



COMMITTENTE

SERVIZIO TECNICO SCUOLE  
COMUNE DI NAPOLI

PROGETTO

Servizi professionali finalizzati alle  
**VERIFICHE DI VULNERABILITA' SISMICA**

di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale  
ubicati nel territorio delle dieci municipalità –

**LOTTO 1.** CIG : 78819051C5

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

CAPOGRUPPO:

MANDANTI:



**F&M Ingegneria S.p.A.**  
Via Belvedere 8  
30035 Mirano (Ve)



**Mascolo Ingegneria srl**  
Via A. Gramsci, 19  
80033 Cicciano (NA)



**Stress Value srl**  
Vico II San Nicola all Dogana, 9  
80133 Napoli



**Tecnolab srl**  
Via Santella, p.co La Perla  
81055 S. Maria Capua Vetere (CE)

**Geol. Antonio Gravina**  
Via Nazionale Appia, 384  
81020 Casapulla (CE)

EMISSIONE

**VULNERABILITA' SISMICA**

EDIFICIO

**1.20.20 - 1° C. Materna Comunale POERIO**  
Via Bisignano ang. Via Poerio- Chiaia

TITOLO

**RELAZIONE GEOLOGICA\_GEOTECNICA**  
Relazione

REV.	DATA	FILE	OGGETTO	DIS.	APPR.
a	...	..	..	...	...
b					
c					
d					
e					
f					
g					
h					

ELABORATO N.

**RGEOL-T**

DATA: Novembre 2021	SCALA: ...	FILE: 1.20.20-RGEOL-T.pdf	J.N.
PROGETTO C.M.	DISEGNO ...	VERIFICA C.M.	APPROVAZIONE T.T.

Dott. Geol. Antonio Gravina  
Via Nazionale Appia, 384  
81020 - Casapulla (CE)  
P. IVA : 03519470615  
Iscrizione Ordine dei Geologi della Regione Campania  
A.P. Sez. A n.2484

# RELAZIONE GEOLOGICA



<b><u>Committente:</u></b>	<b>Comune di Napoli</b>
<b><u>Località:</u></b>	Napoli-Materna Comunale e micro nido Poerio sito Via Poerio snc, (codice 1.20.20)
<b><u>Oggetto:</u></b>	Servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di edifici scolastici comunali

**Data:**  
**Gennaio 2022**

***Il Geologo***  
***Geol. Antonio Gravina***

**INDICE**

1- Premessa .....	pag.02
2- Inquadramento geografico e geomorfologico dell'area .....	pag.03
3- Geologia.....	pag.04
3a – Inquadramento geologico.....	pag.04
3b-Aspetti stratigrafici locali .....	pag.05
4- Aspetti idrogeologici dell'area di studio .....	pag.06
5- Caratterizzazione geotecnica .....	pag.07
5a- Prova penetrometrica dinamica Super-pesante.....	pag.07
6- Caratterizzazione sismica del sito.....	pag.10
7- Conclusioni.....	pag.12

## **1-PREMESSA**

In seguito ad incarico conferitomi “dal Comune di Napoli” è stata redatta la presente relazione riguardante gli aspetti geologici, geotecnici e sismici connessi ad un progetto di “*Servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di edifici scolastici comunali*” nel Comune di Napoli (NA), sito in Via Poerio snc-Materna Comunale e micro nido Poerio (codice 1.20.20).

L’ubicazione dell’area d’interesse è riportata nell’allegata planimetria. Il lavoro, nel rispetto dell’OPCM 3274 del 20 Marzo 2003, del D.M. 14/01/08 e del D.M. 17/01/18 - N.T.C. 2018, ha avuto lo scopo di definire le condizioni morfologiche, idrogeologiche e tettoniche dell’area; valutare l’assetto litostratigrafico dell’area; definire la categoria sismica del sottosuolo.

Lo studio è stato articolato nelle seguenti fasi:

- Rilevamento geologico di superficie esteso anche ad aree limitrofe a quella strettamente d’interesse, lettura della cartografia ufficiale e della bibliografia esistente;
- Acquisizione di dati stratigrafici desunti da perforazioni eseguite in zona e con l’applicazione di un raschiatore applicato alle aste del penetrometro;
- **N.01** Prova Penetrometrica Dinamica Super-Pesante (DPSH) finalizzata alla parametrizzazione geotecnica del substrato d’interesse;
- **N.01** Indagine sismica di tipo **HVRS**;
- Compilazione e stesura della presente relazione finale.

Allegati:

- Stralcio Carta Geologica
- Stralcio Carta Idrogeologica
- Piano stralcio rischio idraulico e rischio da frana
- Planimetria con ubicazione Prove DPSH e indagine sismica HVRS
- Tabulati e Istogrammi Prova Penetrometrica DPSH
- Allegato sismico HVRS

## 2 - Inquadramento geografico e geomorfologico dell'area

L'area d'interesse occupa la porzione centrale della più ampia depressione strutturale della piana Campana impostatasi già a partire dal Pliocene Superiore, su lineamenti tettonici di estensione regionale, detta depressione è stata successivamente colmata, durante il Quaternario, da depositi vulcanici, di origine flegrea e vesuviana, da sedimenti alluvionali e di ambiente marino.

L'area di studio è compresa tra il distretto vulcanico dei Campi Flegrei ad Ovest, il Somma Vesuvio a Sud-Est, i rilievi carbonatici dei Monti Avella ad Est e i Regi Lagni al Nord.

Dal punto di vista morfologico, il rilevamento di campagna integrato dalla lettura della cartografia ufficiale e da osservazioni satellitari, ha consentito di accertare che il territorio è prevalentemente pianeggiante con un'altitudine 8,0 m s.l.m. con pendenze coerenti con quelle della zona e in generale risultano comprese tra 0.5-1% in direzione Sud.

Non sono stati notati fenomeni di instabilità né presenti né passati né potenziali e del resto le caratteristiche morfologiche e geologiche del sito sono tali da escluderli. Si fa presente, altresì, che non sono state rinvenute cavità di alcun genere: né naturali né di origine antropica. Consultando il Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico dell'Autorità di Bacino Distretto dell'Appennino Meridionale si nota che l'area d'interesse non ricade nell'area di rischio idraulico e nell'area di rischio frana ma, al Nord vi è un rischio frana elevato e ad Es, del sito d'interesse, vi è un rischio frana che va da elevato a molto elevato.

