



COMUNE DI AFRAGOLA

PROVINCIA DI NAPOLI

OGGETTO: "RIQUALIFICAZIONE DELLA PALESTRA GRANDE DELLA SCUOLA SECONDARIA DI PRIMO GRADO "RITA LEVI MONTALICINI" MEDIANTE LAVORI DI ADEGUAMENTO SISMICO, EFFICIENTAMENTO ENERGETICO E RIQUALIFICAZIONE ARCHITETTONICA". DA FINANZIARE CON FONDI STRUTTURALI EUROPEI - PROGRAMMA NAZIONALE "SCUOLA E COMPETENZE" 2021-2027 FONDO EUROPEO DI SVILUPPO REGIONALE (FESR)

Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica

Cod. Eel.	3_GEO	Relazione geologica
------------------	--------------	----------------------------

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE
0	01.07.2025	

IL PROGETTISTA Ing. Nunzio Boccia Arch. Massimo Viola	DIRIGENTE DEL SETTORE LAVORI PUBBLICI Ing. Nunzio Boccia
---	---



Studio di Geologia e Geofisica

Geol. Domenico Ianniello

Via Ugo La Malfa n°15 – 81020 San Nicola la Strada (CE)

Cell. 391 700 87 48

e-mail: geologoianniello@gmail.com

PEC: domenico.ianniello@pec.it

P.IVA: 04116470610

RELAZIONE GEOLOGICA – INDAGINI GEOTECNICHE E SISMICHE

OGGETTO

- *Lavori di Verifica di vulnerabilità sismica del Plesso Scuola secondaria di primo grado “Rita Levi Montalcini”*

**COMUNE DI
AFRAGOLA (NA)**

DATA

Marzo 2024

UBICAZIONE

Via Arturo De Rosa – Afragola
(NA)

IL TECNICO

Geol. Domenico Ianniello



Dr. Geol. Domenico Ianniello
Albo dei Geologi della Campania n°2644

SOMMARIO

PREMESSA	p.01
1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	p.02
2 ATTIVITA' SVOLTA	p.04
3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	p.06
4 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE E LITOLOGICHE LOCALI	p.09
5 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E STABILITA' DELL'AREA	p.11
6 IDROGEOLOGIA DEL TERRITORIO	p.14
7 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE	p.16
8 MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO	p.19
9 VERIFICA A LIQUEFAZIONE	p.20
10 CONCLUSIONI	p.23

ALLEGATI

ALL.1 - Indagini sismiche

ALL.2 - Prova penetrometrica dinamica super pesante acquisita – DPSH

ALL.3 – Risposta Sismica Locale (par.7.11.3 – Norme Tecniche per le Costruzioni 2018)



PREMESSA

Al fine di procedere alla progettazione esecutiva propedeutica ai “*Lavori di Verifica di vulnerabilità sismica del Plesso Scuola secondaria di primo grado “Rita Levi Montalcini”*”, il Sig. Di Maso Sabato, in qualità di proprietario dell’immobile in parola, affidava incarico allo scrivente, Geol. Domenico Ianniello iscritto all’Ordine dei Geologi della Regione Campania al n° 2644, di redigere la relazione geologica e sismica a corredo del progetto. Il presente elaborato illustra il piano delle indagini eseguite e le risultanze al fine di definire le caratteristiche geologiche, geotecniche e sismiche dei depositi che interessano l’area in oggetto (ex art. 14 L.R. n°9/83).

Sono state eseguite, a tal fine, indagini geofisiche di tipo passivo, per la definizione delle caratteristiche sismo-stratigrafiche dei terreni che saranno interessati dalle opere in progetto ai sensi del D.M. 17/01/2018 *Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni e relativa circolare*.

L’attività propedeutica alla redazione del presente lavoro è consistita in:

- Rilevamento geologico di superficie dell’area.
- Esecuzione di n°1 indagine sismica di microtremiti a stazione singola
- Esecuzione di n°1 indagine sismica Holisurface
- Esecuzione di n°1 prova penetrometrica dinamica super pesante spinta fino a -10 m dal p.c.

Quanto sopra ha permesso di caratterizzare in modo esaustivo il volume significativo interessato dall’opera a realizzarsi.



1 - INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA DI INTERVENTO

L'area in oggetto è ubicata in via Arturo De Rosa nel comune di Afragola, come si evince dalle figure seguenti e si trova ad una quota media di circa 37 m s.l.m. alle coordinate geografiche:

Lon: 14.308172° - **Lat:** 40.927577°



Fig. 1.1 – Ubicazione area oggetto dell'intervento su ortofoto (Google Earth) con indicazione del lotto.

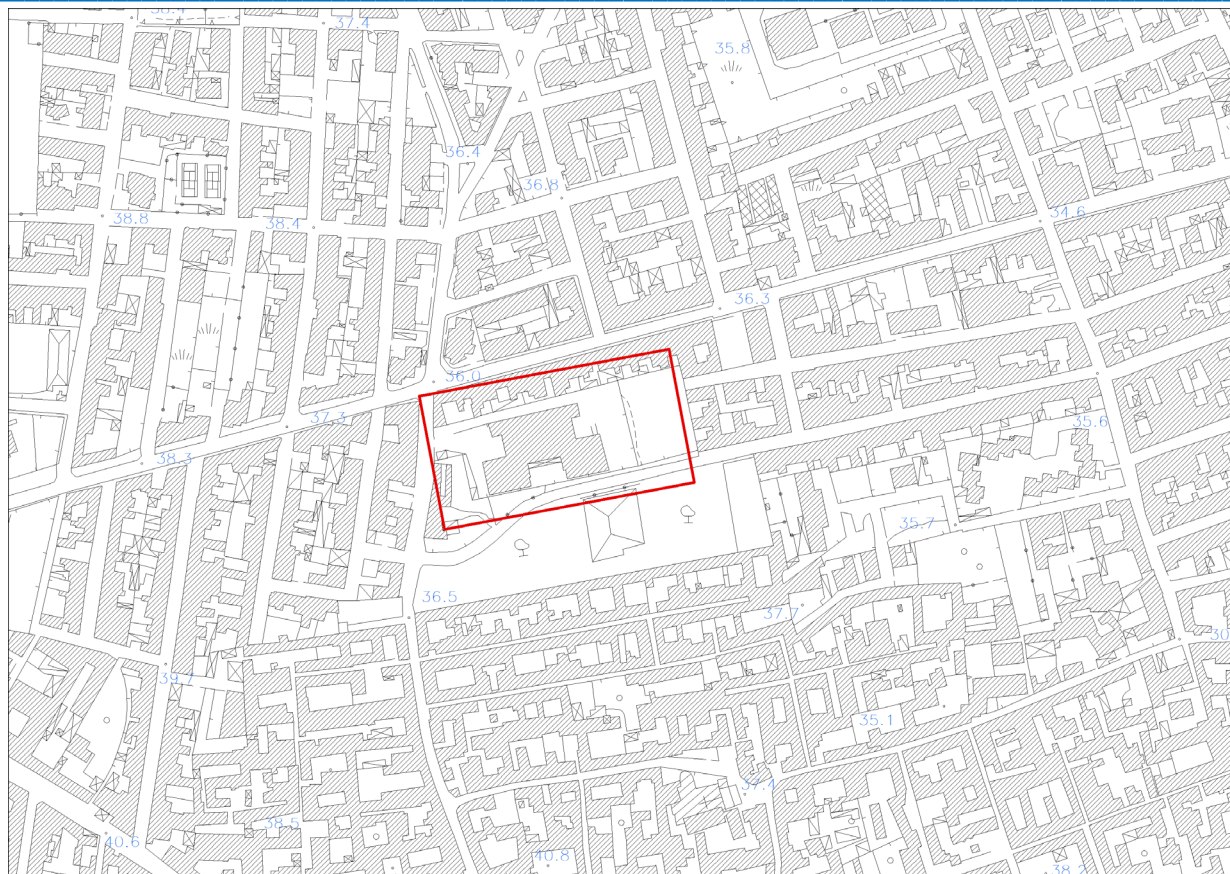


Fig. 1.2 – Ubicazione area oggetto dell'intervento su CTR in scala 1:5.000



2 - ATTIVITA' SVOLTA

L'intervento si inserisce in un contesto urbano dove non sono state riscontrate particolari condizioni geologiche limitative le finalità dell'obiettivo.

Pertanto, attraverso le indagini effettuate (vedi premessa) ed acquisite e con l'ausilio delle risultanze degli studi geologici pregressi, lo scrivente ha esperito tutte le attività previste dalla vigente normativa, al fine di definire con una buona approssimazione le caratteristiche litologiche, litotecniche e litodinamiche dei terreni di fondazione, nonché evidenziare le criticità del sottosuolo e determinare:

- I caratteri della successione litostratigrafica del sito per un ambito areale geologicamente significativo e per una profondità comunque non inferiore all'ambito rientrante nel concetto di "volume significativo".
- La distribuzione areale dei litotipi, il loro stato di alterazione, fessurazione, degradabilità e caratteristiche geomeccaniche.
- I lineamenti geomorfologici della zona e l'analisi dei processi morfogenetici con specifico riferimento ai dissesti in atto o potenziali ed alla loro tendenza evolutiva.
- Le condizioni idrogeologiche del sito.
- Parametrizzazione geotecnica del sottosuolo.
- Classificazione sismica del tipo di suolo.
- Definizione degli spettri di progetto per lo stato limite SLV secondo il par.7.11.3 delle NTC 2018 (Risposta Sismica Locale)



Le indagini eseguite sono riportate nella figura sottostante:

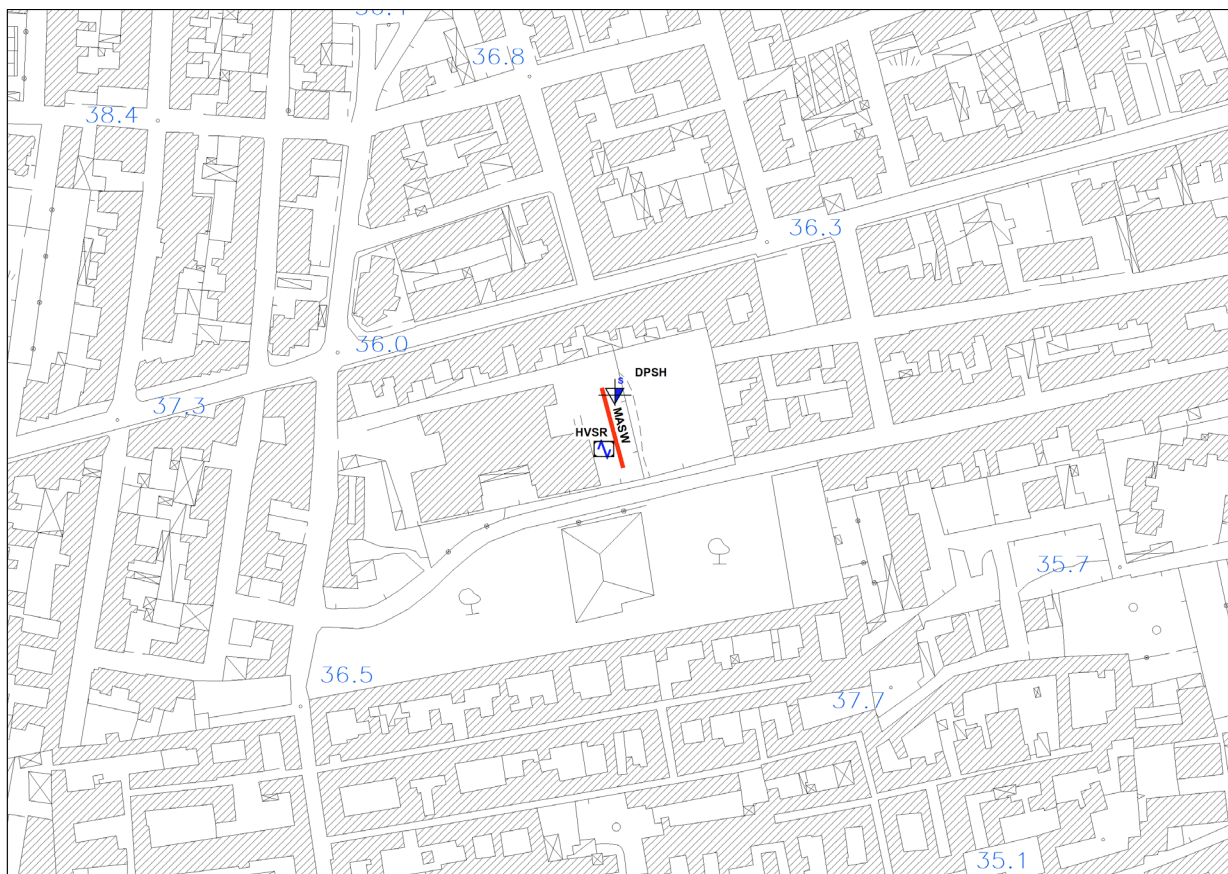


Fig. 2.1 – Ubicazione indagini effettuate.



3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO – STRUTTURALE

Il territorio comunale di Afragola è cartografato al Foglio n° 184 (Napoli) della *Carta Geologica d'Italia* alla scala 1:100.000 (Fig.3.2) e ricade nella porzione centrale della Piana Campana, definita come una ampio graben formatosi nel Pleistocene Inferiore a seguito dello sprofondamento del margine occidentale della catena appenninica (Brancaccio et al, 1991 – Cinque et al 1993). Gli aspetti strutturali e morfologici sono, quindi, legati ai processi tettonici dell'Appennino meridionale, caratterizzato da complessi sistemi di fagliazione, in cui, un ruolo molto importante, è quello avuto dai complessi vulcanici dei Campi Flegrei, del Somma-Vesuvio e del Roccamonfina, che con i loro prodotti hanno colmato le depressioni strutturali.

Come già accennato, la Piana Campana, dal punto di vista strutturale, rappresenta un graben delimitatosi durante il Pliocene superiore e successivamente ribassato.

Tale graben è stato colmato per circa 3.000 m, da depositi alluvionali con frequenti episodi marini e palustri e da depositi quaternari, prevalentemente piroclastici, come accertato da sondaggi profondi eseguiti per ricerche di idrocarburi.

I sedimenti alluvionali si presentano in successioni di livelli di diversa natura litologica e granulometrica con alternanze di limi sabbiosi e argille limose in prevalenza e con andamento spesso lenticolare.

Per quel che riguarda i rilievi carbonatici che bordano il lato orientale della Piana Campana, essi fanno parte di una successione stratigrafica continua di età compresa tra il Trias superiore e il Cretacico superiore.

In particolare i termini più antichi si rinvencono solo nelle propaggini occidentali dei rilievi dove affiorano in massima parte dolomie e calcari dolomitici, calcari avana e grigi di età compresa tra il Trias Superiore e il Malm Superiore. I rimanenti rilievi sono invece costituiti interamente da calcari cretacei.



Lungo il bordo occidentale delle dorsali carbonatiche si sviluppano una serie di faglie dirette che hanno prodotto l'approfondimento progressivo verso Ovest di zolle carbonatiche su cui si è venuto ad instaurare un dominio prevalentemente marino che ha determinato nel Pliocene una lunga fase di sedimentazione compensata da una parallela progressiva subsidenza.

Con l'esaurirsi della fase distensiva e subsidente, nel Pleistocene si è sviluppata una intensa attività vulcanica di natura prevalentemente esplosiva (Vesuvio, Campi Flegrei e Roccamonfina) che ha portato alla deposizione di enormi quantità di materiali piroclastici con il passaggio dal dominio marino ad uno fluvio-lacustre e quindi a quello sub-aereo.

I prodotti piroclastici che afferiscono alle attività vulcaniche degli apparati vulcanici sopracitati sono caratterizzati prevalentemente da ceneri, pozzolane, lapilli e ignimbriti e in subordine da colate laviche.

Tra i prodotti vulcanici maggiormente presenti in affioramento nella Piana Campana, si individua l'ignimbrite campana (Pleistocene) che si presenta sia in facies di tufo giallo che in facies di tufo grigio talora con fessurazioni prismatico colonnari.

Il grado di cementazione di questo materiale è elevato nella parte alta, dove sono presenti pomici e scorie nere anche di grosse dimensioni, e più ridotto in profondità ove il litotipo assume le caratteristiche di una sabbia compatta.

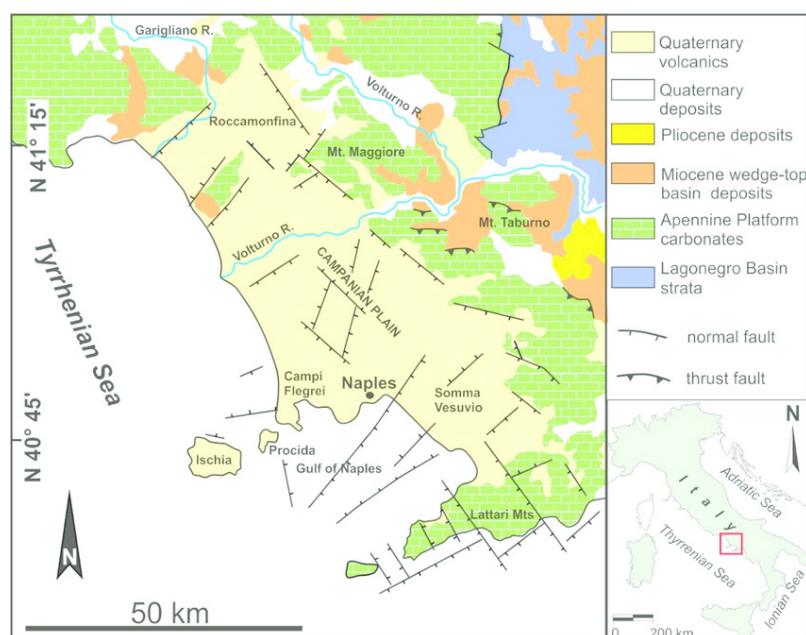


Fig. 3.1 – Carta geologico-strutturale schematica della Campania (Vitale e Isaia, 2014)

