



La tua  
**Campania**  
cresce in  
**Europa**

**COMUNE DI NAPOLI**

**Direzione centrale Infrastrutture, lavori pubblici e mobilità**

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



## Grande progetto Riqualificazione urbana Napoli est

Riqualificazione urbanistica e ambientale via Miraglia e sottopasso esistente

### PROGETTO DEFINITIVO

**CdP Immobiliare\*:** COORDINAMENTO arch. Francesco Maione  
arch. Antonella Pazzanese

**Gruppo di progettazione**

**Infrastrutture e impianti:** IN.CO.SE.T. S.r.l. - a socio unico - ing. Claudio Troisi  
Società di Ingegneria Consulenze e Servizi per l'Ambiente e il Territorio

**Paesaggio:** LAND Milano S.r.l. - arch. Andreas Kipar

Timbro e fir



\* Attività prevista nell'ambito della convenzione urbanistica stipulata con il Comune di Napoli il 28 dicembre 2012, relativa all'intervento di reindustrializzazione dell'area ex Icml di via Ferrante Imparato n. 501 - responsabile attuazione convenzione: arch. Giovanni Lanzuise

**Progettazione sicurezza:** Comune di Napoli - arch. Francesca Spera

**Redazione atti amministrativi:** Comune di Napoli - arch. Anna Rita Affortunato

**Responsabile del procedimento**

arch. Giuseppe Pulli

## Relazione geologica

dicembre 2014

R01

| REVISIONE | DESCRIZIONE | DATA |
|-----------|-------------|------|
| 01        |             |      |
| 02        |             |      |
| 03        |             |      |



**GREGORIO PALUMBO**

## GRUPPO DI PROGETTAZIONE

### INFRASTRUTTURE E IMPIANTI

In.Co.Se.T. a socio unico

84013 CAVA DE'TIRRENI SA

*Progettista:* Ing. Claudio Troisi

*Gruppo di lavoro:* geom. G. Avagliano, ing.jr. F. Casaburi, ing. V. D'Amato, ing. L. De Pasquale, ing. T. Marinelli, ing. L. Pelliccia

*Consulente pubblica illuminazione:* ARETHUSA s.r.l.

*Consulente strutture:* Ing. V. Esposito

*Consulente aspetti geologici:* Dott. G. Palumbo

*Consulente rilievi topografici:* Geom. G. Baldi

### PROGETTO DI PAESAGGIO

LAND Milano S.r.l.

Via Varese, 16 – 20121 MILANO

*Progettista:* arch. Andreas Kipar

*Team:* arch. V. Pagliaro, arch. G. Tettamanzi, dott. agr. E. Frappi

## INDICE

- INTRODUZIONE
- STUDIO GEOLOGICO
- AREA DI STUDIO
- RELAZIONE SULLE INDAGINI
- INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE
- IDENTIFICAZIONE DELLE STRUTTURE E DEI CARATTERI FISICI DEL SOTTOSUOLO
- ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DELLA PIANA CAMPANA
- CENNI SULLE CARATTERISTICHE PETROGRAFICHE E MINERALI DEI PRODOTTI
- STORIA VULCANOLOGICA
- IDROGEOLOGIA DELLA PIANA CAMPANA
- LINEAMENTI DI CIRCOLAZIONE IDRICA
- CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE GENERALI
- IDROGEOLOGIA DELL'AREA DI NAPOLI
- AREA URBANA DI NAPOLI
- I DEPOSITI DELL'ATTIVITÀ VULCANICA ANTICA
- GEOMORFOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO
- Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania – Aggiornamento anno 2010.
- CONSIDERAZIONI TECNICHE (RISCHIO IDRAULICO E RISCHIO DA FRANA)
- CLASSIFICAZIONE SISMICA NAZIONALE
- MICROZONAZIONE SISMICA
- SISMICITÀ - CATEGORIA SUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE DEL SITO SECONDO LA NORMATIVA SISMICA D.M. 14.01.2008 (VS30)
- CONDIZIONI TOPOGRAFICHE
- ALLEGATO "A" - ALLEGATO TECNICO (INDAGINI SVOLTE)
- INDAGINI SISMICHE
- MISURA DELLE VS30 CON IL METODO MASW
- GENERALITÀ INDAGINI SISMICHE
- DESCRIZIONE INDAGINE SISMICA REFRACTION MICROTREMOR (REMI)
- GENERALITÀ SUL METODO REMI
- DESCRIZIONE INDAGINE SISMICA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)
- RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI EFFETTUATA COMBINANDO MASW E REMI
- STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI E RIGIDITÀ SISMICA
- STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI STATICI
- SISMICA IN FORO DOWN-HOLE
- SONDAGGIO DOWN HOLE
- STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI STATICI
- PROVA SISMICA IN FORO - DOWN- HOLE DH S1
- SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO (S1 ED S2)
- IDENTIFICAZIONE DELLE FORMAZIONI PRESENTI E STRATIGRAFIA DEL SITO
- SCHEDA TECNICA DEL SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO (S1)
- REPORT FOTOGRAFICO DEL SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO (S1)
- SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO (S2)
- REPORT FOTOGRAFICO DEL SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO (S2)

- PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (STANDARD PENETRATION TEST)
- SCHEDA TECNICA DELLA PROVA S.P.T. RELATIVA AL SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1
- SCHEDA TECNICA DELLA PROVA S.P.T. RELATIVA AL SONDAGGIO GEOGNOSTICO S2
- TABELLA RIASSUNTIVA E STIMA PARAMETRI GEOTECNICI DELLE PROVE S.P.T. – SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1
- TABELLA RIASSUNTIVA E STIMA PARAMETRI GEOTECNICI DELLE PROVE S.P.T. – SONDAGGIO GEOGNOSTICO S2
- PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPER-PESANTI (DPSH) (P1 E P2)
- INDAGINI E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO  
(C 6.2.2, 7.11.2, NTC DM 14.01.2008 E SUCC. CIRCOLARE 02.02.2009 N. 617 CSLLPP)
- PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA SUPER PESANTE (DPSH)
- RELAZIONI DI CALCOLO PER LE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPER-PESANTI CONTINUE (D.P.S.H.)
- RELAZIONE DI CALCOLO PER LA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA SUPER PESANTE (D.P.S.H.) P1  
PARAMETRI GEOTECNICI MEDI DELLA PROVA P1  
SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1
- RELAZIONE DI CALCOLO PER LA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA SUPER PESANTE (D.P.S.H.) P2.  
PARAMETRI GEOTECNICI MEDI DELLA PROVA P2  
SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P2
- PRELIEVO DI CAMPIONI
- ANALISI DI LABORATORIO
- CONCLUSIONI
- BIBLIOGRAFIA

**Allegati Cartografici:**

- TAVOLA G01- Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche 1/5000
- TAVOLA G02- Carta geologica 1/5000
- TAVOLA G03- Carta geomorfologica 1/5000
- TAVOLA G04- Carta idrogeologica 1/5000
- TAVOLA G05- Profili geologici e geomeccanici (scale varie)
- TAVOLA G06- Sezioni geologiche 1/5000



## **INTRODUZIONE**

Per incarico della Società IN.CO.SE.T. srl - a socio unico, Società di Ingegneria Consulenze e Servizi per l'Ambiente e il Territorio, con sede in via Ernesto Di Marino, 11 - 84013 Cava de' Tirreni (SA), il sottoscritto dott. geologo Gregorio Palumbo, iscritto all'ordine dei geologi della Regione Campania con numero di riferimento 2028, ha redatto la seguente relazione tecnica, inerente le proprietà geologiche e sismiche, dei terreni adiacenti l'area di studio ubicata in via Ferrante Imparato n° 501 – Area ex ICMI. via N. Miraglia e via Traversa Il Macello – Napoli.

Il presente lavoro rappresenta, il risultato di attività di indagini geologiche e geofisiche di ricerca, svolte presso l'area in oggetto, allo scopo di individuare e ricostruire l'assetto stratigrafico dell'area, le proprietà geomeccaniche medie delle litologie presenti nell'area di studio, nonché le caratteristiche sismiche generali dell'area di studio.

Tale relazione è usufruibile come allegato tecnico per la realizzazione di OPERE INFRASTRUTTURALI INTEGRATIVE CONNESSE ALLA CONVENZIONE PER LA REALIZZAZIONE DELL'INSEDIAMENTO PRODUTTIVO IN VIA FERRANTE IMPARATO N° 501 – AREA EX ICMI. VIA N. MIRAGLIA E VIA TRAVERSA II MACELLO – NAPOLI.

## STUDIO GEOLOGICO

La presente indagine mira a ricostruire i lineamenti geomorfologici della zona, ad illustrare la situazione litostratigrafica locale, le caratteristiche idrogeologiche e la sismicità dell'area, la natura dei litotipi, il loro stato di alterazione, i parametri medi dei terreni dell'area di intervento. La realizzazione di una campagna di indagine, inerente la caratterizzazione geologica dei terreni oggetto di studio, ha previsto la seguente fase applicativa:

- *Ricerca bibliografica;*
- *Rilevamento geologico di superficie*
- *Caratterizzazione del sito di intervento*
- *Indagini GEOLOGICHE :*
  - *n° 1 Misura della Vs30 con tecnica M.A.S.W. e Re.Mi. (Refraction Microtremor).*
  - *n° 1 Prova Sismica in foro di tipo "Down-Hole";*
  - *n°2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo fino a 30 mt dal p.c.;*
  - *n° 7 prove S.P.T. in foro di sondaggio (Standard Penetration Test);*
  - *n° 2 Prove Penetrometriche Dinamiche Super-Pesanti (DPSH);*
  - *n° 10 Prelievi di Campioni Indisturbati di terreno;*
  - *n° 6 Analisi di Laboratorio;*

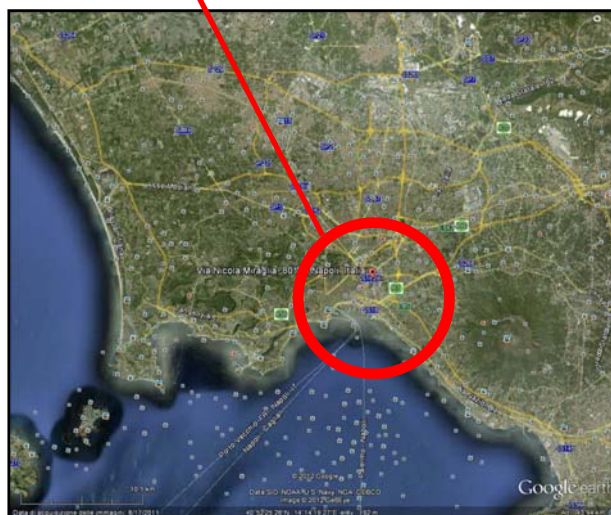
Le indagini geotecniche riportate nel presente documento sono tutte munite di certificazione ministeriale. La Società TECNOGEO s.r.l. è autorizzata dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti alla esecuzione e certificazione di Prove geotecniche "settore C", n° 157 del 19.04.2011.

## AREA DI STUDIO

La quota dell'area di studio è di circa 5 m s.l.m. L'area indicata in **Figura 1**, è ubicata nel comune di Napoli, in **VIA FERRANTE IMPARATO N° 501** ed **AREA EX ICMI - VIA N. MIRAGLIA E VIA TRAVERSA II MACELLO**.

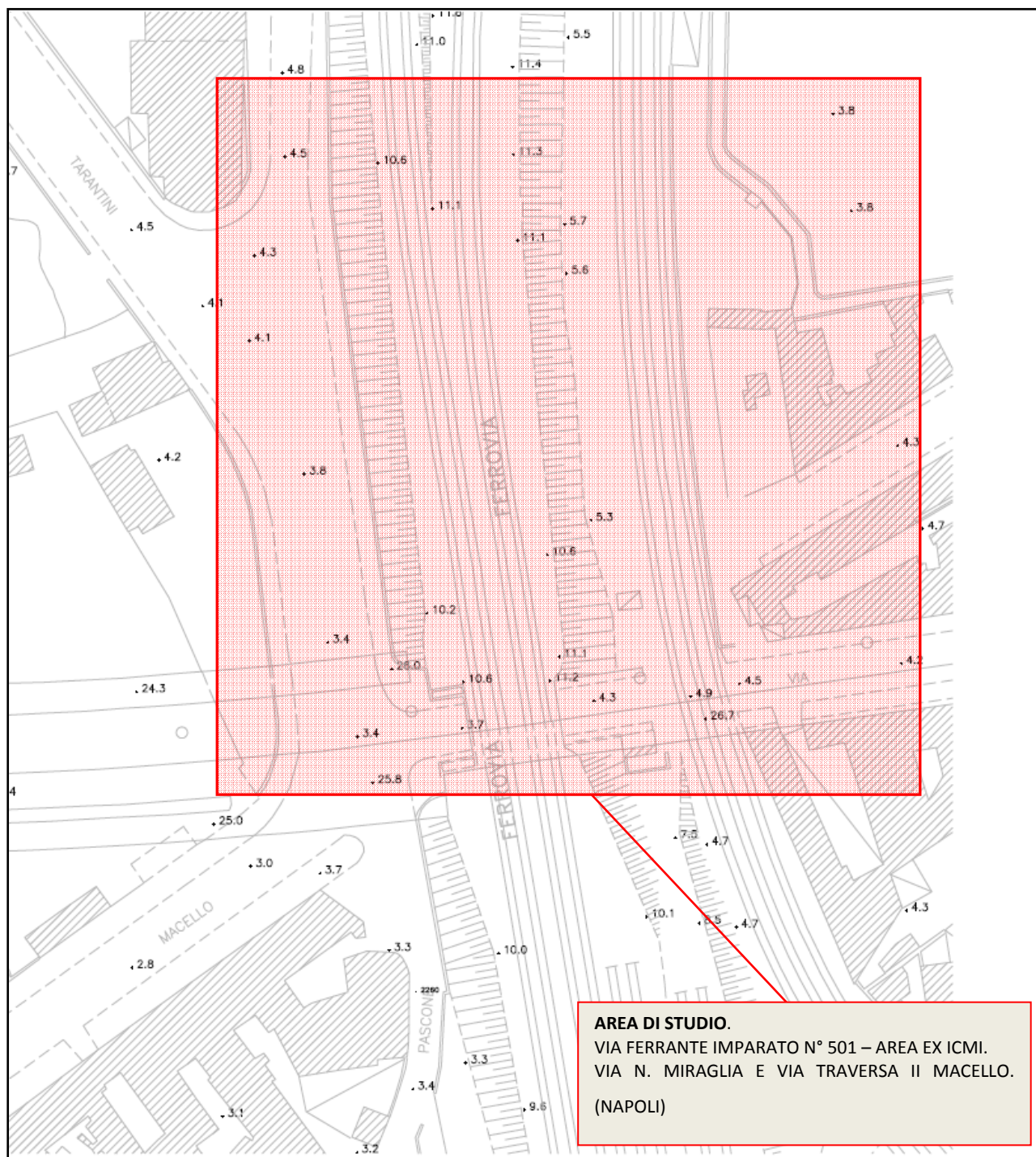


**Figura 1** – Foto di google earth dell'area oggetto d'indagine.





## AEREOFOTOGRAMMETRIA DELL'AREA DI STUDIO.



**Figura 2 – Aerofotogrammetria dell'area di studio - VIA FERRANTE IMPARATO N° 501 ed AREA EX ICMI - VIA N. MIRAGLIA E VIA TRAVERSA II MACELLO.**

## RELAZIONE SULLE INDAGINI

*La parte preliminare del presente lavoro è consistita nella consultazione della bibliografia tecnica specializzata dell'area di intervento, finalizzata alla conoscenza dell'area, sotto il profilo geologico. Il consuntivo dello studio effettuato mostra un quadro della situazione sufficientemente significativo sia sotto il profilo della conoscenza litostratigrafica, nonché delle caratteristiche sismiche generali dell'area di studio. Per l'acquisizione dei dati si è reso necessario un rilevamento dettagliato delle aree, indirizzato principalmente all'individuazione dei litotipi presenti e alla loro caratterizzazione geologico - tecnica. La litologia è posta ben in evidenza dall'osservazione dei dati geologici, cartografici e stratigrafici disponibili in letteratura e che si possono osservare anche in territori limitrofi, che pongono in evidenza una certa continuità orizzontale e verticale delle formazioni geologiche. Infatti la stratigrafia locale è caratterizzata dalla presenza di prodotti piroclastici indifferenziati degli apparati vulcanici dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio. Si sono inoltre raccolti e acquisiti tutti quei dati concernenti il sottosuolo di zone limitrofe. In particolare si è fatto riferimento ad aree che riescono a fornire informazioni generali circa la stratigrafia dei terreni e delle rocce affioranti e con buona approssimazione, di effettuare delle correlazioni stratigrafiche. Pertanto, la quantità di dati disponibili, ricavati in loco, dall'esecuzione di indagini geognostiche, effettuate dallo scrivente, ovvero sondaggi geognostici, prove geomeccaniche in situ, prelievo di campioni indisturbati di terreno e relative prove di laboratorio, unitamente alle prove geofisiche effettuate e ai dati bibliografici geologici, ha consentito una verifica dei dati bibliografici dell'area.*

*Tali litologie presentano caratteristiche macroscopiche omogenee sia dal punto di vista litotecnico che della geometria dei rapporti stratigrafici. Pertanto i dati acquisiti possono ritenersi sufficienti per la caratterizzazione litologico-stratigrafica del sottosuolo.*

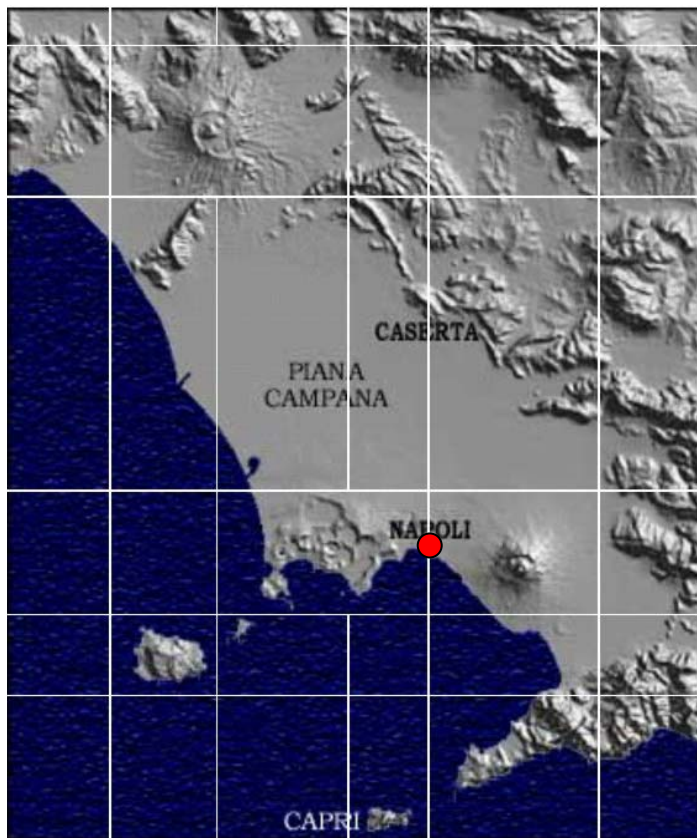
*La presente relazione geologica è stata redatta in conformità con le seguenti normative vigenti in materia geologico-tecnica:*

- *LEGGE 02/02/1974 provvedimenti per le costruzioni con particolare prescrizione per le zone sismiche;*
- *Legge Regione Campania 7 Gennaio 1983 n° 9 "Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico". Testo aggiornato*
- *D.M. 11 Marzo 1998*
- *Decreto Ministeriale 14.01.2008, (Norme Tecniche per le Costruzioni) e s.m.i.*



## INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area di studio è situata nel territorio comunale di Napoli ed occupa una posizione piuttosto centrale nella Piana Campana (fig. 3). Essa fa parte del distretto vulcanico dei Campi Flegrei, corrispondente quindi ad



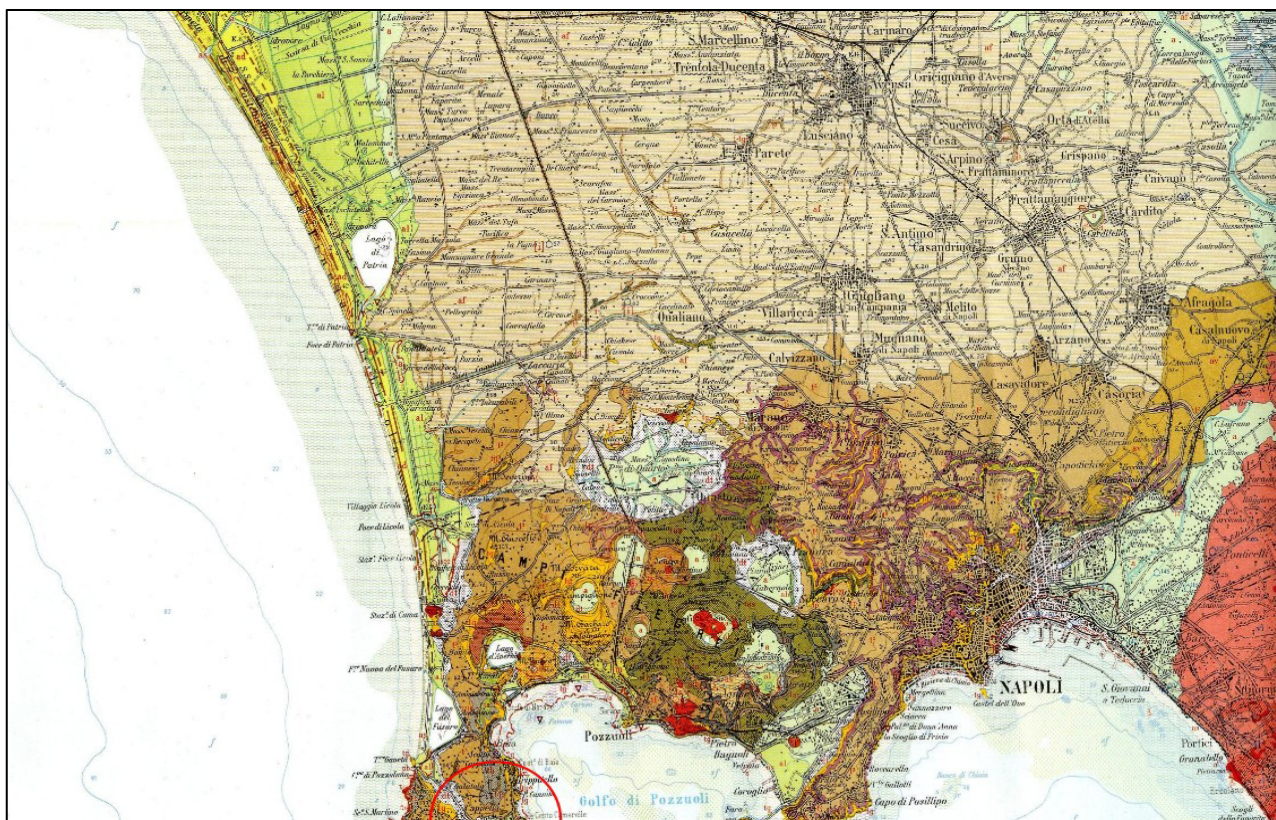
**Figura 3** – Piana Campana (DTM - modello digitale del terreno).

Area di studio ●

un'ampia porzione della fascia flegrea. Rientra nel Foglio 183-184 di Napoli – Isola d'Ischia, della Carta Geologica D'Italia (cfr figura 3). La Piana Campana è una vasta area pianeggiante limitata dai rilievi carbonatici meso - cenozoici dei Monti Aurunci a Nord-Ovest, di Monte Maggiore e Monte Avella a Nord-NE, dei Monti Lattari della Penisola Sorrentina a Sud-Est e dell'apparato vulcanico del Vesuvio a Sud-Est. Da un punto di vista strutturale, la Piana Campana è un graben di età plio - pleistocenica, la cui origine è legata alla formazione del Mar Tirreno, che circa 1.000.000 di anni fa, iniziò ad aprirsi, provocando un assottigliamento ed un relativo allungamento della crosta terrestre, determinati dalla rotazione della penisola italiana in direzione NE-SW. Ciò favorì

l'instaurarsi di agevoli vie di fuga per il magma, determinando lo sviluppo dei vulcani lungo la costa tirrenica. La Piana Campana per estensione, rappresenta la seconda piana italiana, si realizza in un graben peritirrenico di età plio-pleistocenica, interessato durante il Quaternario da un pronunciato sprofondamento. La natura dei prodotti della Piana Campana è stata desunta da dati stratigrafici ottenuti da prospezioni geofisiche e pozzi profondi eseguiti per ricerche geotermiche (misurazione del calore interno della Terra). Da tale analisi è risultata una successione costituita da sedimenti marini, alluvionali e vulcanici, in cui si trovano spesso eteropici, depositi vulcanici ormai sepolti sotto la Piana. Da questi studi è risultata una successione di strati rocciosi, costituiti da sedimenti marini, sedimenti alluvionali (fiumi e laghi), sabbie, argille, arenarie e prodotti vulcanici come tufi, piroclastiti (pozzolana) e colate laviche. È stato possibile, inoltre, stimare il volume dei terreni che colmano la Piana Campana :  $V = 10.000 \text{ Km}^3$  di cui  $5.000 \text{ Km}^3$  sono di origine vulcanica. Nella parte settentrionale sono stati rinvenuti al di sopra del basamento carbonatico rispettivamente: sabbie, argille, arenarie e prodotti vulcanici come ignimbriti, tufi, piroclastici

incoerenti e colate laviche. La presenza, in quest'area, di prodotti vulcanici è riconducibile all'attività dei quattro principali sistemi vulcanici: Roccamonfina nella parte settentrionale, Campi Flegrei, Isola d'Ischia e Somma-Vesuvio. Dall'analisi di tali prodotti vulcanici è risultata una dominanza di rocce a carattere potassico alcalino-trachitico. La formazione vulcanica maggiormente estesa è quella ignimbratica del Tufo Grigio Campano. Esso è composto di pomice e scorie nere incastrate in una matrice cinerea con litici e cristalli subordinati, e talvolta si presenta anche come facies di breccia. L'accumulo della parte più superficiale dei sedimenti (arenarie, argille marine, alluvioni e piroclastici) sarebbe connessa a fenomeni tettonici, vulcanici, sedimentari e climatici che hanno caratterizzato il Quaternario recente. L'origine del vulcanismo campano è strettamente legato alle fasi tettoniche Plio-Pleistoceniche a carattere distensivo che hanno portato allo smembramento del margine occidentale della parte centrale della catena appenninica ed alla creazione della depressione della Piana Campana. Infatti durante la formazione della Piana Campana si sono create le condizioni per la formazione e per la risalita dei magmi che hanno alimentato l'attività eruttiva dei vulcani campani. Nella Piana Campana si rinvencono tre aree vulcaniche principali: il vulcano di Roccamonfina, il Distretto Vulcanico Flegreo (che comprende Napoli, i Campi Flegrei e le isole di Ischia e Procida), ed il complesso vulcanico del Somma-Vesuvio. Dall'analisi di tali prodotti vulcanici è risultata una dominanza di rocce a carattere potassico alcalino-trachitico. La formazione vulcanica maggiormente estesa è quella ignimbratica del Tufo Grigio Campano. Esso è composto di pomice e scorie nere incastrate in una matrice cinerea con litici e cristalli subordinati, e talvolta si presenta anche come facies di breccia. La stratigrafia locale è caratterizzata dalla presenza di una formazione ignimbratica del Tufo Grigio Campano, ascrivita al Primo periodo flegreo (39.000 B.p.). Sovrapposta ad essa si rinvencono termini piroclastici, ovvero : piroclastiti sciolte, alcalino - potassiche, in facies di pozzolane con alternanze di lapilli e pomici, sovente alterate ed humificate, indicative della presenza di paleosuoli e, riconducibili al Secondo periodo flegreo (12.000 B.p, NYT). La successione piroclastica si conclude verso l'alto con i prodotti ascrivibili al Terzo periodo flegreo, che hanno contribuito a modellare ulteriormente l'area. Detto materiale risulta definibile in vari strati cromaticamente differenziati e con composizione granulometrica variabile tra sabbia e limo, contenente in varia misura pomici di differente diametro. Esso forma una copertura dallo spessore variabile da zona a zona della Piana Campana. I processi minerogenetici post-deposizionali hanno interessato quasi tutti questi materiali, in particolar modo quelli incoerenti, ed hanno portato alla formazione di minerali argillosi (halloysite).



**Figura 4** – Carta geologica dell'area di studio dal foglio 183-184 NAPOLI-ISOLA D'ISCHIA, scala 1:100.000, della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA.

## **IDENTIFICAZIONE DELLE STRUTTURE E DEI CARATTERI FISICI DEL SOTTOSUOLO**

### **INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA DI STUDIO**

La zona oggetto di studio è situata nel territorio comunale di Napoli, ed è individuabile nel Foglio 184 della Carta Geologica D'Italia. L'area in esame risulta correlabile con lo schema geolitologico e litostratigrafico generale dei Campi Flegrei.

La stratigrafia locale è caratterizzata dalla presenza di prodotti piroclastici indifferenziati provenienti da vari centri eruttivi flegrei. Una sezione tipo prevede dall'alto verso il basso:

- cineriti recenti del Somma-Vesuvio;
- prodotti del III° periodo flegreo eruttati dai vulcani di Agnano, Solfatara, Montagna Spaccata, Pisani, Cigliano, Astroni ed Averno 5/6.000 anni fa, rappresentati da ceneri con pomici e lapilli con intercalazioni di livelli humificati. L'attività di tali vulcani è proseguita nel tempo, fino all'eruzione storica del Monte Nuovo (1538);
- Pomici e subordinatamente frammenti litici immersi in una matrice cineritica (piroclastiti del 2° periodo flegreo). Tali prodotti si rinvencono in gran parte del territorio in facies litoide per un processo di zeolitizzazione (TUFO GIALLO NAPOLETANO): costituiscono tra l'altro l'ossatura dei principali rilievi flegrei tra essi la Collina dei Camaldoli. Verso settentrione, grosso modo, il tufo

passa a materiali in facies incoerente (“pozzolana”). La potenza massima è di poco superiore ai 100 mt, l’età di messa in posto risale a circa 12.000 anni.

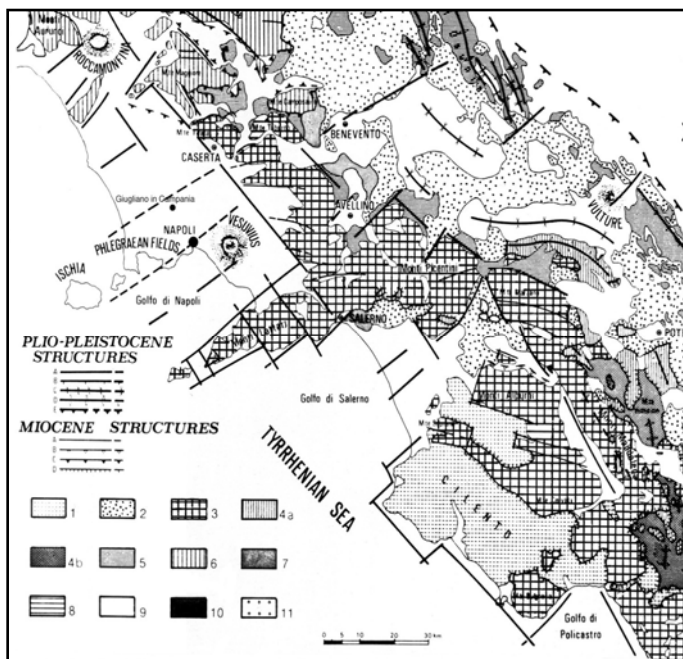
- prodotti del I° periodo flegreo messi in posto dalla grande eruzione ignimbratica risalente a circa 35.000 anni fa, costituiti da tufo grigio campano e sua facies gialla e/o verde.

Detto materiale risulta definibile in vari strati cromaticamente differenziati e con composizione granulometrica variabile tra sabbia e limo, contenente in varia misura pomici di differente diametro. Esso forma una copertura dallo spessore variabile da zona a zona della Piana Campana. I processi minerogenetici post-deposizionali hanno interessato quasi tutti questi materiali, in particolar modo quelli incoerenti, ed hanno portato alla formazione di minerali argillosi (halloysite). I prodotti vulcanici presenti nel sottosuolo di Napoli sono caratterizzati principalmente da rocce con un’alta percentuale di potassio (K; rocce alcalino-trachitiche).



## ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DELLA PIANA CAMPANA

**Figura 5** – Strutture tettoniche appennino centro-meridionale (Brancaccio et al. 1984).



Gli Appennini meridionali sono una catena montuosa costituita dalla sovrapposizione di falde continentali a vergenza orientale e nord-orientale. A seguito del sollevamento della parte centrale della catena, avvenuto a partire dal Pliocene superiore, e dello smembramento del suo margine occidentale, dovuto alle intense fasi tettoniche a carattere distensivo connesse con l'apertura del Mar Tirreno, si è formata la vasta depressione della Piana Campana (Ippolito et al., 1973; D'Argenio et al., 1973). Questa, a sua volta suddivisa in una serie di horst e graben a direzione NE-SW, è

delimitata da faglie dirette e verticali orientate in direzione NE-SW e NW-SE (vedi carta geologico-strutturale della Campania). Il campo di stress regionale cui si deve la formazione della Piana Campana, ha altresì determinato le condizioni per la formazione e per la risalita dei magmi ad affinità alcalino-potassica che hanno alimentato l'attività eruttiva quaternaria dei vulcani campani. Nella Piana Campana si possono distinguere tre aree vulcaniche principali: il vulcano di Roccamonfina, il Distretto Vulcanico Flegreo e il Somma-Vesuvio. Il Roccamonfina è un apparato vulcanico la cui attività è terminata circa 50.000 anni fa (De Rita e Giordano, 1996).

## CENNI SULLE CARATTERISTICHE PETROGRAFICHE E MINERALI DEI PRODOTTI

Il carattere prevalentemente esplosivo delle manifestazioni vulcaniche che hanno generato le piroclastiti flegree è evidenziato dai rapporti percentuali fra i vari litotipi: pomice 52%, scorie 30%, lave 10%, ossidiane 8%. Lo spettro petrografico delle piroclastiti flegree varia tra i termini k-basalti 3%, trachibasalti 8%, latiti 10%, trachiti alcaline 45%, fonoliti 7%. Come si evince, la più alta percentuale è riservata a termini lavici decisamente evoluti cioè trachiti e trachiti alcaline. Da numerose analisi (Di Girolamo et al. 1983), si evince che le pozzolane abbondano di silicati, infatti questi superano quasi sempre il 55% in volume degli ossidi presenti. Tale carattere acido delle piroclastiti determina una migliore idraulicità per esse, cioè in impasti con idrato di calcio si realizza un silicato calcifero che consente alla malta di possedere una buona

consistenza lapidea. A parte l'impiego diretto per la confezione delle malte idrauliche, le pozzolane vengono impiegate per la preparazione di cementi pozzolanici.

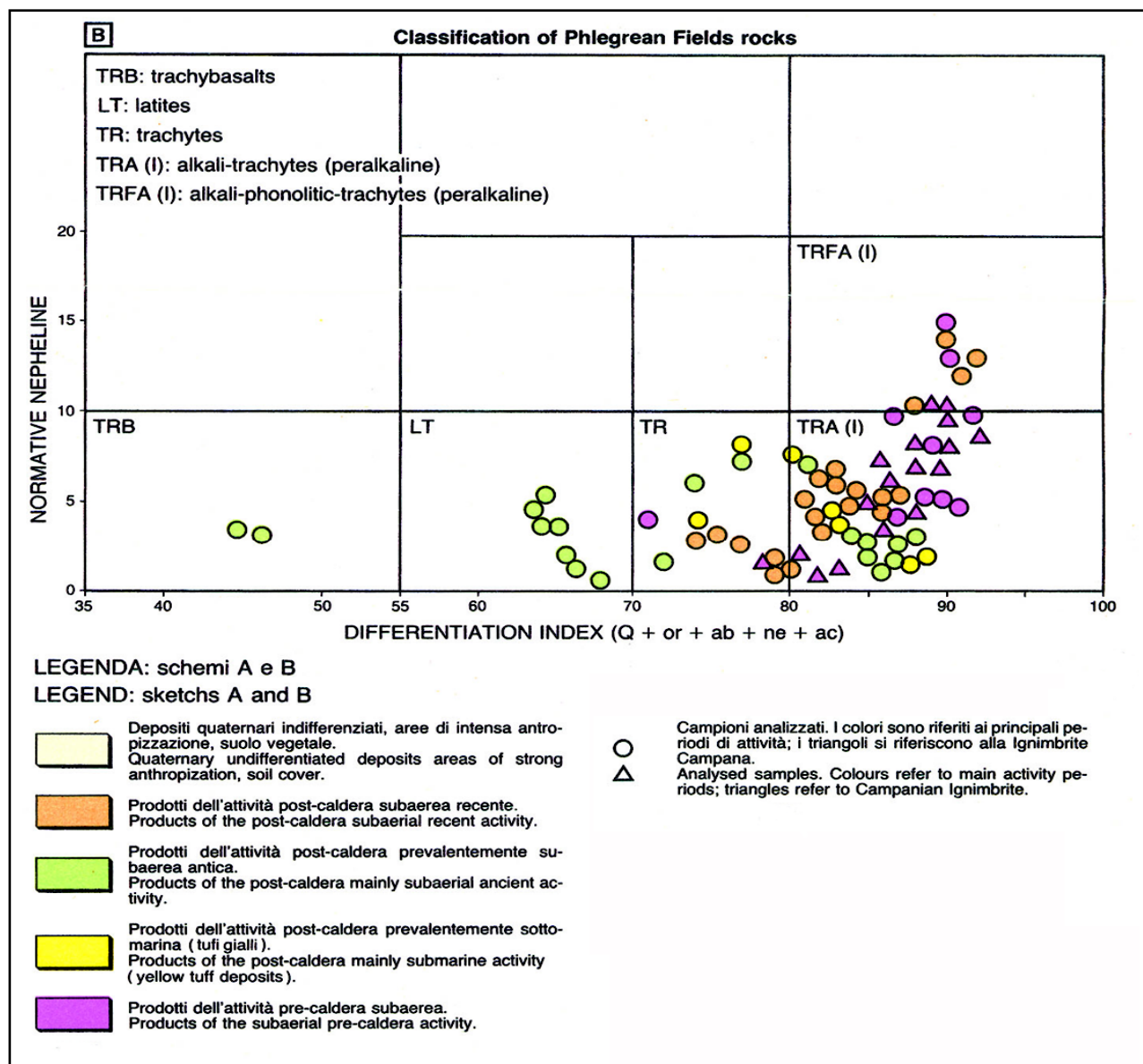


Figura 6- Classificazione petrografica dei prodotti dei Campi Flegrei (Rosi & Sbrana 1987).

## STORIA VULCANOLOGICA

I Campi Flegrei sono una caldera complessa e risorgente formatasi in seguito a due principali episodi di sprofondamento avvenuti durante le eruzioni dell'Ignimbrite Campana (37.000 a. b.p.) e del Tufo Giallo Napoletano (12.000 a. b.p.). L'età di inizio del vulcanismo nell'area Flegrea non è nota. I prodotti vulcanici più antichi in affioramento hanno un'età di 60.000 a. b.p.. All'interno della caldera più recente, negli ultimi 12.000 anni si sono verificate non meno di 60 eruzioni, l'ultima delle quali è avvenuta nel 1538 e ha formato il cono del Monte Nuovo. Il fondo di questa caldera, per effetto di un fenomeno di risorgenza, si è sollevato e ha raggiunto valori totali massimi di almeno 90 m nella sua parte centrale, costituita dal terrazzo marino de La Starza. Sollevamenti del suolo si sono avuti durante i recenti eventi bradisismici del 1969-72 (170 cm), 1982-84 (180 cm), 1989 (7 cm), 1994 (<1cm), e 2000 (4 cm).

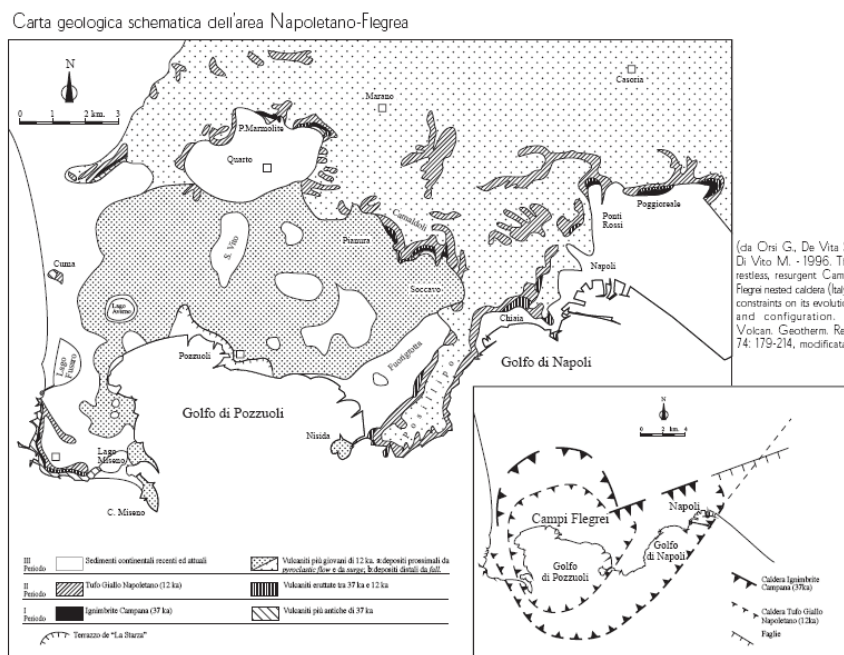


Figura 7 - Carta geologica schematica.

