretto (TDCD) con la determinazione dei valori di picco e alla prova di compressibilità edometrica, con la determinazione del coefficiente di compressibilità e del modulo edometrico.

Tutti i certificati, sono riportati nell'allegato 3, relativo alle prove di laboratorio realizzate.

Per rendere più rapida la visione, delle risultanze, i valori scaturiti delle prove, vengono inseriti nella tabella 5, di seguito riportata.

*Tabella 5: Riepilogo delle prove di laboratorio sul campione indisturbato*

<b>Sigla campione</b>	S1/C1
<i>Profondità prelievo (m)</i>	12.00/12.50
Peso volume naturale $\gamma_n$ (KN/m <sup>3</sup> )	19.23
Peso volume del secco $\gamma_d$ (KN/m <sup>3</sup> )	15.87
Contenuto d'acqua W (%)	21.22
Peso volume dei Granuli G (-)	2.65
Porosità n (%)	40.10
Indice dei vuoti e (-)	0.67
Grado di saturazione Sr (%)	83.83
Classe granulometrica	Sabbia limosa, debolmente argillosa, debolmente ghiaiosa
<b>Prova di Taglio "TDCD"</b>	
Angolo di attrito interno (di picco) (°)	33
Coesione (di picco) (KPa)	12
<b>Prova Edometrica</b>	
Coefficiente di compressibilità $m_v$ (Mpa <sup>-1</sup> )	8.52E-02
Modulo Edometrico (Mpa)	11.7

### 3.3 - Indagine Sismica di superficie MASW

L'elaborazione dei dati è stata effettuata selezionando, tra tutti i segnali acquisiti, il sismogramma di seguito riportato (figura 15).

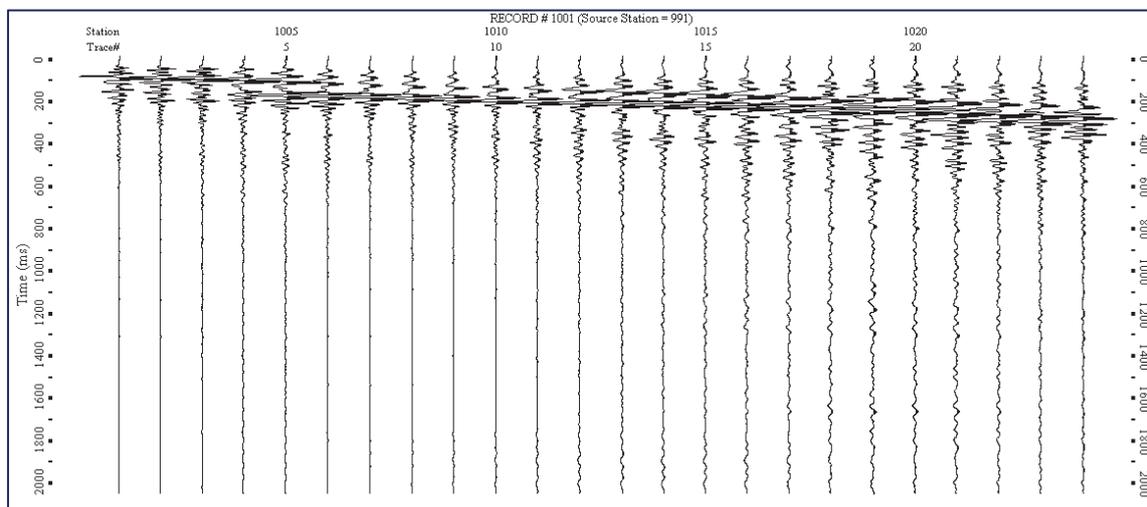


Figura 15: Indagine MASW1 - sismogramma

A seguito del post-processing descritto in precedenza, è stato elaborato il diagramma velocità di fase-frequenza dal quale è stata estratta la curva di dispersione di seguito riportata (figura 16).

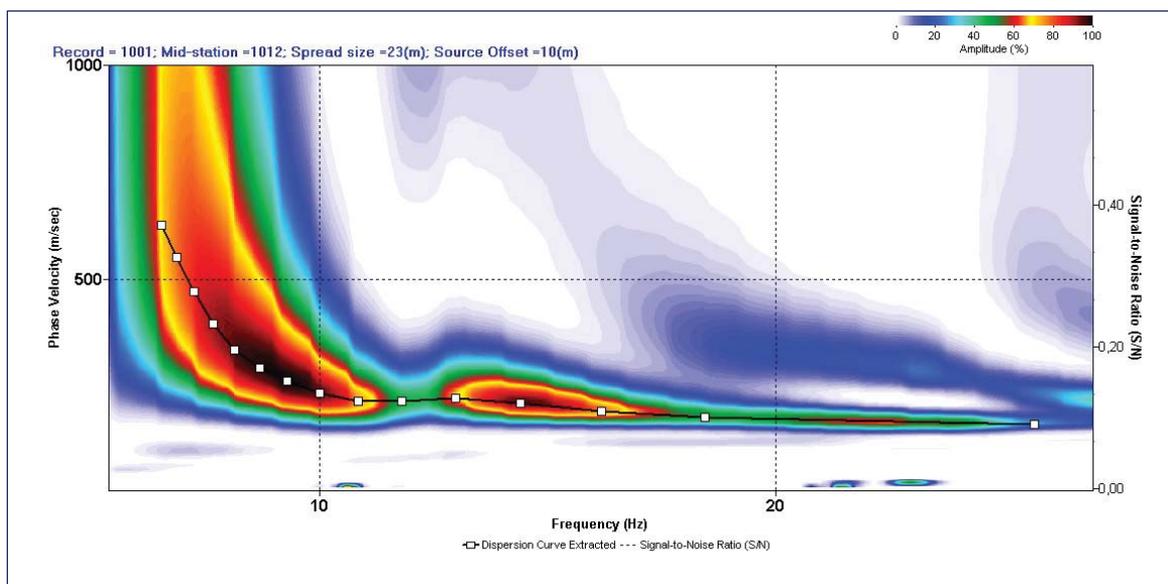


Figura 16: Indagine MASW 1 – diagramma velocità di fase-frequenza e curva di dispersione

Ultimato il processo di inversione, è stato ricavato il profilo verticale dell'andamento della velocità delle onde *S* di seguito diagrammato (figura 17).

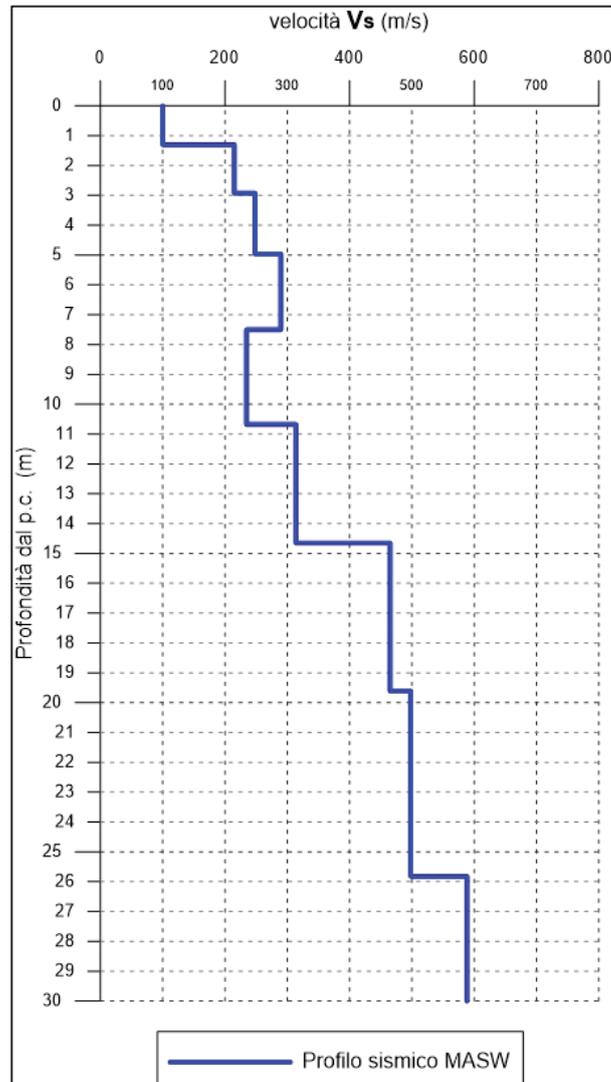


Figura 17: Indagine MASWI – Andamento del profilo delle velocità delle onde *S* con la profondità.

### 3.4 - Identificazione delle categorie di suolo ai sensi del Decreto del Ministero per le Infrastrutture 14 gennaio 2008 - “Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”

La problematica inerente la classificazione del terreno da un punto di vista sismico è stata recentemente oggetto di numerose ordinanze e normative (OPCM 3274; DM 14/09/2005); in ultimo, il Decreto del Ministero per le Infrastrutture 14 gennaio 2008, costituisce *l’approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni*.

Nel suddetto Decreto al par. 3.2.2. “*Categorie di Sottosuolo e Condizioni Topografiche*”, facente parte del più ampio capitolo riguardante l’*Azione Sismica*, si riporta che “... *per la definizione dell’azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull’individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento*”.

Tali categorie sono riepilogate nella tabella 6 di seguito riportata.

Tabella 6 - Tabella di suddivisione delle categorie di suolo

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

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel “volume significativo” (per *volume significativo* di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente  $V_{s,30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni

	Indagini geognostiche presso Larghetto Stazione a S. Giovanni a Teduccio - Napoli	Reg. Com. 216.13 ediz. 29.11.13 gp - Rev. 0 Pag. 23 di 23
---	--	--

naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Sono, inoltre, definite ulteriori due categorie che prevedono specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensitività possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

*Tabella 7 - Tabella di suddivisione delle ulteriori due categorie di suolo*

<b>S1</b>	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche
<b>S2</b>	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

La velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}$  è definita dall'espressione:

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

dove:

$h_i$  è lo spessore (in metri) dell'i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{s,i}$  velocità (in m/s) delle onde di taglio nell'i-esimo strato.

