

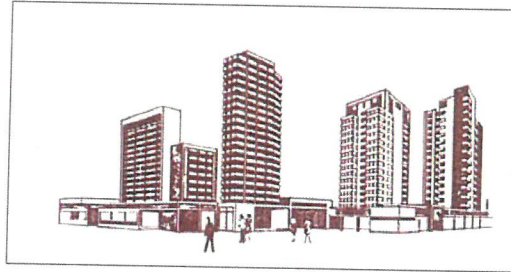


COMUNE DI NAPOLI

COMUNE DI NAPOLI

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO CON VALORE DI PERMESSO DI COSTRUIRE PER UN INTERVENTO DI RISTRUTTURAZIONE URBANISTICA AI SENSI DEGLI ART. 5, COMMA 1, 2, 3, 4 E 5, ED ART.7, COMMA 5, DELLA L.R. N. 19/09 E SS.MM.II.

STUDIO TECNICO INGEGNERI
GIACOMO ARIEMMA & MASSIMO SARPI MONTELLA



P.U.A.

| | | | |
|---------------|---------------------|---|--|
| Dicembre 2017 | R.01g | "Fase 3", come da nota PG/2017/102010 del 05/01/2017 | |
| | Relazione geologica | | |

I Proprietari:

Delega alla firma
ing. Giacomo Ariemma

I Progettisti

Ing. Giacomo Ariemma

Ing. Massimo Sarpi Montella





COMUNE DI NAPOLI

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO CON VALORE DI PERMESSO DI COSTRUIRE PER UN INTERVENTO DI RISTRUTTURAZIONE URBANISTICA AI SENSI DEGLI ART. 5, COMMA 1, 2, 3, 4 E 5, ED ART.7, COMMA 5, DELLA L.R. N. 19/09 E SS.MM.II.

STUDIO TECNICO INGEGNERI *GIACOMO ARIEMMA & MASSIMO SARPI MONTELLA*



P.U.A.

| | | | |
|----------------------|---------------------|--|--|
| <i>Dicembre 2017</i> | R.01g | "Fase 3", come da nota PG/2017/102010 del 05/01/2017 | |
| | Relazione geologica | | |

I Proprietari:

Delega alla firma
ing. Giacomo Ariemma

I Progettisti

Ing. Giacomo Ariemma

Ing. Massimo Sarpi Montella

COMUNE DI NAPOLI



OGGETTO: RELAZIONE GEOLOGICO – TECNICA PER LE OPERE DI RISTRUTTURAZIONE URBANISTICA CONSISTENTE NELLA DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DA REALIZZARE SUGLI IMMOBILI UBICATI ALLA VIA EMANUELE GIANTURCO, ATTUALMENTE CIVICI NN. 44, 46, 48 E 50, IN NAPOLI

COMMITTENTE: Eredi Ariemma e Borrelli

**RELAZIONE
GEOLOGICO - TECNICA**

DATA CONSEGNA: 28/09/2017
PROTOCOLLO LAVORO: 11/17

| Tecnico | Redatto | Approvato | Revisione |
|---------|-----------------------------|-----------------|-----------|
| | Dr. ^{ssa} C. Sacco | Dr.ssa C. Sacco | Rev.0 |

INDICE

| | |
|---|----|
| 1. PREMESSA | 2 |
| 2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO | 5 |
| 3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO | 7 |
| 4. INQUADRAMENTO SISMOGENETICO | 10 |
| 5. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DELL'AREA | 13 |
| 6. IDROGEOLOGIA DELL'AREA | 15 |
| 7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA..... | 16 |
| 8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA..... | 23 |
| 9. COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA DELLE OPERE..... | 55 |
| 10. CONCLUSIONI..... | 56 |
| 11. BIBLIOGRAFIA..... | 58 |

1. PREMESSA

La Scrivente è stata incaricata, dai Sigg. Ariemma, Borrelli, Del Vecchio, Imparato, di redigere la presente relazione geologico - tecnica, per l' esecuzione delle **opere di ristrutturazione urbanistica consistente nella demolizione e ricostruzione da realizzare sugli immobili ubicati alla Via Emanuele Gianturco, attualmente civici nn. 44, 46, 48 e 50, in Napoli**, riportati in N.C.T. del Comune di Napoli al foglio 152, particelle nn. 116, 117, 118, 121, 122, ed al N.C.E.U. del Comune di Napoli alla sez. MER, al foglio 6, particella n. 24, zona 13; particella n. 43, da sub 1 a sub 10, zona 13; particella n. 51, da sub 1 a 2, zona 13, **di proprietà dei sigg.:**

- **Clotilde Del Vecchio**, nata a Giugliano in Campania (NA) il 17/09/1940, residente in San Sebastiano al Vesuvio (NA) alla via A. Volta n. 19, C.F. DLVCTL40P57E054E;
- **Giacomo Ariemma**, nato a Napoli il 22/04/1970, residente in San Sebastiano al Vesuvio (NA) alla via A. Volta n. 19, C.F. RMMGCM70D22F839K;
- **Sebastiano Ariemma**, nato a Napoli il 06/03/1974, residente in San Sebastiano al Vesuvio (NA) alla via A. Volta n. 19, C.F. RMMSST74C06F839U;
- **Maria Rosaria Ariemma**, nata a Portici il 06/08/1938, residente in San Sebastiano al Vesuvio alla via Panoramica n. 30, C.F. RMMMRS38M46G902E;
- **Giovanna Ariemma**, nata a Portici (NA) il 07/08/1944, residente in Portici (NA), alla via A. Diaz n. 112, C.F. RMMGNN44M47G902F;
- **Renato Borrelli**, nato a Portici (NA) il 25/11/1930, residente in Portici (NA), alla via A. Diaz n. 112, C.F. BRRRNT30S25G902R;
- **Giovanna Imparato**, nata a Portici (NA) il 10/04/1954, residente in Portici (NA) alla via A. Diaz n. 148, C.F. MPRGNN54D50G902M;
- **Silvana Imparato**, nata a Portici il 04/08/1957, residente in Napoli alla via Generale Giordano Orsini n. 5, C.F. MPRSVN57M44G902J;
- **Rossella Imparato**, nata a Portici (NA) il 20/04/1960, residente in Portici (NA) alla via Roma n. 41, C.F. MPRRSL60D60G902M.



Figura 1. Area oggetto di studio.

Il presente elaborato, relativamente ai lavori a farsi, è stato redatto ai sensi della normativa vigente. Oltre agli obblighi di legge, la presente relazione geologico – tecnica con modellazione sismica del suolo permette al progettista di procedere con la fase esecutiva della progettazione, nonché di dimensionare, al meglio le strutture a farsi. Inoltre, tale elaborato è stato redatto nel rispetto della Disciplina Normativa allegata al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, predisposto dall'Autorità di Bacino Campania Centrale, che è l'ente pianificatore in materia difesa suolo sul comune di Napoli.

Le opere a farsi consistono in una **ristrutturazione urbanistica** ai sensi dell'art. 10 del DPR 380/01 nonché in un **intervento di demolizione e ricostruzione** ai sensi degli art. 5, comma 1, 2, 3, 4, 5 (con incremento dei volumi residenziali del 35%), ed art. 7, comma 5 (a pari volumetria, con destinazione del 30% dei volumi ad edilizia sociale, ai sensi art.1, comma 3, D.M. del 22/04/2008), della L.R. Campania n. 19/2009 e ss.mm.i., di un **complesso industriale, locali annessi e palazzina residenziale dismessi.**

Il presente elaborato è stato redatto eseguendo in sequenza delle fasi operative. La prima è consistita in una serie di sopralluoghi ed un accorto rilevamento geologico e geomorfologico, il quale ha permesso di rilevare le litologie affioranti ed eventuali caratteristiche morfologiche nei dintorni del sito; inoltre, i suddetti sopralluoghi hanno permesso alla Scrivente di ubicare le indagini geognostiche a farsi.

Contestualmente a questa fase, vi è stata quella di reperimento dei dati cartografici, geologici, geotecnici e geomorfologici sull'intero territorio comunale prima, e sull'area in questione dopo, al fine di valutare, criticamente, le notizie raccolte durante i sopralluoghi. Gli studi a cui si fa riferimento sono: il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Territorio, redatto dall'Autorità di Bacino Campania Centrale, che ha competenza su tutto il territorio comunale, gli studi geologici allegati al P.R.G., e altri Piani Attuativi.

Infine, sono state eseguite sull'area un sondaggio geognostico a carotaggio continuo, n. 3 prove spt, prelievo di n. 2 campioni indisturbati con relative analisi geotecniche ed una prova sismica di tipo MASW.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

A grande scala il territorio comunale di Napoli ricade nel Foglio 184 "Napoli" della cartografia nazionale in scala 1:100.000 edita dall'I.G.M., in un settore vulcanico al margine occidentale della catena sud-appenninica costituita da varie unità stratigrafico-strutturali.

L'assetto attuale della catena, è condizionato da successive fasi tettoniche verificatesi nel Miocene e collegate ad un sistema di faglie ad andamento appenninico ed anti-appenninico. Queste ultime hanno determinato il sollevamento della catena e lo sprofondamento dei margini, creando la cosiddetta "Piana Campana".

La Piana Campana è delimitata a nord dal fiume Volturno, ad est dai massicci carbonatici dell'Appennino Campano, a sud dai distretti vulcanici del Somma-Vesuvio e dei Campi Flegrei e a ovest dal mar Tirreno. I bordi della struttura sono ben individuati da faglie dirette mioceniche, orientate NE-SO e NO-SE. Dal punto di vista geologico - strutturale, la Piana è un enorme graben colmato da depositi vulcanici, marini, palustri ed alluvionali del Quaternario.

In particolare i terreni rinvenibili nell'area del territorio comunale di Napoli sono di natura vulcanica e risultano collegati principalmente all'attività del Somma - Vesuvio e subordinatamente ai Campi Flegrei, nell'ambito degli ultimi 30.000 anni.

I suddetti depositi sono costituiti da:

- **Livelli di ceneri, pomici e paleosuoli:** si tratta di livelli appartenenti alla "Serie Urbana Recente" con spessori di circa 12 m. Tali livelli derivano dalla deposizione dei prodotti di alcune delle maggiori eruzioni dei Campi Flegrei successive al Tufo giallo Napoletano;
- **Tufo Giallo Napoletano:** è caratterizzato da una facies litoide di colore prevalentemente giallo, con spessori variabili tra i 50 e i 100 metri, e da una facies semilitoide grigia con debole spessore. Si tratta di una piroclastite a matrice cineritica prevalente, contenente pomici, frammenti

lavici e di tufo verde;

- **Tufi Antichi:** tale formazione comprende i “tufi Antichi” della “Serie Urbana” ed è costituita da intercalazioni di tufi litoidi e semilitoidi e cineriti, stratificati e massivi con spessori molto variabili. Si tratta di prodotti di diverse eruzioni dei Campi Flegrei aventi un’età compresa tra 11.000 (Tufo Giallo Napoletano) e 35.000 anni (Ignimbrite Campana);
- **Ignimbrite Campana:** facies da semilitoide a litoide costituita da scorie grossolane nerastre in matrice cineritica grigio-rosata, interessata da generale saldatura sindeposizionale e da strutture da degassazione. Tale formazione ha spessori variabili tra i 35 e i 50 metri;
- **Tufi antichi (di età superiore ai 30-35.000 anni):** questa formazione comprende tutti i tufi antichi della “Serie Urbana” con età maggiore di 30-35.000 anni. Principalmente si tratta di intercalazione di tufi teneri, livelli cineritici e pomicei e paleosuoli.

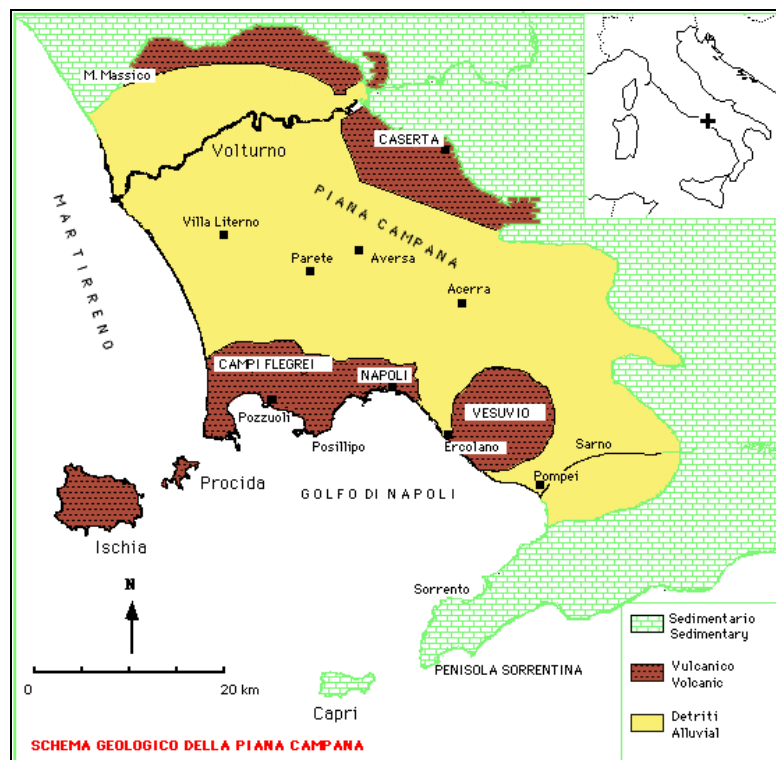


Figura 2. Schema geologico della Piana Campana.

3. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Il complesso idrogeologico del Somma - Vesuvio rappresenta un complesso vulcanico centrale misto. Questa tipologia di complessi idrogeologici, che è caratterizzata da permeabilità dovuta sia a porosità che a fessurazione, presenta diversi livelli acquiferi sovrapposti intercomunicanti tra loro a causa della ridotta continuità dei livelli impermeabili. Tali acquiferi sono quindi eterogenei ed anisotropi.

Il complesso idrogeologico vulcanico del Vesuvio presenta una falda radiale basale centrifuga, priva di sorgenti d'importanza regionale, in quanto l'acquifero piroclastico alluvionale della Piana Campana drena tutte le acque vesuviane a nord, ad est e ad ovest, mentre sul versante meridionale il recapito delle acque è costituito dal Mar Tirreno. In particolare, i litotipi fondamentali che lo compongono sono lave scoriacee da compatte a fratturate, con elevata permeabilità per fessurazione nelle zone a maggior presenza di giunti, e piroclastiti sciolte, tipiche di eruzioni pliniane e subpliniane, con modalità di messa in posto che vanno dai fall ai flussi, fino ai surge. Le piroclastiti hanno una permeabilità variabile per porosità; la stessa variabilità è funzione della granulometria dei depositi.

Il complesso idrogeologico vesuviano è bordato dai complessi idrogeologici alluvionali della Piana Campana sensu latu, ed in particolare della Piana Campana ad ovest, della piana nolana a nord e della piana del fiume Sarno ad est.