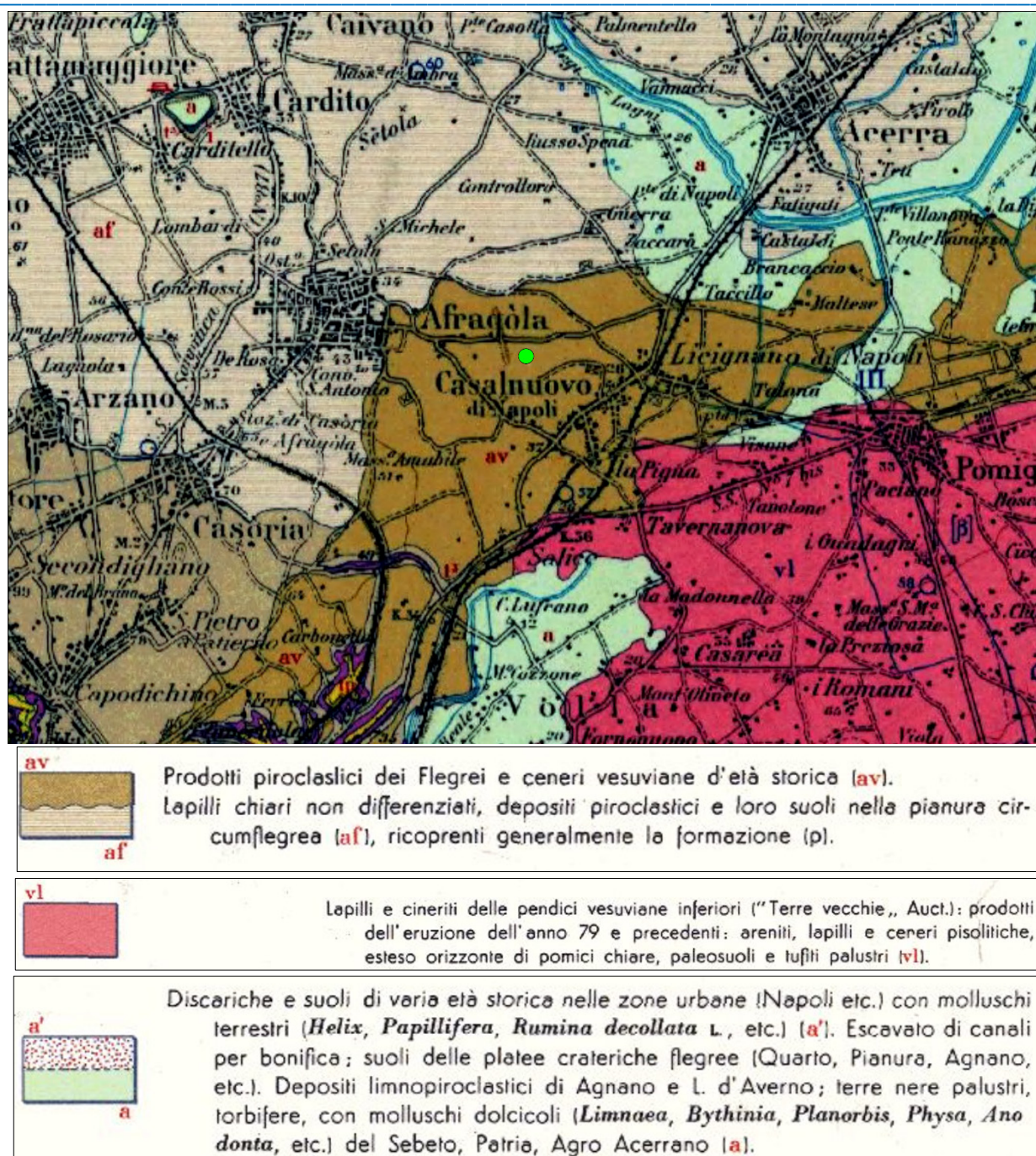
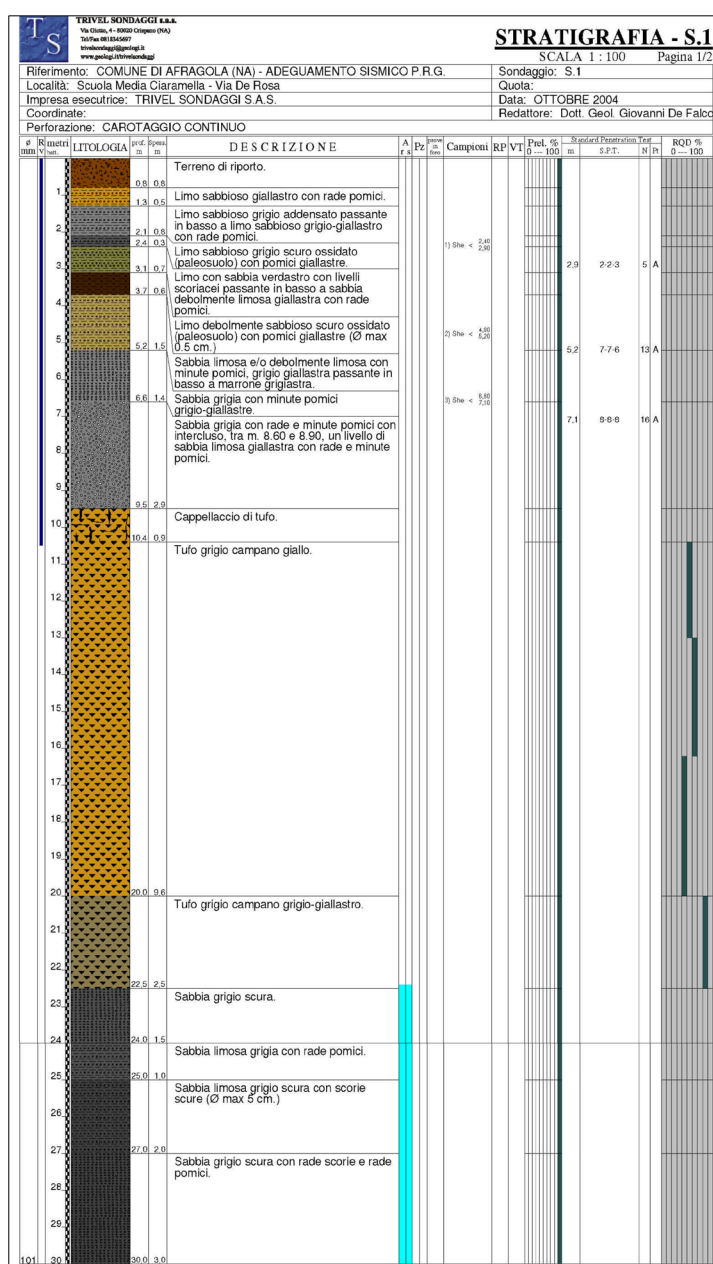
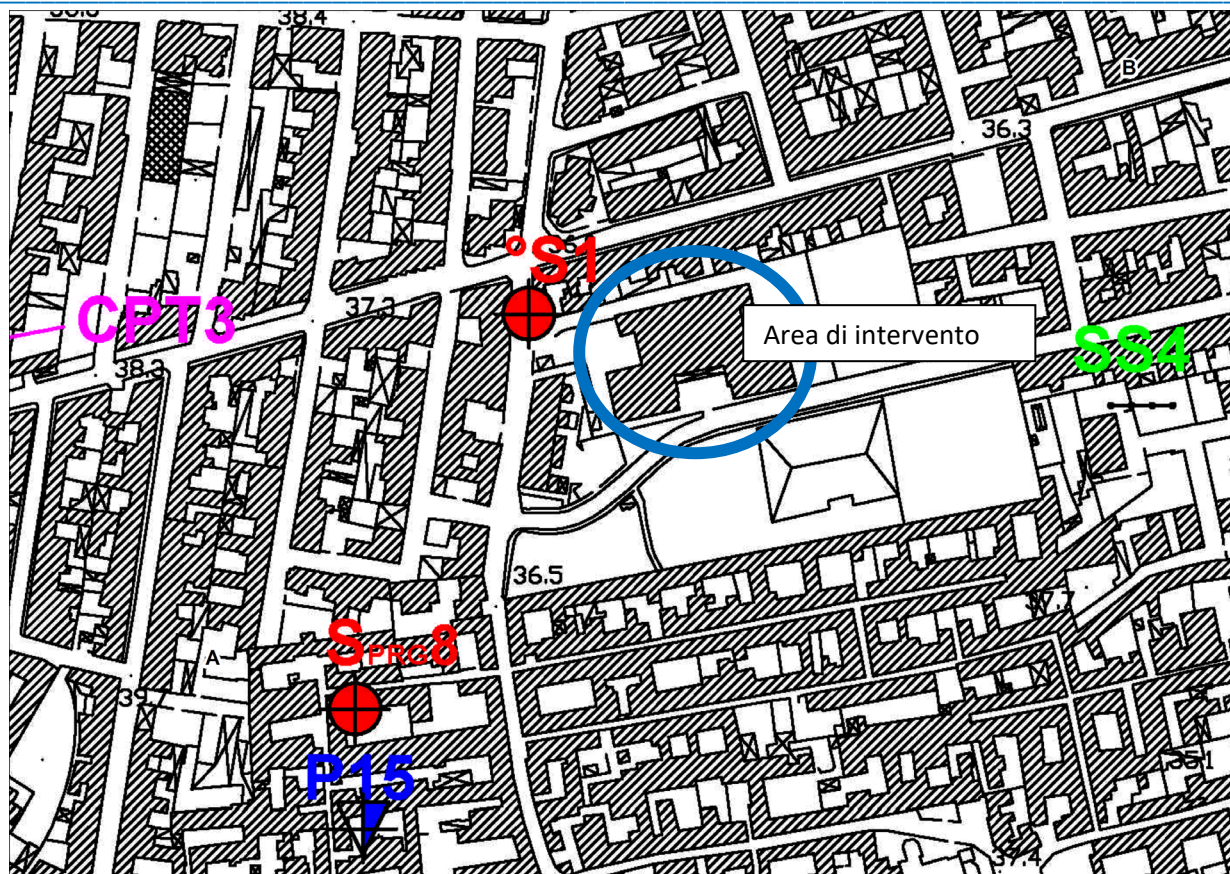


Fig. 3.2 – Stralcio della Carta Geologica d'Italia, Foglio n°174 (Ariano Irpino).

Schematicamente, riferendosi ai dati di letteratura ed alle indagini geognostiche eseguite per l'adeguamento sismico del PRG, si sono utilizzate le risultanze del sondaggio S1 per ottenere una stratigrafia di riferimento:



Stratigrafia del Sondaggio S1



Ubicazione del Sondaggio S1

Il sottosuolo, dal punto di vista geologico, risulta abbastanza omogeneo ed è costituito da terreni incoerenti fino alla profondità di circa 10,5 m dal p.c. che vedono una predominanza di pozzolane, alternate a sabbie. Al di sotto è presente la formazione del Tufo Grigio Campano, che si presenta litificato nella parte alta, donando alla formazione un elevato angolo di attrito e incoerente nella parte basale. Generalmente, la qualità del tufo in facies litificata può variare da zona a zona, benché si tratti della stessa formazione, in virtù dei processi post-deposizionali a cui è stato sottoposto.



5 - CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE E STABILITA' DELL'AREA

L'area di intervento sorge nella porzione centro occidentale del comune di Afragola, ad un quota di circa 37 m s.l.m. (**Fig. 5.1**) ed il contesto è sub-pianeggiante, come mostrato dalla **Fig.5.2** (carta delle pendenze) che indica una classe di pendenza <1% (0,5% in particolare).

L'assetto sub-pianeggiante, con leggero declivio verso NE, esclude di fatto l'instaurarsi di fenomeni gravitativi, a vantaggio della stabilità.

L'area in parola, inoltre, è inserita in un contesto urbanizzato e privo di un reticolo idrografico superficiale.

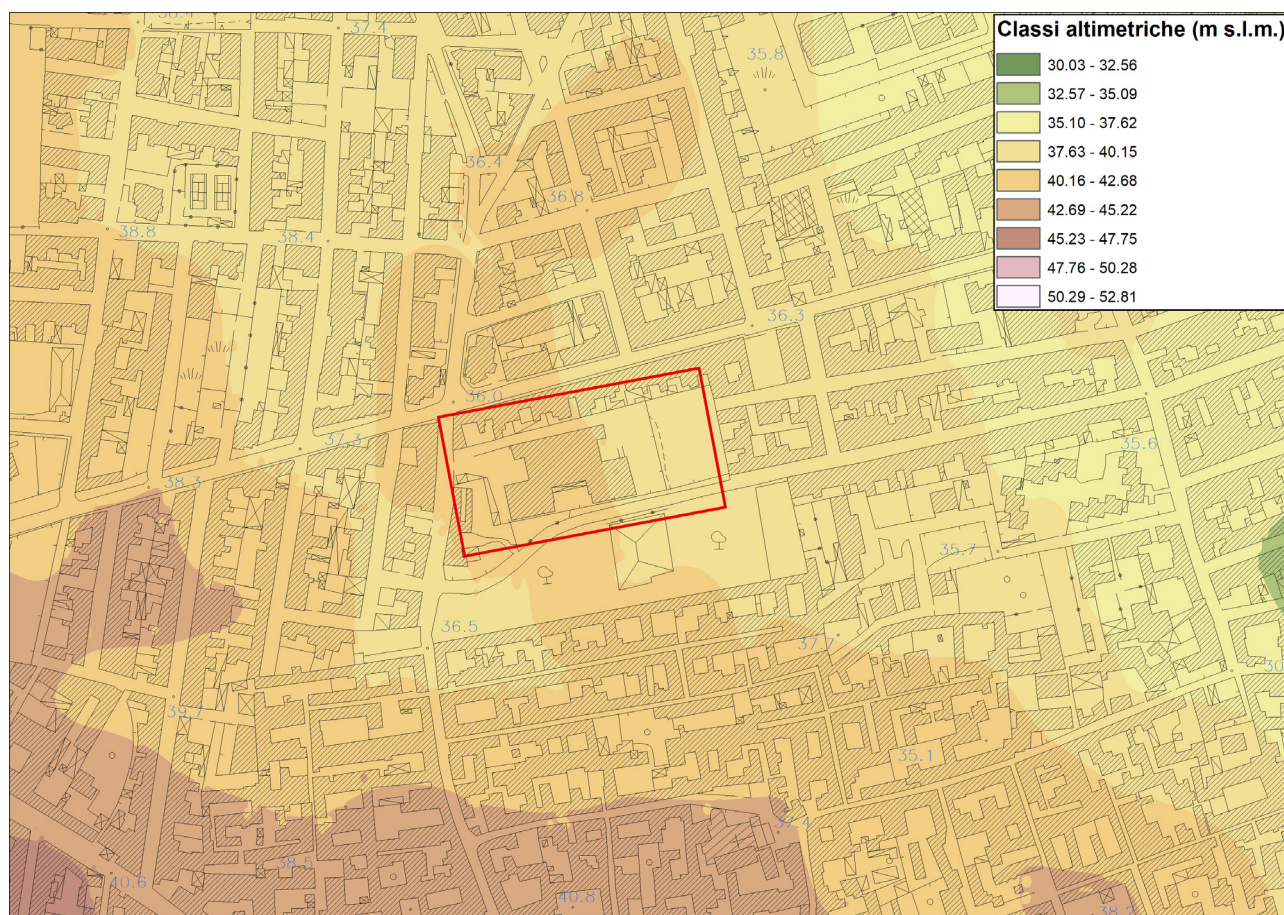


Fig. 5.1 – Classi altimetriche.

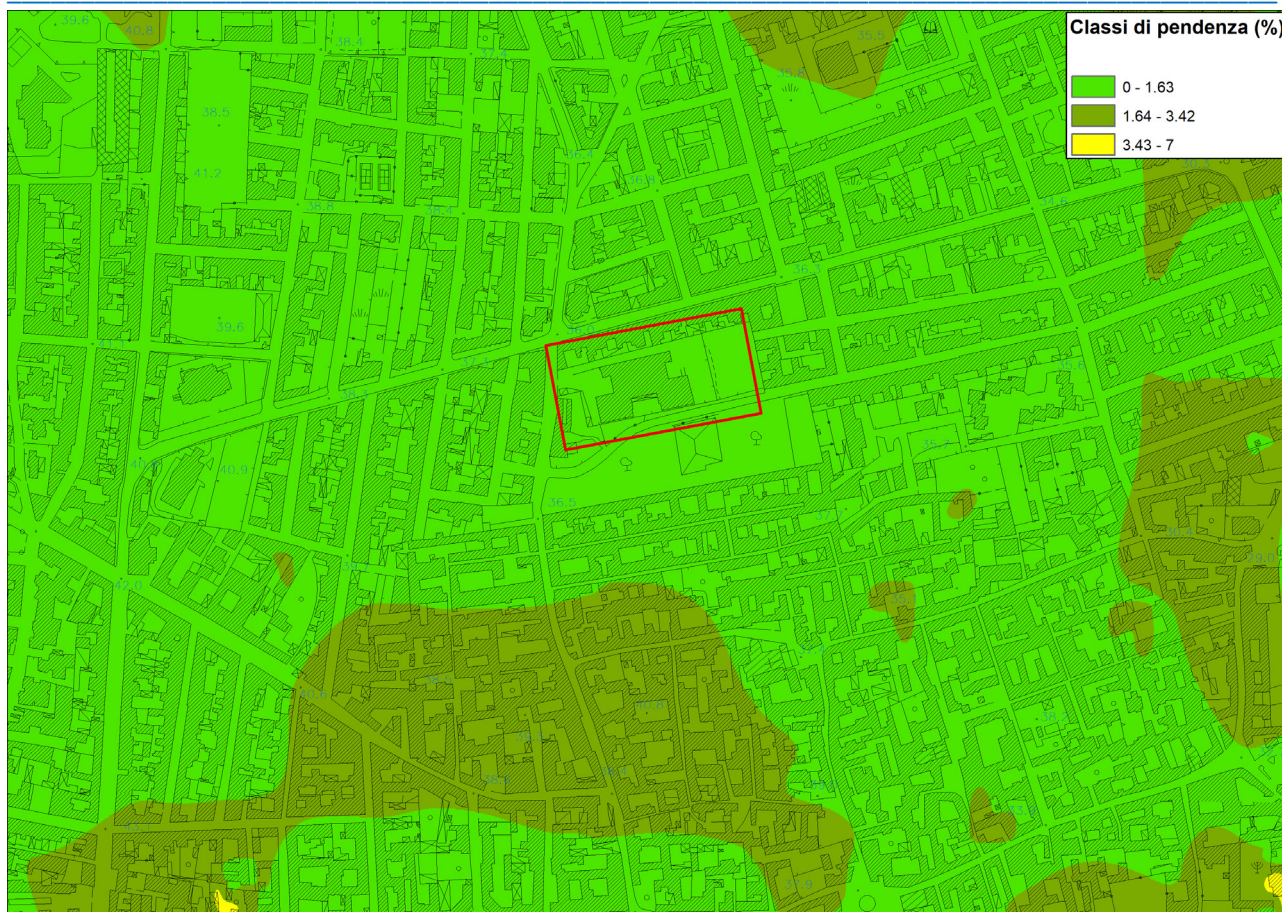


Fig. 5.2 – Carta delle pendenze (gradi)

STABILITA' DELL'AREA

Dal rilievo geologico preliminare non sono stati individuati fenomeni di instabilità in atto o potenziali.

Dalla consultazione delle carte di rischio e pericolosità redatte *dall'ex AdB Campania Centrale*, l'area non rientra in nessuna classe di pericolosità o rischio (**Fig.5.3, 5.4**).

In definitiva l'area si può ritenere **STABILE**

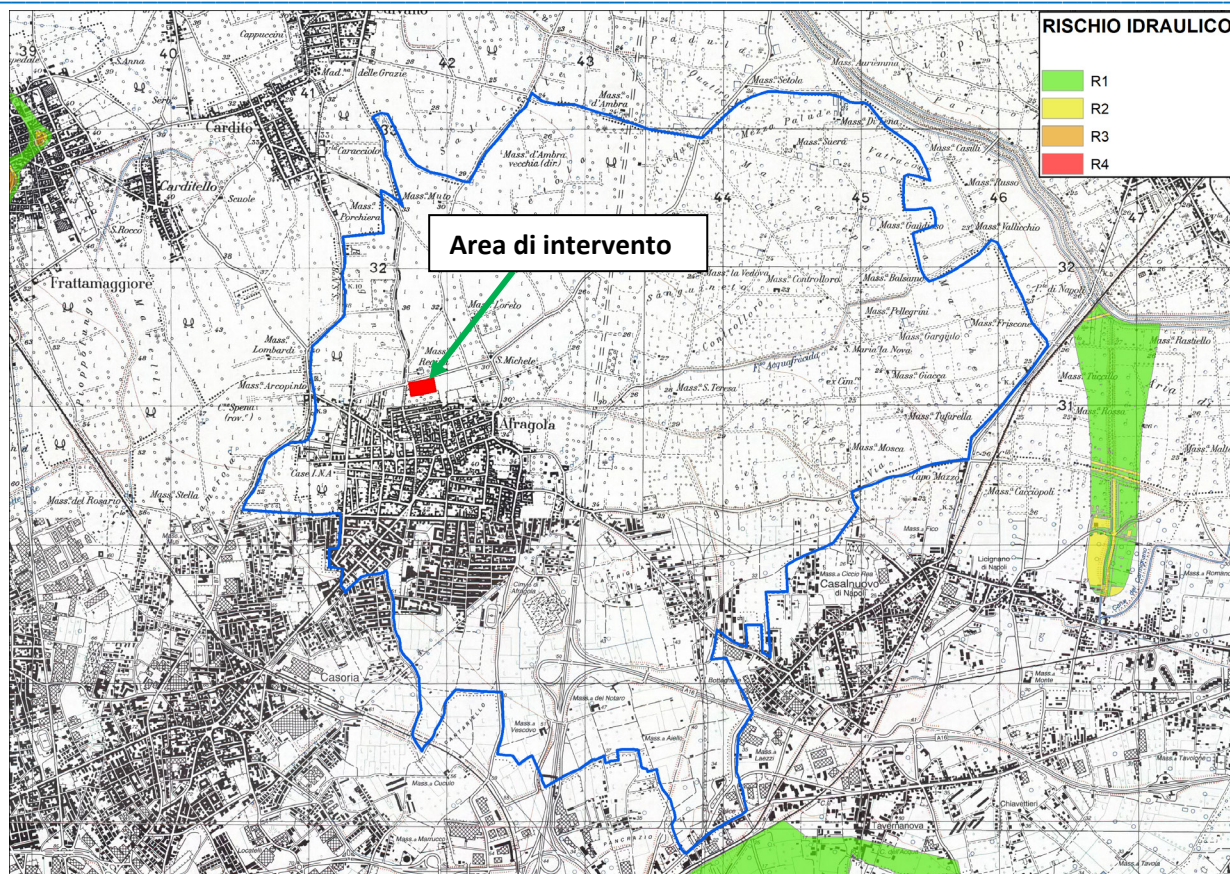


Fig. 5.3 – Rischio Idraulico –In rosso l'area in studio

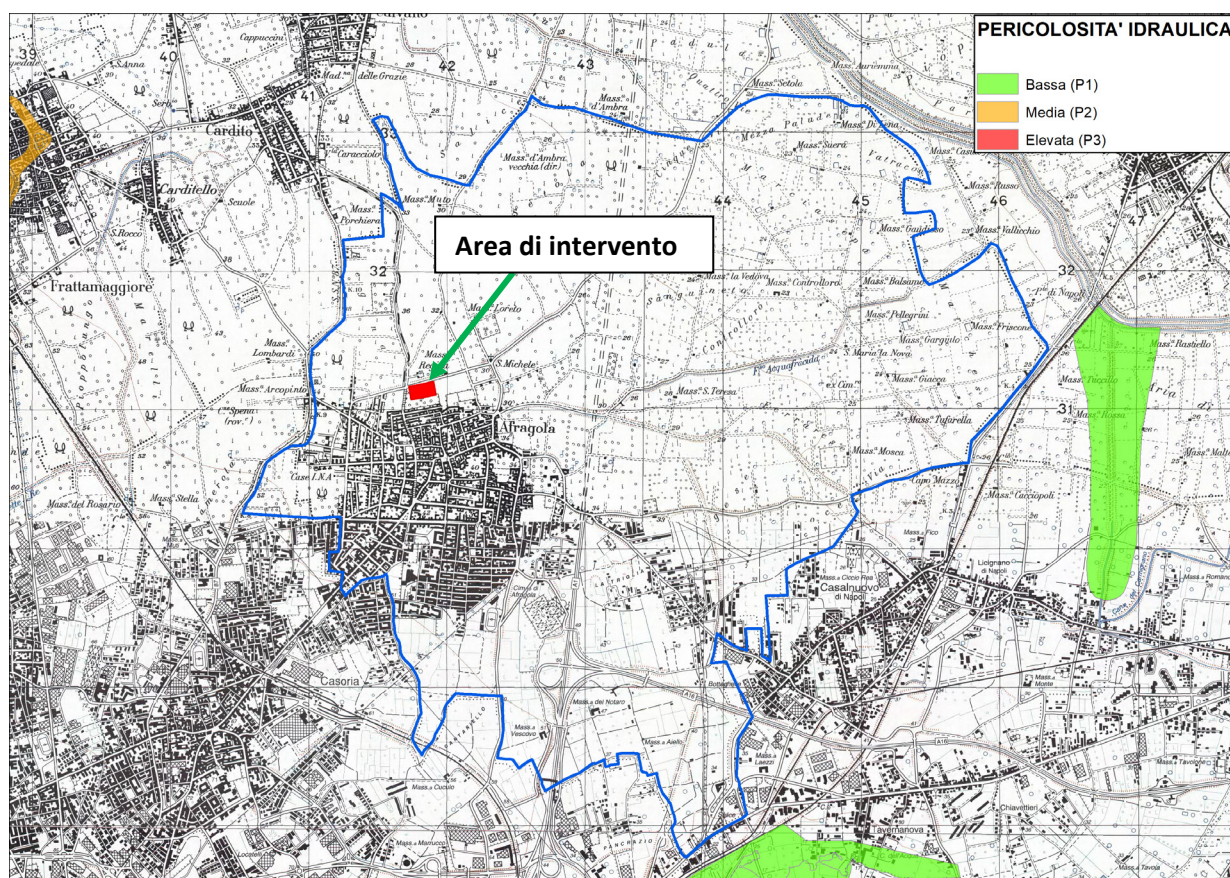


Fig. 5.4 – Pericolosità Idraulica –In rosso l'area in studio



6 - IDROGEOLOGIA DEL TERRITORIO IN ESAME

In generale, il bacino idrico della zona di riferimento deve considerarsi come porzione dell'enorme bacino delimitato dalle propaggini dell'Appennino e che interessa tutta la Piana Campana con una circolazione idrica che dai massicci carbonatici defluisce verso il mare.