Per quanto concerne l'indagine eseguita, se si considerano i valori della velocità di propagazione delle onde "S", attraverso i materiali rinvenuti nell'ambito dei primi 30 metri, desunta mediante la prospezione MASW, la determinazione del valore della velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,30}$  è risultata pari a:

- **MASW I = 319 m/s**

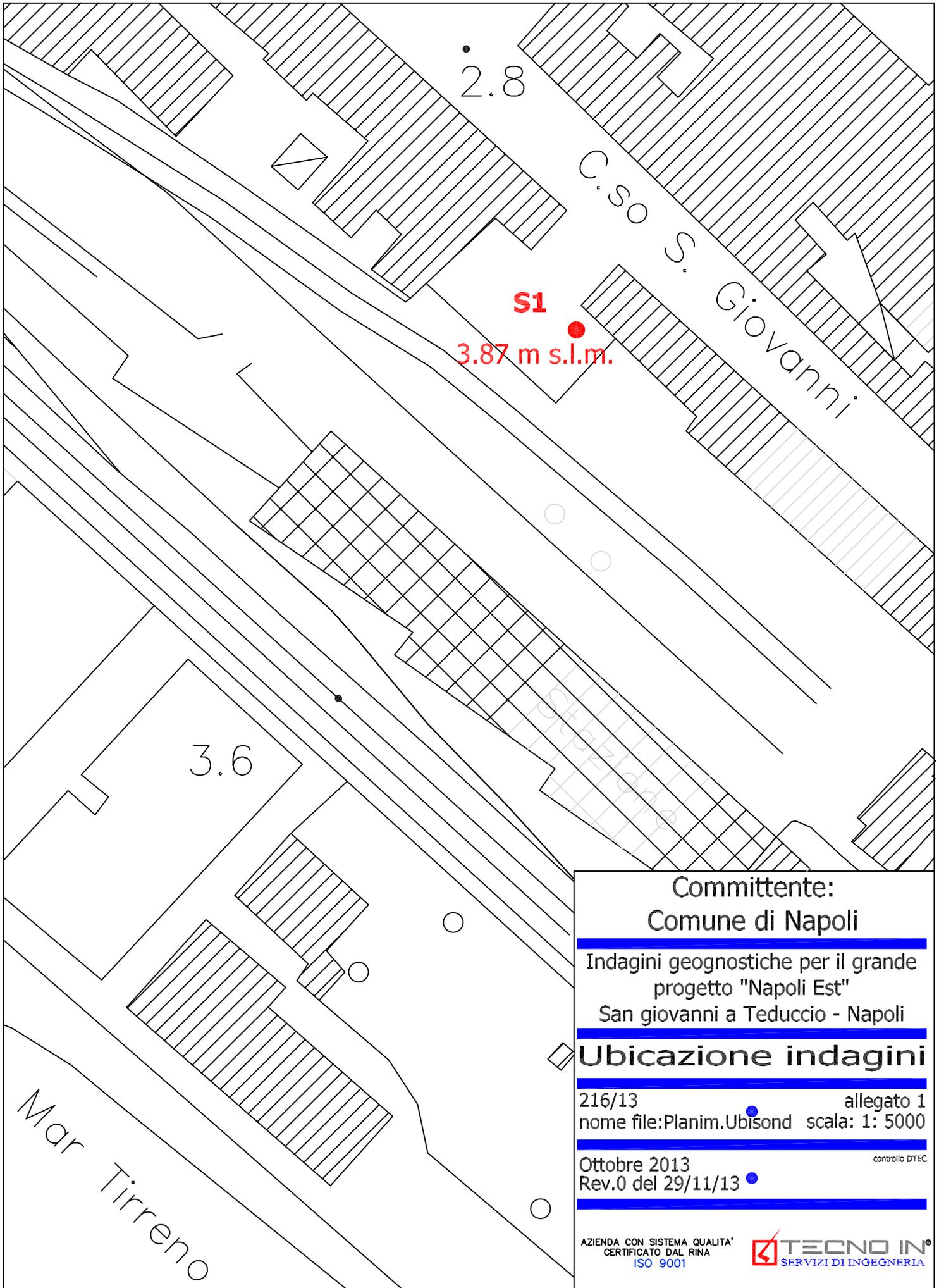
Ne consegue che, sulla scorta di quanto riportato nel citato Decreto del Ministero per le Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", i terreni investigati dalla prospezione MASWI ricadono nella categoria litostratigrafica tipo "C" ( $180 \text{ m/s} < V_{s,30} < 360 \text{ m/s}$ ).

Napoli, 7 Ottobre 2013

**Tecno In S.p.A. – Servizi di Ingegneria**

# **ALLEGATO 1**

## **UBICAZIONE INDAGINI**



**Committente:**  
**Comune di Napoli**

Indagini geognostiche per il grande  
progetto "Napoli Est"  
San giovanni a Teduccio - Napoli

**Ubicazione indagini**

216/13 allegato 1  
nome file: Planim.Ubisond scala: 1: 5000

Ottobre 2013  
Rev.0 del 29/11/13

controllo DTEC

AZIENDA CON SISTEMA QUALITA'  
CERTIFICATO DAL RINA  
ISO 9001



## **ALLEGATO 2**

### **CERTIFICATI STRATIGRAFICI**

SONDAGGIO: S1

Committente: Comune di Napoli

Cantiere: S. Giovanni a Teduccio

Località: Larghetto della Stazione

Coordinata Est (m): 2461608.1529

Coordinata Nord (m): 4520418.1342

Quota assoluta (m slm): 3.87

Periodo: 17-18/ottobre/2013

Sezione max. (mm): 127

Sezione min. (mm): 101

Profondità max. (m): 30.00

Scala: 1:200



Il Trav. Str. la S. Anna alle Paludi 11  
80142 Napoli  
tel. 061-5634520 fax. 5633970

Il Tecnico Sperimentatore:  
dr. geol. L. Lamberti

Il Direttore:  
dr. geol. L. Amato

Legenda

- Prescavo
- Genere Rimaneggiata
- Tufo Vesuviano

Certificato stratigrafico  
Conc. Min. N° 53363

Certificato N° 989/13  
Data Protocollo 22/10/13  
Accettazione N° 029/13  
Sigla Prova PF 978/13  
Pag. 1 di 1

Quota Assoluta (m slm)	Spessore dello strato (m)	Profondità relativa al p.c. (m)	Litologia	Descrizione Litologica	Doppio Carotiere T2	Carotiere S. 101mm	Rivestimento 127mm	Piezometro a T.A.	Campione indisturbato e/o rimaneggiato	SPT	RQD	Livello della Falda
2.37	1.50	1.50		<b>Prescavo:</b> Al fine di individuare ed evitare, la presenza di eventuali sottoservizi, è stato realizzato un prescavo a mano fino alla profondità di 1.50 m dal p.c..								
	15.50			<b>Genere rimaneggiata:</b> Genere rimaneggiata a granulometria sabbiosa limosa, a tratti medio grossolana e di colore grigio scuro, con inclusi litici arrotondati di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Sono intercalati orizzonti più fini limosi debolmente argillosi, di colore marrone e con incluse pomici arrotondate poco porfiriche per biotite e di dimensioni massime pari a circa 1 cm. Dopo i 9 m circa, di profondità dal p.c., la granulometria diventa più limosa e addensata e sono inclusi nuclei sabbiosi, al massimo centimetrici, con all'interno rari e minuscoli apparati algali filiformi e rari frammenti di gusci malacologici.					5.00 10-10-9 5.45			3.10
									10.00 9-11-13 10.45			
									12.00 S1/C1 12.50			
-13.13	17.00			<b>Tufo Vesuviano (12 Ky Bp):</b> Tufo Vesuviano. La colorazione si presenta variabile dal giallastro, al verdastro di alterazione, al prevalente grigio scuro e sono presenti fratture con evidenti tracce di ossidazione (20.30 m, circa). La parte superiore dello strato (fino a circa 23 m di profondità) si appare tenera al passaggio del carotiere. Complessivamente si presenta scoriaceo e cariato con pasta di fondo poco addensata, fino a circa 23 m di profondità e più addensata nel resto dello strato, con litici di dimensioni massime pari a circa 1.5 cm e pomici di dimensioni, a volte maggiori. Lungo tutta la verticale, immersi nella pasta di fondo, si nota la presenza di minuti frammenti carbonatici biancastri.					15.00 15-18-23 15.45			
	13.00								19.00			58%
									21.00			57%
									22.70			68%
									24.30			33%
									26.40			72%
									28.20			83%
-26.13	30.00								30.00			

## **ALLEGATO 3**

### **CERTIFICATI PROVE SPT**

 <b>PROVE IN SITO CONC. MIN.</b> <b>N°53363 DEL 06.05.05</b> <b>CERTIFICATO STANDARD PENETRATION TEST</b> (A.G.I. 1977)		<small>AGENZIA CON SISTEMI QUALITA' CERTIFICATO DAL RINA UNI EN ISO 9001</small>	
N° certificato	990/13	Pagina	1 di 2
Data certificato	22/10/2013	Reg.Com.	216/13
N° accettazione	029/13	Sigla PINS	SPT979/13
Committente:		Comune di Napoli	
Cantiere:		S. Giovanni a Teduccio	
<b>Sigla sondaggio:</b>		<b>S1</b>	<b>SPT n°: 1</b>
Inizio prova (m):		5.00	
Fine Prova (m):		5.45	
Data Prova:		17/10/2013	
Lunghezza Campione:		45 cm	
Punta		aperta	
Tipo di attrezzatura di perforazione:			
PROFONDITA'			
da m	a m	N° colpi	
5.00	5.15	10	
5.15	5.30	10	
5.30	5.45	9	
		<b>NSPT</b>	<b>19</b>
Note: l'ubicazione dettagliata dei punti d'indagine è riportata in allegato			
Lo Sperimentatore		Il Direttore	
dr. geol. L. Lamberti		Dott. L. Amato	
<small>Il trav. str.la S. Anna alle Paludi 11, 80142 Napoli.            Tel.: 081.5634520, fax: 081.5633970            014.PINS.RP.SPT</small>			
<small>Rev. 002</small>			

 <b>PROVE IN SITO CONC. MIN.</b> <b>N°53363 DEL 06.05.05</b> <b>CERTIFICATO STANDARD PENETRATION TEST</b> (A.G.I. 1977)		<small>AGENZIA CON SISTEMI QUALITA' CERTIFICATO DAL RINA UNI EN ISO 9001</small>	
N° certificato	991/13	Pagina	1 di 2
Data certificato	22/10/2013	Reg.Com.	216/13
N° accettazione	029/13	Sigla PINS	SPT980/13
Committente:		Comune di Napoli	
Cantiere:		S. Giovanni a Teduccio	
<b>Sigla sondaggio:</b>		<b>S1</b>	<b>SPT n°: 2</b>
Inizio prova (m):		10.00	
Fine Prova (m):		10.45	
Data Prova:		17/10/2013	
Lunghezza Campione:		45 cm	
Punta		aperta	
Tipo di attrezzatura di perforazione:			
PROFONDITA'			
da m	a m	N° colpi	
10.00	10.15	9	
10.15	10.30	11	
10.30	10.45	13	
		<b>NSPT</b>	<b>24</b>
Note: l'ubicazione dettagliata dei punti d'indagine è riportata in allegato			
Lo Sperimentatore		Il Direttore	
dr. geol. L. Lamberti		Dott. L. Amato	
<small>Il trav. str.la S. Anna alle Paludi 11, 80142 Napoli.            Tel.: 081.5634520, fax: 081.5633970            014.PINS.RP.SPT</small>			
<small>Rev. 002</small>			