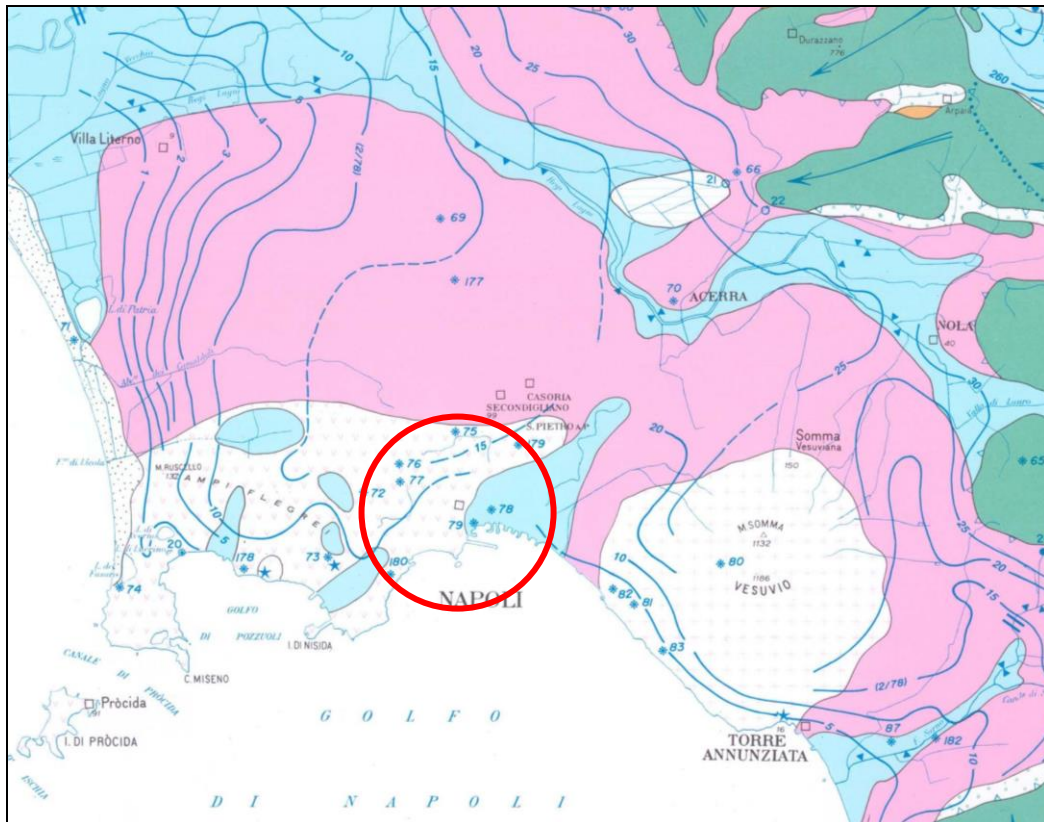
Dal punto di vista idrogeologico, la circolazione idrica sotterranea è preferenzialmente basale e si esplica secondo "falde sovrapposte"; le acque sotterranee defluiscono secondo un verso di deflusso preferenziale orientato da Est a Ovest. Lo schema della struttura idrogeologica, desunto dai lavori consultati, distingue due acquiferi sovrapposti, separati dal livello di Ignimbrite Campana che, a seconda del suo spessore e del suo grado di permeabilità conferisce caratteristiche generali di confinamento, ed a luoghi caratteristiche di semiconfinamento (zona di Acerra) o non confinamento (basso Volturno, Marigliano, fosso Volla) all'acquifero inferiore, che è anche l'acquifero

principale. L'acquifero superiore, di modesta potenzialità, è a superficie libera. La base del complesso idrogeologico è in profondità al confine tra depositi continentali e depositi marini.



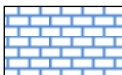

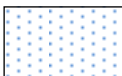
Le caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero principale possono essere così riassunte:

- la trasmissività media è dell'ordine di $1 \cdot 10^{-2} - 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ con massimi nella zona di Acerra ($1 \cdot 10^{-1}$) e minimi a ridosso del fiume Volturno e nel settore costiero ($1 \cdot 10^{-4}$ fino a $2 \cdot 10^{-5}$);
- i dati del coefficiente di immagazzinamento confermano le condizioni di confinamento della falda ($S = 1 \cdot 10^{-3} - 1 \cdot 10^{-4}$);
- la falda riceve alimentazione dai massicci carbonatici periferici ed ha una direzione di deflusso media verso il mare;
- la velocità di deflusso della falda è generalmente bassa, modesto è il dislivello totale (30 – 35 metri) fra le zone di alimentazione (zone pedemontane) ed il recapito ultimo (mare);

esiste una zona di drenaggio preferenziale sotterraneo, in corrispondenza della depressione del Sebeto ed uno spartiacque sotterraneo nella direzione Cannello – Casoria – Napoli



LEGENDA

-  Terreni piroclastici
-  Massicci carbonatici - calcare
-  Massicci carbonatici - dolomiti
-  Depositi alluvionali –
A: permeabilità bassa
B: permeabilità tipo strato su strato
-  Accumuli detritici pedomontani

**STRALCIO CARTA
IDROGEOLOGICA**

4. INQUADRAMENTO SISMOGENETICO

Il territorio comunale di Napoli, interessato nell'arco della sua storia sismica da più eventi, risente fortemente dell'effetto di sismi generatisi in due delle zone sismogenetiche definite dalla Zonazione Sismogenetica ZS9 a cura di Meletti e Valensise (marzo 2004) (Fig. 3).

Tali fasce sismogenetiche sono:

- 927: Appennino campano – lucano;
- 928: Vulcani vesuviani;

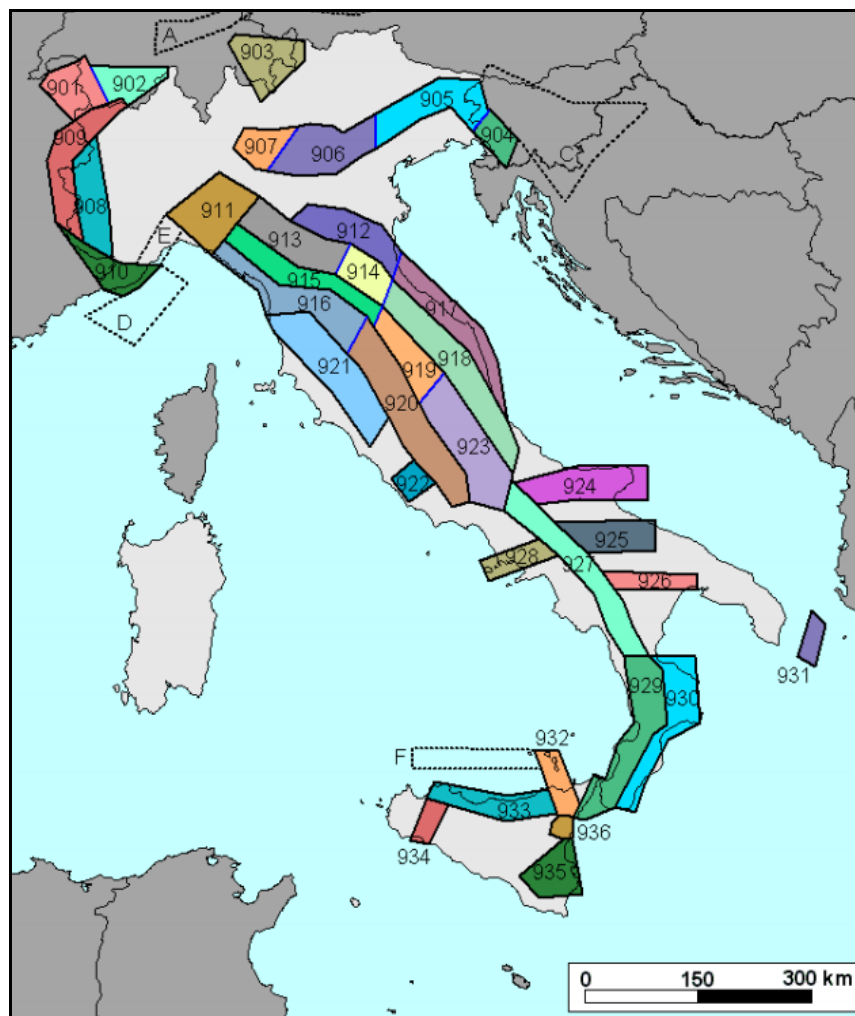


Figura 3. Zonazione Sismogenetica ZS9.

Quanto sopra, è ben rappresentato dai dati riportati in Tabella 1, relativi agli eventi più forti (in termini di Intensità macrosismica e Magnitudo) registrati negli

ultimi 2000 anni, da cui è possibile rilevare come solo pochi eventi sono ascrivibili a sismi di origine vulcanica.

| Anno | Mese | Giorno | Lat. | Long. | Iloc | Imax | M | Siti | Zona epicentrale |
|------|------|--------|-------|-------|------|------|-----|------|------------------------------|
| 1694 | 9 | 8 | 40.87 | 15.4 | 7 | 10 | 6.8 | 251 | Irpinia-Basilicata |
| 1783 | 3 | 28 | 38.78 | 16.47 | 4 | 11 | 6.9 | 900 | Calabria |
| 1883 | 7 | 28 | 40.75 | 13.88 | 4.6 | 10 | 5.6 | 27 | Casamicciola Terme |
| 1456 | 12 | 5 | 41.3 | 14.72 | 7 | 11 | 7.1 | 218 | Italia centro-meridionale |
| 1857 | 12 | 16 | 40.35 | 15.85 | 7 | 11 | 7 | 338 | Basilicata |
| 1851 | 8 | 14 | 40.95 | 15.67 | 5 | 10 | 6.3 | 112 | Basilicata |
| 1887 | 12 | 3 | 39.57 | 16.22 | 3 | 9 | 5.5 | 142 | Calabria settentrionale |
| 1905 | 9 | 8 | 38.67 | 16.07 | 5 | 10.5 | 6.8 | 827 | Calabria |
| 1908 | 12 | 28 | 38.15 | 15.68 | 4.5 | 11 | 7.1 | 787 | Calabria meridionale-Messina |
| 1561 | 8 | 19 | 40.52 | 15.48 | 4.6 | 10 | 6.5 | 34 | Vallo di Diano |
| 1688 | 6 | 5 | 41.28 | 14.57 | 6 | 11 | 6.6 | 216 | Sannio |
| 1732 | 11 | 29 | 41.08 | 15.05 | 6.5 | 10.5 | 6.6 | 168 | Irpinia |
| 1805 | 7 | 26 | 41.5 | 14.47 | 6 | 10 | 6.6 | 223 | Molise |
| 1828 | 2 | 2 | 40.75 | 13.9 | 0 | 9 | 4.5 | 10 | Casamicciola Terme |
| 1853 | 4 | 9 | 40.82 | 15.22 | 6.5 | 9 | 5.9 | 47 | Irpinia |
| 1910 | 6 | 7 | 40.9 | 15.42 | 5.5 | 9 | 5.8 | 376 | Irpinia-Basilicata |
| 1915 | 1 | 13 | 41.98 | 13.65 | 3 | 11 | 7 | 860 | Marsica |
| 1930 | 7 | 23 | 41.05 | 15.37 | 7 | 10 | 6.7 | 511 | Irpinia |
| 1962 | 8 | 21 | 41.23 | 14.95 | 7 | 9 | 6.2 | 262 | Irpinia |
| 79 | 8 | 25 | 40.8 | 14.38 | 5 | 8 | 6.3 | 9 | Area vesuviana |
| 1982 | 3 | 21 | 40.00 | 15.77 | 4.5 | 7.5 | 5.5 | 126 | Golfo di Policastro |
| 1984 | 5 | 7 | 41.67 | 14.05 | 4.5 | 8 | 5.9 | 1255 | Appennino abruzzese |
| 1984 | 5 | 11 | 41.72 | 14.08 | 4 | 7 | 5.4 | 1255 | Appennino abruzzese |
| 1980 | 11 | 23 | 40.85 | 15.28 | 7 | 10 | 6.7 | 1395 | Irpinia-Basilicata |

LEGENDA: Iloc = intensità macrosismica locale (MCS); Imax = intensità massima dell'evento; M = magnitudo (Richter); Siti = numero di località interessate.

Tabella 1: Catalogo dei terremoti più forti che hanno interessato il territorio comunale di Torre del Greco (NA) dall'anno 461 a.C. al 1990 (Dati INGV- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

Eventi con magnitudo 4 – 5 ubicati a profondità fino a 35 km (Fig. 4), sono molto diffusi soprattutto lungo la catena appenninica; qui i trend di fratturazione principali hanno direzione prevalente NO – SE. Non sono rari eventi con magnitudo > 6, quale quello del 23 novembre 1980 che si è risentito nel

territorio in studio con intensità locale non inferiore al VII grado della scala MCS.

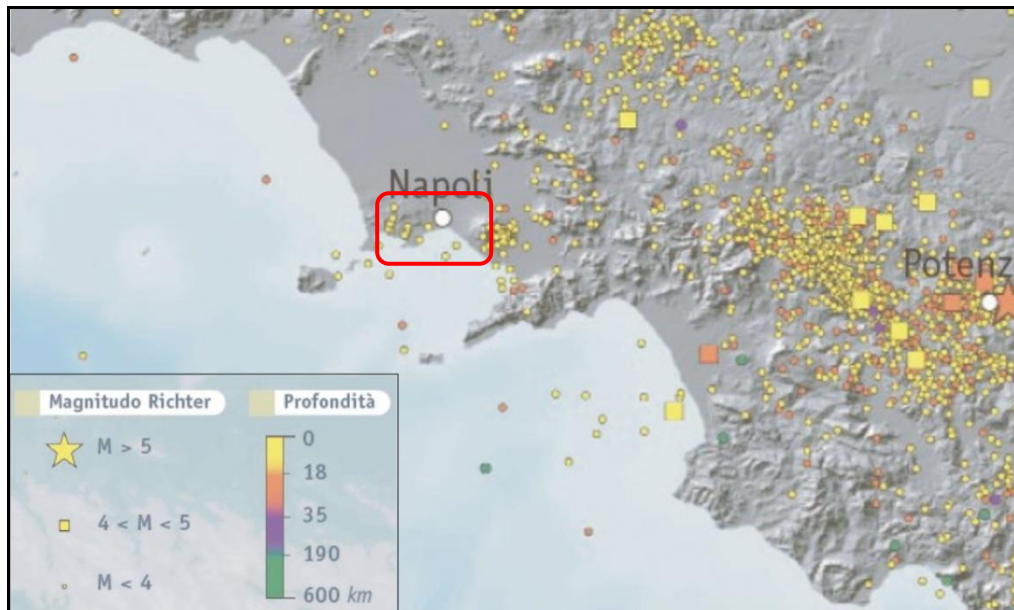


Figura 4. Ubicazione di tutti i terremoti registrati nell'area d'interesse negli ultimi 2000 anni (Dati INGV- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

5. GEOLOGIA E GEOMORFOLOGIA DELL'AREA

Sulla base di dati estrapolati dallo studio geologico a corredo del P.R.G. del Comune di Napoli e di dati di letteratura sono state individuate le principali caratteristiche del sito in esame.

Da un punto di vista morfologico, l'area è completamente pianeggiante con quote intorno ai 0.4 m s.l.m.

Da un punto di vista geologico, l'area di Napoli orientale rappresenta la porzione più meridionale della "Depressione di Volla", depressione strutturale impostata sui lineamenti tettonici trasversali rispetto all'Appennino e collegati con l'evoluzione vulcano-tettonica dell'area negli ultimi 30.000 anni.

La successione stratigrafica dell'area orientale di Napoli è generalmente riconducibile a:

- Depositi di riporto. Sono depositi dovuti prevalentemente alle opere di colmata dei canali ed al generale innalzamento della superficie topografica, con spessori variabili da 1 – 2 metri fino ad un massimo di 5 – 6 metri.
- Depositi sciolti piroclastico-alluvionali. Sono costituiti da piroclastiti di origine flegrea e vesuviana rimaneggiate in ambiente fluviale, palustre e costiero; la granulometria varia, sia in senso orizzontale che verticale, da sabbie a limi-sabbiosi. Questi depositi costituiscono l'acquifero principale dell'area presentando una permeabilità per porosità da bassa a media. Lo spessore varia dai 20 m, fino a raggiungere il centinaio di metri; i depositi sono intercalati da paleosuoli e livelli di torba in parte continui.

Nell'ambito dei depositi piroclastico-alluvionali sono presenti livelli più o meno continui dei terreni riportati di seguito:

- Lave del Vesuvio: lave di epoca storica presenti solo nel settore più sud-orientale della depressione di Volla con spessori di circa 10 m; sono permeabili per fratturazione.

- Tufi dell'attività del Somma Vesuvio (messa in posto circa 5.800-12.000 anni fa): si presentano con spessori che raggiungono un massimo di 43.5 m e sono caratterizzati dalla presenza di inclusi carbonatici e lavici con leucite; non rappresentano un punto di separazione da un punto di vista idrogeologico.

- Tufo Giallo Napoletano (messa in posto circa 5.800-12.000 anni fa): depositi in facies da semilitoide a sciolta con spessori massimi di circa 30 metri. Tale formazione costituisce un elemento di separazione a bassa permeabilità tra la falda freatica superficiale e quelle in pressione più profonde.

- Lave del Somma (messa in posto circa 14.000-25.000 anni fa): sono presenti nel settore orientale della depressione di Volla con spessori di 30 m; sono permeabili per fratturazione.