L'alimentazione della falda è dovuta principalmente alle acque provenienti dai complessi carbonatici dell'Appennino Campano, che risultano tamponati alla base da materiali relativamente impermeabili e pertanto riversano i loro flussi idrici nel complesso dei sedimenti alluvionali e piroclastici della piana per poi defluire verso il mare. Altri apporti idrici sono dovuti alle acque zenitali di infiltrazione, che alimentano principalmente le falde superficiali, e agli apporti idrici legati alle precipitazioni stagionali e ai forti impoverimenti per emungimenti operati dall'uomo.

Vista la presenza e l'alternanza di litologie a varia granulometria e quindi a diversa permeabilità, la circolazione idrica sotterranea può essere schematizzata come a falde sovrapposte contenute nei livelli più grossolani, anche se la non perfetta impermeabilità dei depositi e la struttura lenticolare degli stessi, lascia soluzioni di continuità che possono ricondurre ad un'unica circolazione idrica sotterranea.

La circolazione idrica sotterranea dell'area in oggetto, quindi, può essere raggruppata in un unico corpo idrico, caratterizzato da rami anastomizzati collegati tra loro attraverso flussi di drenanza verticali ed orizzontali, che passano attraverso l'asse di drenaggio preferenziale, ed hanno come recapito ultimo il mare.

La direzione di flusso sotterraneo complessiva è costituita dalla direttrice NE-SW, in direzione del mare (**Fig. 6.1**).

La profondità della falda, per l'area in esame, è >15 m.

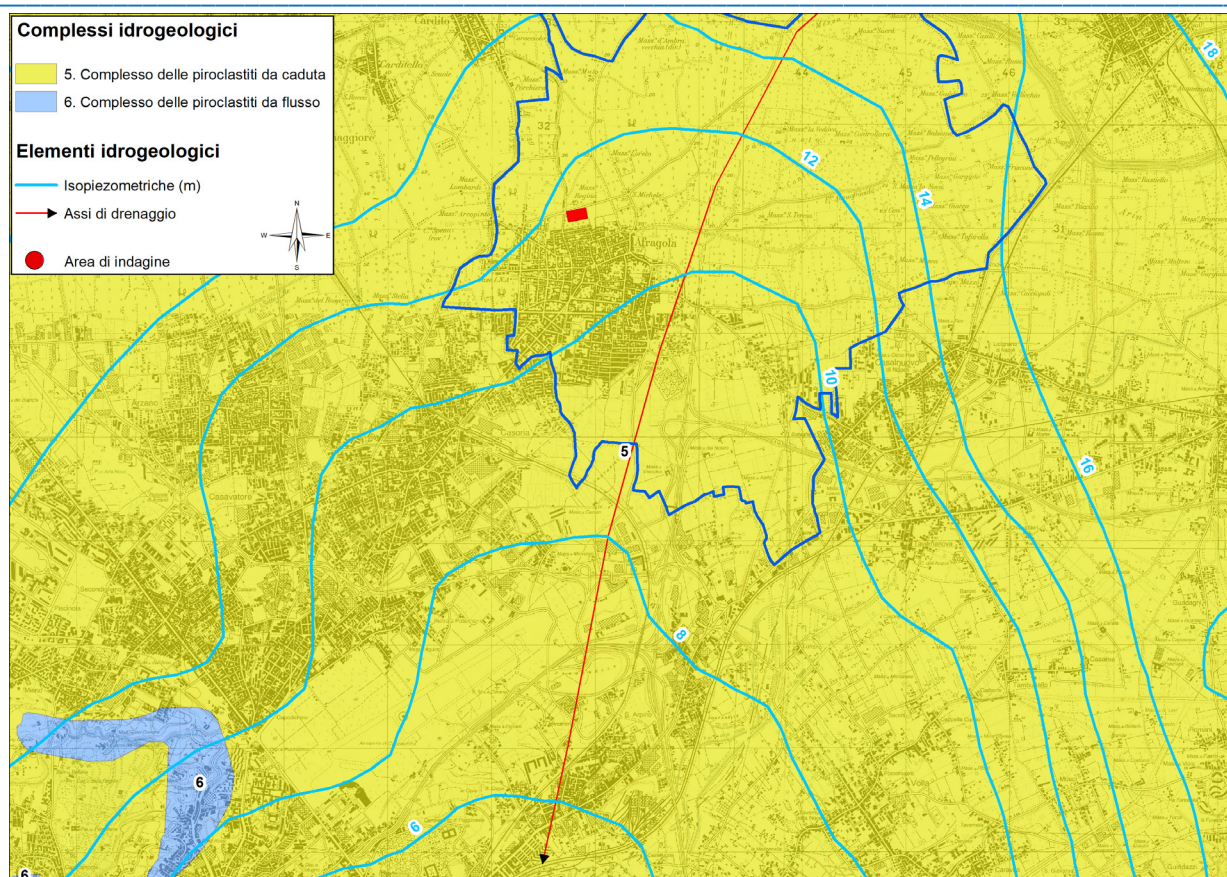


Fig. 6.1 – Stralcio carta idrogeologica

I principali complessi idrogeologici presenti nell'area in oggetto sono rappresentati dal *complesso delle piroclastiti da caduta*, costituito da piroclastiti vesuviane e flegree prevalentemente da caduta, sciolte e con granulometria da media e fine; locali ed esigui livelli di pomici e di paleosuoli limoso-sabbiosi, la cui permeabilità globale è in genere piuttosto ridotta e dal *complesso dell'Ignimbrite Campana*, costituito da cineriti grigiastre associate a scorie nere e brandelli di lava in facies lapidea o debolmente cementata. La permeabilità è molto bassa dove l'I.C. è più lapidea e/o di maggiore potenza; la permeabilità è relativamente più alta, laddove si passa alla facies meno coerente.

7 - INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE ESEGUITE

Per la definizione di un modello geologico, geotecnico e sismo-stratigrafico rappresentativo del volume di sottosuolo interessato dall'opera in oggetto, si sono effettuate **n°1 prova penetrometrica super pesante DPSH, n°1 indagine di sismica passiva di microtremori a stazione singola e n°1 indagine sismica Holisurface**.

La misura di microtremori a stazione singola è stata condotta con il sismografo Geobox della Sara Instruments costituito da sensori linearizzati ad 1 Hz. La durata della registrazione è stata di 30 minuti e la frequenza di campionamento di 100 Hz (**Fig.7.2**).

Per il dettaglio delle indagini sismiche, la metodologia utilizzata ed i risultati si faccia riferimento all'allegato **"ALL.1 - Indagine Sismica"**.



Caratteristiche tecniche generali	
Alimentazione:	batteria interna ricaricabile, consumo minore di 1W
Numero canali ed a/d converter:	3 (SD) dinamica di 144dB (24 bit effettivi fra 0.1 e 10Hz, ENOB)
Sensibilità:	con velocimetri da 4.5Hz: < 1 nanometro/secondo per count
Campionamento:	simultaneo sui tre canali a 10,20,50,100,200,300,400,480,600Hz
Real Time Clock:	Sincronizzato da GPS via PPS modulato (su richiesta)
Precisione RTC:	+/-10ppm fra -20/+50°C (+/-40ms rispetto ad UTC)
Antenna GPS:	esterna con 10mt di cavo e connettore BNC
Interfaccia dati:	RS232 con cavo da 8 metri e adattatore USB in dotazione
Contenitore:	Monoblocco in alluminio IP66
Dimensioni e peso:	155x140x110 mm 3.1kg con sensori da 4.5Hz
Temperatura operativa:	155x140x110 mm 3.1kg con sensori da 4.5Hz
Conformità:	CE

Fig. 7.1 – Sismografo triassiale SR04 Geobox e relative specifiche tecniche

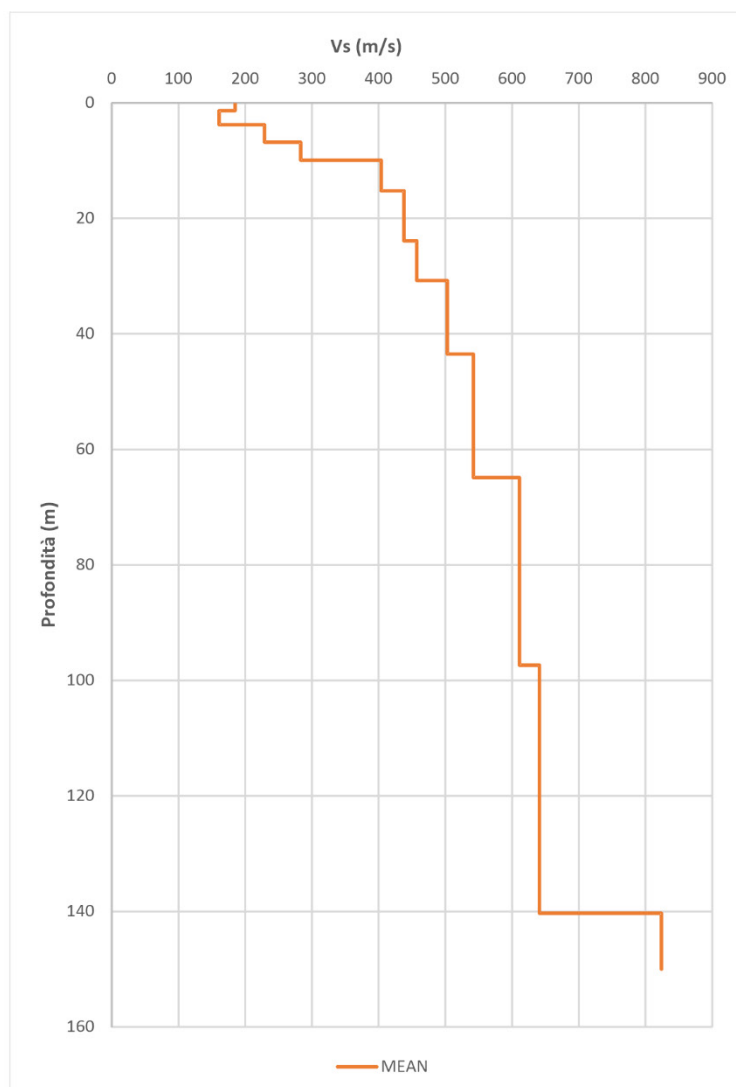
La prova penetrometrica dinamica (dettagliata nell' **ALL.2 - Prova Penetrometrica DPSH**) super pesante è stata effettuata con il penetrometro dinamico super pesante **Pagani TG 63/200 kN** le cui caratteristiche sono riassunte di seguito:


Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50.46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.3 kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

La sismostratigrafia determinata è la seguente:

layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	185	1.3588	1.3588
2	161	2.3978	3.7566
3	229	3.0597	6.8163
4	283	3.0944	9.9106
5	404	5.3178	15.2284
6	438	8.6378	23.8662
7	457	6.8988	30.7650
8	503	12.7178	43.4828
9	542	21.4002	64.8830
10	611	32.4738	97.3568
11	641	42.9345	140.2913
12	824	0	0



Vs,eq (p.c.) - 323 m/s - C

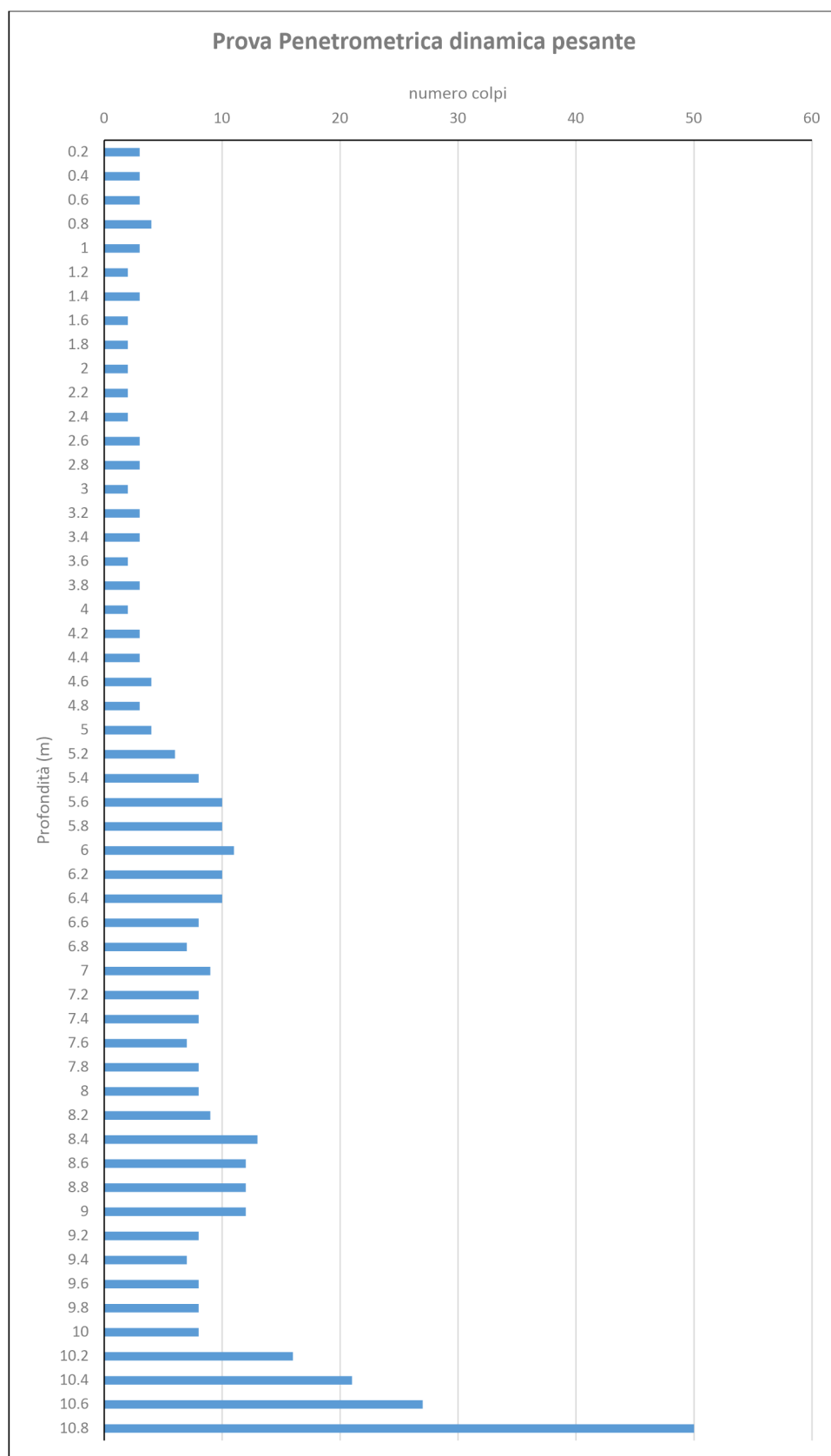
Vs,eq (p.c.)= 323 m/s

Categoria suolo di fondazione= C



Variazione del numero di colpi, della prova DPSH, con la profondità.

Z	N colpi
0.2	3
0.4	3
0.6	3
0.8	4
1	3
1.2	2
1.4	3
1.6	2
1.8	2
2	2
2.2	2
2.4	2
2.6	3
2.8	3
3	2
3.2	3
3.4	3
3.6	2
3.8	3
4	2
4.2	3
4.4	3
4.6	4
4.8	3
5	4
5.2	6
5.4	8
5.6	10
5.8	10
6	11
6.2	10
6.4	10
6.6	8
6.8	7
7	9
7.2	8
7.4	8
7.6	7
7.8	8
8	8
8.2	9
8.4	13
8.6	12
8.8	12
9	12
9.2	8
9.4	7
9.6	8
9.8	8
10	8
10.2	16
10.4	21
10.6	27
10.8	50





8 - MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Il modello geotecnico del sottosuolo è scaturito dall'interpretazione della prova penetrometrica che è stata spinta fino alla profondità di 10,8 dal p.c.

Per il dettaglio delle elaborazioni si rimanda all'allegato "ALL.2 - Prova Penetrometrica DPSH".

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Strato	Prof. media (m)	Nspt medio	y (t/m ³)	φ (°)	Ed (kg/cm ²)	Ey (kg/cm ²)	ν	G (kg/cm ²)
1	0.0-1.0	4	1.49	27.2	70.93	44.20	0.35	16.37
2	1.0-4.0	3	1.45	26.7	61.62	38.40	0.35	14.22
3	4.0-5.0	5	1.54	27.6	76.95	50.00	0.34	18.66
4	5.0-8.2	12	1.65	29.0	139.45	90.60	0.34	33.81
5	8.2-9.0	18	1.68	29.6	185.79	125.40	0.33	47.14
6	9.0-10.0	11	1.65	28.8	125.64	84.80	0.33	31.88
7	10.0-10.8	35	1.40	34.0	310.48	224.00	0.31	85.50

Legenda

St: Strato

Ed: Modulo Edometrico

Ey: Modulo Elastico

G: Modulo di Taglio

ν: Coeff. di Poisson

φ: Angolo di resistenza al taglio

y: peso dell'unità di volume

In generale dalla prova penetrometrica è emerso che le proprietà meccaniche dei terreni migliorano con la profondità.

In particolare il modello geotecnico determinato ha messo in evidenza la presenza di uno strato superficiale, dello spessore di 5.0 m, dotato di scarse caratteristiche meccaniche. Da -5.0 a -10.0 m dal p.c. si denota un generale miglioramento delle proprietà dei terreni, che diventano buone oltre tale profondità, in corrispondenza della parte sommitale del Tufo Grigio Campano



9 - VERIFICA A LIQUEFAZIONE

Al fine di classificare correttamente i terreni di fondazione sulla base delle indicazioni fornite all'interno dell'Ordinanza Presidenza Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 e del successivo D.M. del Ministero delle Infrastrutture in data 14/01/2008 e smi (con relative nuove Norme Tecniche per le Costruzioni), in merito alla tendenza o meno di "liquefacibilità" dei terreni interessati da opere fondazionali per lo più dirette/superficiali, si evincono preliminarmente in questo ambito le seguenti considerazioni.

Si ricorda, così come citato nelle *"Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni"* al punto 2.3 dell'Ordinanza suddetta (*Terreni suscettibili di liquefazione*), che: "...il termine "liquefazione" denota una diminuzione di resistenza al taglio e/o di rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno".

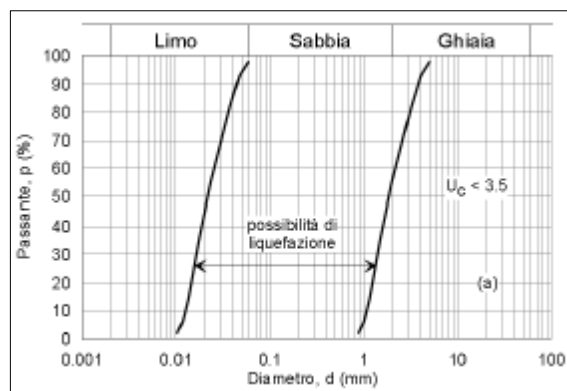
Inoltre, sempre nello stesso p.to viene precisato che: "...deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sottofalda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa".

La stessa Ordinanza P.C.M. n° 3274, integrata e rivista dalla più recente normativa ad oggi in vigore in materia di norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17/01/2018 - p.to 7.11.3.4.2 "Esclusione della Verifica a Liquefazione"), ribadisce ancora che **la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:**

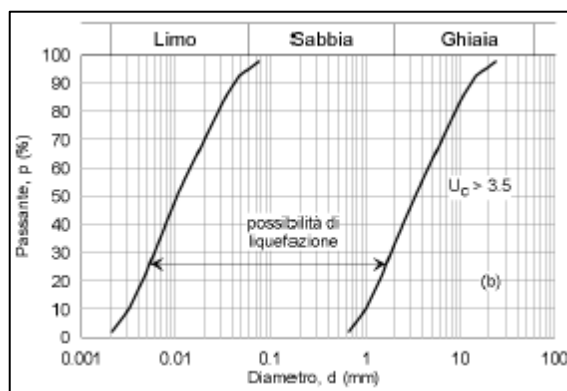
- eventi sismici attesi (serie storica di dati all'intorno) di magnitudo M inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese al piano campagna, in assenza di manufatti (condizioni di campo libero), minori di 0,1g;



- profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$, dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica, qualora siano effettuate specifiche analisi di laboratorio, esterna alle zone indicate nelle 2 Figure di seguito riportate dove U_c indica il coefficiente di uniformità dei terreni.