 <b>PROVE IN SITO CONC. MIN.</b> <b>N°53363 DEL 06.05.05</b> <b>CERTIFICATO STANDARD PENETRATION TEST</b> (A.G.I. 1977)		<small>AGENZIA CON SISTEMI QUALITA' CERTIFICATO DAL RINA UNI EN ISO 9001</small>	
N° certificato	992/13	Pagina	1 di 2
Data certificato	22/10/2013	Reg.Com.	216/13
N° accettazione	029/13	Sigla PINS	SPT981/13
Committente:		Comune di Napoli	
Cantiere:		S. Giovanni a Teduccio	
<b>Sigla sondaggio:</b>		<b>S1</b>	<b>SPT n°: 3</b>
Inizio prova (m):		15.00	
Fine Prova (m):		15.45	
Data Prova:		17/10/2013	
Lunghezza Campione:		45 cm	
Punta		aperta	
Tipo di attrezzatura di perforazione:			
PROFONDITA'			
da m	a m	N° colpi	
15.00	15.15	15	
15.15	15.30	18	
15.30	15.45	23	
		<b>NSPT</b>	<b>41</b>
Note: l'ubicazione dettagliata dei punti d'indagine è riportata in allegato			
Lo Sperimentatore		Il Direttore	
dr. geol. L. Lamberti		Dott. L. Amato	
<small>Il trav. str.la S. Anna alle Paludi 11, 80142 Napoli.            Tel.: 081.5634520, fax: 081.5633970            014.PINS.RP.SPT</small>			
<small>Rev. 002</small>			

# **ALLEGATO 4**

## **PROVE DI LABORATORIO**



FOGLIO 1 DI 1

<u>Acc. n°</u>	125/13	<u>del</u>	21/10/13	<u>Certificato n°</u>	4184/13
<u>Committente:</u>	COMUNE DI NAPOLI			<u>Commessa n°:</u>	216/13
<u>Cantiere</u>	Sede Viaria di Corso San Giovanni - Barra (NA)				
<u>Località:</u>	Napoli				
<u>Campione</u>	S1 CI 1			<u>Profondità (m)</u>	12,00-12,50
<u>Sigla di laboratorio:</u>	T.1369/13	<u>Data di inizio prova:</u>	28/10/2013	<u>Data di emissione:</u>	11/11/2013

DETERMINAZIONI	1	2
Picnometro n°	9	6
Peso picnometro (N)	1.60	1.60
Peso pic. + acqua distill.(N)	4.69	4.74
Temperatura (°C)	21.0	21.0
Peso terreno secco (N)	0.40	0.40
Peso pic. + terreno secco (N)	2.00	1.99
Peso pic. + terreno + acqua distill. (N)	4.94	4.98
Temperatura miscela (°C)	21.0	21.0
Peso specifico $\gamma_s$ (-)	2.67	2.63

**PESO SPECIFICO MEDIO " $\gamma_s$ ":**

**2.65 (-)**

**Note:**

**Lo Sperimentatore**  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**Il Direttore del Laboratorio**  
 Dott. Geol. Lucio Amato

Accettazione n:	125/13	del	21/10/13	Certificato n° :	4185/13
Committente:	COMUNE DI NAPOLI			Commessa n°:	216/13
Cantiere:	Sede Viaria di Corso San Giovanni - Barra (NA)				
Località:	Napoli				
Campione:	S1 CI 1			Profondità (m) :	12,00-12,50
Sigla di laboratorio:	T.1369/13	Data di inizio prova:	28/10/13	Data di emissione:	11/11/2013

DETERMINAZIONI	1	2	3
Altezza provino (mm)	23.0	23.0	23.0
Diametro provino (mm)	60.0	60.0	60.0
Volume (mm <sup>3</sup> )	64998	64998	64998
Peso tara (N)	0.75	1.07	1.04
Peso tara + prov. umido (N)	2.01	2.31	2.29
Peso tara + prov. secco (N)	1.80	2.08	2.07
Peso prov. umido (N)	1.26	1.24	1.25
Peso prov. secco (N)	1.05	1.01	1.03
<b>Valori calcolati</b>			
Peso di volume naturale $\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> ) :	19.34	19.10	19.25
Peso di volume secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> ) :	16.17	15.55	15.89
Contenuto d'acqua naturale $w$ (%) :	19.65	22.84	21.17
Peso specifico dei granuli $G$ (-):	2.65	2.65	2.65
Porosità $n$ (%) :	38.97	41.31	40.04
Indice dei vuoti $e$ (-):	0.64	0.70	0.67
Grado di saturazione $S_r$ (%) :	81.52	85.97	83.99
<b>Valori medi</b>			
Peso di volume naturale $\gamma_n$ (kN/m <sup>3</sup> ) :	<b>19.23</b>		
Peso di volume secco $\gamma_d$ (kN/m <sup>3</sup> ) :	<b>15.87</b>		
Contenuto d'acqua naturale $w$ (%) :	<b>21.22</b>		
Peso specifico dei granuli $G$ (-):	<b>2.65</b>		
Porosità $n$ (%) :	<b>40.10</b>		
Indice dei vuoti $e$ (-):	<b>0.67</b>		
Grado di saturazione $S_r$ (%) :	<b>83.83</b>		

Note:

**Lo Sperimentatore**  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**Il Direttore del Laboratorio**  
Dott. Geol. Lucio Amato

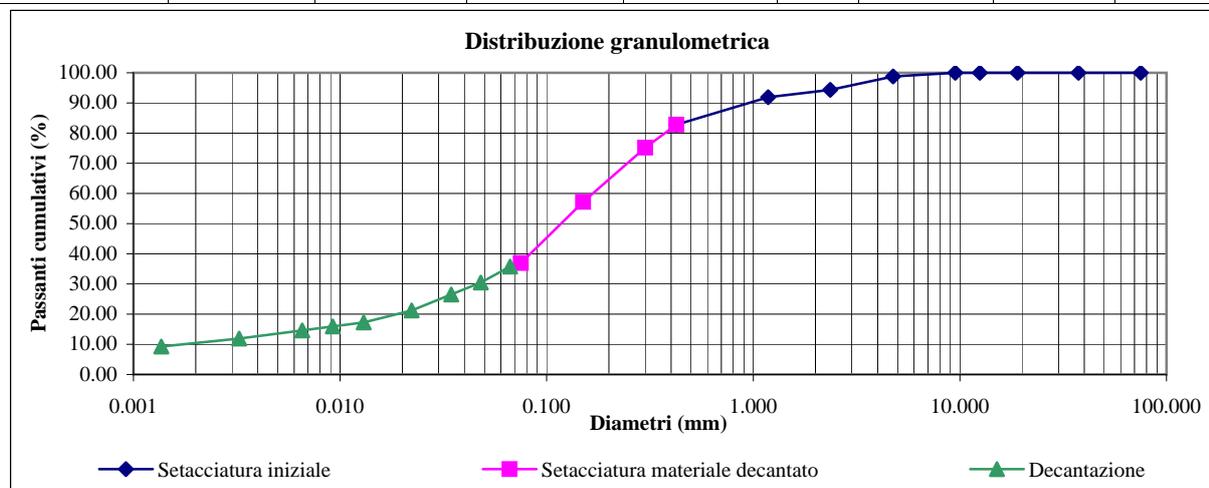
Acc. n°	125/13	del	21/10/13	Certificato n° :	4186/13
Committente:	COMUNE DI NAPOLI			Commessa n°	216/13
Cantiere:	Sede Viaria di Corso San Giovanni - Barra (NA)				
Località:	Napoli				
Campione:	S1 CI 1			Profondità (m):	12,00-12,50
Sigla di laboratorio	T.1369/13	Data di inizio prova	28/10/2013	Data di emissione:	11/11/2013

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione ritenuta al setaccio N. 40 ASTM, 0,425 mm)			
Peso secco iniziale (g):	428.43	Peso secco dopo lavato (g):	331.57
Peso tara (g):			8.45
Setaccio		Peso ritenuto cumulativo + tara (g)	Percentuale passante (%)
ASTM	mm		
3"	75.000	8.45	100.00
1 1/2"	37.500	8.45	100.00
3/4"	19.000	8.45	100.00
1/2"	12.500	8.45	100.00
3/8"	9.500	8.45	100.00
N. 4	4.750	13.65	98.76
N. 10	2.360	32.24	94.34
N. 16	1.180	42.51	91.89
N. 40	0.425	80.76	82.78

Analisi granulometrica per setacciatura (frazione passante al N. 40 ASTM)			
Peso secco iniziale (g):	50.2		
Setaccio		Peso ritenuto cumulativo (g)	Percentuale passante parziale (%)
ASTM	mm		
N.40	0.425	2.98	82.78
N.50	0.300	7.60	75.16
N.100	0.150	18.50	57.19
N. 200	0.075	30.80	36.91
Peso specifico della soluzione : 1.001			

Peso tara (g)	2.98
Diametro max della frazione sottoposta a decantazione (mm):	0.425

Decantazione								
Peso iniziale secco (g): 50.2			Peso specifico dei granuli: 2.65					
Tempo (min)	Letture al densimetro 151 H ASTM	Temperatura della soluzione (°C)	Correzione per temperatura e menisco	Letture corrette per temperatura e menisco	Percentuale delle particelle in sospensione	L (cm)	K	Diametro delle particelle in sospensione (cm)
0.50	1.0150	22	-0.0005	1.0145	35.78	12.45	0.01332	0.066
1	1.0130	22	-0.0005	1.0125	30.48	13.00	0.01332	0.048
2	1.0115	22	-0.0005	1.0110	26.51	13.40	0.01332	0.034
5	1.0095	22	-0.0005	1.0090	21.20	13.90	0.01332	0.022
15	1.0080	22	-0.0005	1.0075	17.23	14.30	0.01332	0.013
30	1.0075	22	-0.0005	1.0070	15.90	14.40	0.01332	0.009
60	1.0070	22	-0.0005	1.0065	14.58	14.55	0.01332	0.007
250	1.0060	22	-0.0005	1.0055	11.93	14.85	0.01332	0.003
1440	1.0050	22	-0.0005	1.0045	9.28	15.10	0.01332	0.001