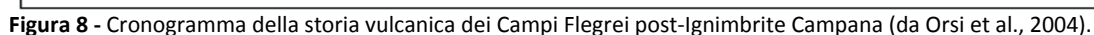
Il sistema magmatico di alimentazione è costituito da una camera superficiale (verosimilmente alla profondità di circa 4 km) e da zone più profonde (tra 10 e 15 km) di stoccaggio di magmi meno evoluti. Entrambe le parti del complesso sistema vengono periodicamente rialimentate da nuovi magmi. La camera superficiale viene rialimentata da magmi che risalgono dalle zone di stoccaggio profonde. Il vulcanismo più recente dell'eruzione del Tufo Giallo Napoletano è stato molto intenso e concentrato in tre epoche di attività, intercalate a periodi di quiescenza. Le eruzioni sono state per la maggior parte esplosive, di magnitudo variabile, e quasi tutte caratterizzate dall'alternanza di esplosioni magmatiche e freatomagmatiche. Le eruzioni più violente sono state quelle delle Pomici Principali, (10.700 a. b.p.) e di

Agnano-Monte Spina (4.100 a. b.p.). I depositi di queste eruzioni, entrambe pliniane, hanno coperto una vasta area che dai Campi Flegrei arriva fino ai Monti di Avella. Sono distinguibili 3 epoche di attività:

- I) durata da 12.000 a 9.500 a. b.p, ebbero luogo 34 eruzioni esplosive, con una media di una eruzione ogni 70 anni.
- II) durata da 8.600 a 8.200 a. b.p, ebbero luogo 6 eruzioni esplosive, con una media di una eruzione ogni 65 anni.
- III) durata 4.800 e 3.800 a. b.p, ebbero luogo 16 eruzioni esplosive, con una media di una eruzione ogni 40 anni.

Tra il II ed il III si è avuto un periodo di pausa di circa 3500 anni. L'ultima eruzione è avvenuta nel settembre del 1538, dopo un periodo di quiescenza durato circa 3.000 anni. I centri eruttivi erano concentrati all'interno del settore nord-orientale della caldera del Tufo Giallo Napoletano, con l'eccezione delle eruzioni di Averno (3.700 a. b.p.). Benché l'eruzione del Tufo Giallo Napoletano con relativo collasso calderico sia stato l'ultimo evento che ha significativamente modificato le condizioni del sistema, l'attuale campo di sforzi è quello instauratosi circa 5.000 a. b.p.. Pertanto, per la definizione della pericolosità vulcanica della caldera dei Campi Flegrei è opportuno avere come riferimento il suo comportamento negli ultimi 5.000 anni e il suo stato attuale. Pertanto sulla base della dinamica della deformazione, si possono individuare due aree in cui un nuovo centro eruttivo potrebbe attivarsi: l'area a più alta probabilità è quella compresa tra le piane di Agnano e San Vito, meno probabile ma non certo da escludere l'area Averno-Monte Nuovo. In base alla ricostruzione della dinamica delle eruzioni di media magnitudo, si può ipotizzare che la futura eruzione esplosiva sarà caratterizzata da alternanza di fasi magmatiche e freatomagmatiche. I principali effetti di un'eruzione di questo tipo saranno caduta di particelle e scorrimento al suolo di flussi piroclastici diluiti e turbolenti. Particelle cadranno al suolo dalla parte alta della colonna eruttiva che raggiungerà altezze dell'ordine della decina di chilometri e sarà spinta dai venti. La porzione delle aree che saranno interessate da caduta di particelle non può essere definita in anticipo in quanto dipenderà dalla direzione e dall'intensità del vento alla quota raggiunta dalla colonna. I flussi piroclastici più energetici, condizioni morfologiche favorevoli, riusciranno a sormontare le scarpate che bordano la depressione. Tali condizioni si verificano lungo il versante occidentale della collina del Vomero. Esse potrebbero permettere ai flussi di raggiungere il versante settentrionale della collina dei Camaldoli, la zona Vomero-Arenella della città di Napoli, i comuni di Marano e Quarto, e le porzioni settentrionali dei comuni di Pozzuoli e Bacoli.





## IDROGEOLOGIA DELLA PIANA CAMPANA

Dal punto di vista idrogeologico, la Campania può essere suddivisa in tre fasce ad orientamento appenninico (Celico, 1983):

- la *fascia costiera*, ad esclusione del Cilento, comprende i distretti vulcanici e le grandi piane: vi affiorano essenzialmente depositi quaternari piroclastici ed alluvionali il cui grado di permeabilità è molto variabile in relazione alla granulometria; gli acquiferi, generalmente molto produttivi ma facilmente inquinabili, sono interessati da una circolazione idrica sotterranea a più falde sovrapposte e sono alimentati non solo dalle acque di infiltrazione diretta ma anche dagli apporti degli adiacenti massicci carbonatici;

- la *fascia intermedia* è costituita dai massicci carbonatici, molto permeabili per fessurazione e carsismo. La circolazione idrica interessa soprattutto la parte basale degli acquiferi, anch'essi ad elevata potenzialità e produttività. Le acque sotterranee emergono generalmente concentrate in importanti sorgenti, le cui portate oscillano tra alcune centinaia ed alcune migliaia di litri al secondo. Gli acquiferi risultano ben protetti dai fenomeni di inquinamento, soprattutto per la pressoché totale assenza in loco di attività antropiche altamente inquinanti e per la notevole profondità della falda (anche diverse centinaia di metri dal piano campagna);

- la *fascia interna* e la zona costiera del Cilento sono costituite soprattutto da depositi argilloso-marnoso-arenacei, poco permeabili, che esplicano un importante ruolo di tamponamento sulla circolazione idrica dei massicci carbonatici. Le loro falde idriche, di entità modesta, trovano una utilizzazione esclusivamente locale.

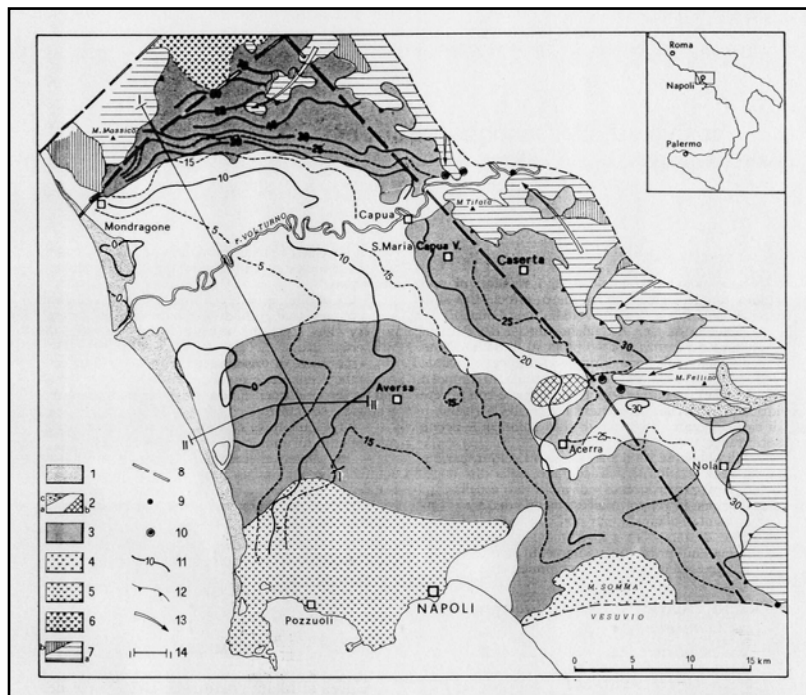
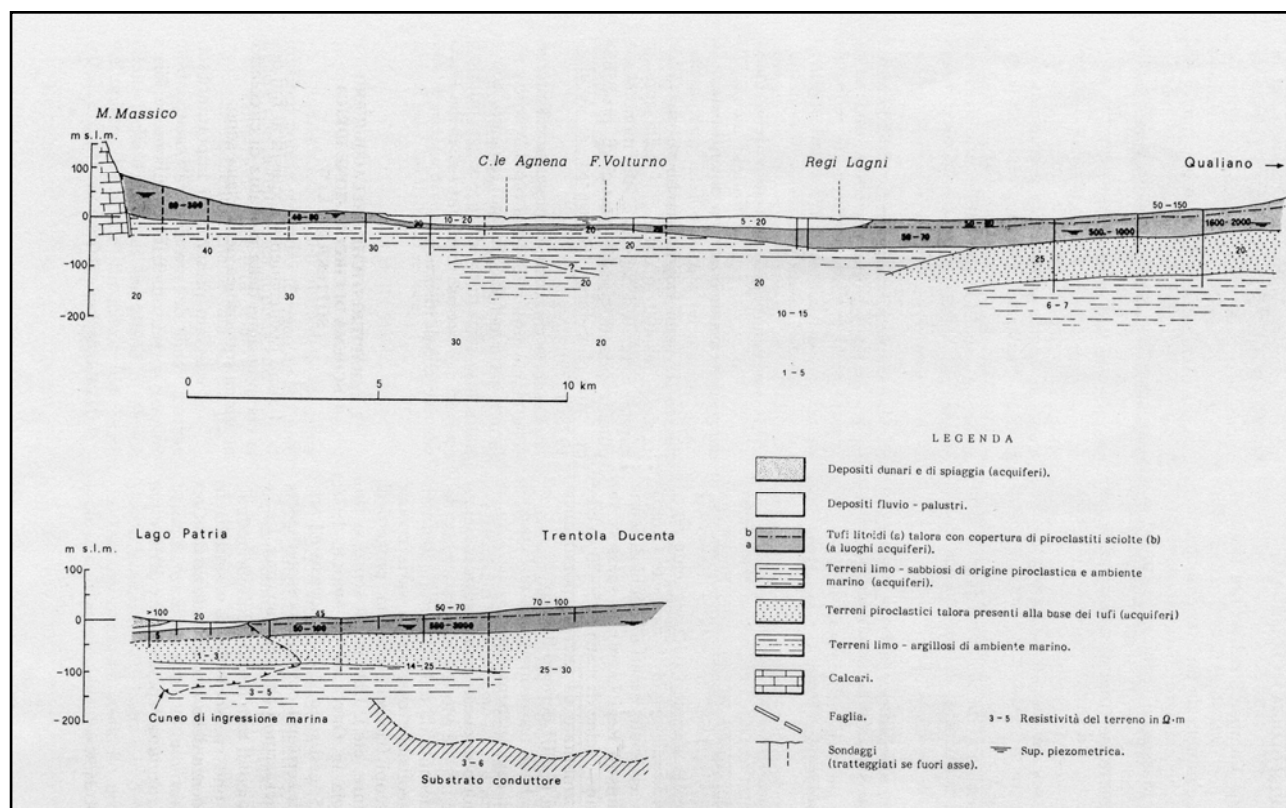


Figura 9 - Schema idrogeologico della Piana Campana (estratto da Corniello et al.,

### LEGENDA di Figura 9:

1) Depositi sabbiosi e limo-sabbiosi dunari e di spiaggia 2) Depositi limoso-sabbioso-torbosi fluvio-palustri (a); banchi di travertino (b); detrito di falda (c). 3) Tufi litoidi talora sovrastati da spessori di piroclastiti sciolte. 4) Colate laviche sepolte da potenti spessori piroclastici. 5) Unità tufacee dei Campi Flegrei con a tetto materiali pozzolanici s.l. 6) Prodotti lavici e piroclastici del Roccamonfina. 7) Calcari e calcari dolomitici mesozoici (a); terreni argilloso-arenacei miocenici (b). 8) Discontinuità tettoniche regionali. 9) Sorgenti ( $Q > 100 \text{ Vs}$ ). 10) Sorgenti minerali. 11) Isopiezometriche (marzo/aprile 1988) e quote in m s.l.m. 12) Travasi sotterranei dai massicci carbonatici. 13) Direzione e verso di flusso delle falde di base. 14) Tracce di sezione.

Considerando l'area in esame, per gli scopi del presente studio interessa principalmente la ricostruzione dei rapporti idrogeologici della Piana Campana con i massicci carbonatici circostanti in primo luogo e con gli edifici vulcanici in subordine. Ad eccezione del M. Massico che, essendo tamponato da depositi argilloso-marnoso-arenacei lungo i bordi orientale e sud-occidentale, alimenta quasi totalmente la circolazione idrica sotterranea della Piana del Garigliano, i rilievi carbonatici descritti in precedenza (parr. 3.2-3.3) alimentano per apporto laterale la Piana Campana, in misura maggiore o minore. Particolarmente interessante è l'apporto del Monte Maggiore, dei Monti Tifatini, del Matese e dei Monti di Durazzano.



**Figura 10** - Sezioni geologiche, le tracce sono nella precedente figura (estratto da Corniello et Al., 1988).

Per quanto concerne le unità vulcaniche, considerando le modalità di circolazione idrica sotterranea che tipicamente si realizzano in esse, con le direzioni di flusso ad andamento radiale e centrifugo rispetto agli edifici centrali, e tenendo presente l'ubicazione delle tre strutture (Roccamonfina a NO, Campi Flegrei a SO e Somma-Vesuvio a SE) rispetto alla Piana Campana, ci si aspetterebbe un notevole recapito verso quest'ultima. In realtà, la situazione è complicata dalla presenza di spartiacque sotterranei e dai rapporti stratigrafico-strutturali di dette strutture con i massicci carbonatici. Il risultato è che il Roccamonfina alimenta prevalentemente le piane del Garigliano e di Riardo ed il fiume Savone, invece il Somma-Vesuvio ha come recapiti principali le piane del Sarno e del Sebeto, nonché il tratto di costa compreso tra Castellammare di Stabia e Portici, e solo i Campi Flegrei forniscono un certo contributo alla Piana Campana.

Il deflusso che vi si realizza possiede un verso prevalente verso mare, di direzione antiappenninica (da NE verso SO), a conferma del contributo principale fornito dai massicci carbonatici, ma non mancano deflussi secondari con direzioni localmente diverse (si consideri appunto l'apporto fornito da sud dai Campi Flegrei) che a scala più estesa rimangono coerenti con la predetta direzione appenninica. Dalla letteratura specialistica disponibile si ricostruisce uno schema idrodinamico sotterraneo basato su due acquiferi sovrapposti separati dal livello di Ignimbrite Campana, che a seconda del suo spessore e della sua integrità litica conferisce caratteristiche generali di confinamento, ed a luoghi caratteristiche di semiconfinamento (zona di Acerra), o non confinamento (basso Volturno, Marigliano, fosso Volla) all'acquifero inferiore, che è anche l'acquifero principale. L'acquifero superiore, di modesta potenzialità, è a superficie libera. La base del complesso idrogeologico si situa in profondità al confine tra depositi continentali e depositi marini. Le caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero principale sono state sintetizzate da Corniello et al in un lavoro del 1990 e possono essere così riassunte:

- la trasmissività media è dell'ordine di  $1 \cdot 10^{-2} \div 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$  con massimi nella zona di Acerra ( $1 \cdot 10^{-1}$ ) e minimi a ridosso del fiume Volturno e nel settore costiero ( $1 \cdot 10^{-4}$  fino a  $2 \cdot 10^{-5}$ );
- i dati del coefficiente di immagazzinamento confermano le condizioni di confinamento della falda ( $S = 1 \cdot 10^{-3} \div 1 \cdot 10^{-4}$   $\text{m}^2/\text{s}$ );
- la falda riceve alimentazione dai massicci carbonatici periferici ed ha una direzione di deflusso media verso il mare; viene a giorno solo localmente in corrispondenza di manifestazioni sorgentizie nei pressi del lago Patria e nelle depressioni "retroduna" ove tuttavia la piezometrica viene depressa da impianti idrovori e canalizzazioni;
- la velocità di deflusso della falda è generalmente bassa; il dislivello totale (30 – 35 metri) fra zone di alimentazione (zone pedemontane) ed il recapito ultimo (mare) è modesto;
- resta da approfondire la connessione idrogeologica tra la Piana e gli edifici vulcanici del Somma – Vesuvio e dei Campi Flegrei;
- esiste una zona di drenaggio preferenziale sotterraneo, in corrispondenza della depressione del Sebeto (fosso Volla, E di Napoli) ed uno spartiacque sotterraneo nella direzione Cancellò – Casoria – Napoli;
- non appaiono ancora ben chiari i rapporti fra deflusso sotterraneo e idrografia superficiale.

L'acquifero libero della Piana Campana è stato caratterizzato, per i primi 100 metri di spessore, da Ortolani & Aprile (1985) in base a dati di varia provenienza (ENEL, SAMET, AGIP) e tenendo conto anche di lavori precedenti. La superficie piezometrica della falda libera ha andamento analogo a quella dell'acquifero in pressione, individuando zone di alimentazione e spartiacque sotterranei coincidenti. In base al disegno piezometrico gli Autori ipotizzano che la falda della Piana sia anche alimentata da flussi provenienti dalle zone flegrea e vesuviana. Complessivamente la Piana Campana riceve dalle altre unità, tra alimentazione per

infiltrazione diretta e per apporto laterale (Celico, 1983), circa 300.000 m<sup>3</sup>/anno. Per alcune aree limitate della Piana Campana sono state approntate Carte della Vulnerabilità e del Rischio all'inquinamento delle acque sotterranee. Tali carte sono state ottenute con metodologie diverse. In un recente lavoro (1999), Corniello et alii hanno realizzato una carta della vulnerabilità di sintesi, che riassume i dati delle carte sopra accennate per la provincia di Napoli. La Piana Campana si estende fra Mondragone e la città di Napoli, Acerra e Nola, risultando delimitata da una serie di strutture idrogeologiche contigue: a nord è bordata dal Monte Massico e dal Distretto vulcanico di Roccamonfina, ad est dai rilievi carbonatici di Monte Maggiore, Monti Tifatini, Monti di Durazzano e di Avella e a sud dai Distretti vulcanici Flegreo e del Somma-Vesuvio. È caratterizzata dalla presenza di falde superficiali e profonde, queste ultime localizzate in lenti permeabili costituite per lo più da materiali piroclastici granulari. La falda principale è localizzata in unità piroclastica potente da 100 a 150 metri, sottostante il "tufo grigio campano" che, localmente, può esercitare una funzione di semiconfinamento. La piovosità annua nell'area è di 964 mm/anno, cui vanno sottratti, nel calcolo del bilancio idrologico, circa 649 mm/anno imputabili all'evapotraspirazione; da ciò ne risulta che l'infiltrazione è pari a 315 mm/anno, che rappresenta un valore molto elevato in quanto essendo la zona completamente pianeggiante risulta pressoché assente il ruscellamento superficiale. I travasi dalle strutture idrogeologiche adiacenti sono pari a 70 milioni di m<sup>3</sup>/anno, dei quali 13,8 dal settore settentrionale, 55 dal settore orientale e soltanto 3 da quello meridionale, infine fra tutti i corsi d'acqua che solcano la piana, soltanto il torrente Savone alimenta la falda con un modesto contributo di circa 1 milione di m<sup>3</sup>/anno. Per contro le perdite sono indirizzate verso la Piana del Sarno con circa 24 milioni di m<sup>3</sup>/anno, mentre non sono accertate quelle verso il Vesuvio; quasi tutti i fiumi che solcano la piana drenano la falda per circa 48 milioni di m<sup>3</sup>/anno ed infine le perdite a mare ammontano a circa 5 milioni di m<sup>3</sup>/anno. Per quanto riguarda i prelievi stime recenti indicano un prelievo totale pari a 340 milioni di m<sup>3</sup>/anno, di cui 334 per uso irriguo, non sono noti i dati relativi ai prelievi per uso idropotabile, ma per rendere conto della loro entità, basta indicare che il solo campo pozzi di Lufrano preleva una portata di 3 m<sup>3</sup>/sec, pari a 100 milioni di m<sup>3</sup>/anno. Questi dati, evidentemente rilevanti indurrebbero a concludere che le disponibilità ancora esistenti sono modeste.

#### **LINEAMENTI DI CIRCOLAZIONE IDRICA**

La circolazione idrica sotterranea è caratterizzata dalla presenza di falde sovrapposte a più livelli, con superfici piezometriche intercettate a varie profondità. La circolazione idrica sotterranea nell'area oggetto di studio si inserisce nello schema idrologico dell'area flegrea s.l., il cui involucro è legato alle complesse condizioni stratigrafiche venutesi a determinare dal susseguirsi di numerosi eventi esplosivi.



In generale, sono individuabili tre complessi idrogeologici, ciascuno con proprie caratteristiche di permeabilità:

- **COMPLESSO PIROCLASTITI E DEI DETRITI ALLUVIONALI INCOERENTI**

*Questi terreni hanno una permeabilità per porosità medio bassa per la presenza di una considerevole componente cineritica.*

- **COMPLESSO DEI TUFI**

*E' costituito dalle varie formazioni tufacee (tufo grigio e tufo giallo) con grado di permeabilità più basso rispetto ai prodotti incoerenti. Questi terreni sono permeabili per porosità e per fessurazione.*

- **COMPLESSO DELLE LAVE E DELLE SCORIE**

*Questi litotipi, presenti in profondità in tutta l'area flegrea, sono caratterizzati da una buona permeabilità per fessurazione e per porosità.*

Lo schema di circolazione idrica sotterraneo é quello a falde sovrapposte, derivante appunto dal susseguirsi in profondità di litotipi a diverso grado di permeabilità. In pratica, i livelli divisori delle falde non sono dei veri e propri setti impermeabili per cui si può far riferimento ad un'unica falda con piezometrica coincidente con la falda sovrastante, alimentata dalla stessa sorgente. Da uno studio idrogeologico di dettaglio (Celico et al. 1991) é stato evidenziato che la falda raggiunge il suo massimo livello (26 mt. s.l.m.m.) presso la zona Marano - Giugliano in Campania (Na), e si mantiene su livelli alti lungo tutto il tratto che si estende da Marano fino all'isopiezometrica di 21 mt. s.l.m.m. A partire da questo promontorio freatico l'acqua fluisce radialmente verso N-W e verso W (bonifica di Agnano).

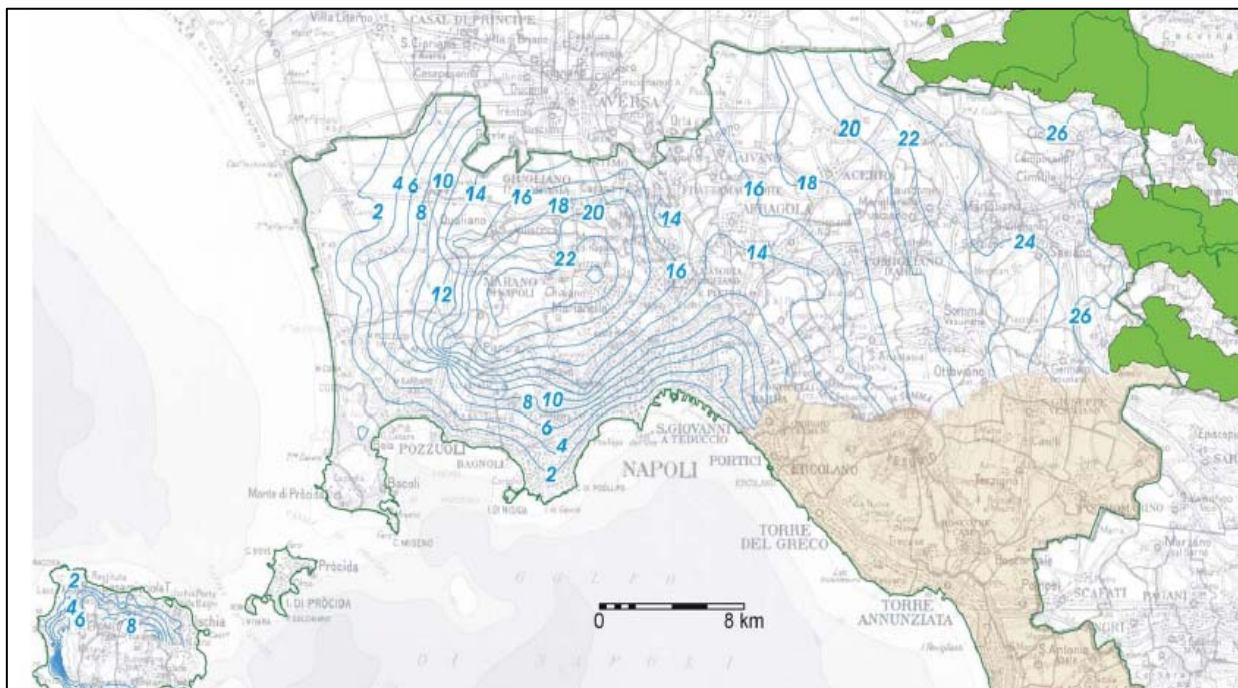


Figura 11 – Andamento delle isopiezometriche per l'area di studio.

## **CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE GENERALI**

Tenendo conto dei principali parametri idrogeologici generali, dell'area napoletana, i depositi possono essere raggruppati in un unico complesso di materiali piroclastici ed alluvionali, con grado di permeabilità relativo comune, in generale, basso, tranne per qualche livello. Esso riunisce, prodotti tufacei generalmente compatti e scarsamente fratturati, brecce ed elementi lavici e scoriacei, cineriti con pomici e xenoliti lavici, paleosuoli più o meno cementati, livelli di pomici e lapilli. I tufi sono dotati di una scarsa permeabilità per porosità e per fessurazione che si esplica soltanto laddove tali depositi affiorano senza la copertura dei materiali sovrastanti; le piroclastiti sciolte (pozzolane) mostrano un grado di permeabilità molto variabile sia arealmente che verticalmente a causa delle frequenti variazioni di granulometria, cementazione e giacitura. Comunque il grado di permeabilità relativo di questi ultimi depositi è generalmente bassissimo nelle cineriti e nei materiali a matrice cineritici, ma diviene elevato nei banchi, tasche e livelli di pomici e lapilli e di brecce laviche. Pertanto il grado di permeabilità complessivo è basso, con orizzonti a media e alta permeabilità. Il fattore più importante dal punto di vista idrogeologico, è la presenza, al di sotto della coltre dei materiali vulcanici, di una potente pila di materiali clastici, che funge da livello impermeabile. Le varie falde esistenti nel sottosuolo, le quali presentano una concentrazione particolare immediatamente al di sotto del tufo grigio campano, sono state interpretate come appartenenti ad un'unica falda con direzione est-ovest nella zona a sud dei Regi Lagni e nord ovest-sud est nella zona orientale della città di Napoli. Per quanto attiene ai caratteri climatologici si ricorda che nell'area di studio l'intensità delle precipitazioni, come si rileva dalla letteratura, è sostanzialmente bassa nel semestre estivo, con minimi in luglio ed agosto e sostanzialmente media nel semestre invernale con massimi in novembre e dicembre; inoltre il territorio in esame ricade interamente tra le isoiete 900-1000 mm. Le temperature medie annuali si mantengono costantemente al di sopra di 15°. I valori di evapotraspirazione, dedotti con la formula di L. Turc, risultano compresi tra il 60% ed il 70% delle precipitazioni medie annue espresse in mm.

## **IDROGEOLOGIA DELL'AREA DI NAPOLI**

Per quanto attiene alla circolazione idrica delle acque sotterranee, si può affermare che a meno di falde idriche sospese di minore importanza, nel sottosuolo dell'area urbana di Napoli possono distinguersi due sistemi idrogeologici principali. Il sistema idrogeologico occidentale è alimentato dalle alture collinari dei Camaldoli, del Vomero, di Capodimonte e dai rilievi vulcanici posti a N-NO del centro abitato e risulta caratterizzato da linee di deflusso sotterraneo con andamento all'incirca NO-SE e quote della falda comprese tra oltre 15 m s.l.m. in corrispondenza della Reggia di Capodimonte e 1 m s.l.m. in corrispondenza della Riviera di Chiaia-Via Caracciolo. Il sistema idrogeologico orientale è invece alimentato dalle estreme propaggini occidentali del Somma-Vesuvio e dalla piana vesuviana, con linee di deflusso sotterraneo che

ricalcano all'incirca l'andamento dell'antico alveo del Fiume Sebeto (oggi quasi praticamente scomparso) con quote della falda comprese mediamente tra 14-16 m s.l.m.m in corrispondenza di S. Arpino-Ponticelli e 1 m s.l.m.m in corrispondenza del Centro Direzionale.

## AREA URBANA DI NAPOLI

L'area urbana può essere suddivisa in cinque zone:

### Zona orientale (cfr fig. 12, n. 5 e 6)

Si estende dalla Stazione Centrale-Poggioreale, fino alle falde del Somma-Vesuvio e comprende una vasta area depressa, in cui insistono, numerosi insediamenti industriali e raffinerie. L'area in esame è sub pianeggiante, con la superficie del suolo che dal livello del mare, raggiunge quote di 10-15 metri al raccordo con le aree sollevate del Somma-Vesuvio a SE, e di Capodimonte-Capodichino a N; è costituita prevalentemente, in superficie, da sedimenti alluvionali e palustri olocenici, aventi uno spessore variabile da pochi metri ad oltre 30 metri. Il substrato, è rappresentato, da terreni vulcanici riferibili al Somma-Vesuvio, ai Campi Flegrei e ad attività effusiva locale. Sono presenti numerosi livelli di torba e paleosuoli. La falda idrica è generalmente superficiale (nei primi metri del piano campagna). Gli scarichi superficiali e sotterranei di sostanze inquinanti derivanti dalle attività di raffinazione e da insediamenti industriali e civili, hanno determinato un elevato inquinamento del suolo e della falda superficiale. I sedimenti accumulatisi negli ultimi 3000 anni presentano spessori considerevoli, a volte superiori a 5 m.

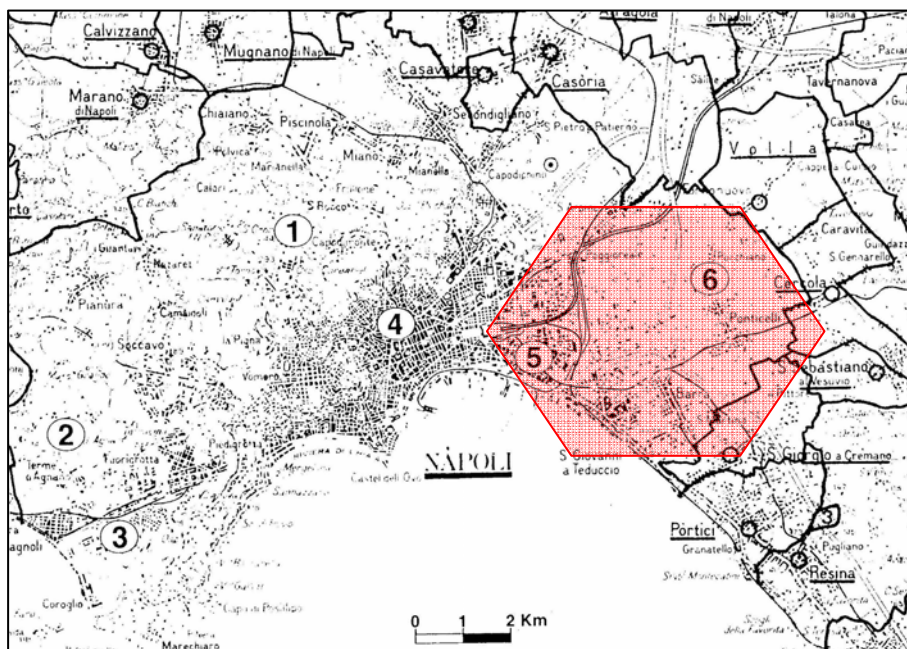


Figura 12 – Carta topografica della città di Napoli con ubicazione delle zone descritte nel testo.

### **Zona settentrionale (F cfr fig. 12, n.1)**

Comprende l'area sub pianeggiante, a quota variabile da circa 90-100 m fino a circa 70 m che degrada dall'aeroporto di Capodichino, Capodimonte, Camaldoli, verso il corso dei regi Lagni, a Nord, e verso l'area depressa orientale di Napoli a Sud.

Tale zona è caratterizzata da terreni vulcanici prevalentemente sciolti, costituiti da livelli di pozzolane, pomici, sabbie con intercalazioni di paleosuoli e localmente torbe. I terreni vulcanici presenti sono riferibili all'attività dei Campi Flegrei e comprendono anche il Tufo Giallo Napoletano, che in questa area si presenta nella sua facies non litificata; lo spessore è di alcune decine di metri. Queste piroclastiti poggiano sull'Ignimbrite Campana (circa 35.000 BP) e su vulcaniti più antiche, comprendenti anche colate di lava riferibili ad eruzioni locali. La falda è profonda, si rinviene a molte decine di metri al di sotto del piano campagna. Il sottosuolo di tale zona è caratterizzato dalla presenza di cavità artificiali, provocate, in passato, dall'estrazione delle pomici per uso edilizio ("tane di lapillo") e di tufo, dove è presente, anche a più livelli sovrapposti; altre cavità sono state ricavate per scopi militari e acquedottistici fin dall'antichità. La geometria dei vari terreni vulcanici, è estremamente variabile lateralmente e verticalmente, in quanto durante gli ultimi 12.000 anni si sono verificate varie modificazioni climatiche, che hanno originato periodi a diversa piovosità, con conseguenti erosioni accentuate e ripetute. Le valli erosionali antiche, non sono riconoscibili dalla morfologia superficiale, perché colmate dalle piroclastiti più recenti. Le prime decine di metri dei terreni del sottosuolo, pertanto, presentano complicazioni nella distribuzione, continuità e profondità dei vari livelli piroclastici, che contrasta con l'omogenea morfologia superficiale. I sedimenti accumulatisi nel periodo storico hanno uno spessore medio di alcuni metri; tale spessore supera anche 5-10 metri in aree originariamente depresse. La falda si rinviene a circa 15-20 metri sul livello del mare.

### **Zona collinare (cfr fig. 12, fra n. 3 e 4)**

Comprende i rilievi su cui si sviluppa gran parte dell'area urbana. Essi sono costituiti da un substrato rappresentato dal Tufo Giallo Napoletano di spessore variabile da alcune decine di metri, ad oltre 100 m, ricoperto da terreni piroclastici sciolti riferibili alle varie eruzioni degli apparati Flegrei, con spessore variabile da 8-10 m ad oltre 50 m. La falda è generalmente profonda ed i versanti dove controllati da faglie (più recenti di 10.000 anni) presentano spesso pendenze notevoli. Il sottosuolo, è stato intensamente utilizzato in passato, sia per l'estrazione del tufo, sia per ricavare gallerie acquedottistiche. I versanti sono spesso intaccati da fenomeni franosi, per il distacco della copertura alterata dei terreni piroclastici; l'erosione dei detriti è molto accentuata, ed è causa di notevoli problemi per la rete fognaria cittadina a valle.



### **Zona occidentale (cfr fig. 12, n. 2 e 3)**

Comprende le aree depresse di Bagnoli, Fuorigrotta, Soccavo, Pianura ed è caratterizzata da un substrato, costituito prevalentemente da piroclastiti rimaneggiate, di notevole spessore, con intercalazioni di paleosuoli. È l'area confinante con gli apparati vulcanici flegrei e la più esposta all'attività bradisismica attuale (sismicità, con sollevamenti ed abbassamenti del suolo). L'area di Bagnoli e Fuorigrotta, ha la superficie del suolo che dal livello mare raggiunge quote di circa 25-30 m e la falda che dalla linea di costa, risale fino a circa + 5. Tale falda presenta temperature variabili da 45° a 55° centigradi circa, nella parte occidentale di Bagnoli e Fuorigrotta.

### **Zona centrale (cfr fig. 12, n. 4)**

Comprende l'area pianeggiante, che si estende da Castel dell'Ovo, Montesanto, Sanità Pescara, fino alle Brecce di S. Erasmo. La superficie del suolo dal livello mare, raggiunge quote di circa 25-30 m e la falda posta a pochi metri dal piano campagna, lungo costa, si ritrova a circa 40 m al di sotto nell'area del Museo. Tale zona comprende il centro antico della città ed è caratterizzata prevalentemente, da terreni alluvionali, marini e palustri, depositi dopo il Tufo Giallo Napoletano. Lo spessore dei sedimenti è estremamente variabile, con un pack massimo circa 60 m.

## **STRATIGRAFIA DELL'AREA URBANA**

Il livello guida sul quale si basa la ricostruzione stratigrafica dei depositi della città di Napoli e di tutta l'area dei Campi Flegrei, è rappresentato dai depositi di Tufo Giallo Napoletano. La sua continuità stratigrafica nell'area, è piuttosto omogenea e permette di suddividere l'attività vulcanica dei Campi Flegrei, in tre o quattro cicli (De Lorenzo, 1904; Rosi *et al.*, 1983; di Girolamo *et al.*, 1984) schematizzabili come segue:

- 1) prodotti precedenti l'eruzione dell'Ignimbrite Campana:*
- 2) depositi dell'Ignimbrite Campana (circa 35.000 anni fa) e della formazione Piperno-Breccia Museo;*
- 3) prodotti dei Tufi Biancastri, dei Tufi Antichi (18.000-15.000 anni fa) e del Tufo Giallo Napoletano (12.000anni fa);*
- 4) piroclastiti e tufi di vulcani monogenici Flegrei da 10.000 anni fa, all'eruzione del Monte Nuovo avvenuta nel 1538.*

Nelle zone depresse dell'area urbana, lo studio e l'interpretazione di alcuni sondaggi, ha messo in evidenza la presenza al di sopra del Tufo Giallo Napoletano, di depositi continentali e di transizione, passanti a

depositi marini e palustri. Il top di tale successione, costituita prevalentemente da depositi alluvionali, a cui si intercalano paleosuoli antropizzati, rappresenta il principale prodotto della deposizione del periodo storico.

## **I DEPOSITI DELL'ATTIVITÀ VULCANICA ANTICA**

Alla base di alcuni sondaggi profondi operati nel sottosuolo di Napoli, è stata rinvenuta una spessa successione di tufi, uno dei quali è probabilmente correlato all'eruzione dell'Ignimbrite Campana, che dovrebbe essere l'evento vulcanico più antico ancora riconoscibile, che abbia interessato la zona urbana propriamente detta. Dopo questo evento, stratigraficamente al di sopra dell'Ignimbrite Campana, è presente una successione piroclastica, generalmente chiamata Formazione di Chiaia (Cole et al., 1994), o riferita al vulcano di Chiaia. Alla base di questa successione, la maggior parte degli autori, concorda nel collocare dei ristretti espandimenti lavici, che sono stati rinvenuti al di sotto delle colline del Vomero e di Posillipo, durante i lavori di scavo, per la costruzione di gallerie, sia per la linea ferroviaria Cumana, che per quella Metropolitana. Direttamente al di sopra dei prodotti lavici, sono presenti i depositi piroclastici "Tufi Giallo-Rossastri" (Scherillo, 1957) che dovrebbero essere correlabili, anche a quelli che furono trovati a tetto della lava rinvenuta nella condotta fognaria, e chiamati "Tufi del Rione Amedeo" (Johnston-Lavis, 1988). Questi depositi cineritici, finemente stratificati e intercalati a strati più grossolani, poco assortiti, di cenere e lapilli, affiorano attualmente, presso Parco Margherita (Cole et al., 1994). Andando verso l'alto, nella successione, si incontra il "Tufo Giallo di Chiaia" (Nicotera, 1950). Si tratta di un deposito di tufo giallo massivo, che presenta al suo interno dei letti di tufo a granulometria più fine. Questo tufo viene interpretato (Cole et al., 1994) come deposito da surge piroclastico, formato da flussi turbolenti a bassa concentrazione di particelle. Inoltre, la presenza di lapilli accrezionali, indica la sua origine freatomagmatica. Il contatto tra i depositi sottostanti (Tufi Giallo-Rossastri) e quest'ultimo deposito non è riscontrabile in affioramento. La presenza di una forte discontinuità erosionale di un paleosuolo, caratterizzano il contatto tra il deposito appena descritto e quello successivo affiorante, presso la stazione della Funicolare di Chiaia al corso Vittorio Emanuele. Questo membro è composto, da sottili letti di depositi piroclastici. Questo deposito, fu per la prima volta descritto da Johnston-Lavis (1889), come "strati a ceneri e pomici". Scherillo (1957) ha correlato questo membro ai cosiddetti "Tufi Stratificati" affioranti in via Palizzi. Presso la stazione della Funicolare di Montesanto, al corso Vittorio Emanuele, lo scavo del tunnel ha messo in luce una successione piroclastica al di sotto del Tufo Giallo Napoletano. Questa successione è stata descritta da Johnston-Lavis (1888, 1889). La correlazione stratigrafica con le formazioni precedentemente descritte non è conosciuta. Nella parte alta sud-occidentale della collina di Posillipo, al di sotto del Tufo Giallo Napoletano, affiorano dei depositi piroclastici, nella zona tra Coroglio e Trentaremi. In

quest'ultima area, i depositi antichi costituiscono parte di un cratere appartenente ad un antico tuff cone (Rosi e Sbrana, 1987) parzialmente coperto dal Tufo Giallo Napoletano. Tale centro eruttivo, ha avuto più episodi eruttivi, come è testimoniato dalla presenza di paleosuoli, che suddividono i depositi in diverse unità stratigrafiche. Nella parte nord-orientale della Collina, è stato riconosciuto un duomo di lava (Dell'Erba, 1893) sepolto sotto il Tufo Giallo Napoletano, correlabile con i ritrovamenti lavici sotto via Crispi. L'eruzione del Tufo Giallo Napoletano, pone fine all'attività compresa nella successione della Formazione di Chiaia. I prodotti di tale eruzione esplosiva di considerevoli dimensioni, ricoprono tutti i depositi sin qui descritti. Il vent di tale eruzione, è probabilmente sito in una zona più occidentale della città, nell'area di Fuorigrotta-Soccavo (Favara et al., 1987; Scarpato et al., 1993), spostando quindi il centro di attività verso il cuore dei Campi Flegrei. Dopo il Tufo Giallo Napoletano, la successione vulcanica, termina con i prodotti piroclastici incoerenti stratificati, legati all'attività recente dei Campi Flegrei, e cioè la Formazione delle Pomici Principali (Agnano) e i depositi del vulcano di Astroni. Appena fuori l'area sensu stricto, nella zona della collina dei Camaldoli, è possibile avere una sezione piuttosto estesa dei depositi flegrei, che in qualche modo, hanno interessato la città. Il sedimento più antico ritrovato alla base di questa successione, è rappresentato da una successione limitata realmente di piroclastiti stratificate, aventi spessori di circa 50 m e chiamati "Tufi di Torre Franco" (Rittman et al., 1950). Il paleosuolo a letto di questa formazione, ha dato un'età C14 maggiore di 42.000 anni (Alessio et al., 1973). Segue nella successione, la formazione Piperno-Breccia Museo, per uno spessore di 100-150 m. Al di sopra sono presenti dei tufi stratificati poco coerenti, separati dalla precedente formazione da un paleosuolo, e che sono chiamati "Tufi Biancastri Stratificati" (Rittman et al., 1950); essi vengono correlati per posizione stratigrafica ai Tufi Antichi della zona urbana. Anche qui, la successione termina con i prodotti dell'attività recente dei Campi Flegrei. Nella parte orientale dell'area urbana di Napoli (zona dei Ponti Rossi) è presente una successione, che comincia dal basso con la formazione dell'Ignimbrite Campana, al di sopra della quale, separate da una superficie di discontinuità, poggia il Tufo Giallo Napoletano nella sua facies pozzolanica. Il deposito, termina con un paleosuolo, ricoperto dai prodotti recenti di Agnano e Astroni. Come si può notare, mancano i prodotti legati all'attività precedente il Tufo Giallo Napoletano e ciò dimostra come tali eventi abbiano avuto dimensioni limitate e circoscritte alla zona urbana propriamente detta (Chiaia).