In particolare, la successione stratigrafica dell'area viene di seguito schematizzata:

- depositi di riporto per il primo metro di spessore;
- depositi piroclastici sciolti con granulometria attribuibile ad una sabbia ghiaiosa con Φ_{max} 3 cm e Φ_{min} 2 mm, colore nero (1 m – 3 m);
- alternanza di depositi piroclastici rimaneggiati in mare con granulometrie da sabbie a limi sabbiosi, poco addensati (3 m – 20 m).

6. IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Per quanto riguarda la situazione idrogeologica, siamo in presenza di una falda freatica superficiale sufficientemente autonoma rispetto alla circolazione idrica sotterranea profonda a carattere regionale.

La situazione idrogeologica dell'area è fortemente condizionata dalla presenza dei depositi piroclastici del vulcano-strato Vesuvio alternati a depositi limosi e torbosi di deposizione lacustre e palustre. Il tutto si traduce in un'estrema variabilità della granulometria e del grado di addensamento dei materiali; il grado di permeabilità risulta, quindi, variabile da semi-impermeabile, in tutti i materiali a matrice cineritica prevalente e nei depositi limosi e torbosi di deposizione lacustre e palustre, a mediamente permeabile, nei banchi e lenti di pomici, lapilli, e sabbie. In particolare, nei primi due metri i terreni vulcanici presentano una permeabilità media che consente un'infiltrazione abbastanza efficace ed un facile assorbimento delle acque meteoriche.

Problemi di assorbimento si riscontrano, invece, nelle aree con elevata urbanizzazione frequentemente presenti nel settore orientale della città. Le acque superficiali, infatti, in seguito all'impermeabilizzazione del piano campagna, tendono ad accumularsi facilmente così da rendere necessaria la realizzazione di canalette e caditoie in grado di allontanare le stesse verso le reti fognarie e verso gli impluvi naturali presenti nell'area.

La soggiacenza della falda nel sito in esame è compresa tra 1-2 m dal piano campagna con un deflusso orientato da NE verso SO.

7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Indagini geognostiche eseguite e disponibili

Per la definizione di una stratigrafia tipo e la determinazione dei parametri geotecnici sono stati analizzati i risultati ottenuti dalla campagna di indagini geognostiche eseguita dalla For Earth Group srl in data 4.12.2017 che è consistita in:

- N. 1 sondaggio a carotaggio continuo spinto alla profondità max di 20 m dal p.c.;
- N. 6 Prove penetrometriche del tipo SPT;
- N. 2 Prelievi di Campioni Indisturbati.

Sondaggio a carotaggio continuo

Il sondaggio è stato realizzato con andamento verticale per ricostruire la successione stratigrafica dei terreni fino alla profondità di 20 metri dal piano campagna. Per tali operazioni è stata utilizzata una sonda oleodinamica a rotazione FRANZA MAE 600; la campionatura continua rimaneggiata, è stata prelevata con carotiere semplice avente diametro \varnothing 101mm, spinto in profondità da aste con filettatura tronco conica del diametro esterno di \varnothing 76mm; l'avanzamento è proceduto a secco e con bassa velocità di rotazione in modo da disturbare quanto meno possibile i terreni, solo nei tratti in cui si è riscontrata la presenza di lava e per la posa in opera delle tubazioni di rivestimento si è fatto uso di acqua.

La stabilizzazione delle pareti dei fori di sondaggio è stata ottenuta ponendo in opera una tubazione metallica di rivestimento del diametro \varnothing 127mm. La campionatura continua prelevata è stata sistemata in apposite cassette catalogatrici in plastica, munite di scomparti divisorii e coperchio apribile a cerniera; sui bordi sono state indicate le profondità di prelievo delle carote, mentre dei setti divisorii separano le varie manovre dandone indicazioni circa la lunghezza. Le cassette, dopo l'ultimazione del sondaggio, sono state fotografate e conservate all'interno dell'area oggetto di studio.

Standard Penetration Test

La prova S.P.T. viene eseguita nei fori di sondaggio, facendo penetrare a percussione nel terreno un campionatore, montato all'estremità di una batteria di aste cave, per il tramite di una massa battente di peso ed altezza di caduta standardizzate.

Analogamente si opera per la prova con punta chiusa soltanto che, al posto del campionatore Raymond, si adopera una punta conica (angolo di apertura pari a 60°).

Nel caso in questione le prove sono state eseguite con Punta Aperta.

La misura consiste nel rilevare il numero di colpi (rispettivamente N_1 , N_2 e N_3) necessari per infiggere il campionatore o la punta chiusa, per tre tratti successivi di 15 cm ciascuno.

La resistenza penetrometrica è caratterizzata dal numero di colpi N_{SPT} o $N = (N_2 + N_3)$ richiesti per l'attraversamento degli ultimi due tratti, per complessivi 30 cm.

È da rilevare che, la prova penetrometrica dinamica può ritenersi conclusa in presenza di una delle seguenti condizioni:

- $N_1 > 50$ e non è superato il primo tratto di 15 cm;
- $N_2 + N_3 > 100$ e non si oltrepassano gli ultimi 30 cm.

Per l'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche (S.P.T.), si è fatto riferimento alla vasta bibliografia sviluppata sull'argomento che ci indica per i valori riscontrati la presenza di terreni, prevalentemente sabbiosi, densi ($30 < N_{SPT} < 50$) e molto densi $N_{SPT} > 50$.

| N° | Prova | Profondità | N° colpi | Nspt | Tipo |
|----|-----------|---------------|--------------|------|--------------|
| 1. | S1 - SPT1 | 3,50 ÷ 3,95 | 2 - 2 - 4 | 6 | Punta aperta |
| 2. | S1 - SPT2 | 6,00 ÷ 6,45 | 12 - 15 - 18 | 33 | Punta aperta |
| 3. | S1 - SPT3 | 9,00 - 9,45 | 7 - 15 - 18 | 33 | Punta aperta |
| 4. | S1 - SPT4 | 12,50 - 12,95 | 5 - 18 - 20 | 38 | Punta aperta |
| 5. | S1 - SPT5 | 15,00 - 15,45 | 10 - 15 - 20 | 35 | Punta aperta |
| 6. | S1 - SPT6 | 19,55 - 20,00 | 10 12 18 | 30 | Punta aperta |

Tabella 2 – Riepilogo prove SPT

Campioni indisturbati

Nel corso del sondaggio sono stati prelevati due campioni indisturbato per mezzo di campionatore a pressione spinto dall'alto (tipo Shelby). L'astuccio portacampione (fustella) è costituito da un tubo in acciaio inox avente diametro \varnothing 88,9 mm e lunghezza compresa tra i 50 ed i 65 cm. La fustella è stata poi opportunamente sigillata con paraffina fusa a caldo ed è stata sollecitamente trasferita al laboratorio per le previste analisi e prove geotecniche. Le profondità di prelievo di tali campioni e le prove eseguite sono riassunte nella seguente tabella:

| Campione | Tipo | CFG | LIM | GRN | TD | CIU | ED | Profondità |
|----------|--------------|-----|-----|-----|----|-----|----|---------------|
| S1C1 | Indisturbato | X | | X | X | | | 3,00 ÷ 3,50 |
| S1C2 | Indisturbato | X | | X | X | | | 12,00 - 12,50 |

Tabella 3 – Riepilogo Prove Eseguite sui Campioni Indisturbati

I corrispondenti parametri geotecnici sono inseriti nella Tabella 4:

| Campione | Profondità | γ (kN/m ³) | c kPa | φ ° | Definizione A.G.I. |
|----------|---------------|----------------------------------|----------|----------------|--------------------------|
| S1C1 | 3,00 ÷ 3,50 | 16,7 | 2,1 | 30,7 | Limo con sabbia |
| S1C2 | 12,00 - 12,50 | 18,4 | 0,5 | 31,4 | Sabbia debolmente limosa |

Tabella 4 – Riepilogo dei Parametri Geotecnici

Caratterizzazione geotecnica dell'area

Come si evince dall'inquadramento geologico, l'area oggetto d'intervento è caratterizzata da un'alternanza di colate laviche e terreni piroclastici incoerenti del Somma – Vesuvio.

“Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura

nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni; basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. Una migliore approssimazione nella valutazione dei valori caratteristici può essere ottenuta operando le opportune medie dei valori dei parametri geotecnici nell'ambito di piccoli volumi di terreno, quando questi assumano importanza per lo stato limite considerato.”

Nel nostro caso si è scelto di considerare un terreno caratterizzato da proprietà medie, riferendosi a vantaggio di sicurezza ai depositi piroclastici incoerenti.

Dai risultati di prove in sito e geotecniche di laboratorio effettuate, è possibile attribuire i seguenti range di variazione ai principali parametri fisico - meccanici dei terreni piroclastici sciolti:

$$\varphi \text{ (angolo di attrito)} = 30^\circ - 35^\circ$$

$$c' \text{ (coesione)} = 0$$

$$D_r \text{ (densità relativa)} = 35 \% - 75 \%$$

$$\gamma \text{ (peso di volume)} = 1,4 \text{ g/cm}^3 - 2,05 \text{ g/cm}^3$$

Nell'analisi effettuata la coesione è stata considerata pari a zero a vantaggio di sicurezza in quanto nelle piroclastiti vesuviane e flegree la presenza della coesione è da porre in correlazione con l'assortimento granulometrico. Si verifica infatti un fenomeno d'incastro delle particelle con conseguente fenomeno di coesione apparente che tende a scomparire in presenza di pressioni neutre significative.

Indicazione di calcolo per il coefficiente di sottofondazione kw o di Winkler:

Per la definizione del modulo di Winkler, si propone la relazione di Vesic

(1961) che correla k_w con il modulo di elasticità del terreno e della fondazione:

$$k_w \text{ (kg/cm}^3\text{)} = (1/B) \times 0.65 \times [(E_t \times B^4)/(E_f \times I_f)]^{(1/12)} \times E_t/(1 - p^2);$$

con:

E_t (kg/cm²)= modulo di deformazione dello strato di fondazione (modulo di Young nella tabella precedente);

E_f (kg/cm²)= modulo elastico della fondazione;

I_f (cm⁴)=momento d'inerzia della fondazione;

B (cm)=lato corto della fondazione;

p =rapporto di Poisson.

Poichè il prodotto $0.65 \times [(E_t \times B^4)/(E_f \times I_f)]^{(1/12)}$ ha generalmente un valore prossimo all'unità, la relazione può essere semplificata come segue:

$$k_w \text{ (kg/cm}^3\text{)} = (1/B) \times E_t/(1 - p^2)$$

dalla quale si potrà ricavare il valore di k_w in funzione della larghezza B della trave e della profondità d'imposta del sistema fondale, sostituendo i valori nella precedente formulazione.

Indicazione di calcolo per il Modulo di reazione orizzontale K_h

Per la definizione di tale parametro si propone la seguente relazione:

$$K_h \text{ (kg/cm}^3\text{)} = n_h \times Z / d;$$

valida per terreni incoerenti normalconsolidati con n_h (kg/cm³) = costante dipendente dalla litologia;

Z (cm) = profondità;

d (cm) = diametro o larghezza del palo.

In questo caso si ammette una variazione con la profondità di K_h e si adotta una relazione di tipo lineare.

Per n_h si propongono i seguenti valori, espressi in kg/cm³ (Tab. 5):

| | | |
|--|-------------------------------|------------------------|
| Sabbia sciolta ($D_r < 30\%$) | secca-umida $n_h = 0.224$ | satura $n_h = 0.128$; |
| Sabbia media ($D_r > 30$ $e \leq 70\%$) | secca- umida $n_h = 0.672$ | satura $n_h = 0.448$; |
| Sabbia grossa ($D_r > 70$) | secca-umida $n_h = 1.792$ | satura $n_h = 1.088$; |

Tabella 5– Variazione di n_h in funzione della densità relativa.

8. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

L'obiettivo da perseguire, con l'esecuzione delle indagini sismiche in situ, è quello di caratterizzare il sito dal punto di vista sismico.

Al fine di perseguire l'obiettivo suddetto, è stata eseguita una prova sismica di tipo Masw.

Indagine sismica di tipo Masw

Lo scopo di tali prove consiste nel determinare direttamente la velocità di propagazione, all'interno del mezzo in esame, delle onde di compressione (onde P), di taglio (onde S) ed indirettamente, utilizzando i valori delle velocità acquisiti (VP, VS), alcune proprietà meccaniche (moduli dinamici) delle litologie investigate.

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale (Fig. 5) e si generano in corrispondenza della superficie libera del mezzo quando viene sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle compiono questo movimento ellittico in senso retrogrado rispetto alla direzione di propagazione delle onde che vengono generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a $0.92VS$. In un mezzo disomogeneo, quale la Terra, la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra i limiti 0 e $0.92VS$. La teoria della propagazione delle onde superficiali è ben conosciuta ed è descritta dettagliatamente da Ewing et al. (1957).



Figura 5 - Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh caratterizzata dall'oscillazione polarizzata in un piano verticale e con movimento delle particelle retrogrado rispetto alla direzione di propagazione dell'onda.

La determinazione della velocità delle onde di taglio VS tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%). Inoltre l'ampiezza delle onde superficiali dipende da \sqrt{r} e non da r come per le onde di volume.

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla VP e dalla densità, è funzione innanzitutto della VS, parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05; D.M. 14 gennaio 2008). Infatti, mentre la velocità delle onde P misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde S è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde P, risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle VS, è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati (Fig. 6).

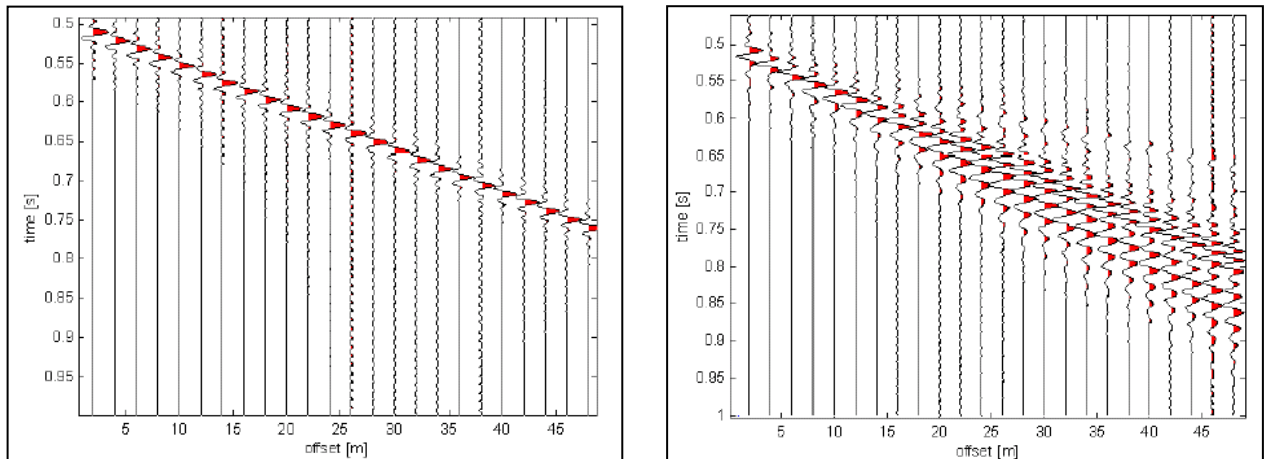


Figura 6 – Segnali sismici che evidenziano (in rosso) le onde superficiali di Rayleigh in un mezzo non stratificato (a sinistra) e in un mezzo stratificato (a destra). Risulta evidente il fenomeno della dispersione delle onde superficiali di Rayleigh in un mezzo stratificato.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione della velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è inversamente proporzionale alla lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite processo di inversione (Fig. 7).

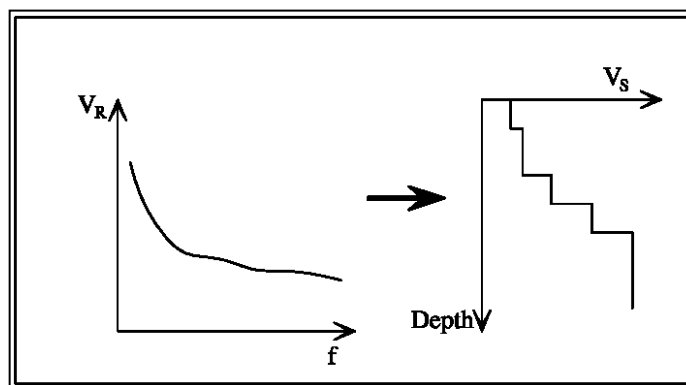


Figura 7 – Velocità delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza (a sinistra) e profilo di velocità delle onde di taglio in funzione della profondità (a destra) ricavato tramite processo d'inversione.