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Lucio Amato

Accettazione n°:	<b>125/13</b>	del	21/10/2013	Commessa n°:	<b>216/13</b>
Committente:	<b>COMUNE DI NAPOLI</b>				
Cantiere:	<b>Sede Viaria di Corso San Giovanni - Barra (NA)</b>				
Località:	<b>Napoli</b>				
Campione:	<b>S1 CI 1</b>		Profondità (m):	<b>12,00-12,50</b>	
Sigla del laboratorio:	<b>T.1369/13</b>		Data di emissione:	<b>11/11/2013</b>	

CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI		
Peso di volume naturale $\gamma_n$	(kN/m <sup>3</sup> )	<b>19.23</b>
Peso di volume secco $\gamma_d$	(kN/m <sup>3</sup> )	<b>15.87</b>
Contenuto d'acqua naturale w	(%)	<b>21.22</b>
Peso specifico dei granuli G	(-)	<b>2.65</b>
Porosità n	(%)	<b>40.10</b>
Indice dei vuoti e	(-)	<b>0.67</b>
Grado di saturazione Sr	(%)	<b>83.83</b>

DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (AGI)		
Argilla < 0,002 mm	(%)	<b>10.00</b>
Limo < 0,06 mm	(%)	<b>24.00</b>
Sabbia < 2,00 mm	(%)	<b>59.00</b>
Ghiaia < 60,0 mm	(%)	<b>7.00</b>
Ciottoli > 60,0 mm	(%)	<b>0.00</b>

LIMITI DI ATTERBERG (UNI 10014)		
Limite di liquidità WL	(%)	
Limite di plasticità WP	(%)	
Indice di plasticità IP	(%)	
Indice di consistenza IC	(-)	

CLASSIFICAZIONE USCS (ASTM D 2487)		

CLASSIFICAZIONE (CNR UNI 10006)		
Gruppo		
Sotto gruppo		
Indice di gruppo		

PROVA DI COMPATTAZIONE MODIFICATA (CNR NT <sub>s</sub> 69)		
Densità secca massima	(kN/m <sup>3</sup> )	
Umidità ottimale	(%)	

PROVA DI PERMEABILITA' IN PERMEAMETRO		
Permeabilità	(m/s)	

PROVA DI COMPRESIONE ASSIALE NON CONFINATA (ASTM D 2166-00)		
Tensione di rottura	MPa	
Deformazione a rottura	(%)	

PROVA TRIASSIALE U.U. (ASTM D 2850-99)		
Cu media	kPa	

PROVA TRIASSIALE C.I.U. (ASTM D 4767-95)		
Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

PROVA TRIASSIALE C.I.D. (ASTM D 4767-95)		
Angolo di attrito interno efficace	°	
Coesione efficace	kPa	

PROVA DI TAGLIO DIRETTO CD (ASTM D 3080-98)		
Angolo di attrito interno (di picco)	°	<b>33</b>
Coesione (di picco)	kPa	<b>12</b>
Angolo di attrito interno (residuo)	°	
Coesione (residuo)	kPa	

PROVA EDOMETRICA (ASTM D 2435-96)		
Intervallo di carico compreso tra 100 e 200 kPa*		
Coefficiente di compressibilità $m_v$	Mpa <sup>-1</sup>	<b>8.52E-02</b>
Modulo edometrico $E_{ed}$	Mpa	<b>11.7</b>
Permeabilità in cella edometrica $k$	m/sec	
Coefficiente di consolidazione $c_v$	cm <sup>2</sup> /sec	

\* intervallo corrispondente alla tensione geostatica in sito

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
 (ASTM D 3080-98)

FOGLIO 1 DI 4

Acc. n°	125/13	del	21/10/2013	Protocollo n°	4187/13
Committente:	COMUNE DI NAPOLI			Commessa n°:	216/13
Cantiere:	Sede Viaria di Corso San Giovanni - Barra (NA)				
Località:	Napoli				
Campione:	S1 - CII			Profondità (m):	12,00-12,50
Sigla laboratorio	T.1369/13	Data inizio prova:	28/10/2013	Data di emissione	11/11/2013

Altezza fustella (cm): 2.30

 Area sezione resistiva (cm<sup>2</sup>) 28.26

Diametro fustella (cm): 6.00

Anello dinamometrico da: 3.0 KN

 Volume fustella (cm<sup>3</sup>): 65.00

PROVINO	1	2	3
Peso fustella (N)	0.75	1.07	1.04
Peso provino + fustella (N)	2.01	2.31	2.29
Peso provino (N)	1.26	1.24	1.25
Peso di volume " $\gamma_n$ " (kN/m <sup>3</sup> )	19.34	19.10	19.25
Velocità di deformazione (mm/min.)	0.006	0.006	0.006

**DATI CONSOLIDAZIONE**

PROVINO	1	2	3
Pressione verticale KPa	100	200	300
Tempo di consolidazione (ore)	24	48	72
Cedimento verticale finale (mm)	0.930	0.990	1.200

**Lo Sperimentatore**

Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**Il Direttore del Laboratorio**

Dott. Geol. Lucio Amato

**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**  
 (ASTM D 3080-98)

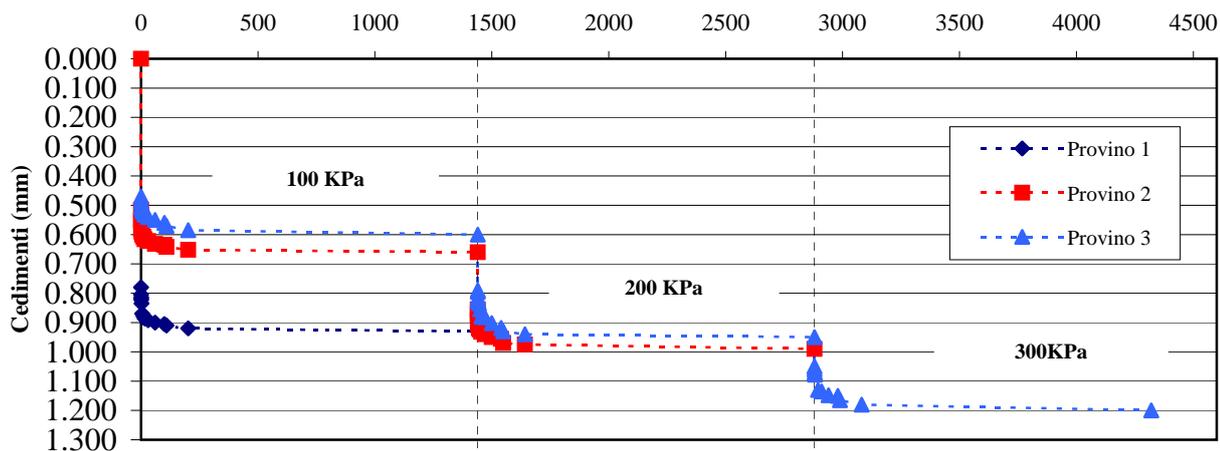
FOGLIO 2 DI 4

 Sigla campione: **T.1369/13**
**CONSOLIDAZIONE**

	PROVINO 1	PROVINO 2		PROVINO 3		
Data	28/10/2013	28/10/2013	29/10/2013	28/10/2013	29/10/2013	30/10/2013
Carico (KPa)	100	100	200	100	200	300
Tempi di lettura (min.)	Cedimenti (mm)	Cedimenti (mm)		Cedimenti (mm)		
0	0.000	0.000	0.660	0.000	0.600	0.950
0.1	0.780	0.515	0.855	0.470	0.790	1.050
0.25	0.805	0.552	0.872	0.485	0.795	1.060
0.5	0.815	0.570	0.890	0.490	0.815	1.070
1	0.822	0.582	0.900	0.505	0.825	1.075
2	0.835	0.590	0.905	0.508	0.828	1.078
5	0.870	0.600	0.920	0.518	0.835	1.095
10	0.878	0.608	0.925	0.524	0.855	1.115
15	0.886	0.616	0.932	0.532	0.880	1.130
30	0.892	0.622	0.940	0.540	0.882	1.135
60	0.900	0.632	0.950	0.550	0.902	1.148
100	0.905	0.635	0.956	0.560	0.918	1.150
200	0.910	0.642	0.970	0.570	0.930	1.165
500	0.920	0.652	0.975	0.585	0.940	1.180
1440	0.930	0.660	0.990	0.600	0.950	1.200

**GRAFICO DEI CEDIMENTI PER GRADINI DI CARICO**

Tempi di lettura (min.)


**Lo Sperimentatore**

Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**Il Direttore del Laboratorio**