## GEOMORFOLOGIA DELL'AREA DI STUDIO

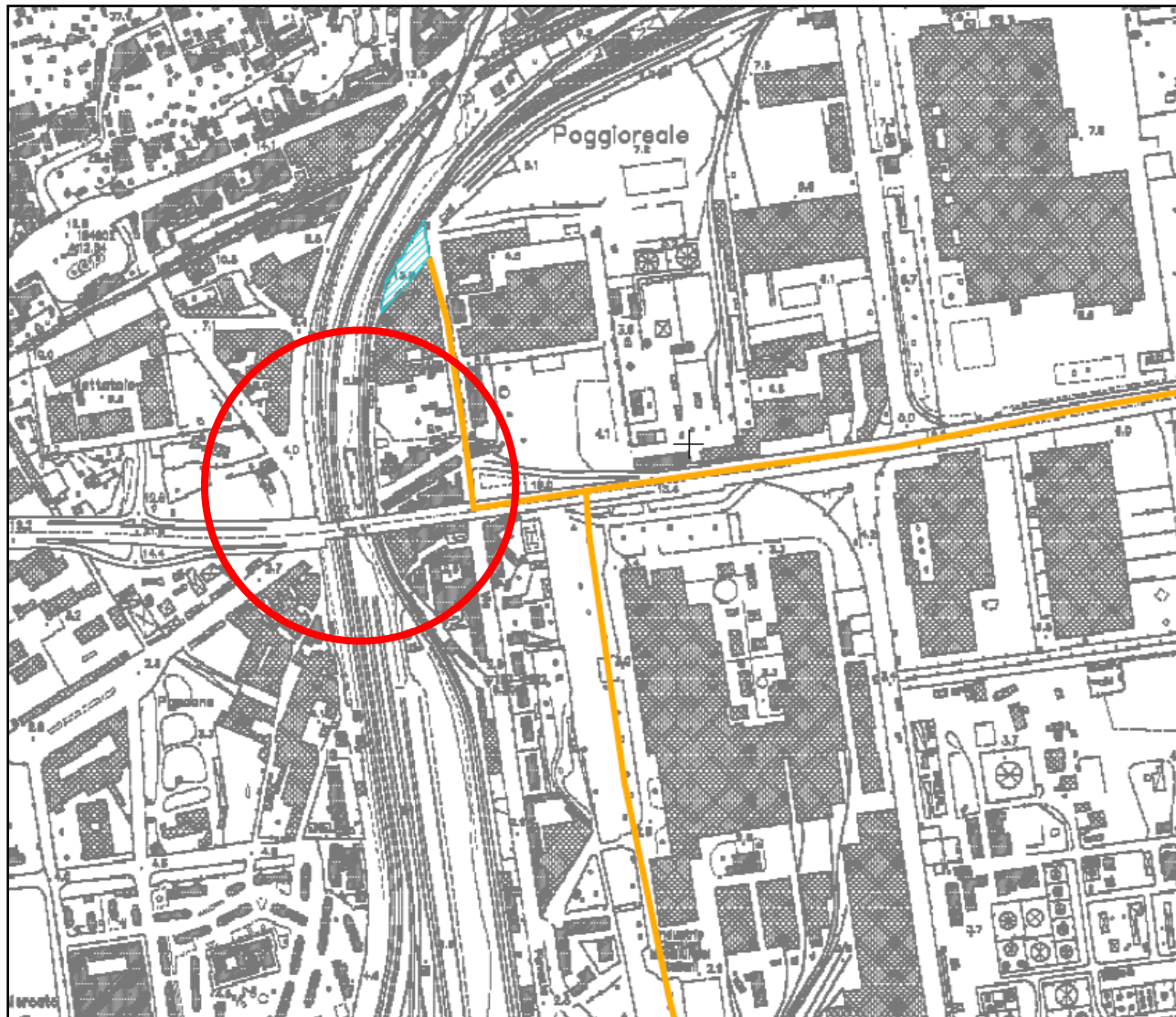
### *Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania – Aggiornamento anno 2010.*

L'area in oggetto, è sub-pianeggiante, in essa insistono, numerosi insediamenti industriali e raffinerie. La superficie del suolo, raggiunge dal livello del mare, in raccordo, le aree sollevate di Capodichino a NW; è costituita prevalentemente da sedimenti superficiali, di natura alluvionale e palustre (Olocene); essi presentano uno spessore variabile da pochi metri ad oltre 30 metri. Il substrato, è rappresentato, da terreni vulcanici piroclastici, riferibili al Somma - Vesuvio, ai Campi Flegrei e ad attività effusiva locale. Sono presenti numerosi livelli di torba e paleosuoli. La falda idrica è superficiale (nei primi metri del piano campagna, – 2 mt dal p.c.). Gli scarichi superficiali e sotterranei di sostanze inquinanti derivanti dalle attività di raffinazione e da insediamenti industriali e civili, hanno determinato un elevato inquinamento del suolo e della falda superficiale. I sedimenti accumulatisi negli ultimi 3000 anni presentano spessori considerevoli, a volte superiori a 5 m. Nella matrice sono diffusamente contenuti elementi clastici di gusci di lamellibranchi e gasteropodi.

Tale condizione suggerisce un'analisi del *rischio idraulico e da frana* (cfr figura A e cfr figura B “*Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania*” – Aggiornamento anno 2010).

**“CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO”.**

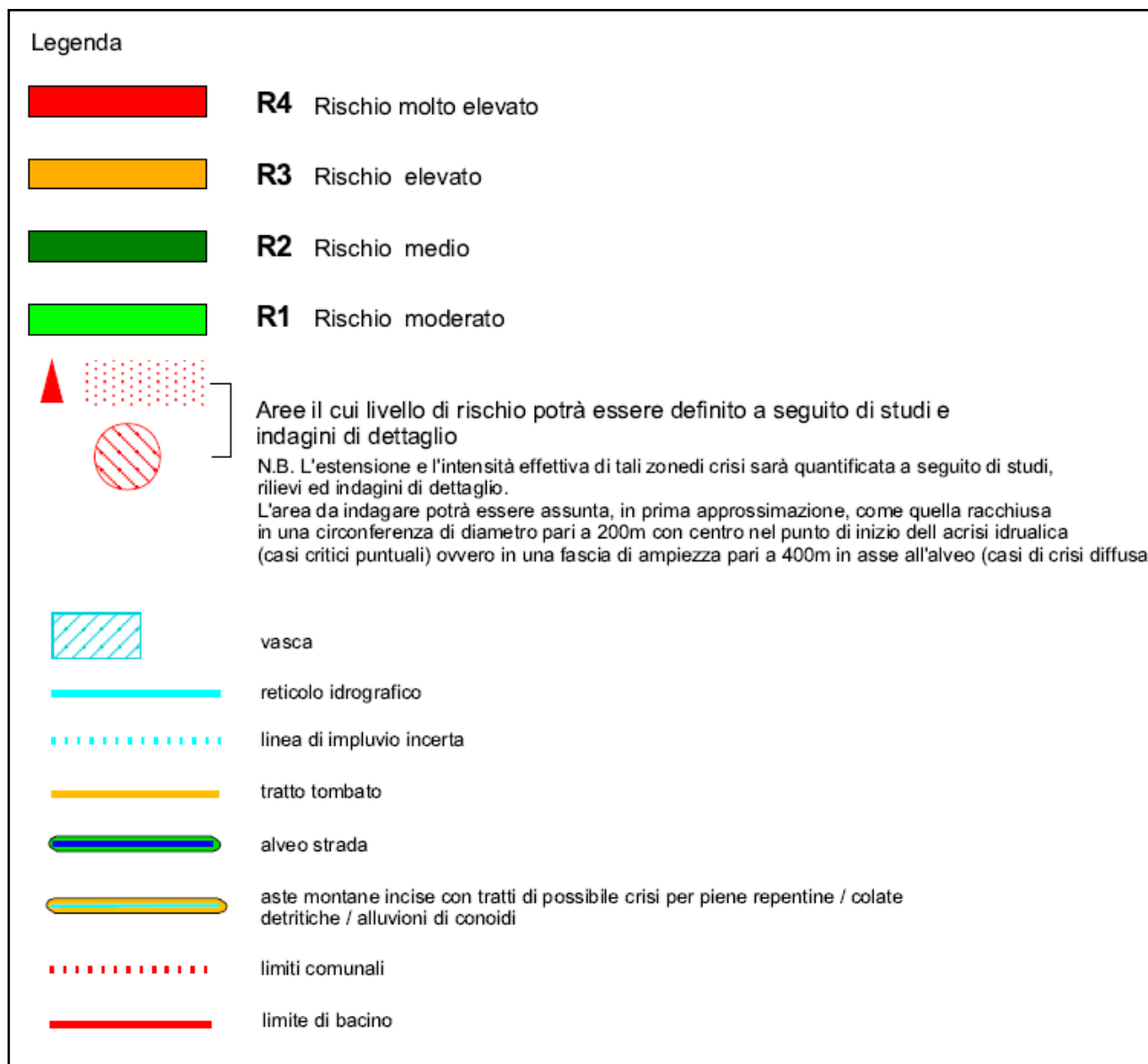
*“Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania”.*



**Figura A – Nel cerchio rosso: area di studio.** Stralcio della “Carta del rischio idraulico”: Napoli - via Ferrante Imparato n° 501 – Area ex ICMI, via N. Miraglia e via Traversa Il Macello.

*“Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania”*

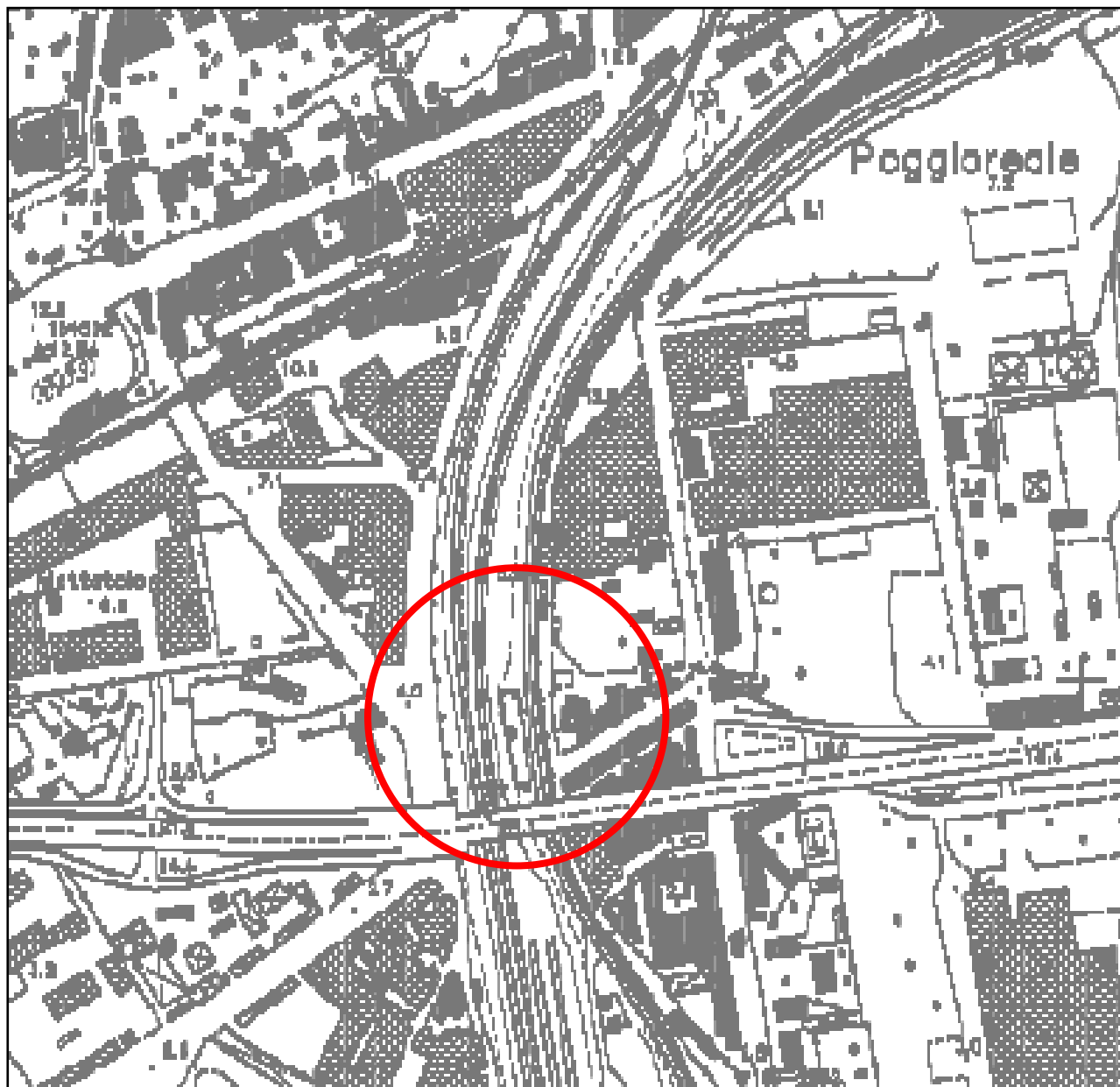




**Legenda della figura A - "Carta del rischio idraulico". "Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania"**

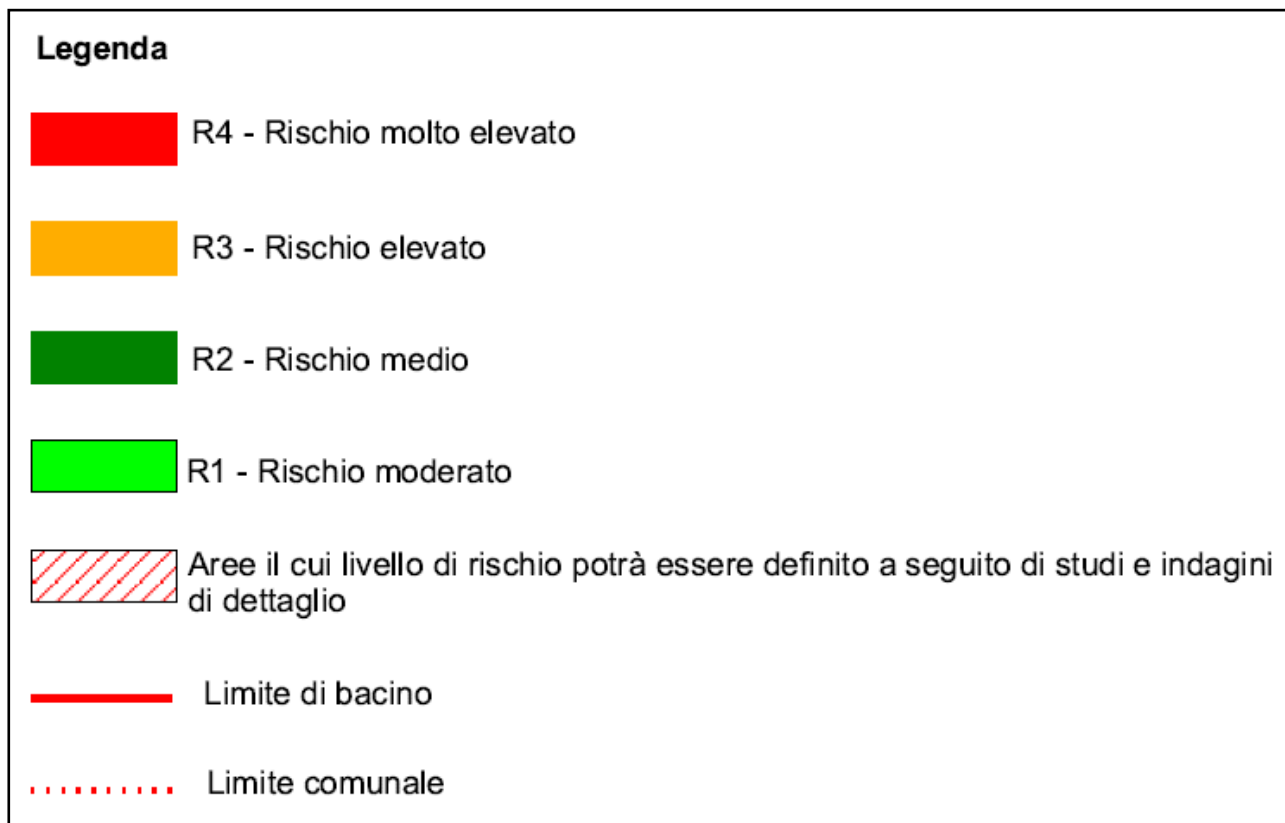
**“CARTA DEL RISCHIO DA FRANA”.**

*“Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania”.*



**Figura B – Nel cerchio rosso: area di studio.** Stralcio della “Carta del rischio da frana”: Napoli - via Ferrante Imparato n° 501 – Area ex ICMI, via N. Miraglia e via Traversa Il Macello.

*“Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania”*

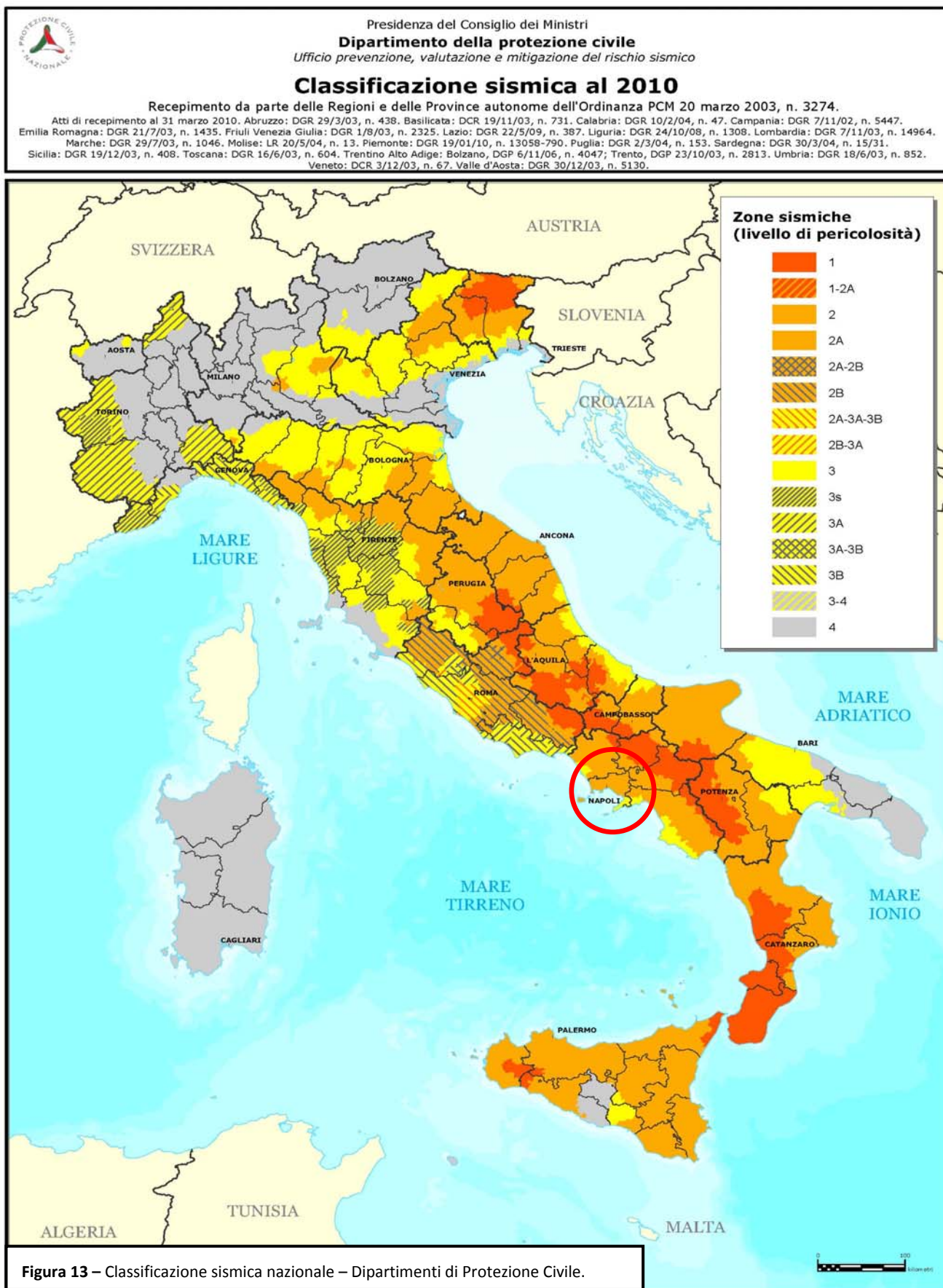


**Legenda della figura B - "Carta del rischio da frana".** *"Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania"*

#### **CONSIDERAZIONI TECNICHE (*Rischio idraulico e Rischio da frana*)**

- Secondo quanto si evince dall'esame della "Carta del rischio idraulico" (cfr Figura A – estratto dal *"Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania" – Aggiornamento anno 2010*), la zona oggetto dei lavori, non risulta classificata tra le aree a rischio.
- Secondo quanto si evince dall'esame della "Carta del rischio da frana" (cfr Figura B – estratto dal *"Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania" – Aggiornamento anno 2010*), la zona oggetto dei lavori, non risulta classificata tra le aree a rischio.

## CLASSIFICAZIONE SISMICA NAZIONALE



Per ridurre gli effetti del terremoto, l'azione dello Stato si è concentrata sulla classificazione del territorio, in base all'intensità e frequenza dei terremoti del passato, e sull'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche. La legislazione antisismica italiana, allineata alle più moderne normative a livello internazionale prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane. Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione. Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo. A tal fine è stata pubblicata *l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003*. Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente (zona 1, zona 2, zona 3, zona 4), nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

|                                                                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Zona 1</b> - E' la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.                                  |
| <b>Zona 2</b> - Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.                    |
| <b>Zona 3</b> - I Comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.                    |
| <b>Zona 4</b> - E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse. |

Di fatto, sparisce il territorio "non classificato", che diviene zona 4, nel quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g). L'attuazione dell'ordinanza n.3274 del 2003 ha permesso di ridurre notevolmente la distanza fra la conoscenza scientifica consolidata e la sua traduzione in strumenti normativi e ha portato a progettare e realizzare costruzioni nuove, più sicure ed aperte all'uso di tecnologie innovative. Le novità introdotte con l'ordinanza sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate, grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (Ingv, Reluis, Eucentre). Un aggiornamento

dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006. Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

*Suddivisione delle zone sismiche in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06)*

| Zona sismica | Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ ) |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 1            | $a_g > 0.25$                                                                  |
| 2            | $0.15 < a_g \leq 0.25$                                                        |
| 3            | $0.05 < a_g \leq 0.15$                                                        |
| 4            | $a_g \leq 0.05$                                                               |

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità. Per il dettaglio e significato delle zonazioni di ciascuna Regione, si rimanda alle disposizioni normative regionali (*Campania Delibera Giunta Regionale 5447 del 7 novembre 2002*). Qualunque sia stata la scelta regionale, a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido ( $a_g$ ). Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione. Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 e s.m.i.), infatti, hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona – e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche. Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali. La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).



## MICROZONAZIONE SISMICA

La delibera di Giunta Regionale n° 5447 del 7.11.2002 ha disposto la nuova “macrozonazione” sismica regionale. L’aggiornamento di tale classificazione comporta, per il Comune di Napoli (Na), il passaggio da un livello di sismicità basso e cioè da  $S = 6$  ad  $S = 9$  (*media sismicità* - secondo la normativa sismica vigente contenuta nella legge n° 64 del 2.2.1974 e successive modifiche ed integrazioni). L’attribuzione di una categoria sismica implica un evidente aumento della pericolosità connessa a cedimenti, liquefazioni, collasso di cavità, instabilità dei versanti, neoformazione e/o riattivazione di frane ecc. In base alla legislazione vigente (*D.M. 16.1.1996 Norme tecniche relative alle costruzioni in zona sismica*), nella valutazione degli effetti sismici sulle strutture, sia con analisi statica che dinamica, viene fatto riferimento al *coefficiente di intensità sismica di base*  $c$  che interviene in sede di progetto, rappresentando il livello di forze orizzontali (accelerazioni) rispetto alle quali si vuole che l’edificio, o la struttura in genere, risponda elasticamente.

Questo *coefficiente di intensità sismica di base*  $c$  è funzione del *grado di sismicità*  $S$  attribuito alla zona tramite la relazione:

$$c = (S-2) / 100$$

Per Napoli, zona di 2<sup>a</sup> categoria sismica  $S = 9$  e  $c = 0,07 g$ .

Nell’*analisi statica* il coefficiente  $c$  è legato alla valutazione dell’azione sismica di progetto  $F$  dalla relazione:

$$F = K \cdot W$$

dove  $W$  rappresenta il *peso della struttura* e  $K$  è il *coefficiente sismico* dato da:

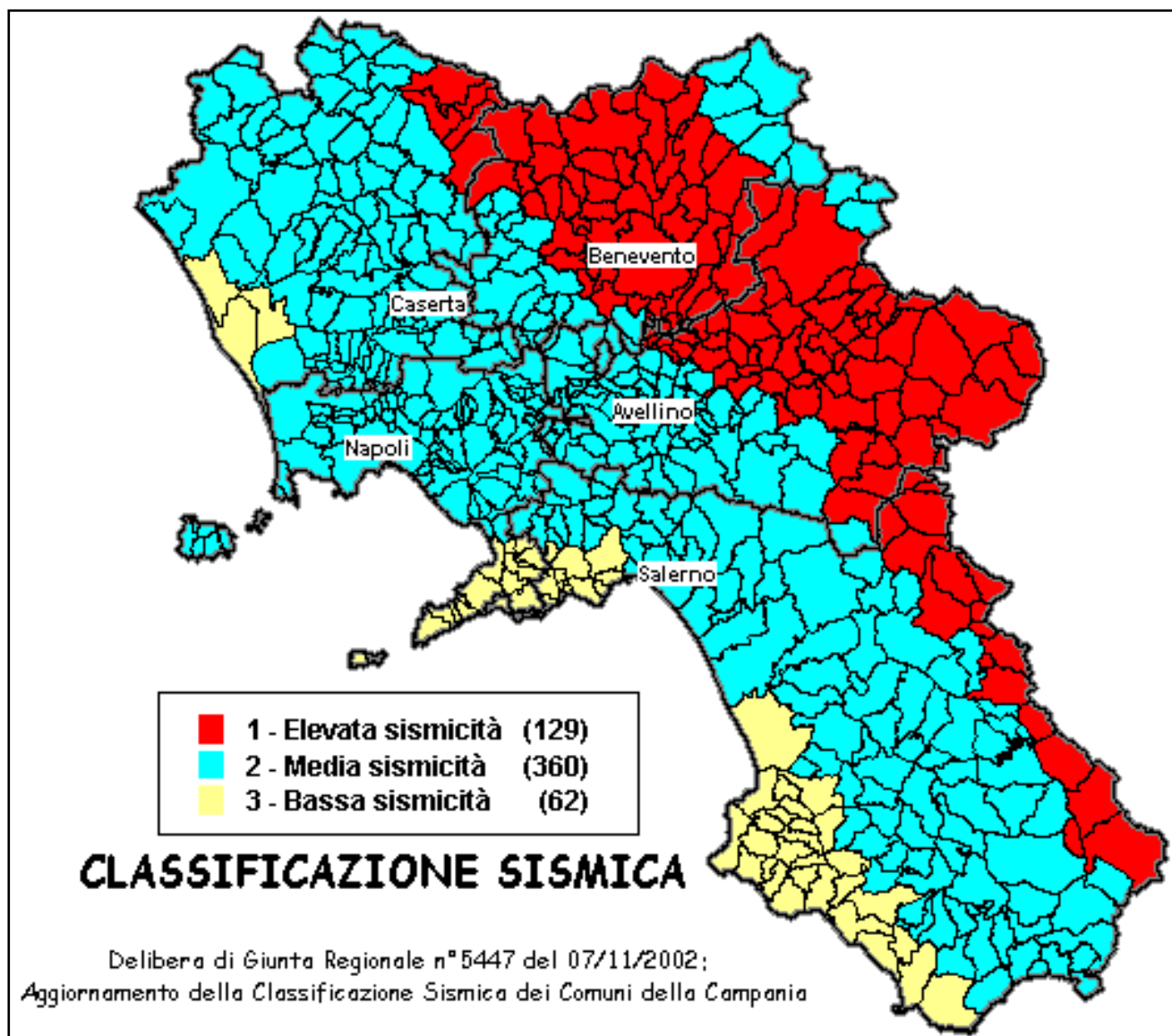
$$K = c \cdot R \cdot \epsilon \cdot \beta \cdot \gamma$$

dove  $c$  è il citato coefficiente sismico di base,  $R$  il coefficiente di risposta della struttura,  $\epsilon$  il coefficiente di fondazione,  $\beta$  il coefficiente della struttura e  $\gamma$  il coefficiente di distribuzione delle azioni sismiche sulla struttura.

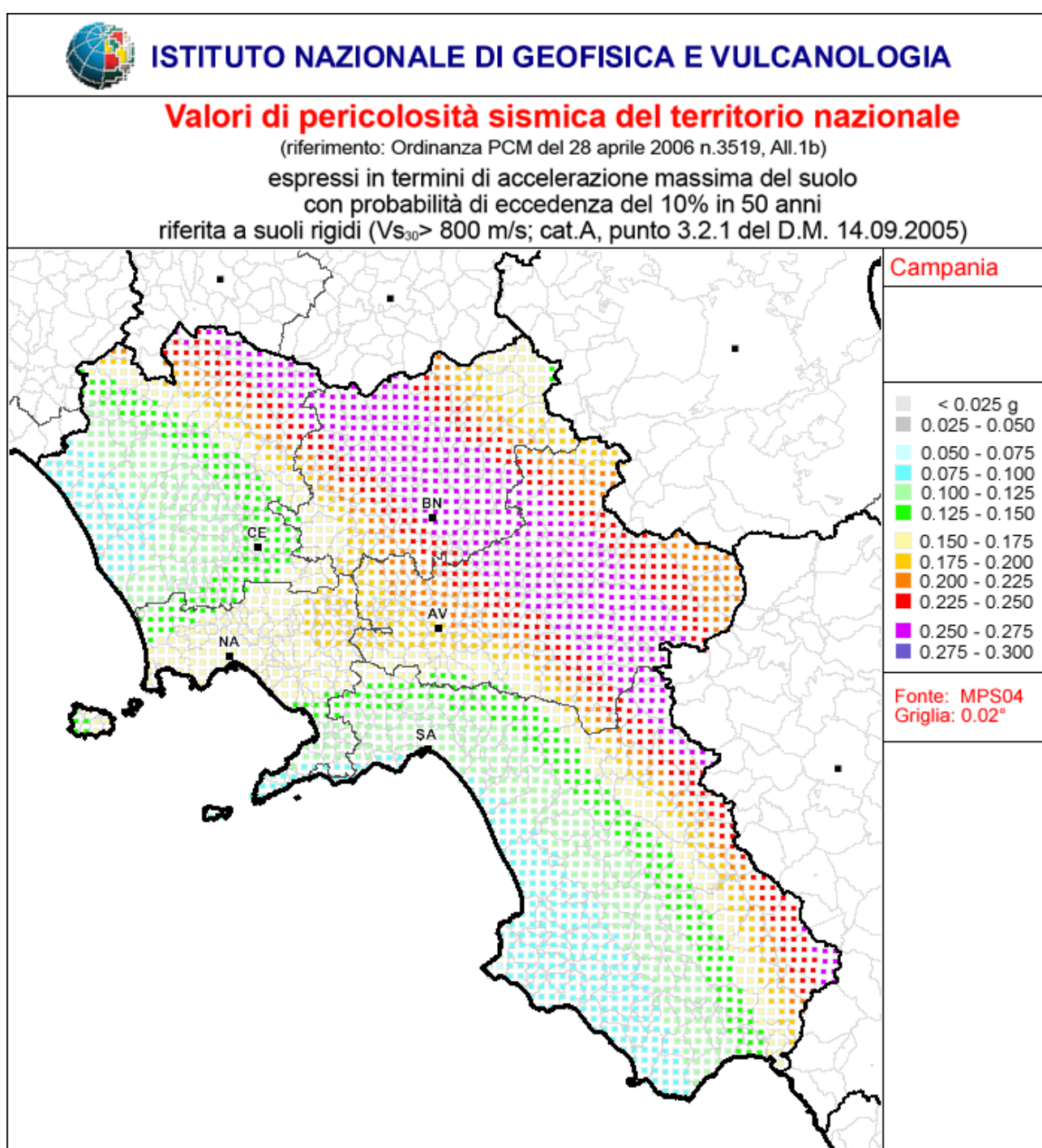
Nell’*analisi dinamica*,  $c$  è legato alla valutazione degli effetti sismici tramite la relazione

$$a / g = c \cdot R$$

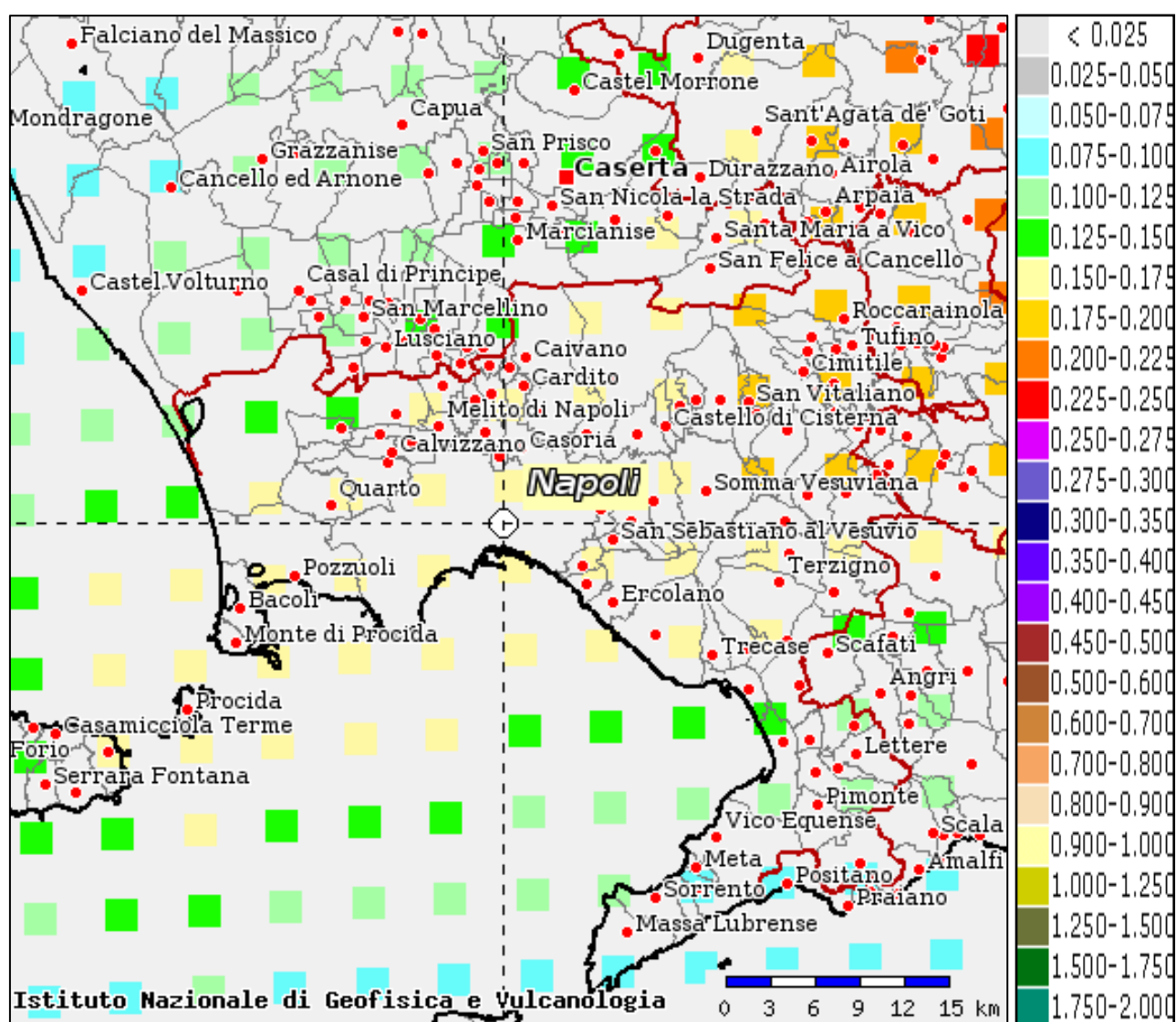
dove  $a$  è l’accelerazione spettrale del sisma,  $g$  è l’accelerazione di gravità,  $c$  ed  $R$  sono definiti come sopra.



**Figura 14** - Campania Macrosismica (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia). L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha determinato i valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (Ordinanza PCM del 28/4/2006).



**Figura 14/bis** – Valori di Pericolosità sismica della Regione Campania (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).