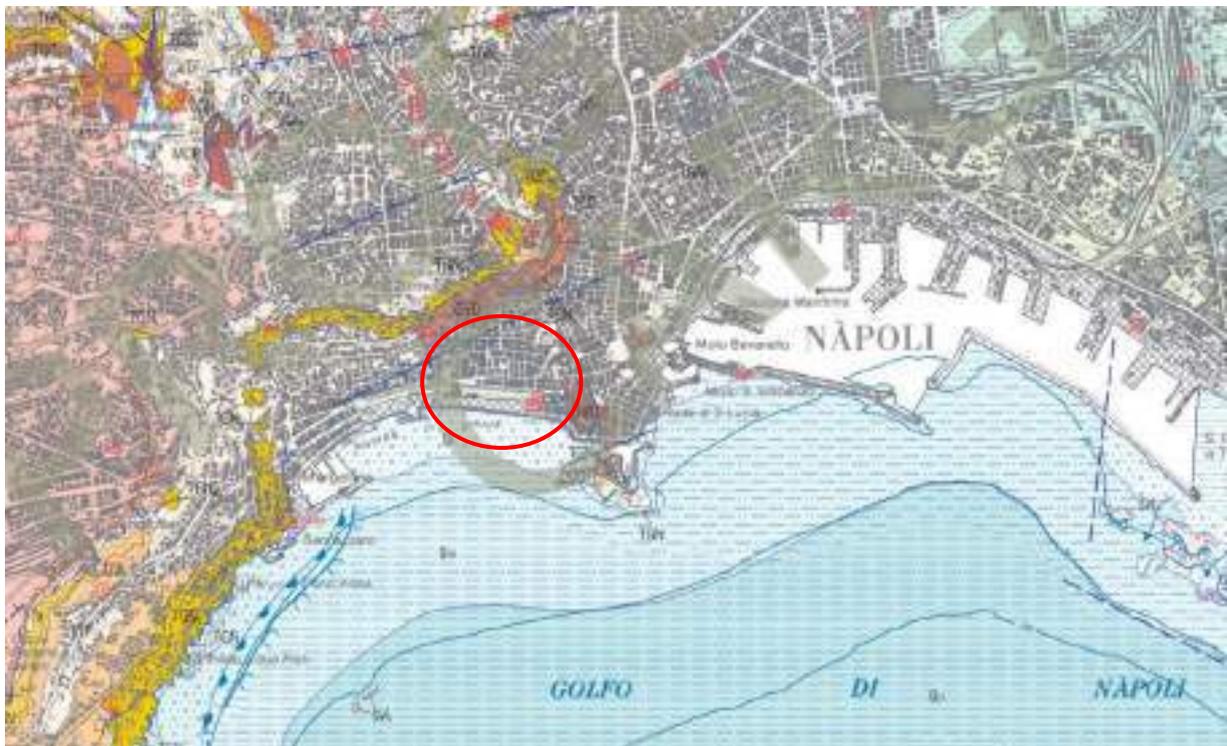


### **3-GEOLOGIA**

#### **3a – Inquadramento geologico**

Dal punto di vista geologico, le osservazioni di campagna integrate dalla lettura della carta geologica d'Italia 1:50.000 del progetto CARG Foglio 446-447 Napoli, foglio nel quale ricade cartograficamente l'area d'interesse, ha messo in evidenza la presenza in affioramento di un'unica formazione di depositi alluvionali: “depositi sabbioso-ghiaiosi con radi blocchi eterogenei, a struttura laminare o stratoide, affioranti in alveo; blocchi e ciottoli prevalentemente tufacei immersi in matrice sabbiosa di origine piroclastica legati a depositi di tipo torrentizio”, Olocene-Attuale.

A grande scala è possibile notare che ad Est della formazione in cui ricade l'area in esame, si riviene la formazione del “Subsistema dell'Agro Nocerino-Sarnese” di età Olocene-Attuale mentre ad Ovest si ha il “Tufo Giallo Napoletano” di età Pleistocene Superiore p.p. (Tardoglaciale), il “Subsistema di Agnano-Soccavo” di età Olocene e il “Litosoma di Astroni” di età Olocene.



### **3b-Aspetti stratigrafici locali**

Per accertare la successione stratigrafica locale è stato applicato un raschiatore applicato alle aste del penetrometro e si sono acquisiti i dati desunti da perforazioni.

È stato rilevato da 0,00 m a 1,80 m materiale di riporto; al di sotto del quale è presente e fino ai 11,60 m dal p.c. sabbia-limosa mediamente addensata; a tale quota si rinviene una piroclastite sabbiosa-limosa ben addensata che si approfondisce fino a 15,00 m (quota di arresto).

#### **4 - ASPETTI IDROGEOLOGICI DELL'AREA DI STUDIO**

Dal punto di vista idrografico, l'area risulta caratterizzata dall'assenza di un vero e proprio reticolo idrografico; ciò è dovuto soprattutto alle pendenze blande della zona di piana, e dalla natura essenzialmente incoerente dei litotipi affioranti (depositi alluvionali e piroclastici) ma è ricca di alvei di natura antropica con l'obiettivo di allontanare le acque superficiali formatesi in seguito ai fenomeni di precipitazione, parte di quest'ultimi vanno ad incanalarsi fino a raggiungere il mare a Sud.

Nella zona in esame il limite orientale della pianura è delimitato dalle alture dei Monti Avella. Tali rilievi sono costituiti da termini prevalentemente dolomitici e calcareo-dolomitici ascrivibili come età al GIURASSICO SUP – CRETACICO, presentano faglie orientate NE-SW e NW-SE che determinano il graduale approfondimento delle rocce carbonatiche al di sotto dei notevoli spessori di depositi alluvionali e vulcanici quaternari di pianura.

Dal punto di vista idrogeologico, a grande scala, l'area è costituita da prodotti alluvionali e piroclastici flegrei avente una permeabilità, alta per i primi e media per i secondi, per porosità e bassa per fratturazione; le caratteristiche idrogeologiche e l'eterogeneità granulometrica, possono dar vita a falde costiere sovrapposte.

Studi recenti dimostrano una risalita anomala del livello di falda. Infatti, molti edifici ricadenti in quest'area sono muniti di sistemi di pompaggio attivi H24, in modo tale da evitare l'allagamento dovuto alle acque, di risalita, di falda.



## 5-GEOTECNICA

**5a-Prova penetrometrica dinamica (DPSH)**

Per parametrizzare geomeccanicamente il substrato di interesse è stata predisposta l'esecuzione di n.1 prova penetrometrica dinamica super-pesante (DPSH) (ubicata come da annessa planimetria) con un penetrometro dinamico Pesante Modello TG 63 200 della PAGANI, avente le caratteristiche riportate nella scheda riassuntiva allegata:

**PENETROMETRO DINAMICO IN USO:**

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla di riferimento	Peso Massa Battente M (Kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
<b>Super pesante</b>	<b>DPSH (Super Heavy)</b>	<b><math>M \geq 60</math></b>

**CARATTERISTICHE TECNICHE: TG 63-200 ISSMFE**

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	$\alpha$	= 90 °
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La	= 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma	= 6,31 Kg
PROF. GIUNZIONE 1° ASTA	P1	= 0,40 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta$	= 0,20 m
NUMERO COLPI PUNTA	N	= N(20) >Relativo ad un avanzamento di 20 cm
RIVESTIMENTO / FANGHISI		
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q	= (MH)/(A $\delta$ ) = 11,66 Kg/cm <sup>2</sup> (prova SPT: Qspt = 7,83 Kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF. TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t$	= Q/Qspt = 1,489 (teoricamente : Nspt = $\beta_t$ N)

La prova penetrometrica è stata siglata P1 approfondita fino a ml 15.00 dal p.c..

Dall'analisi dell'istogramma penetrometrico (cfr. in Allegato) è stato possibile delineare un quadro di insieme delle caratteristiche geotecniche del sottosuolo in esame.

In dettaglio, la prova evidenzia valori di resistenze alla penetrazione di scarsa rilevanza geotecnica fino alla profondità di circa ml 1,800 m dal p.c.. Tale orizzonte è costituito da materiale di riporto.

Da tali quote e fino a ml 11,60 m dal p.c., la resistenza alla penetrazione aumenta; trattasi di terreno costituito da sabbia-limosa mediamente addensata.

In seguito, dai 11,60 m ai 15,0 m dal p.c. si rileva una resistenza alla penetrazione buona, ciò è dovuta alla presenza di piroclastite sabbiosa-limosa ben addensata.

Tramite opportune correlazioni, adattabili al substrato d'interesse, vengono desunti i valori dei principali parametri geomeccanici riportati nella seguente tabella.

PARAMETRI GEOTECNICI

Vs.eq 294 m/sec CAT. "C"

Località: Napoli-Materna Comunale e micro nido Poerio sito Via Poerio snc (codice 1.20.20)

P1

<i>Prof. (m)</i>	<i>Colpi punta</i>	<i>Nspt eq</i>	<i>Resistenza dinamica (kPa)</i>	<i>Peso di Volume (kN/m<sup>3</sup>)</i>	<i>Angolo di attrito interno (°)</i>	<i>Densità relativa (%)</i>	<i>Modulo edometrico (kPa)</i>	<i>Modulo di Young (kPa)</i>	<i>Modulo deformazione di taglio (kPa)</i>
1,80	4	5,23	2549	15,5	28,0	18,8	3138	11428	21382
11,60	8	12,33	4500	14,0	30,8	38,8	7398	37202	36110
15,00	19	27,76	7727	13,5	35,2	61,9	16656	123637	59289

**6 - MODELLAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO**

L'indagine sismica HVRS effettuata, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di 30m (0m-30m) dal p.c., ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine nella categoria **C** del D.M. 17 Gennaio 2018 (Tab. 3). Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato i-esimo per un totale di N strati presenti nei primi 30 metri di profondità al di sotto del piano fondale.