La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) è pari a circa il 90% delle onde di taglio (V_S). Le tecniche di analisi delle onde di Rayleigh vengono realizzate con procedure operative meno onerose della comune sismica a rifrazione e delle

prove in foro e hanno un grado di incertezza nella determinazione delle VS <15%.

La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le seguenti metodologie: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time Analysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La tecnica ReMi consente di raggiungere profondità ragguardevoli fornendo un profilo verticale medio delle VS relative al volume di sottosuolo sotteso dallo stendimento (non rettilineo) messo in opera. Questa tecnica viene estensivamente utilizzata negli Stati Uniti nell'ambito del NEHRP (National Earthquake Hazard Reduction Program) tanto che il software fornisce anche direttamente il valore di VS30 e la categoria della classificazione del suolo secondo la normativa americana.

Il metodo FTAN per la determinazione delle VS30 (basato sull'analisi della velocità di gruppo delle onde superficiali di Rayleigh) ha bisogno di un solo ricevitore e permette la definizione di un profilo medio su distanze di decine-centinaia di metri. Inoltre il metodo fornisce valori di velocità delle onde di taglio in buon accordo con le misure in foro.

Il metodo SASW (basato sull'analisi della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh) viene generalmente impiegato per la determinazione delle VS di strati superficiali (<30m) e per la determinazione delle proprietà elastiche di strade e pavimentazioni (Stokoe & Nazarian, 1985) e, pertanto, sembra essere tra i metodi non invasivi quello più popolare tra gli ingegneri.

La tecnica MASW, fondata sulla tecnica SASW, consente una dettagliatissima ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo.

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una efficiente ed accreditata metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio VS. Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le

onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali, simili alla tecnica SASW, basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede 4 passi fondamentali:

1. Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici (Fig. 8), generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni (Fig. 9) che viene spostato lungo la linea dello stendimento stesso dopo ogni acquisizione;

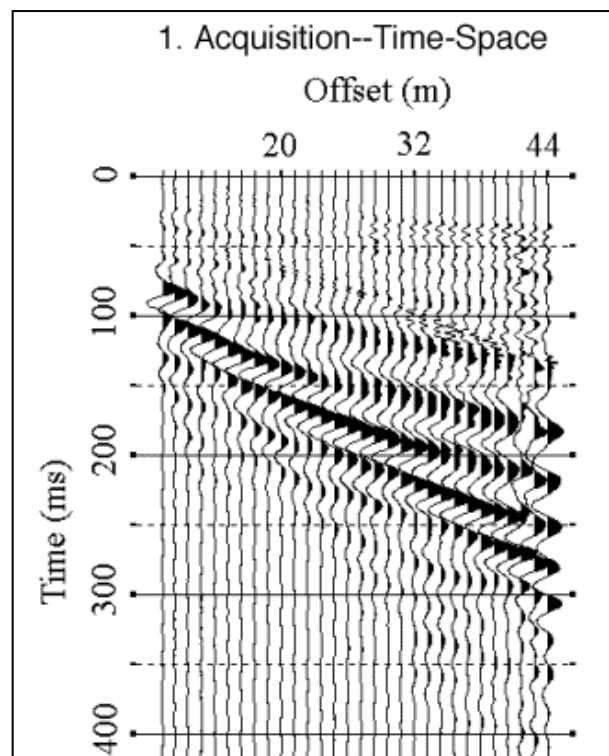


Figura 7 – Segnali sismici acquisiti dai geofoni lungo uno stendimento.

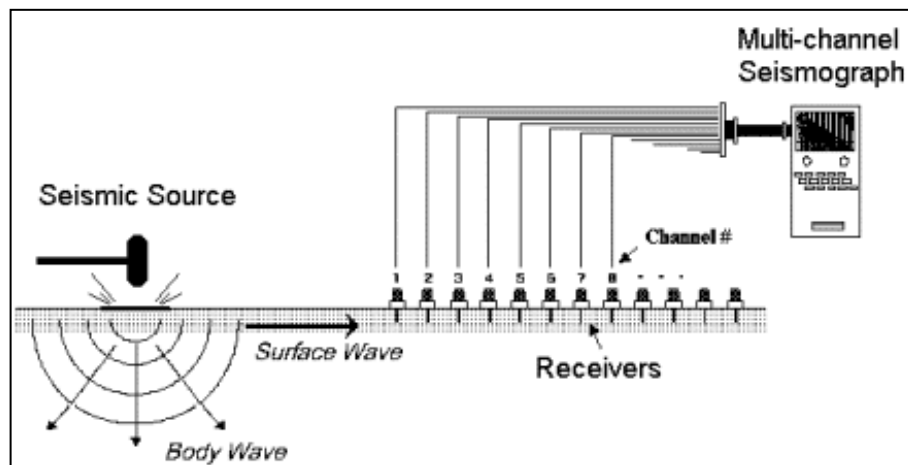


Figura 9 – Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo MASW.

2. Estrazione del modo fondamentale di oscillazione dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh (una curva per ogni acquisizione) (Fig. 10);

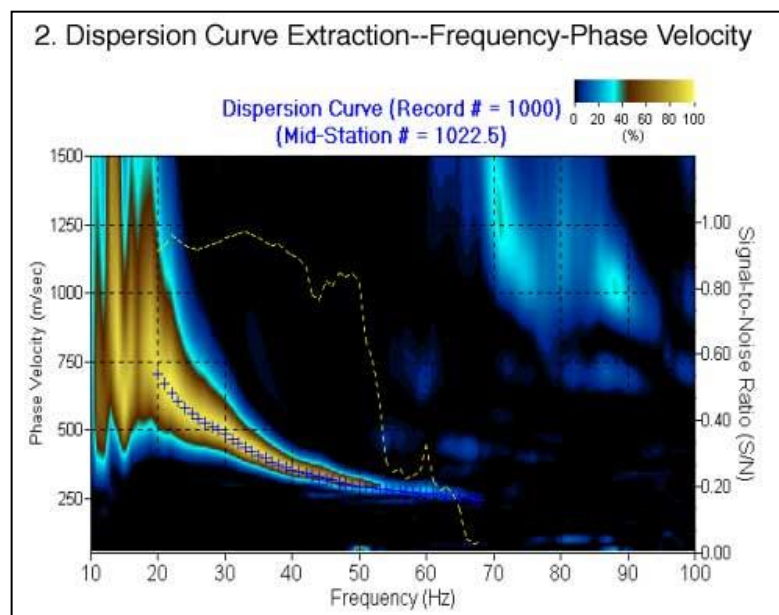


Figura 10 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh.

3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle VS (Fig. 11) (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);

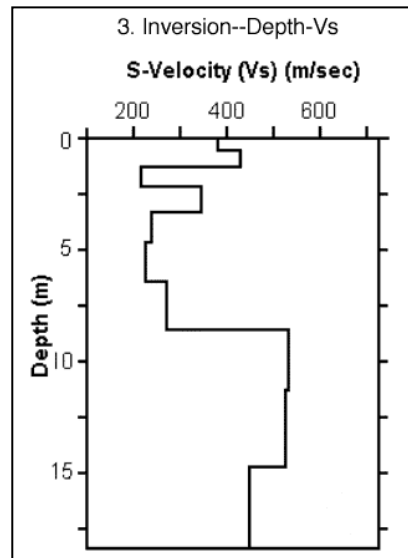


Figura 11 – Modello di velocità delle onde di taglio (VS) ottenuto dalla curva di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh attraverso l'inversione di un modello multistrato di terreno. La velocità delle onde di taglio è approssimativamente pari a $1.1VR$ (VR =velocità delle onde di Rayleigh) e la profondità è pari a circa 0.4λ (λ =lunghezza d'onda).

4. Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle VS dei terreni con approccio multicanale (con almeno due acquisizioni dei segnali, ovvero uno spostamento lungo la linea dello stendimento) (Fig.12).

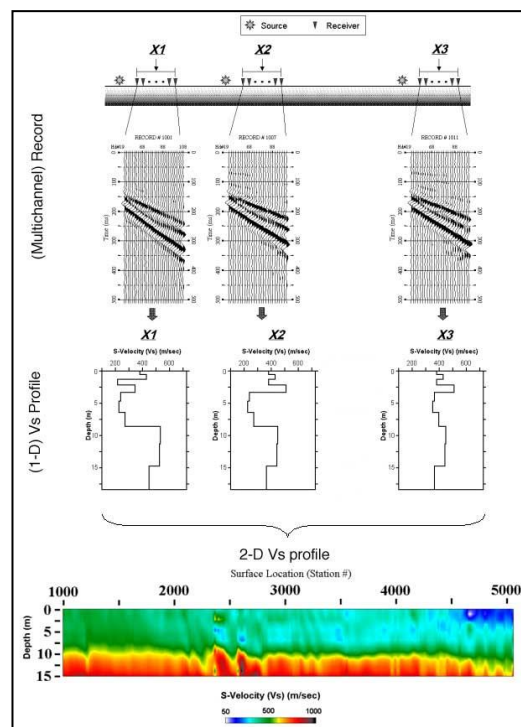


Figura 12 – Modello 2D di velocità delle onde di taglio (VS) ottenuto dalle inversioni delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh.

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume (P ed S), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore (Fig. 13).

Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana (Fig. 14).

Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.

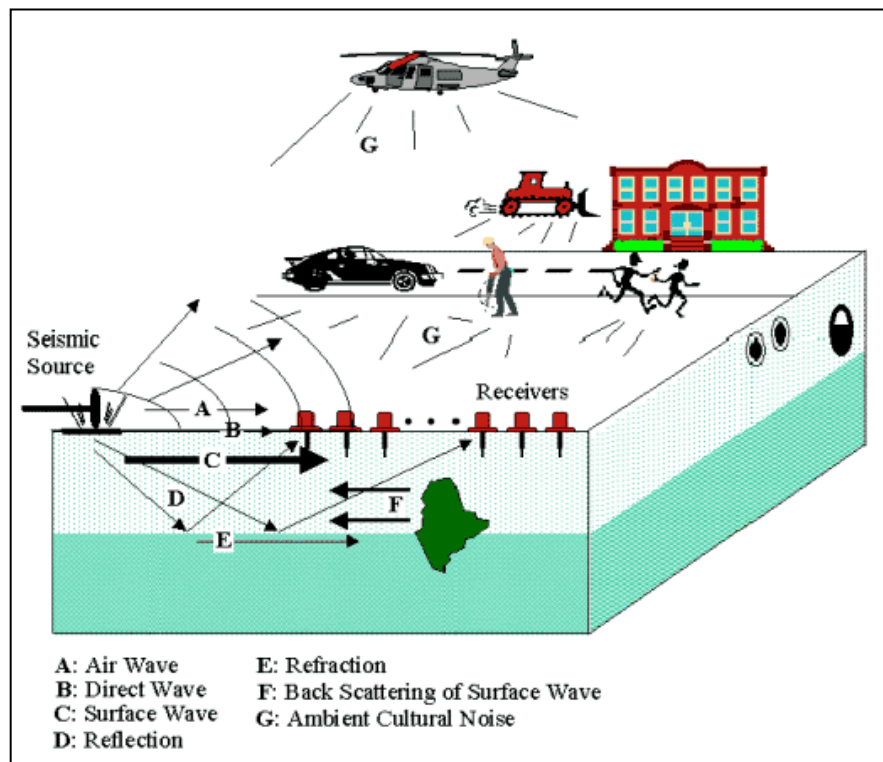


Figura 13 – Schematizzazione dei vari tipi di onde (di volume e superficiali) e di alcune possibili sorgenti di rumore ambientale.

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti (Fig. 15) in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni (Fig. 16).

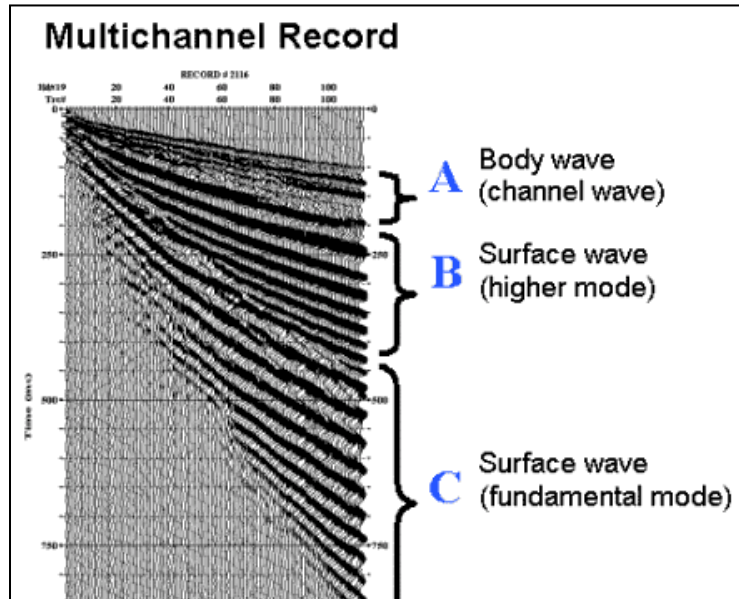


Figura 15 – Segnali sismici con acquisizione multicanale e riconoscimento delle varie fasi sismiche (onde di volume, modo fondamentale e modi superiori delle onde superficiali).

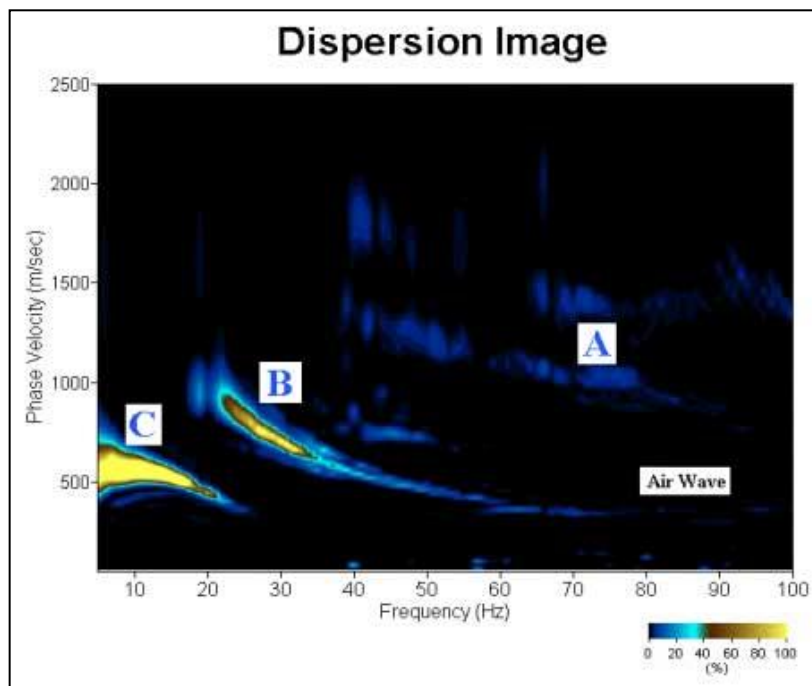


Figura 16 – Curva di dispersione della velocità di fase in funzione della frequenza delle onde superficiali di Rayleigh relativa ai segnali sismici in Fig. 24. Il picco energetico in corrispondenza di C rappresenta, nel modello della dispersione, il modo fondamentale da estrarre. Il picco energetico in B rappresenta il primo modo mentre quello in A, poco evidente, rappresenterebbe il secondo modo.

Successivamente, il modo fondamentale (proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

Indagini eseguite

Al fine di caratterizzare sismicamente il suolo nell'area oggetto di indagine, è stata eseguita una prospezione sismica MASW (Fig. 17), con le seguenti caratteristiche (coordinate geografiche WGS84 del sito 40.846469° N - 14.287936° E) (Tab. 6):

| Prospezione sismica | Lunghezza complessiva dello stendimento (m) | Offset e spacing (m) | Direzione |
|---------------------|---|----------------------|-----------|
| MASW n.1 | 37.50 | 1.50 | N 140° E |

Tabella 6 – Riepilogo caratteristiche delle fasi di acquisizione relative allo stendimento geofonico messo in opera.