Fusi granulometrici critici per $U_c < 3.5$



Fusi granulometrici critici per $U_c > 3.5$



Inoltre, la stessa vecchia O.P.C.M. n° 3274/2003 indica come fattori geologico-geotecnici dei terreni che possono predisporre alla loro liquefazione nel corso di un eventuale sisma, oltre ovviamente quelli legati all'evento sismico medesimo (intensità del sisma/magnitudo e relativa durata), le seguenti caratteristiche così di seguito riassumibili:

- granulometria prevalente di sabbie sciolte da fini a medie, con percentuale di frazione fine (limi e argille) variabile generalmente dallo 0 al 25 %;
- condizione di “sottofalda”.
- grado di addensamento da nullo (o almeno scarso) fino a medio-moderato;
- profondità dei terreni suddetti relativamente modesta → quote inferiori ai 15 metri dal piano di campagna.

Pertanto, in riferimento all'opera in oggetto, la verifica a liquefazione è stata omessa in quanto la profondità media stagionale della falda è > 15 m.



10 - CONCLUSIONI

La presente relazione geologica ha analizzato tutti gli aspetti legati alla fattibilità dell'opera e al suo inserimento nel contesto di riferimento.

Dall'interpretazione delle indagini geognostiche e geofisiche, si può affermare

- L'area in esame, ubicata alle coordinate (WGS84) **Lon: 14.307768° - Lat: 40.927456°**, è inserita in un contesto morfologico caratterizzato da una pendenza media $< 1^\circ$. Non sono presenti forme di dissesto in atto o potenziali. La falda è posta ad una profondità > 15 m e pertanto non interferisce con il sistema di fondazioni.
- Dalla consultazione delle carte di rischio e pericolosità redatte dall'ex AdB Campania Centrale, **l'opera non ricade in nessuna classe di rischio o pericolosità.**
- La verifica a liquefazione è stata omessa, in quanto la profondità media stagionale della falda è > 15 m (**punto 3 del paragrafo 7.11.3.4.2 delle nuove norme tecniche per le costruzioni**).
- La classificazione sismica del territorio nazionale prevede che il comune di Afragola sia inserito in **Zona II**, ovvero una zona in cui possono verificarsi fortissimi terremoti ed in cui $0,25 < a_g \leq 0,35$ (valori di accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni).
- Dalle indagini sismiche effettuate è stata determinata una categoria di suolo di fondazione **C** (al p.c.) e la categoria topografica in cui ricade l'area è **T1**.

La prova penetrometrica dinamica è stata spinta fino alla profondità di 10.8 dal p.c. In particolare il modello geotecnico determinato ha messo in evidenza la presenza di uno strato superficiale, dello spessore di 5.0 m, dotato di scarse caratteristiche meccaniche. Da -5.0 a -10.0 m dal p.c. si denota un generale miglioramento delle proprietà dei terreni, che diventano buone oltre tale profondità, in corrispondenza della parte sommitale del Tufo Grigio Campano. In generale si può considerare la sequenza litostratigrafica come un deposito granulare in condizioni drenate. Per la stima dei parametri geotecnici vedi Cap.8.

- Lo studio di **Risposta Sismica Locale condotto (ALL.3)** ha permesso di determinare gli spettri di progetto in base ai parametri di progettazione dell'opera e allo stato limite SLV. Il successivo confronto con gli spettri di normativa ha permesso di determinare che questi ultimi



non sono sufficientemente cautelativi e pertanto devono essere utilizzati gli spettri derivanti dall'analisi di R.S.L.

In definitiva non si sono riscontrate criticità ostative la realizzazione dell'opera in oggetto.

Tanto doveva il geologo per ottemperare all'incarico ricevuto.

San Nicola la Strada, Marzo 2024

IL GEOLOGO



Dr. Geol. Domenico Ianniello
Albo dei Geologi della Campania n°2644



**ALL.1 - INDAGINI SISMICHE
HOLISURFACE (VELOCITA' DI
GRUPPO DELLE COMPONENTI
VERTICALE E RADIALE DELLE
ONDE DI RAYLEIGH) E
MICROTREMORI A STAZIONE
SINGOLA (HVSr)**

OGGETTO

Verifica di vulnerabilità sismica del Plesso
Scuola secondaria di primo grado "Rita Levi
Montalcini" – CUP: B46F22000320002

LOCALITA'

Afragola
Via Arturo De Rosa

DATA

Marzo 2024

IL GEOLOGO



Dr. Geol. Domenico Ianniello
Albo dei Geologi della Campania n°2644

1-Introduzione

In riferimento ai lavori di cui in oggetto, in data 19/02/2024, è stata eseguita un'indagine di sismica attiva, di tipo Holisurface (*Holistic analysis of Surface waves – HS*), e un'indagine di sismica passiva, di microtremori a stazione singola HVSR (*Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio*), per la determinazione della successione sismostratigrafica e della $V_{s,eq}$, dell'area di intervento (**Fig. 1**).



Figura 1 – Ubicazione indagini

La tecnica HS si fonda sulla determinazione di diversi observables (spettri di velocità di gruppo delle componenti verticale (Z), radiale (R) e trasversale (T), Radial-to-Vertical Spectral Ratio – RVSR e curve Rayleigh-wave Particle Motion, RPM) che, anche congiuntamente alla curva HVSR, consentono di impostare un'inversione congiunta utile a determinare in modo robusto e puntuale il profilo V_s (vedi schema concettuale riportato in **Figura 2** e tratto da Dal Moro, 2019).

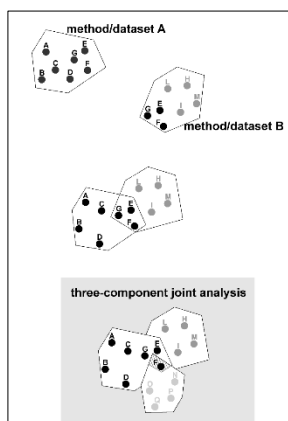


Figura 2. Schema concettuale per descrivere il significato dell'analisi congiunta possibile da dati multi-componente. Solamente l'utilizzo di diversi "oggetti di analisi" (observables) consente di restringere l'ambiguità che, altrimenti, caratterizza qualsiasi indagine di superficie.

2-Metodologie HS e HVSR

2.1-HoliSurface®

La metodologia HoliSurface® (HS) è una procedura di acquisizione ed analisi di dati di sismica attiva che considera in modo congiunto (olistico) tutta una serie di oggetti di analisi (observables) che, nel loro insieme, descrivono in maniera appunto olistica la propagazione delle onde di Rayleigh e Love (vedi riferimenti bibliografici in calce).

Tale tipo di indagine è una evoluzione (oggetto di brevetto – www.holisurface.com) del metodo di analisi delle velocità di gruppo tramite MFA (Multiple Filter Analysis – Dziewonski et al., 1969) e/o FTAN (Frequency Time ANalysis – Natale et al., 2004), quindi basata sulla dispersione delle onde di superficie (velocità di gruppo; rapporto tra spazio e tempo di arrivo dell'onda frequenza per frequenza) e la sua analisi secondo l'approccio FVS (Full Velocity Spectrum).

Per il presente lavoro si sono determinate entrambe le componenti dell'onda di Rayleigh (componente Z e R) e il rapporto spettrale H/V e si è svolta un'inversione congiunta della componente verticale e della curva HVSR secondo i principi del fronte di Pareto così come presentato ad esempio in Dal Moro et al. (2015; 2016; 2019).

L'acquisizione tanto dei dati HS (attivi) che HVSR (passivi) avviene grazie ad un semplice geofono triassiale.

Rispetto la cosiddetta tecnica MASW, la differenza sostanziale sta nel fatto che per effettuare acquisizioni e analisi HoliSurface®, invece di utilizzare **n** geofoni a componente singola, si utilizza un unico geofono a tre componenti (geofono triassiale) opportunamente orientato in modo da poter definire nell'ordine la componente verticale (Z), quella radiale (R) e la trasversale (T).

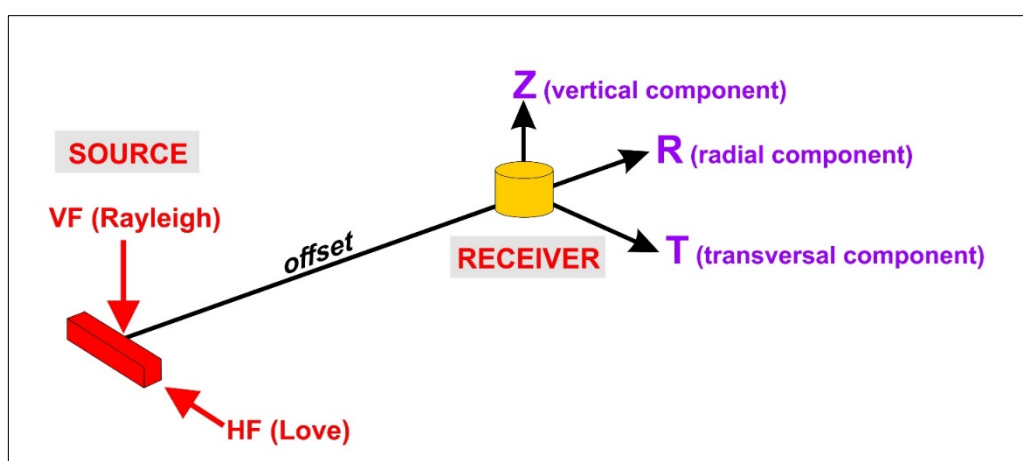


Figura 3. Componenti sismiche

La seguente tabella riporta i principali parametri di acquisizione.

offset	42 m
lunghezza registrazione	2 s (poi ridotto a 0.8 s in fase di elaborazione)
frequenza di campionamento	1000 Hz
sorgente	Mazza da 10 kg (per la generazione delle onde di Rayleigh)
stack	16



Fasi di acquisizione della sismica attiva

2.2-HVSR

La tecnica del rapporto spettrale **HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)** consente di stimare l'effetto di sito, legato ad una copertura sedimentaria, a partire da registrazioni di rumore sismico a singola stazione secondo tre componenti ortogonali.

Tale metodologia assume che il campo d'onda dei microtremori sia costituito da onde di volume e di superficie che si propagano in un singolo strato soffici su semispazio e che la presenza di questo strato sia la causa dell'amplificazione di sito (Nakamura 1989).

Le ipotesi su cui si basa la tecnica di Nakamura sono:

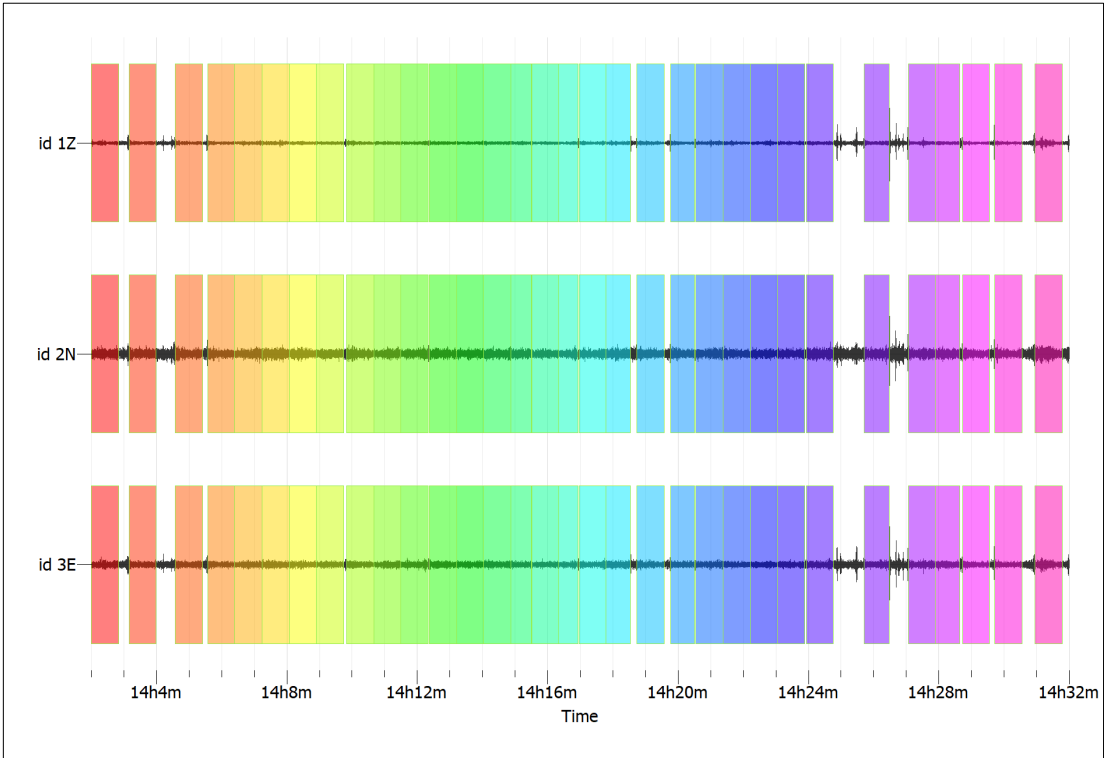
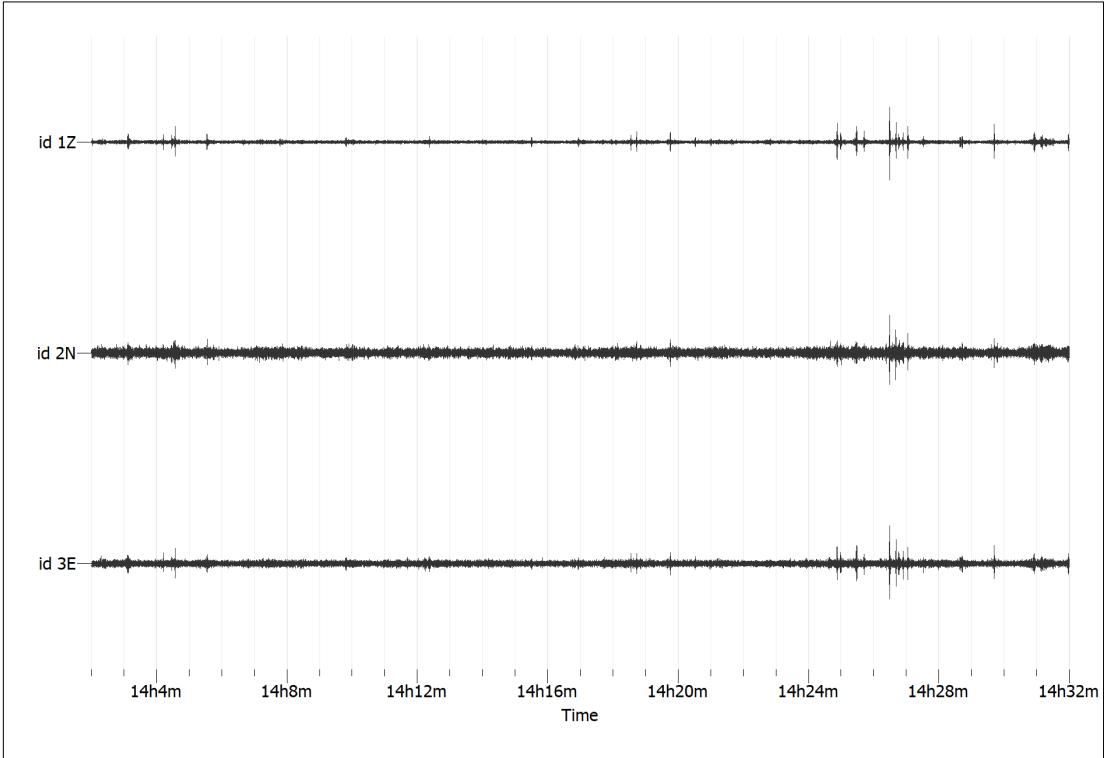
- i microtremori sono generati da sorgenti locali e non da sorgenti profonde
- le sorgenti di microtremori in superficie non influenzano i microtremori alla base
- la componente verticale del moto non risente di effetti di amplificazione locale

Operativamente la funzione HVSR viene definita a partire da serie temporali superiori a 10 min, acquisite secondo le tre componenti del moto. Le registrazioni di rumore sismico vengono sottoposte ad operazioni di rimozione della media, di detrending e di filtraggio in un'opportuna banda di frequenze di interesse. Successivamente vengono suddivise in finestre temporali regolari, applicando ad esse una funzione di tapering per minimizzare gli effetti di troncamento della serie temporale. Per ciascuna finestra vengono calcolate le trasformate di Fourier, in un'opportuna banda di frequenze, applicando agli spettri di ampiezza definiti, una funzione di smoothing. Per ogni singola finestra temporale viene calcolata una funzione spettrale HVSR come rapporto tra la media aritmetica o del modulo degli spettri delle componenti orizzontali e quello della componente verticale. Successivamente i singoli rapporti spettrali sono mediati sull'intero intervallo temporale, definendo una funzione media HVSR, caratteristica del sito d'indagine.

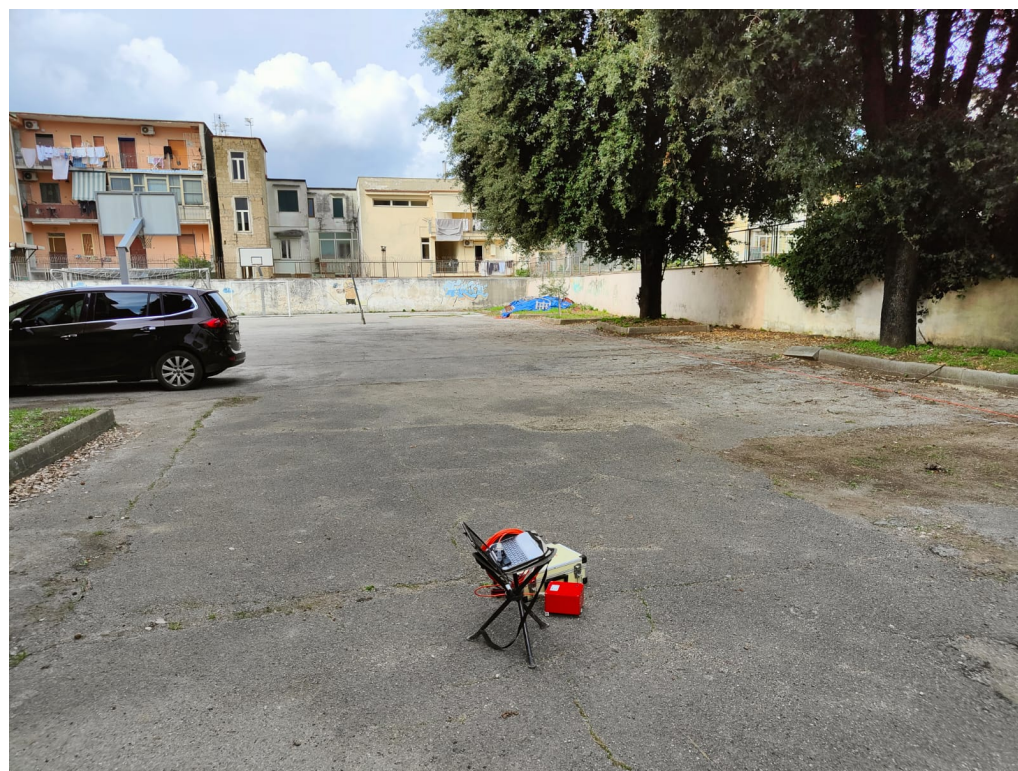
3-ANALISI

3.1-HVSR

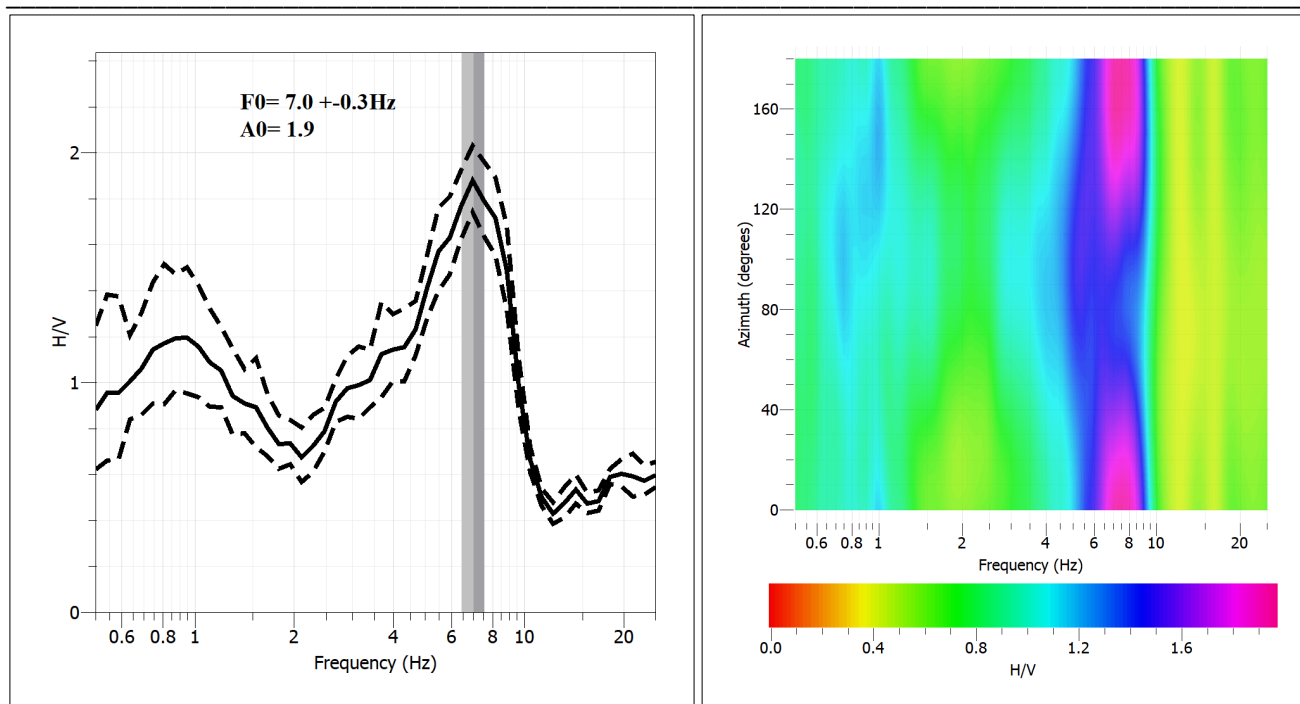
SITO	Afragola – Scuola Rita Levi Montalcini
LAT, LON (gradi decimali)	40.927577° N - 14.308172° E
Lunghezza registrazione	30 min
Frequenza campionamento	100 hz (ricampionata a 64 hz)