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

Categorie Suoli di fondazione (D.M. 17 gennaio 2018).

**6A - DETERMINAZIONI DELLA CATEGORIA DI SUOLO D.M. 17.01.2018 - Calcolo della  $V_{s30}$** 

Ai fini della classificazione della categoria di suolo come definito nella nuova normativa sismica D.M. 17.01.2018, viene determinata la velocità media ponderata per i primi 30 m di suolo a partire dalla superficie.

In base al valore della  $V_{s,eq}$ , ottenuto per il sito, pari a **294,00 m/s**, viene associato la categoria di suolo di fondazione di tipo **C** ovvero tale sottosuolo è definito come *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30,00 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi fra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{spt}, 30 < 50$  nei terreni a grana grossa,  $70 < cu_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina)”*.

<i>PROFILO VERTICALE <math>V_s</math></i>			
Sismostrati n.	$V_s$ (m/s)	Spessore (m)	Profondità (m)
1	172	1.0	1.0
2	237	12.7	13.7
3	382	16.3	30.0
Misfit			0.67
<b><math>V_{s,eq}</math> (m/s)</b> <i>Calcolato da piano campagna fino al bedrock (<math>V_s &gt; 800</math> m/s) o 30m se più profondo</i>			294

**1) Profilo  $V_s$  e  $V_{s,eq}$**

## 7- CONCLUSIONI

Le indagini fin qui eseguite hanno consentito di accertare quanto segue:

- L'area d'interesse risulta stabile e del resto le caratteristiche geomorfologiche del sito sono tali da escludere fenomeni di instabilità anche potenziali a meno di interventi antropici non razionali. Non sono state rinvenute cavità di alcun genere né naturali né di origine antropica.
- Dal punto di vista stratigrafico il substrato è costituito essenzialmente dai seguenti livelli:
  - Da 0,00 m a 1,80 m materiale di riporto;
  - Da 1,80 m a 11,60 m sabbia-limosa mediamente addensata;
  - Da 11,60 m a 15,00 m piroclastite sabbiosa-limosa ben addensata.
- dal punto di vista geotecnico, nei primi 1,80 m si registra la presenza di terreni con scarse caratteristiche meccaniche, da tale quota e fino a 11,60 m i valori dei parametri di resistenza e deformabilità aumentano, a seguire e fino a ml 15,00 (quota di arresto della prova) i valori di resistenza alla penetrazione sono buoni;
- La presenza della falda nei primi 15,0 m dal p.c. e le caratteristiche **geologiche, geomorfologiche, sismiche ed idrogeologiche** del sito sono tali da NON poter escludere, per il sito d'interesse, l'insorgere di eventuali fenomeni di liquefazione in caso di SISMA; si rimanda comunque tale verifica ad ulteriori e più specifici accertamenti.
- Il valore del  $V_{Seq}$  è risultato pari a 294,00 m/s quindi, è possibile classificare sito di indagine come suolo di tipo C, definito come *"Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30,00 metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi fra 180 e 360 m/s ( $15 < N_{spt}, 30 < 50$  nei terreni a grana grossa,  $70 < cu_{30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina)",* secondo il DM 17 Gennaio 2018, NTC '18.

Tanto dovevasi all'incarico conferitomi,

*Il Geologo*

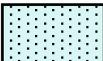
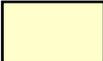
## COMUNE DI NAPOLI (NA)

Stralcio Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000  
FOGLIO 447 — NAPOLI



AREA INVESTIGATA

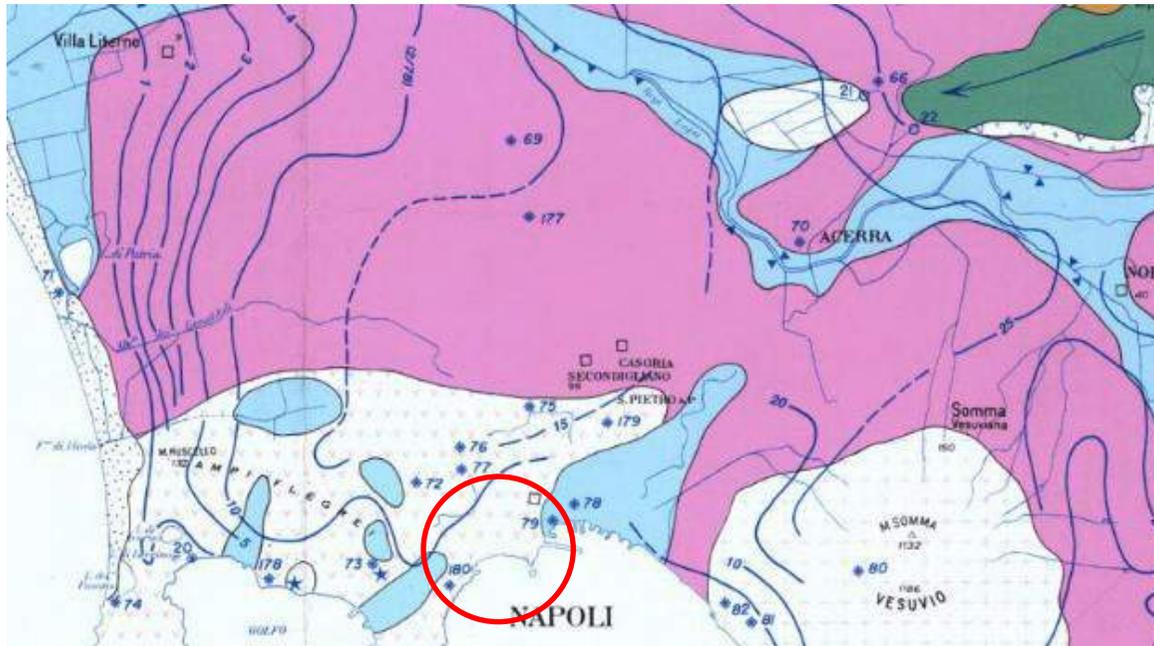
### LEGENDA

	Depositi alluvionali	<u>Olocene-Attuale</u>
	Subsistema dell'Agro Nocerino-Sarnese	<u>Olocene-Attuale</u>
	Tufo Giallo Napoletano	<u>Pleistocene superiore</u>
	Subsistema di Agnano-Soccavo	<u>Olocene</u>
	Litosoma di Astroni	<u>Olocene</u>

# COMUNE DI Napoli (NA)

Stralcio CARTA IDROGEOLOGICA DELLA CAMPANIA (Scala 1:200.000)

BUDETTA P., CELICO P., CORNIELLO A.,  
DE RISO R., DUCCI D., NICOTERA P.