È stata inoltre condotta un'analisi della risposta sismica del suolo fornendo il calcolo degli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto (D.M. 14 gennaio 2008).

L'indagine è stata condotta mediante l'utilizzo di sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. (Refraction Microtremor); M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves); S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves)].

L'elevata dinamica (24 bit di risoluzione) unita alla notevole memoria per l'acquisizione, ne consente l'utilizzo per tecniche di indagine di tipo non convenzionale. Tali indagini risultano particolarmente adatte in aree fortemente antropizzate (aree urbane e industriali) con notevole presenza di rumore di fondo (noise).

La gestione dell'apparecchiatura è notevolmente semplificata dall'interfaccia grafica e dall'interazione con essa tramite il sistema di puntamento touch-screen, che consente di eseguire tutte le operazioni toccando con un pennino gli oggetti interessati direttamente sullo schermo.

L'ambiente operativo dello strumento è quello di Microsoft Windows XP embedded.

La sorgente sismica (Fig. 13) è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 6kg che batte su una piastra circolare in alluminio). Come trigger/starter è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz, posto in prossimità della piastra.

Quando la battuta sulla superficie della piastra non risultava netta o veniva colpita due volte erroneamente, la prova veniva ripetuta.

La sorgente è stata posizionata all'inizio e alla fine dello stendimento geofonico, con offset pari a 1.50m, in modo tale da ottenere profili sismici diretti ed inversi. Le oscillazioni del suolo sono state rilevate da 24 geofoni verticali (Geospace – 4.5Hz) posizionati lungo il profilo di indagine con spacing predefinito (Fig. 1; Tab. 1). La lunghezza complessiva dello stendimento

geofonico è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia 2D dei terreni nel sito prescelto fino alla profondità di 35.5m dal p.c..

I segnali sismici acquisiti sono stati successivamente elaborati con apposito programma (SurfSeis 2.05 della Kansas Geological Survey) per la determinazione della sismostratigrafia del sottosuolo.



Figura 17 – Sorgente energizzante, costituita da massa battente su piastra di alluminio. Come starter/trigger è stato utilizzato un geofono verticale Geospace a 14Hz.

Acquisizione ed elaborazione dati

Le acquisizioni dei segnali, di lunghezza temporale $T=2.048s$, sono state effettuate con passo di campionamento $dt=0.5ms$. La frequenza di campionamento è data da: $f_{campionamento}=1/dt=2000Hz$. La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da: $f_{Nyquist}=1/2dt=1000Hz$. La frequenza minima dei segnali è data da: $f_{min}=1/T=0.488Hz$.

L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh sono state effettuate con il programma SurfSeis 2.05 della Kansas Geological Survey che ha permesso di eseguire

l'intero processo di elaborazione di n°1 sezione sismostratigrafica 2D delle VS (Fig. 24).

Gli elaborati relativi alla prova effettuata sono di seguito riportati (Figg. 18 – 24).

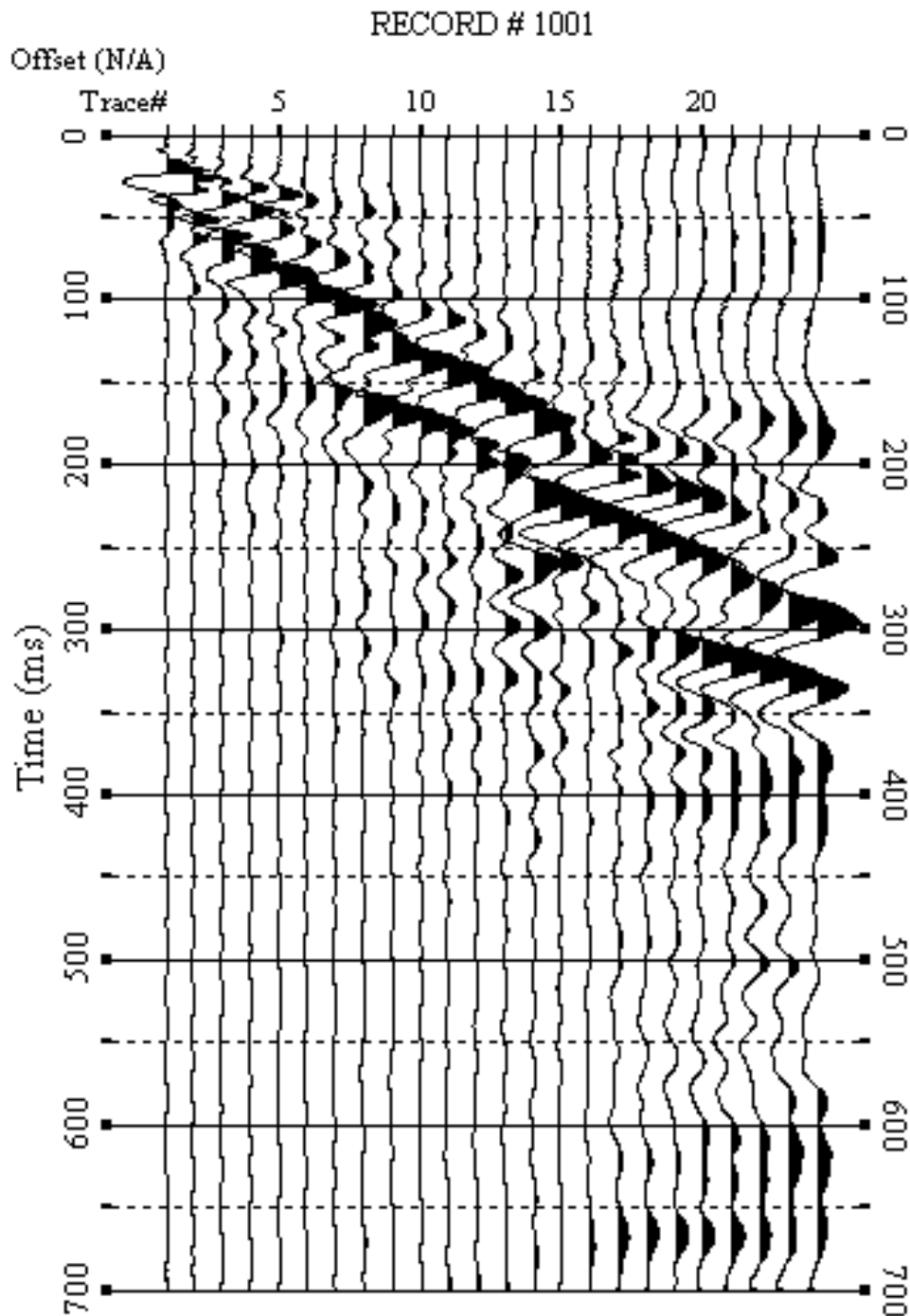


Figura 18 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 1. Finestra temporale [0-700]ms.

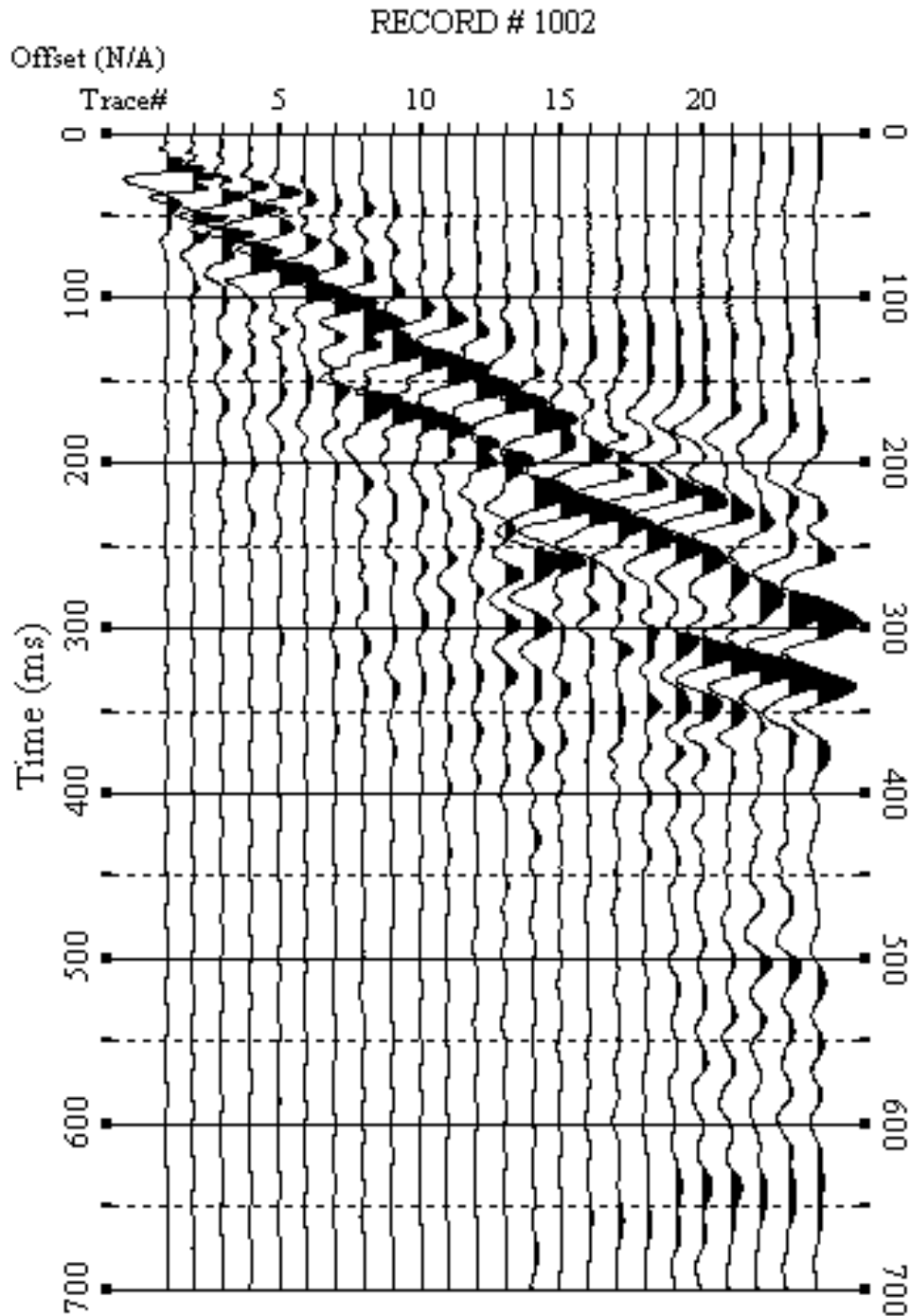


Figura 19 – Sismogrammi relativi all'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 2. Finestra temporale [0-700]ms.

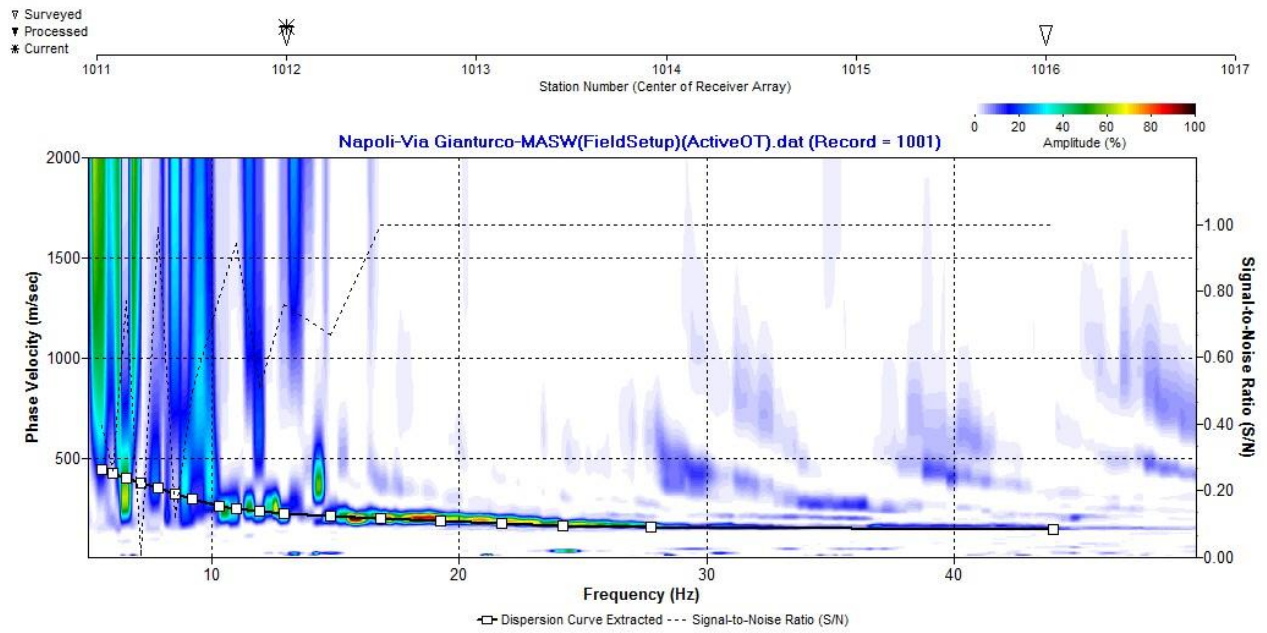


Figura 20– Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 1.

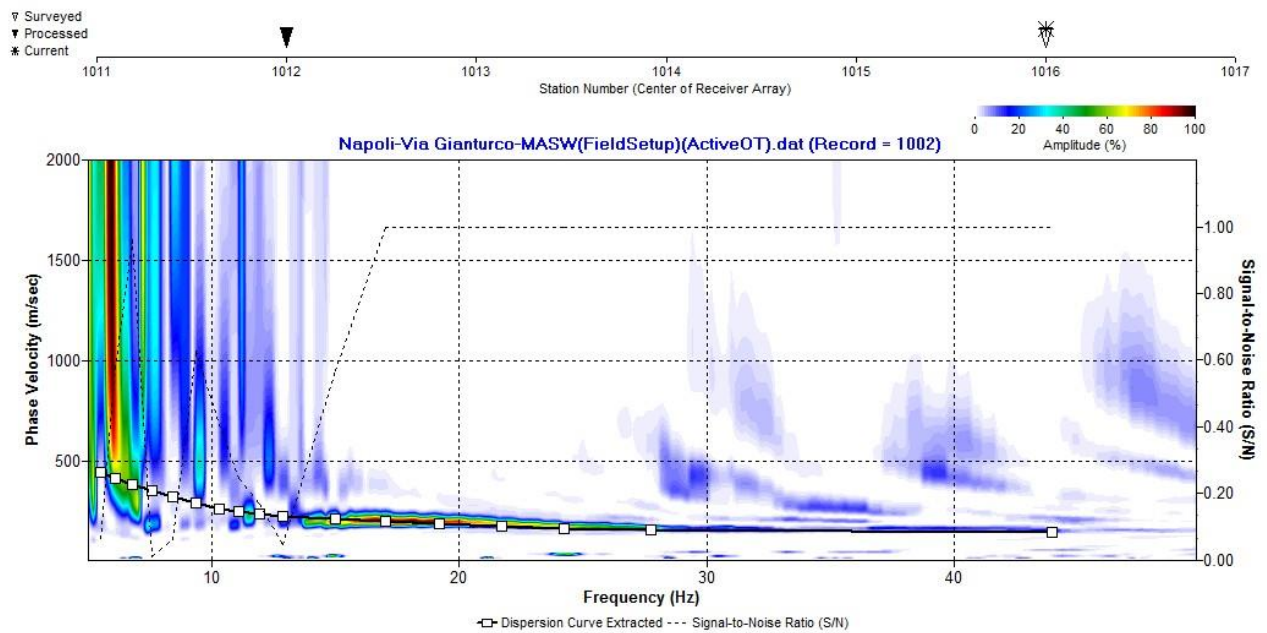


Figura 21 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 2.