Tracce acquisite e finestre selezionate



Fasi di acquisizione della sismica passiva



Verifica

$f_0 > 10/l_w$
 $n_c(f_0) > 200$
 $\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5H$;
 $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5H$;
 $\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
 $\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
 $A_0 > 2$
 $f_{picco}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$
 $\sigma_f < \varepsilon(f)$
 $\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$

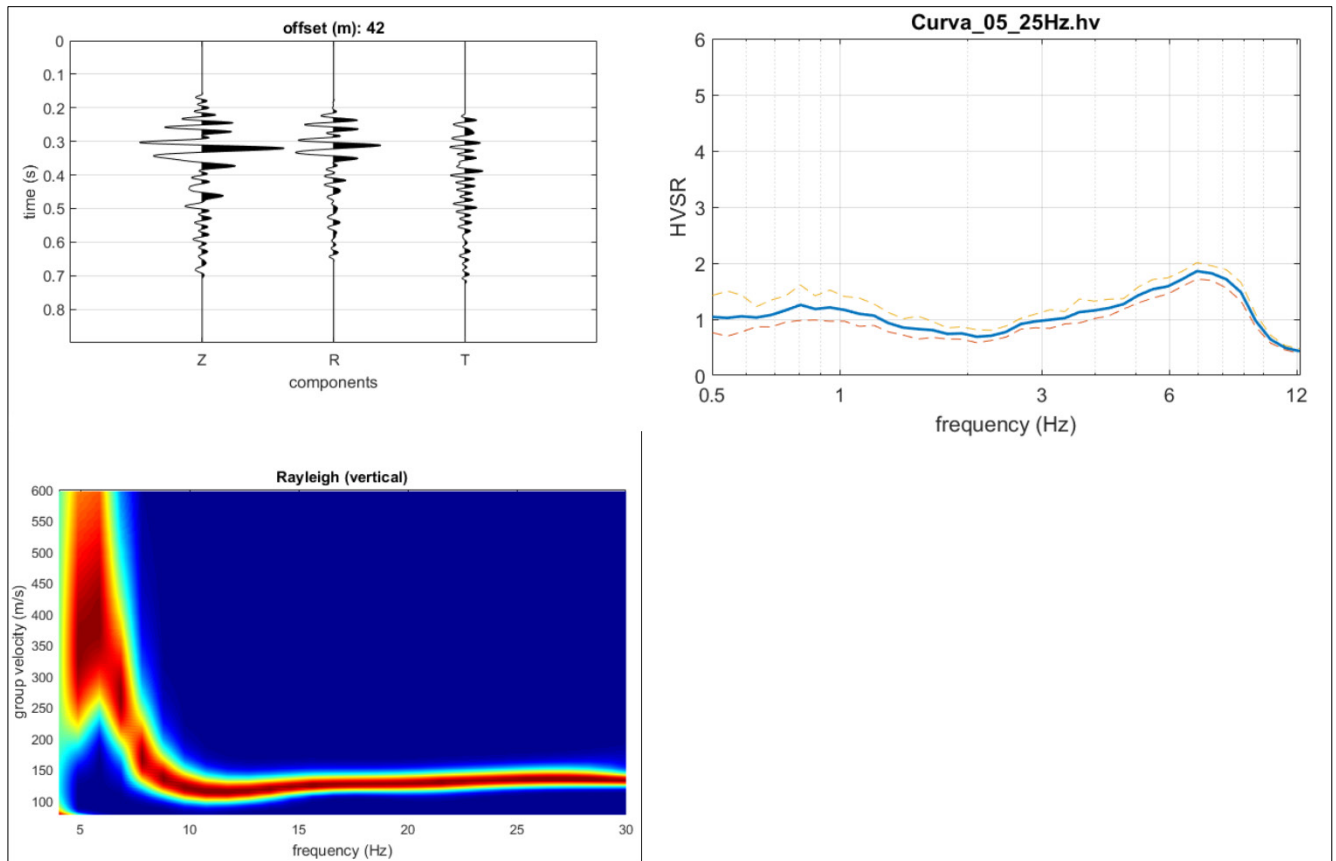
Esito

Ok
 Ok
 Ok
 Ok
 Ok
 NO
 Ok
 Ok
 Ok

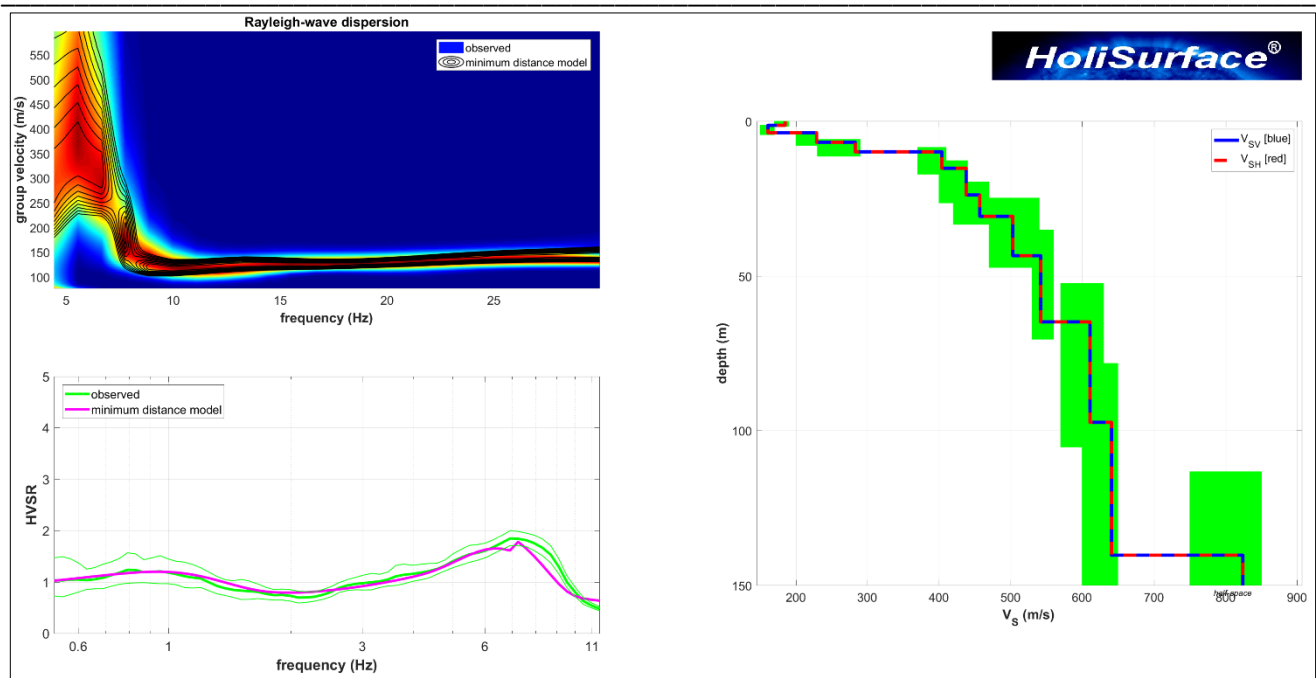
Dall'alto: rapporto H/V, mappa della direzionalità della sorgente e criteri sesame (0.5-20 Hz)

4-INVERSIONE CONGIUNTA della componente Z e dell'HVSR

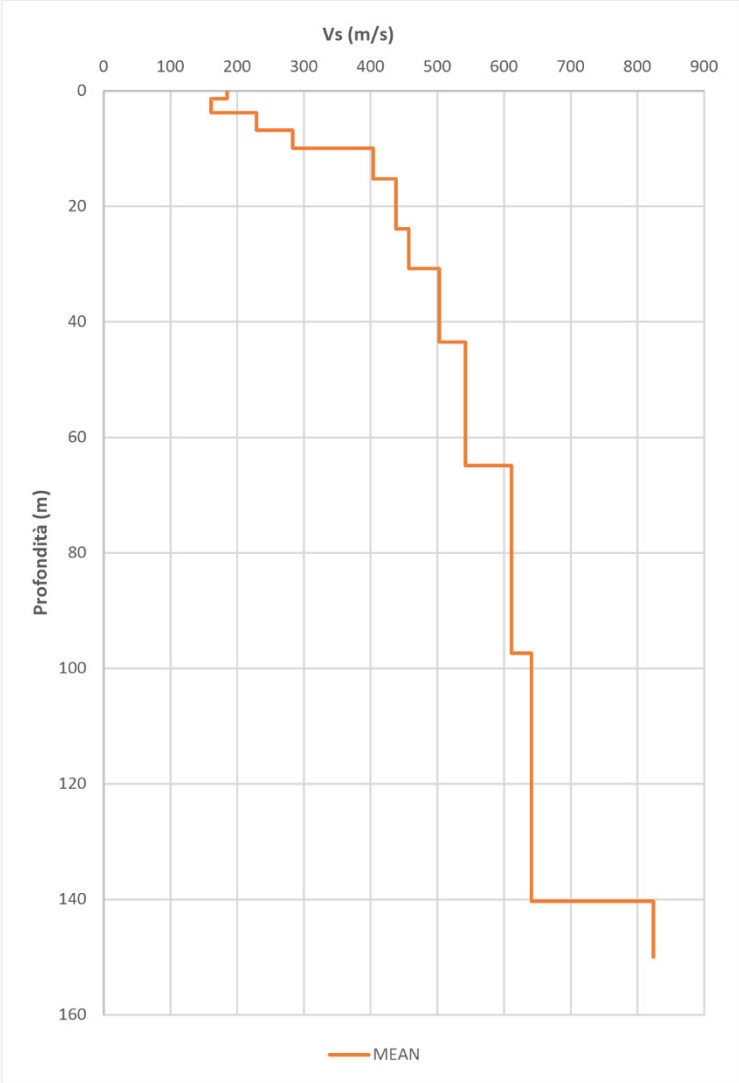
Lo spettro di velocità di gruppo della componente Z (verticale) dell'onda di Rayleigh e l'HVSR sono state invertite congiuntamente secondo i criteri dell'ottimo paretiano (e.g. Dal Moro et al., 2019). Lo spettro di velocità è stato gestito tramite approccio FVS (*Full Velocity Spectrum* – Dal Moro 2014; 2019) quindi senza alcun *picking*/interpretazione in termini di curve modali. La curva HVSR è stata modellata in accordo a Arai & Tokimastu (2004), quindi considerando anche l'apporto delle onde di Love presenti nel campo dei microtremori (fattore α - vedi Dal Moro, 2014; 2019).



I due observables utilizzati per l'inversione congiunta: le tracce sismiche attive delle componenti Z e R, la curva HVSR e lo spettro della velocità di gruppo computata dalla traccia attiva (Z).



layer	Vs (m/s)	thickness (m)	depth (m)
1	185	1.3588	1.3588
2	161	2.3978	3.7566
3	229	3.0597	6.8163
4	283	3.0944	9.9106
5	404	5.3178	15.2284
6	438	8.6378	23.8662
7	457	6.8988	30.7650
8	503	12.7178	43.4828
9	542	21.4002	64.8830
10	611	32.4738	97.3568
11	641	42.9345	140.2913
12	824	0	0



Vs,eq (p.c.) - 323 m/s - C

Risultato dell'inversione congiunta svolta

Per la classificazione del sottosuolo si è tenuto conto delle condizioni stratigrafiche e dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$, definita dall'espressione:

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

con:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

E' stata, quindi, calcolata la V_s equivalente come da normativa (eq. 3.2.1 NTC 2018), ponendo $H=30$, dato che il substrato sismico di riferimento, per il sito in questione, è posto ad una profondità superiore a 30 m.

$V_{s,eq} (p.c.) = 323 \text{ m/s}$

Categoria suolo di fondazione= C

5-RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Arai, H., Tokimatsu, K., 2005. *S-Wave velocity profiling by joint inversion of microtremor dispersion curve and horizontal-to-vertical (H/V) spectrum*. Bull. Seism. Soc. Am. 95, 1766–1778.
- Arai, H., Tokimatsu, K., 2004. *S-wave velocity profiling by inversion of microtremor H/V spectrum*. Bull. Seism. Soc. Am 94, 53–63.
- Dal Moro G., 2020. *On the identification of industrial components in the Horizontal-to-Vertical Spectral Ratio (HVSr) from microtremors*. Pure and Applied Geophysics (in stampa)
- Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S., 2019. *On the efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves: Technical aspects and two comparative case studies*. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 125. On-line: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267726118310613>
- Dal Moro G., 2019. *Effective Active and Passive Seismics for the Characterization of Urban and Remote Areas: Four Channels for Seven Objective Functions*. Pure and Applied Geophysics, 176, 1445-1465. Available on-line: <https://rdcu.be/bbT04>
- Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017. *Improved Holistic Analysis of Rayleigh Waves for Single- and Multi-Offset Data: Joint Inversion of Rayleigh-wave Particle Motion and Vertical- and Radial-Component Velocity Spectra*. Pure and Applied Geophysics, on-line: <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs00024-017-1694-8.pdf>
- Dal Moro G. and Puzzilli L.M., 2018. *Single- and multi-component inversion of surface waves acquired by a single 3-component geophone: an illustrative case study*, Acta Geodyn. Geomater., 14, 4 (188), 431-444, online: https://www.irms.cas.cz/materialy/acta_content/2017_doi/DalMoro_AGG_2017_0024.pdf
- Dal Moro G., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2017. *Analysis of Rayleigh-Wave Particle Motion from Active Seismics*. Bulletin of the Seismological Society of America (BSSA), 107, 51-62
- Dal Moro G., Keller L., Al-Arifi N., Moustafa S.R., 2016. *Shear-wave velocity profiling according to three alternative approaches: a comparative case study*. Journal of Applied Geophysics, 134, 112-124
- Dal Moro G., 2016. *Four Geophones for seven possible objective functions: active and passive seismics for tricky areas*. Invited presentation and Extended Abstract for the Urban Geophysics workshop of the 22nd EAGE Near Surface Geoscience conference (4-8 September 2016 - Barcelona, Spain)
- Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N., 2015. *Less is more: from van der Rohe to the 4-channel system for the efficient and holistic acquisition and analysis of surface waves. An urban case study*. Proceedings of the GNGTS (Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida - ogs.trieste.it) congress (17-19 November 2015 - Trieste, Italy)
- Keller L., Weber T., Dal Moro G., 2015. *Geophysikalische In-situ-Bestimmung der Eingangsparameter in die seismischen Standortanalysen am Beispiel des Ambassador House Opfikon*. Proceedings of the 14th D-A-CH conference of the Swiss Society for Earthquake Engineering and Structural Dynamics, Zurich, August 21-21, SIA D0255, ISBN 978-3-03732-060-0
- Dal Moro G., Keller L., Poggi V., 2015. *A Comprehensive Seismic Characterization via Multi-Component Analysis of Active and Passive Data*. First Break, 33, 45-53
- Dal Moro G., Moustafa S.R., Al-Arifi N., 2015. *Efficient acquisition and holistic analysis of Rayleigh waves*. Proceedings of the Near-Surface EAGE 2015 congress (Turin - Italy) [having received a very high score from the reviewers, the work was invited to be published in *Near Surface Geophysics* (the paper was instead published in *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*)]

- Dal Moro G., 2015. *Joint Inversion of Rayleigh-Wave Dispersion and HVSR of Lunar Seismic Data from the Apollo 14 and 16 sites*. ICARUS, 254, 338-349
- Dal Moro G., Ponta R., Mauro R., 2015. *Unconventional Optimized Surface Wave Acquisition and Analysis: Comparative Tests in a Perilagoon Area*. Journal of Appl. Geophysics, 114, 158-167
- Dziewonski A., Bloch S., Landisman N., 1969. *A technique for the analysis of transient seismic signals*. Bull Seism. Soc. Am. 59, 427-444.
- Keller L., Dal Moro G., Spillmann T., Deplazes G., Madritsch H., 2019. Mapping bedrock topography of the Lower Aare valley using seismic surface waves. 7th Swiss Geoscience Meeting, Fribourg 2019 (22-23 November 2019)**
- Mark, N., Sutton, G.H., 1975. *Lunar shear velocity structure at Apollo sites 12, 14, and 15*. J. Geophys. Res. 80, 4932-4938.
- Nakamura, Y., 2000. *Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications*. In: Proc XII World Conf. Earthquake Engineering, New Zealand. Paper no 2656.
- Nakamura, Y., 1996. *Realtime Information Systems for Seismic Hazard Mitigation*. Quarterly Report of Railway Technical Research Inst. (RTRI), 37, 112-127.
- Nakamura, Y., 1989. *A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface Using Microtremor on the Ground Surface*. Quarterly Report of Railway Technical Research Inst. (RTRI), 30, 25-33.
- Natale M., Nunziata C., Panza G.F. 2004. *FTAN method for the detailed definition of Vs in urban areas*. In 13th World Conference on Earthquake Engineering, p. 2694. Vancouver, B.C., Canada.
- Perron V., Gélis C., Froment B., Hollender F., Bard P.-Y., Cultrera G., Cushing E.C., 2018. *Can broad-band earthquake site responses be predicted by the ambient noise spectral ratio? Insight from observations at two sedimentary basins*. Geophysical Journal International, 215, 1442-1454.
- Stemberk J., Dal Moro G., Stemberk J., Blahůt J., Coubal M., Košťák B., Zambrano M., Tondi E., 2019. *Strain monitoring of active faults in the central Apennines (Italy) during the period 2002-2017*. Tectonophysics, 750, 22-35, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.10.033>



Att. n° 6032/31/00 cat. OS 20-B class. 2°



UNI EN ISO 9001:2008 cert. n° QMS14140042



**Autorizzazione Ministero Infrastrutture e dei trasporti
n. 8998 (Prove in sito)**

IMPRESONDA

**del dr. Gagliardi Nicola
Sondaggi geognostici
Perforazioni**

**sede via Laviano n° 26 -Caserta-
deposito : S.S. 158 miglio 25 -Alvignano
Tel. 0823 353193 - 339 4005767**

Committente : Dr. geol. Domenico Ianniello

OGGETTO : Verifica di vulnerabilità sismica del Plesso Scuola Secondaria di primo grado “Rita Levi
Montalcini sito in via Arturo De Rosa Afragola (Na)

DATA 28.03.2024

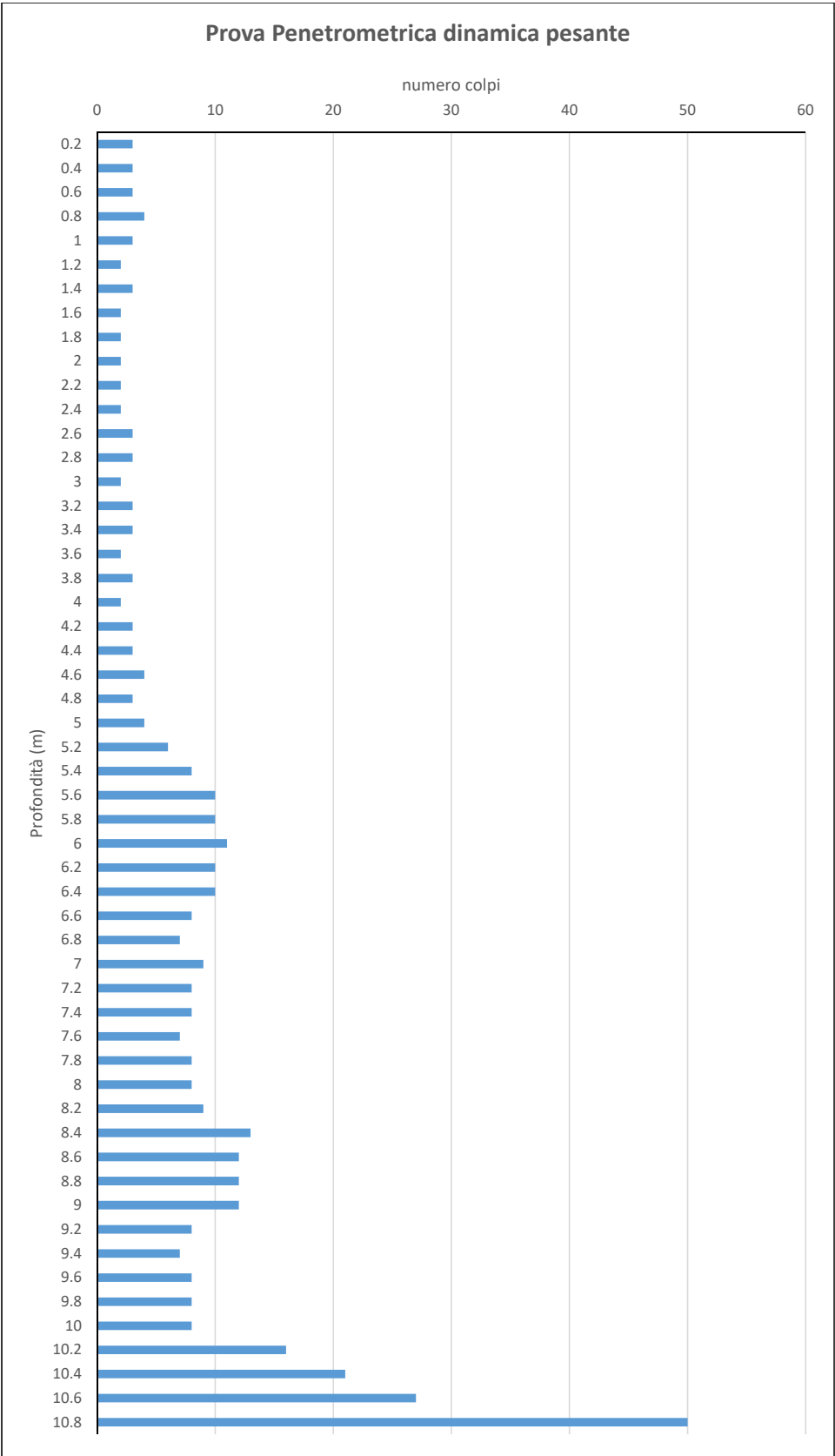
In applicazione alle NTC 2018, in particolare per quanto riguarda il capitolo “ Indagini ,
caratterizzazioni e modellazione geotecnica “ Art 59 del DPR n° 380/2001 ;