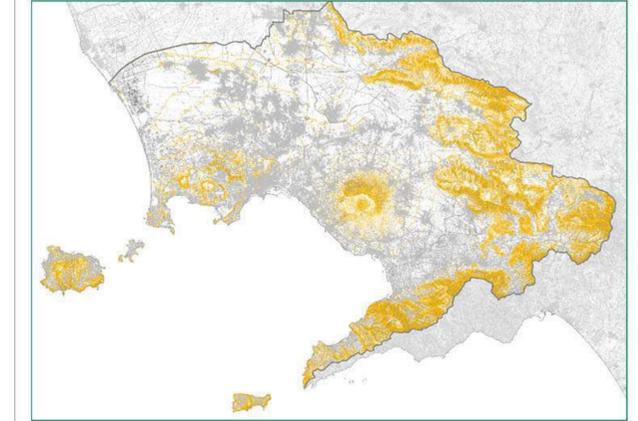


## LEGENDA

-  Depositi alluvionali prevalentemente a grana grossa (ghiaie in matrice sabbiosa con locali intercalazioni limo-argillose)
-  Terreni piroclastici, in sede o rimaneggiati, delle aree circostanti dei C. Flegrei, del Somma Vesuvio e del Roccamonfina. Nella Piana campana e di Sorrento sovrastano sovente un banco di tufo litoide di spessore crescente in direzione dei rilievi circostanti. Modesta circolazione idrica collegata al reticolo idrografico superficiale e all'acquifero vulcano-sedimentario sottostante al banco di tufo (quando quest'ultimo esercita una sufficientemente azione di confinamento).
-  Rocce prevalentemente calcaree, stratificate più o meno fratturate. Permeabilità per fratturazione e carsismo in genere molto elevata.
-  Rocce prevalentemente dolomitiche, stratificate o massive, soventemente minutamente fratturate. Permeabilità per fratturazione e/o porosità da media ad elevata.
-  Isopiezometriche (valori in m s.l.m.)
-  AREA DI INTERESSE



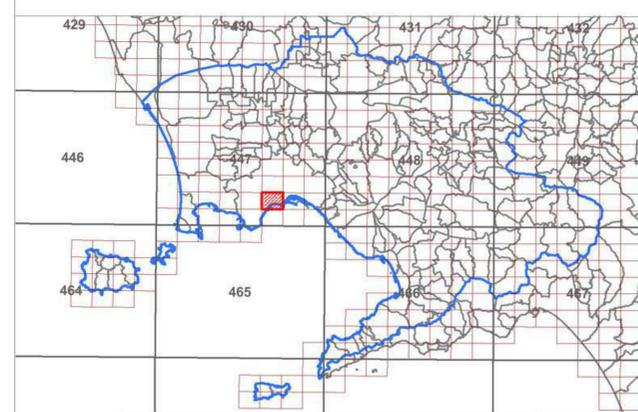
**PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO**



**GRUPPO DI PROGETTO**

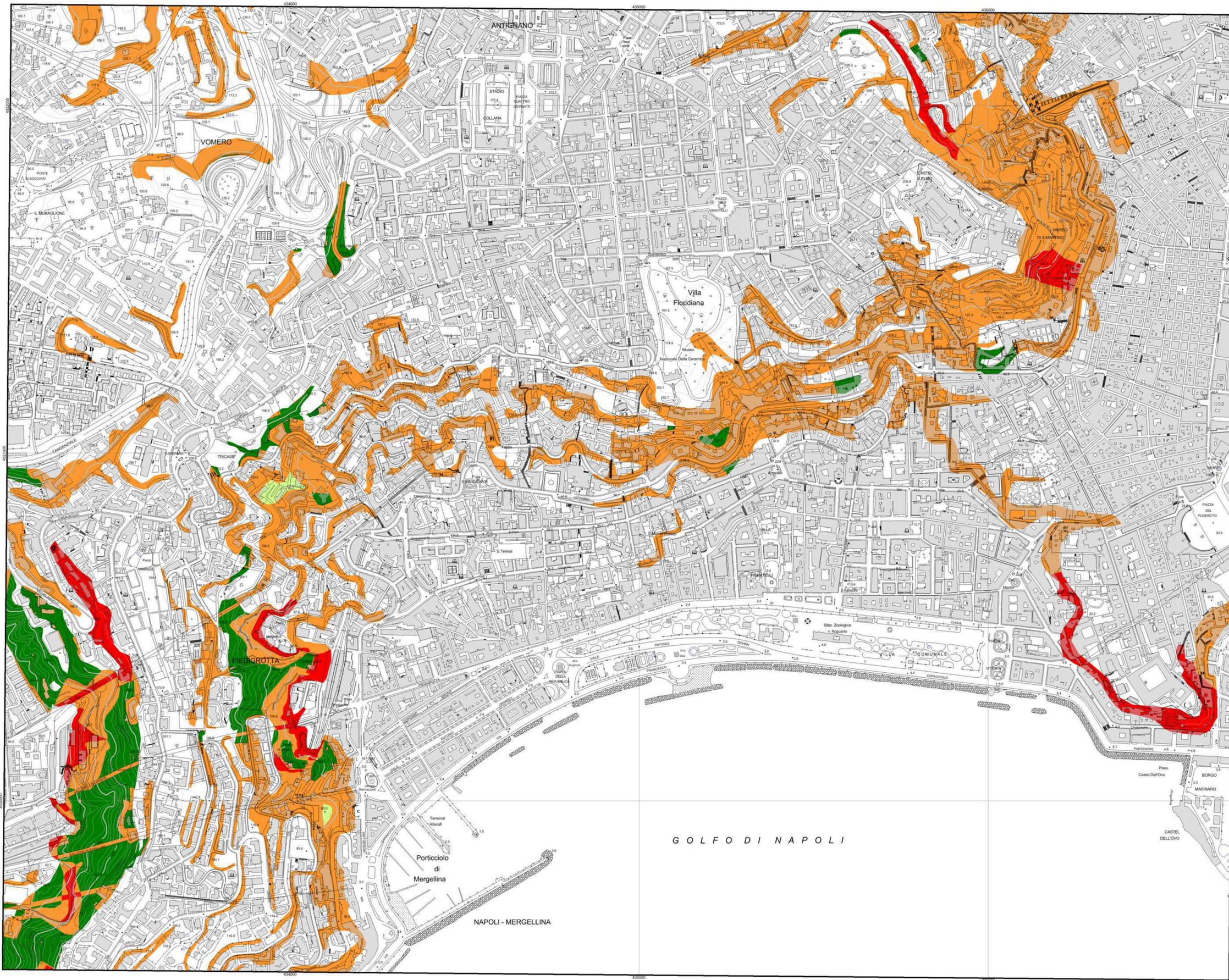
- |   |  |
|---|--|
| <p><b>R.U.P.</b><br/>arch. Marina Scala</p> <p><b>ASPETTI GEOLOGICI</b><br/>geol. Federico Bastrocchi<br/>geol. Stefania Coraggio<br/>geol. Antonella Guerriero<br/>geol. Paolo Mira</p> <p><b>ASPETTI IDRAULICI</b><br/>ing. Massimo Della Gatta<br/>ing. Luigi Fariello<br/>ing. Luigi Iodice</p> <p><b>ASPETTI TERRITORIALI</b><br/>arch. Marina La Greca<br/>arch. Ornella Piscopo<br/>arch. Mauro Vincenti</p> | <p><b>COORDINATORE</b><br/>arch. Paolo Tolentino</p> <p><b>SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE</b><br/>dr. Alberto Albano<br/>geom. Antonio Paroli</p> <p><b>ASPETTI AMMINISTRATIVI</b><br/>sig. Ernesto Ariano<br/>geom. Ciro Papa<br/>geom. Luigi Beracci<br/>sig.ra Felicità Napolitano<br/>sig.ra Giuseppina Terracciano</p> <p><b>SUPPORTO TECNICO - GIURIDICO G.R.C.</b><br/>ing. Mauro Biatore (D.G. - LL. PP. e Protezione Civile)<br/>dr. Orlando Battipaglia (U.O.D. - S.I.T.)<br/>ing. Vincenzo Parla (U.O.D. - S.I.T.)<br/>avv. Angelo Marzocchella (UFF. Spec. Avvocatura)</p> <p><b>IL SEGRETARIO GENERALE</b><br/>Avv. Luigi Stefano Sorvino</p> |
|---|--|