Dott. Geol. Lucio Amato

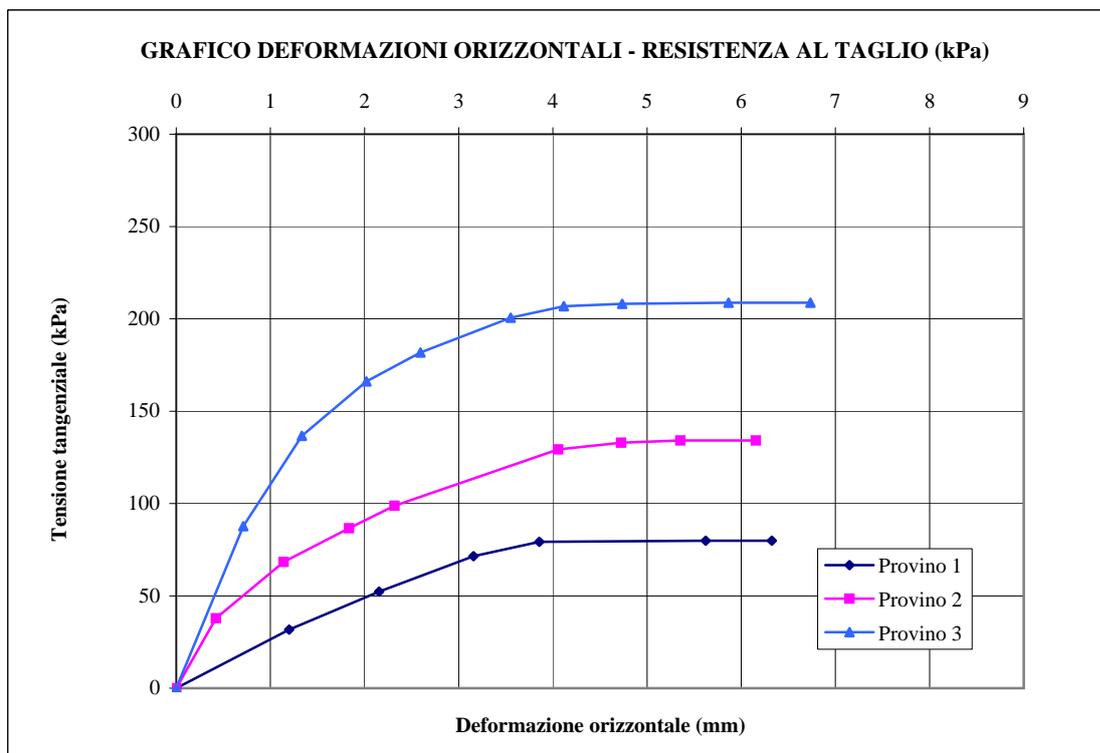
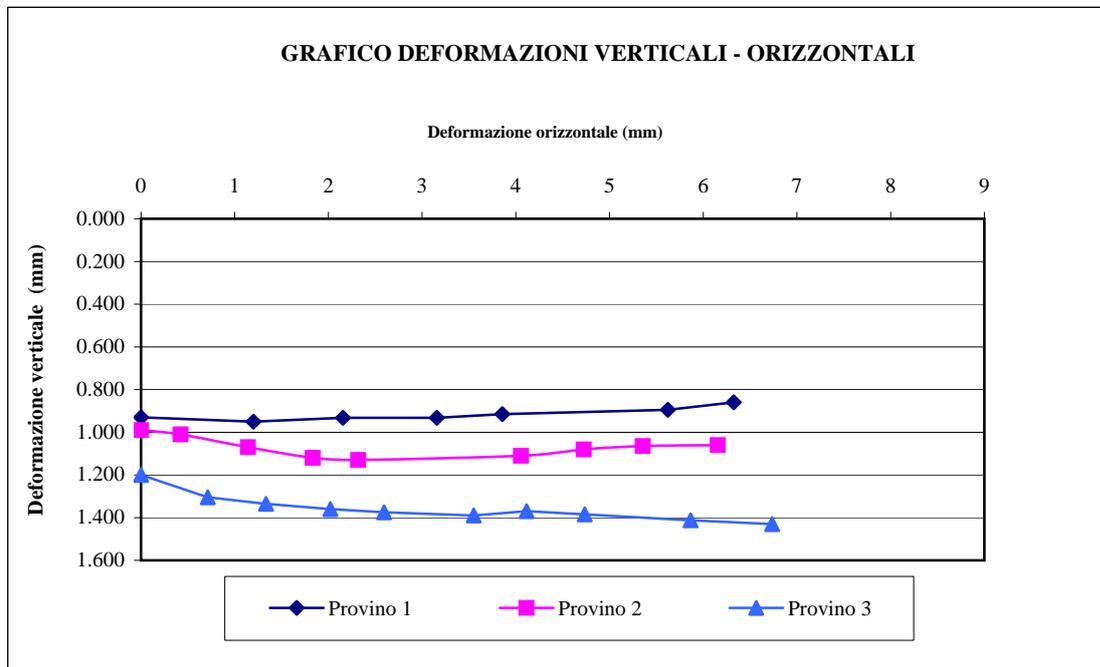


**PROVA DI TAGLIO DIRETTO**

(ASTM D 3080-98)

FOGLIO 4 DI 4

Sigla campione: **T.1369/13**



**Lo Sperimentatore**

*Dott. Geol. Giovanni Patricelli*

**Il Direttore del Laboratorio**

*Dott. Geol. Lucio Amato*

<u>Acc. n°</u>	<b>125/13</b>	<u>del:</u>	<b>21/10/2013</b>	<u>Protocollo n°:</u>	<b>4188/13</b>
<u>Committente:</u>	<b>Comune di Napoli</b>			<u>Commessa n°:</u>	<b>216/13</b>
<u>Cantiere:</u>	<b>Sede Viaria di Corso San Giovanni - Barra (NA)</b>				
<u>Località:</u>	<b>Napoli</b>				
<u>Campione:</u>	<b>S1 CI1</b>			<u>Profondità (m):</u>	<b>12,00-12,50</b>
<u>Sigla di laboratorio:</u>	<b>T.1369/13</b>	<u>Data di prova:</u>	<b>28/10/2013</b>	<u>Data di emissione:</u>	<b>11/11/2013</b>

**DATI GENERALI**

**Diametro del provino:** 50.46 mm  
**Altezza del provino:** 20.01 mm  
**Area della sezione resistiva:** 20.00 cm<sup>2</sup>  
**Volume del provino:** 40.00 cm<sup>3</sup>

**Peso specifico grani:** 2.65 (-)  
**Contenuto in acqua:** 21.26 %  
**Peso iniziale:** 0.771 N  
**Peso di volume naturale:** 19.28 kN/m<sup>3</sup>  
**Peso secco:** 0.636 N  
**Peso di volume secco:** 15.90 kN/m<sup>3</sup>  
**Indice dei pori naturale:** 0.67 (-)  
**Grado di saturazione naturale:** 85 %  
**Carico massimo di prova:** 3200 kPa

**Osservazioni:**

Lo Sperimentatore  
*Dott. Geol. Giovanni Patricelli*

Il Direttore del Laboratorio  
*Dott. Geol. Lucio Amato*

Sigla campione: **T.1369/13**

Pagina 2 di 9

**DATI RIEPILOGATIVI**

FASE DI CARICO

Incremento		n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pressioni verticali $\sigma'_v$	da	kPa	0.0	12.5	25.0	50.0	100.0	200.0	400.0	800.0	1600.0
	a	kPa	12.5	25.0	50.0	100.0	200.0	400.0	800.0	1600.0	3200.0
Tempo		min.	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440
<b>Ced. assoluto <math>\delta h</math></b>		mm	0.175	0.260	0.358	0.452	0.618	0.782	0.975	1.230	1.580
<b>Modulo <math>E_{ed}</math></b>		Mpa	1.4	2.9	5.0	10.4	11.7	23.5	39.7	59.3	85.1
Ced. unitario (dh/ho) $e_v$		(%)	0.87	1.30	1.79	2.26	3.09	3.91	4.87	6.15	7.90
Indice dei vuoti $e$		(-)	0.653	0.646	0.638	0.630	0.616	0.602	0.586	0.565	0.536
Indice di compr. $a_v$		MPa <sup>-1</sup>	1.10E-01	5.67E-02	3.27E-02	1.57E-02	1.38E-02	6.83E-03	4.02E-03	2.66E-03	1.82E-03
Coeff. di compr $m_v$		MPa <sup>-1</sup>	7.03E-01	3.40E-02	1.96E-02	9.59E-02	8.52E-02	4.25E-02	2.52E-02	1.69E-02	1.18E-02
Coeff. di compr. primaria $C_v$		cm <sup>2</sup> /sec									
Coeff. di permeab. $K$		cm/sec									

FASE DI SCARICO

Scarichi		n°	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Pressioni verticali $\sigma'_v$	da	kPa	3200.0	800.0	200.0	50.0					
	a	kPa	800.0	200.0	50.0	12.5					
Tempo		min.	720	720	720	720					
<b>Ced. assoluto <math>\delta h</math></b>		mm	<b>1.520</b>	<b>1.480</b>	<b>1.440</b>	<b>1.400</b>					
Ced. unitario (dh/ho) $e_v$		(%)	7.60	7.40	7.20	7.00					
Indice dei vuoti (e)		(-)	0.54	0.54	0.55	0.55					

<b>Eed</b>	$\delta\sigma'_v/\delta\varepsilon'_v$
<b><math>a_v</math></b>	$-\delta\varepsilon/\delta\sigma'$
<b><math>m_v</math></b>	<b>1/Eed</b>

<b><math>C_v</math></b>	<b>0,197*H'<sup>2</sup>/t50</b>
-------------------------	---------------------------------

Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

<b>K</b>	<b><math>C_v * m_v * \gamma_v</math></b>
----------	--

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Lucio Amato

Sigla campione **T.1369/13**

Pagina 3 di 9

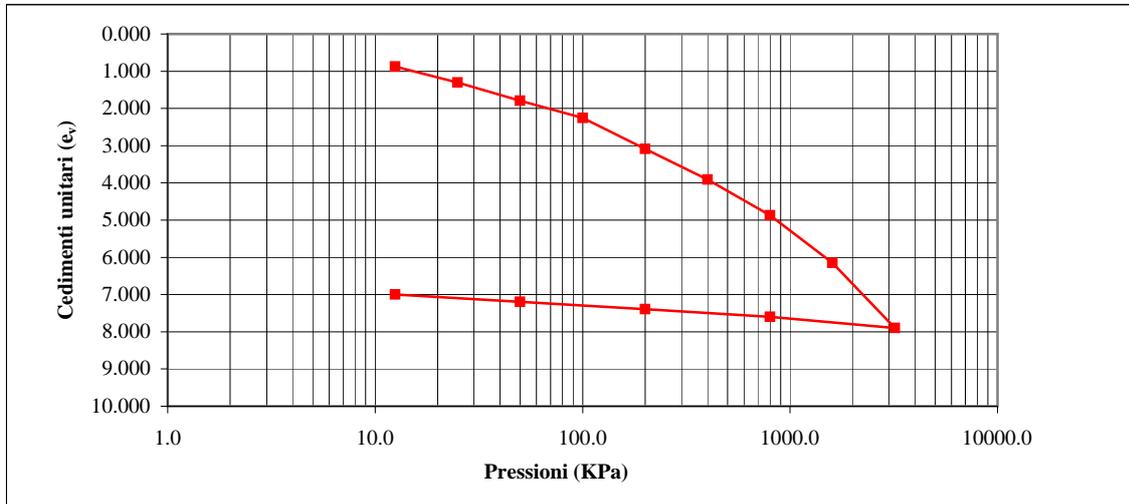
**TABELLE TEMPI - CEDIMENTI**

Incremento n. 1		Incremento n. 2		Incremento n. 3		Incremento n. 4	
Da (kPa):	a (kPa):	Da (kPa):	a (kPa):	Da (kPa):	a (kPa):	Da (kPa):	a (kPa):
0.0	12.5	12.5	25.0	25.0	50.0	50.0	100.0
Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)	Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)	Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)	Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)
0.1	0.105	0.1	0.185	0.1	0.322	0.1	0.412
0.25	0.106	0.25	0.194	0.25	0.326	0.25	0.416
0.5	0.108	0.5	0.201	0.5	0.328	0.5	0.420
1	0.112	1	0.207	1	0.330	1	0.423
2	0.116	2	0.213	2	0.332	2	0.426
4	0.121	4	0.219	4	0.334	4	0.430
10	0.128	10	0.228	10	0.338	10	0.434
15	0.132	15	0.231	15	0.340	15	0.435
30	0.139	30	0.236	30	0.342	30	0.438
60	0.147	60	0.241	60	0.344	60	0.440
120	0.155	120	0.245	120	0.347	120	0.443
240	0.161	240	0.250	240	0.350	240	0.446
480	0.167	480	0.253	480	0.353	480	0.448
1440	0.175	1440	0.260	1440	0.358	1440	0.452
Incremento n. 5		Incremento n. 6		Incremento n. 7		Incremento n. 8	
Da (kPa):	a (kPa):	Da (kPa):	a (kPa):	Da (kPa):	a (kPa):	Da (kPa):	a (kPa):
100.0	200.0	200.0	400.0	400.0	800.0	800.0	1600.0
Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)	Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)	Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)	Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)
0.1	0.540	0.1	0.690	0.1	0.900	0.1	1.130
0.25	0.549	0.25	0.697	0.25	0.903	0.25	1.140
0.5	0.555	0.5	0.702	0.5	0.910	0.5	1.145
1	0.560	1	0.708	1	0.915	1	1.154
2	0.566	2	0.716	2	0.920	2	1.160
4	0.572	4	0.723	4	0.925	4	1.166
10	0.579	10	0.733	10	0.932	10	1.175
15	0.583	15	0.738	15	0.935	15	1.180
30	0.589	30	0.746	30	0.940	30	1.188
60	0.594	60	0.751	60	0.947	60	1.197
120	0.598	120	0.761	120	0.954	120	1.206
240	0.604	240	0.766	240	0.961	240	1.214
480	0.610	480	0.772	480	0.968	480	1.220
1440	0.618	1440	0.782	1440	0.975	1440	1.230
Incremento n. 9		<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; width: fit-content; margin: auto;">                     Osservazioni:                 </div>					
Da (kPa):	a (kPa):						
1600.0	3200.0						
Tempo (min)	Cedim.assoluti (mm)						
0.1	1.440						
0.25	1.455						
0.5	1.464						
1	1.472						
2	1.483						
4	1.492						
10	1.505						
15	1.511						
30	1.521						
60	1.530						
100	1.540						
240	1.552						
480	1.562						
1440	1.580						

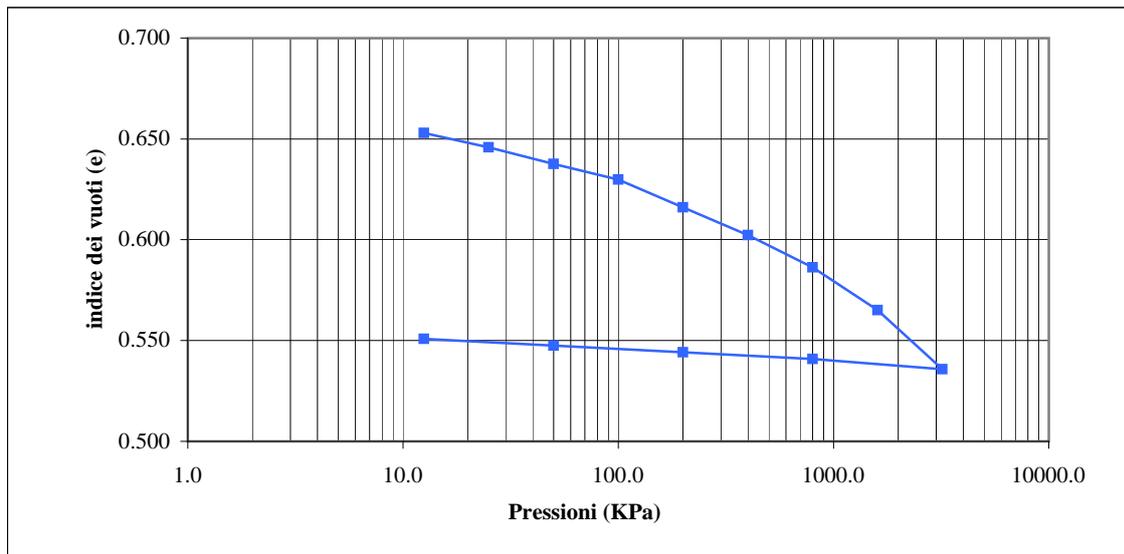
Lo Sperimentatore  
*Dott. Geol. Giovanni Patricelli*

Il Direttore del Laboratorio  
*Dott. Geol. Lucio Amato*

**GRAFICO CARICHI - CEDIMENTI**



**GRAFICO CARICHI - INDICE DEI VUOTI**



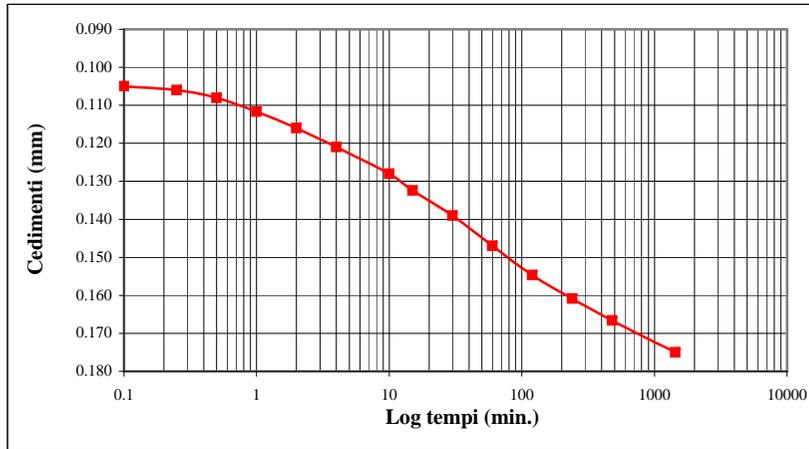
Lo Sperimentatore  
*Dott. Geol. Giovanni Patricelli*

Il Direttore del Laboratorio  
*Dott. Geol. Lucio Amato*

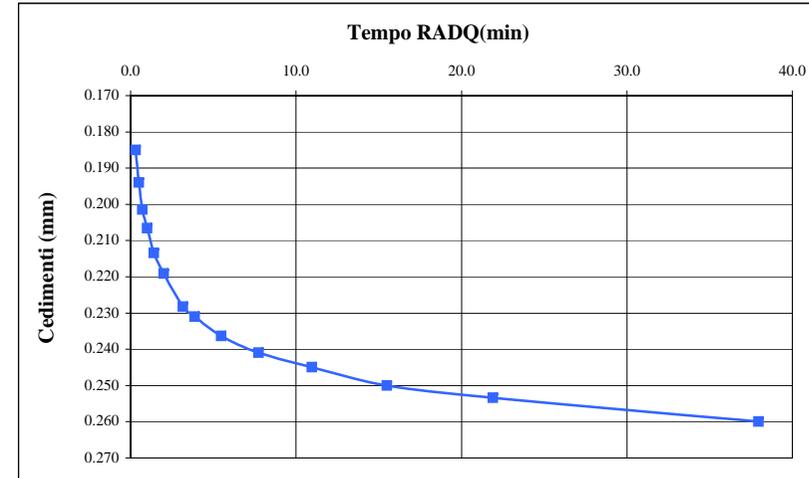
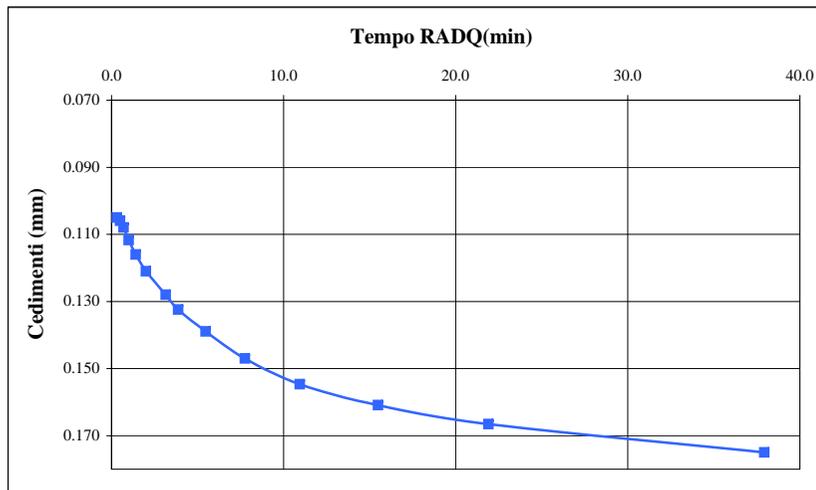
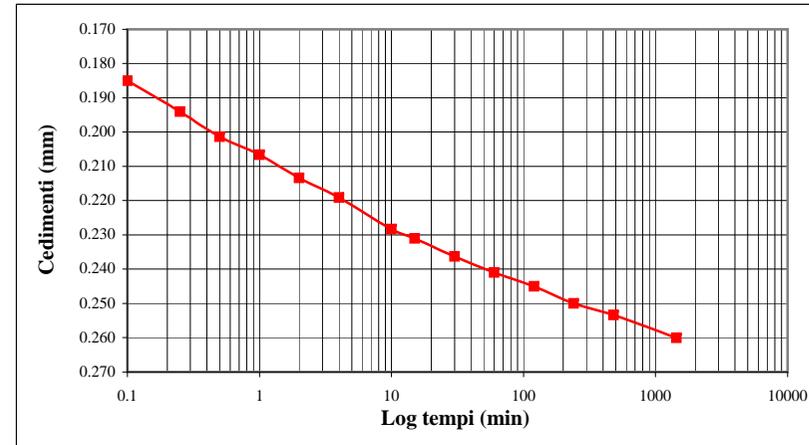
Sigla campione **T.1369/13**

Pagina 5 di 9

**INCREMENTO N° 1 DA 0,0 A 12,5 KPa**



**INCREMENTO N° 2 DA 12,5 A 25,0 KPa**



Lo Sperimentatore  
 Dott. Geol. Giovanni Patricelli

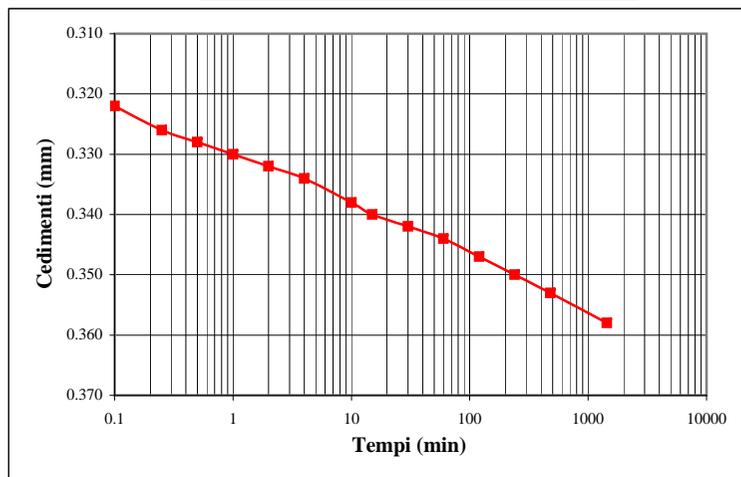
Il Direttore del Laboratorio  
 Dott. Geol. Lucio Amato