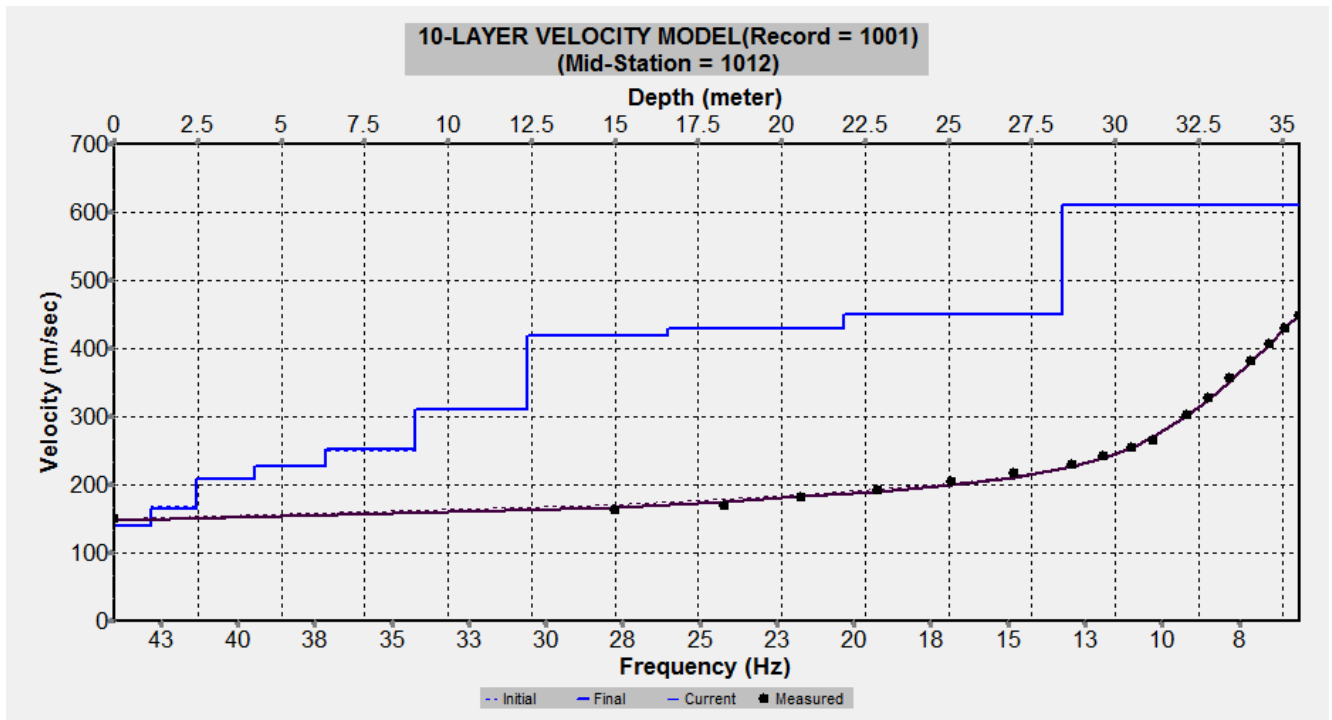


Figura 22 – Profilo verticale 1D delle VS ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 - acquisizione n. 1.

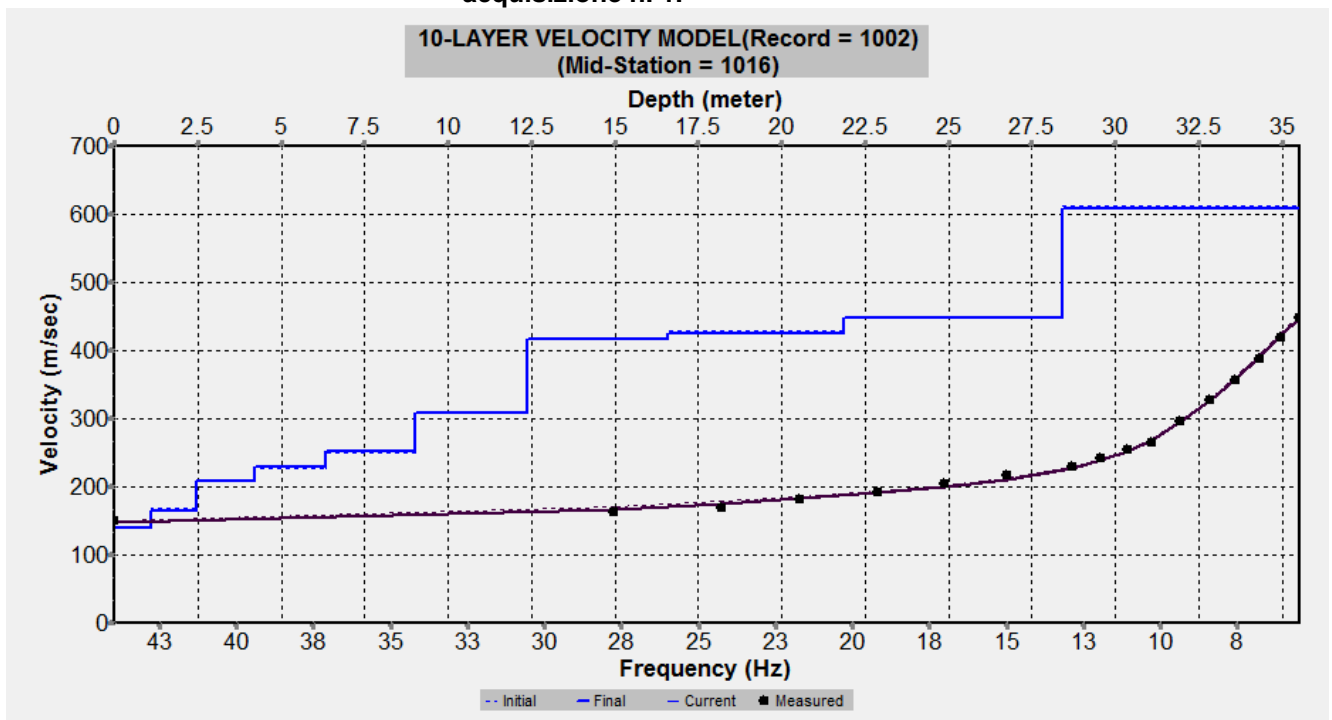


Figura 23 – Profilo verticale 1D delle VS ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 - acquisizione n. 2.

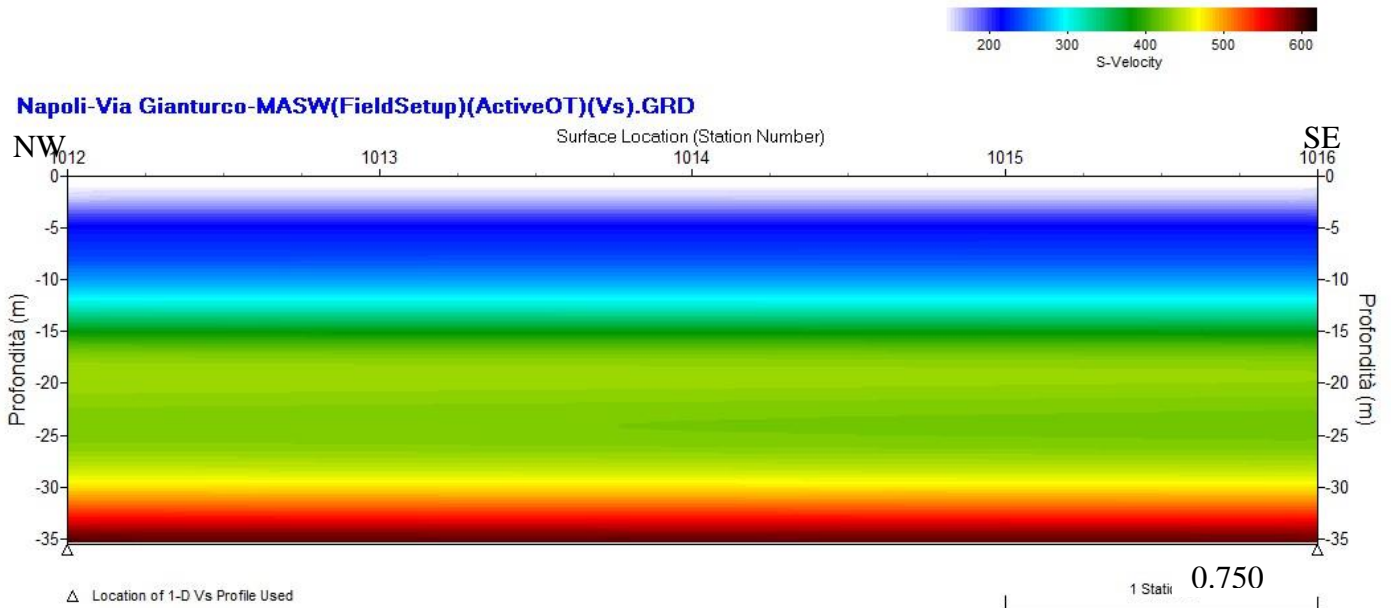


Figura 24 – Modello sismostratigrafico 2D delle VS ottenuto dall’indagine Sismica MASW n. 1.

Interpretazione ed analisi dei dati

L’indagine sismica MASW 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. 14 gennaio 2008 (Tab. 7; Tab. 8). Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

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

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 |
|-----------|--|
| A | <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 | <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). |
| C | <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). |
| D | <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). |
| E | <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). |

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

Tabella 7 – Categorie Suoli di fondazione (D.M. 14 gennaio 2008).

| <i>Prospezione sismica</i> | $V_{S\ 0-30}$ (m/s) | <i>Categoria Suoli di Fondazione (D.M. 14/01/2008)</i> |
|----------------------------|---------------------|--|
| MASW n. 1 | [315 ÷ 316] | C |

Tabella 8 – Categoria Suolo di fondazione ottenuta dalla prospezione sismica MASW effettuata.

Categoria di suolo di fondazione C = *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con spessori superiori a 30m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{S30} compresi tra 180m/s e 360m/s (ovvero $15 < N_{SPT\ 30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).

Categoria topografica T1 = Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$.

Risposta sismica locale

È noto da tempo che i danni che si manifestano durante un terremoto possono avere dimensioni molto diverse in località tra loro vicine a causa di una differente risposta sismica locale; ad esempio, per lo stesso sisma registrato da strumenti identici e a breve distanza reciproca, uno posto su di una coltre alluvionale di 200m di spessore, l'altro su rocce cristalline, fu rilevato un rapporto di ampiezza pari a 5 corrispondente a circa 2 unità della scala sismica delle intensità (Carrara et al., 1992). D'altra parte, lo stesso concetto di magnitudo tiene conto di ciò, legando la sua valutazione all'ampiezza del moto del suolo normalizzata sia mediante una funzione di attenuazione con la distanza, sia mediante un coefficiente di stazione e quest'ultimo è legato, appunto, alla diversa risposta dei siti di registrazione ad uno stesso evento sismico.

Questo fenomeno fu notato per la prima volta un secolo fa quando, durante il tristemente noto terremoto di S. Francisco del 1906, edifici praticamente identici per forma, dimensioni e materiali impiegati, subirono danni sensibilmente diversi (alcuni edifici subirono crolli totali mentre altri subirono danni praticamente trascurabili).

È ormai assodato che le caratteristiche con cui si presenta un sisma in un dato sito sono fortemente dipendenti oltre che dalle caratteristiche della sorgente, dalle modalità di emissione dell'energia e dalla distanza ipocentrale, soprattutto da fattori di risposta locale che modificano la composizione spettrale del sisma.

In sostanza la risposta sismica locale è l'azione di filtro e d'amplificatore esercitata localmente dagli strati più superficiali del terreno sovrapposti ad un basamento roccioso; essa è l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo a una formazione rocciosa

di base (substrato o bedrock), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti (deposito di copertura) fino alla superficie.

Per una corretta valutazione della risposta sismica locale è quindi indispensabile calcolare gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto.

La valutazione della risposta sismica locale è stata effettuata secondo i dettami del recente D.M. del 14 gennaio 2008, tramite l'utilizzo del software sperimentale SPETTRI NTC 1.0.3 sviluppato a cura del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ed utilizzando le risultanze della prospezione sismica MASW precedentemente descritta.

Gli spettri di risposta ottenuti sono relativi allo Stato Limite di Esercizio SLD (Stato Limite di Danno) e allo Stato Limite Ultimo SLV (Stato Limite di Salvaguardia della Vita).

In un primo stadio è stata individuata la pericolosità del sito sulla base dei risultati del progetto S1 dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) (Tab. 9; Fig. 25).

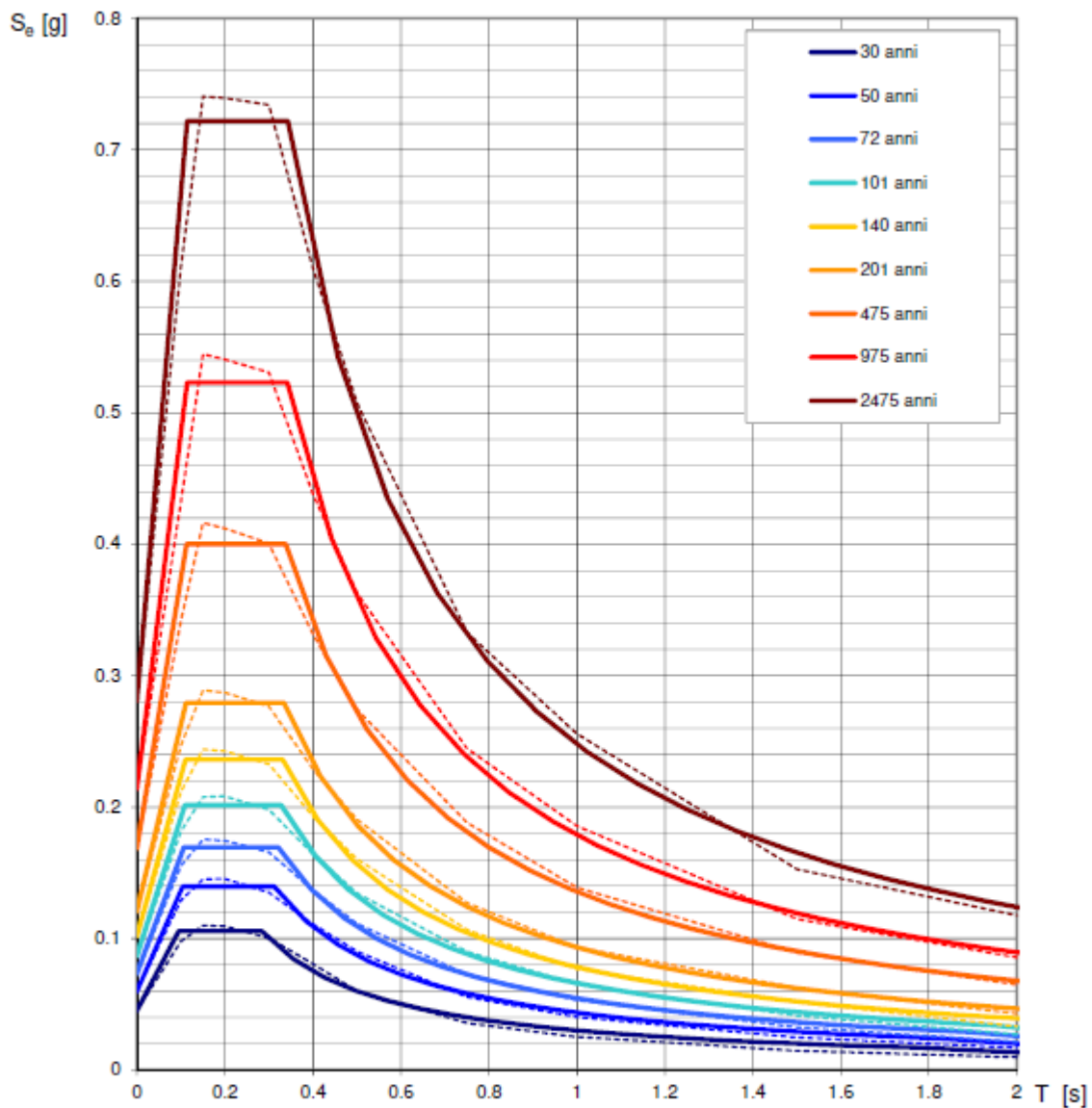
In un secondo momento sono stati calcolati gli spettri di risposta elastici relativi alla strategia di progettazione prescelta (Vita nominale della costruzione - $VN \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $CU = 1$ - Classe d'uso della costruzione II) ed all'azione di progetto di riferimento (SLD e SLV) (Tabb. 10 - 13; Figg. 26 - 27).