**RISCHIO IDRAULICO** 1/5.000 Tavola447151

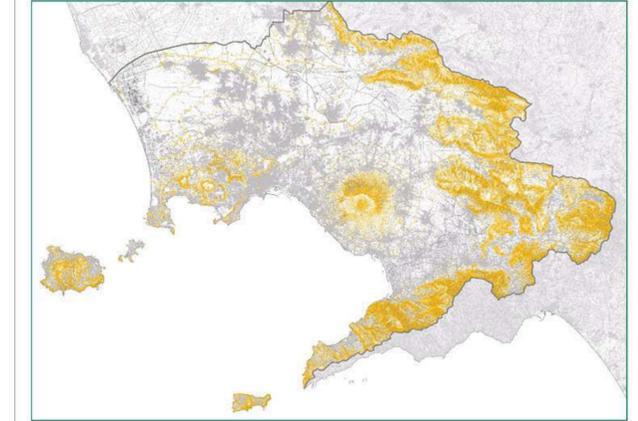


**LEGENDA**

- R4 - Rischio molto elevato
- R3 - Rischio elevato
- R2 - Rischio medio
- R1 - Rischio moderato
- Limite di bacino
- Alveo strada
- Reticolo idrografico
- Tratto tombato
- Vasca



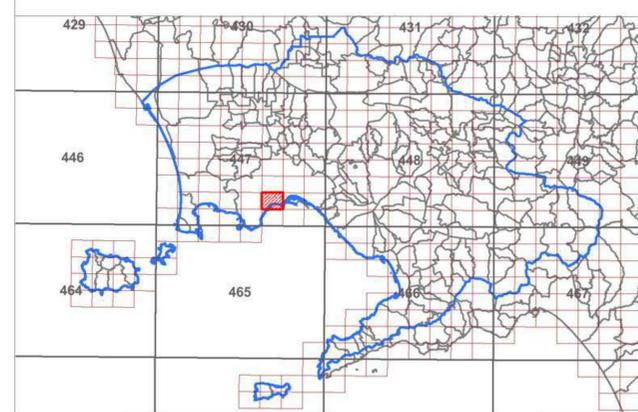
**PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO**



**GRUPPO DI PROGETTO**

- |  |  |
|--|--|
| R.U.P.<br>arch. Marina Scala   | COORDINATORE<br>arch. Paolo Tolentino  |
| ASPETTI GEOLOGICI<br>geol. Federico Bastrocchi<br>geol. Stefania Coraggio<br>geol. Antonella Guerriero<br>geol. Paolo Mira | SISTEMA INFORMATIVO TERRITORIALE<br>dr. Alberto Albano<br>geom. Antonio Paroli   |
| ASPETTI IDRAULICI<br>ing. Massimo Della Gatta<br>ing. Luigi Ferullo<br>ing. Luigi Iodice                                   | ASPETTI AMMINISTRATIVI<br>sig. Cinzia Aiano<br>geom. Ciro Papa<br>geom. Luigi Beracci<br>sig.ra Felicità Napolitano<br>sig.ra Oluseppina Terracciano   |
| ASPETTI TERRITORIALI<br>arch. Marina La Greca<br>arch. Ornella Piscopo<br>arch. Mauro Vincenti                             | SUPPORTO TECNICO - GIURIDICO G.R.C.<br>ing. Mauro Blafore (D.G. - LL. PP. e Protezione Civile)<br>dr. Orlando Battipaglia (U.O.D. - S.I.T.)<br>ing. Vincenzo Parla (U.O.D. - S.I.T.)<br>avv. Angelo Marzocchella (UFF. Spec. Avvocatura) |
|  | IL SEGRETARIO GENERALE<br>Avv. Luigi Stefano SORVINO   |

RISCHIO DA FRANA 1/5.000 Tavola 447151



**LEGENDA**

- R4 - Rischio molto elevato
- R3 - Rischio elevato
- R2 - Rischio medio
- R1 - Rischio moderato
- Limite di bacino

## Comune di Napoli (NA)

*Napoli-Materna Comunale e micro nido Poerio sito Via  
Poerio snc, (codice 1.20.20)*

*Committente: Comune di Napoli*



● Prova sismica HVRS

▼ Prova penetrometrica dinamica super-pesante (DPSH)

## PROVA PENETROMETRICA

<b>Committente:</b>	<b>Comune di Napoli</b>
<b>Cantiere:</b>	<b>Napoli-Materna Comunale e micro nido Poerio sito Via Poerio snc (codice 1.20.20)</b>
<b>Opera:</b>	<b>Servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di edifici scolastici comunali</b>

<b>Modello Penetrometro:</b>	<b>Penetrometro Pagani TG63-200</b>
<b>Normativa:</b>	<b>1</b>
<b>Peso massa battente (kg):</b>	<b>63,500</b>
<b>Peso accessori (kg):</b>	<b>30,000</b>
<b>Peso di ogni asta (kg):</b>	<b>6,400</b>
<b>Lunghezza aste (cm):</b>	<b>100</b>
<b>Area della punta (cm<sup>2</sup>):</b>	<b>20,00</b>
<b>Angolo di apertura della punta (°):</b>	<b>90</b>
<b>Altezza di caduta (cm):</b>	<b>75</b>
<b>Intervallo di penetrazione (cm):</b>	<b>20</b>
<b>Coefficiente di sicurezza:</b>	<b>3,00</b>
<b>Coefficiente di correlazione:</b>	<b>1,47</b>

Il Responsabile di sito

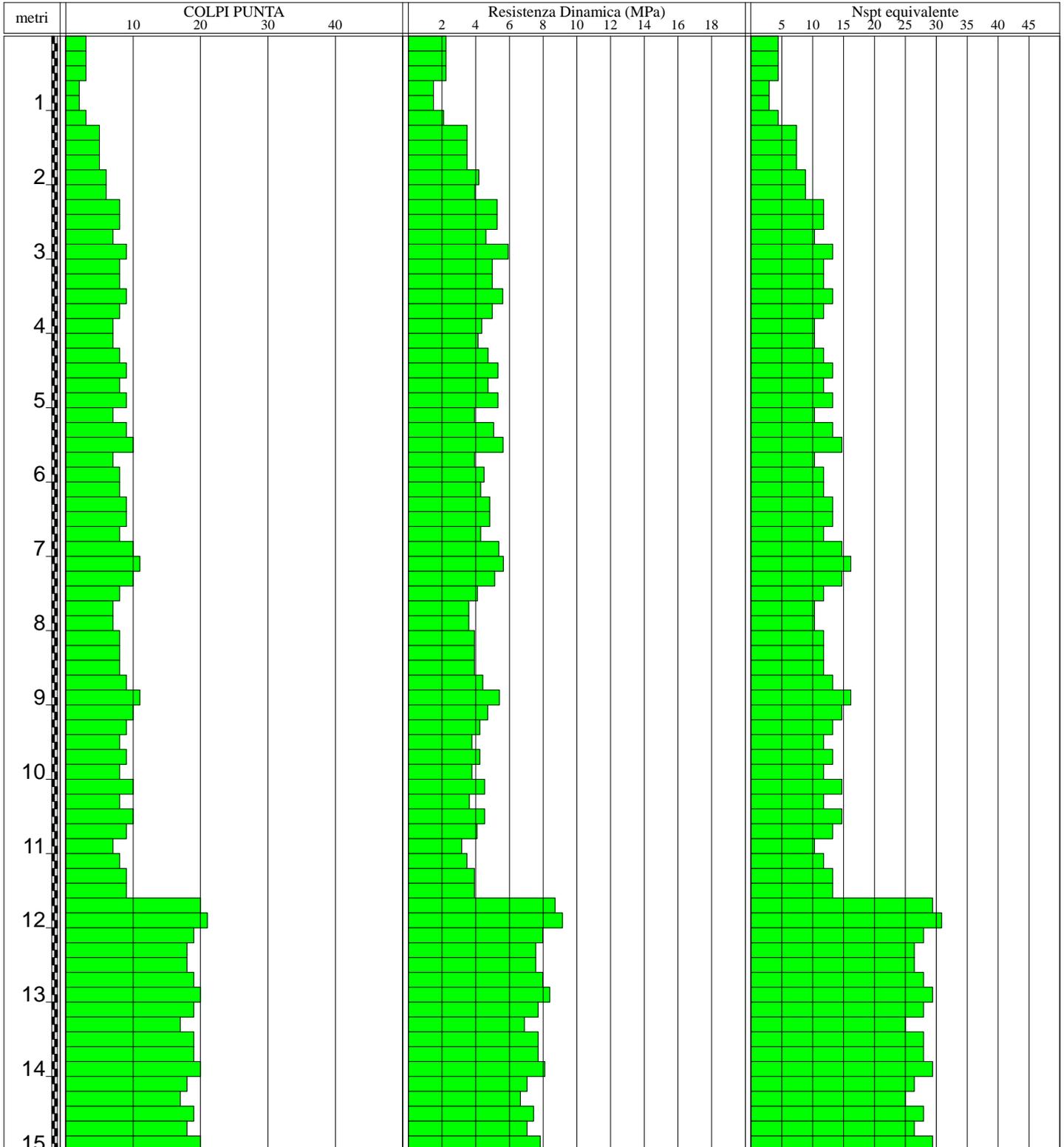
Il Direttore Tecnico

Committente: Comune di Napoli	Prova n°: P1
Cantiere: Napoli-Materna Comunale e micro nido Poerio sito Via Poerio snc, (codice 1.20.20)	Data:12/01/2022
Opera: Servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di edifici scolastici comunali	
Attrezzatura: Penetrometro Pagani TG63-200	