Sigla campione

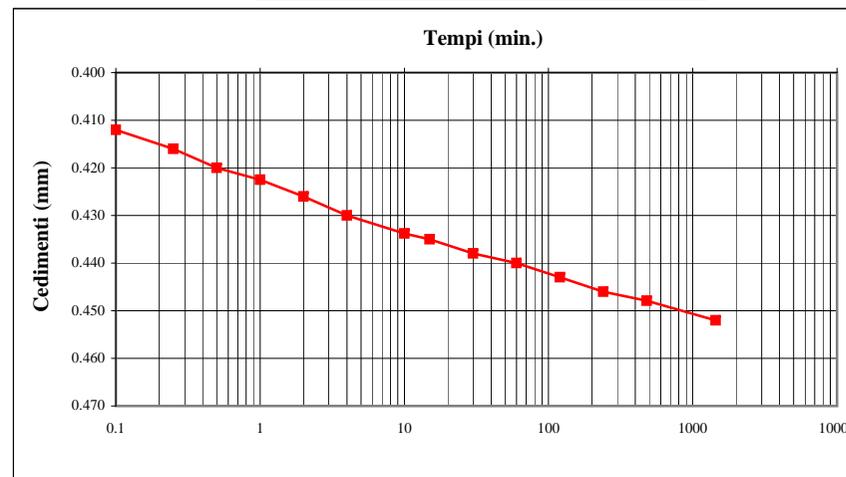
**T.1369/13**

Pagina 6 di 9

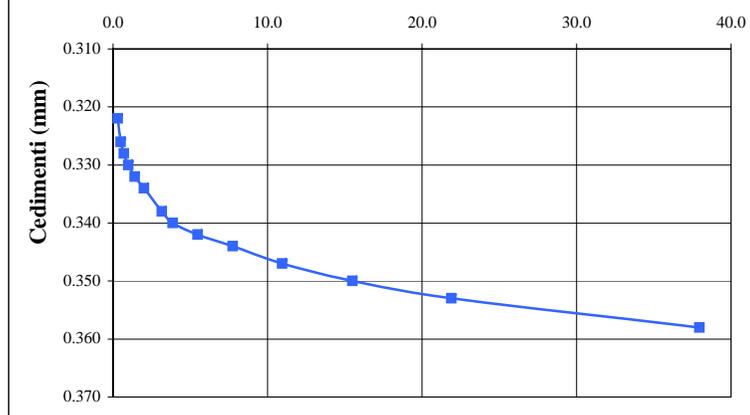
**INCREMENTO N° 3 DA 25 A 50 KPa**



**INCREMENTO N° 4 DA 50 A 100 KPa**

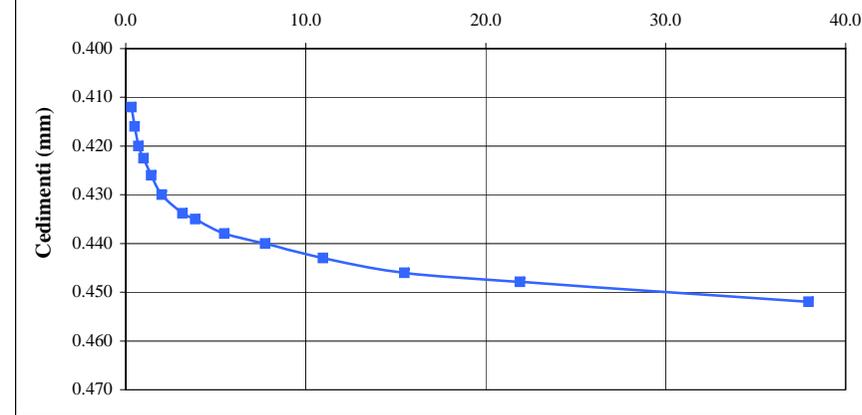


**Tempo RADQ(min)**



Lo Sperimentatore  
*Dott. Geol. Giovanni Patricelli*

**Tempo RADQ(min)**



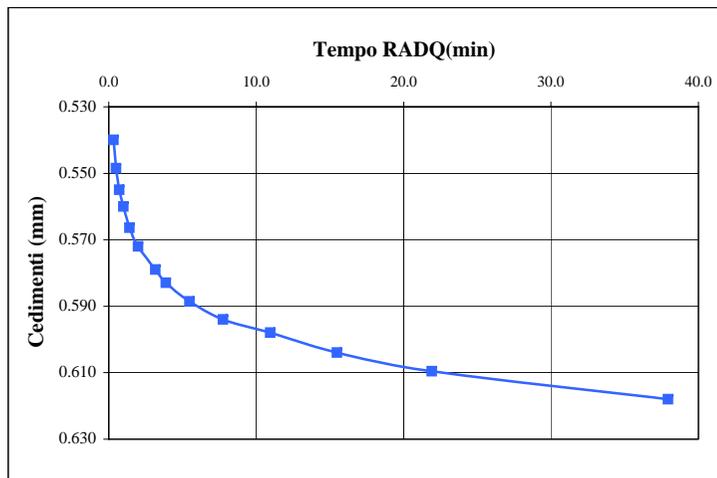
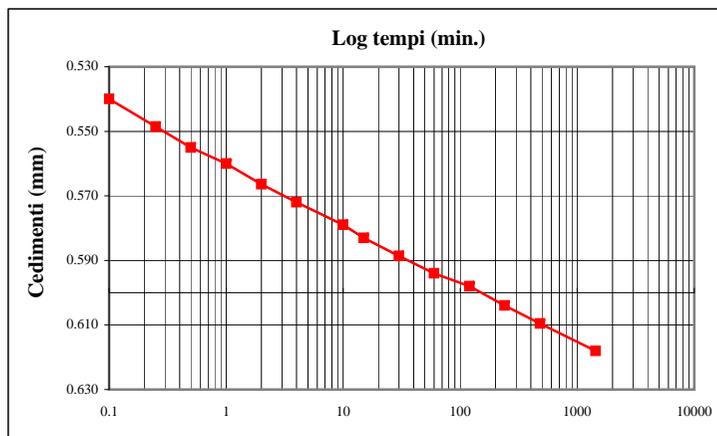
Il Direttore del Laboratorio  
*Dott. Geol. Lucio Amato*

Sigla campione

T.1369/13

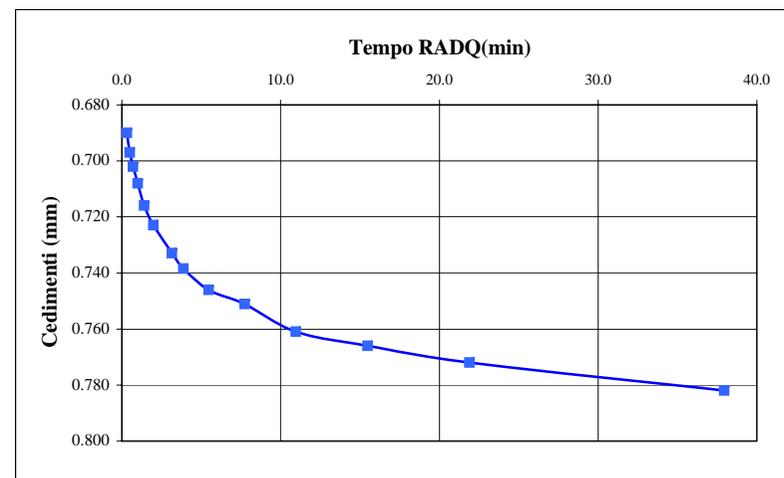
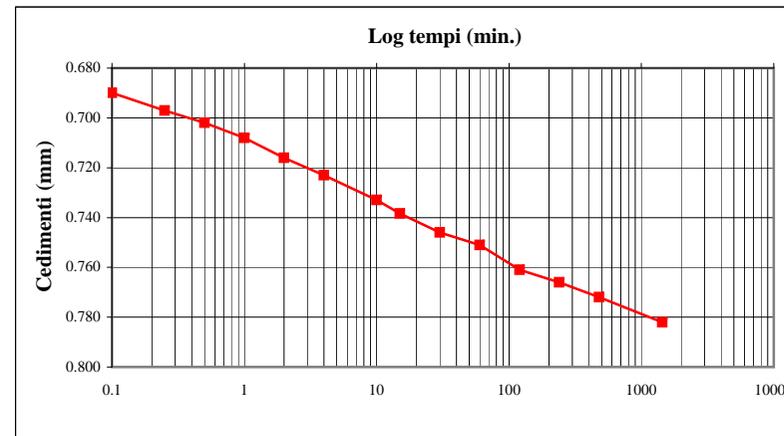
Pagina 7 di 9