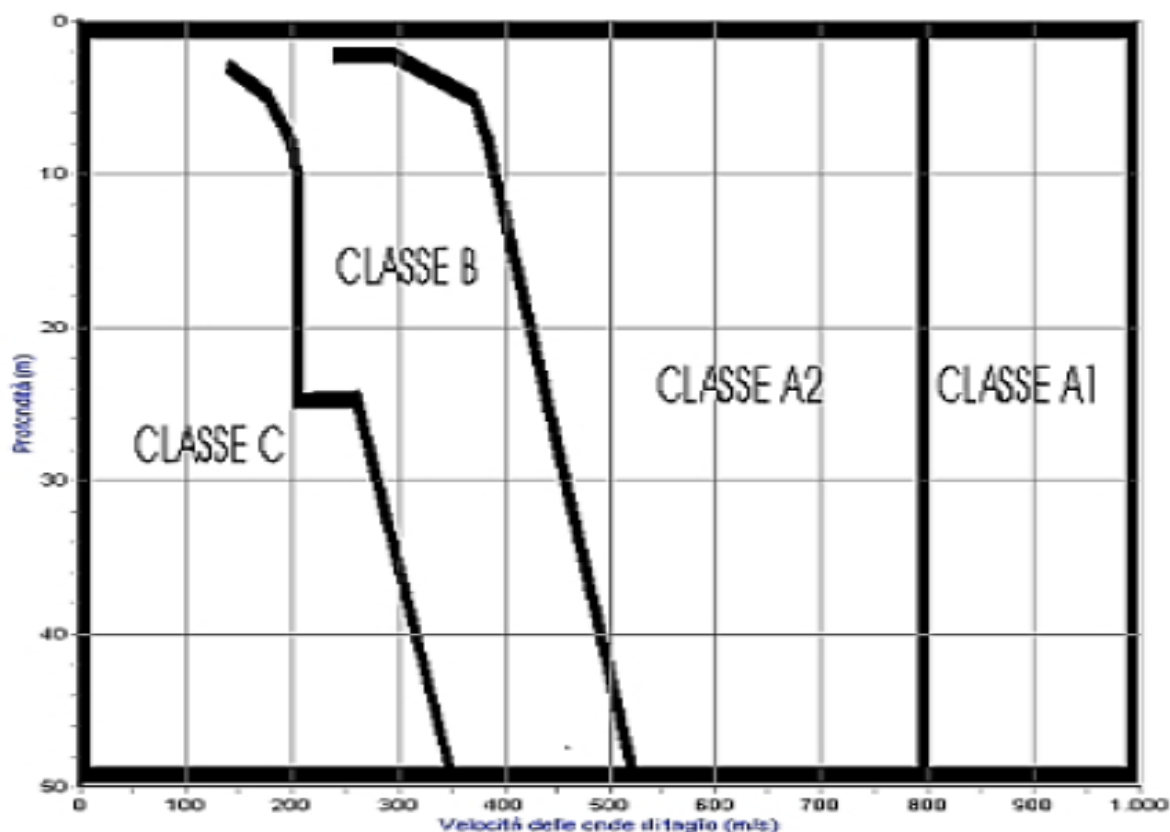
**Figura 15** - Mappa della pericolosità sismica. Parametri di riferimento: scuotimento  $a(g)$ , probabilità in 50 anni 10%, percentile 50 (Napoli). Scala 1:100000

Pertanto, lo scuotimento previsto per un evento la cui probabilità di accadimento è il 10% in un intervallo temporale di 50 anni, risulta:

$$0.15g < a(g) < 0.175g$$

Nell'Eurocodice 8 è prevista una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa. Per cui vengono identificate tre classi, la A (a sua volta suddivisa in due sottoclassi, la A1 e la A2), la B e la C, ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

*In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A1 alla classe C.*



La Normativa Italiana (Ordinanza 3274), coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8, prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della stessa. Vengono, pertanto, identificate 5 classi, A, B, C, D e E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico. Lo schema indicativo di riferimento per la determinazione della classe del sito è il seguente:

| Classe | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A      | Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.                                                                                                                     |
| B      | Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s30}$ , compresi fra 360 m/s e 800 m/s ( $N_{sp} > 50$ o coesione non drenata $> 250$ kPa). |
| C      | Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s30}$ , compresi fra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{sp} < 50$ , $70 < cu < 250$ kPa).                                                   |
| D      | Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ( $N_{sp} < 15$ , $cu < 70$ kPa).                                                                                                                               |
| E      | Profili di terreno costituiti da strati superficiali non litoidi (granulari o coesivi), con valori di $V_{s30}$ simili a quelli delle classi C o D e spessore compreso fra 5 e 20 m, giacenti su un substrato più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.                                                                         |

Per  $V_{s30}$  s'intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione, calcolata secondo la relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{si}}}$$

In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E. Alle cinque categorie descritte se ne aggiungono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare.

| Classe | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| S1     | Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ( $IP > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ( $10 < cu < 20$ kPa). |
| S2     | Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria non rientrante nelle classi precedenti.                                                                                                                   |

Un impulso sismico può essere visto come la somma di un certo numero di onde elastiche, ognuna con frequenza ed ampiezza di oscillazione ben definita. Il passaggio del treno d'onde dal bedrock agli strati superficiali produce un'amplificazione dell'impulso sismico. Questa amplificazione del moto sismico non si manifesta in maniera identica in tutto lo spettro delle frequenze, ma tende a concentrarsi in intervalli ben delimitati. Un edificio sottoposto a sollecitazione sismica entra in oscillazione con un periodo che dipende dalle sue caratteristiche strutturali e geometriche. Esistono più modalità di vibrazione, ma nei casi più frequenti viene preso in considerazione solo il primo modo ( $T_0$ ). Negli edifici in muratura  $T_0$  è dato da:

$$T_0(s) = 0.06 \frac{H}{\sqrt{B}} \sqrt{\frac{H}{2B + H}}$$

con

**H** (m) = altezza dell'edificio;

**B** (m) = larghezza dell'edificio;

mentre negli edifici intelaiati in cemento armato corrisponde a:



$$T_0(s) = 0.1 \frac{H}{\sqrt{B}}.$$

L'importanza dello Spettro di Risposta Elastico del terreno deriva dal fatto che se, durante un evento sismico, il terreno vibra con periodo che corrisponde a  $T_0$ , l'edificio entra in risonanza e subisce un'accelerazione sismica data dal valore di  $a(g)$  letto in ordinata nello spettro in corrispondenza del periodo  $T_0$ . L'unica possibilità di poter valutare correttamente gli effetti dello scuotimento sismico sugli edifici esposti al rischio, è quindi quello di considerare, unitamente all'amplificazione sismica, dovuta dalla presenza di strati superficiali a bassa velocità, anche il valore della frequenza naturale del terreno, al fine di evitare la cosiddetta doppia risonanza ovvero la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle relative ai manufatti edificati.

**SISMICITÀ - CATEGORIA SUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE DEL SITO SECONDO LA NORMATIVA SISMICA D.M. 14.01.2008 (CALCOLO  $V_{s30}$ ).**

L'Ordinanza n.3274/2003 s.m.i., il D.M. 14.09.2005 e il DM 14.01.2008 (NTC08 - Norme Tecniche per le Costruzioni), propongono, altresì, l'adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo, mediante cinque tipologie di suoli (A-B-C-D-E, più altri due speciali: S1 e S2), da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno ( $V_{s30}$ ).

*Si riportano, di nuovo, per maggiore completezza, le categorie di suolo previste:*

**A - Formazioni litoidi o suoli omogenei** molto rigidi caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  superiori a 800m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

**B - Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti**, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50, o coesione non drenata  $c_u$  > 250 kPa).

**C - Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza**, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < \text{NSPT} < 50$ ,  $70 < c_u < 250$  kPa).

**D - Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti**, caratterizzati da valori di  $V_{s30} < 180$  m/s ( $\text{NSPT} < 15$ ,  $c_u < 70$  kPa).

**E - Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali**, con valori di  $V_{s30}$  simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con  $V_{s30} > 800$  m/s.

In aggiunta a queste categorie, per le quali nel punto 3.2 dell'Ordinanza vengono definite le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due, per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

**S1 - Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza**, con elevato indice di plasticità ( $PI > 40$ ) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di  $V_{s30} < 100$  m/s ( $10 < c_u < 20$  kPa).

**S2 - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.**

Il modello di riferimento per la descrizione del moto sismico in un punto della superficie del suolo è costituito dallo spettro di risposta elastico. Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale

(spettro normalizzato), considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore dell'accelerazione massima ( $a_{\max} = a_g \cdot S$ ) del terreno che caratterizza il sito.

Definita, quindi, la categoria di suolo di fondazione (A – E) sono assegnati i seguenti parametri:

| Categoria di suolo | S    | $T_B$ [s] | $T_C$ [s] | $T_D$ [s] |
|--------------------|------|-----------|-----------|-----------|
| A                  | 1,00 | 0,15      | 0,40      | 2,00      |
| B – C – E          | 1,25 | 0,15      | 0,5       | 2,00      |
| D                  | 1,35 | 0,20      | 0,80      | 2,00      |

Questi saranno utilizzati per la definizione dello spettro di risposta elastico delle componenti orizzontali.

Si noti in particolare che il parametro S (coefficiente amplificativo dello spettro, funzione del profilo stratigrafico del suolo di fondazione) impone per i terreni di tipo B, C, E un aumento del 25% dell'azione sismica. I parametri  $T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$  definiscono la forma degli spettri.

### CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Il D.M. 14.01.2008 prevede che per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici, come nel nostro caso, si può adottare la seguente classificazione:

**Tabella 1** – Categorie topografiche

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica                                                                    | $S_T$ |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| T1        | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$                      | 1.0   |
| T2        | Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$                                                                    | 1.2   |
| T3        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ | 1.2   |
| T4        | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$                  | 1.4   |

$S_T$ : coefficiente di amplificazione topografica

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

Sulla scorta dei sopralluoghi effettuati e dei calcoli eseguiti, l'area in esame ricade nella **categoria "T1"**.

## **ALLEGATO TECNICO “A”**

### **(INDAGINI SVOLTE)**

- *n° 1 Misura della Vs30 con tecnica M.A.S.W. e Re.Mi. (Refraction Microtremor).*
- *n° 1 Prova Sismica in foro di tipo “Down-Hole”;*
- *n°2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo fino a 30 mt dal p.c.;*
- *n° 7 prove S.P.T. in foro di sondaggio (Standard Penetration Test);*
- *n° 2 Prove Penetrometriche Dinamiche Super-Pesanti (DPSH);*
- *n° 10 Prelievi di Campioni Indisturbati di terreno;*
- *n° 6 Analisi di Laboratorio;*

## INDAGINI SISMICHE

### MISURA DELLA VS30 CON IL METODO MASW

*Con sismografo Marca Geometrics Modello GEODE a 24 canali collegato tramite una PMCIA ad un computer portatile. È stato eseguito uno stendimento sismico di 54 mt, disponendo i geofoni ad una distanza costante lungo una linea retta.*

Si è reso necessaria un'indagine geofisica attraverso l'utilizzo del metodo MASW.

Il MASW, analizza la proprietà dispersiva del modo fondamentale delle onde Rayleigh che si propagano orizzontalmente lungo la superficie direttamente dal punto di energizzazione ai ricevitori. L'inversione della curva di dispersione fornisce un accurato profilo delle onde di taglio al centro dell'array fino ad una profondità che in genere è  $\frac{1}{2}$  della lunghezza d'onda campionata. Il principale vantaggio di questa tecnica è l'approccio multicanale che permette di discriminare il segnale ricercato da altri tipi in base alla coerenza. Si sono utilizzati 24 ricevitori a 4.5 Hz collegati ad un sismografo multicanale. Ogni registrazione multicanale consiste di 24 sismogrammi, disposti in ordine e corrispondenti al moto rilevato ad ogni geofono. La sorgente utilizzata è stata una piccola carica esplosiva e, nell'eseguire le singole energizzazioni, si è atteso un momento di relativo silenzio. Inoltre, si sono ripetute le energizzazioni più volte, sommando successivamente i segnali ottenuti in modo aritmetico, ottenendo così un aumento del rapporto segnale-rumore. La sorgente è stata sempre posizionata esternamente all'array, e sempre in asse con esso, prima del primo geofono ad una distanza di circa 10 metri dal primo geofono.

---

#### DESCRIZIONE DELLE INDAGINI SISMICHE

---

|                |                                                                                                                                                            |             |              |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| - committente: | IN.CO.SE.T. S.r.l.                                                                                                                                         | - data:     | 23/10/2012   |
| - lavoro:      | Opere infrastrutturali integrative connesse alla convenzione per la realizzazione dell'insediamento produttivo in via Ferrante Imparato, 501 – Area ex ICM | - Commessa: | <b>W313</b>  |
| - località:    | Via Traversa Il Macello – Napoli                                                                                                                           | - Rif:      | <b>GM133</b> |
| - note:        |                                                                                                                                                            |             |              |

---

Nell'area oggetto di indagine sono state effettuate una indagine con la metodologia dei microtremori, con sorgente attiva, MASW, e una con sorgente passiva, Remi (refraction microtremor), lungo la stessa linea. Queste indagini serviranno per determinare il profilo delle onde S e P fino a 30 metri dal Pc e per avere informazioni sullo stato fisico dei terreni. Con i microtremori, dall'analisi del modo fondamentale delle onde di Rayleigh, si ottiene la curva di dispersione che sarà una funzione della velocità delle onde S e P e del peso naturale del terreno investigato. Si è utilizzato lo stesso array di 24 geofoni a 8 Hz, cambiando solo il tempo di campionamento, la lunghezza della registrazione.

Il peso di volume naturale utilizzato nell'inversione della curva di dispersione è quello ricavato dalla relazione proposta da Ludwig et al (1970) che correla le onde P al peso naturale del terreno.

*Le indagini eseguite hanno le seguenti caratteristiche:*

| REMI      |                |                  |               |                      |                           |                             |
|-----------|----------------|------------------|---------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Stend.    | Numero geofoni | N° registrazioni | Lunghezza (m) | Intervallo geof. (m) | Intervallo campion. m/sec | Lunghezza registrazione sec |
| micro SS1 | 24             | 10               | 46.0          | 2.0                  | 2.0                       | 30                          |

| MASW    |                 |                |             |                      |                          |          |                       |
|---------|-----------------|----------------|-------------|----------------------|--------------------------|----------|-----------------------|
| Stend.  | Numero sorgenti | Numero geofoni | Lunghez (m) | Intervallo geof. (m) | Intervallo campion. msec | Off1 (m) | Lungh. Registr. m/sec |
| MASWSS1 | 1               | 24             | 50.0        | 2.0                  | 1.0                      | 4.0      | 1000                  |

## GENERALITÀ INDAGINI SISMICHE

Nella prospezione sismica si registrano le vibrazioni meccaniche prodotte o da una sorgente, di cui si conosce la posizione (metodo attivo), o naturalmente presenti nel sottosuolo (metodo passivo).

Queste vibrazioni, dette onde sismiche, si possono raggruppare in due classi principali:

- Onde di corpo, che si propagano all'interno dei materiali (onde longitudinali,  $V_p$ , e trasversali,  $V_s$ ) e
- Onde di superficie che si propagano solo vicino alle discontinuità (onde di Rayleigh e Love).

Si propagano in tutte le direzioni e passano rapidamente da un mezzo ad un altro dando origine ai fenomeni della rifrazione, della riflessione, della trasformazione, della dissipazione e della dispersione in frequenza della velocità delle onde Rayleigh.

L'osservazione di questi fenomeni mediante un sismografo collegato a dei geofoni ed una sorgente sismica (per i metodi attivi), può fornire utili informazioni sulla stratigrafia.

**La sorgente** (per i metodi attivi) è o una massa battente o una carica esplosiva.



I **geofoni** sono dei sensori che ricevono l'energia sismica. Possono essere o dei velocimetri o degli accelerometri, ad un solo sensore assiale (orizzontale o verticale) oppure triassiale, che trasformano il movimento del suolo in voltaggio elettrico.

Il **sismografo** registra il voltaggio inviato dai geofoni come una sequenza temporale su uno o più canali.

#### **Apparecchiatura utilizzata**

L'apparecchiatura utilizzata è data dai moduli sismici chiamati "Geode<sup>TM</sup>" della Geometrics collegati tramite una PMCIA ad un computer portatile. Il Geode è controllato dal computer ad esso collegato con un software chiamato Geode Operative Software (GOS). Ad un singolo **geode**, per una indagine, possono essere collegati fino a 24 "geofoni", ossia rilevatori delle vibrazioni indotte nel sottosuolo. Il geode è controllato da un software chiamato Single Geode Operative Software (SGOS).



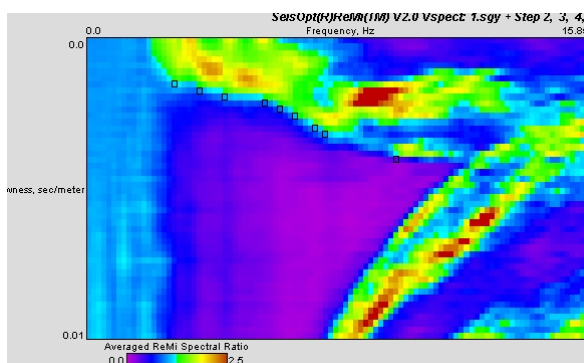
L'apparecchiatura è dotata di incremento automatico del segnale con algoritmo di sommatoria e consente la visione in simultanea dei dati sullo schermo del computer. Si può, inoltre, manipolare il segnale con appositi di filtri, verificare il livello di rumori generati da sorgenti estranee (vento, rumori naturali, mezzi meccanici, ecc.) e scegliere l'amplificazione più idonea del segnale. L'energizzazione è fornita da una piccola carica esplosiva o da una massa battente. La misura del tempo di energizzazione  $T_o$ , vale a dire il momento in cui parte il treno d'onda, è ottenuto mediante un interruttore di starting posto nell'immediata prossimità del punto di energizzazione. I ricettori sono costituiti da geofoni verticali a 8 Hz, il cui principio di funzionamento è rappresentato da una bobina ed un magnete oscillante coassiali, equipaggiati con dispositivi meccanici per la eliminazione dei moti composti.

## DESCRIZIONE INDAGINE SISMICA REFRACTION MICROTREMOR (REMI)

Con sismografo Marca Geometrics Modello GEODE a 24 canali collegato tramite una PMCIA ad un computer portatile. È stata eseguita una serie di 12 registrazioni del rumore di fondo, ogni registrazione ha la durata di 30 secondi con intervallo di campionamento di 2 secondi.

## GENERALITÀ SUL METODO REMI

La tecnica di analisi del sottosuolo mediante l'uso dei microtremori prende origine dagli studi e dalle sperimentazioni condotte da J. Louie presso la Nevada University. Il software commerciale (ReMi®) che supporta questo tipo di elaborazione è stato prodotto dalla Optim LLC (Reno, Nevada, USA). L'analisi dei microtremori viene effettuata utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione (a geofono singolo) disposta sul terreno con array lineare, da 12 a 48 geofoni; per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni con bassa frequenza di risonanza (4-14 Hz raccomandati), è indispensabile allungare il tempo di registrazione (15-30s) rispetto alla sismica a rifrazione tradizionale. L'uso di un sismografo digitale con elevata dinamica consente di dimezzare la frequenza utile campionabile rispetto a quella nominale dei geofoni impiegati. Si possono così registrare onde di superficie il cui contenuto in frequenza copre un range da 25-30 Hz fino a 2 Hz che, in condizioni ottimali, offre una dettagliata ricostruzione dell'andamento delle Vs relativamente ai primi cento metri di profondità. L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p-f) che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni della linea sismica e nel rappresentare lo spettro di potenza su un grafico p-f.



In questa immagine risaltano gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza significativa, ed è possibile un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh, che hanno carattere dispersivo, da quelle riconducibili ad altri modi e tipi di onde (onde di Rayleigh di ordine superiore, onde di pressione, suono e rumore incoerente).

***A questo punto l'operatore, in maniera arbitraria ed in base all'esperienza, esegue un "picking" attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (p o 1/velocità di fase) per alcune frequenze. Tali valori vengono in seguito plottati su un diagramma periodo-velocità di fase per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello diretto 1D.***

È possibile, inoltre, creare un modello 2D analizzando le tracce di gruppi di geofoni lungo un allineamento. Per ogni gruppo si ricava un modello 1D che possono essere uniti per creare un modello 2D. Il modello 2D può permettere di individuare variazioni laterali di velocità delle onde di taglio, zone isolate a bassa velocità, l'andamento del bedrock e discontinuità verticali tipo faglie.

### **Operazioni di campagna**

Le metodiche analitiche del sistema rendono possibile operare in ambienti fortemente "inquinati" da rumore urbano e industriale tanto che ogni sito si presta ad essere studiato a patto che ci sia la possibilità di gestire in "sicurezza" uno stendimento complessivo di 50-200 ml". Osservate le comuni precauzioni che si adottano in qualsiasi campagna sismica (accoppiamento e verticalità dei geofoni, ad es.) si stabilisce la distanza intergeofonica (che sarà funzionale al target e compatibile con l'area disponibile), si impostano i parametri di acquisizione, intervallo di campionamento (sample rate, che varia da 2 a 4 ms) e tempo di registrazione (record length, da 15 a 30 s), ripetendo le misure dalle 4 alle 6 volte. La spaziatura geofonica rappresenta una sorta di filtro in frequenza per il segnale che può arrivare da tutte le direzioni. E' quindi implicito che maggiore è la spaziatura minore è la frequenza del segnale utile campionabile e di conseguenza maggiore è la profondità di investigazione. Questo fattore diventa interessante, e fondamentale, qualora l'oggetto dell'indagine sia la modellazione profonda, mentre può essere trascurabile se la finalità della misura è la definizione del profilo sismico verticale relativo a poche decine di metri.

### **DESCRIZIONE INDAGINE SISMICA MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)**

Il MASW analizza la proprietà dispersiva del modo fondamentale delle onde Rayleigh che si propagano orizzontalmente lungo la superficie direttamente dal punto di energizzazione ai ricevitori. L'inversione della curva di dispersione fornisce un accurato profilo delle onde di taglio al centro dell'array fino ad una profondità che in genere è  $\frac{1}{2}$  della lunghezza d'onda campionata. Il principale vantaggio di questa tecnica è l'approccio multicanale che permette di discriminare il segnale ricercato da altri tipi in base alla coerenza. Si sono utilizzati 24 ricevitori a 8.0 Hz collegati ad un sismografo multicanale. Ogni registrazione multicanale consiste di 24 sismogrammi, disposti in ordine e corrispondenti al moto rilevato ad ogni geofono. La sorgente utilizzata è stata una piccola carica esplosiva e, nell'eseguire le singole energizzazioni, si è atteso un momento di relativo silenzio. Inoltre, si sono ripetute le energizzazioni più volte, sommando successivamente i segnali ottenuti in modo aritmetico, ottenendo così un aumento del rapporto segnale-rumore. Per ogni registrazione si sono eseguite 3 energizzazioni. La sorgente è stata sempre posizionata esternamente all'array, e sempre in asse con esso, prima del primo geofono ad una distanza che è stata circa il 10 % dell'array ossia 3 metri dal primo geofono.

Non si sono ripetute le energizzazioni anche all'altro estremo dell'array, cioè vicino all'ultimo geofono. Per un sistema perfetto a strati piani e paralleli questa metodologia non avrebbe nessuna utilità aggiuntiva in fase di analisi, in quanto il sistema sarebbe esattamente simmetrico al caso dell'energizzazione standard (cioè fatta in corrispondenza del primo geofono). Infatti i nuovi dati, a parte il rumore, dovrebbero contenere esattamente lo stesso segnale utile presente negli altri dati. Sfortunatamente, sarà quasi impossibile trovare un sistema perfetto, cioè sarà sempre presente una minima variazione stratigrafica lungo l'array. La variabilità delle curve velocità di fase-frequenza ottenute assemblando diverse combinazioni di battute indica l'incertezza nella misura e quindi della procedura di inversione. Acquisiti i dati si procede eseguendo una trasformata bidimensionale frequenza-velocità di fase che permette di individuare il modo fondamentale delle onde di Rayleigh e, quindi, di estrarre la curva di dispersione; l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D), al centro del profilo, si ottiene ricercando il modello, con assegnata velocità delle onde P e peso di volume naturale, che meglio fitta la curva di dispersione. E' necessario sottolineare che, in tutti i codici che simulano la propagazione delle onde di superficie, i parametri Vp e densità sono estremamente poco influenti ai fini del modello. Ne consegue che:

**In nessun caso si può ritenere che il modello dia profili di Vp e densità.**

Questo, sottolineiamo ancora, vale per qualsiasi codice basato sulle onde di superficie. L'implicazione diretta è che i valori di Vp e densità da introdurre nel codice possono essere praticamente qualsiasi, seppur ragionevoli, pertanto, per le Vp sono stati ricavati i valori sulla base delle Vs secondo la relazione di Kitsunezaki (1990) che è:

1. Sopra il livello dell'acqua

$$V_p = 2 * V_s$$

2. Sotto il livello dell'acqua

$$V_p = 1.11 * V_s + 1290$$

Il peso di volume naturale utilizzato nell'inversione della curva di dispersione è quello ricavato dalla relazione proposta da Ludwig et al (1970) che correla le onde P al peso naturale del terreno.

Il modello – *opportunamente applicato* – può invece essere considerato uno stimatore del profilo di Vs con errori confrontabili a quelli di metodi più tradizionali, per lo meno nei primi 30 m di profondità.

## **RISULTATI DELLA CAMPAGNA DI INDAGINI EFFETTUATA COMBINANDO MASW E REMI**

Scopo della presente campagna di indagini geofisiche è stato quello di investigare i terreni per le profondità di interesse geotecnico al fine di fornire una caratterizzazione sismica degli stessi.

L'indagine effettuata ha permesso di ricostruire le **velocità medie delle onde di taglio** nel sottosuolo fino ad una profondità di 30 m circa.

I risultati sono sintetizzati nell'allegato chiamato Surface Wave Analysis dove sono rappresentati:

- La geometria dei geofoni a 8 Hz
- Il grafici frequenza – lentezza (inverso della Velocità di fase) rappresentante la trasformata bidimensionale per il ReMi
- la curva della dispersione in frequenza della velocità di fase per il modo fondamentale delle onde Rayleigh per il MASW
- il picking della curva della dispersione in frequenza della velocità di fase per il modo fondamentale delle onde Rayleigh sia per il MASW che per il Remi
- Il picking in formato numerico delle due curve di dispersione
- Il confronto fra il picking del MASW e del ReMi
- Il picking in formato numerico risultante dall'unione delle due curve di dispersione
- Le curve di dispersione sperimentale e teorica
- Il modello e il risultato del calcolo della  $V_{s30}$

## STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI DINAMICI E RIGIDITÀ SISMICA

Misurando le  $V_p$  con il metodo della rifrazione e le velocità delle onde di taglio  $S$  con il metodo ReMi e utilizzando la densità bifase del mezzo ( $\rho$ ), data dal rapporto fra il peso di volume e l'accelerazione di gravità ( $g$ ), si ottengono i parametri elastici dinamici dalle seguenti formule:

1. Coefficiente di Poisson  
$$\nu = \frac{\left[ 0.5 * \left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1 \right]}{\left[ \left( \frac{V_p}{V_s} \right)^2 - 1 \right]}$$
2. Modulo di deformazione a taglio dei terreni  
$$G = \rho * V_s^2$$
3. Modulo di compressibilità volumetrico  
$$K = \rho * \left( V_p^2 - \frac{4}{3} V_s^2 \right)$$
4. Modulo di Young  
$$E = \rho * V_s^2 \frac{3 \cdot V_p^2 - 4 \cdot V_s^2}{V_p^2 - V_s^2}$$

## STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI STATICI.

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni ( $< 10^{-4}$ ) e si osserva che i loro valori decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e delle correlazioni empiriche permettono di ottenerli partendo da quelli elastici dinamici. Nelle misure di laboratorio il rapporto  $E_d/E_s$  ( $E_d$  modulo di young o elastico dinamico –  $E_s$  modulo di young o elastico statico) è comunemente 2.0 [Cheng and Johnston, 1981], ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 [Gudmundsson, 1990; Link, 1968].

**Le correlazioni empiriche da noi proposte vanno comunque sempre provate.**

Rzhevsky e Novic hanno proposto la seguente relazione:

$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97 \quad E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico a quello statico:

$$G_{stat} = R * G$$

dove  $R$  è un parametro che è 0.15 per le sabbie mediamente dense  
dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici statici

1. Modulo di Poisson  
$$\nu = (E - 2G) / (2G)$$

2. Modulo di compressibilità volumetrico

$$K = G \cdot E / [3(3G - E)]$$

3. Modulo edometrico

$$E_{ed} = G \cdot (4G - E) / (3G - E)$$

4. Modulo di carico su piastra

$$M_e = 16G^2 / [\pi(4G - E)]$$

**E' inoltre possibile correlare le velocità delle onde longitudinali al peso specifico naturale dei terreni con la relazione di Ludwig et al (1970).**





## SURFACE WAVE ANALYSIS

## MASW 01 - REMI 01

|                |                                                                                                                                                             |             |              |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| - committente: | IN.CO.SE.T. S.r.l.                                                                                                                                          | - data:     | 23/10/2012   |
| - lavoro:      | Opere infrastrutturali integrative connesse alla convenzione per la realizzazione dell'insediamento produttivo in via Ferrante Imparato, 501 – Area ex ICMi | - Commessa: | <b>W313</b>  |
| - località:    | Via Traversa Il Macello – Napoli                                                                                                                            | - Rif:      | <b>GM133</b> |
| - note:        |                                                                                                                                                             |             |              |

### POSIZIONE DELLE SORGENTI LUNGO IL PROFILO

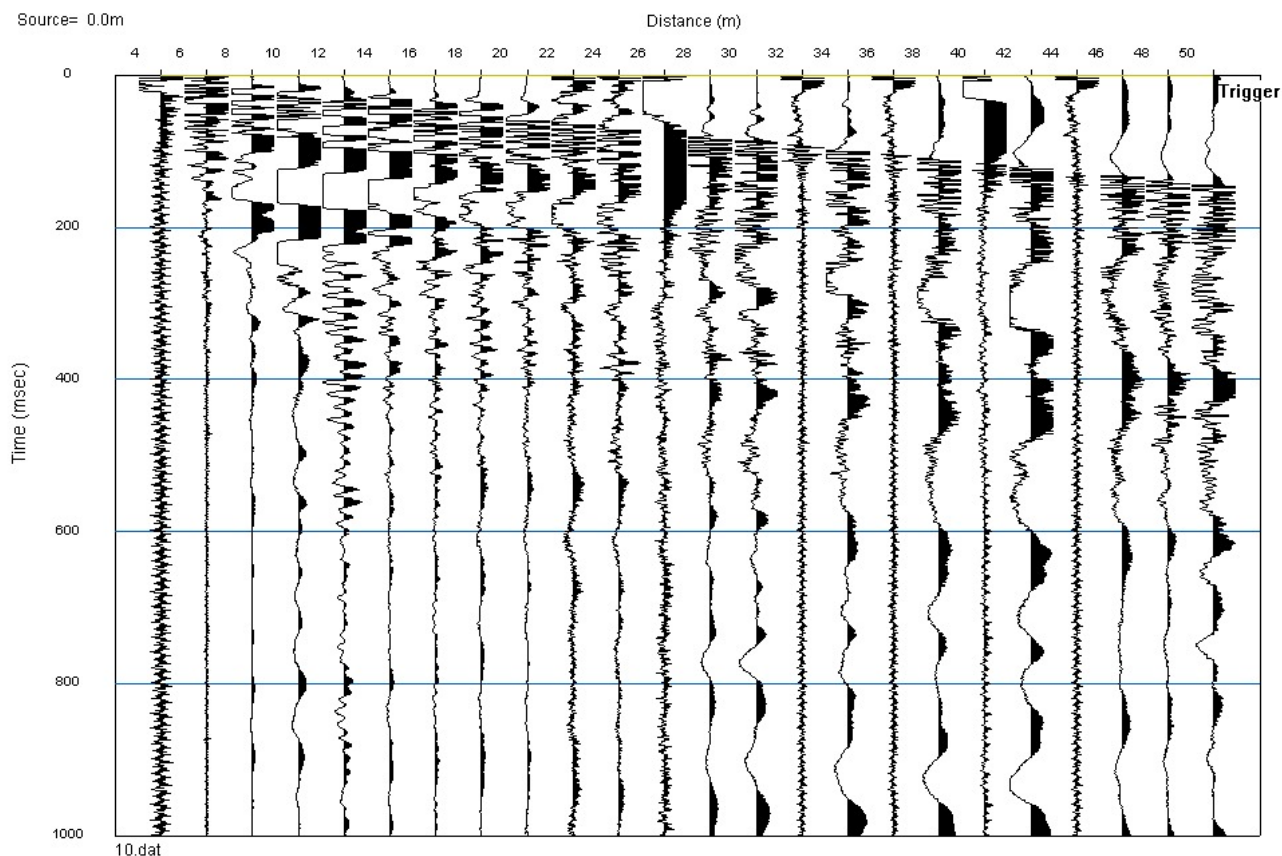
| SORGENTE     | S1   | S2    |  |  |
|--------------|------|-------|--|--|
| DISTANZA (m) | 0.00 | 54.00 |  |  |
| Quote (m)    | 0.00 | 0.00  |  |  |

| GEOFONI | DISTANZE (m) | QUOTE (m) | MASW                     |                             | REMI                    |                             |
|---------|--------------|-----------|--------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------------|
|         |              |           | Tempo registrazione msec | Intervallo campionamento ms | Tempo registrazione sec | Intervallo campionamento ms |
| G1      | 4.0          | 0.00      | 1000                     | 1                           | 30                      | 2                           |
| G2      | 6.0          | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G3      | 8.0          | 0.00      |                          |                             | Numero registrazioni    | Registrazioni usate         |
| G4      | 10.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G5      | 12.0         | 0.00      |                          |                             | 10                      | 10                          |
| G6      | 14.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G7      | 16.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G8      | 18.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G9      | 20.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G10     | 22.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G11     | 24.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G12     | 26.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G13     | 28.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G14     | 30.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G15     | 32.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G16     | 34.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G17     | 36.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G18     | 38.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G19     | 40.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G20     | 42.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G21     | 44.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G22     | 46.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G23     | 48.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |
| G24     | 50.0         | 0.00      |                          |                             |                         |                             |

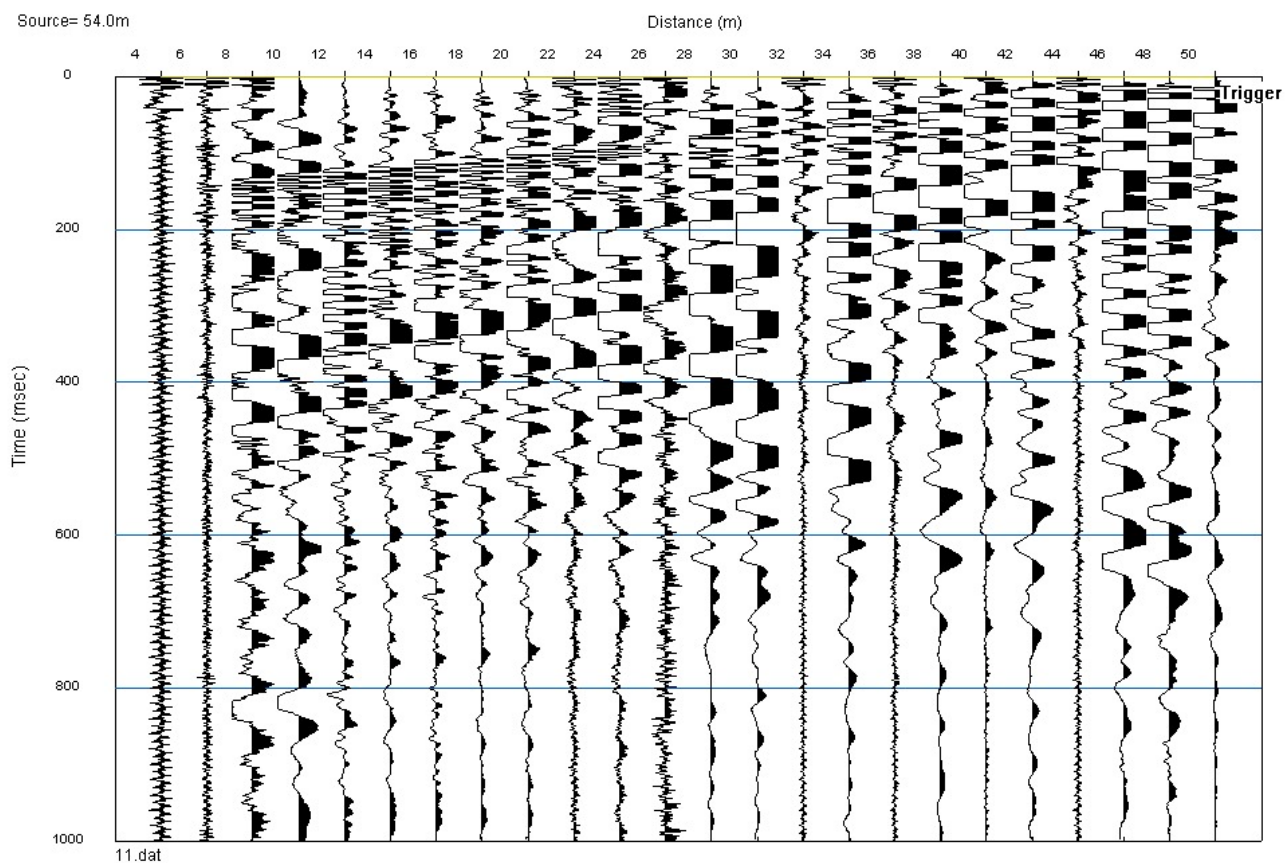
## SURFACE WAVE ANALYSIS

## MASW 01 - REMI 01

Sismogrammi registrati a sinistra dell'array per il MASW



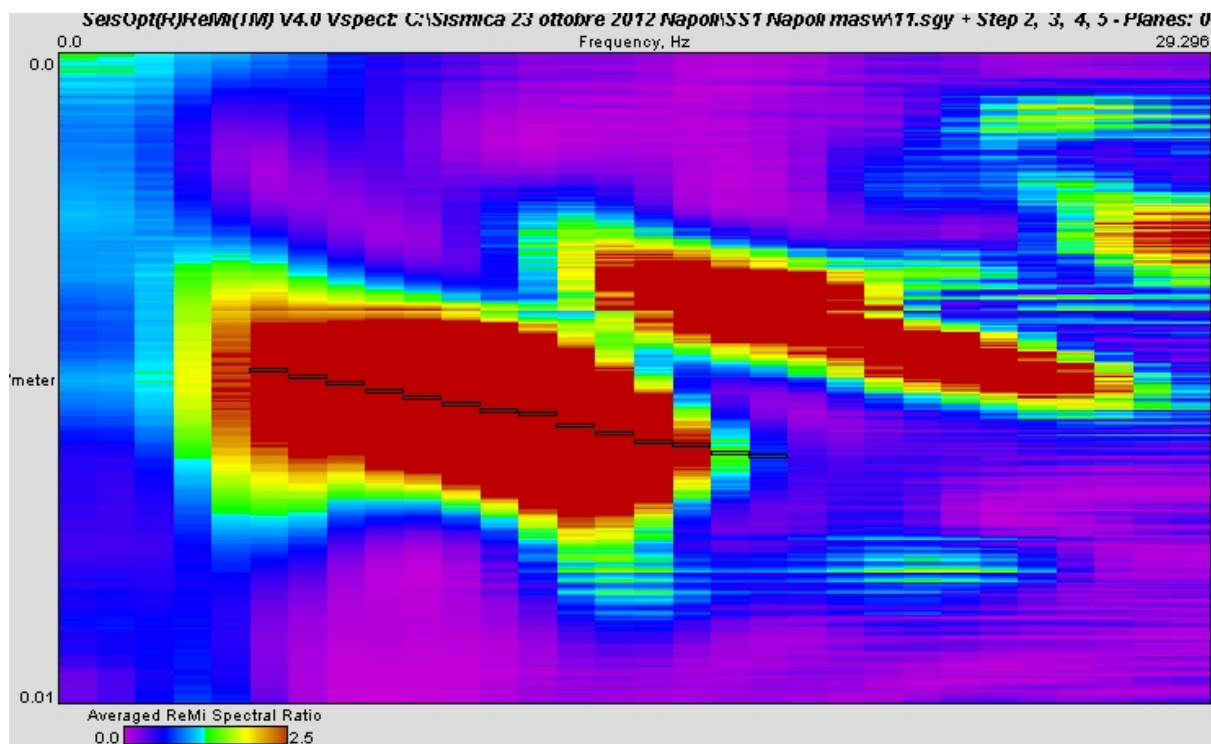
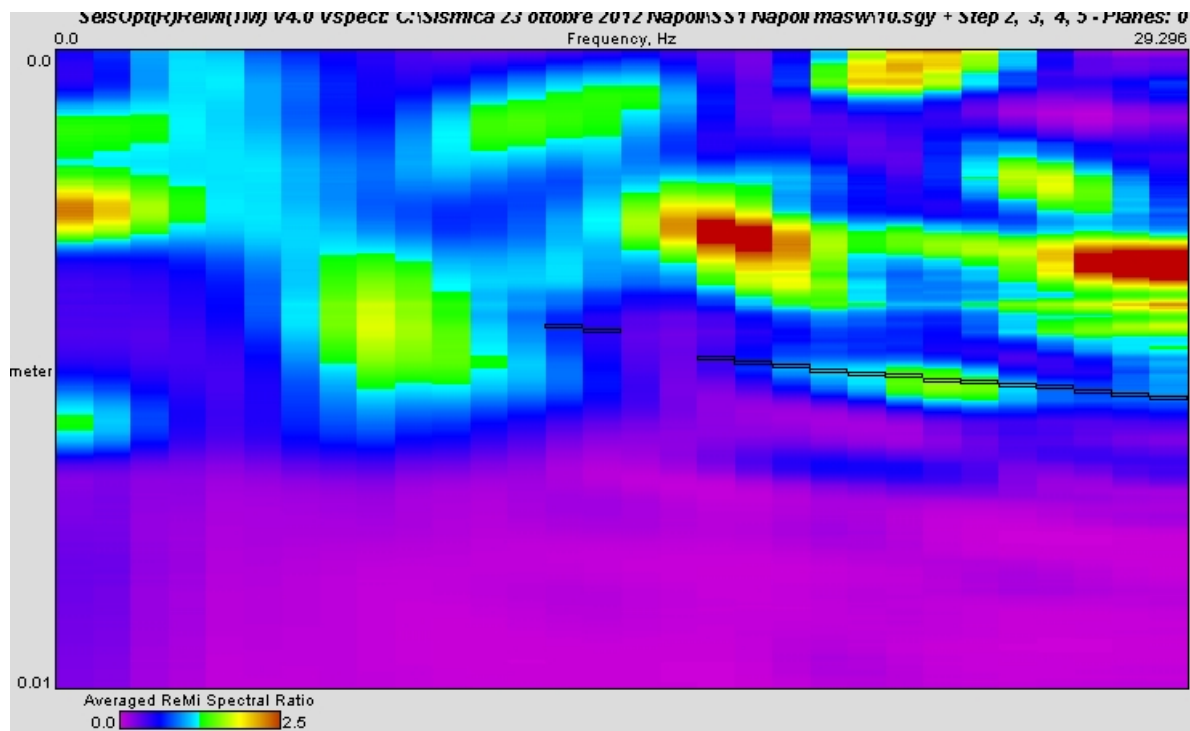
### Sismogrammi registrati a destra dell'array per il MASW



## SURFACE WAVE ANALYSIS

## MASW 01 - REMI 01

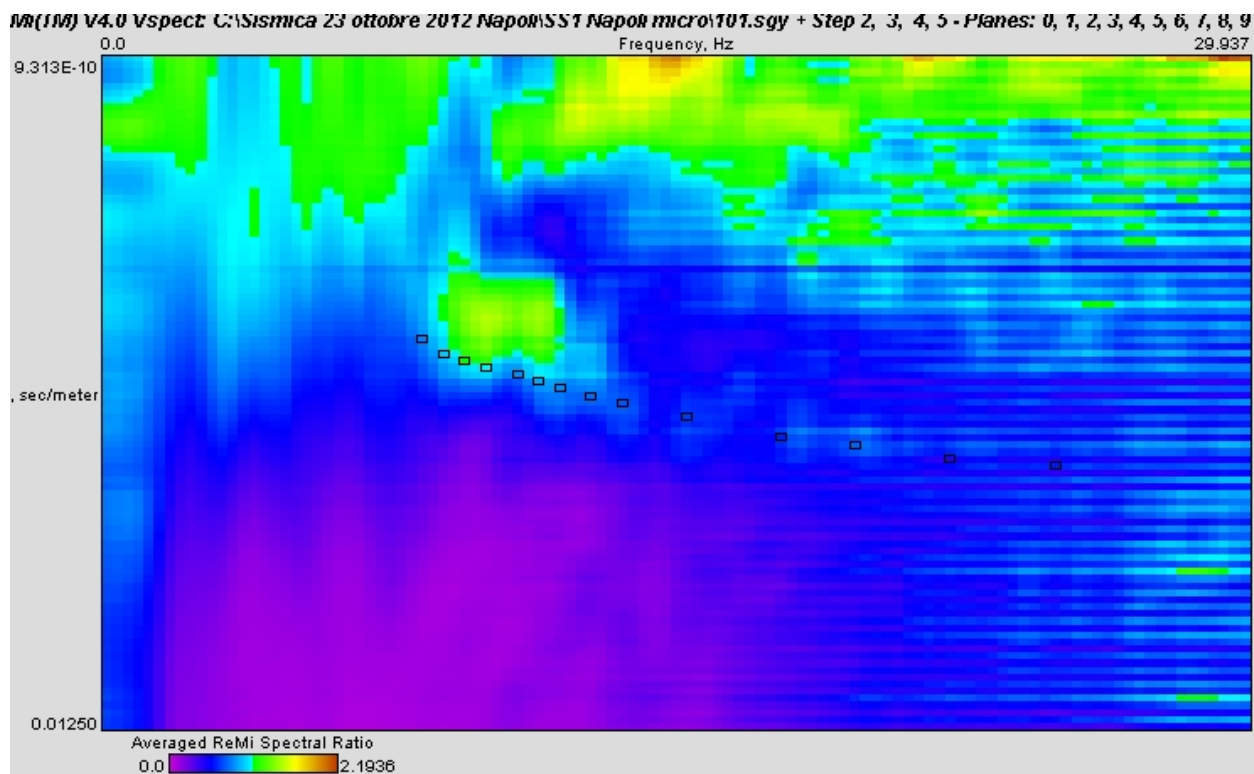
Diagramma lentezza(inverso velocità fase)-frequenza con picking della curva di dispersione sperimentale per il MASW con sorgente a *sinistra* e a *destra*.