SCALA 1 :75

**PROVA PENETROMETRICA**

Pagina 1/2



Il Responsabile di sito

Il Direttore Tecnico

SOTTOSUOLO s.r.l.  
DIRETTORE TECNICO  
Dott. Geol. Antonio Grevinia

Committente: Comune di Napoli	Prova n°: P1
Cantiere: Napoli-Materna Comunale e micro nido Poerio sito Via Poerio snc, (codice 1.20.20)	Data: 12/01/2022
Opera: Servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di edifici scolastici comunali	
Attrezzatura: Penetrometro Pagani TG63-200	

## PROVA PENETROMETRICA

Pagina 2/2

n°	Profondità m	Colpi punta	Nspt equivalente	Resist. dinam. kPa	n°	Profondità m	Colpi punta	Nspt equivalente	Resist. dinam. kPa
1	0,20	3	4	2226,5	44	8,80	9	13	4416,2
2	0,40	3	4	2226,5	45	9,00	11	16	5397,6
3	0,60	3	4	2226,5	46	9,20	10	15	4707,5
4	0,80	2	3	1484,3	47	9,40	9	13	4236,7
5	1,00	2	3	1484,3	48	9,60	8	12	3766,0
6	1,20	3	4	2092,5	49	9,80	9	13	4236,7
7	1,40	5	7	3487,4	50	10,00	8	12	3766,0
8	1,60	5	7	3487,4	51	10,20	10	15	4523,7
9	1,80	5	7	3487,4	52	10,40	8	12	3618,9
10	2,00	6	9	4184,9	53	10,60	10	15	4523,7
11	2,20	6	9	3947,3	54	10,80	9	13	4071,3
12	2,40	8	12	5263,0	55	11,00	7	10	3166,6
13	2,60	8	12	5263,0	56	11,20	8	12	3482,9
14	2,80	7	10	4605,1	57	11,40	9	13	3918,3
15	3,00	9	13	5920,9	58	11,60	9	13	3918,3
16	3,20	8	12	4980,2	59	11,80	20	29	8707,3
17	3,40	8	12	4980,2	60	12,00	21	31	9142,7
18	3,60	9	13	5602,7	61	12,20	19	28	7972,4
19	3,80	8	12	4980,2	62	12,40	18	26	7552,8
20	4,00	7	10	4357,7	63	12,60	18	26	7552,8
21	4,20	7	10	4135,5	64	12,80	19	28	7972,4
22	4,40	8	12	4726,2	65	13,00	20	29	8391,9
23	4,60	9	13	5317,0	66	13,20	19	28	7693,7
24	4,80	8	12	4726,2	67	13,40	17	25	6883,8
25	5,00	9	13	5317,0	68	13,60	19	28	7693,7
26	5,20	7	10	3934,8	69	13,80	19	28	7693,7
27	5,40	9	13	5059,0	70	14,00	20	29	8098,6
28	5,60	10	15	5621,1	71	14,20	18	26	7042,6
29	5,80	7	10	3934,8	72	14,40	17	25	6651,3
30	6,00	8	12	4496,9	73	14,60	19	28	7433,8
31	6,20	8	12	4288,8	74	14,80	18	26	7042,6
32	6,40	9	13	4824,9	75	15,00	20	29	7825,1
33	6,60	9	13	4824,9					
34	6,80	8	12	4288,8					
35	7,00	10	15	5361,0					
36	7,20	11	16	5636,3					
37	7,40	10	15	5123,9					
38	7,60	8	12	4099,1					
39	7,80	7	10	3586,7					
40	8,00	7	10	3586,7					
41	8,20	8	12	3925,5					
42	8,40	8	12	3925,5					
43	8,60	8	12	3925,5					

Il Responsabile di sito

Il Direttore Tecnico  
**SOTTOSUOLO s.r.l.**  
DIRETTORE TECNICO  
Dott. Geol. Antonio Grevina

<b><u>INDICE</u></b>		<b><i>pagina</i></b>
1.	<b><i>Premessa</i></b>	<b>2</b>
2.	<b><i>Il microtremore sismico ambientale</i></b>	<b>3</b>
3.	<b><i>Basi teoriche del metodo H/V e metodologia d'indagine</i></b>	<b>4</b>
4.	<b><i>Acquisizione e Strumentazione utilizzata</i></b>	<b>6</b>
5.	<b><i>Criteri Sesame</i></b>	<b>7</b>
6.	<b><i>Elaborazione</i></b>	<b>9</b>
7.	<b><i>Risultati</i></b>	<b>10</b>
	<b><u>ALLEGATI</u></b>	<b>11</b>
•	<b><i>Documentazione fotografica</i></b>	

## 1. Premessa

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione della risposta sismica del sito in esame tramite l'esecuzione di un'indagine sismica di tipo H.V.S.R. (Horizontal, Vertical, spectral, Ratio) utile a determinare il valore della frequenza di sito  $F_0$ , il valore di  $V_{s,eq}$  e la ricostruzione del modello sismostratigrafico del sito in esame, ai sensi dell'O.P.C.M. 3274/03 e succ. mod. ed integr.; D.M. 14/09/2005; D.M. 14/01/2008 ; **D.M. 17/01/2018**.

A tale scopo è stata eseguita la seguente indagine:

n° 1 acquisizione sismica tipo H.V.S.R.



Ubicazione della prova HVSR ● (Lat 40°50'3.53"N– Long. 14°14'24.66"E)

## 2. Il microtremore sismico ambientale

Una delle tecniche più utilizzate, negli ultimi anni, per le caratterizzazioni della risposta sismica locale, è quella basata sulle analisi del rumore ambientale.

Lo svilupparsi di tali metodologie è giustificato dalla facilità delle esecuzioni delle prove in campo, senza dover ricorrere a sorgenti attive, e ai costi relativamente contenuti.

Il rumore ambientale, o rumore sismico, non è altro che la somma delle vibrazioni ambientali del suolo causate sia da sorgenti naturali (onde oceaniche, maree, vento) che sorgenti antropiche (automobili, macchinari industriali, ecc).

Nelle zone lontane da qualsiasi sorgente di rumore locale e in assenza di vento, lo spettro in frequenza del rumore di fondo, misurato su un bedrock pianeggiante, ha l'andamento illustrato in Figura 1, dove la curva blu rappresenta il rumore di fondo minimo, di riferimento mentre la curva verde rappresenta il 'massimo' di tale rumore, e dove i picchi a 0.14 e 0.07 Hz sono l'effetto dell'infrangersi delle onde oceaniche sulle coste.