Gli spettri di risposta elastici ottenuti sono rappresentativi delle componenti orizzontale e verticale delle azioni sismiche di progetto per la tipologia di sito (categoria di suolo C - categoria topografica T1) individuata nell'area oggetto di indagine.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER PERIODI DI RITORNO DI
RIFERIMENTO
PER CATEGORIA DI SUOLO A
PUNTO DI COORDINATE LONG. 14.287936 – LAT. 40.846469 (IN GRADI
DECIMALI)**

| T_R [anni] | a_g [g] | F_0 [-] | T_C^* [s] |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30 | 0.045 | 2.340 | 0.284 |
| 50 | 0.060 | 2.335 | 0.312 |
| 72 | 0.073 | 2.323 | 0.321 |
| 101 | 0.087 | 2.325 | 0.327 |
| 140 | 0.102 | 2.321 | 0.331 |
| 201 | 0.121 | 2.315 | 0.334 |
| 475 | 0.168 | 2.375 | 0.338 |
| 975 | 0.214 | 2.444 | 0.342 |
| 2475 | 0.281 | 2.572 | 0.343 |

Tabella 9 - Prospetto dei valori dei parametri a_g , F_0 , T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento. a_g = accelerazione orizzontale massima al sito; F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; T_C = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Figura 25 – Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_r di riferimento per categoria di suolo A.

**SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICI PER CATEGORIA DI SUOLO C
E PER CATEGORIA TOPOGRAFICA T1
PUNTO DI COORDINATE LONG. 14.287936 – LAT. 40.846469 (IN GRADI DECIMALI)**

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLD |
|--------------|---------|
| a_g | 0.060 g |
| $F_{0,0}$ | 2.335 |
| T_C | 0.312 s |
| S_S | 1.500 |
| C_C | 1.542 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.500 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.160 s |
| T_C | 0.481 s |
| T_D | 1.840 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|------------------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.090 |
| $T_B \leftarrow$ | 0.160 | 0.210 |
| $T_C \leftarrow$ | 0.481 | 0.210 |
| | 0.546 | 0.185 |
| | 0.611 | 0.165 |
| | 0.675 | 0.150 |
| | 0.740 | 0.136 |
| | 0.805 | 0.125 |
| | 0.869 | 0.116 |
| | 0.934 | 0.108 |
| | 0.999 | 0.101 |
| | 1.063 | 0.095 |
| | 1.128 | 0.090 |
| | 1.193 | 0.085 |
| | 1.257 | 0.080 |
| | 1.322 | 0.076 |
| | 1.387 | 0.073 |
| | 1.452 | 0.070 |
| | 1.516 | 0.067 |
| | 1.581 | 0.064 |
| | 1.646 | 0.061 |
| | 1.710 | 0.059 |
| | 1.775 | 0.057 |
| $T_D \leftarrow$ | 1.840 | 0.055 |
| | 1.943 | 0.049 |
| | 2.045 | 0.044 |
| | 2.148 | 0.040 |
| | 2.251 | 0.037 |
| | 2.354 | 0.034 |
| | 2.457 | 0.031 |
| | 2.560 | 0.028 |
| | 2.663 | 0.026 |
| | 2.766 | 0.024 |
| | 2.868 | 0.023 |
| | 2.971 | 0.021 |
| | 3.074 | 0.020 |
| | 3.177 | 0.018 |
| | 3.280 | 0.017 |
| | 3.383 | 0.016 |
| | 3.486 | 0.015 |
| | 3.589 | 0.014 |
| | 3.691 | 0.014 |
| | 3.794 | 0.013 |
| | 3.897 | 0.012 |
| | 4.000 | 0.012 |

Tabella 10– Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD. Categ. suolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN \geq 50 anni; Coefficiente d'uso della costruzione - CU = 1 – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLD |
|--------------|---------|
| a_{gv} | 0.020 g |
| S_S | 1.000 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.500 |
| T_B | 0.050 s |
| T_C | 0.150 s |
| T_D | 1.000 s |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|-------|
| F_v | 0.772 |
| S | 1.000 |
| η | 0.667 |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B}\right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T}\right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2}\right)$$

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|---------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.020 |
| T_B ← | 0.050 | 0.031 |
| T_C ← | 0.150 | 0.031 |
| | 0.235 | 0.020 |
| | 0.320 | 0.014 |
| | 0.405 | 0.011 |
| | 0.490 | 0.009 |
| | 0.575 | 0.008 |
| | 0.660 | 0.007 |
| | 0.745 | 0.006 |
| | 0.830 | 0.006 |
| | 0.915 | 0.005 |
| T_D ← | 1.000 | 0.005 |
| | 1.094 | 0.004 |
| | 1.188 | 0.003 |
| | 1.281 | 0.003 |
| | 1.375 | 0.002 |
| | 1.469 | 0.002 |
| | 1.563 | 0.002 |
| | 1.656 | 0.002 |
| | 1.750 | 0.002 |
| | 1.844 | 0.001 |
| | 1.938 | 0.001 |
| | 2.031 | 0.001 |
| | 2.125 | 0.001 |
| | 2.219 | 0.001 |
| | 2.313 | 0.001 |
| | 2.406 | 0.001 |
| | 2.500 | 0.001 |
| | 2.594 | 0.001 |
| | 2.688 | 0.001 |
| | 2.781 | 0.001 |
| | 2.875 | 0.001 |
| | 2.969 | 0.001 |
| | 3.063 | 0.000 |
| | 3.156 | 0.000 |
| | 3.250 | 0.000 |
| | 3.344 | 0.000 |
| | 3.438 | 0.000 |
| | 3.531 | 0.000 |
| | 3.625 | 0.000 |
| | 3.719 | 0.000 |
| | 3.813 | 0.000 |
| | 3.906 | 0.000 |
| | 4.000 | 0.000 |

Tabella 11 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD. Categ. suolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d'uso della costruzione - CU = 1 – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.

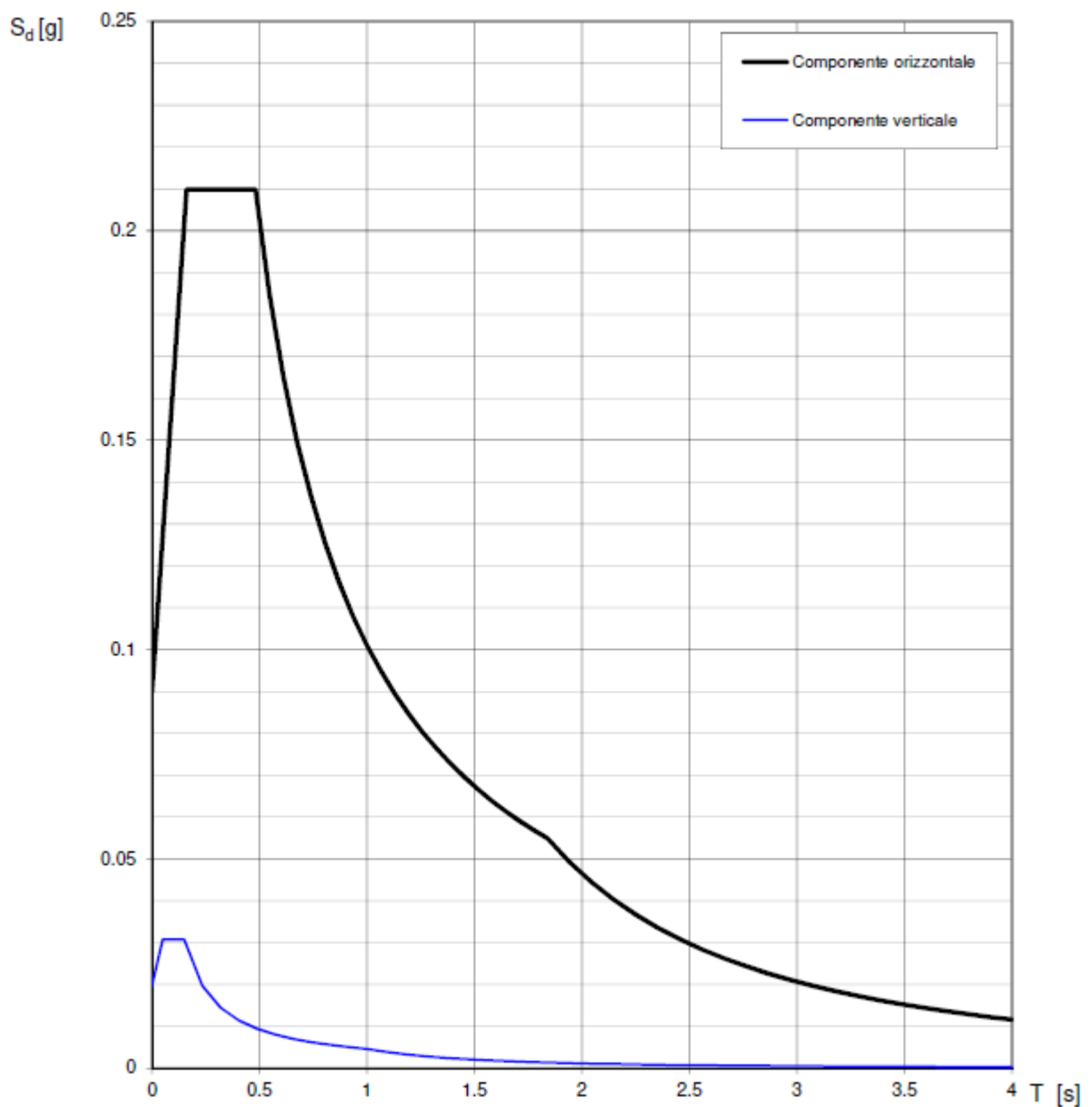


Figura 26 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLD – Categ. suolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN \geq 50 anni; Coefficiente d'uso della costruzione - CU = 1 – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_g | 0.168 g |
| F_o | 2.375 |
| T_C | 0.338 s |
| S_S | 1.460 |
| C_C | 1.501 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.460 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.169 s |
| T_C | 0.508 s |
| T_D | 2.274 s |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|---------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.246 |
| T_B ← | 0.169 | 0.584 |
| T_C ← | 0.508 | 0.584 |
| | 0.592 | 0.501 |
| | 0.676 | 0.439 |
| | 0.760 | 0.390 |
| | 0.844 | 0.351 |
| | 0.928 | 0.320 |
| | 1.013 | 0.293 |
| | 1.097 | 0.271 |
| | 1.181 | 0.251 |
| | 1.265 | 0.235 |
| | 1.349 | 0.220 |
| | 1.433 | 0.207 |
| | 1.517 | 0.196 |
| | 1.601 | 0.185 |
| | 1.685 | 0.176 |
| | 1.769 | 0.168 |
| | 1.853 | 0.160 |
| | 1.937 | 0.153 |
| | 2.022 | 0.147 |
| | 2.106 | 0.141 |
| | 2.190 | 0.136 |
| T_D ← | 2.274 | 0.130 |
| | 2.356 | 0.122 |
| | 2.438 | 0.113 |
| | 2.520 | 0.106 |
| | 2.603 | 0.100 |
| | 2.685 | 0.094 |
| | 2.767 | 0.088 |
| | 2.849 | 0.083 |
| | 2.931 | 0.079 |
| | 3.014 | 0.074 |
| | 3.096 | 0.070 |
| | 3.178 | 0.067 |
| | 3.260 | 0.063 |
| | 3.342 | 0.060 |
| | 3.425 | 0.058 |
| | 3.507 | 0.055 |
| | 3.589 | 0.052 |
| | 3.671 | 0.050 |
| | 3.753 | 0.048 |
| | 3.836 | 0.046 |
| | 3.918 | 0.044 |
| | 4.000 | 0.042 |

Tabella 12 – Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV. Categ. suolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN ≥ 50 anni; Coefficiente d'uso della costruzione - CU = 1 – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura q = 1.5.

Parametri indipendenti

| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_{gv} | 0.093 g |
| S_S | 1.000 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.500 |
| T_B | 0.050 s |
| T_C | 0.150 s |
| T_D | 1.000 s |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|-------|
| F_v | 1.316 |
| S | 1.000 |
| η | 0.667 |

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

| | T [s] | Se [g] |
|------------------|-------|--------|
| | 0.000 | 0.093 |
| $T_B \leftarrow$ | 0.050 | 0.148 |
| $T_C \leftarrow$ | 0.150 | 0.148 |
| | 0.235 | 0.094 |
| | 0.320 | 0.069 |
| | 0.405 | 0.055 |
| | 0.490 | 0.045 |
| | 0.575 | 0.039 |
| | 0.660 | 0.034 |
| | 0.745 | 0.030 |
| | 0.830 | 0.027 |
| | 0.915 | 0.024 |
| $T_D \leftarrow$ | 1.000 | 0.022 |
| | 1.094 | 0.019 |
| | 1.188 | 0.016 |
| | 1.281 | 0.014 |
| | 1.375 | 0.012 |
| | 1.469 | 0.010 |
| | 1.563 | 0.009 |
| | 1.656 | 0.008 |
| | 1.750 | 0.007 |
| | 1.844 | 0.007 |
| | 1.938 | 0.006 |
| | 2.031 | 0.005 |
| | 2.125 | 0.005 |
| | 2.219 | 0.005 |
| | 2.313 | 0.004 |
| | 2.406 | 0.004 |
| | 2.500 | 0.004 |
| | 2.594 | 0.003 |
| | 2.688 | 0.003 |
| | 2.781 | 0.003 |
| | 2.875 | 0.003 |
| | 2.969 | 0.003 |
| | 3.063 | 0.002 |
| | 3.156 | 0.002 |
| | 3.250 | 0.002 |
| | 3.344 | 0.002 |
| | 3.438 | 0.002 |
| | 3.531 | 0.002 |
| | 3.625 | 0.002 |
| | 3.719 | 0.002 |
| | 3.813 | 0.002 |
| | 3.906 | 0.001 |
| | 4.000 | 0.001 |

Tabella 13 – Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV. Categ. suolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN \geq 50 anni; Coefficiente d'uso della costruzione - CU = 1 – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

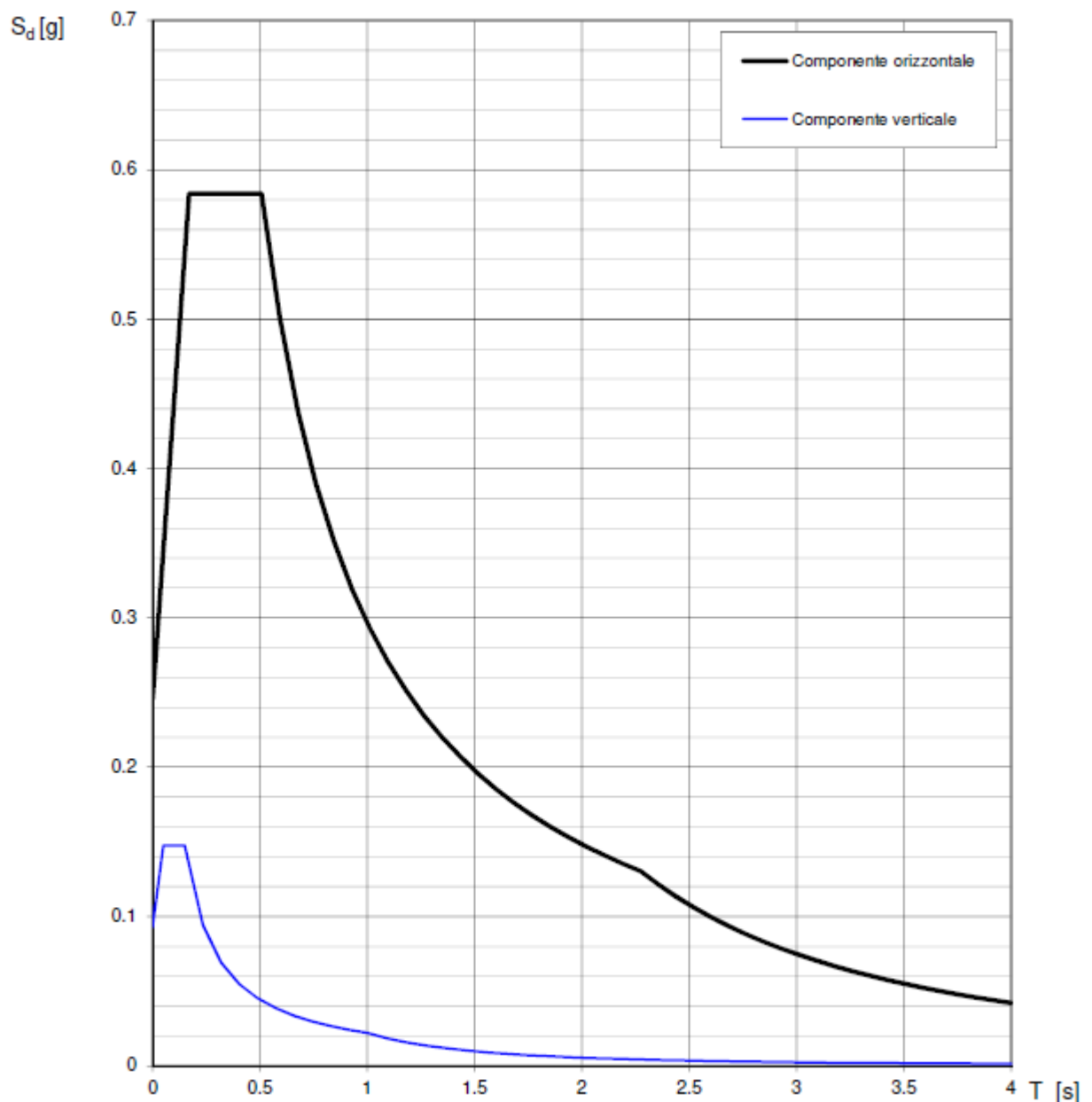


Figura 27 – Spettri di risposta elastici (componenti orizzontale e verticale) per lo stato limite SLV – Categ. suolo C. Categ. topografica T1. Vita nominale della costruzione - VN \geq 50 anni; Coefficiente d'uso della costruzione - CU = 1 – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Conclusioni caratterizzazione sismica

Il territorio comunale di Napoli (NA), a seguito della riclassificazione sismica del 2002 effettuata dalla Regione Campania, è classificato in II categoria - S=9 - $a_g=0.25g$ (Fig. 28).