Le indagini in sito, prova DPSH è stata eseguita e certificata da Impresonda, Via Laviano 26 – Caserta-
Autorizzata dal Ministero Infrastrutture e Trasporti , decreto concess. N° 8998 Settore “C” (circolare
7619/STC 8-9-010)

Il Direttore del laboratorio
Dr. Geol. Gagliardi Nicola

**MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
SERVIZIO TECNICO CENTRALE
IMPRESONDA Via Laviano, 26 - 81100 CASERTA
Direttore Laboratorio: Dr. Geologa Gagliardi Nicola**

Z	N colpi
0.2	3
0.4	3
0.6	3
0.8	4
1	3
1.2	2
1.4	3
1.6	2
1.8	2
2	2
2.2	2
2.4	2
2.6	3
2.8	3
3	2
3.2	3
3.4	3
3.6	2
3.8	3
4	2
4.2	3
4.4	3
4.6	4
4.8	3
5	4
5.2	6
5.4	8
5.6	10
5.8	10
6	11
6.2	10
6.4	10
6.6	8
6.8	7
7	9
7.2	8
7.4	8
7.6	7
7.8	8
8	8
8.2	9
8.4	13
8.6	12
8.8	12
9	12
9.2	8
9.4	7
9.6	8
9.8	8
10	8
10.2	16
10.4	21
10.6	27
10.8	50



PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

28/03/2024

Profondità prova

10.80 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0.20	3	0.855	26.94	31.52	1.35	1.58
0.40	3	0.851	26.82	31.52	1.34	1.58
0.60	3	0.847	24.50	28.93	1.23	1.45
0.80	4	0.843	32.53	38.57	1.63	1.93
1.00	3	0.840	24.29	28.93	1.21	1.45
1.20	2	0.836	16.13	19.29	0.81	0.96
1.40	3	0.833	24.10	28.93	1.20	1.45
1.60	2	0.830	14.78	17.82	0.74	0.89
1.80	2	0.826	14.73	17.82	0.74	0.89
2.00	2	0.823	14.67	17.82	0.73	0.89
2.20	2	0.820	14.62	17.82	0.73	0.89
2.40	2	0.817	14.56	17.82	0.73	0.89
2.60	3	0.814	20.23	24.85	1.01	1.24
2.80	3	0.811	20.16	24.85	1.01	1.24
3.00	2	0.809	13.39	16.56	0.67	0.83
3.20	3	0.806	20.03	24.85	1.00	1.24
3.40	3	0.803	19.96	24.85	1.00	1.24
3.60	2	0.801	12.39	15.47	0.62	0.77
3.80	3	0.798	18.53	23.21	0.93	1.16
4.00	2	0.796	12.32	15.47	0.62	0.77
4.20	3	0.794	18.42	23.21	0.92	1.16
4.40	3	0.791	18.37	23.21	0.92	1.16
4.60	4	0.789	22.91	29.03	1.15	1.45
4.80	3	0.787	17.14	21.77	0.86	1.09
5.00	4	0.785	22.79	29.03	1.14	1.45
5.20	6	0.783	34.09	43.54	1.70	2.18
5.40	8	0.781	45.34	58.06	2.27	2.90
5.60	10	0.779	53.25	68.34	2.66	3.42
5.80	10	0.777	53.12	68.34	2.66	3.42
6.00	11	0.775	58.30	75.18	2.91	3.76
6.20	10	0.774	52.88	68.34	2.64	3.42
6.40	10	0.772	52.76	68.34	2.64	3.42
6.60	8	0.770	39.80	51.66	1.99	2.58
6.80	7	0.769	34.75	45.20	1.74	2.26
7.00	9	0.767	44.59	58.12	2.23	2.91
7.20	8	0.766	39.56	51.66	1.98	2.58
7.40	8	0.764	39.48	51.66	1.97	2.58
7.60	7	0.763	32.68	42.85	1.63	2.14
7.80	8	0.761	37.28	48.97	1.86	2.45
8.00	8	0.760	37.21	48.97	1.86	2.45
8.20	9	0.759	41.79	55.09	2.09	2.75
8.40	13	0.707	56.28	79.57	2.81	3.98
8.60	12	0.756	52.77	69.81	2.64	3.49
8.80	12	0.755	52.68	69.81	2.63	3.49
9.00	12	0.753	52.60	69.81	2.63	3.49
9.20	8	0.752	35.01	46.54	1.75	2.33
9.40	7	0.751	30.59	40.72	1.53	2.04
9.60	8	0.750	33.25	44.34	1.66	2.22
9.80	8	0.749	33.20	44.34	1.66	2.22
10.00	8	0.748	33.15	44.34	1.66	2.22
10.20	16	0.697	61.77	88.68	3.09	4.43
10.40	21	0.646	75.13	116.39	3.76	5.82
10.60	27	0.644	92.09	142.89	4.60	7.14
10.80	30	0.643	102.15	158.77	5.11	7.94

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI**Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - Strato	4	1.00	4	Gibbs & Holtz 1957	35
[2] - Strato	3	4.00	3	Gibbs & Holtz 1957	33
[3] - Strato	5	5.00	5	Gibbs & Holtz 1957	38
[4] - Strato	12	8.20	12	Gibbs & Holtz 1957	45
[5] - Strato	18	9.00	18	Gibbs & Holtz 1957	55
[6] - Strato	11	10.00	11	Gibbs & Holtz 1957	43
[7] - Strato	35	10.80	35	Gibbs & Holtz 1957	65

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - Strato	4	1.00	4	Malcev (1964)	27.2
[2] - Strato	3	4.00	3	Malcev (1964)	26.7
[3] - Strato	5	5.00	5	Malcev (1964)	27.6
[4] - Strato	12	8.20	12	Malcev (1964)	29.0
[5] - Strato	18	9.00	18	Malcev (1964)	29.6
[6] - Strato	11	10.00	11	Malcev (1964)	28.8
[7] - Strato	35	10.80	35	Malcev (1964)	34.0

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[1] - Strato	4	1.00	4	Schultze-Menzenbach	44.20
[2] - Strato	3	4.00	3	Schultze-Menzenbach	38.40
[3] - Strato	5	5.00	5	Schultze-Menzenbach	50.00
[4] - Strato	12	8.20	12	Schultze-Menzenbach	90.60
[5] - Strato	18	9.00	18	Schultze-Menzenbach	125.40
[6] - Strato	11	10.00	11	Schultze-Menzenbach	84.80
[7] - Strato	35	10.80	35	Schultze-Menzenbach	224.00

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - Strato	4	1.00	4	Corr. tra coeff. Poisson e mod. elastico	70.93
[2] - Strato	3	4.00	3	Corr. tra coeff. Poisson e mod. elastico	61.62
[3] - Strato	5	5.00	5	Corr. tra coeff. Poisson e mod. elastico	76.95
[4] - Strato	12	8.20	12	Corr. tra coeff. Poisson e mod. elastico	139.45
[5] - Strato	18	9.00	18	Corr. tra coeff. Poisson e mod. elastico	185.79
[6] - Strato	11	10.00	11	Corr. tra coeff. Poisson e mod. elastico	125.64
[7] - Strato	35	10.80	35	Corr. tra coeff. Poisson e mod. elastico	310.48

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	4	1.00	4	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - Strato	3	4.00	3	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[3] - Strato	5	5.00	5	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[4] - Strato	12	8.20	12	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[5] - Strato	18	9.00	18	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[6] - Strato	11	10.00	11	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO
[7] - Strato	35	10.80	35	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m³)
[1] - Strato	4	1.00	4	Meyerhof ed altri	1.49
[2] - Strato	3	4.00	3	Meyerhof ed altri	1.45
[3] - Strato	5	5.00	5	Meyerhof ed altri	1.54
[4] - Strato	12	8.20	12	Meyerhof ed altri	1.65
[5] - Strato	18	9.00	18	Meyerhof ed altri	1.68
[6] - Strato	11	10.00	11	Meyerhof ed altri	1.65
[7] - Strato	35	10.80	35	Meyerhof ed altri	1.40

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - Strato	4	1.00	4	(A.G.I.)	0.35
[2] - Strato	3	4.00	3	(A.G.I.)	0.35
[3] - Strato	5	5.00	5	(A.G.I.)	0.34
[4] - Strato	12	8.20	12	(A.G.I.)	0.34
[5] - Strato	18	9.00	18	(A.G.I.)	0.33
[6] - Strato	11	10.00	11	(A.G.I.)	0.33
[7] - Strato	35	10.80	35	(A.G.I.)	0.31

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm²)
[1] - Strato	4	1.00	4	Corr. tra coeff. Poisson e mod. elastico	16.37
[2] - Strato	3	4.00	3	Corr. tra coeff. Poisson e mod. elastico	14.22
[3] - Strato	5	5.00	5	Corr. tra coeff. Poisson e mod. elastico	18.66
[4] - Strato	12	8.20	12	Corr. tra coeff. Poisson e mod. elastico	33.81
[5] - Strato	18	9.00	18	Corr. tra coeff. Poisson e mod. elastico	47.14
[6] - Strato	11	10.00	11	Corr. tra coeff. Poisson e mod. elastico	31.88
[7] - Strato	35	10.80	35	Corr. tra coeff. Poisson e mod. elastico	85.50

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - Strato	4	1.00	4	Navfac 1971-1982	0.75
[2] - Strato	3	4.00	3	Navfac 1971-1982	0.51
[3] - Strato	5	5.00	5	Navfac 1971-1982	0.99
[4] - Strato	12	8.20	12	Navfac 1971-1982	2.52
[5] - Strato	18	9.00	18	Navfac 1971-1982	3.69
[6] - Strato	11	10.00	11	Navfac 1971-1982	2.31
[7] - Strato	35	10.80	35	Navfac 1971-1982	6.27

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm²)
[1] - Strato	4	1.00	4	Robertson 1983	8.00
[2] - Strato	3	4.00	3	Robertson 1983	6.00
[3] - Strato	5	5.00	5	Robertson 1983	10.00
[4] - Strato	12	8.20	12	Robertson 1983	24.00
[5] - Strato	18	9.00	18	Robertson 1983	36.00
[6] - Strato	11	10.00	11	Robertson 1983	22.00
[7] - Strato	35	10.80	35	Robertson 1983	70.00



ALL.3 - RISPOSTA SISMICA LOCALE (PAR.7.11.3 NTC 2018)

OGGETTO

Verifica di vulnerabilità sismica del Plesso
Scuola secondaria di primo grado "Rita Levi
Montalcini" CUP: B46F22000320002

LOCALITA'

Afragola
Via Arturo De Rosa

DATA

Marzo 2024

IL GEOLOGO



Dr. Geol. Domenico Ianniello
Albo dei Geologi della Campania n°2644

SOMMARIO

1 - Sismicità storica	p.03
2 - Analisi di risposta sismica locale (RSL)	p.03
2.1 - Definizione dei parametri di base e della disaggregazione dell'input sismico	p.03
2.2 - Determinazione degli accelerogrammi di input	p.06
2.3 – Modellazione stratigrafica	p.07
2.4 – Analisi di Risposta Sismica Locale – Stato limite SLV	p.09
3 – Conclusioni	p.14

ALLEGATI

- Sismogrammi naturali
- Curve di decadimento

1. Sismicità storica

Dalla consultazione del Database Macrosismico Italiano (INGV), il territorio comunale di Afragola (NA), nel corso della sua storia, è stato interessato da 6 eventi sismici, 1 dei quali caratterizzato da magnitudo momento > 6.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	📄	1980	11	23	18	34	5 Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
6	📄	1984	05	07	17	50	Monti della Meta	911	8	5.86
5	📄	1990	05	05	07	21	2 Potentino	1375		5.77
5	📄	1991	05	26	12	25	5 Potentino	597	7	5.08
NF	📄	1903	05	04	03	44	Valle Caudina	78	7	4.69
F	📄	1907	12	18	19	21	Monti Picentini	35	5-6	4.52

Eventi sismici che hanno interessato il comune di Afragola (Database Macrosismico INGV).

2. Analisi di risposta sismica locale (RSL)

Le azioni sismiche definite secondo la normativa non tengono conto delle reali condizioni geologiche e topografiche del sito. Facendo riferimento a quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018 si devono determinare le modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo presenti nel sito di indagine e dalla morfologia dell'area.

Al fine di definire gli spettri di risposta elastici per i diversi stati limite caratterizzanti (SLO, SLD, SLV e SLC) e quindi, la RSL con approccio **non semplificato**, cioè tramite l'utilizzo di 7 sismogrammi naturali rappresentativi, bisogna definire diversi parametri necessari all'analisi. Essa è stata condotta solo per la componente orizzontale, in quanto comunemente riconosciuta come la più dannosa e solo per lo stato limite SLV.

2.1 Definizione dei parametri di base e della disaggregazione dell'input sismico

Dall'inversione congiunta delle indagini di sismica attiva e passiva (vedi allegato "Indagini Sismiche") è emerso che il sito indagato, con coordinate Lat. **40.927577°** N e Lon. **14.308172°** E (WGS84), ha una $V_{s,eq}$ pari a **323 m/s (riferita al piano campagna)**.

La sismostratigrafia determinata è la seguente:

layer	Vs	thickness	depth
1	185	1.36	1.36
2	161	2.40	3.76
3	229	3.06	6.82
4	283	3.09	9.91
5	404	5.32	15.23
6	438	8.64	23.87
7	457	6.90	30.77
8	503	12.72	43.48
9	542	21.40	64.88
10	611	32.47	97.36
11	641	42.93	140.29
12	824	0.00	150.00

Profilo sismostratigrafico delle Velocità Vs individuato

Alla luce delle risultanze scaturite, il sito di indagine può essere classificato come sottosuolo di **Categoria C** e **Categoria topografica di tipo T1** (*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$*).

I parametri di progettazione dell'opera sono definiti di seguito:

$V_N \geq 50$ anni (Vita nominale)

Classe d'uso = III (Classe d'uso)

$C_U = 1.5$ (Coefficiente dovuto alla Classe d'uso)

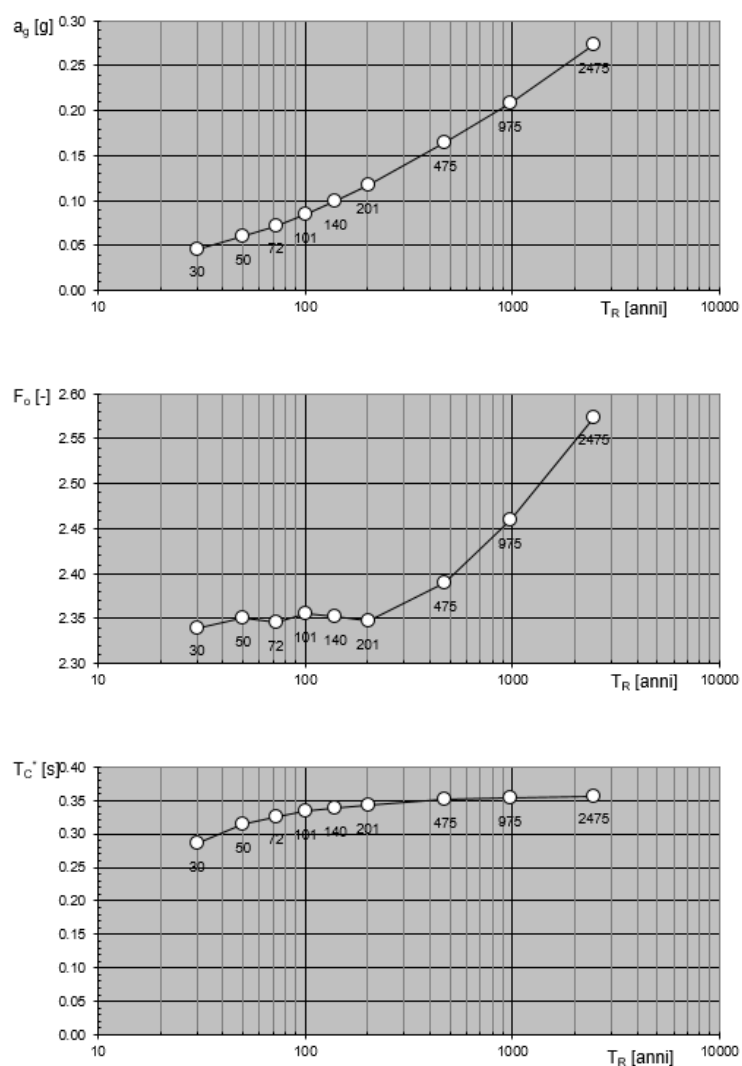
$V_R = 75$ anni (Vita di riferimento, $V_R = V_N C_U$)

Definiti tali valori, essi devono essere inseriti nel programma ministeriale **Spettri-NTCver.1.0.3**, per poter determinare i parametri di base per la definizione dei sette accelerogrammi naturali.

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
30	0.046	2.340	0.286
50	0.060	2.351	0.314
72	0.072	2.346	0.326
101	0.085	2.355	0.333
140	0.099	2.353	0.338
201	0.117	2.347	0.343
475	0.164	2.390	0.351
975	0.208	2.460	0.354
2475	0.274	2.574	0.356

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* : variabilità col periodo di ritorno T_R



Variabilità dei parametri

Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno

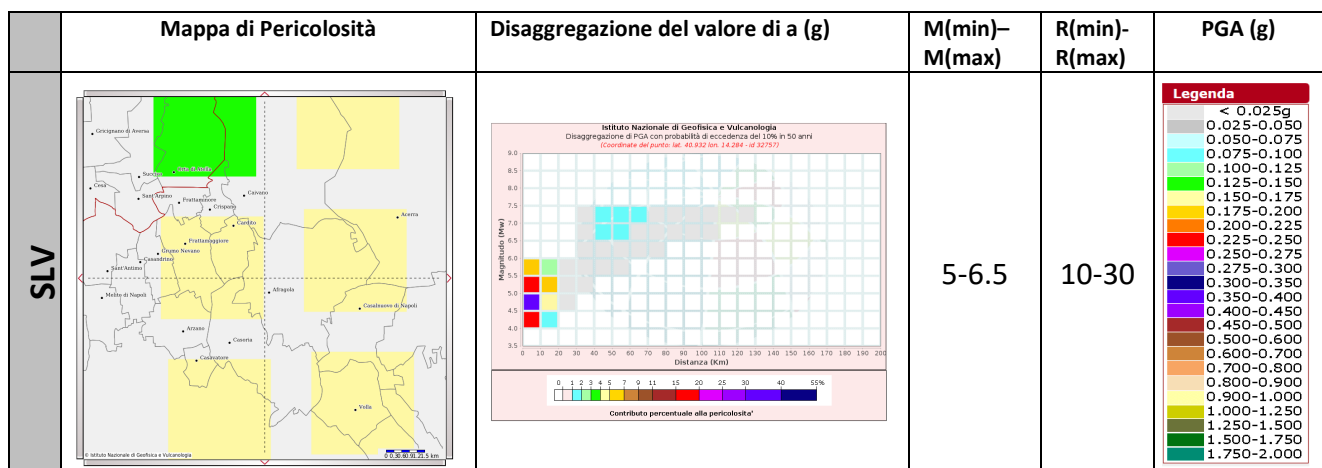
SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	45	0.057	2.349	0.308
SLD	75	0.074	2.347	0.327
SLV	712	0.188	2.429	0.353
SLC	1462	0.235	2.509	0.355

Spettri-NTCver.1.0.3 – Definizione dei parametri sismici per i vari Stati Limite – Componenti Orizzontali.

L'estrazione degli accelerogrammi di input sismo-compatibili prevede, inoltre, la determinazione di altri parametri sismologici, oltre a quelli precedentemente definiti.

In particolare devono essere definiti i dati di disaggregazione sismica (variabilità in termini di magnitudo e distanza) ottenuti consultando il database dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia al link <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.