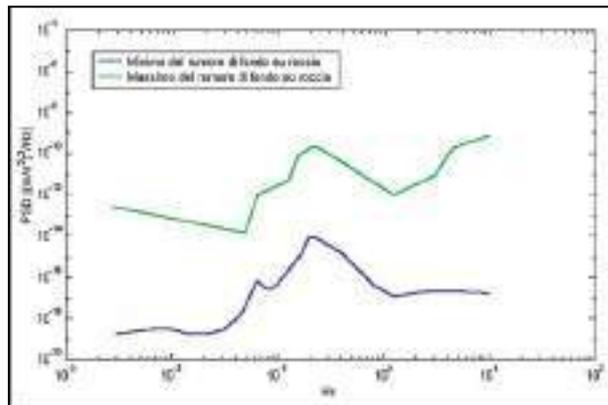


Figura 1 - Modelli standard del rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra

Tali componenti spettrali vengono scarsamente attenuate anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A questo rumore di fondo, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ecc.) e naturali, che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S, in essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossima a quella delle onde S, il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime.

### 3. Basi teoriche del metodo H/V e metodologia d'indagine

Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione dal rumore sismico registrato in un sito.

Il metodo che si è maggiormente consolidato è quello HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio o H/V) che studia i rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale, proposta da Nogoshi e Igarashi (1970) e ampiamente corretta e rivisitata da Nakamura (1989).

Gli autori confermano che il picco che si osserva all'interno della spettro misurato H/V è legato alla curva di elletticità del modo fondamentale delle onde Rayleigh.

La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo  $f_0$ , grazie anche al lavoro di standardizzazione fatto dal gruppo di studio SESAME.

Inoltre, attraverso alcune metodologie (FK, SPAC) con l'impiego di opportuni algoritmi (es. Neighbourhood algorithm - Sambridge 1999), è possibile ottenere l'inversione delle curve dei rapporti H/V finalizzata alla determinazione dei profili di velocità delle onde S nel sottosuolo e quindi delle  $V_{s,eq}$  richiesta dalle NTC.

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente semplici in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato (1-D). La frequenza fondamentale di risonanza ( $f_r$ ) dello strato  $i$ -esimo relativa alle onde S (o P) è pari a:

$$f_0 = V_{si}/4H [1]$$

**H=spessore dello strato**

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume P o S, e in misura molto maggiore da onde superficiali, in particolare da onde di Rayleigh.

Tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume, poiché le onde di superficie sono prodotte da interferenza costruttiva di queste ultime e poiché la velocità dell'onda di Rayleigh è molto prossima a quella delle onde S.

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare. Ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma non è interpretabile semplicemente applicando l'equazione [1].

La situazione, nel caso di un suolo reale, è spesso più complessa. Innanzitutto il modello di strato piano al di sopra del bedrock si applica molto raramente. Poi, la velocità aumenta con la profondità, possono esserci eterogeneità laterali importanti ed infine la topografia può non essere piana.

#### **4. Acquisizione e Strumentazione utilizzata**

L'esecuzione dell'indagine è avvenuta utilizzando un sismografo a trasmissione digitale del segnale, fabbricato dalla SARA electronic instruments modello DOREMI, con trattamento del segnale a 16 bit. Il sismografo è accoppiato ad un geofono 3D costituito da velocimetri con frequenza naturale pari a 4,5Hz. Il tutto, collegato ad un notebook, tramite una speciale interfaccia di comunicazione, consente, tramite software di gestione, la memorizzazione in automatico delle acquisizioni dei vari sismogrammi, permette l'impostazione dei guadagni per ogni singolo canale sia in modo automatico che manualmente, l'attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e filtro a "fase zero", inoltre, è provvisto della funzione stacking che permette di attenuare eventuale rumore di fondo presente nel sito in esame.

6



*Sismografo DOREMI della Sara Electronic Instruments s.r.l.*

La registrazione del segnale ha avuto una durata di **20 minuti** per ogni prova con una frequenza di campionamento **pari 200 Hz**, consentendo di avere una giusta finestra temporale per una elaborazione affidabile del rumore di sismico.

## 5. Criteri Sesame

Per le forti criticità insite nella tecnica utilizzata, nell'ambito del **PROGETTO SESAME**, si è redatto il documento (*CRITERI SESAME*) che stabilisce le linee guida per l'esecuzione di indagini HVSR. Tale documento pone una serie di criteri che la curva H/V, risultante dall'indagine, e l'area circostante la frequenza di picco  $f_0$ , dovrebbero soddisfare.

Il fatto che i criteri non siano soddisfatti, non implica necessariamente che l'indagine non sia stata effettuata correttamente e che l'indagine sia da scartare a priori.

In ogni caso, la verifica del rispetto di questi criteri si rivela spesso utile per determinare se l'indagine è rilevante dal punto di vista geofisico o se ci sia la necessità di approfondire ulteriormente la situazione.

L'affidabilità della curva nel suo insieme e la correttezza delle finestre temporali scelte per l'elaborazione sono dimostrabili attraverso l'utilizzo di tre criteri che devono essere sempre verificati.

<b>Criteri per una <u>curva</u> HVSR affidabile</b>	
1)	$f_0 > 10 / L_w$
2)	$n_c (f_0) > 200$
3)	$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ o $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$

$L_w$  = Lunghezza Finestra

$n_w$  = numero di finestre utilizzate nell'analisi

$n_c$  = numero di cicli significativi  $n_c = L_w * n_w * f_0$

$f_0$  = frequenza di picco

$f$  = frequenza corrente

$\sigma_A(f)$  = deviazione standard

Invece per la chiarezza del picco, sia rispetto alle frequenze circostanti la **f0** che alla sua stabilità nei rapporti H/V delle singole finestre sono dimostrabili attraverso l'utilizzo di sei criteri. È importante che, per l'attendibilità del **f0**, almeno cinque di questi sei criteri devono essere soddisfatti.

<b><i>Criteri per un <u>picco</u> <math>f_0</math> chiaro</i></b>	
1)	Exist $f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$ $f_0 > 10 / l_w$
2)	Exist $f^+ \in [f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
3)	$A_0 > 2$
4)	$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$
5)	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
6)	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

- $\sigma_f$  = deviazione standard per la frequenza di picco di **H/V**
- $A_{H/V}(f)$  = curva di ampiezza **H/V**
- $A_0$  = Ampiezza di picco alla frequenza  $f_0$
- $\varepsilon(f_0)$  = valore di soglia per la condizione di stabilità  $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
- $\theta(f_0)$  = frequenza corrente
- $f^+$  = frequenza tra  $f_0$  e  $4 f_0$  per cui  $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
- $f^-$  = frequenza tra  $f_0/4$  e  $f_0$  per cui  $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$

<b>Valori di soglia per <math>\sigma_f</math> e <math>\sigma_A(f_0)</math></b>					
<b>Frequency range [Hz]</b>	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.20 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## 6. Elaborazione

Il software utilizzato per l'elaborazione del HVSr è GEOPSY di Marc Wathelet.

Si procede nello scegliere una serie finestre temporali all'interno del segnale registrato escludendo eventuali tratti in cui si evidenziano forti disturbi esterni transienti.

Ciascuna delle finestre temporali sarà rappresentata nel grafico H/V da una curva che sommata alle altre consente di ricavare il rapporto spettrale medio e la frequenza di risonanza del sito  $f_0$ .

La procedura che ci consente di ricavare dalla curva H/V il modello sismo stratigrafico delle  $V_s$  e  $V_p$  passa attraverso l'utilizzo del software DINVER appartenente al pacchetto di programmi di GEOPSY.