---

**Diagramma lentezza(inverso velocità fase)-frequenza con picking della curva di dispersione sperimentale per il ReMi**

---



## SURFACE WAVE ANALYSIS

## MASW 01 - REMI 01

### Curva di dispersione sperimentale MASW

| SS1           |                   |
|---------------|-------------------|
| frequenza, Hz | Velocità di fase, |
| 12.695        | 231.4815          |
| 13.671        | 228.8330          |
| 16.601        | 207.9002          |
| 17.578        | 204.4990          |
| 18.554        | 202.4291          |
| 19.531        | 200.0000          |
| 20.507        | 198.0198          |
| 21.484        | 197.2387          |
| 22.46         | 194.1748          |
| 23.437        | 193.0502          |
| 24.414        | 191.2046          |
| 25.39         | 190.1141          |
| 26.367        | 187.6173          |
| 27.343        | 185.5288          |
| 28.32         | 183.8235          |

### Curva di dispersione sperimentale MASW

| SS2           |                   |
|---------------|-------------------|
| frequenza, Hz | Velocità di fase, |
| 4.8828        | 205.7613          |
| 5.8593        | 201.2072          |
| 6.8359        | 198.0198          |
| 7.8124        | 193.0502          |
| 8.789         | 189.3939          |
| 9.7656        | 185.5288          |
| 10.742        | 182.1494          |
| 11.718        | 180.5054          |
| 12.695        | 175.4386          |
| 13.671        | 171.5266          |
| 14.648        | 167.7852          |
| 15.624        | 166.3894          |
| 16.601        | 162.8664          |
| 17.578        | 161.5509          |

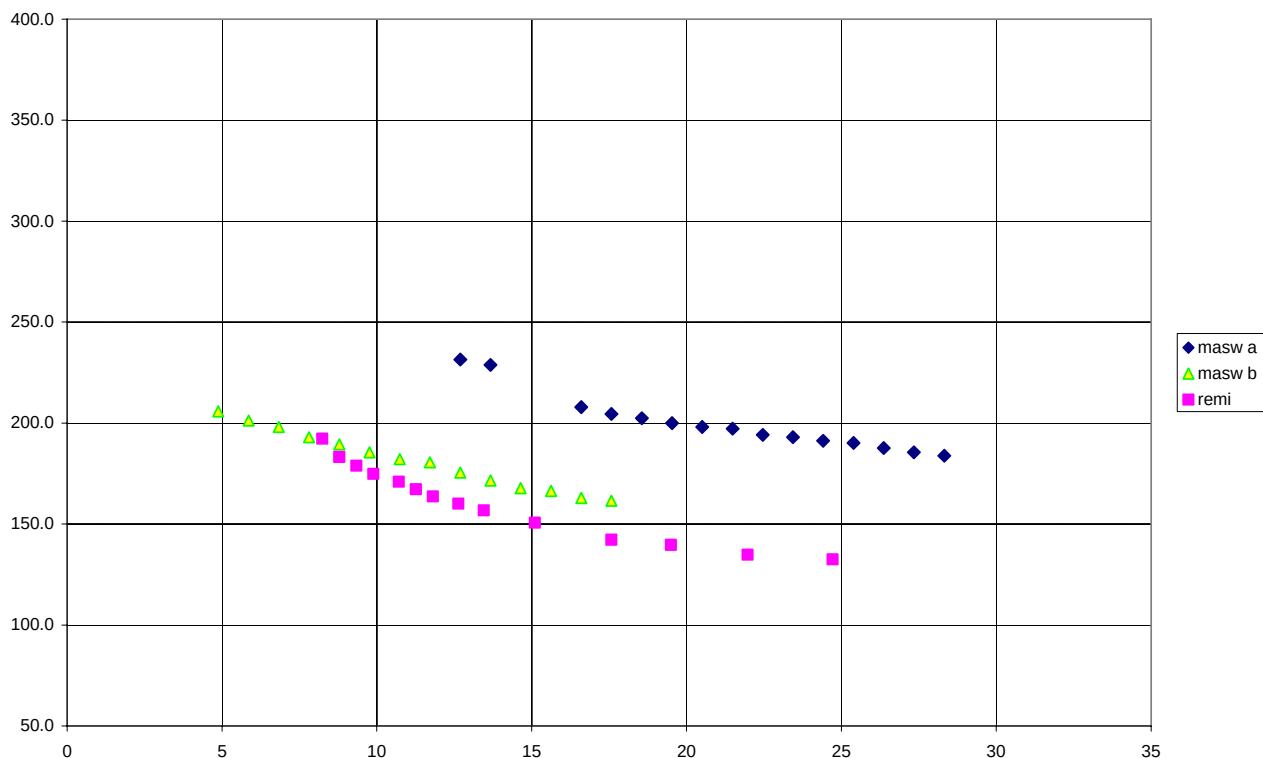
### Curva di dispersione sperimentale ReMi

| SS1           |                   |
|---------------|-------------------|
| frequenza, Hz | Velocità di fase, |
| 8.2397        | 192.3077          |
| 8.789         | 183.1502          |
| 9.3383        | 178.8909          |
| 9.8876        | 174.8252          |
| 10.711        | 170.9402          |
| 11.26         | 167.2241          |
| 11.81         | 163.6661          |
| 12.634        | 160.0000          |
| 13.458        | 156.7398          |
| 15.106        | 150.6024          |
| 17.578        | 142.2475          |
| 19.5          | 139.6648          |
| 21.972        | 134.7709          |
| 24.719        | 132.4503          |

## SURFACE WAVE ANALYSIS

## MASW 01 - REMI 01

### Confronto fra Curva di dispersione sperimentale MASW (con sorgente a destra e a sinistra) e REMI



### Curva di dispersione sperimentale MASW - ReMi

SS01

| frequenza, Hz | Velocità di fase, m/s | frequenza, Hz | Velocità di fase, m/s |
|---------------|-----------------------|---------------|-----------------------|
| 4.8828        | 205.7613              | 11.718        | 180.5054              |
| 5.8593        | 201.2072              | 12.695        | 175.4386              |
| 6.8359        | 198.0198              | 13.671        | 171.5266              |
| 7.8124        | 193.0502              | 14.648        | 167.7852              |
| 8.789         | 189.3939              | 15.624        | 166.3894              |
| 9.7656        | 185.5288              | 16.601        | 162.8664              |
| 10.742        | 182.1494              | 17.578        | 161.5509              |





### **INTERPRETAZIONE**

| <b>profondità, m</b> | <b>Peso naturale<br/>g/cc</b> | <b>Vp, m/s</b> | <b>Vs, m/s</b> |
|----------------------|-------------------------------|----------------|----------------|
| 0.0 - 4.65           | 1.40                          | 318.0          | 159.0          |
| 4.65 - 19.5          | 1.60                          | 431.7          | 215.8          |
| 19.5 - 30            | 1.80                          | 500.0          | 250.0          |

$$V_{S_{30}} = 30 / \sum_1^n h_1 / V_1 = 214.2 \text{ m/sec}$$

### **PROVA SISMICA IN FORO TIPO “DOWN-HOLE”.**

*Con sismografo Marca Geometrics Modello GEODE a 24 canali e geofono tridimensionale da foro Mod. Geostuff. L'indagine sismica è stata spinta fino alla profondità di 30,00 m eseguendo misurazioni ogni 2,00 m. L'offset è di 3.0 m.*

Nella presente campagna di indagini è stata realizzata n° 1 prova sismica tipo "Down-Hole" all'interno del foro di sondaggio S1 , in precedenza adeguatamente condizionato per una profondità di 30,00 m. La prova è consistita nella registrazione delle onde generate in superficie ad una distanza fissa dal foro "Offset" (4.00 m), mediante l'impiego di un geofono tridimensionale (Marca Geostuff) dotato di sensori disposti nelle tre direzioni spaziali e provvisto di un sistema per l'ancoraggio alle pareti del foro. Le registrazioni sono state effettuate disponendo il geofono a profondità variabili all'interno del foro con distanza fra due misure successive di 2,0 m ed utilizzando un apparato di registrazione consistente in un sismografo Geometrics Mod. GEODE a 24 canali. Per l'energizzazione è stata utilizzato un maglio battuto su piastre metalliche disposte in superficie. Per ogni punto di registrazione sono stati ottenuti dei sismogrammi che sono stati memorizzati su supporto magnetico per essere successivamente elaborati. Il trattamento dei dati è stato effettuato con l'ausilio del software dedicato SeisOpt Piker. Il filtraggio consente di effettuare una “pulizia” del segnale e di conseguenza di misurare i tempi di arrivo delle onde longitudinali e trasversali con maggiore precisione. In particolare è stato applicato un filtro Passa Banda eliminando le frequenze minori di 20 Hz e quelle maggiori di 250 Hz. Per l'elaborazione dei dati è stato utilizzato un foglio di calcolo (impostato con l'ausilio del software Excel) che partendo dai valori di  $t_p$  e  $t_s$ , nota la distanza del punto di energizzazione permette di ricavare le velocità di propagazione delle onde di compressione ( $v_p$ ) e di taglio ( $v_s$ ) fra due registrazioni successive. I risultati delle prove, riassunti nelle cartelle seguenti, comprendono:

- letture di campagna, elaborazioni, grafici e calcolo dei moduli dinamici.

## DESCRIZIONE DELLE INDAGINI SISMICHE DOWN-HOLE (RIF. SONDAGGIO GEOGNOSTICO S2)

| DESCRIZIONE DELLE INDAGINI SISMICHE |                                                                                                                                                            |             |            |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------|
| - committente:                      | IN.CO.SE.T. S.r.l.                                                                                                                                         | - data:     | 23/10/2012 |
| - lavoro:                           | Opere infrastrutturali integrative connesse alla convenzione per la realizzazione dell'insediamento produttivo in via Ferrante Imparato, 501 – Area ex ICM | - Commessa: | W313       |
| - località:                         | Via Traversa Il Macello – Napoli                                                                                                                           | - Rif:      | GD028      |
| - note:                             |                                                                                                                                                            |             |            |

Nella prospezione sismica si producono delle onde elastiche con una massa battente o con una carica esplosiva e si registrano, dopo che hanno percorso un certo tragitto nel sottosuolo, le onde che riemergono con un sismografo collegato a dei rilevatori del moto del suolo (geofoni). Il metodo della sismica a rifrazione utilizza quelle onde che, quando incontrano una discontinuità, subiscono il fenomeno della rifrazione. In particolare si registra il tempo che impiega il treno d'onda per arrivare al geofono.

- Utilizzando un geofono tridimensionale da pozzo si ricavano i tempi di arrivo delle onde sismiche longitudinali e trasversali.

### Apparecchiatura utilizzata

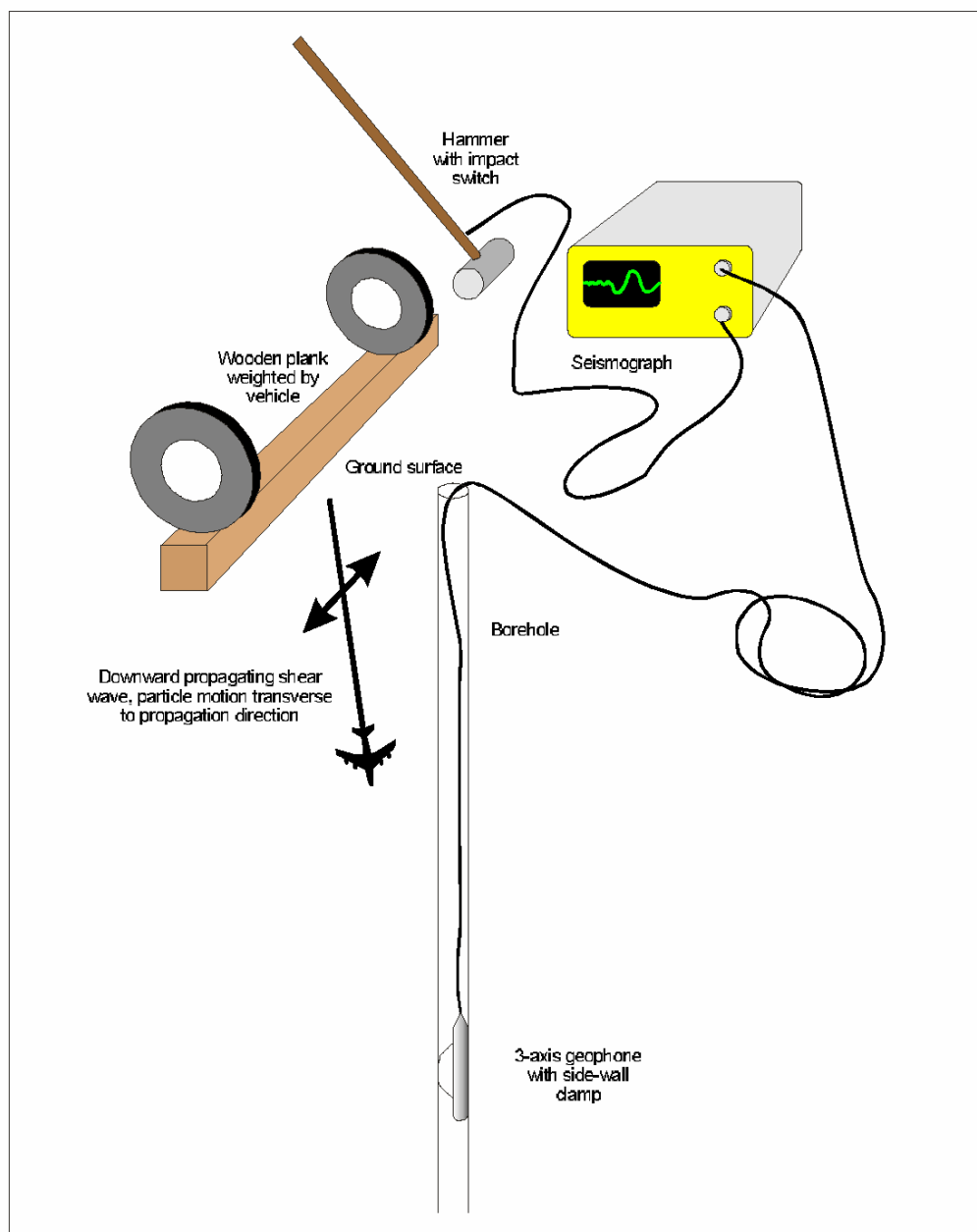


L'apparecchiatura utilizzata è data dai moduli sismici chiamati "GeodeTM" della Geometrics collegati tramite una PMCIA ad un computer portatile. Il Geode è controllato dal computer ad esso collegato con un software chiamato Geode Operative Software (GOS). Ad un singolo geode, per una indagine, possono essere collegati fino a 24 "geofoni", ossia rilevatori delle vibrazioni indotte nel sottosuolo. Per lo scopo dell'indagine è stato collegato un geofono tridimensionale da pozzo. Il geode è controllato da un software chiamato Single Geode Operative Software (SGOS). L'apparecchiatura è dotata di incremento automatico del segnale con algoritmo di sommatoria e consente la visione in simultanea dei dati sullo schermo del computer. Si può, inoltre, manipolare il segnale con appositi filtri, verificare il livello di rumori generati da sorgenti estranee (vento, rumori naturali, mezzi meccanici, ecc.) e scegliere l'amplificazione più idonea del segnale. L'energizzazione è fornita da una mazza a cui è legato un trigger che dà il tempo iniziale dell'eccitazione. La misura delle vibrazioni indotte è eseguita con un geofono da pozzo che è costituito da tre geofoni: uno verticale che misura le vibrazioni longitudinali e due orizzontali che misurano le due

componenti orizzontali della onda di taglio S (SV e SH). Il geofono da pozzo modello BHGC1 della “geostuff” è dotato di un sistema di ancoraggio che si aziona da una centralina e di un sistema che lo orienta sempre al nord.

### SONDAGGIO DOWN HOLE

Procedura sperimentale down hole. In **Figura16** é rappresentato lo schema di una prova down hole.



**Figura 16** – Schema prova Down-Hole

La sorgente consiste in una trave di legno tenuta ferma con un veicolo e che viene colpita lateralmente con un martello a cui è agganciato un trasduttore di velocità utilizzato come trigger. Quando si colpisce lateralmente la trave, si applica uno sforzo di taglio al suolo e onde prevalentemente trasversali si muovono perpendicolarmente alla trave verso il geofono.

*La procedura sperimentale si articola nelle seguenti fasi:*

- dopo avere opportunamente predisposto il piano d'appoggio, la sorgente viene adagiata in superficie ad una distanza di 4 m dal foro. Viene orientata in direzione ortogonale ad un raggio uscente dall'asse del foro;
- i ricevitori vengono collegati in modo da impedirne la rotazione relativa (trasduttori orizzontali a due a due paralleli e concordi - orientamento relativo) e di fissarne la distanza (2 m): un motore orienta il geofono della Geostuff sempre a nord;
- i ricevitori vengono assicurati alle pareti del tubo di rivestimento;
- si colpisce la parte superiore della trave e si registra solo l'arrivo dell'onda longitudinale (P);
- si colpisce la sorgente da un lato e si misura solo sui due geofoni orizzontali. Si registra l'involuppo delle due componenti dell'onda S (onda di taglio) e dell'onda longitudinale.
- si colpisce la trave dall'altro lato e si registra il segnale: l'onda trasversale che si produce ha polarità inversa rispetto a quella registrata prima e la P ha la stessa polarità;
- eseguite tutte le registrazioni volute, la profondità dei ricevitori viene modificata e la procedura sperimentale ripetuta;
- In fase di elaborazione, si osserva che nel tratto iniziale della registrazione, ove è presente solo l'onda P, si ha sovrapposizione fra le due registrazioni e quando comincia l'onda S, si osserva una inversione di fase. (è il tipo di osservazione eseguita nelle elaborazioni presentate);
- Se si sommano le due onde S, quella positiva e quella negativa, invertendo il segno, rimane solo l'onda S.

#### **Acquisizione e Interpretazione delle misure down hole**

Vengono registrati i tempi di arrivo delle onde P e le due componenti orizzontali della onda S. Queste registrazioni forniscono tre sismogrammi per ogni registrazione che hanno una frequenza compresa fra i 5 e i 100 Hz. Le onde sono state registrate con intervallo di campionamento di 0.25 msec per 200.0 msec. Per l'analisi delle down hole i tempi di viaggio ( $t$ ) misurati lungo i percorsi sorgente-ricevitore ( $d$ ) vengono inizialmente corretti per tenere conto dell'inclinazione del percorso delle onde. Detta  $H$  la distanza della sorgente dall'asse del foro e  $z$  la profondità del geofono, la trasformazione dei treni nei corrispondenti valori modificati ( $T_v$ ), si ottiene mediante la semplice formula di conversione:

$$Tv = \frac{z}{d} * t = \frac{z}{\sqrt{z^2 + H^2}}$$

Successivamente, i tempi  $t$  vengono diagrammati in funzione della profondità ( $z$ ). In tal modo la velocità media delle onde SH e P in strati omogenei di terreno è descritta dall'inclinazione rispetto all'asse dei tempi di segmenti di retta lungo i quali si allineano i dati sperimentali. Viene fornita anche una stima delle velocità  $V_s$  e  $V_p$  per strati di 2 metri di spessore. Utilizzando la densità bifase del mezzo ( $\rho$ ), data dal rapporto fra il peso di volume e l'accelerazione di gravità ( $g$ ), si ottengono i parametri elastici dinamici dalle seguenti formule:

1. Coeff. di Poisson

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

2. Modulo di deformazione a taglio dei terreni

$$G = \rho * V_s^2$$

3. Modulo di compressibilità volumetrico

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

4. Modulo di Young

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

Dalla relazione di Ludwig (1970), si fornisce anche il peso di volume naturale del terreno

5. Peso di volume naturale

$$\gamma_n = 1.2745 + 0.399 * V_p - 0.026 * V_p^2$$



### **Stima dei parametri elastici statici.**

I moduli elastici dinamici sono misurati per piccole deformazioni ( $< 10^{-4}$ ) e si osserva che i moduli elastici in generale decrescono con l'aumentare delle deformazioni. I moduli elastici statici misurati in laboratorio (deformazioni  $> 10^{-4}\%$ ) sono pertanto più piccoli di quelli misurati in sito e si possono essere correlati a quelli elastici dinamici. Le correlazioni sono empiriche e vanno di volta in volta provate. Nelle misure di laboratorio il rapporto  $E_d/E_s$  ( $E_d$  modulo di young o elastico dinamico –  $E_s$  modulo di young o elastico statico) è comunemente 2.0 [Cheng and Johnston, 1981], ma per misure in sito questo rapporto varia fra 1.5 e 9.1 [Gudmundsson, 1990; Link, 1968].

Rzhevsky e Novic hanno proposto la seguente relazione:

$$E_{din} = 8.3 E_{stat} + 0.97$$

$$E_{stat} = (E_{din} - 0.97) / 8.3$$

Massarch (1984) ha proposto la seguente relazione per passare dal modulo di taglio dinamico e quello statico:

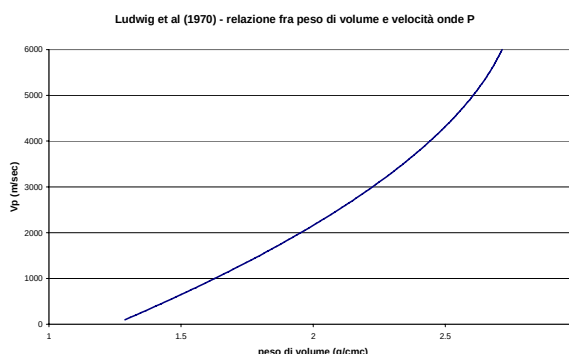
$$G_{stat} = R * G$$

dove  $R$  è un parametro che è 0.18 per terreni ghiaiosi e 0.11 per terreni fini.

Dai due parametri si ricavano gli altri parametri elastici statici:

1. Modulo di Poisson  $\nu = (E - 2G) / (2G)$
2. Modulo di compressibilità volumetrico  $K = G * E / [3(3G - E)]$
3. Modulo edometrico  $e_d = G * (4G - E) / (3G - E)$
4. Modulo di carico su piastra  $M_e = 16G^2 / [\pi(4G - E)]$

**E' inoltre possibile correlare le velocità delle onde longitudinali al peso specifico naturale dei terreni con la relazione di Ludwig et al (1970).**



*Si fornisce di seguito, anche la Vs30 definita dalla nuova normativa.*

L'Ordinanza 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri ha introdotto la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica, che ci adegua allo standard europeo e mondiale. Oltre alle importanti novità relative alle metodologie di calcolo ingegneristico è stata introdotta la classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto in 5 categorie principali (dalla A alla E) a cui ne sono aggiunte altre 2 (S1 ed S2 per le quali sono richiesti studi speciali per definire l'azione sismica da considerare), sulla base del parametro Vs30. Questo rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 m di profondità (al di sotto del piano di fondazione) ed è calcolato mediante la seguente espressione:

$$V_{s30} = 30 / \sum_{i=1}^n h_i / V_i$$

dove h<sub>i</sub> e V<sub>i</sub> indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei 30 metri superiori. La proposta della nuova normativa conclude che il sito verrà classificato sulla base del valore di Vs se disponibile, altrimenti sulla base del valore di Nspt o della cu.

**PROVA SISMICA IN FORO - DOWN- HOLE DH S1**  
**DISCRETIZZAZIONE IN STRATI OMOGENEI (VS30)**

**PARAMETRI ELASTICI DINAMICI DEI TERRENI**

| Strato | Spessore    | Peso di Volume $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> ) | $\rho$ (Kg*sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> ) | Velocità media Vp (m/s) | Velocità media Vs (m/s) | Indice di Poisson $\nu$ | Modulo di Young E (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Modulo di Taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Mod. di Incompressibilità K (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Rigidità |
|--------|-------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------|
| 1      | 0.00-3.69   | 1.67                                         | 169.75                                        | 1130.3                  | 133.8                   | 0.49                    | 907.02                                  | 303.78                                   | 21280.94                                          | 0.22     |
| 2      | 3.69-10.45  | 1.82                                         | 185.81                                        | 1610.9                  | 271.0                   | 0.49                    | 4052.78                                 | 1364.17                                  | 46396.43                                          | 0.49     |
| 3      | 10.45-20.71 | 1.97                                         | 200.70                                        | 2093.7                  | 391.8                   | 0.48                    | 9130.82                                 | 3080.87                                  | 83872.63                                          | 0.77     |
| 4      | 20.71-30.00 | 2.10                                         | 213.64                                        | 2549.8                  | 444.6                   | 0.48                    | 12539.06                                | 4223.85                                  | 133265.14                                         | 0.93     |

**STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI STATICI**

| Strato | Spessore    | Peso di Volume $\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> ) | Indice di Poisson $\nu$ | Modulo di Young E (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Modulo di Taglio G (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Mod. di Incompressibilità K (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Modulo edometrico Eed (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Modulo di carico su piastra Me (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|-------------|----------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1      | 0.00-3.69   | 1.67                                         | 0.33                    | 5.42                                    | 2.03                                     | 8.14                                              | 5.42                                        | 7.77                                                 |
| 2      | 3.69-10.45  | 1.82                                         | 0.33                    | 56.04                                   | 21.02                                    | 84.07                                             | 56.04                                       | 80.28                                                |
| 3      | 10.45-20.71 | 1.97                                         | 0.35                    | 198.99                                  | 73.53                                    | 323.91                                            | 225.88                                      | 289.46                                               |
| 4      | 20.71-30.00 | 2.10                                         | 0.33                    | 326.38                                  | 122.39                                   | 489.57                                            | 326.38                                      | 467.51                                               |

$$V_{S30} = 30 / \sum_1^n h_i / V_i = 301.2 \text{ m/sec al p.c.}$$

angoli di attrito utilizzato nei calcoli

| Strato | Spessore    | $\phi^\circ$ |
|--------|-------------|--------------|
| 1      | 0.00-3.69   | 30           |
| 2      | 3.69-10.45  | 30           |
| 3      | 10.45-20.71 | 27           |
| 4      | 20.71-30.00 | 30           |

## PROVA SISMICA IN FORO - DOWN-HOLE

**DH 01**

|                |                                                                                                                                                             |             |              |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|
| - committente: | IN.CO.SE.T. S.r.l.                                                                                                                                          | - data:     | 23/10/2012   |
| - lavoro:      | Opere infrastrutturali integrative connesse alla convenzione per la realizzazione dell'insediamento produttivo in via Ferrante Imparato, 501 – Area ex ICMI | - Commessa: | <b>W313</b>  |
| - località:    | Via Traversa Il Macello – Napoli                                                                                                                            | - Rif:      | <b>GD028</b> |
| - note:        |                                                                                                                                                             |             |              |

|                           |         |
|---------------------------|---------|
| - Profondità foro:        | 30.00 m |
| - Offset:                 | 3m      |
| - Intervallo scoppi:      | 2.00 m  |
| - Ø tubo condizionamento: | 80 mm   |

## LETTURE DI CAMPAGNA

| ONDE DI COMPRESSIONE |                 |              | ONDE DI TAGLIO |                 |              |
|----------------------|-----------------|--------------|----------------|-----------------|--------------|
| SCOPPI               | PROFONDITA' (m) | TEMPI (msec) | SCOPPI         | PROFONDITA' (m) | TEMPI (msec) |
| Z0                   | 0.00            | 0.00         | Z0             | 0.00            | 0.00         |
| Z1                   | 2.00            | 3.19         | Z1             | 2.00            | 26.95        |
| Z2                   | 4.00            | 4.26         | Z2             | 4.00            | 33.36        |
| Z3                   | 6.00            | 5.32         | Z3             | 6.00            | 39.76        |
| Z4                   | 8.00            | 6.39         | Z4             | 8.00            | 46.17        |
| Z5                   | 10.00           | 7.45         | Z5             | 10.00           | 52.57        |
| Z6                   | 12.00           | 8.44         | Z6             | 12.00           | 57.76        |
| Z7                   | 14.00           | 9.37         | Z7             | 14.00           | 62.73        |
| Z8                   | 16.00           | 10.30        | Z8             | 16.00           | 67.69        |
| Z9                   | 18.00           | 11.22        | Z9             | 18.00           | 72.66        |
| Z10                  | 20.00           | 12.15        | Z10            | 20.00           | 77.70        |
| Z11                  | 22.00           | 12.99        | Z11            | 22.00           | 82.19        |
| Z12                  | 24.00           | 13.76        | Z12            | 24.00           | 86.67        |
| Z13                  | 26.00           | 14.53        | Z13            | 26.00           | 91.15        |
| Z14                  | 28.00           | 15.31        | Z14            | 28.00           | 95.63        |
| Z15                  | 30.00           | 16.08        | Z15            | 30.00           | 100.11       |

## DATI ELABORATI

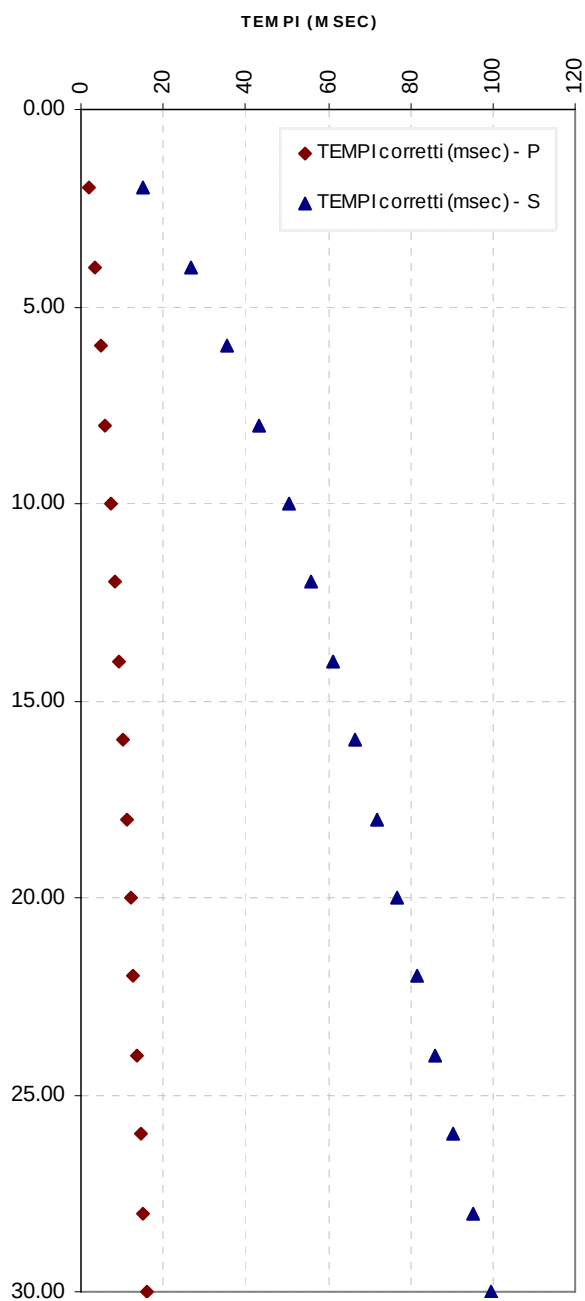
### ONDE DI COMPRESSIONE

| PROFONDITA'<br>(m) | TEMPI<br>corretti<br>(msec) | VELOCITA'<br>INTERVALLARI<br>(m/sec) |
|--------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 0.00               | 0.00                        | 0.00                                 |
| 2.00               | 1.77                        | 1130.27                              |
| 4.00               | 3.40                        | 1223.61                              |
| 6.00               | 4.76                        | 1476.71                              |
| 8.00               | 5.98                        | 1639.18                              |
| 10.00              | 7.14                        | 1728.08                              |
| 12.00              | 8.19                        | 1893.12                              |
| 14.00              | 9.16                        | 2061.22                              |
| 16.00              | 10.12                       | 2088.08                              |
| 18.00              | 11.07                       | 2105.63                              |
| 20.00              | 12.01                       | 2117.61                              |
| 22.00              | 12.87                       | 2349.19                              |
| 24.00              | 13.65                       | 2539.90                              |
| 26.00              | 14.44                       | 2547.53                              |
| 28.00              | 15.22                       | 2553.32                              |
| 30.00              | 16.00                       | 2557.81                              |

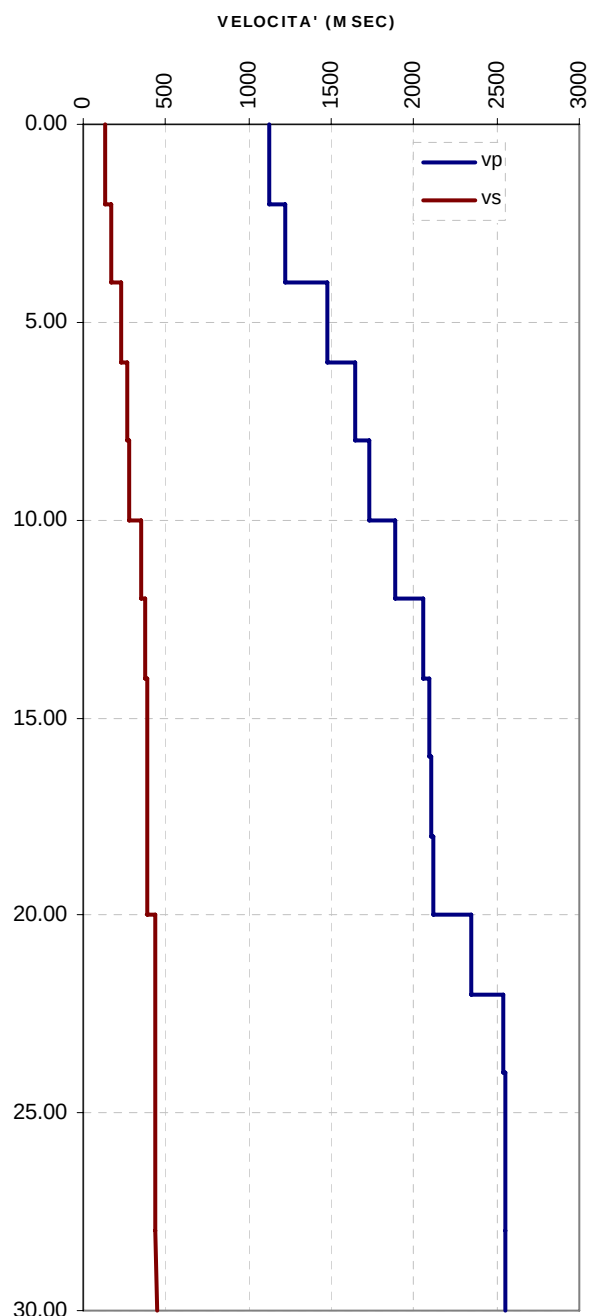
### ONDE DI TAGLIO

| PROFONDITA'<br>(m) | TEMPI<br>corretti<br>(msec) | VELOCITA'<br>INTERVALLARI<br>(m/sec) |
|--------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| 0.00               | 0.00                        | 0.00                                 |
| 2.00               | 14.95                       | 133.77                               |
| 4.00               | 26.69                       | 170.43                               |
| 6.00               | 35.56                       | 225.27                               |
| 8.00               | 43.23                       | 261.00                               |
| 10.00              | 50.35                       | 280.63                               |
| 12.00              | 56.04                       | 351.99                               |
| 14.00              | 61.33                       | 377.50                               |
| 16.00              | 66.53                       | 384.71                               |
| 18.00              | 71.67                       | 389.36                               |
| 20.00              | 76.84                       | 386.43                               |
| 22.00              | 81.43                       | 436.00                               |
| 24.00              | 86.00                       | 438.07                               |
| 26.00              | 90.55                       | 439.60                               |
| 28.00              | 95.08                       | 440.76                               |
| 30.00              | 99.61                       | 441.65                               |