Per cui con riferimento alle figure seguenti sono stati determinati i parametri M (magnitudo) ed R (distanza) di disaggregazione:



Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato

Stati Limite	P_{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

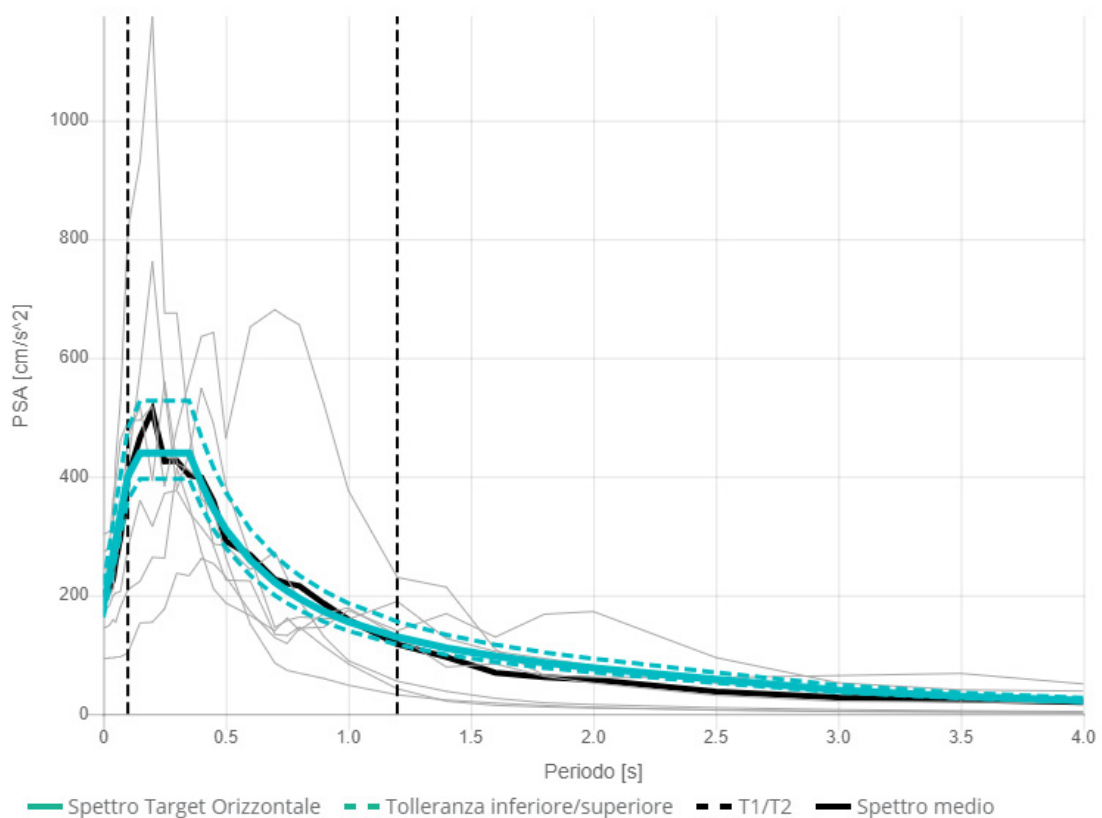
Grafici di disaggregazione M – R e tabella normativa di riferimento per gli SL.

2.2 Determinazione degli accelerogrammi di input

Tramite l'utilizzo del software **REXELweb**, sviluppato presso la ReLUIIS di Napoli (*Iervolino I., Galasso C., Cosenza E., 2009. REXEL: computer aided record selection for code-based seismic structural analysis. Bulletin of Earthquake Engineering, 8:339-362. DOI 10.1007/s10518-009-9146-1*), inserendo i parametri precedentemente determinati, è possibile estrarre gli accelerogrammi derivanti da registrazione di eventi naturali da diverse banche dati.

L'estrazione degli eventi sismici naturali, per ognuno degli Stati Limite considerati, ha seguito i seguenti criteri, oltre quelli già descritti in precedenza, così come indicato dalla convenzione tra Regione Campania ed INGV "Supporto Scientifico per la Selezione di Accelerogrammi Spettro – Compatibili":

- componente: **orizzontale**
- tolleranza inferiore dello spettro di risposta: **10%**
- tolleranza superiore dello spettro di risposta: **20%**
- massimo fattore di scala: **1.2 s**
- minimo fattore di scala: **0.1 s**
- Record scalati: **NO**
- componente direzionale: **singola (1D)**
- massimo numero di combinazioni sismo compatibili: **100**
-



Spettro compatibilità tra i terremoti naturali selezionati e lo spettro target di normativa

Si precisa che per determinare il set idoneo degli accelerogrammi compatibili e, quindi, definire gli spettri di risposta elastici, si è proceduto selezionando quello con minor deviazione standard, tra quelli maggiormente coerenti in termini di meccanismo, magnitudo e distanza per il sito indagato.

2.3 Modellazione Stratigrafica

Il modello sismostratigrafico è stato determinato dalle indagini sismiche effettuate “ad hoc” per il presente lavoro. Utilizzando le risultanze delle indagini geologiche eseguite si sono determinati i parametri geotecnici delle unità rappresentative del sottosuolo nei primi 35 m,

mentre, attraverso la consultazione dei sondaggi profondi ISPRA e dei dati del Piano Urbanistico Comunale, si sono determinate le unità profonde presenti nell'area in esame. Le curve di decadimento assegnate alle varie unità individuate sono state assegnate in base a due criteri:

- Per i terreni nei primi 35 m, per i quali si sono determinate le proprietà geotecniche attraverso le indagini eseguite, si sono assegnate curve di decadimento per confronto di tali proprietà geotecniche.
- Per i terreni profondi (fino al bedrock sismico) si sono assegnate le curve di decadimento per confronto litologico, non avendo parametri geotecnici di confronto.

Le curve di decadimento per il tufo in facies litoide e per le piroclastiti profonde sono state acquisite da **“Caratterizzazione del sottosuolo di un'area campione di Napoli ai fini di una microzonazione sismica” – Vinale F. 1988**

Le curve di decadimento per le piroclastiti superficiali da **“Influenza del sottosuolo sul comportamento dinamico del campanile del Carmine a Napoli” – de Silva, Ceroni, Sica, Pecce, Silvestri-2015**

Per le sabbie profonde è stato utilizzato **Seed & Idriss – Sand Mean.**

Le indagini sismiche hanno determinato la presenza di un deposito, a circa 140 m dal p.c., dalle caratteristiche assimilabili ad un substrato rigido dato che la V_s che lo caratterizza è di 824 m/s.

La schematizzazione del sottosuolo utilizzata per il calcolo della RSL vede la presenza di 11 sismostratistrati, al disopra del bedrock semirigido, e 4 principali unità litostratigrafiche, di cui si riportano i parametri di modellazione in **STRATA (Albert Kottke and Prof. Ellen Rathje at the University of Texas at Austin).**

	Depth (m)	Thickness (m)	Soil Type	V_s (m/s)
1	0.00	1.36	Piroclastiti superficiali	185.00
2	1.36	2.40	Piroclastiti superficiali	161.00
3	3.76	3.06	Piroclastiti superficiali	229.00
4	6.82	3.09	Piroclastiti superficiali	283.00
5	9.91	5.32	Tufo	404.00
6	15.23	8.64	Tufo	438.00
7	23.87	6.90	Tufo	457.00
8	30.77	12.72	Tufo	503.00
9	43.48	21.40	Piroclastiti profonde	542.00
10	64.88	32.47	Sabbie profonde	611.00
11	97.36	42.93	Sabbie profonde	641.00
12	140.29	Half-Space	Bedrock	824.00

	Name	Unit Weight (kN/m ³)	G/G_max Model	Damping Model	Damp. Limit (%)	Notes
1	Tufo	14.50	Custom	Custom	0.5	Tufo (Vinale)
2	Piroclastiti superficiali	15.50	Custom	Custom	0.5	Piroclastiti (De Silva)
3	Piroclastiti profonde	17.00	Custom	Custom	0.5	Sabbie (Vinale)
4	Sabbie profonde	18.50	Seed & Idriss, Sand Mean	Seed & Idriss, Sand Mean	0.5	Seed&Idriss - Mean

Bedrock Layer	
Unit weight:	23.00 kN/m ³ Damping: 0.50 %

Le curve di decadimento G/Gmax e Damping sono allegate alla presente relazione

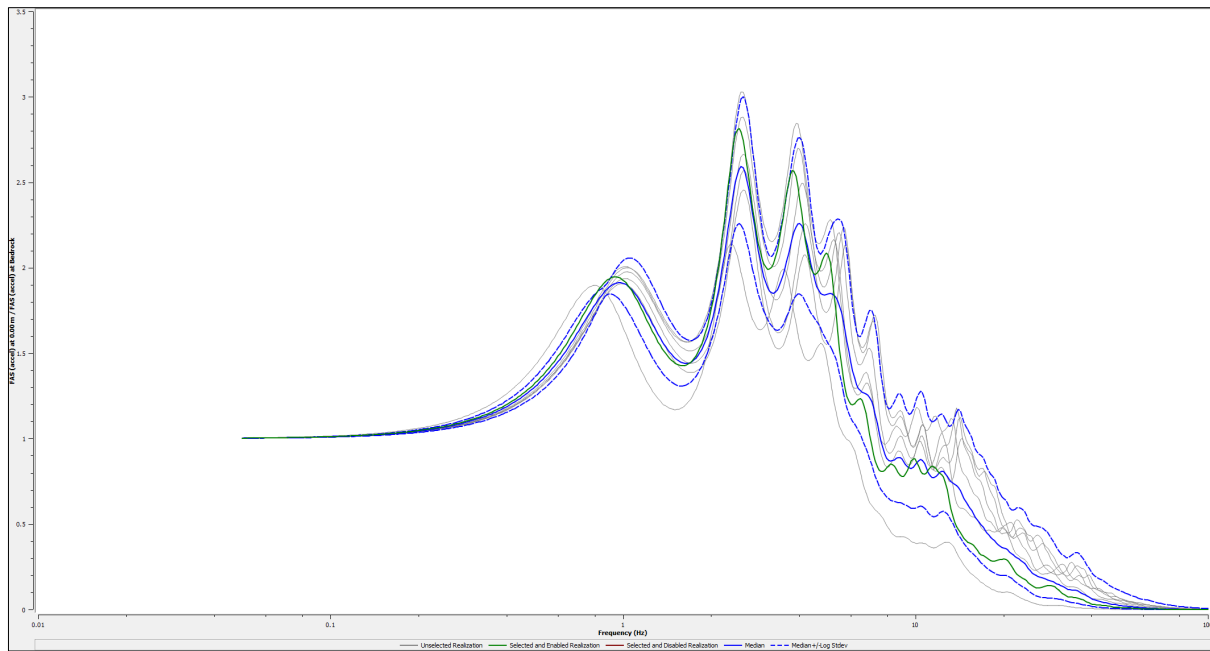
2.4 Analisi Risposta Sismica Locale – Stato Limite SLV

Per la definizione dello spettro di risposta, è stato utilizzato il software **STRATA v399** (*Albert Kottke and Prof. Ellen Rathje at the University of Texas at Austin*), con *modellazione Lineare Equivalente (EQL)*.

Le informazioni relative ai 7 accelerogrammi di input sismo compatibili per le componenti orizzontali, per lo stato limite SLV, in forma grafica a tabellare, sono riportate nell'allegato alla presente relazione.

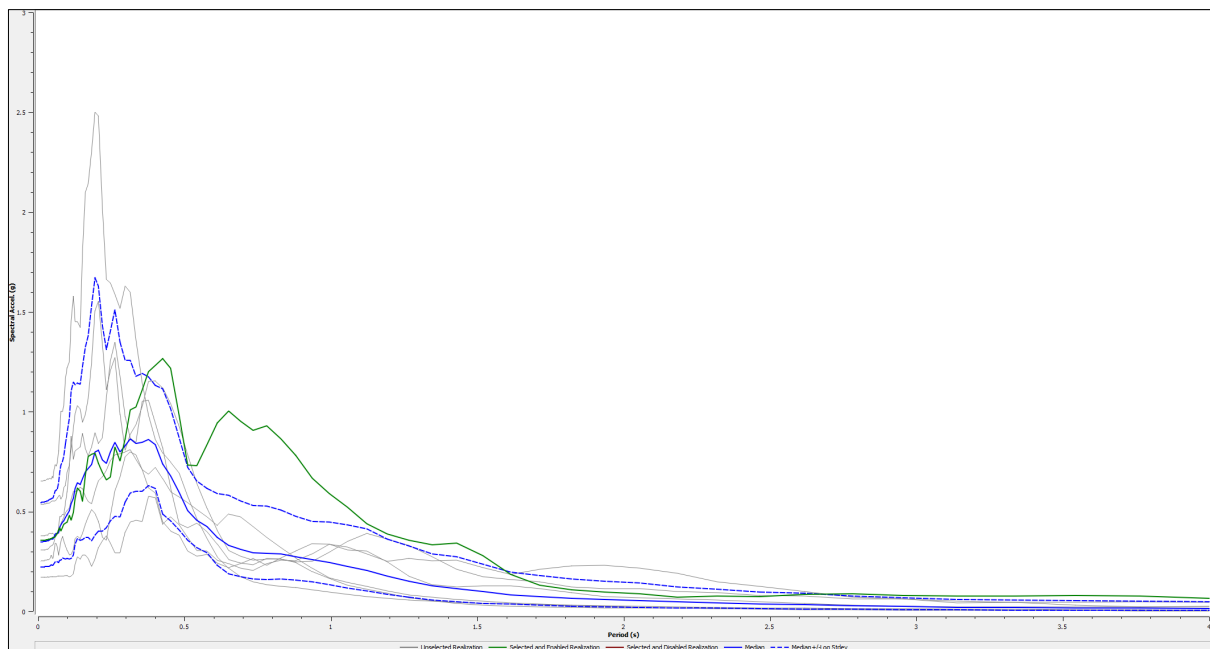
Dopo aver inserito i parametri di modellazione, così come esposto nel paragrafo 2.1, è stato possibile calcolare lo spettro di risposta elastico, al piano campagna, per lo Stato Limite SLV per la componente orizzontale.

Per valutare la correttezza dell'analisi RSL effettuata viene fornita la funzione di amplificazione spettrale FAS, data dal rapporto tra l'ampiezza degli spettri di output in superficie e di input alla base del deposito. Tale funzione è indice di come le puntuali condizioni sismo-stratigrafiche del sito hanno agito sulla modifica dell'input sismologico.



Funzione di Amplificazione Spettrale (FAS).

Infine, per rendere fruibili in ambito progettuale i risultati ottenuti dall'analisi di RSL, di seguito viene riportata la rappresentazione grafica e tabellare della risposta sismica di output, in termini di spettri di risposta in pseudo-accelerazione medio, con il relativo intervallo di confidenza, e quelli per i 7 sismogrammi selezionati per lo stato limite considerato:



Spettri di risposta in pseudo-accelerazione medio, con relativo intervallo di confidenza e quelli per i 7 sismogrammi selezionati.

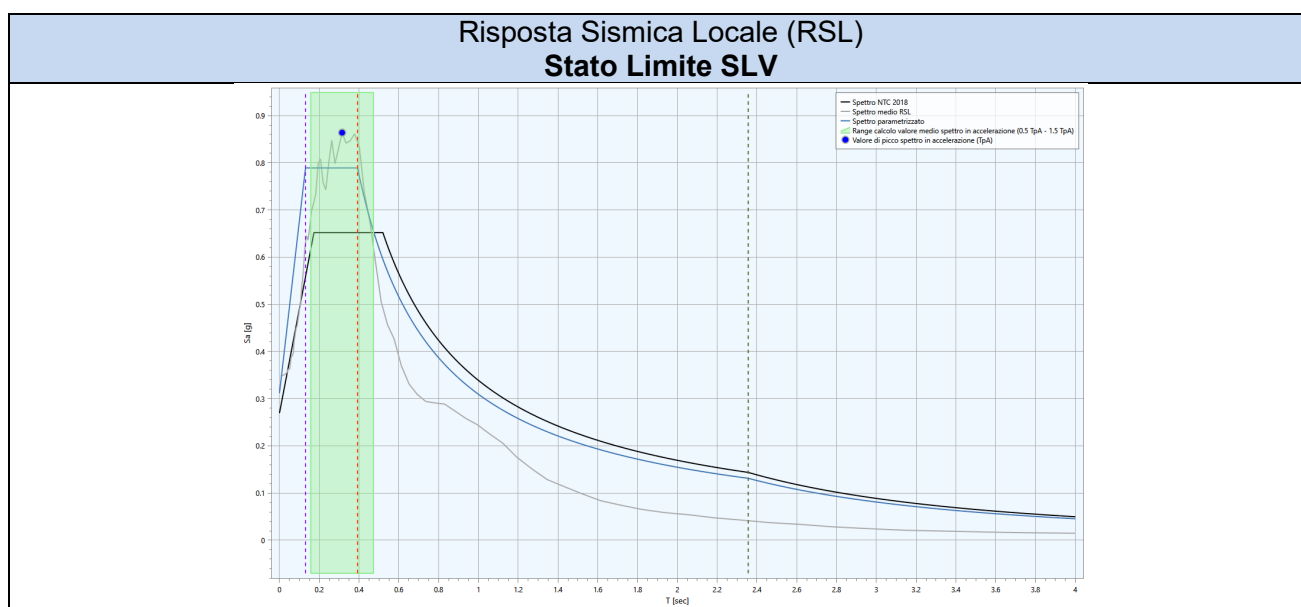
Period (s)	ACC1	ACC2	ACC3	ACC4	ACC5	ACC6	ACC7	Median	Logstdev
0.01	0.652142	0.535568	0.171649	0.307154	0.377915	0.356072	0.252231	0.348553	0.448389
0.010624	0.652265	0.535658	0.171659	0.307209	0.377978	0.356111	0.252319	0.348614	0.4484
0.011287	0.652405	0.535758	0.17167	0.307272	0.378045	0.356156	0.252414	0.348681	0.448415
0.011991	0.652562	0.53587	0.171682	0.307342	0.378129	0.356207	0.252522	0.348758	0.448431
0.012739	0.65274	0.535996	0.171695	0.307399	0.378224	0.356265	0.252645	0.348841	0.448454
0.013534	0.652941	0.536139	0.17171	0.307486	0.37833	0.356331	0.252784	0.348939	0.448475
0.014378	0.653169	0.536301	0.171727	0.307585	0.378453	0.356406	0.252942	0.34905	0.4485
0.015275	0.653426	0.536483	0.171746	0.3077	0.378579	0.356492	0.253123	0.349175	0.448525
0.016228	0.653715	0.536689	0.171768	0.307831	0.378726	0.356589	0.253323	0.349317	0.448556
0.017241	0.654061	0.536921	0.171792	0.307979	0.378912	0.356701	0.253564	0.349483	0.448592
0.018316	0.654429	0.53718	0.17182	0.308147	0.379121	0.356829	0.253827	0.349668	0.448627
0.019459	0.654846	0.537483	0.171858	0.308337	0.379351	0.356941	0.254088	0.349867	0.448676
0.020673	0.655316	0.537884	0.171894	0.308548	0.379577	0.357117	0.254435	0.350107	0.448735
0.021963	0.655841	0.538264	0.171918	0.308778	0.379803	0.357313	0.254761	0.350348	0.448832
0.023333	0.656447	0.538704	0.171986	0.309041	0.380347	0.357537	0.255278	0.350703	0.448841
0.024789	0.657233	0.539179	0.172111	0.309364	0.380891	0.357833	0.25582	0.351115	0.448817
0.026335	0.658297	0.539748	0.172134	0.309701	0.381525	0.358199	0.256661	0.35161	0.448948
0.027978	0.659929	0.540506	0.172176	0.310205	0.381688	0.358413	0.256815	0.351981	0.449553
0.029724	0.661053	0.541347	0.172331	0.310646	0.381335	0.358744	0.257659	0.352426	0.44949
0.031578	0.661927	0.542127	0.172506	0.310657	0.382074	0.359309	0.25855	0.352969	0.449423
0.033548	0.663526	0.542707	0.1727	0.311867	0.382208	0.360172	0.260723	0.353959	0.448741
0.035641	0.661656	0.542941	0.172524	0.314178	0.386412	0.361093	0.260664	0.354832	0.448457
0.037865	0.663068	0.543051	0.172261	0.315986	0.39026	0.362164	0.258844	0.355462	0.450297
0.040227	0.667074	0.544449	0.172652	0.325262	0.389835	0.362432	0.26504	0.35868	0.447566
0.042737	0.66369	0.547575	0.173309	0.327294	0.390113	0.364092	0.272878	0.360999	0.442879
0.045403	0.662011	0.551505	0.173829	0.32672	0.388276	0.366282	0.281959	0.363061	0.439261
0.048236	0.676358	0.551959	0.173751	0.33198	0.389592	0.368947	0.267572	0.362856	0.449448
0.051245	0.66744	0.55447	0.172883	0.334082	0.390417	0.371013	0.265015	0.362372	0.449493
0.054442	0.711452	0.554357	0.173189	0.34656	0.384125	0.369615	0.302846	0.373702	0.449498
0.057839	0.734317	0.552176	0.173969	0.376567	0.378033	0.37396	0.343229	0.386521	0.44586
0.061447	0.725942	0.557843	0.175306	0.380028	0.385543	0.385166	0.340292	0.389634	0.442169
0.065281	0.749109	0.566827	0.177173	0.386162	0.393029	0.392804	0.315608	0.39173	0.453374
0.069354	0.80538	0.580177	0.176844	0.42014	0.390723	0.406841	0.281174	0.396906	0.486711
0.073681	0.899267	0.580604	0.17797	0.476385	0.408867	0.419081	0.315591	0.422263	0.503291
0.078277	1.003747	0.561996	0.17705	0.472325	0.439364	0.401694	0.35067	0.434412	0.521608
0.083161	1.000528	0.579067	0.177088	0.486442	0.459133	0.422516	0.377367	0.448557	0.518515
0.088349	1.032277	0.618742	0.177136	0.482379	0.470383	0.437488	0.354705	0.454134	0.535976
0.093861	1.163269	0.630031	0.178236	0.541354	0.492651	0.441924	0.326548	0.469485	0.578205
0.099717	1.221373	0.699668	0.179744	0.597929	0.506153	0.448511	0.306039	0.485748	0.610508
0.105939	1.252443	0.73289	0.174288	0.727899	0.51781	0.482989	0.283093	0.503861	0.654053
0.112548	1.454352	0.811728	0.177768	0.878565	0.560774	0.455993	0.284244	0.540069	0.714256
0.11957	1.581034	0.917886	0.187611	0.762548	0.600941	0.495657	0.310928	0.568652	0.704393
0.127029	1.451345	0.990524	0.237219	0.804176	0.60287	0.564137	0.364411	0.616866	0.609031
0.134955	1.451816	1.029298	0.27235	0.813698	0.603079	0.619984	0.376893	0.645445	0.572822
0.143374	1.422646	1.011545	0.261875	0.823153	0.620523	0.60274	0.364067	0.63632	0.58196