**INCREMENTO N° 5 DA 100 A 200 KPa**



Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

**INCREMENTO N° 6 DA 200 A 400 KPa**



Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Lucio Amato

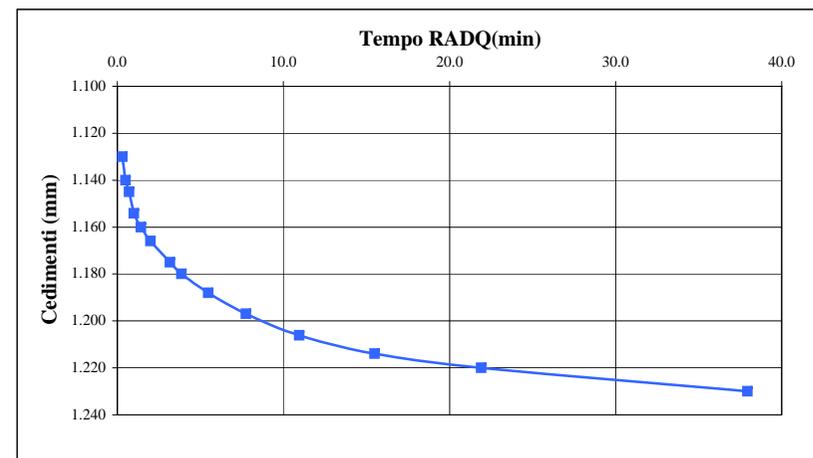
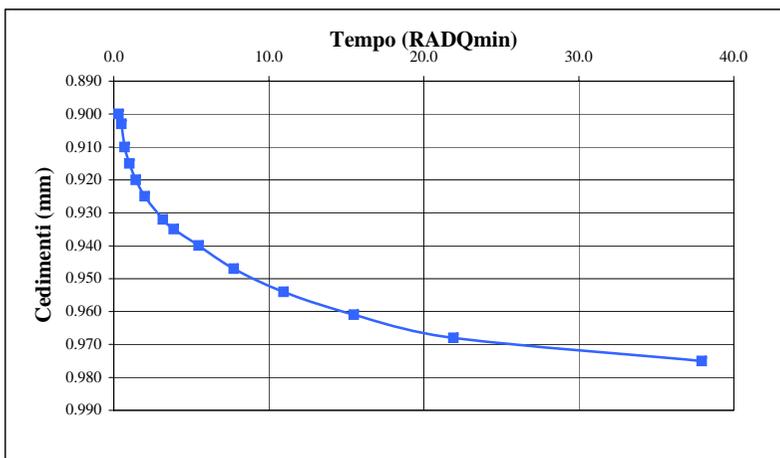
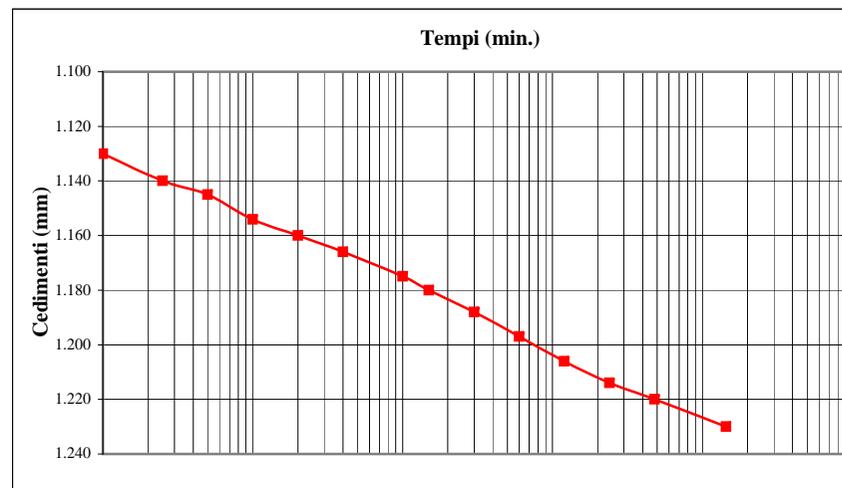
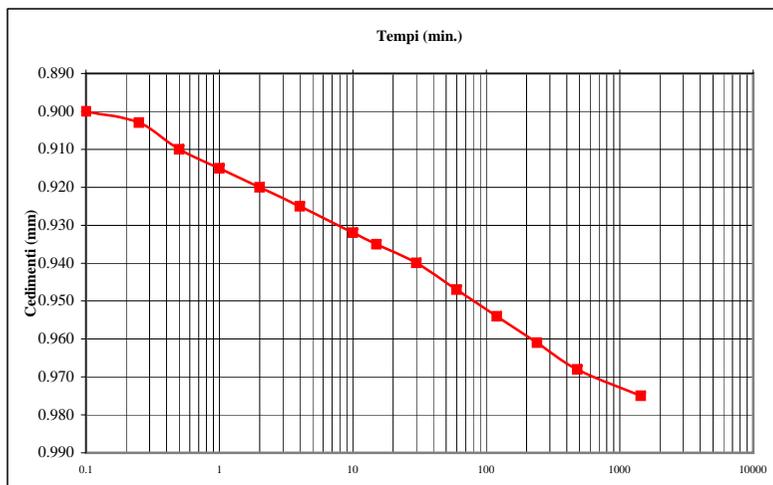
Sigla campione:

**T.1369/13**

**INCREMENTO N° 7 DA 400 A 800 KPa**

Pagina 8 di 9

**INCREMENTO N° 8 DA 800 A 1600 KPa**



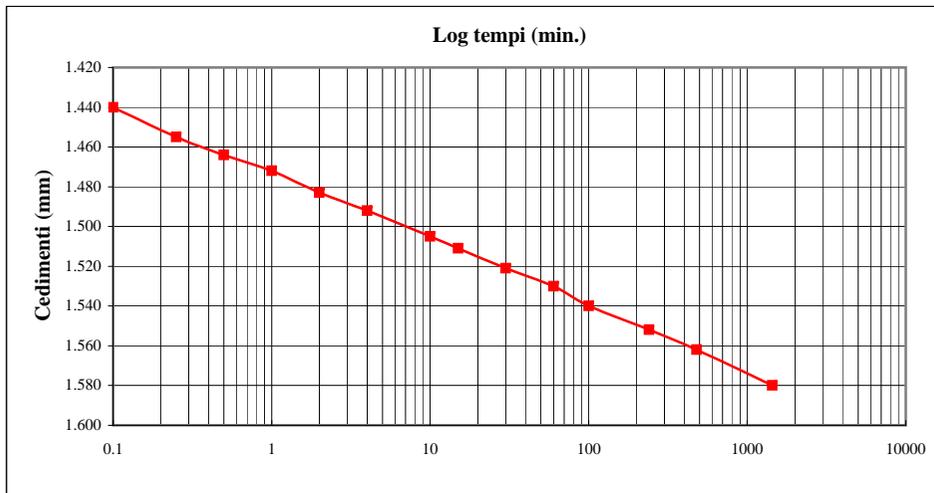
Lo Sperimentatore  
Dott. Geol. Giovanni Patricelli

Il Direttore del Laboratorio  
Dott. Geol. Lucio Amato

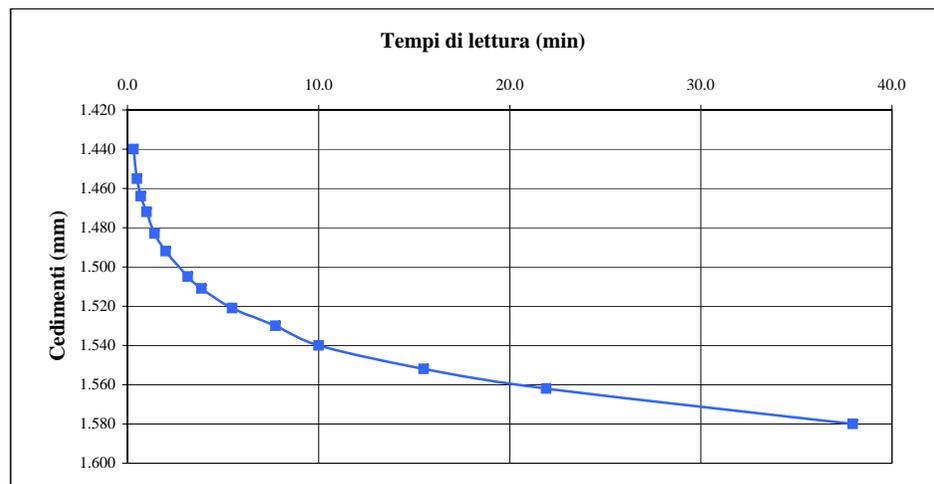
Sigla campione: **T.1369/13**

**INCREMENTO N° 9 DA 1600 A 3200 KPa**

Pagina 9 di 9



**Osservazioni:**



Lo Sperimentatore  
*Dott. Geol. Giovanni Patricelli*

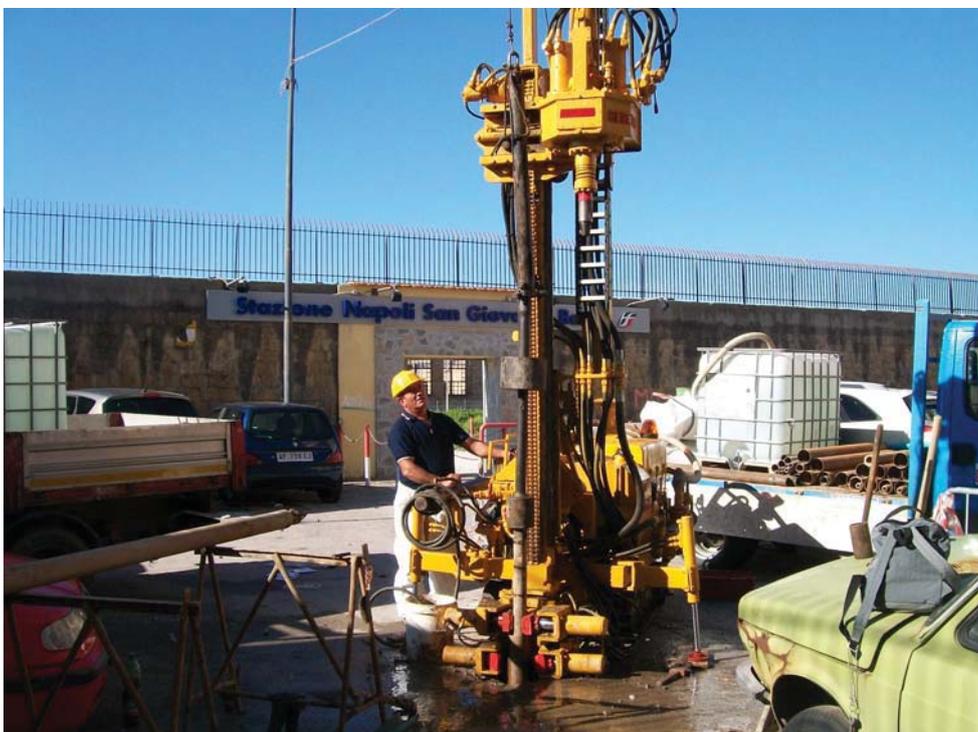
Il Direttore del Laboratorio  
*Dott. Geol. Lucio Amato*

# **ALLEGATO 5**

## **ALLEGATO FOTOGRAFICO**



S1: Postazione



S1: Prova SPT



S1: cassetta 1 da 0.00 a 5.00 m



S1: cassetta 2 da 5.00 a 10.00 m



S1: cassetta 3 da 10.00 a 15.00 m



S1: cassetta 4 da 15.00 a 20.00 m



S1: cassetta 5 da 20.00 a 25.00 m



S1: cassetta 6 da 25.00 a 30.00 m

PIAZZETTA LARGHETTO FERROVIA-SAN GIOVANNI A TEDUCCIO-NAPOLI.  
COMUNE DI NAPOLI



S1: cassetta 5 da 20.00 a 25.00 m



S1: cassetta 6 da 25.00 a 30.00 m