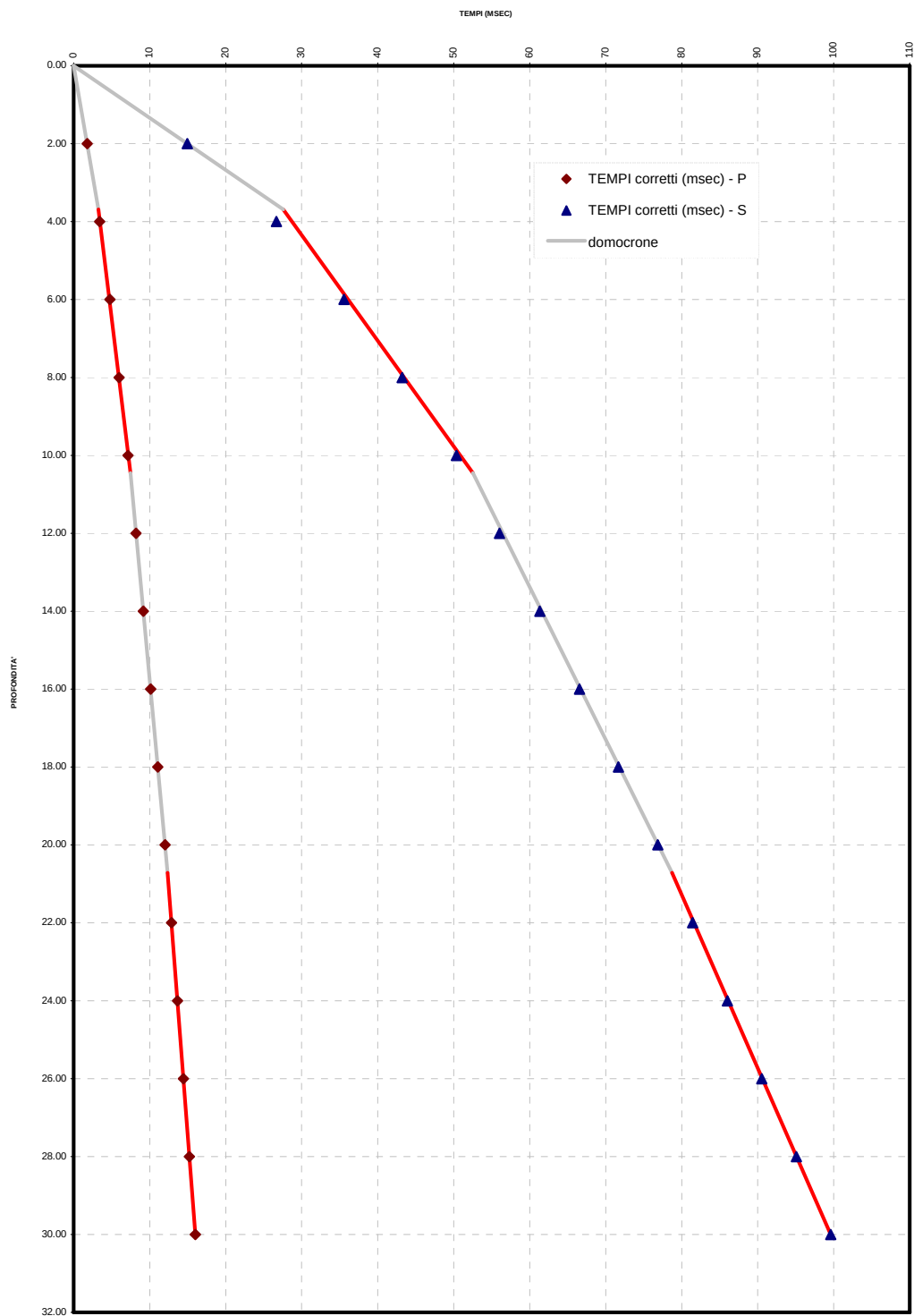
### PROFONDITA' - TEMPI



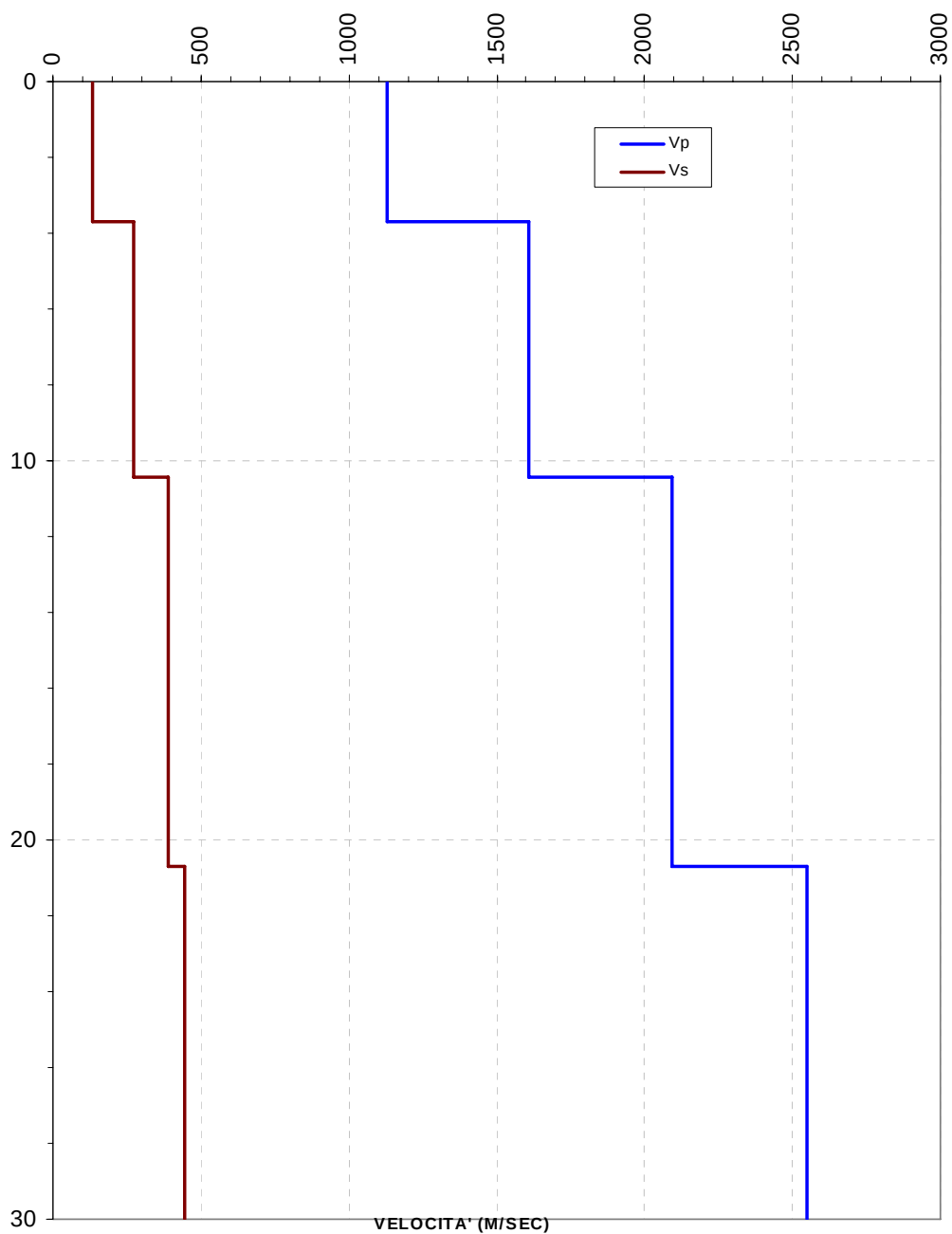
### VELOCITA' INTERVALLARI



## DOMOCRONE CON RETTE DI REGRESSIONE



## MODELLO DELLE VELOCITA'





### MODULI DINAMICI

| Geofono | Prof. (m) | Peso di volume<br>naturale g/cmc | Velocità media<br>Vp (m/s) | Velocità media<br>Vs (m/s) | Indice di Poisson<br>$\nu$ | Modulo di Young<br>E (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Modulo di<br>Taglio<br>G (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Mod. di compressibilità<br>K (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|---------|-----------|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1       | 2         | 1.7                              | 1130.3                     | 133.8                      | 0.49                       | 911.1                                      | 305.1                                          | 21376.0                                            |
| 2       | 4         | 1.7                              | 1223.6                     | 170.4                      | 0.49                       | 1504.3                                     | 504.8                                          | 25344.7                                            |
| 3       | 6         | 1.8                              | 1476.7                     | 225.3                      | 0.49                       | 2754.7                                     | 925.6                                          | 38538.2                                            |
| 4       | 8         | 1.8                              | 1639.2                     | 261.0                      | 0.49                       | 3803.3                                     | 1278.8                                         | 48735.8                                            |
| 5       | 10        | 1.9                              | 1728.1                     | 280.6                      | 0.49                       | 4462.2                                     | 1501.0                                         | 54913.3                                            |
| 6       | 12        | 1.9                              | 1893.1                     | 352.0                      | 0.48                       | 7190.2                                     | 2425.7                                         | 66933.2                                            |
| 7       | 14        | 2.0                              | 2061.2                     | 377.5                      | 0.48                       | 8490.6                                     | 2863.3                                         | 81547.9                                            |
| 8       | 16        | 2.0                              | 2088.1                     | 384.7                      | 0.48                       | 8852.0                                     | 2985.6                                         | 83975.7                                            |
| 9       | 18        | 2.0                              | 2105.6                     | 389.4                      | 0.48                       | 9090.1                                     | 3066.2                                         | 85585.7                                            |
| 10      | 20        | 2.0                              | 2117.6                     | 386.4                      | 0.48                       | 8972.7                                     | 3025.6                                         | 86823.6                                            |
| 11      | 22        | 2.1                              | 2349.2                     | 436.0                      | 0.48                       | 11797.9                                    | 3979.9                                         | 110236.3                                           |
| 12      | 24        | 2.1                              | 2539.9                     | 438.1                      | 0.48                       | 12234.6                                    | 4120.3                                         | 133014.1                                           |
| 13      | 26        | 2.1                              | 2547.5                     | 439.6                      | 0.48                       | 12332.1                                    | 4153.2                                         | 133940.0                                           |
| 14      | 28        | 2.1                              | 2553.3                     | 440.8                      | 0.48                       | 12406.2                                    | 4178.2                                         | 134645.5                                           |
| 15      | 30        | 2.1                              | 2557.8                     | 441.6                      | 0.48                       | 12463.5                                    | 4197.5                                         | 135193.6                                           |

## DISCRETIZZAZIONE IN STRATI OMOGENEI

### PARAMETRI ELASTICI DINAMICI DEI TERRENI

| Strato | Spessore    | Peso di Volume $\gamma$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | $\rho$<br>(Kg*sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> ) | Velocità media<br>Vp (m/s) | Velocità media<br>Vs (m/s) | Indice di Poisson<br>$\nu$ | Modulo di Young<br>E (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Modulo di Taglio<br>G (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Mod. di Incompressibilità<br>K (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Rigidità |
|--------|-------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------|
| 1      | 0.00-3.69   | 1.67                                            | 169.75                                           | 1130.3                     | 133.8                      | 0.49                       | 907.02                                     | 303.78                                      | 21280.94                                             | 0.22     |
| 2      | 3.69-10.45  | 1.82                                            | 185.81                                           | 1610.9                     | 271.0                      | 0.49                       | 4052.78                                    | 1364.17                                     | 46396.43                                             | 0.49     |
| 3      | 10.45-20.71 | 1.97                                            | 200.70                                           | 2093.7                     | 391.8                      | 0.48                       | 9130.82                                    | 3080.87                                     | 83872.63                                             | 0.77     |
| 4      | 20.71-30.00 | 2.10                                            | 213.64                                           | 2549.8                     | 444.6                      | 0.48                       | 12539.06                                   | 4223.85                                     | 133265.14                                            | 0.93     |

### STIMA DEI PARAMETRI ELASTICI STATICI

| Strato | Spessore    | Peso di Volume<br>$\gamma$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | Indice di Poisson<br>$\nu$ | Modulo di Young<br>E<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) | Modulo di Taglio<br>G (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Mod. di Incompressibilità<br>K (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Modulo edometrico<br>Eed (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Modulo di carico su piastra<br>Me<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|-------------|----------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1      | 0.00-3.69   | 1.67                                               | 0.33                       | 5.42                                          | 2.03                                        | 8.14                                                 | 5.42                                           | 7.77                                                       |
| 2      | 3.69-10.45  | 1.82                                               | 0.33                       | 56.04                                         | 21.02                                       | 84.07                                                | 56.04                                          | 80.28                                                      |
| 3      | 10.45-20.71 | 1.97                                               | 0.35                       | 198.99                                        | 73.53                                       | 323.91                                               | 225.88                                         | 289.46                                                     |
|        | 20.71-30.00 | 2.10                                               | 0.33                       | 326.38                                        | 122.39                                      | 489.57                                               | 326.38                                         | 467.51                                                     |

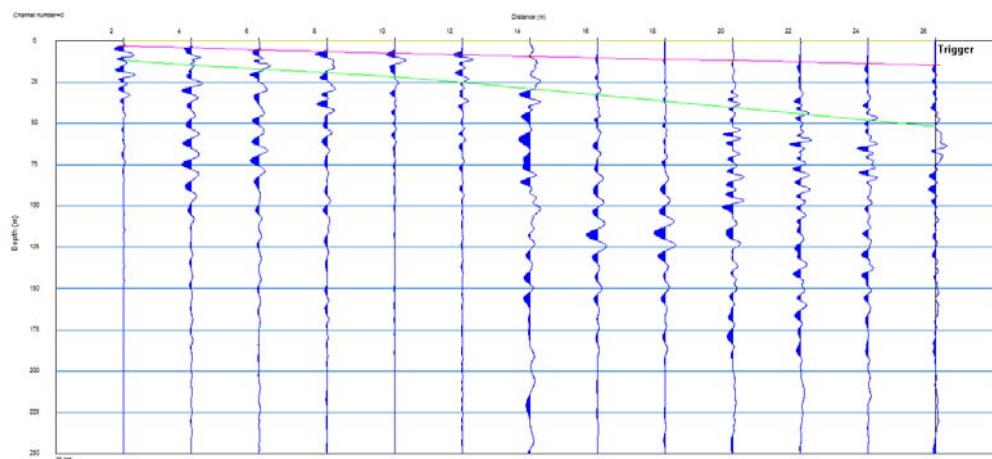
$$V_{S30} = 30 / \sum_{1}^n h_1 / V_1 = 301.2 \text{ m/sec al p.c.}$$

**angolo di attrito utilizzato nei calcoli**

| Strato | Spessore    | $\phi^\circ$ |
|--------|-------------|--------------|
| 1      | 0.00-3.69   | 30           |
| 2      | 3.69-10.45  | 30           |
| 3      | 10.45-20.71 | 27           |
| 4      | 20.71-30.00 | 30           |

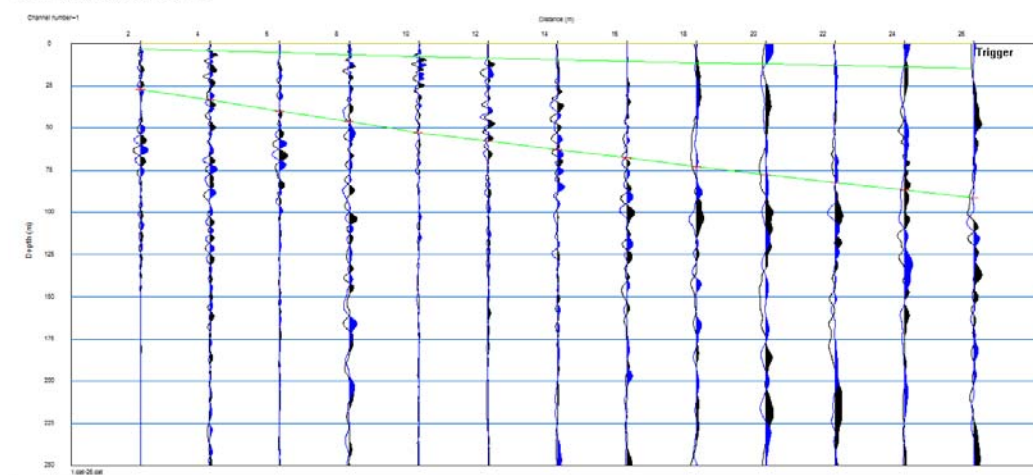
## SISMOGRAMMI

### ONDE LONGITUDINALI



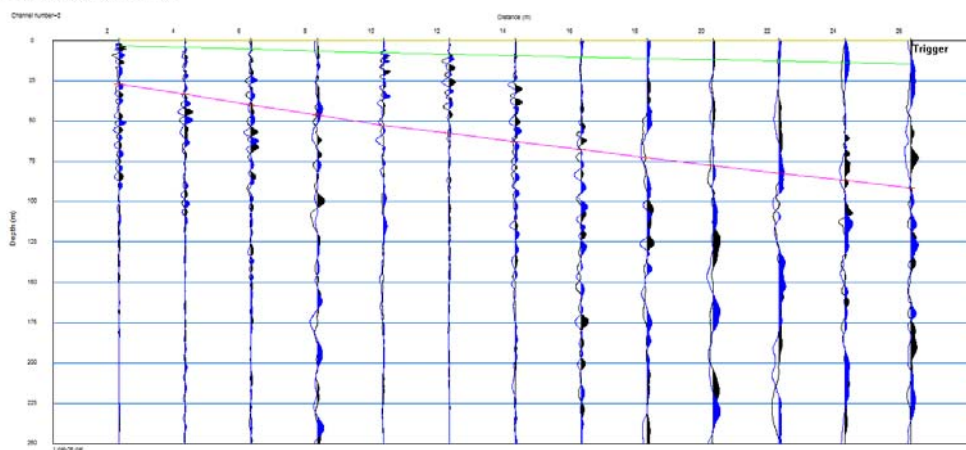
### ONDE DI TAGLIO trasversale

Click with mouse button to move one pole or drag to move a range of poles.



### ONDE DI TAGLIO longitudinale

Click with mouse button to move one pole or drag to move a range of poles.



## SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO

### ESECUZIONE DI N°2 SONDAGGI GEOGNOSTICI A CAROTAGGIO CONTINUO (S1 ed S2)

#### IDENTIFICAZIONE DELLE FORMAZIONI PRESENTI E STRATIGRAFIA DEL SITO

È stata realizzata una campagna di indagine geognostica mediante la realizzazione di n° 2 sondaggi a carotaggio continuo ad andamento verticale, e comunque entro i 15° di inclinazione di diametro non inferiore Ø 110 mm, in terreni piroclastici sciolti e limo - sabbiosi, entrambi fino alla profondità di 30 m dal p.c. Per avere un quadro più completo dell'assetto geologico dell'area di studio, risulterà sicuramente più immediata, la lettura delle colonne stratigrafiche di seguito riportate. Esse sono state ricavate dall'esecuzione in loco, di n°2 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, fino ad una profondità di 30 mt dal p.c., per un totale di 60 metri di perforazione ripartiti per intervalli di profondità secondo la seguente tabella:

| Intervallo di profondità        | U.M. | Quantità |
|---------------------------------|------|----------|
| Perforazione da 0,00 a 20,00 m  | ml   | 40,0     |
| Perforazione da 20,00 a 40,00 m | ml   | 20,0     |
| Totale                          |      | 60,0     |

La profondità massima investigata è di 30,0 m. Il dettaglio dei quantitativi di perforazione effettuati, delle profondità e della tipologia di perforazione effettuata, è riportato nelle allegate colonne stratigrafiche. I sondaggi sono stati realizzati con le seguenti attrezzature di perforazione:

- n.1 perforatrice idraulica marca **CMV modello MK 420 D**, attrezzata con carotiere semplice e doppio, con campionatori tipo Shelby e Mazier ed attrezzatura per il rivestimento del foro di perforazione;

Successivamente è stata eseguita un'analisi stratigrafica di dettaglio dei terreni raccolti, che ha permesso la creazione di dati tecnici, rappresentati dagli spessori degli strati e dalle caratteristiche litologiche dei terreni, specifici del luogo.

## STRATIGRAFIA DELL'AREA DI STUDIO

La geologia dell'area di studio, è essenzialmente formata da terreni di origine alluvionale e piroclastica, con granulometria da limosa a sabbiosa debolmente limosa, con colori che vanno dal grigio scuro/grigio-verde, al marrone scuro. Tali depositi contengono al loro interno, intercalazioni di gusci di lamellibranchi e gasteropodi e più in profondità di pomici e litici a spigoli vivi. L'età geologica di tali terreni, è riconducibile, sia alla formazione del Tufo Giallo Napoletano (TGN – II° *Periodo Flegreo*) in facies sciolta, che a prodotti piroclastici del III° *Periodo Flegreo*, più recenti del TGN, estremamente rimaneggiati e cerniti, colmanti tale formazione. Essi si presentano come ceneri, limi e torbe, con pomici e lapilli, ed intercalazioni di livelli humificati. **Di seguito si riportano le stratigrafie locali / colonne stratigrafiche:**

## SCHEMA TECNICA DEL SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO (S1)

(CERTIFICATO MINISTERIALE: N° S127-12)

|  <b>tecnogeo</b><br>tecnologia a servizio dell'ambiente<br>C.so Vittorio Emanuele, 43 - 82011 - Paolisi (BN)                               |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |   |                        | Autorizzazione Ministeriale per l'esecuzione delle indagini in sito<br>Prot. n° 157 del 19/04/2011 |                           |                  |          |       |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|------------------|----------|-------|--|
| Committente: IN.CO.SE.T. S.r.l.                                                                                                                                                                                             |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Prof. raggiunta (m): 30,0                                                                                                                                           | Coordinate: 40.864832° | SONDAGGIO S1                                                                                       |                           |                  |          |       |  |
| Progetto: Opere infrastrutturali insediamento produttivo                                                                                                                                                                    |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Tipo Sonda: CMV MK 420 D                                                                                                                                            | Coordinate: 14.294711° | Diam. foro: 101,0 mm                                                                               | Certificato n°: S127 - 12 |                  |          |       |  |
| Località: Via Nicola Miraglia - Napoli                                                                                                                                                                                      |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Tipo Carotaggio: Continuo a rotazione                                                                                                                               | Quota: 7,0 mt. s.l.m.  | Rivestimento (m): 1,5                                                                              | Commessa n°: W313 - 12    |                  |          |       |  |
| Inizio/Fine Esecuzione: 18 Ottobre 2012                                                                                                                                                                                     |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Cass. Catalog.: 5                                                                                                                                                   | N° di foto: 6          | Falda (m pc): 2,0                                                                                  | Pagina: 1 di 1            |                  |          |       |  |
| Scala (m)                                                                                                                                                                                                                   | Litologia | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                          | Quota                                                                                                                                                               | % Carot. R.Q.D.        | S.P.T. (n° Colpi)                                                                                  | Pocket Test kg/cmq        | Vane Test kg/cmq | Campioni | Falda |  |
| 1                                                                                                                                                                                                                           |           | Terreno di riporto composto da terreno sabbioso, frammenti tufacei, materiale antropico (plastica, vetro ecc.) e cocci di laterizi.                                                                                                                                                  | 1.20                                                                                                                                                                | %C=95                  |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 2                                                                                                                                                                                                                           |           | Conglomerato cementizio                                                                                                                                                                                                                                                              | 2.00                                                                                                                                                                | %C=98                  |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 3                                                                                                                                                                                                                           |           | Sabbia sottile sciolta e limo sabbioso, di colore grigio e grigio scuro, con piccoli elementi ghiaiosi lapidei e pomice. Presenza di piccoli gusci di conchiglie biancastre. Lo scarso grado di addensamento e la presenza di falda acquifera rendono difficoltoso il campionamento. |                                                                                                                                                                     | %C=55                  |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 4                                                                                                                                                                                                                           |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 5                                                                                                                                                                                                                           |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 6                                                                                                                                                                                                                           |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 7                                                                                                                                                                                                                           |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 8                                                                                                                                                                                                                           |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                     |                        | 1 - 1 - 1                                                                                          |                           |                  | 8.00     |       |  |
| 9                                                                                                                                                                                                                           |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                     |                        | 8.50 PA                                                                                            |                           |                  | 8.50     |       |  |
| 10                                                                                                                                                                                                                          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 11                                                                                                                                                                                                                          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 11.20                                                                                                                                                               |                        |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 12                                                                                                                                                                                                                          |           | Limo sabbioso e sabbia limosa di colore marrone scuro / nerastro, con elementi pomice alterati di colore arancione                                                                                                                                                                   | 12.00                                                                                                                                                               | %C=85                  |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 13                                                                                                                                                                                                                          |           | Alternanze di livelli limo sabbiosi di colore grigiastro contenente piccoli elementi lapidei (anche frammenti di gusci di conchiglie) e livelli limo sabbiosi di colore marrone scuro / nerastro (di origine torbosa) con piccole pomice alterate di colore arancione                |                                                                                                                                                                     | %C=85                  |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 14                                                                                                                                                                                                                          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 15                                                                                                                                                                                                                          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 15.00                                                                                                                                                               |                        | 3 - 3 - 4                                                                                          |                           |                  | 14.50    |       |  |
| 16                                                                                                                                                                                                                          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                     |                        | 15.00 PA                                                                                           |                           |                  | 15.00    |       |  |
| 17                                                                                                                                                                                                                          |           | Limo sabbioso di colore marrone scuro / nerastro di natura torbosa, con piccoli elementi ghiaiosi lapidei e piccole pomice molto alterate. Scarsamente addensato                                                                                                                     | 17.50                                                                                                                                                               | %C=92                  |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 18                                                                                                                                                                                                                          |           | Limo sabbioso di colore grigiastro, dotato di discreta consistenza, con piccoli elementi pomice sparsi nella massa                                                                                                                                                                   | 18.50                                                                                                                                                               | %C=96                  |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 19                                                                                                                                                                                                                          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                     | %C=92                  | 4 - 5 - 4                                                                                          |                           |                  | 18.50    |       |  |
| 20                                                                                                                                                                                                                          |           | Limo sabbioso di colore marrone scuro / nerastro con piccoli elementi ghiaiosi lapidei e piccole pomice molto alterate                                                                                                                                                               | 20.20                                                                                                                                                               |                        | 19.00 PA                                                                                           |                           |                  | 19.00    |       |  |
| 21                                                                                                                                                                                                                          |           | Limo sabbioso grigiastro, consistente, con pomice sparse                                                                                                                                                                                                                             | 20.80                                                                                                                                                               | %C=98                  | 20 - 21 - 20                                                                                       |                           |                  |          |       |  |
| 22                                                                                                                                                                                                                          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 21.50                                                                                                                                                               | %C=94                  | 20.50 PA                                                                                           |                           |                  |          |       |  |
| 23                                                                                                                                                                                                                          |           | Sabbia media di colore marrone scuro nella parte iniziale e tendente al marrone chiaro nella restante parte, dove la granulometria evolve verso una sabbia sottile e che presenta intercalazioni di livelli pomice di 3-4 cm di spessore                                             |                                                                                                                                                                     | %C=89                  |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 24                                                                                                                                                                                                                          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 24.00                                                                                                                                                               |                        |                                                                                                    |                           |                  | 23.50    |       |  |
| 25                                                                                                                                                                                                                          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                     |                        |                                                                                                    |                           |                  | 24.00    |       |  |
| 26                                                                                                                                                                                                                          |           | Sabbia grossolana e ghiaietto eterogeneo ed eterometrico. Colore generalmente marrone.                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                     | %C=75                  | 8 - 16 - 16                                                                                        |                           |                  |          |       |  |
| 27                                                                                                                                                                                                                          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                     |                        | 27.00 PA                                                                                           |                           |                  |          |       |  |
| 28                                                                                                                                                                                                                          |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 28.50                                                                                                                                                               |                        |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| 29                                                                                                                                                                                                                          |           | Sabbia limosa di colore marrone chiaro, poco addensata e con pomice                                                                                                                                                                                                                  | 30.00                                                                                                                                                               | %C=90                  |                                                                                                    |                           |                  |          |       |  |
| Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT<br>Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande<br>Prove SPT: PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa<br>Carotaggio: Continuo a rotazione |           |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                     |                        | Operatore sonda: Giuseppe Mazzariello<br>Resp. Tecnico in sito: Geol. Domenico Ferraro             |                           |                  |          |       |  |



## REPORT FOTOGRAFICO DEL SONDAGGIO GEONOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO (S1)



Consiglio Superiore  
dei  
Lavori Pubblici

Autorizzazione Ministero  
delle Infrastrutture Settore  
"C" n° 157 del 19/04/2011

Sondaggio: **S1**  
Committente: **IN.CO.SE.T. S.r.l.**  
Progetto: **Opere infrastrutturali integrative connesse alla  
convenzione per la realizzazione dell'insediamento  
produttivo in via Ferrante Imparato n° 501 – Area ex ICM**  
Località: **Via Miraglia e Via Traversa II Macello – Napoli**

Certificato: **S127-12**  
Commessa: **W313 – 12**

Data: **18 Ottobre 2012**

pag. 1 / 1



Postazione



Cassetta 1; da m 0,0 a m 9,0



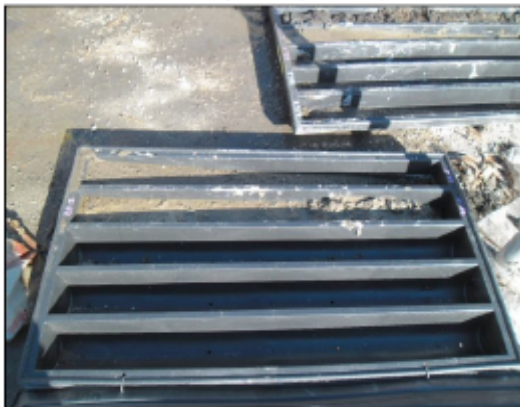
Cassetta 2; da m 9,0 a m 15,0



Cassetta 3; da m 15,0 a m 21,0



Cassetta 4; da m 21,0 a m 27,0



Cassetta 5; da m 27,0 a m 30,0

Sede operativa: via Vittorio Emanuele, 43 - 82010 Paolisi (BN) – IT | Tel. / Fax: (+39) 0823959078  
[www.tecnogeosrl.it](http://www.tecnogeosrl.it) | [info@tecnogeosrl.it](mailto:info@tecnogeosrl.it)

## SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO (S2)

(CERTIFICATO MINISTERIALE: N° S128-12)

|                                                                                                                                                                                                                           |           |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------|------------------------------|--|
| <br>tecnologia a servizio dell'ambiente<br>C.so Vittorio Emanuele, 43 - 82011 - Paolisi (BN)                                             |           |                                                                                                                                                                                                                                               | <br>ISO 9001:2000 |                    |                           | Autorizzazione Ministeriale per l'esecuzione delle indagini in sito<br>Prot. n° 157 del 19/04/2011 |                          |            |                              |  |
| Committente:<br>IN.CO. SE. T. S.r.l.                                                                                                                                                                                      |           |                                                                                                                                                                                                                                               | Prof. raggiunta (m):<br>30,0                                                                       |                    | Coordinate:<br>40.864932° |                                                                                                    | SONDAGGIO S2             |            |                              |  |
| Progetto:<br>Opere infrastrutturali insediamento produttivo                                                                                                                                                               |           |                                                                                                                                                                                                                                               | Tipo Sonda:<br>CMV MK 420 D                                                                        |                    | Coordinate:<br>14.295825° |                                                                                                    | Diam. foro:<br>101,0 mm  |            | Certificato n°:<br>S128 - 12 |  |
| Località:<br>Via Traversa II Macello - Napoli                                                                                                                                                                             |           |                                                                                                                                                                                                                                               | Tipo Carotaggio:<br>Continuo a rotazione                                                           |                    | Quota:<br>5,0 mt. s.l.m.  |                                                                                                    | Rivestimento (m):<br>1,5 |            | Compressa n°:<br>W313 - 12   |  |
| Inizio/Fine Esecuzione:<br>19 Ottobre 2012                                                                                                                                                                                |           |                                                                                                                                                                                                                                               | Cass. Catalog.:<br>6                                                                               |                    | N° di foto:<br>8          |                                                                                                    | Falda (m pc):<br>1,0     |            | Pagina:<br>1 di 1            |  |
| Scala (m)                                                                                                                                                                                                                 | Litologia | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                   | Quota                                                                                              | % Carot.<br>R.Q.D. | S.P.T.<br>(n° Colpi)      | Pocket Test<br>kg/cmq                                                                              | Vane Test<br>kg/cmq      | Campioni   | Falda                        |  |
| 1                                                                                                                                                                                                                         |           | Terreno di riporto composta da terreno sabbioso, frammenti tufacei, materiale antropico (plastica, vetro ecc.) e cocci di laterizi.                                                                                                           | 1.20                                                                                               | %C=95              |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 2                                                                                                                                                                                                                         |           | Conglomerato cementizio                                                                                                                                                                                                                       | 2.00                                                                                               | %C=98              |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 3                                                                                                                                                                                                                         |           |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 4                                                                                                                                                                                                                         |           | Limo sabbioso di natura torbosa di colore marrone scuro / nerastro con piccole pomici eterometriche e resti di piccole conchiglie di colore biancastro. Presenza di elementi vegetali di colore marrone molto alterati.                       |                                                                                                    | %C=85              | 5 - 6 - 5<br>4.50 PA      |                                                                                                    |                          | 4.00<br>S  | 4.50                         |  |
| 5                                                                                                                                                                                                                         |           |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 6                                                                                                                                                                                                                         |           |                                                                                                                                                                                                                                               | 6.70                                                                                               |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 7                                                                                                                                                                                                                         |           | Limo sabbioso e sabbia limosa di colore grigiastro, molle e non addensata, con livelli ghiaiosi pomicei (2,2-2,3 m). Presenza di livelli di 1-2 cm di materiale marrone torboso e livelli di materiale marrone chiaro/giallino molto alterato |                                                                                                    | %C=85              | 5 - 3 - 4<br>7.50 PA      |                                                                                                    |                          | 7.00<br>S  | 7.50                         |  |
| 8                                                                                                                                                                                                                         |           |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 9                                                                                                                                                                                                                         |           |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 10                                                                                                                                                                                                                        |           |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 11                                                                                                                                                                                                                        |           |                                                                                                                                                                                                                                               | 11.60                                                                                              |                    |                           |                                                                                                    |                          | 11.50<br>S | 12.00                        |  |
| 12                                                                                                                                                                                                                        |           | Deposito ghiaioso composto da pomici eterometriche di colore sia grigiastro che marrone chiaro /giallino con esili intercalazioni di livelli limosi marrone scuro.                                                                            |                                                                                                    | %C=85              |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 13                                                                                                                                                                                                                        |           |                                                                                                                                                                                                                                               | 13.60                                                                                              |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 14                                                                                                                                                                                                                        |           | Limo sabbioso di colore marrone scuro / nerastro, di natura torbosa, con pomici alterate e resti vegetali di colore marrone chiaro/giallino.                                                                                                  |                                                                                                    | %C=92              |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 15                                                                                                                                                                                                                        |           | Presenza di esili livelli limosi grigiastri                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                    |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 16                                                                                                                                                                                                                        |           |                                                                                                                                                                                                                                               | 17.00                                                                                              |                    |                           |                                                                                                    |                          | 16.50<br>S | 17.00                        |  |
| 17                                                                                                                                                                                                                        |           |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 18                                                                                                                                                                                                                        |           | Sabbia limosa di colore grigiastro, addensata, con piccole pomici ed elementi ghiaiosi lapidei, prevalentemente di piccole dimensioni, con rari elementi di dimensioni maggiori. Presenza di minuti frammenti di conchiglie biancastre.       |                                                                                                    | %C=96              |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 19                                                                                                                                                                                                                        |           |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 20                                                                                                                                                                                                                        |           |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                    |                           |                                                                                                    |                          | 20.00<br>S | 20.50                        |  |
| 21                                                                                                                                                                                                                        |           |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 22                                                                                                                                                                                                                        |           |                                                                                                                                                                                                                                               | 22.80                                                                                              |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 23                                                                                                                                                                                                                        |           | Sabbia di colore marrone, addensata                                                                                                                                                                                                           | 24.00                                                                                              | %C=89              |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 24                                                                                                                                                                                                                        |           |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 25                                                                                                                                                                                                                        |           | Sabbia media e grossolana e ghiaietto eterogeneo ed eterometrico. Colore generalmente marrone scuro                                                                                                                                           |                                                                                                    | %C=75              |                           |                                                                                                    |                          | 25.50<br>S | 26.00                        |  |
| 26                                                                                                                                                                                                                        |           |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 27                                                                                                                                                                                                                        |           |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 28                                                                                                                                                                                                                        |           |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| 29                                                                                                                                                                                                                        |           |                                                                                                                                                                                                                                               | 30.00                                                                                              |                    |                           |                                                                                                    |                          |            |                              |  |
| Campioni: S-Pareti Sottili, O-Osterberg, M-Mazier, R-Rimaneggiato, Rs-Rimaneggiato da SPT<br>Piezometro: ATA-Tubo Aperto, CSG-Casagrande<br>Prove SPT:PA-Punta Aperta, PC-Punta Chiusa<br>Carotaggio:Continuo a rotazione |           |                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                    |                    |                           | Operatore sonda: Giuseppe Mazzariello<br><br>Resp.Tecnico in sito: Geol. Domenico Ferraro          |                          |            |                              |  |



## REPORT FOTOGRAFICO DEL SONDAGGIO GEOGNOSTICO A CAROTAGGIO CONTINUO (S2)



*Consiglio Superiore  
dei  
Lavori Pubblici*

Autorizzazione Ministero  
delle Infrastrutture Settore  
"C" n° 157 del 19/04/2011

Sondaggio: S2  
Committente: IN.CO.SE.T. S.r.l.  
Progetto: Opere infrastrutturali integrative connesse alla  
convenzione per la realizzazione dell'insediamento  
produttivo in via Ferrante Imparato n° 501 – Area ex ICMI  
Località: Via N. Miraglia e Via Traversa II Macello – Napoli

Certificato: S128-12  
Commessa: W313 – 12

Data: 19 Ottobre 2012

pag. 1 / 2



Postazione



Cassetta 1; da m 0,0 a m 5,0



Cassetta 2; da m 5,0 a m 10,0



Cassetta 3; da m 10,0 a m 15,0



Cassetta 4; da m 15,0 a m 20,0



Cassetta 5; da m 20,0 a m 26,0



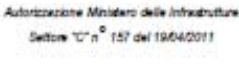
#### **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT (Standard Penetration Test)**

Sono state eseguite, nel corso dei sondaggi a rotazione (S1 ed S2), n°7 prove S.P.T (*Standard Penetration Test*), per la determinazione dei parametri geomeccanici dei terreni. Le prove sono state eseguite utilizzando un meccanismo a sganciamento automatico e campionatore di tipo Raymond.

| <b>SIGLA SONDAGGIO</b> | <b>PROFONDITÀ RAGGIUNTA<br/>(m)</b> |
|------------------------|-------------------------------------|
| <b>S1</b>              | 8.50                                |
|                        | 15.00                               |
|                        | 19.00                               |
|                        | 20.50                               |
|                        | 27.00                               |
| <b>SIGLA SONDAGGIO</b> | <b>PROFONDITÀ RAGGIUNTA<br/>(m)</b> |
| <b>S2</b>              | 4.50                                |
|                        | 7.50                                |

*Le caratteristiche strumentali sono riportate nel modulo S.P.T. allegato.*

• **SCHEDA TECNICA DELLA PROVA S.P.T. RELATIVA AL SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1**

|                                                                                                                                                                                |  |                                                                                   |  |                                                                                    |  |                                                                                     |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|-----------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|--|
|                                                                                               |  |  |  |  |  |  |  |
| <b>PROVE S.P.T.</b>                                                                                                                                                            |  |                                                                                   |  |                                                                                    |  |                                                                                     |  |
| SONDAGGIO n° <b>1</b>                                                                                                                                                          |  |                                                                                   |  | Rif. <b>S 127</b>                                                                  |  | COMMESSA: <b>W313 - 12</b>                                                          |  |
| - Committente: <b>IN. CO. SE. T. S.r.l.</b>                                                                                                                                    |  |                                                                                   |  | - Data: <b>18 ottobre 2012</b>                                                     |  |                                                                                     |  |
| - Lavoro: <b>Opere infrastrutturali integrative connesse alla convenzione per la realizzazione dell'insediamento produttivo in via Ferrante Imparato n° 501 – Area ex ICMi</b> |  |                                                                                   |  | - Quota terreno:                                                                   |  |                                                                                     |  |
| - Località: <b>Via Nicola Miraglia - Napoli</b>                                                                                                                                |  |                                                                                   |  | - Prof. falda: <b>2,0 m</b>                                                        |  |                                                                                     |  |

| PROVA n. | RIFERIM.    | QUOTE |      | N° COLPI |    |    | Scarpa e campionamento |
|----------|-------------|-------|------|----------|----|----|------------------------|
|          |             | Da m. | A m. | N1       | N2 | N3 |                        |
|          | <b>2012</b> |       |      |          |    |    |                        |

| SCARPA E CAMPIONAMENTO |                |    |
|------------------------|----------------|----|
| scarpa aperta          | con campione   | P  |
|                        | senza campione | NP |
| scarpa chiusa          | senza campione | C  |

| CARATTERISTICHE ATTREZZATURA |           |
|------------------------------|-----------|
| <u>Campionatore Raymond</u>  |           |
| φ esterno                    | = 50,8 mm |
| φ interno                    | = 34,9 mm |
| Lunghezza totale             | = 711 mm  |
| Angolo al vertice            | = 60°     |

| DISPOSITIVO DI BATTUTA             |           |
|------------------------------------|-----------|
| Sganciamento automatico del maglio |           |
| Peso massa battente                | = 63,5 kg |
| Altezza di caduta                  | = 76 cm   |

| ASTE DI COLLEGAMENTO |              |
|----------------------|--------------|
| Peso                 | = 7,23 kg/ml |
| Diametro             | = 50 mm      |

| Note |  |
|------|--|
|      |  |
|      |  |
|      |  |
|      |  |
|      |  |
|      |  |
|      |  |
|      |  |
|      |  |
|      |  |

|    |        |       |       |    |    |  |    |    |
|----|--------|-------|-------|----|----|--|----|----|
| 1  | ST 234 | 8,50  | 8,65  | 1  |    |  |    | NP |
|    |        | 8,65  | 8,80  |    | 1  |  |    |    |
|    |        | 8,80  | 8,95  |    |    |  | 1  |    |
| 2  | ST 235 | 15,00 | 15,15 | 3  |    |  |    | NP |
|    |        | 15,15 | 15,30 |    | 3  |  |    |    |
|    |        | 15,30 | 15,45 |    |    |  | 4  |    |
| 3  | ST 236 | 19,00 | 19,15 | 4  |    |  |    | NP |
|    |        | 19,15 | 19,30 |    | 5  |  |    |    |
|    |        | 19,30 | 19,45 |    |    |  | 4  |    |
| 4  | ST 237 | 20,50 | 20,65 | 20 |    |  |    | NP |
|    |        | 20,65 | 20,80 |    | 21 |  |    |    |
|    |        | 20,80 | 20,95 |    |    |  | 20 |    |
| 5  | ST 238 | 27,00 | 27,15 | 8  |    |  |    | NP |
|    |        | 27,15 | 27,30 |    | 16 |  |    |    |
|    |        | 27,30 | 27,45 |    |    |  | 16 |    |
| 6  | ST     |       |       |    |    |  |    |    |
| 7  | ST     |       |       |    |    |  |    |    |
| 8  | ST     |       |       |    |    |  |    |    |
| 9  | ST     |       |       |    |    |  |    |    |
| 10 | ST     |       |       |    |    |  |    |    |

• **SCHEDA TECNICA DELLA PROVA S.P.T. RELATIVA AL SONDAGGIO GEOGNOSTICO S2**

|                                                                                                                                                                                |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                               |  |  | Autorizzazione Ministero delle Infrastrutture<br>Settore "C" n° 157 del 19/04/2011 |
| PROVE S.P.T.                                                                                                                                                                   |                                                                                   |                                                                                    |                                                                                    |
| SONDAGGIO n° <b>2</b>                                                                                                                                                          | Rif. <b>S 128</b>                                                                 | COMMESSA: <b>W313 - 12</b>                                                         |                                                                                    |
| - Committente: <b>IN. CO. SE. T. S.r.l.</b>                                                                                                                                    |                                                                                   | - Data: <b>19 ottobre 2012</b>                                                     |                                                                                    |
| - Lavoro: <b>Opere infrastrutturali integrative connesse alla convenzione per la realizzazione dell'insediamento produttivo in via Ferrante Imparato n° 501 – Area ex ICMi</b> |                                                                                   | - Quota terreno:                                                                   |                                                                                    |
| - Località: <b>Via Traversa Il Macello - Napoli</b>                                                                                                                            |                                                                                   | - Prof. falda: <b>2,2 m</b>                                                        |                                                                                    |

| PROVA n. | RIFERIM.    | QUOTE |      | N° COLPI |    |    | Scarpa e campionamento |
|----------|-------------|-------|------|----------|----|----|------------------------|
|          |             | Da m. | A m. | N1       | N2 | N3 |                        |
|          | <b>2012</b> |       |      |          |    |    |                        |

| SCARPA E CAMPIONAMENTO |                |    |
|------------------------|----------------|----|
| scarpa aperta          | con campione   | P  |
|                        | senza campione | NP |
| scarpa chiusa          | senza campione | C  |

| CARATTERISTICHE ATTREZZATURA |           |
|------------------------------|-----------|
| <u>Campionatore Raymond</u>  |           |
| φ esterno                    | = 50,8 mm |
| φ interno                    | = 34,9 mm |
| Lunghezza totale             | = 711 mm  |
| Angolo al vertice            | = 60°     |

| DISPOSITIVO DI BATTUTA             |           |
|------------------------------------|-----------|
| Sganciamento automatico del maglio |           |
| Peso massa battente                | = 63,5 kg |
| Altezza di caduta                  | = 76 cm   |

| ASTE DI COLLEGAMENTO |              |
|----------------------|--------------|
| Peso                 | = 7,23 kg/ml |
| Diametro             | = 50 mm      |

| Note |  |
|------|--|
|      |  |
|      |  |
|      |  |
|      |  |
|      |  |
|      |  |
|      |  |
|      |  |
|      |  |

|    |        |      |      |   |   |   |    |
|----|--------|------|------|---|---|---|----|
| 1  | ST 239 | 4,50 | 4,65 | 5 | 6 | 5 | NP |
| 2  | ST 240 | 7,50 | 7,65 | 5 | 3 | 4 | NP |
|    |        | 7,65 | 7,80 |   |   |   |    |
|    |        | 7,80 | 7,95 |   |   |   |    |
| 3  | ST     |      |      |   |   |   |    |
| 4  | ST     |      |      |   |   |   |    |
| 5  | ST     |      |      |   |   |   |    |
| 6  | ST     |      |      |   |   |   |    |
| 7  | ST     |      |      |   |   |   |    |
| 8  | ST     |      |      |   |   |   |    |
| 9  | ST     |      |      |   |   |   |    |
| 10 | ST     |      |      |   |   |   |    |

*La prova SPT si esegue durante la perforazione. Consiste nel registrare il numero di colpi necessari per far penetrare di 45 cm nel terreno a fondo foro un tubo campionatore di dimensioni standard, collegato alla superficie mediante batteria di aste in testa alle quali agisce un maglio del peso di 63.5 kg che cade liberamente da un'altezza di 0.76 m.*

*Durante la prova si misura:*

- $N_1$  = numero di colpi di maglio necessari a provocare l'avanzamento del campionatore per i primi 15 cm, assunti come tratto di "avviamento";
- $N_2$  = numero di colpi che provoca la penetrazione del campionatore nei successivi 15 cm;
- $N_3$  = numero di colpi necessari per gli ultimi 15 cm di avanzamento.