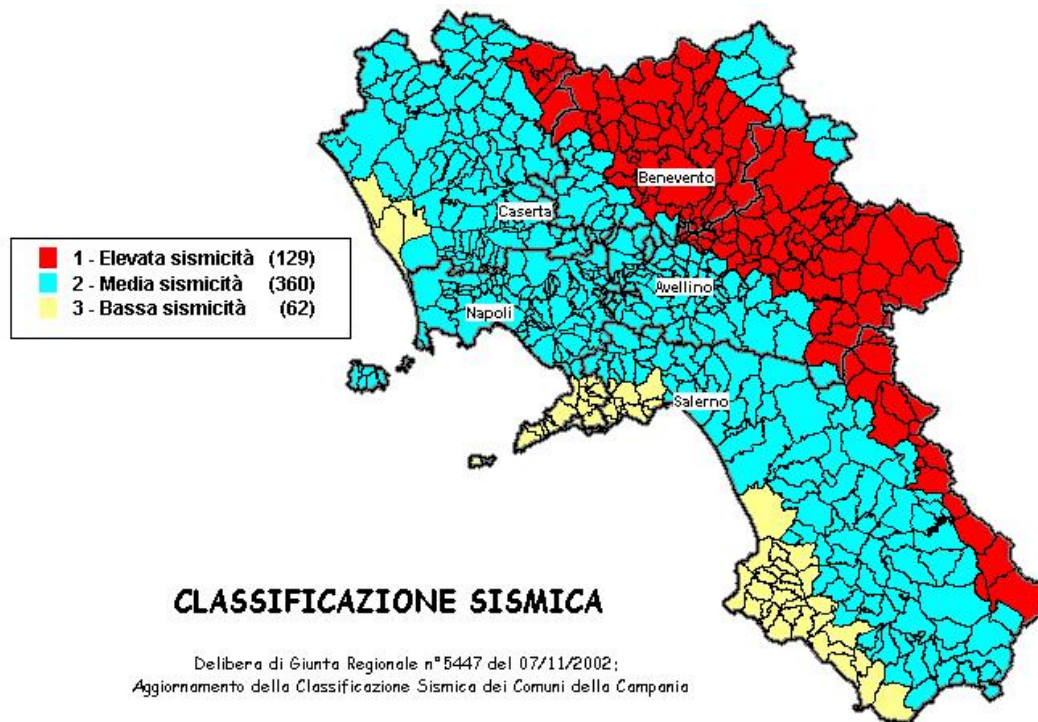


Figura 28 – Classificazione sismica del 2002 dei Comuni della Regione Campania.
Zona 1, valore di $a_g=0.35g$; Zona 2, valore di $a_g=0.25g$; Zona 3, valore di $a_g=0.15g$.

Inoltre, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 29), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), indica che il territorio comunale di Napoli (NA) rientra nelle celle contraddistinte da valori di a_g di riferimento compresi tra 0.150 e 0.175 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).

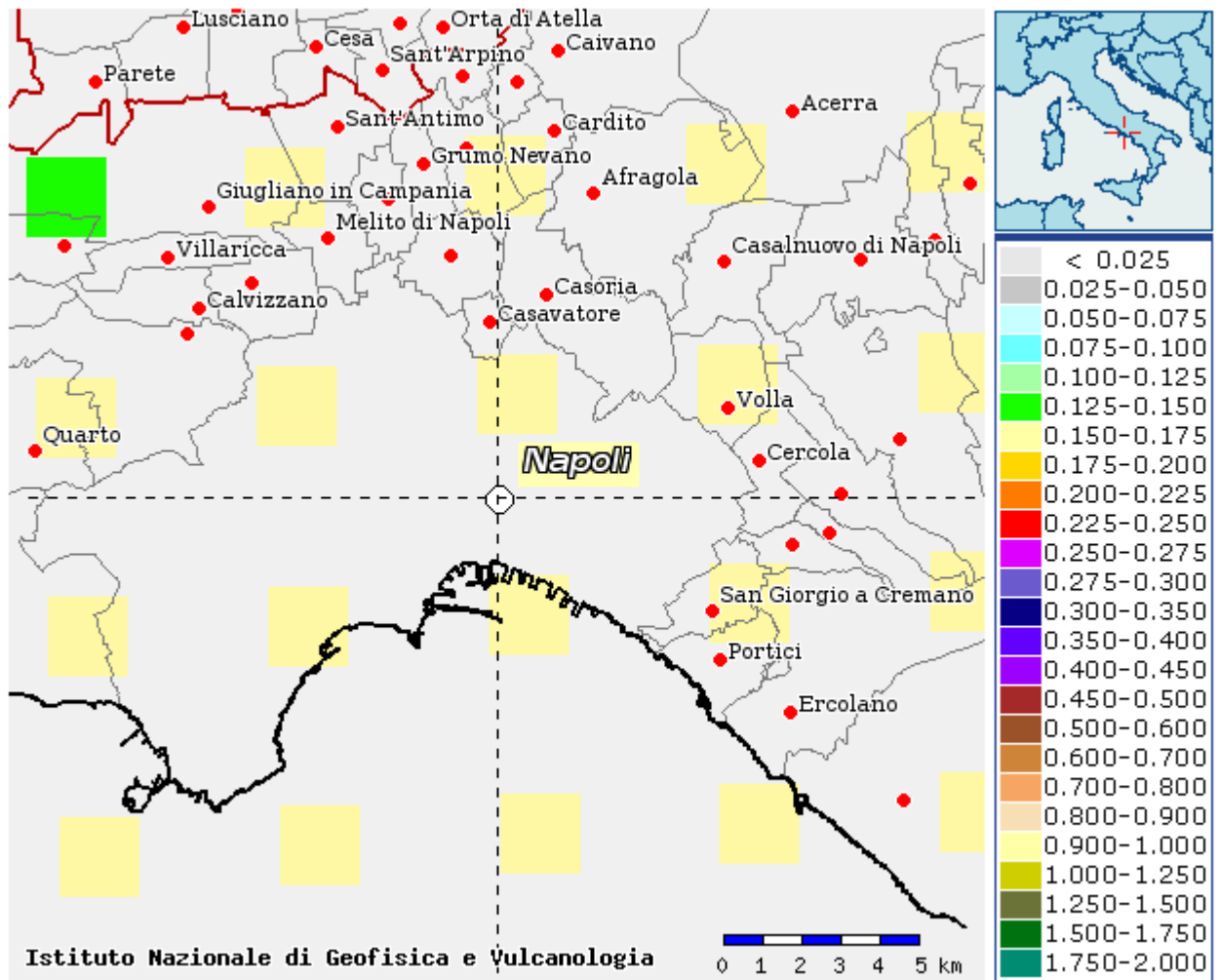


Figura 29 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano secondo le Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

I risultati forniti dall'indagine sismica MASW effettuata permettono di definire la categoria di suolo del sito, che risulta posto nella categoria **C** (vedi par. 6), con valori di V_{S30} calcolati pari a (Tab. 14):

| Prospezione sismica | $V_{S\ 0-30}$ (m/s) |
|---------------------|---------------------|
| MASW n. 1 | [315 ÷ 316] |

Tabella 14 – Valori di V_{S30} calcolati, relativi alla prospezione sismica MASW effettuata.

Proprio in funzione della categoria di suolo **C** e della categoria topografica **T1** sono stati ricavati tutti i parametri d'interesse ingegneristico, quali gli spettri di risposta elastici.

Il calcolo degli spettri di risposta elastici è stato effettuato con la seguente strategia di progettazione:

- Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni;
- Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II.

Il computo ha fornito valori massimi di a_g (accelerazione orizzontale massima al suolo) e S_e [g] (accelerazione orizzontale corrispondente ai periodi compresi tra T_B e T_C), relativamente agli stati limite SLD (Stato Limite di Danno) e SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita) pari a:

| a_g SLD | a_g SLV | S_e [g] SLD | S_e [g] SLV |
|-----------|-----------|---------------|---------------|
| [0.060] | [0.168] | [0.210] | [0.584] |

Tabella 15 – Valori massimi di a_g e S_e [g] relativamente agli stati limite SLD e SLV – componenti orizzontali degli spettri di risposta elastici. Vita nominale della costruzione - $V_N \geq 50$ anni; Coefficiente d'uso della costruzione - $C_U = 1$ – Classe d'uso della costruzione II; smorzamento 5%, fattore di struttura $q = 1.5$.

Di seguito si riportano i valori di V_s per i sismostrati riscontrati nella prospezione sismica MASW (Tab. 16).

| Sismostrato | Profondità (m) | V_s (m/s) acquisizione n.1 | V_s (m/s) acquisizione n.2 |
|-------------|----------------|------------------------------|------------------------------|
| S1 | 0.0 – 1.1 | 141 | 140 |
| S2 | 1.1 – 2.5 | 164 | 164 |
| S3 | 2.5 – 4.2 | 208 | 208 |
| S4 | 4.2 – 6.4 | 228 | 229 |
| S5 | 6.4 – 9.0 | 251 | 252 |
| S6 | 9.0 – 12.4 | 310 | 309 |
| S7 | 12.4 – 16.6 | 419 | 417 |
| S8 | 16.6 – 21.9 | 429 | 425 |
| S9 | 21.9 – 28.4 | 451 | 447 |
| S10 | 28.4 – 35.5 | 611 | 608 |

Tab. 16 - Prospetto delle determinazioni dei valori di V_s per i sismostrati riscontrati nell'indagine sismica MASW.

9. COMPATIBILITA' IDROGEOLOGICA DELLE OPERE

Come accennato in premessa questa relazione geologico – tecnica punta a verificare la compatibilità dell'intervento a farsi con le caratteristiche di stabilità del territorio circostante; tale verifica deve tenere in debito conto i seguenti parametri fondamentali:

- Gli studi di pianificazione territoriale;
- Il rilevamento geologico e geomorfologico eseguito nei dintorni del sito;
- Le tre prove penetrometriche dinamiche leggere eseguite.

Gli studi pianificatori cui si fa riferimento sono il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico e gli allegati geologico – tecnici al P.R.G.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Territorio, redatto dall'Autorità di Bacino Campania Centrale, che è l'Ente pianificatore in materia di Difesa Suolo che ha competenza sul Comune di Napoli, non ha perimetrato quest'area né per il rischio frane, né per il rischio idraulico.

In effetti, lo studio di dettaglio sull'area condotto con le modalità, di cui nei paragrafi precedenti, ha dimostrato come le condizioni geologiche e geomorfologiche non possono essere considerate come predisponenti al dissesto.

In definitiva, in virtù dei rilevamenti e delle considerazioni scaturite dal presente studio di fattibilità geologico – tecnico, le strutture da realizzare, sono compatibili con le caratteristiche di stabilità del territorio, così come si presentano dai grafici progettuali.

10. CONCLUSIONI

La presente relazione geologico – tecnica è stata redatta per le opere di ristrutturazione urbanistica consistente nella demolizione e ricostruzione da realizzare sugli immobili ubicati alla Via Emanuele Gianturco, attualmente civici nn. 44, 46, 48 e 50, in Napoli.

Il presente elaborato, relativamente ai lavori a farsi, è stato redatto ai sensi della normativa vigente. Oltre agli obblighi di legge, la presente relazione geologico – tecnica con modellazione sismica del suolo permette al progettista di procedere con la fase esecutiva della progettazione, nonché di dimensionare, al meglio le strutture a farsi. Inoltre, tale elaborato è stato redatto nel rispetto della Disciplina Normativa allegata al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, predisposto dall'Autorità di Bacino Campania Centrale, che è l'ente pianificatore in materia difesa suolo sul comune di Napoli.

Per la redazione di tal elaborato, sono state eseguite diverse fasi operative che è possibile riassumere nei seguenti punti:

- Acquisizione degli elaborati progettuali;
- Reperimento dei dati cartografici, geologici, geotecnici e geomorfologici sull'intero territorio comunale e sull'area in questione;
- Sopralluogo conoscitivo sul sito;
- Rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio;
- Esecuzione sondaggio a carotaggio continuo;
- Esecuzione prove SPT;
- Prelievo campioni indisturbati e relative analisi geotecniche;
- Esecuzione prova sismica di tipo MASW;
- Predisposizione cartografie tematiche;
- Redazione della relazione geologico – tecnica come da normativa vigente.

Questa relazione geologico – tecnica è stata redatta secondo la più classica delle metodologie, infatti, dopo un'attenta analisi bibliografica sono stati programmati una serie di sopralluoghi nel corso dei quali sono stati valutati i

dati in possesso della Scrivente.

Il rilevamento di dettaglio, ed i dati recuperati hanno confermato la sostanziale stabilità dell'area su cui insistono le opere, oggetto della presente relazione geologico – tecnica.

In definitiva, in virtù dei rilevamenti e delle considerazioni scaturite dalla presente relazione geologico – tecnica, le opere a farsi, non pregiudicano la stabilità del territorio.

Questo è, quanto dovuto, in merito all'incarico conferitomi, la Scrivente resta a disposizione della committenza per qualsiasi altra delucidazione in merito, anche presso gli Enti preposti all'istruttoria della pratica in questione.

Torre del Greco, 28/12/2017

Dott.^{ssa} Claudia Sacco

11. BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., Lineamenti di geologia regionale e tecnica, FORMEZ, Napoli, 1984;
- Autorità di Bacino Regionale del Sarno, Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Territorio, R.T.I. Enel – Hydro, Napoli, 2001;
- Bosellini et alii, Rocce e successioni sedimentarie, UTET, Torino, 1989;
- Carrara et alii, Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo: metodi geoelettrici e sismici, LIGUORI, Napoli, 1992;
- Castiglioni G.B., Geomorfologia, UTET, Torino, 1992;
- Celico P., Prospezioni idrogeologiche, LIGUORI, Napoli, 1986;
- Cestelli Guidi C., Geotecnica e tecnica delle fondazioni, HOEPLI, Milano, 1981;
- Colombo P., Elementi di geotecnica, ZANICHELLI, Bologna, 1996;
- Cremonini G., Rilevamento geologico, PITAGORA, Bologna, 1985;
- Naimo Vincenzo, Studio geologico allegato al P.R.G., Lettere, 1999;
- Nicotera P., Studio sulla franosità del suolo, Massa Lubrense, 1981;
- Servizio Geologico Nazionale, Foglio n°196 Sorrento in scala 1:100.000, Roma, 1951;
- Vallario A., Frane e territorio, LIGUORI, Napoli, 1992.