0.152319	1.79956	0.945841	0.283123	0.893719	0.615927	0.551406	0.391175	0.664515	0.612945
0.161822	2.098934	0.986102	0.282394	0.814674	0.57627	0.682867	0.43632	0.699273	0.636687
0.171918	2.140556	1.067909	0.264374	0.777999	0.551427	0.775414	0.473881	0.714719	0.658734
0.182644	2.303735	1.248892	0.225212	0.825554	0.538177	0.787396	0.511769	0.735115	0.733902
0.194039	2.501966	1.505881	0.261691	0.894502	0.600596	0.79294	0.49104	0.798095	0.739572
0.206144	2.482395	1.554222	0.318696	0.839986	0.651894	0.742866	0.450309	0.8082	0.701155
0.219006	2.023011	1.338715	0.355035	0.8685	0.671684	0.694646	0.370668	0.758488	0.634422
0.232669	1.661318	1.108652	0.38002	1.069096	0.708363	0.659459	0.357005	0.742821	0.569109
0.247185	1.644173	1.206595	0.340918	1.253769	0.755097	0.673606	0.479085	0.798309	0.564657
0.262606	1.5893	1.270849	0.294825	1.349043	0.783264	0.825261	0.60547	0.847641	0.578868
0.27899	1.51651	0.987099	0.292517	1.177698	0.789227	0.752539	0.674111	0.798219	0.524112
0.296396	1.629124	0.806566	0.396411	0.974314	0.798279	0.86373	0.772308	0.829513	0.415466
0.314888	1.598045	0.886942	0.447201	0.868327	0.808688	1.010925	0.798268	0.863921	0.375921
0.334533	1.361111	0.936489	0.454856	0.846004	0.760376	1.022934	0.784172	0.841653	0.3353
0.355404	1.143582	1.025817	0.45127	1.052023	0.710424	1.108397	0.711208	0.846673	0.342551
0.377577	0.984184	1.151638	0.574819	1.058786	0.688077	1.200141	0.618061	0.861456	0.310625
0.401134	0.860868	1.155421	0.569884	0.944495	0.720681	1.231091	0.592962	0.834428	0.30471
0.42616	0.793434	1.122028	0.436519	0.819416	0.664758	1.267049	0.446555	0.738476	0.412898
0.452748	0.748169	1.041729	0.472032	0.619642	0.599317	1.218301	0.400923	0.67928	0.401676
0.480994	0.6924	0.928067	0.433799	0.438382	0.574283	0.980672	0.382294	0.594708	0.378678
0.511003	0.577192	0.784141	0.369618	0.417933	0.545625	0.731708	0.302724	0.505634	0.353565
0.542884	0.465766	0.64135	0.305571	0.443371	0.51148	0.729039	0.275632	0.456946	0.356977
0.576753	0.364012	0.516052	0.301935	0.398914	0.471997	0.835255	0.284874	0.42588	0.36744
0.612736	0.272622	0.405282	0.256914	0.337837	0.431742	0.94254	0.240998	0.369506	0.469905
0.650964	0.217035	0.30563	0.238579	0.259239	0.48706	1.004039	0.218683	0.331372	0.56329
0.691577	0.175078	0.277377	0.217398	0.241317	0.472059	0.951159	0.238372	0.309604	0.581692
0.734723	0.149303	0.257997	0.205801	0.234424	0.425025	0.907221	0.266609	0.294262	0.587338
0.780562	0.134136	0.261872	0.238534	0.265845	0.370649	0.92993	0.230958	0.291145	0.594461
0.82926	0.126558	0.26369	0.257007	0.263665	0.318493	0.862775	0.269112	0.288717	0.566151
0.880996	0.118456	0.247306	0.254976	0.244582	0.26908	0.78181	0.30331	0.27421	0.554043
0.935961	0.10796	0.2517	0.289249	0.200691	0.216726	0.666256	0.338036	0.258435	0.553656
0.994354	0.09627	0.297817	0.336796	0.164849	0.16804	0.588878	0.335998	0.24496	0.602758
1.05639	0.084878	0.350974	0.321753	0.130725	0.14571	0.523028	0.308594	0.225302	0.654599
1.122297	0.074573	0.391027	0.289308	0.112223	0.12429	0.437934	0.303028	0.205762	0.695284
1.192316	0.065478	0.361006	0.250619	0.090293	0.103713	0.386658	0.247167	0.176339	0.716307
1.266703	0.057614	0.331686	0.263983	0.06973	0.084073	0.357043	0.175964	0.151807	0.770642
1.345731	0.050957	0.273522	0.252605	0.05297	0.070334	0.333526	0.132994	0.128604	0.810612
1.429689	0.045439	0.211428	0.256336	0.040537	0.060179	0.340891	0.121699	0.113935	0.872308
1.518886	0.040861	0.174643	0.219665	0.031868	0.051278	0.27904	0.128355	0.098777	0.875529
1.613647	0.036836	0.158698	0.184709	0.02606	0.043493	0.186101	0.128318	0.083884	0.848584
1.71432	0.033029	0.14737	0.212093	0.022257	0.036817	0.130082	0.11543	0.07447	0.883208
1.821274	0.029173	0.123251	0.227917	0.019778	0.031037	0.107833	0.094019	0.065368	0.911013
1.934901	0.025263	0.114307	0.230142	0.01811	0.027823	0.096076	0.074682	0.058704	0.936543
2.055617	0.021382	0.11355	0.217715	0.016855	0.025157	0.088258	0.069038	0.054153	0.965686
2.183864	0.017742	0.099385	0.18976	0.015734	0.022764	0.072399	0.064049	0.047625	0.954109
2.320113	0.014496	0.094964	0.14845	0.014566	0.020411	0.076256	0.056759	0.042797	0.955459

2.464861	0.011736	0.079563	0.125196	0.013282	0.018237	0.074429	0.04841	0.037383	0.957491
2.618641	0.009532	0.076769	0.099952	0.011872	0.016442	0.085083	0.039882	0.03361	0.995339
2.782014	0.007825	0.062597	0.070705	0.010379	0.014674	0.088926	0.031843	0.028409	0.990254
2.955581	0.006518	0.061531	0.062763	0.008875	0.012988	0.079154	0.024785	0.024752	1.024274
3.139975	0.005563	0.043354	0.052505	0.007425	0.011532	0.078116	0.023662	0.021323	1.025379
3.335874	0.004866	0.044658	0.044603	0.006079	0.010093	0.076173	0.023749	0.01951	1.079029
3.543995	0.004318	0.030724	0.04532	0.004906	0.008984	0.079897	0.024093	0.017537	1.12922
3.7651	0.003856	0.022752	0.048235	0.004271	0.008066	0.075709	0.023494	0.015921	1.165028
4	0.00348	0.026941	0.045858	0.003715	0.006917	0.065207	0.022026	0.014842	1.195792

Tabella dei valori degli spettri in pseudo-accelerazione.

Lo spettro di risposta risultante dall'analisi di risposta sismica locale (RSL), finalizzato alla progettazione delle strutture in zona sismica, è stato normalizzato secondo l'appendice 1 dell'Ordinanza *n. 55 del 24 Aprile 2018*, a cui si rimanda integralmente, che richiede il valore di **Sa(g) medio**. Tale spettro è stato messo a confronto con la sua forma non normalizzata e con quello risultante dall'approccio semplificato (NTC2018) per lo stato limite considerato:

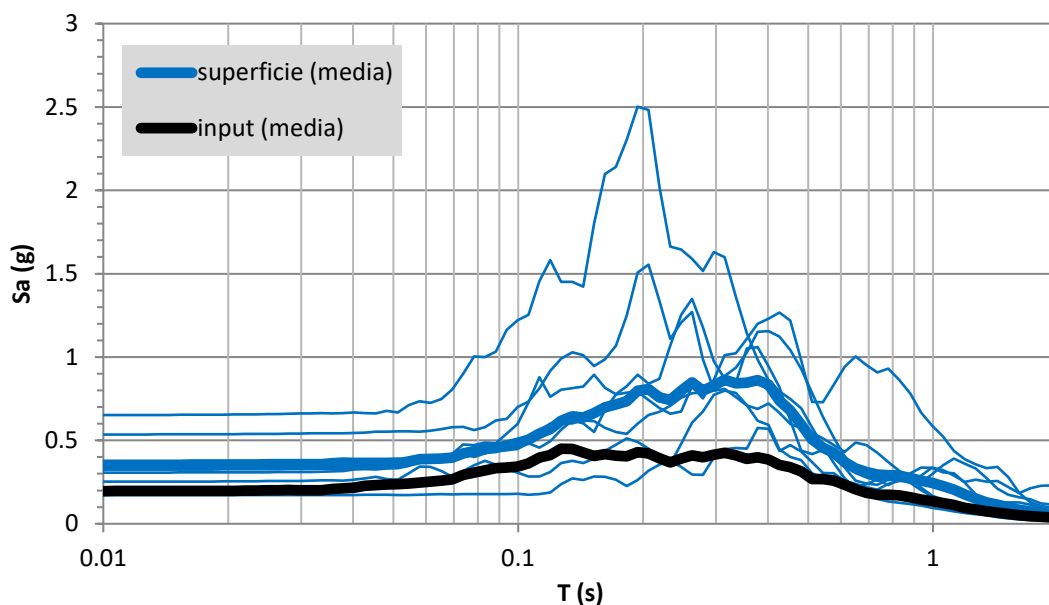


PARAMETRIZZAZIONE RSL			
Amplificazione sismica media locale (App.1 Ord. n.55 2018)		Sa (g) medio=	0.79
Periodo caratteristico		Tb=	0.13
Periodo caratteristico		Tc=	0.39
Periodo caratteristico		Td=	2.36
Amplificazione spettrale massima RSL		F0=	2.53
Parametri calcolati con $\eta=1$	Coef. Di amplificazione locale (DM2018 3.2.2) $[Sa(g)medio/ag * \eta * F0]$	S=	1.65
	Accelerazione orizzontale massima attesa al suolo $[ag * S]$	a max=	0.312

Spettro di risposta di output derivante dall'analisi RSL per la componente orizzontale nella sua forma normalizzata e non, con la relativa parametrizzazione numerica, a confronto con quello NTC2018 per lo stato limite considerato. I parametri sono stati calcolati con coefficiente di smorzamento pari ad 1.

FA 0.1-0.5	FA 0.4-0.8	FA 0.7-1.1
1.92	1.78	1.74

Valori di FA calcolati come media logaritmica dei valori di FA relativi ai 7 accelerogrammi utilizzati



T_{min} [sec]	T_{max} [sec]	Rapporto puntuale [%]	Rapporto integrale [%]	Esito
0.05	0.40	40.82	10.02	E' necessaria un'analisi di RSL.

3 – CONCLUSIONI

Per definire la RSL, sono stati calcolati gli Spettri di Risposta Elastici per le componenti verticali dello Stato Limite SLV, fornendo come input le serie di sismogrammi maggiormente rappresentativi del sito, in termini di magnitudo-distanza, con forma spettrale simile allo SL considerato e registrati su suolo rigido. Gli spettri di output al piano compagna sono stati normalizzati e confrontati con quelli di normativa, evidenziando una sottostima di questi ultimi, in termini di amplificazione di sito per lo stato limite SLV, pertanto, per lo stato limite SLV deve essere utilizzato lo spettro derivante dall'analisi di RSL.

Infine per la definizione degli spettri di progetto, il progettista dovrà modulare gli spettri ottenuti dall'analisi RSL secondo un fattore η diverso da 1.

Di seguito si allegano i sismogrammi naturali utilizzati per i calcoli e le curve di decadimento utilizzate.

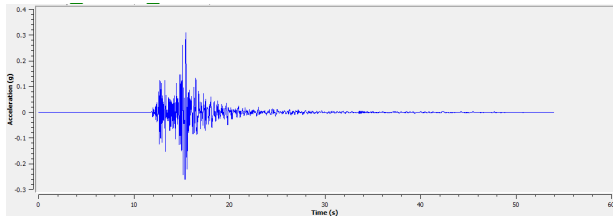
San Nicola la Strada 07/03/2024

IL GEOLOGO

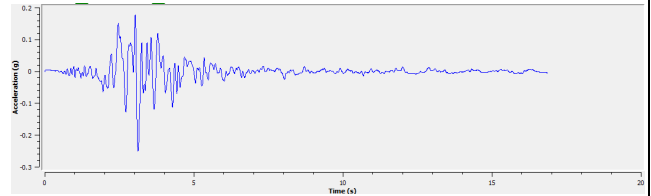


Sismogrammi naturali - SLV

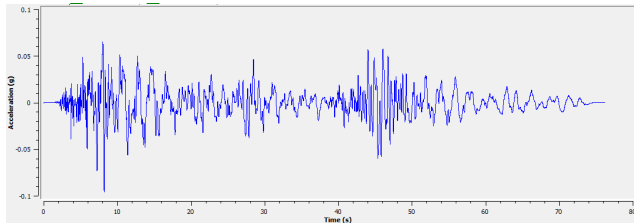
EVENT_NAME: CENTRAL_ITALY
EVENT_ID: IT-2009-0102
EVENT_DATE_YYYYMMDD: 20090407
EVENT_TIME_HHMMSS: 174737
EVENT_LATITUDE_DEGREE: 42.3030
EVENT_LONGITUDE_DEGREE: 13.4860
EVENT_DEPTH_KM: 17.1



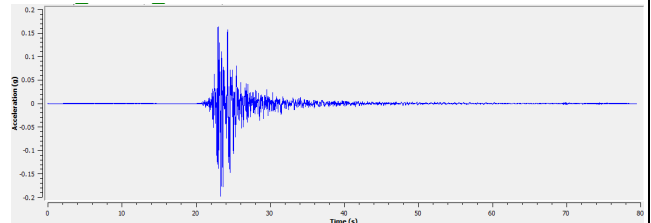
EVENT_NAME: FRIULI_3RD_SHOCK
EVENT_ID: IT-1976-0030
EVENT_DATE_YYYYMMDD: 19760915
EVENT_TIME_HHMMSS: 092118
EVENT_LATITUDE_DEGREE: 46.3000
EVENT_LONGITUDE_DEGREE: 13.1740
EVENT_DEPTH_KM: 11.3



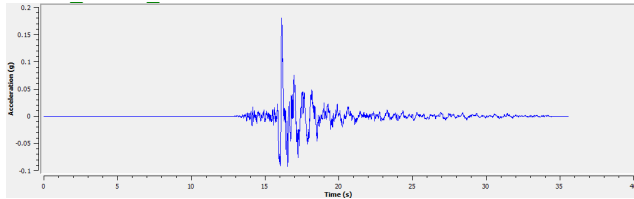
EVENT_NAME: IRPINIA
EVENT_ID: IT-1980-0012
EVENT_DATE_YYYYMMDD: 19801123
EVENT_TIME_HHMMSS: 183453
EVENT_LATITUDE_DEGREE: 40.7600
EVENT_LONGITUDE_DEGREE: 15.3100
EVENT_DEPTH_KM: 15.0



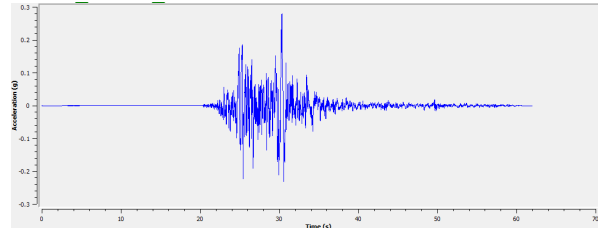
EVENT_NAME: CENTRAL_ITALY
EVENT_ID: EMSC-20161026_0000077
EVENT_DATE_YYYYMMDD: 20161026
EVENT_TIME_HHMMSS: 171036
EVENT_LATITUDE_DEGREE: 42.8747
EVENT_LONGITUDE_DEGREE: 13.1243
EVENT_DEPTH_KM: 8.1



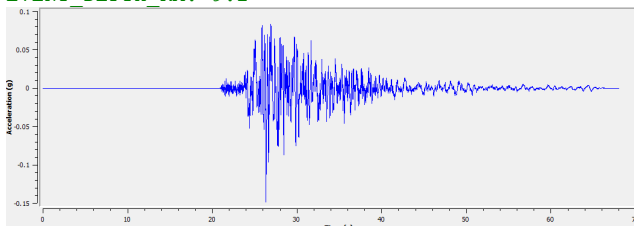
EVENT_NAME: CENTRAL_ITALY
EVENT_ID: EMSC-20161026_0000077
EVENT_DATE_YYYYMMDD: 20161026
EVENT_TIME_HHMMSS: 171036
EVENT_LATITUDE_DEGREE: 42.8747
EVENT_LONGITUDE_DEGREE: 13.1243
EVENT_DEPTH_KM: 8.1



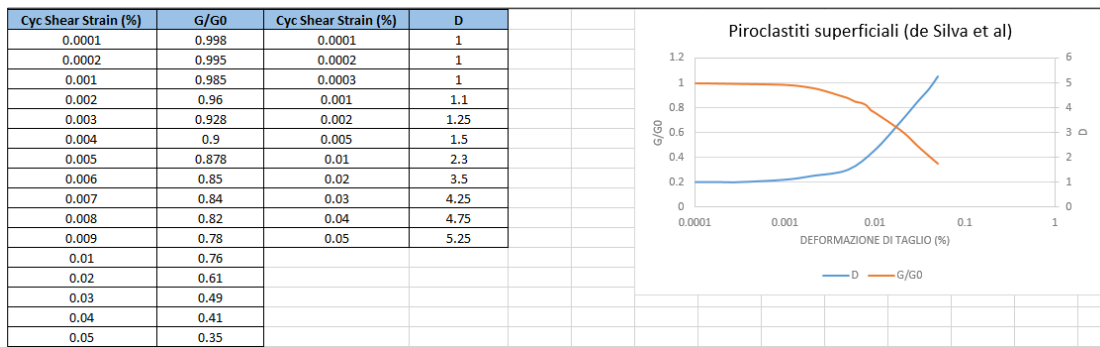
EVENT_NAME: CENTRAL_ITALY
EVENT_ID: EMSC-20161030_0000029
EVENT_DATE_YYYYMMDD: 20161030
EVENT_TIME_HHMMSS: 064018
EVENT_LATITUDE_DEGREE: 42.8322
EVENT_LONGITUDE_DEGREE: 13.1107
EVENT_DEPTH_KM: 9.2



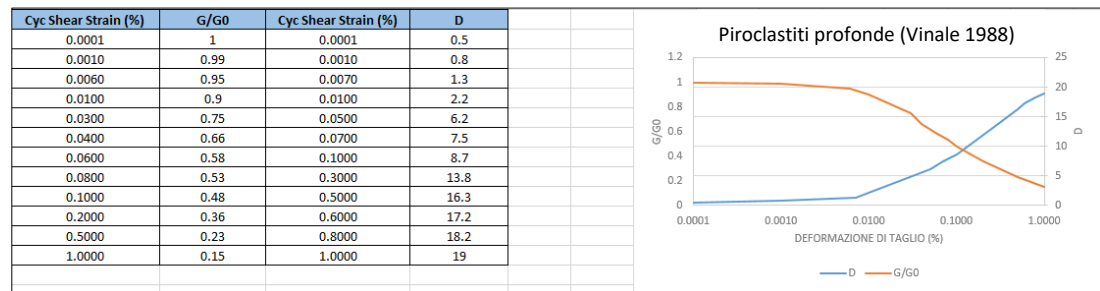
EVENT_NAME: CENTRAL_ITALY
EVENT_ID: EMSC-20161030_0000029
EVENT_DATE_YYYYMMDD: 20161030
EVENT_TIME_HHMMSS: 064018
EVENT_LATITUDE_DEGREE: 42.8322
EVENT_LONGITUDE_DEGREE: 13.1107
EVENT_DEPTH_KM: 9.2



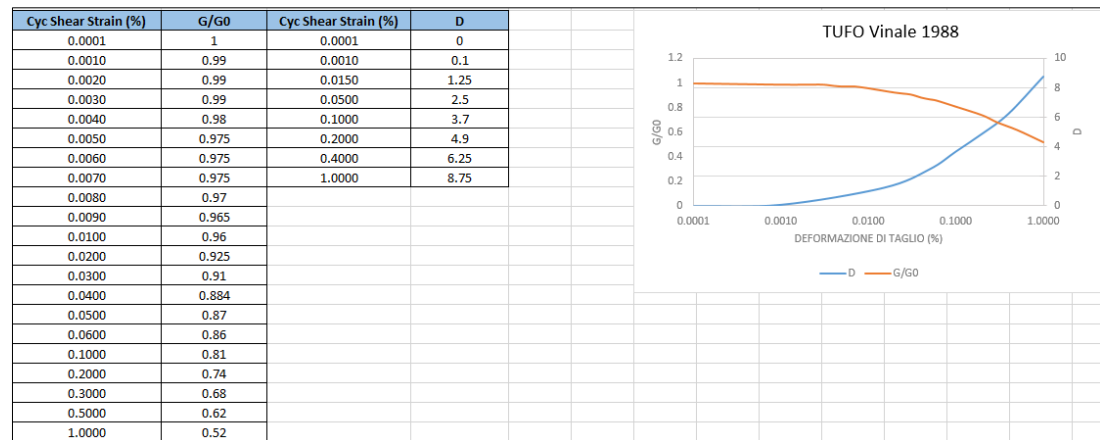
CURVE DI DECADIMENTO UTILIZZATE



da "Influenza del sottosuolo sul comportamento dinamico del campanile del Carmine a Napoli" - de Silva, Ceroni, Sica, Pecce, Silvestri-2015



da "Caratterizzazione del sottosuolo di un'area campione di Napoli ai fini di una microzonazione sismica" - Vinale F. 1988



da "Caratterizzazione del sottosuolo di un'area campione di Napoli ai fini di una microzonazione sismica" - Vinale F. 1988