L'elaborazione consiste nella modellazione di un profilo inserendo, se noti, oltre che la  $V_s$  e le  $V_p$  anche lo spessore dello strato, il coefficiente di Poisson e il peso di volume. Nel caso specifico sono stati inseriti i dati stratigrafici relativi ad un sondaggio a carotaggio continuo realizzato nell'area di interesse. Procedendo per tentativi modificando opportunamente i vari dati sopraindicati, si ottiene una sovrapposizione tra la curva di ellitticità sperimentale e la curva di ellitticità teorica corrispondente il modello del terreno individuato; il grado di adattamento delle due curve è rappresentato dal valore di "misfit" fornito dal software:

$$\text{misfit} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(v_{oi} - v_{Ri})^2}{n \cdot \sigma_i^2}}$$

(Wathelt et al. 2004)

$V_{oi}$  = Velocità della frequenza  $i$ -esima nella curva di dispersione sperimentale

$V_{Ri}$  = Velocità di fase del modo fondamentale delle onde Rayleigh alla frequenza  $i$ -esima

## 7. Risultati

I dati ed i risultati ricavati dalle elaborazioni, della indagine **HVSR** eseguita, vengono riportati in allegato attraverso i seguenti grafici e tabelle:

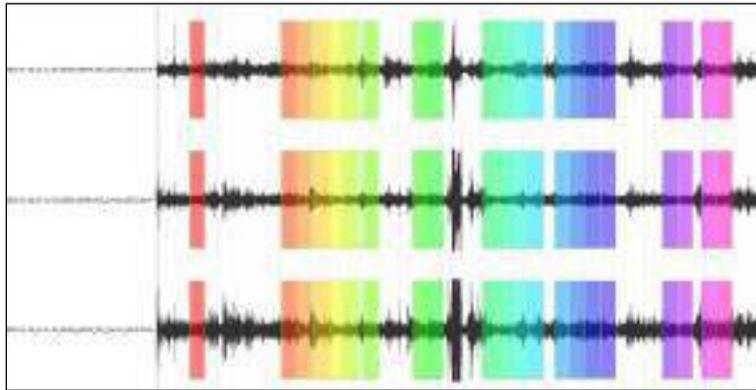
- Tabella profilo verticale  $V_s$  e  $V_{s,eq}$
- Tabella riassuntiva parametri della prova;
- Registrazione e finestre utilizzate;
- Grafico H/V;
- Grafico curva ellitticità;
- Profilo delle  $V_s$  e  $V_p$ ;
- Sismo strati delle  $V_s$  e  $v_p$  con le profondità;
- Tabella verifica criteri SESAME

<i>PROFILO VERTICALE <math>V_s</math></i>			
Sismostrati n.	$V_s$ (m/s)	Spessore (m)	Profondità (m)
1	172	1.0	1.0
2	237	12.7	13.7
3	382	16.3	30.0
Misfit			0.67
<b><math>V_{S,eq}</math> (m/s)</b> <i>Calcolato da piano campagna fino al bedrock (<math>V_s &gt; 800</math> m/s) o 30m se più profondo</i>			294

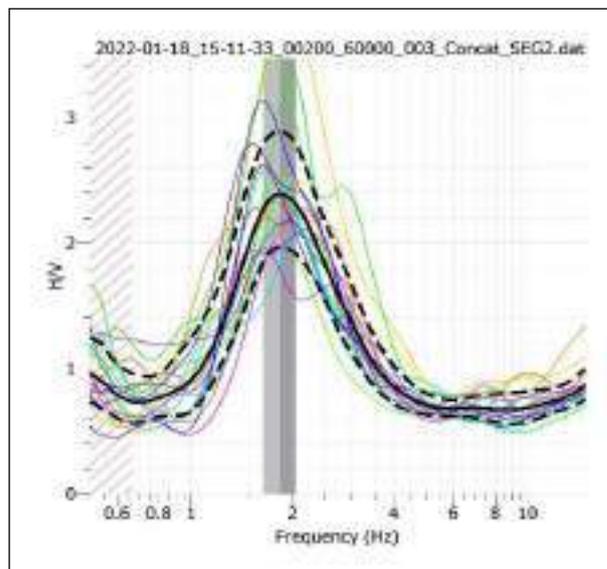
**1) Profilo  $V_s$  e  $V_{S,eq}$**

Lunghezza finestra $l_w$ [s]	Numero di finestre $n_w$	Numero di cicli $n_c$	Dati statistici di frequenza dalle singole finestre				Grado del contrasto di impedenza sismica
			$f_0$ [Hz]	$\sigma_f$ [Hz]	$A_0$	$\sigma_A(f_0)$	
20.00	21	773	1.841	0.21	2.39	1.21	BASSO

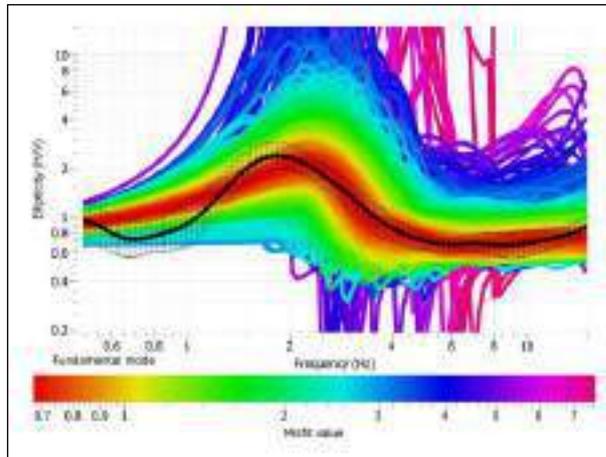
**2) Parametri della prova**



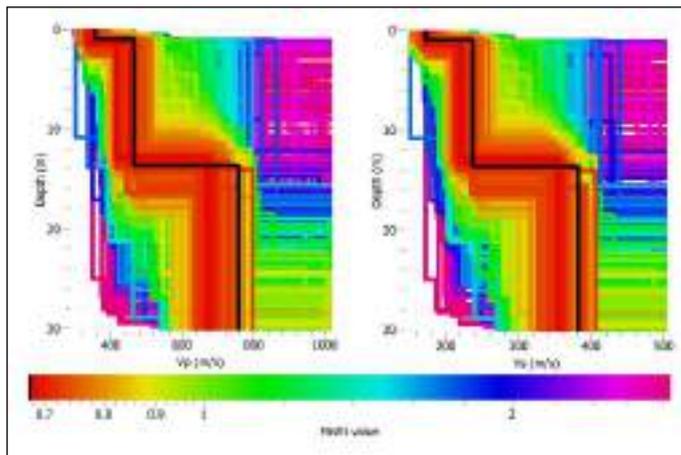
**3) Registrazione e finestre temporali utilizzate**



**4) Grafico curva H/V ( $F_0=1.8\text{Hz}$ ,  $A=2.4$ )**



**5) Confronto curva H/V sperimentale e teorico**



**6) Profilo delle Vs e Vp stimate**

```
# 2550 run_16.report
# Layered model 2416: value=0.679909
# Vs
172.421131985643      0
172.421131985643      1.00338168419769
237.06882820544      1.00338168419769
237.06882820544      13.693715629026
382.208547838435     13.693715629026
382.208547838435     46.1149016871145
```

```
# 2550 run_16.report
# Layered model 2416: value=0.679909
# Vp
356.180119314595      0
356.180119314595     1.00338168419769
465.957994296154     1.00338168419769
465.957994296154     13.693715629026
758.741925803966     13.693715629026
758.741925803966     46.1149016871145
```

**7) sismostrati delle Vs e Vp stimate**

<b>Criteri per una curva H/V affidabile</b>					
[Tutti i tre requisiti dovrebbero essere soddisfatti]					
	$f_0 > 10/Lw$	5.881	>	0.500	<b>OK</b>
	$n_c(f_0) > 200$	2705	>	200	<b>OK</b>
	$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 52			<b>OK</b>
	$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$				
<b>Criteri per un picco H/V chiaro</b>					
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]					
Amplitude conditions	Esiste $f$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f) < A_0/2$				<b>OK</b>
	Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$				<b>OK</b>
	$A_0 > 2$	4.5668	>	2	<b>OK</b>
Stability conditions	$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$				<b>OK</b>
	$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	0.4896	>	0.2941	<b>OK</b>
	$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	1.2619	<	1.5800	<b>OK</b>

**8) Tabella verifica dei criteri SESAME**



*Antonio Gravina*  
SOTTOSUOLO s.r.l.  
DIRETTORE TECNICO  
Dott. Geol. Antonio Gravina