*Si assume come resistenza alla penetrazione il valore:*

$$N_{SPT} = N_2 + N_3$$

*Si utilizzano le seguenti attrezzature standard:*

- Aste d'infissione del diametro esterno 50 mm e peso di 7 kg;
- testa di battuta di acciaio avvitata sulle aste;
- maglio di acciaio di 63.5 kg;
- dispositivo automatico che consente la caduta del maglio da un'altezza di 0.76 m;
- centratore di guida per le aste fra la testa di battuta e il piano campagna.
- campionatore standard (detto Raymond dalla società che lo ha introdotto per prima). Si tratta di un tubo carotiere avente diametro esterno di 51 mm, spessore 16 mm e lunghezza complessiva comprendente scarpa e raccordo alle aste di 813 mm.
- nei terreni ghiaiosi la scarpa del carotiere viene sostituita da una punta conica di diametro 51 mm, angolo 60°.

*Il campionatore Raymond consta di un tubo diviso longitudinalmente a metà; i due semitubi sono tenuti insieme, durante l'infissione, da una scarpa tagliente avvitata alla base e da un anello in testa. Alla fine della prova si svita la scarpa, il carotiere si apre in due permettendo di estrarre il campione di terreno. La sua vasta diffusione è dovuta principalmente alla facilità di realizzazione, potendo essere eseguita in qualunque tipo di terreno direttamente durante il sondaggio, senza l'adozione di attrezzature supplementari; il suo uso in tutto il mondo ha portato alla produzione di una abbondante bibliografia che rende agevole l'interpretazione dei risultati ottenuti.*

Di seguito si riportano le tabelle riepilogative dei valori di SPT registrati nelle 7 prove di sondaggio. Questi ultimi, mediante opportune correlazioni empiriche, sono stati correlati ai parametri fisico-meccanici dei terreni tenendo presente la vasta bibliografia esistente in tal senso per tali litologie.

**TABELLA RIASSUNTIVA E STIMA PARAMETRI GEOTECNICI DELLE PROVE S.P.T. – rif. SONDAGGIO GEOGNOSTICO S1**

**(Via Nicola Miraglia - Napoli)**

| Strato | Prof. strato (mt) | Nspt corretto per presenza falda | Tipo       | Gamma (t/m <sup>3</sup> ) | Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> ) | Fi (°) |
|--------|-------------------|----------------------------------|------------|---------------------------|----------------------------------|--------|
| 1      | 8.95              | 1.85                             | Incoerente | 1.39                      | 1.87                             | 28.52  |
| 2      | 15.45             | 6.482                            | Incoerente | 1.60                      | 1.90                             | 29.81  |
| 3      | 19.45             | 9                                | Incoerente | 1.70                      | 1.91                             | 30.52  |
| 4      | 20.95             | 28                               | Incoerente | 2.11                      | 2.50                             | 35.84  |
| 5      | 27.45             | 23.5                             | Incoerente | 2.05                      | 2.46                             | 34.58  |

| Strato | Prof. strato (mt) | Cu (KPa) | Modulo Edometrico (Kg/ cm <sup>2</sup> ) | Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Modulo Poisson | Modulo di taglio G (Kg/ cm <sup>2</sup> ) | Densità Relativa (%) |
|--------|-------------------|----------|------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|----------------------|
| 1      | 8.95              | 0        | 31.27                                    | 14.82                                 | 0.35           | 116.01                                    | 5.19                 |
| 2      | 15.45             | 0        | 40.78                                    | 51.86                                 | 0.34           | 376.63                                    | 23.93                |
| 3      | 19.45             | 0        | 45.95                                    | 72.00                                 | 0.34           | 512.74                                    | 22.76                |
| 4      | 20.95             | 0        | 84.98                                    | 224.00                                | 0.3            | 1490.19                                   | 48.47                |
| 5      | 27.45             | 0        | 75.73                                    | 188.00                                | 0.31           | 1263.91                                   | 38.97                |

| Strato | Prof. strato (mt) | Liquefazione (potenziale di liquefazione) | Modulo di reazione (Ko) | (Resistenza punta) Qc (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Classificazione AGI |
|--------|-------------------|-------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------|---------------------|
| 1      | 8.95              | 0.326                                     | 0.23                    | 3.70                                        | SCIOLTO             |
| 2      | 15.45             | 0.544                                     | 1.33                    | 12.96                                       | POCO ADDENSATO      |
| 3      | 19.45             | 0.764                                     | 1.89                    | 18.00                                       | POCO ADDENSATO      |
| 4      | 20.95             | 2.386                                     | 5.33                    | 56.00                                       | ADDENSATO           |
| 5      | 27.45             | 1.325                                     | 4.64                    | 47.00                                       | ADDENSATO           |

**TABELLA RIASSUNTIVA E STIMA PARAMETRI GEOTECNICI DELLE PROVE S.P.T. – rif. SONDAGGIO GEOGNOSTICO S2**

**(Via Traversa Il Macello – Napoli)**

| Strato | Prof. strato (mt) | Nspt corretto per presenza falda | Tipo       | Gamma (t/m <sup>3</sup> ) | Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> ) | Fi (°) |
|--------|-------------------|----------------------------------|------------|---------------------------|----------------------------------|--------|
| 1      | 4.95              | 10.186                           | Incoerente | 1.74                      | 1.92                             | 30.85  |
| 2      | 7.95              | 6.482                            | Incoerente | 1.60                      | 1.90                             | 29.81  |

| Strato | Prof. strato (mt) | Cu (KPa) | Modulo Edometrico (Kg/ cm <sup>2</sup> ) | Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Modulo Poisson | Modulo di taglio G (Kg/ cm <sup>2</sup> ) | Densità Relativa (%) |
|--------|-------------------|----------|------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|----------------------|
| 1      | 4.95              | 0        | 48.39                                    | 125.93                                | 0.33           | 576.02                                    | 35.75                |
| 2      | 7.95              | 0        | 40.78                                    |                                       | 0.34           | 376.63                                    | 20.61                |

| Strato | Prof. strato (mt) | Liquefazione (potenziale di liquefazione) | Modulo di reazione (Ko) | (Resistenza punta) Qc (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Classificazione AGI     |
|--------|-------------------|-------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|
| 1      | 4.95              | 1.183                                     | 2.14                    | 20.37                                       | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 2      | 7.95              | 0.686                                     | 1.33                    | 12.96                                       | POCO ADDENSATO          |

## **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPER-PESANTI (DPSH) (P1 e P2).**

Al fine di approfondire le conoscenze circa la natura dei terreni costituenti il substrato dell'area in esame, è stata realizzata una campagna di indagine geognostica, mediante esecuzione ed elaborazione di n°2 Prove Penetrometriche Dinamiche Super-Pesanti, denominate P1 e P2. Questo tipo di indagine è stato ritenuto idoneo perché permette di acquisire dati significativi lungo le verticali d'interesse circa le caratteristiche geomeccaniche dei terreni. *La profondità massima indagata è stata di 21,0 metri circa.*

## **INDAGINI E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SITO**

### **(C 6.2.2, 7.11.2, NTC DM 14.01.2008 E SUCC. CIRCOLARE 02.02.2009 N. 617 CSLPP)**

La prova consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica metallica, collegata ad un asta di acciaio prolungabile con l'aggiunta di successive aste, di dimensioni standard, infissa verticalmente nel terreno per battitura, facendo cadere da un'altezza costante un maglio di dato peso. Le informazioni fornite dalla prova sono di tipo continuo, poiché le misure di resistenza alla penetrazione vengono eseguite durante tutta l'infissione. Si contano il numero di colpi necessari alla penetrazione di ciascun tratto di lunghezza stabilita. Le prove penetrometriche dinamiche continue possono essere realizzate secondo diversi standards in funzione delle combinazioni dei parametri adottati quali:

- massa del maglio (10 ÷ 100 kg)
- altezza di caduta (200 ÷ 760 mm)
- diametro della punta (22 ÷ 63 mm)
- forma della punta (angolo di apertura 60° - 90°, prolungamento alla base del cono)
- diametro esterno delle aste (16 ÷ 45 mm)
- penetrazione di riferimento (100 ÷ 300 mm)
- metodo per eliminare o ridurre l'attrito laterale lungo le aste (rivestimento, fango attraverso le aste, diametro punta > diametro aste).

Le caratteristiche dell'attrezzatura e le modalità esecutive sono state standardizzate nelle Procedure internazionali di Riferimento elaborate dall'ISSMFE che contempla ben quattro tipi di penetrometro sulla base della massa del maglio:

| TIPO          | Sigla di riferimento | Massa battente M (kg) |
|---------------|----------------------|-----------------------|
| Leggero       | DPL (light)          | $M \leq 10$           |
| Medio         | DPM (medium)         | $10 < M < 40$         |
| Pesante       | DPH (heavy)          | $40 < M < 60$         |
| Super pesante | DPSH (super heavy)   | $M \geq 60$           |



## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA SUPER PESANTE (DPSH)

Nel presente lavoro, il sottoscritto, utilizza un penetrometro Super-Pesante, di tipo **TG 63-200 EML.C** con le seguenti caratteristiche tecniche:

- PESO MASSA BATTENTE **M = 63,50 kg**
- ALTEZZA CADUTA LIBERA **H = 0,75 m**
- PESO SISTEMA BATTUTA **Ms = 0,63 kg**
- DIAMETRO PUNTA CONICA **D = 51,00 mm**
- AREA BASE PUNTA CONICA **A = 20,43 cm<sup>2</sup>**
- ANGOLO APERTURA PUNTA **a = 90 °**
- LUNGHEZZA DELLE ASTE **La = 1,00 m**
- PESO ASTE PER METRO **Ma = 6,31 kg**
- PROF. GIUNZIONE 1<sup>a</sup> ASTA **P1 = 0,40 m**
- AVANZAMENTO PUNTA **d = 0,20 m**
- NUMERO DI COLPI PUNTA **N = N(20) ▶ Relativo ad un avanzamento di 20 cm**
- RIVESTIMENTO / FANGHI **NO**
- ENERGIA SPECIFICA x COLPO **Q = (MH)/(Aδ) = 11,66 kg/cm<sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm<sup>2</sup> )**
- COEFF. TEORICO DI ENERGIA **βt = Q/Qspt = 1,489 ( teoricamente : Nspt = βt N)**

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

$$Rpd = M^2 H / [A e (M+P)] = M^2 H N / [A \delta (M+P)]$$

*Rpd = resistenza dinamica punta [ area A] M = peso massa battente (altezza caduta H)  
e = infissione per colpo = δ / N P = peso totale aste e sistema battuta*

| UNITA' di MISURA (conversioni)                          |
|---------------------------------------------------------|
| 1 kg/cm <sup>2</sup> = 0.098067 MPa                     |
| 1 MPa = 1 MN/m <sup>2</sup> = 10.197 kg/cm <sup>2</sup> |
| 1 bar = 1.0197 kg/cm <sup>2</sup> = 0.1 MPa             |
| 1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg                             |

### Correlazione tra la prova penetrometrica dinamica continua e la prova SPT

La correlazione che collega il numero dei colpi N che si ottiene dalla prova DP ed il valore N<sub>SPT</sub> che si ricava dalla prova SPT è la seguente:

$$N_{SPT} = \beta t N$$

Una volta individuato il valore  $N_{SPT}$  correlato con il numero dei colpi si ricavano le caratteristiche geotecniche dei terreni utilizzando le stesse correlazioni valide per le prove SPT.

*Di seguito si riportano le relazioni di calcolo inerenti l'esecuzione delle Prove Penetrometriche Dinamiche Super-Pesanti (DPSH)-P1 e P2.*

#### **RELAZIONI DI CALCOLO PER LE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SUPER-PESANTI CONTINUE (D.P.S.H.)**

##### *Definizione del modello geologico-tecnico del sottosuolo ed Interpretazione dei risultati delle Prove Penetrometriche Dinamiche Super-Pesanti (DPSH)-P1 e P2.*

Al fine di approfondire le conoscenze circa la natura dei terreni costituenti il substrato dell'area in esame, è stata realizzata una campagna di indagine geognostica, mediante esecuzione ed elaborazione di n°2 prove penetrometriche dinamiche super-pesanti denominate P1 e P2. Questo tipo di indagine è stata ritenuta idonea, perché permette di acquisire dati significativi lungo le verticali d'interesse circa le caratteristiche geomeccaniche dei terreni dell'area di studio anche per problemi logistici legati alla accessibilità di luoghi. La penetrazione dinamica di punte coniche battute nel terreno, in assenza di attrito laterale, consente una determinazione di massima delle caratteristiche di resistenza dei terreni attraversati. Parametro tipico dello stato di addensamento di un terreno incoerente e della consistenza di uno coesivo è la  $Rpd$  ( $kg/cm^2$  - *resistenza dinamica di rottura alla punta*). Nei tabulati che seguono, per la caratterizzazione meccanica degli orizzonti litologici interessati, sono riportati il numero di colpi di avanzamento per ogni 20 cm di penetrazione, in relazione alla profondità dal piano di calpestio e gli equivalenti  $N_{spt}$ .

I valori dei principali Parametri Geotecnici, **DENSITA' RELATIVA ( $DR$ )**, **ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO ( $F_i$ )**, **MODULO ELASTICO ( $E$ )**, **MODULO DI TAGLIO ( $G$ )**, **MODULO DI DEFORMAZIONE EDOMETRICO ( $M$ )**, **MODULO ELASTICO NON DRENATO ( $E_u$ )** e **PESO UNITÀ DI VOLUME ( $\gamma$ )**, sono riportati nelle tabelle che seguono.

**RELAZIONE DI CALCOLO PER LA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA SUPER PESANTE  
(D.P.S.H.) P1 (VIA NICOLA MIRAGLIA).**

**PARAMETRI GEOTECNICI MEDI DELLA PROVA P1**  
**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

| Strato | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione       | Densità relativa<br>(%) |
|--------|-------|---------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| 1      | 29.97 | 2.20                | 29.97                               | Gibbs & Holtz 1957 | 62.55                   |
| 2      | 2.9   | 8.80                | 2.9                                 | Gibbs & Holtz 1957 | 4.91                    |
| 3      | 7.52  | 10.60               | 7.52                                | Gibbs & Holtz 1957 | 14.71                   |
| 4      | 5.24  | 12.40               | 5.24                                | Gibbs & Holtz 1957 | 7.1                     |
| 5      | 14.72 | 13.20               | 14.72                               | Gibbs & Holtz 1957 | 22.84                   |
| 6      | 7.36  | 14.60               | 7.36                                | Gibbs & Holtz 1957 | 9.94                    |
| 7      | 11.53 | 15.80               | 11.53                               | Gibbs & Holtz 1957 | 15.97                   |
| 8      | 15.71 | 17.00               | 15.71                               | Gibbs & Holtz 1957 | 20.08                   |
| 9      | 27.48 | 17.60               | 27.48                               | Gibbs & Holtz 1957 | 29.56                   |
| 10     | 16.19 | 18.20               | 16.19                               | Gibbs & Holtz 1957 | 19                      |
| 11     | 39.58 | 20.00               | 39.58                               | Gibbs & Holtz 1957 | 34.79                   |
| 12     | 51.52 | 20.60               | 51.52                               | Gibbs & Holtz 1957 | 38.91                   |
| 13     | 83.9  | 21.20               | 83.9                                | Gibbs & Holtz 1957 | 49.32                   |

**Angolo di resistenza al taglio**

| Strato | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione  | Angolo d'attrito<br>(°) |
|--------|-------|---------------------|-------------------------------------|---------------|-------------------------|
| 1      | 29.97 | 2.20                | 29.97                               | Sowers (1961) | 36.39                   |
| 2      | 2.9   | 8.80                | 2.9                                 | Sowers (1961) | 28.81                   |
| 3      | 7.52  | 10.60               | 7.52                                | Sowers (1961) | 30.11                   |
| 4      | 5.24  | 12.40               | 5.24                                | Sowers (1961) | 29.47                   |
| 5      | 14.72 | 13.20               | 14.72                               | Sowers (1961) | 32.12                   |
| 6      | 7.36  | 14.60               | 7.36                                | Sowers (1961) | 30.06                   |
| 7      | 11.53 | 15.80               | 11.53                               | Sowers (1961) | 31.23                   |
| 8      | 15.71 | 17.00               | 15.71                               | Sowers (1961) | 32.4                    |
| 9      | 27.48 | 17.60               | 27.48                               | Sowers (1961) | 35.69                   |
| 10     | 16.19 | 18.20               | 16.19                               | Sowers (1961) | 32.53                   |
| 11     | 39.58 | 20.00               | 39.58                               | Sowers (1961) | 39.08                   |
| 12     | 51.52 | 20.60               | 51.52                               | Sowers (1961) | 42.43                   |
| 13     | 83.9  | 21.20               | 83.9                                | Sowers (1961) | 51.49                   |

#### Modulo di Young

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione               | Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| 1      | 29.97 | 2.20             | 29.97                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 224.85                                |
| 2      | 2.9   | 8.80             | 2.9                              | Bowles (1982) Sabbia Media | ---                                   |
| 3      | 7.52  | 10.60            | 7.52                             | Bowles (1982) Sabbia Media | ---                                   |
| 4      | 5.24  | 12.40            | 5.24                             | Bowles (1982) Sabbia Media | ---                                   |
| 5      | 14.72 | 13.20            | 14.72                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 148.60                                |
| 6      | 7.36  | 14.60            | 7.36                             | Bowles (1982) Sabbia Media | ---                                   |
| 7      | 11.53 | 15.80            | 11.53                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 132.65                                |
| 8      | 15.71 | 17.00            | 15.71                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 153.55                                |
| 9      | 27.48 | 17.60            | 27.48                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 212.40                                |
| 10     | 16.19 | 18.20            | 16.19                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 155.95                                |
| 11     | 39.58 | 20.00            | 39.58                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 272.90                                |
| 12     | 51.52 | 20.60            | 51.52                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 332.60                                |
| 13     | 83.9  | 21.20            | 83.9                             | Bowles (1982) Sabbia Media | 494.50                                |

#### Modulo Edometrico

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione                      | Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| 1      | 29.97 | 2.20             | 29.97                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 89.02                                   |
| 2      | 2.9   | 8.80             | 2.9                              | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 33.42                                   |
| 3      | 7.52  | 10.60            | 7.52                             | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 42.91                                   |
| 4      | 5.24  | 12.40            | 5.24                             | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 38.23                                   |
| 5      | 14.72 | 13.20            | 14.72                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 57.70                                   |
| 6      | 7.36  | 14.60            | 7.36                             | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 42.58                                   |
| 7      | 11.53 | 15.80            | 11.53                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 51.15                                   |
| 8      | 15.71 | 17.00            | 15.71                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 59.73                                   |
| 9      | 27.48 | 17.60            | 27.48                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 83.91                                   |
| 10     | 16.19 | 18.20            | 16.19                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 60.72                                   |
| 11     | 39.58 | 20.00            | 39.58                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 108.76                                  |
| 12     | 51.52 | 20.60            | 51.52                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 133.29                                  |
| 13     | 83.9  | 21.20            | 83.9                             | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 199.80                                  |

#### Classificazione AGI

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione          | Classificazione AGI     |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1      | 29.97 | 2.20             | 29.97                            | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 2      | 2.9   | 8.80             | 2.9                              | Classificazione A.G.I | SCIOLTO                 |
| 3      | 7.52  | 10.60            | 7.52                             | Classificazione A.G.I | POCO ADDENSATO          |
| 4      | 5.24  | 12.40            | 5.24                             | Classificazione A.G.I | POCO ADDENSATO          |
| 5      | 14.72 | 13.20            | 14.72                            | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 6      | 7.36  | 14.60            | 7.36                             | Classificazione A.G.I | POCO ADDENSATO          |
| 7      | 11.53 | 15.80            | 11.53                            | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 8      | 15.71 | 17.00            | 15.71                            | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 9      | 27.48 | 17.60            | 27.48                            | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 10     | 16.19 | 18.20            | 16.19                            | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 11     | 39.58 | 20.00            | 39.58                            | Classificazione A.G.I | ADDENSATO               |
| 12     | 51.52 | 20.60            | 51.52                            | Classificazione A.G.I | MOLTO ADDENSATO         |
| 13     | 83.9  | 21.20            | 83.9                             | Classificazione A.G.I | MOLTO ADDENSATO         |

#### Peso unità di volume

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione      | Gamma (t/m³) |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|-------------------|--------------|
| 1      | 29.97 | 2.20             | 29.97                            | Meyerhof ed altri | 2.14         |
| 2      | 2.9   | 8.80             | 2.9                              | Meyerhof ed altri | 1.44         |
| 3      | 7.52  | 10.60            | 7.52                             | Meyerhof ed altri | 1.64         |
| 4      | 5.24  | 12.40            | 5.24                             | Meyerhof ed altri | 1.55         |
| 5      | 14.72 | 13.20            | 14.72                            | Meyerhof ed altri | 1.87         |
| 6      | 7.36  | 14.60            | 7.36                             | Meyerhof ed altri | 1.63         |
| 7      | 11.53 | 15.80            | 11.53                            | Meyerhof ed altri | 1.78         |
| 8      | 15.71 | 17.00            | 15.71                            | Meyerhof ed altri | 1.90         |
| 9      | 27.48 | 17.60            | 27.48                            | Meyerhof ed altri | 2.11         |
| 10     | 16.19 | 18.20            | 16.19                            | Meyerhof ed altri | 1.91         |
| 11     | 39.58 | 20.00            | 39.58                            | Meyerhof ed altri | 2.20         |
| 12     | 51.52 | 20.60            | 51.52                            | Meyerhof ed altri | 2.24         |
| 13     | 83.9  | 21.20            | 83.9                             | Meyerhof ed altri | 2.50         |

#### Peso unità di volume saturo

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione            | Gamma Saturo (t/m³) |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------|
| 1      | 29.97 | 2.20             | 29.97                            | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2.50                |
| 2      | 2.9   | 8.80             | 2.9                              | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.87                |
| 3      | 7.52  | 10.60            | 7.52                             | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.90                |
| 4      | 5.24  | 12.40            | 5.24                             | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.89                |
| 5      | 14.72 | 13.20            | 14.72                            | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.95                |
| 6      | 7.36  | 14.60            | 7.36                             | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.90                |
| 7      | 11.53 | 15.80            | 11.53                            | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.93                |
| 8      | 15.71 | 17.00            | 15.71                            | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.95                |

|    |       |       |       |                         |      |
|----|-------|-------|-------|-------------------------|------|
| 9  | 27.48 | 17.60 | 27.48 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2.50 |
| 10 | 16.19 | 18.20 | 16.19 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.96 |
| 11 | 39.58 | 20.00 | 39.58 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2.50 |
| 12 | 51.52 | 20.60 | 51.52 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2.50 |
| 13 | 83.9  | 21.20 | 83.9  | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2.50 |

#### Modulo di Poisson

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|--------------|---------|
| 1      | 29.97 | 2.20             | 29.97                            | (A.G.I.)     | 0.3     |
| 2      | 2.9   | 8.80             | 2.9                              | (A.G.I.)     | 0.35    |
| 3      | 7.52  | 10.60            | 7.52                             | (A.G.I.)     | 0.34    |
| 4      | 5.24  | 12.40            | 5.24                             | (A.G.I.)     | 0.34    |
| 5      | 14.72 | 13.20            | 14.72                            | (A.G.I.)     | 0.33    |
| 6      | 7.36  | 14.60            | 7.36                             | (A.G.I.)     | 0.34    |
| 7      | 11.53 | 15.80            | 11.53                            | (A.G.I.)     | 0.33    |
| 8      | 15.71 | 17.00            | 15.71                            | (A.G.I.)     | 0.32    |
| 9      | 27.48 | 17.60            | 27.48                            | (A.G.I.)     | 0.3     |
| 10     | 16.19 | 18.20            | 16.19                            | (A.G.I.)     | 0.32    |
| 11     | 39.58 | 20.00            | 39.58                            | (A.G.I.)     | 0.28    |
| 12     | 51.52 | 20.60            | 51.52                            | (A.G.I.)     | 0.25    |
| 13     | 83.9  | 21.20            | 83.9                             | (A.G.I.)     | 0.18    |

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione           | G (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------------|
| 1      | 29.97 | 2.20             | 29.97                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 1588.54                 |
| 2      | 2.9   | 8.80             | 2.9                              | Ohsaki (Sabbie pulite) | 176.83                  |
| 3      | 7.52  | 10.60            | 7.52                             | Ohsaki (Sabbie pulite) | 433.07                  |
| 4      | 5.24  | 12.40            | 5.24                             | Ohsaki (Sabbie pulite) | 308.38                  |
| 5      | 14.72 | 13.20            | 14.72                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 814.23                  |
| 6      | 7.36  | 14.60            | 7.36                             | Ohsaki (Sabbie pulite) | 424.40                  |
| 7      | 11.53 | 15.80            | 11.53                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 647.19                  |
| 8      | 15.71 | 17.00            | 15.71                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 865.60                  |
| 9      | 27.48 | 17.60            | 27.48                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 1464.16                 |
| 10     | 16.19 | 18.20            | 16.19                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 890.44                  |
| 11     | 39.58 | 20.00            | 39.58                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 2063.20                 |
| 12     | 51.52 | 20.60            | 51.52                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 2643.45                 |
| 13     | 83.9  | 21.20            | 83.9                             | Ohsaki (Sabbie pulite) | 4180.71                 |

#### Modulo di reazione Ko

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione     | Ko   |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|------------------|------|
| 1      | 29.97 | 2.20             | 29.97                            | Navfac 1971-1982 | 5.61 |
| 2      | 2.9   | 8.80             | 2.9                              | Navfac 1971-1982 | 0.49 |
| 3      | 7.52  | 10.60            | 7.52                             | Navfac 1971-1982 | 1.56 |
| 4      | 5.24  | 12.40            | 5.24                             | Navfac 1971-1982 | 1.04 |
| 5      | 14.72 | 13.20            | 14.72                            | Navfac 1971-1982 | 3.07 |
| 6      | 7.36  | 14.60            | 7.36                             | Navfac 1971-1982 | 1.53 |
| 7      | 11.53 | 15.80            | 11.53                            | Navfac 1971-1982 | 2.43 |
| 8      | 15.71 | 17.00            | 15.71                            | Navfac 1971-1982 | 3.26 |
| 9      | 27.48 | 17.60            | 27.48                            | Navfac 1971-1982 | 5.25 |
| 10     | 16.19 | 18.20            | 16.19                            | Navfac 1971-1982 | 3.35 |

|    |       |       |       |                  |       |
|----|-------|-------|-------|------------------|-------|
| 11 | 39.58 | 20.00 | 39.58 | Navfac 1971-1982 | 6.84  |
| 12 | 51.52 | 20.60 | 51.52 | Navfac 1971-1982 | 8.40  |
| 13 | 83.9  | 21.20 | 83.9  | Navfac 1971-1982 | 11.93 |

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

| Strato | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione   | Qc<br>(Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|-------|---------------------|-------------------------------------|----------------|-----------------------------|
| 1      | 29.97 | 2.20                | 29.97                               | Robertson 1983 | 59.94                       |
| 2      | 2.9   | 8.80                | 2.9                                 | Robertson 1983 | 5.80                        |
| 3      | 7.52  | 10.60               | 7.52                                | Robertson 1983 | 15.04                       |
| 4      | 5.24  | 12.40               | 5.24                                | Robertson 1983 | 10.48                       |
| 5      | 14.72 | 13.20               | 14.72                               | Robertson 1983 | 29.44                       |
| 6      | 7.36  | 14.60               | 7.36                                | Robertson 1983 | 14.72                       |
| 7      | 11.53 | 15.80               | 11.53                               | Robertson 1983 | 23.06                       |
| 8      | 15.71 | 17.00               | 15.71                               | Robertson 1983 | 31.42                       |
| 9      | 27.48 | 17.60               | 27.48                               | Robertson 1983 | 54.96                       |
| 10     | 16.19 | 18.20               | 16.19                               | Robertson 1983 | 32.38                       |
| 11     | 39.58 | 20.00               | 39.58                               | Robertson 1983 | 79.16                       |
| 12     | 51.52 | 20.60               | 51.52                               | Robertson 1983 | 103.04                      |
| 13     | 83.9  | 21.20               | 83.9                                | Robertson 1983 | 167.80                      |



## SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI MEDI DELLA PROVA P1

### TERRENI INCOERENTI

| Strato | Prof. strato (mt) | Nspt corretto per presenza falda | Tipo       | Gamma (t/m <sup>3</sup> ) | Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> ) | Fi (°) |
|--------|-------------------|----------------------------------|------------|---------------------------|----------------------------------|--------|
| 1      | 2.20              | 29.97                            | INCOERENTE | 2.14                      | 2.50                             | 36.39  |
| 2      | 8.80              | 2.9                              | INCOERENTE | 1.44                      | 1.87                             | 28.81  |
| 3      | 10.60             | 7.52                             | INCOERENTE | 1.64                      | 1.90                             | 30.11  |
| 4      | 12.40             | 5.24                             | INCOERENTE | 1.55                      | 1.89                             | 29.47  |
| 5      | 13.20             | 14.72                            | INCOERENTE | 1.87                      | 1.95                             | 32.12  |
| 6      | 14.60             | 7.36                             | INCOERENTE | 1.63                      | 1.90                             | 30.06  |
| 7      | 15.80             | 11.53                            | INCOERENTE | 1.78                      | 1.93                             | 31.23  |
| 8      | 17.00             | 15.71                            | INCOERENTE | 1.90                      | 1.95                             | 32.4   |
| 9      | 17.60             | 27.48                            | INCOERENTE | 2.11                      | 2.50                             | 35.69  |
| 10     | 18.20             | 16.19                            | INCOERENTE | 1.91                      | 1.96                             | 32.53  |
| 11     | 20.00             | 39.58                            | INCOERENTE | 2.20                      | 2.50                             | 39.08  |
| 12     | 20.60             | 51.52                            | INCOERENTE | 2.24                      | 2.50                             | 42.43  |
| 13     | 21.20             | 83.9                             | INCOERENTE | 2.50                      | 2.50                             | 51.49  |

| Strato | Prof. strato (mt) | Cu (KPa) | Modulo Edometrico (Kg/ cm <sup>2</sup> ) | Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Modulo Poisson | Modulo di taglio G (Kg/ cm <sup>2</sup> ) | Densità Relativa (%) |
|--------|-------------------|----------|------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|----------------------|
| 1      | 2.20              | 0        | 89.02                                    | 224.85                                | 0.3            | 1588.54                                   | 62.55                |
| 2      | 8.80              | 0        | 33.42                                    | ---                                   | 0.35           | 176.83                                    | 4.91                 |
| 3      | 10.60             | 0        | 42.91                                    | ---                                   | 0.34           | 433.07                                    | 14.71                |
| 4      | 12.40             | 0        | 38.23                                    | ---                                   | 0.34           | 308.38                                    | 7.1                  |
| 5      | 13.20             | 0        | 57.70                                    | 148.60                                | 0.33           | 814.23                                    | 22.84                |
| 6      | 14.60             | 0        | 42.58                                    | ---                                   | 0.34           | 424.40                                    | 9.94                 |
| 7      | 15.80             | 0        | 51.15                                    | 132.65                                | 0.33           | 647.19                                    | 15.97                |
| 8      | 17.00             | 0        | 59.73                                    | 153.55                                | 0.32           | 865.60                                    | 20.08                |
| 9      | 17.60             | 0        | 83.91                                    | 212.40                                | 0.3            | 1464.16                                   | 29.56                |
| 10     | 18.20             | 0        | 60.72                                    | 155.95                                | 0.32           | 890.44                                    | 19                   |
| 11     | 20.00             | 0        | 108.76                                   | 272.90                                | 0.28           | 2063.20                                   | 34.79                |
| 12     | 20.60             | 0        | 133.29                                   | 332.60                                | 0.25           | 2643.45                                   | 38.91                |
| 13     | 21.20             | 0        | 199.80                                   | 494.50                                | 0.18           | 4180.71                                   | 49.32                |

| Strato | Prof. strato (mt) | Modulo di reazione (Ko) | (Resistenza punta) Qc (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Classificazione AGI     |
|--------|-------------------|-------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|
| 1      | 2.20              | 5.61                    | 59.94                                       | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 2      | 8.80              | 0.49                    | 5.80                                        | SCIOLTO                 |
| 3      | 10.60             | 1.56                    | 15.04                                       | POCO ADDENSATO          |
| 4      | 12.40             | 1.04                    | 10.48                                       | POCO ADDENSATO          |
| 5      | 13.20             | 3.07                    | 29.44                                       | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 6      | 14.60             | 1.53                    | 14.72                                       | POCO ADDENSATO          |
| 7      | 15.80             | 2.43                    | 23.06                                       | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 8      | 17.00             | 3.26                    | 31.42                                       | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 9      | 17.60             | 5.25                    | 54.96                                       | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 10     | 18.20             | 3.35                    | 32.38                                       | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 11     | 20.00             | 6.84                    | 79.16                                       | ADDENSATO               |
| 12     | 20.60             | 8.40                    | 103.04                                      | MOLTO ADDENSATO         |
| 13     | 21.20             | 11.93                   | 167.80                                      | MOLTO ADDENSATO         |

**RELAZIONE DI CALCOLO PER LA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA SUPER PESANTE  
 (D.P.S.H.) P2 (VIA TRAVERSA II MACELLO).**

**PARAMETRI GEOTECNICI MEDI DELLA PROVA P2**  
**TERRENI INCOERENTI**

**Densità relativa**

| Strato | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione       | Densità relativa<br>(%) |
|--------|-------|---------------------|-------------------------------------|--------------------|-------------------------|
| 1      | 25.51 | 1.20                | 25.51                               | Gibbs & Holtz 1957 | 61.18                   |
| 2      | 3.62  | 8.60                | 3.62                                | Gibbs & Holtz 1957 | 9.59                    |
| 3      | 10.94 | 10.00               | 10.94                               | Gibbs & Holtz 1957 | 22.02                   |
| 4      | 6.37  | 10.60               | 6.37                                | Gibbs & Holtz 1957 | 11.51                   |
| 5      | 9.88  | 12.00               | 9.88                                | Gibbs & Holtz 1957 | 17.58                   |
| 6      | 17.96 | 13.00               | 17.96                               | Gibbs & Holtz 1957 | 26.89                   |
| 7      | 11.63 | 15.00               | 11.63                               | Gibbs & Holtz 1957 | 17.15                   |
| 8      | 19.28 | 17.00               | 19.28                               | Gibbs & Holtz 1957 | 23.93                   |
| 9      | 22.71 | 18.40               | 22.71                               | Gibbs & Holtz 1957 | 25.05                   |
| 10     | 53.73 | 19.60               | 53.73                               | Gibbs & Holtz 1957 | 41.18                   |
| 11     | 60.35 | 20.20               | 60.35                               | Gibbs & Holtz 1957 | 42.56                   |

**Angolo di resistenza al taglio**

| Strato | Nspt  | Prof. Strato<br>(m) | Nspt corretto per<br>presenza falda | Correlazione  | Angolo d'attrito<br>(°) |
|--------|-------|---------------------|-------------------------------------|---------------|-------------------------|
| 1      | 25.51 | 1.20                | 25.51                               | Sowers (1961) | 35.14                   |
| 2      | 3.62  | 8.60                | 3.62                                | Sowers (1961) | 29.01                   |
| 3      | 10.94 | 10.00               | 10.94                               | Sowers (1961) | 31.06                   |
| 4      | 6.37  | 10.60               | 6.37                                | Sowers (1961) | 29.78                   |
| 5      | 9.88  | 12.00               | 9.88                                | Sowers (1961) | 30.77                   |
| 6      | 17.96 | 13.00               | 17.96                               | Sowers (1961) | 33.03                   |
| 7      | 11.63 | 15.00               | 11.63                               | Sowers (1961) | 31.26                   |
| 8      | 19.28 | 17.00               | 19.28                               | Sowers (1961) | 33.4                    |
| 9      | 22.71 | 18.40               | 22.71                               | Sowers (1961) | 34.36                   |
| 10     | 53.73 | 19.60               | 53.73                               | Sowers (1961) | 43.04                   |
| 11     | 60.35 | 20.20               | 60.35                               | Sowers (1961) | 44.9                    |

#### Modulo di Young

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione               | Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| 1      | 25.51 | 1.20             | 25.51                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 202.55                                |
| 2      | 3.62  | 8.60             | 3.62                             | Bowles (1982) Sabbia Media | ---                                   |
| 3      | 10.94 | 10.00            | 10.94                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 129.70                                |
| 4      | 6.37  | 10.60            | 6.37                             | Bowles (1982) Sabbia Media | ---                                   |
| 5      | 9.88  | 12.00            | 9.88                             | Bowles (1982) Sabbia Media | ---                                   |
| 6      | 17.96 | 13.00            | 17.96                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 164.80                                |
| 7      | 11.63 | 15.00            | 11.63                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 133.15                                |
| 8      | 19.28 | 17.00            | 19.28                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 171.40                                |
| 9      | 22.71 | 18.40            | 22.71                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 188.55                                |
| 10     | 53.73 | 19.60            | 53.73                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 343.65                                |
| 11     | 60.35 | 20.20            | 60.35                            | Bowles (1982) Sabbia Media | 376.75                                |

#### Modulo Edometrico

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione                      | Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|
| 1      | 25.51 | 1.20             | 25.51                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 79.86                                   |
| 2      | 3.62  | 8.60             | 3.62                             | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 34.90                                   |
| 3      | 10.94 | 10.00            | 10.94                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 49.94                                   |
| 4      | 6.37  | 10.60            | 6.37                             | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 40.55                                   |
| 5      | 9.88  | 12.00            | 9.88                             | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 47.76                                   |
| 6      | 17.96 | 13.00            | 17.96                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 64.35                                   |
| 7      | 11.63 | 15.00            | 11.63                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 51.35                                   |
| 8      | 19.28 | 17.00            | 19.28                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 67.07                                   |
| 9      | 22.71 | 18.40            | 22.71                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 74.11                                   |
| 10     | 53.73 | 19.60            | 53.73                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 137.83                                  |
| 11     | 60.35 | 20.20            | 60.35                            | Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia) | 151.43                                  |

#### Classificazione AGI

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione          | Classificazione AGI     |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1      | 25.51 | 1.20             | 25.51                            | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 2      | 3.62  | 8.60             | 3.62                             | Classificazione A.G.I | SCIOLTO                 |
| 3      | 10.94 | 10.00            | 10.94                            | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 4      | 6.37  | 10.60            | 6.37                             | Classificazione A.G.I | POCO ADDENSATO          |
| 5      | 9.88  | 12.00            | 9.88                             | Classificazione A.G.I | POCO ADDENSATO          |
| 6      | 17.96 | 13.00            | 17.96                            | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 7      | 11.63 | 15.00            | 11.63                            | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 8      | 19.28 | 17.00            | 19.28                            | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 9      | 22.71 | 18.40            | 22.71                            | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 10     | 53.73 | 19.60            | 53.73                            | Classificazione A.G.I | MOLTO ADDENSATO         |
| 11     | 60.35 | 20.20            | 60.35                            | Classificazione A.G.I | MOLTO ADDENSATO         |

#### Peso unità di volume

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione      | Gamma (t/m³) |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|-------------------|--------------|
| 1      | 25.51 | 1.20             | 25.51                            | Meyerhof ed altri | 2.08         |
| 2      | 3.62  | 8.60             | 3.62                             | Meyerhof ed altri | 1.48         |
| 3      | 10.94 | 10.00            | 10.94                            | Meyerhof ed altri | 1.76         |
| 4      | 6.37  | 10.60            | 6.37                             | Meyerhof ed altri | 1.60         |
| 5      | 9.88  | 12.00            | 9.88                             | Meyerhof ed altri | 1.73         |
| 6      | 17.96 | 13.00            | 17.96                            | Meyerhof ed altri | 1.95         |
| 7      | 11.63 | 15.00            | 11.63                            | Meyerhof ed altri | 1.78         |
| 8      | 19.28 | 17.00            | 19.28                            | Meyerhof ed altri | 1.98         |
| 9      | 22.71 | 18.40            | 22.71                            | Meyerhof ed altri | 2.04         |
| 10     | 53.73 | 19.60            | 53.73                            | Meyerhof ed altri | 2.25         |
| 11     | 60.35 | 20.20            | 60.35                            | Meyerhof ed altri | 2.29         |

#### Peso unità di volume saturo

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione            | Gamma Saturo (t/m³) |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------|
| 1      | 25.51 | 1.20             | 25.51                            | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2.50                |
| 2      | 3.62  | 8.60             | 3.62                             | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.88                |
| 3      | 10.94 | 10.00            | 10.94                            | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.92                |
| 4      | 6.37  | 10.60            | 6.37                             | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.90                |
| 5      | 9.88  | 12.00            | 9.88                             | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.92                |
| 6      | 17.96 | 13.00            | 17.96                            | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.97                |
| 7      | 11.63 | 15.00            | 11.63                            | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.93                |
| 8      | 19.28 | 17.00            | 19.28                            | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2.38                |
| 9      | 22.71 | 18.40            | 22.71                            | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2.45                |
| 10     | 53.73 | 19.60            | 53.73                            | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2.50                |
| 11     | 60.35 | 20.20            | 60.35                            | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2.50                |

#### Modulo di Poisson

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|--------------|---------|
| 1      | 25.51 | 1.20             | 25.51                            | (A.G.I.)     | 0.3     |
| 2      | 3.62  | 8.60             | 3.62                             | (A.G.I.)     | 0.35    |
| 3      | 10.94 | 10.00            | 10.94                            | (A.G.I.)     | 0.33    |
| 4      | 6.37  | 10.60            | 6.37                             | (A.G.I.)     | 0.34    |
| 5      | 9.88  | 12.00            | 9.88                             | (A.G.I.)     | 0.33    |
| 6      | 17.96 | 13.00            | 17.96                            | (A.G.I.)     | 0.32    |
| 7      | 11.63 | 15.00            | 11.63                            | (A.G.I.)     | 0.33    |
| 8      | 19.28 | 17.00            | 19.28                            | (A.G.I.)     | 0.32    |
| 9      | 22.71 | 18.40            | 22.71                            | (A.G.I.)     | 0.31    |
| 10     | 53.73 | 19.60            | 53.73                            | (A.G.I.)     | 0.25    |
| 11     | 60.35 | 20.20            | 60.35                            | (A.G.I.)     | 0.23    |

#### Modulo di deformazione a taglio dinamico

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione           | G (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------------|
| 1      | 25.51 | 1.20             | 25.51                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 1365.28                 |
| 2      | 3.62  | 8.60             | 3.62                             | Ohsaki (Sabbie pulite) | 217.82                  |
| 3      | 10.94 | 10.00            | 10.94                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 616.01                  |
| 4      | 6.37  | 10.60            | 6.37                             | Ohsaki (Sabbie pulite) | 370.51                  |
| 5      | 9.88  | 12.00            | 9.88                             | Ohsaki (Sabbie pulite) | 559.74                  |
| 6      | 17.96 | 13.00            | 17.96                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 981.66                  |
| 7      | 11.63 | 15.00            | 11.63                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 652.47                  |
| 8      | 19.28 | 17.00            | 19.28                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 1049.33                 |
| 9      | 22.71 | 18.40            | 22.71                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 1223.93                 |
| 10     | 53.73 | 19.60            | 53.73                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 2749.90                 |
| 11     | 60.35 | 20.20            | 60.35                            | Ohsaki (Sabbie pulite) | 3067.26                 |

#### Modulo di reazione Ko

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione     | Ko   |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|------------------|------|
| 1      | 25.51 | 1.20             | 25.51                            | Navfac 1971-1982 | 4.95 |
| 2      | 3.62  | 8.60             | 3.62                             | Navfac 1971-1982 | 0.66 |
| 3      | 10.94 | 10.00            | 10.94                            | Navfac 1971-1982 | 2.30 |
| 4      | 6.37  | 10.60            | 6.37                             | Navfac 1971-1982 | 1.30 |
| 5      | 9.88  | 12.00            | 9.88                             | Navfac 1971-1982 | 2.08 |
| 6      | 17.96 | 13.00            | 17.96                            | Navfac 1971-1982 | 3.68 |
| 7      | 11.63 | 15.00            | 11.63                            | Navfac 1971-1982 | 2.45 |
| 8      | 19.28 | 17.00            | 19.28                            | Navfac 1971-1982 | 3.92 |
| 9      | 22.71 | 18.40            | 22.71                            | Navfac 1971-1982 | 4.51 |
| 10     | 53.73 | 19.60            | 53.73                            | Navfac 1971-1982 | 8.74 |
| 11     | 60.35 | 20.20            | 60.35                            | Navfac 1971-1982 | 9.99 |

#### Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Strato | Nspt  | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione   | Qc (Kg/cm <sup>2</sup> ) |
|--------|-------|------------------|----------------------------------|----------------|--------------------------|
| 1      | 25.51 | 1.20             | 25.51                            | Robertson 1983 | 51.02                    |
| 2      | 3.62  | 8.60             | 3.62                             | Robertson 1983 | 7.24                     |
| 3      | 10.94 | 10.00            | 10.94                            | Robertson 1983 | 21.88                    |
| 4      | 6.37  | 10.60            | 6.37                             | Robertson 1983 | 12.74                    |
| 5      | 9.88  | 12.00            | 9.88                             | Robertson 1983 | 19.76                    |

|           |       |       |       |                |        |
|-----------|-------|-------|-------|----------------|--------|
| <b>6</b>  | 17.96 | 13.00 | 17.96 | Robertson 1983 | 35.92  |
| <b>7</b>  | 11.63 | 15.00 | 11.63 | Robertson 1983 | 23.26  |
| <b>8</b>  | 19.28 | 17.00 | 19.28 | Robertson 1983 | 38.56  |
| <b>9</b>  | 22.71 | 18.40 | 22.71 | Robertson 1983 | 45.42  |
| <b>10</b> | 53.73 | 19.60 | 53.73 | Robertson 1983 | 107.46 |
| <b>11</b> | 60.35 | 20.20 | 60.35 | Robertson 1983 | 120.70 |

## SINTESI DEI PARAMETRI GEOTECNICI MEDI DELLA PROVA P2

### TERRENI INCOERENTI

| Strato | Prof. strato (mt) | Nspt corretto per presenza falda | Tipo       | Gamma (t/m <sup>3</sup> ) | Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> ) | Fi (°) |
|--------|-------------------|----------------------------------|------------|---------------------------|----------------------------------|--------|
| 1      | 1.2               | 25.51                            | Incoerente | 2.08                      | 2.5                              | 35.14  |
| 2      | 8.6               | 3.62                             | Incoerente | 1.48                      | 1.88                             | 29.01  |
| 3      | 10                | 10.94                            | Incoerente | 1.76                      | 1.92                             | 31.06  |
| 4      | 10.6              | 6.37                             | Incoerente | 1.6                       | 1.9                              | 29.78  |
| 5      | 12                | 9.88                             | Incoerente | 1.73                      | 1.92                             | 30.77  |
| 6      | 13                | 17.96                            | Incoerente | 1.95                      | 1.97                             | 33.03  |
| 7      | 15                | 11.63                            | Incoerente | 1.78                      | 1.93                             | 31.26  |
| 8      | 17                | 19.28                            | Incoerente | 1.98                      | 2.38                             | 33.4   |
| 9      | 18.4              | 22.71                            | Incoerente | 2.04                      | 2.45                             | 34.36  |
| 10     | 19.6              | 53.73                            | Incoerente | 2.25                      | 2.5                              | 43.04  |
| 11     | 20.2              | 60.35                            | Incoerente | 2.29                      | 2.5                              | 44.9   |

| Strato | Prof. strato (mt) | Cu (KPa) | Modulo Edometrico (Kg/ cm <sup>2</sup> ) | Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Modulo Poisson | Modulo di taglio G (Kg/ cm <sup>2</sup> ) | Densità Relativa (%) |
|--------|-------------------|----------|------------------------------------------|---------------------------------------|----------------|-------------------------------------------|----------------------|
| 1      | 1.2               | 0        | 79.86                                    | 202.55                                | 0.3            | 1365.28                                   | 61.18                |
| 2      | 8.6               | 0        | 34.9                                     | 0                                     | 0.35           | 217.82                                    | 9.59                 |
| 3      | 10                | 0        | 49.94                                    | 129.7                                 | 0.33           | 616.01                                    | 22.02                |
| 4      | 10.6              | 0        | 40.55                                    | 0                                     | 0.34           | 370.51                                    | 11.51                |
| 5      | 12                | 0        | 47.76                                    | 0                                     | 0.33           | 559.74                                    | 17.58                |
| 6      | 13                | 0        | 64.35                                    | 164.8                                 | 0.32           | 981.66                                    | 26.89                |
| 7      | 15                | 0        | 51.35                                    | 133.15                                | 0.33           | 652.47                                    | 17.15                |
| 8      | 17                | 0        | 67.07                                    | 171.4                                 | 0.32           | 1049.33                                   | 23.93                |
| 9      | 18.4              | 0        | 74.11                                    | 188.55                                | 0.31           | 1223.93                                   | 25.05                |
| 10     | 19.6              | 0        | 137.83                                   | 343.65                                | 0.25           | 2749.9                                    | 41.18                |
| 11     | 20.2              | 0        | 151.43                                   | 376.75                                | 0.23           | 3067.26                                   | 42.56                |

| Strato | Prof. strato (mt) | Modulo di reazione (Ko) | (Resistenza punta) Qc (Kg/cm <sup>2</sup> ) | Classificazione AGI     |
|--------|-------------------|-------------------------|---------------------------------------------|-------------------------|
| 1      | 1.2               | 4.95                    | 51.02                                       | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 2      | 8.6               | 0.66                    | 7.24                                        | SCIOLTO                 |
| 3      | 10                | 2.30                    | 21.88                                       | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 4      | 10.6              | 1.30                    | 12.74                                       | POCO ADDENSATO          |
| 5      | 12                | 2.08                    | 19.76                                       | POCO ADDENSATO          |
| 6      | 13                | 3.68                    | 35.92                                       | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 7      | 15                | 2.45                    | 23.26                                       | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 8      | 17                | 3.92                    | 38.56                                       | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 9      | 18.4              | 4.51                    | 45.42                                       | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| 10     | 19.6              | 8.74                    | 107.46                                      | MOLTO ADDENSATO         |
| 11     | 20.2              | 9.99                    | 120.70                                      | MOLTO ADDENSATO         |

#### **PRELIEVO DI CAMPIONI**

Sono stati effettuati nel corso dell'esecuzione dei sondaggi a rotazione, S1 ed S2, **n° 10 prelievi di campioni** di terreno “indisturbati”. Essi sono stati prelevati, con campionatore a pressione tipo Shelby.

#### **ANALISI DI LABORATORIO**

Successivamente, sono state eseguite, sui campioni di terreno indisturbato, **n° 5 analisi di laboratorio**.

*Gli esiti delle prove di laboratorio sono riportati nei certificati allegati.*

**Sondaggio (S1) : Analisi di laboratorio effettuate su campioni indisturbati C1 – C2 e C4**

**Sondaggio (S2) : Analisi di laboratorio effettuate su campioni indisturbati C1 e C5**

**Sono state effettuate le PROVE DI TAGLIO DIRETTE sui seguenti campioni indisturbati di terreno:**

- **Campione indisturbato S1C1 (profondità da 8,00 – 8,50 mt)**
- **Campione indisturbato S1C4 (profondità da 23,10 – 24,00 mt)**
- **Campione indisturbato S2C1 (profondità da 4,00 – 4,50 mt)**
- **Campione indisturbato S2C5 (profondità da 20,00 – 20,50 mt)**

Di seguito si riportano le interpretazioni delle PROVE DI TAGLIO DIRETTE, con i relativi valori di **Angolo di attrito interno (°)** e **Coesione (KPa)** medi, dei terreni analizzati.

Per i risultati delle analisi di laboratorio *vedi* **ALLEGATO ALLA RELAZIONE GEOLOGICA DELLE PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO.**



## INTERPRETAZIONE DEI RISULTATI DELLE PROVE DI TAGLIO DIRETTE

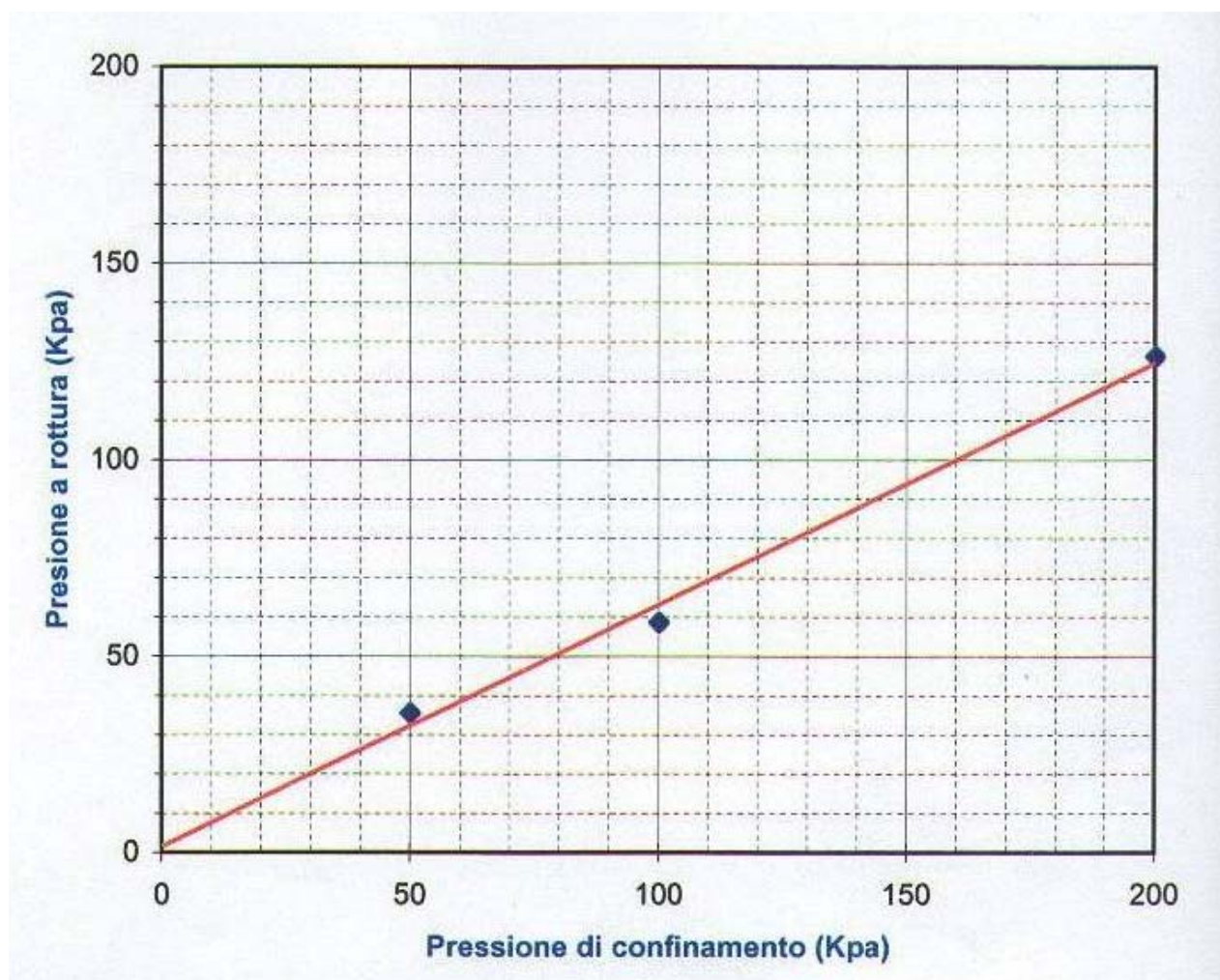
- Campione indisturbato S1C1 (profondità da 8,00 – 8,50 mt)

### VALORI A ROTTURA

| Numero Provino | Tau max (KPa) | Ef (mm) |
|----------------|---------------|---------|
| 1              | 35,50         | 2,42    |
| 2              | 58,60         | 3,11    |
| 3              | 126,30        | 3,80    |

### RISULTATI DELLA PROVA

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Angolo di attrito interno (°) | <u>31,6</u> |
| Coesione (KPa)                | <u>1,65</u> |



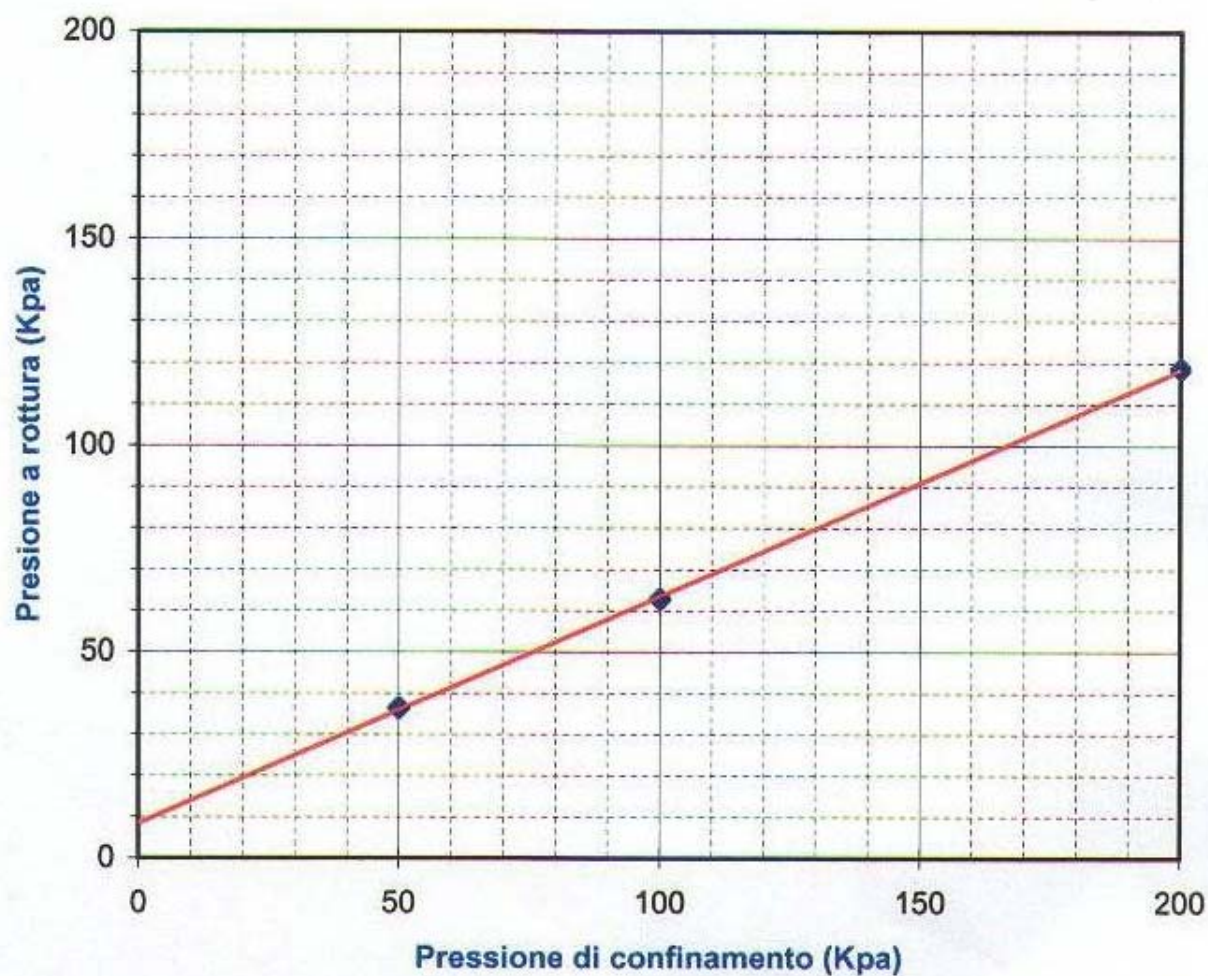
- Campione indisturbato S1C4 (profondità da 23,10 – 24,00 mt)

#### VALORI A ROTTURA

| Numero Provino | Tau max (KPa) | Ef (mm) |
|----------------|---------------|---------|
| 1              | 36,50         | 2,95    |
| 2              | 62,80         | 3,54    |
| 3              | 118,63        | 4,72    |

#### RISULTATI DELLA PROVA

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Angolo di attrito interno (°) | <u>28,8</u> |
| Coesione (KPa)                | <u>8,75</u> |



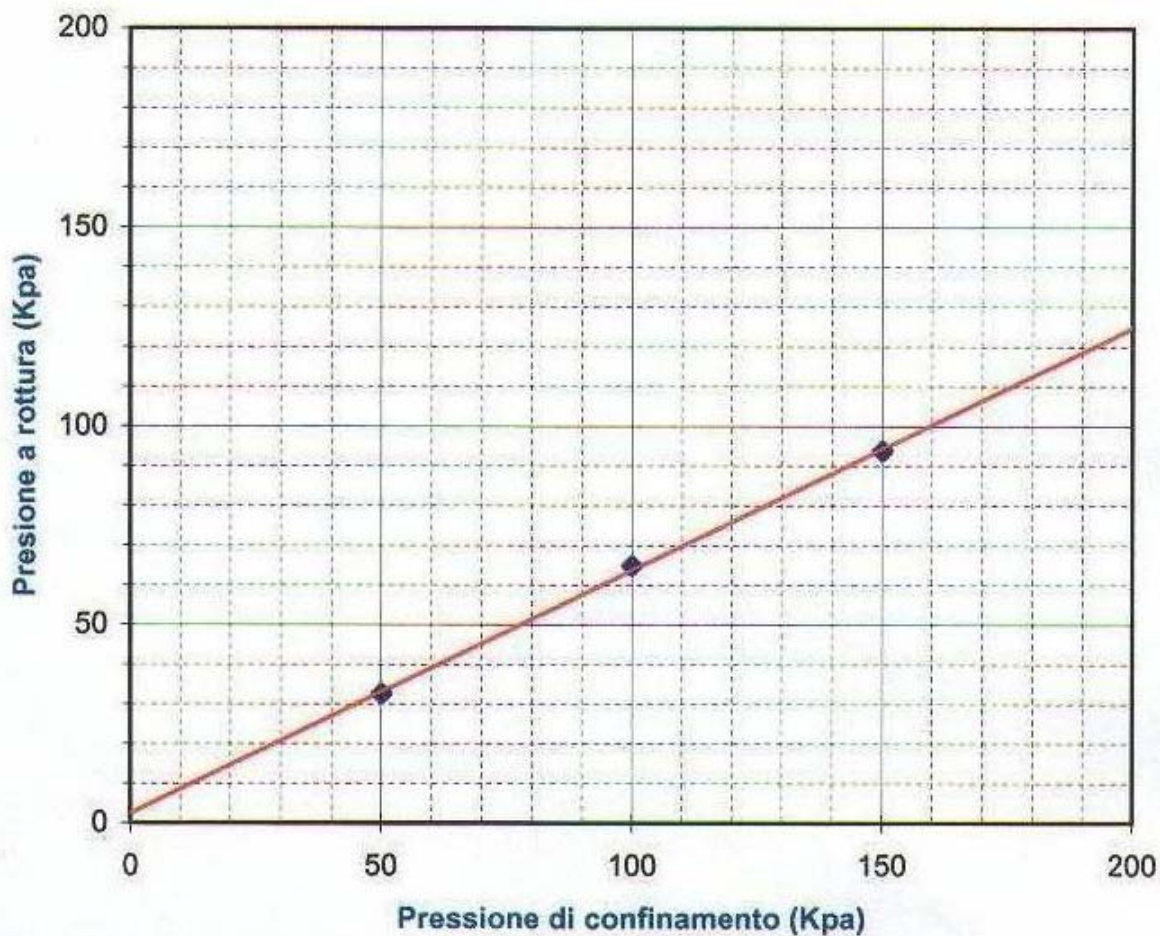
- Campione indisturbato S2C1 (profondità da 4,00 – 4,50 mt)

#### VALORI A ROTTURA

| Numero Provino | Tau max (KPa) | Ef (mm) |
|----------------|---------------|---------|
| 1              | 32,60         | 2,00    |
| 2              | 64,80         | 2,85    |
| 3              | 93,70         | 3,99    |

#### RISULTATI DELLA PROVA

|                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| Angolo di attrito interno (°) | <u>31,4</u> |
| Coesione (KPa)                | <u>2,60</u> |





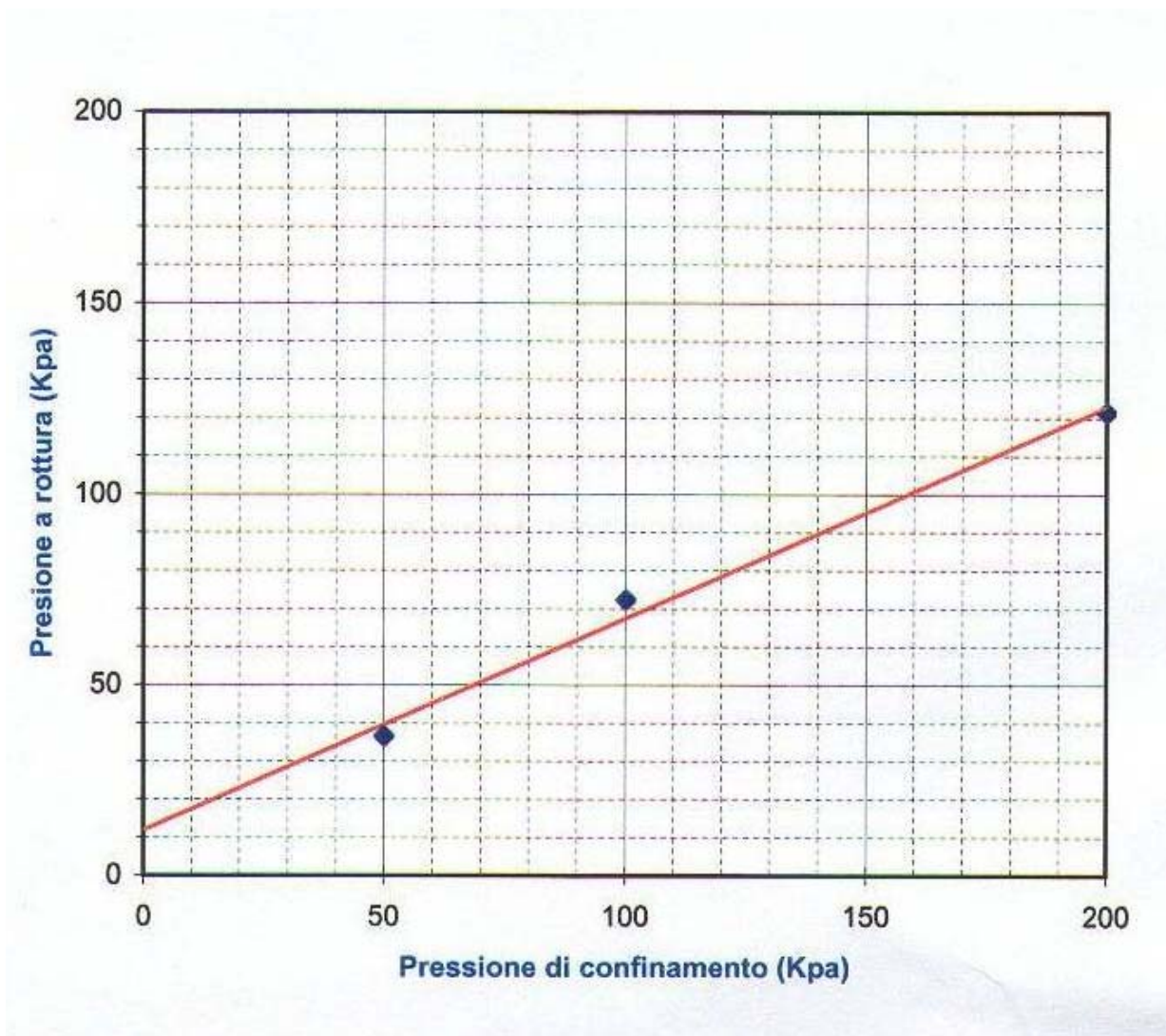
- Campione indisturbato S2C5 (profondità da 20,00 – 20,50 mt)

#### VALORI A ROTTURA

| Numero Provino | Tau max (KPa) | Ef (mm) |
|----------------|---------------|---------|
| 1              | 36,60         | 4,32    |
| 2              | 72,30         | 4,80    |
| 3              | 121,40        | 5,28    |

#### RISULTATI DELLA PROVA

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| Angolo di attrito interno (°) | <u>29,0</u>  |
| Coesione (KPa)                | <u>12,05</u> |



## CONCLUSIONI

*Dallo studio geologico eseguito nell'area dell'intervento si sono potute trarre le seguenti conclusioni:*

- Dal punto di vista geologico l'area in esame, risulta formata in gran parte da terreni e rocce di da terreni e rocce di origine vulcanica, con chimismo siliceo per lo più Trachitico Alcalino Potassico, ed alluvionale, con granulometria da limosa a sabbiosa debolmente limosa, con colori che vanno dal grigio scuro/grigio-verde, al marrone scuro. Tali depositi contengono al loro interno, intercalazioni di gusci di lamellibranchi e gasteropodi e più in profondità di pomici e litici a spigoli vivi. L'età geologica di tali terreni, è riconducibile, sia alla formazione del Tufo Giallo Napoletano (TGN – II° Periodo Flegreo) in facies sciolta, che a prodotti piroclastici del III° Periodo Flegreo, più recenti del TGN, estremamente rimaneggiati e cerniti, colmanti tale formazione. Essi si presentano come ceneri, limi e torbe, con pomici e lapilli, ed intercalazioni di livelli humificati.
- La circolazione idrica sotterranea nell'area oggetto di studio si inserisce nello schema idrologico dell'area flegrea s.l. e dell'area napoletana, il cui involucro é legato alle complesse condizioni stratigrafiche venutesi a determinare dal susseguirsi di numerosi eventi esplosivi. La falda idrica è superficiale, ed è situata a – 2 mt dal p.c., pertanto potrebbe interessare il piano di posa delle opere previste, attraverso la possibile risalita per capillarità, modificandosi in tal modo, le condizioni idrologiche locali.
- L'area investigata, dal punto di vista morfologico, si presenta con un andamento *completamente pianeggiante (categoria T1, N.T.C. D.M. 14.01.2008)*.
- Al fine di caratterizzare dal punto di vista meccanico gli orizzonti litologici dell'area di studio, sono state eseguite N°2 Prove Penetrometriche Dinamiche Super Pesanti (DPSH) e N°7 prove S.P.T. in foro di sondaggio (Standard Penetration Test). È stata compiuta un'interpretazione ed omogeneizzazione dei dati geomeccanici degli strati geologici presenti nell'area indagata. Si può innanzitutto affermare, che i litotipi del substrato dell'area in studio sono geomeccanicamente "incoerenti", salvo i terreni più superficiali che presentano, visto il loro fuso granulometrico limo-argilloso, un comportamento pseudo coesivo. Si registra poi, nel Test, un buon incremento delle resistenze penetrometriche, tipico delle piroclastiti, sabbioso-limose e limi sabbiosi, stratificate. Infine dall'esame dei dati delle prove geomeccaniche, lungo le verticali investigate, è emerso che, per effetto del diverso grado di consistenza geomeccanica dei terreni e dell'eterogeneità

dimensionale del materiale piroclastico presente, si verifica *mediamente*, un miglioramento delle proprietà geotecniche dei terreni all'aumentare della profondità (*cfr Allegato Tecnico "A"*).

- La prova DPSH - **P1** è iniziata al piano di calpestio e terminata ad una profondità di 21,20 mt dal p.c.
- La prova DPSH - **P2** è iniziata al piano di calpestio e terminata ad una profondità di 20,20 mt dal p.c.

- Le indagini eseguite, spaziate in maniera alquanto uniforme nell'area interessata, nonché lo studio bibliografico e le testimonianze storiche, hanno consentito di escludere la presenza di discontinuità sotterranee e/o cavità naturali o artificiali, sia negli strati superficiali che in quelli sottostanti.
- Le indagini sismiche "MASW – Re.Mi." e "DOWN-HOLE", hanno permesso di determinare la Vs30 ai fini della classificazione della categoria di suolo come definito nella nuova normativa sismica DM 14.01.2008 ex Ordinanza 3274/200, dove viene determinata la velocità media ponderata per i primi 30 m di suolo a partire dal livello del piano di posa delle fondazioni.

Il valore della Vs30 ottenuto per il sito, attraverso il metodo MASW-Re.Mi., è pari a **214.2 m/sec**.

Il valore della Vs30 ottenuto per il sito, attraverso il metodo "DOWN-HOLE" è pari a **301.2 m/sec** al p.c.

Pertanto, al sito indagato, viene associato la categoria di suolo di fondazione di **tipo "C"**, ovvero: *Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 e 360 m/s ( $15 < NSPT < 50$ ,  $70 < cu < 250$  kPa).*

- **(Rischio idraulico e Rischio da frana)** - La presente relazione tecnica è stata redatta ai sensi degli artt. 11, 12 e 14 della L.R. 9/83 ("Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico") e corredata dalle seguenti tavole tematiche (**Cartografia del PSAI** - "Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania"):

1. **"Carta del rischio idraulico"**
2. **"Carta del rischio da frana"**

*Pertanto:*

1. Secondo quanto si evince dall'esame della **"Carta del rischio idraulico"** (cfr Figura A – estratto dal **"Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania"** – Aggiornamento anno 2010), la zona oggetto dei lavori, non risulta classificata tra le aree a rischio idraulico.
2. Secondo quanto si evince dall'esame della **"Carta del rischio da frana"** (cfr Figura B – estratto dal **"Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Nord Occidentale della Campania"** – Aggiornamento anno 2010), la zona oggetto dei lavori, non risulta classificata tra le aree a rischio frana.

*e di conseguenza l'area risulta compatibile ad accogliere le opere da realizzare.*

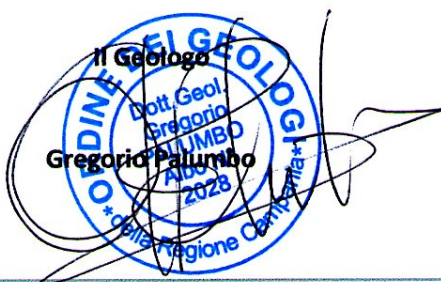
In definitiva, le indagini eseguite portano ad affermare che i terreni in oggetto, si prestano al prospettato intervento di progetto, sulla scorta della correlazione stratigrafica-geomeccanica. Dallo studio idrogeologico, l'area in questione presenta una falda superficiale, attestata a – 2 mt dal p.c. e dunque si consiglia, in fase di progetto, di tener conto di questo fattore attraverso scelte tecniche adeguate.

*In conclusione il progettista avrà cura:*

- che gli interventi da porre in essere, devono risultare compatibili con le accertate caratteristiche geotecniche e di resistenza dei terreni.

Le risultanze stratigrafiche dei terreni, la litologia degli stessi, l'analisi granulometrica, i valori delle prove DPSH ed S.P.T., con le relative interpretazioni, i risultati delle analisi geotecniche di laboratorio sui campioni di terreno prelevati, la profondità della falda acquifera, i risultati delle indagini sismiche locali, effettuate dallo scrivente attraverso i metodi MASW-Re.Mi. e DOWN-HOLE, per la determinazione della categoria di suolo Vs30 (D.M. 14.01.2008 s.m.e.i.), sono consultabili nell'ALLEGATO TECNICO "A" e nell'ALLEGATO ALLA RELAZIONE GEOLOGICA DELLE PROVE DI LABORATORIO GEOTECNICO.

Il Geologo  
Dott. Geol.  
Gregorio  
PALUMBO  
Aut. 2028  
Regione Campania



## BIBLIOGRAFIA

- AGIP (1987): “Modello geotermico del sistema flegreo” – Sintesi Rapp. Int. SEG-MESG, p 23.
- AGIP (1987): “Geologia e Geofisica del Sistema Geotermico dei Campi Flegrei”. Sintesi Rapp. Int. SEG-MESG.
- Aprile F. & Ortolani F.: *Sulla struttura profonda della Piana Campana*. Boll. Soc. Nat. in Napoli (vol. LXXXVIII) (1979)
- Aprile F., Brancaccio L., Cinque A., Di Nocera S., Guida M., Iaccarino G., Ortolani F., Pescatore T. & Torre M. (1979) - *Dati preliminari sulla neotettonica del foglio 183-184 (Napoli-Isola d' Ischia)*. Pubbl. n. 251, Prog. Fin. Geod.
- Carrara E., Iacobucci F., Pinna E. e Rapolla A. (1973). *Gravity and magnetic survey of the Campanian Volcanic area. Southern Italy*. Boll. Geof. Teor. Appl. Vol. XV, n. 57.
- Celico P., De Gennaro M., Pagano D., Ronca A., Stanzione D., Vallario A., (1986): “*Idrogeologia ed idrogeochimica dei Campi Flegrei: relazioni tra chimismo delle acque ed idrodinamica sotterranea*” – Atti Conv. “*Bradisimo e fenomeni connessi*” III trim., 94-100 Napoli, (1987).
- Civetta L., Orsi G., Pappalardo L., Fisher R.V., Heiken G., Ort M. (1997): *Geochemical zoning, mingling, eruptive dynamics and depositional processes – The Campanian Ignimbrite, Campi Flegrei Caldera, Italy*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 75, p 183-219.
- Di Girolamo P. (1968): - *Petrografia dei tufi campani : il processo di pipernizzazione*. Estratto rendiconti Acc. Sc. Fis. e Mat. Soc. Naz. Sc. Lett. ed Arti in Napoli. Serie 4, 35.
- Di Girolamo P. (1970): *Differenziazione gravitativa e curve isochimiche nella “Ignimbrite Campana” (Tufi Grigio Campano auct.)*. Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., 26, p 1-45.
- Di Girolamo P., Nardi G., Rolandi G. & Stanzione D., (1976) - *Occurrence of calcalkaline two-pyroxene andesites from deep bore-holes in the Phlegrean Fields. I. Petrographic and petrochemical data*. Rend. Accad. Sc. Fis. Mat. della Soc. naz. sc. Lett. Arti in Napoli, 4, p 43.
- Di Girolamo P., Ghiara M.R., Lirer L., Munno R., Rolandi G., Stanzione D. (1984): *Vulcanologia e petrologia dei Campi Flegrei*. Boll. Soc. Geol. It., 103, p 349-413.
- Di Girolamo P., Ortolani F., Pagliuca S. (1986): “*L’area flegrea nel quadro strutturale della fascia tirrenica dell’Appennino Campano*”.
- Di Vito M.A., Isaia R., Orsi G., Southon J., D’Giuseppe M., de Vita S., Pappalardo L., Piochi M. (1999): *Volcanism and deformation since 12.000 years at the Campi Flegrei caldera (Italy)*. J. Volcanol. Geotherm. Res., 91, p 221-246.
- Di Giuseppe S., La valutazione di Impatto Ambientale: finalità, procedure e metodi. (1995).
- Isaia R. : “*Storia vulcanica ed evoluzione morfologica strutturale della caldera dei Campi Flegrei negli ultimi 12 Ka*” Napoli, febbraio (1998).
- Luongo G., PD Cole, G. Giordano, A. Perrotta, R. Scandone, C. Scarpati: *Main pyroclastic deposits of the Campanian Volcanic Province, Southern Italy*. Geological Society of London (1994).
- Ortolani F. & Aprile F. : *Nuovi dati sulla struttura profonda della Piana Campana a Sud-Est del fiume Volturno*. Boll. Soc. Geol. It., 97 (1978).
- Ortolani F. & Aprile F. : *Principali caratteristiche stratigrafiche e strutturali dei depositi superficiali della Piana Campana*. Boll. Soc. Geol. It., 104 (1985).
- Romano P., Santo A., Voltaggio M. : *L’evoluzione geomorfologica della pianura del fiume Volturno durante il Quaternario (Pleistocene medio-superiore Olocene)*. Il Quaternario 7 vol. 1<sup>a</sup> (41-46). (1994).