

COMUNE DI NAPOLI

COMMITTENTE
COMUNE DI NAPOLI
DIREZIONE CENTRALE VI

Appalto integrato per la progettazione esecutiva e l'esecuzione dei lavori di Edilizia
Sostitutiva per la realizzazione di 90 alloggi in via Croce di Pipemo - Soccavo

VARIANTE N. 4

ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA,
RELAZIONE MODELLAZIONE
SISMICA

Impresa : **LAVORI GENERALI s.r.l**
via Duomo n.290/C -80138 Napoli

Progettisti:

RG-RMS



COMUNE DI NAPOLI
CITTÀ METROPOLITANA DI NAPOLI

*Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei
lavori di edilizia sostitutiva per la costruzione di 90
alloggi. **Realizzazione muro di contenimento lato Chiesa
Evangelica via Giovanni Canonico Scherillo**
(N.C.E.U. Sez. SOC Foglio 126 p.lle 1, 1308, 1325, 1322, 1324)*

ELABORATI

RELAZIONE GEOLOGICA
RELAZIONE MODELLAZIONE SISMICA

COMMITTENTE

LAVORI GENERALI S.r.l

Volla, Settembre 2021

Dr. Geol. Antonio Iorio



Indice

1: Premessa

2: Inquadramento geologico generale dell'area

3. Aspetti stratigrafici di sito

4: Aspetti Idrogeologici dell'area oggetto di studio

5: Rischio Idrogeologico

6: Considerazioni sul rischio vulcanico

7: Indagini Eseguite: Aspetti generali

7.1: Prove penetrometriche dinamiche continue (DP)

7.2: Indagine sismica MASW

RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DI SITO

8: Considerazioni sulla Sismicità dell'area oggetto di studio

8.1: Definizione della pericolosità sismica di base

8.2: Disaggregazione della pericolosità sismica di base

8.3: Definizione della strategia progettuale

8.4 Valutazione della risposta sismica locale

8.5 Definizione dell'azione sismica di progetto






9: CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI SITO

10. Considerazione sul fenomeno della liquefazione

11: Conclusioni

1. PREMESSA

Il sottoscritto **dott. geol. Antonio Iorio**, nato a Cercola (NA) il 18.09.1982 e residente in Volla (NA) alla via Sepone 10/B, C.A.P. 80040, C.F. RIONTN82P18C495O, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania con il n° 2535, è stato incaricato dalla **LAVORI GENERALI S.r.l** con sede in Napoli alla via Duomo n.290/C, di redigere la presente relazione geologica relativa alla realizzazione di un muro di contenimento. La relazione è stata redatta ai sensi delle seguenti normative:

-  **Nuove Norme tecniche per le costruzioni D.M 17/01/2018 entrate in vigore il 22/03/2018;**
-  **Circolare Applicativa n. 7 del 21/01/2019 emanata dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;**
-  **Normativa sismica regionale (L.R. 9/83);**
-  **Delibera di Giunta Regionale n° 5447 del 07.11.2002,;**
-  **Normativa regionale difesa suolo come da PSAI redatto dall'ex autorità di Bacino Campania Centrale, oggi Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale)**

L'area oggetto di studio è ubicata in Napoli, quartiere di Soccavo alla via Canonico Giovanni Scherillo ad una quota di circa 93 m s.l.m.m. e presenta le seguenti coordinate geografiche:

Datum geodetico WGS84 :

Lat. 40,848470° Long. 14,198144°

Datum geodetico ED50 :

Lat. 40,84951595° Long. 14,19898682°

Essa è individuata al N.C.E.U del comune di Napoli Sez. SOC al foglio n.126 p.lle 1, 1308, 1325, 1322, 1324. Di seguito si riportano stralci della tavola IGM in scala 1:50.000 e foto aerea estratta da Google Earth con ubicazione del sito oggetto d'intervento

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori di edilizia sostitutiva per la costruzione di 90 alloggi. Relazione geologica relativa alla realizzazione di muri di contenimento lato Chiesa Evangelica su via Canonico Giovanni Scherillo



Figura 1 Stralcio Tavola IGM in scala 1:25000



Figura 2 Immagine da Google Earth dell'area oggetto di studio

La presente relazione ha avuto l'obiettivo di:

- Verificare l'eventuale esistenza di problemi stratigrafici, tettonici, neotettonici, morfologici, idrogeologici che in qualche modo potessero essere pregiudizievoli per l'intervento da realizzare;
- Definire il modello geologico del sottosuolo;
- Definire l'azione sismica di progetto.

Lo scrivente, pertanto, ha proceduto ad:

- Un' accurata ricerca bibliografica e cartografica volta ad inquadrare le caratteristiche geologiche della parte di territorio in cui è compresa l'area indagata;
- Un numero sufficiente di dettagliati sopralluoghi preliminari su di un'area più ampia della zona d'intervento con lo scopo di descriverne gli aspetti morfologici più significativi;
- Una verifica delle eventuali condizioni di attività di strutture tettoniche locali (neotettoniche) al fine di valutarne l'incidenza sull'utilizzo in sicurezza dell'area studiata;
- Un approfondimento dello studio geognostico dell'area al fine di conoscerne le caratteristiche litostratigrafiche più significative, le caratteristiche idrogeologiche del sito, le caratteristiche tecniche dei principali orizzonti e le eventuali variazioni di omogeneità di facies litologica.

I dati acquisiti durante le operazioni di campagna sono stati confrontati con una serie di studi pianificatori eseguiti sul territorio comunale negli anni passati, in particolare si fa riferimento al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, redatto dall' ex Autorità di Bacino Campania Centrale, oggi Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino meridionale, che è l'Ente pianificatore, in materia di difesa suolo, sul territorio comunale, e soprattutto dalle indagini eseguite dallo scrivente per conto di privati nelle aree vicine al sito oggetto di studio

Per la definizione delle caratteristiche geotecniche e sismiche di sito, di concerto con il progettista strutturale, sono state prese in considerazione le indagini geognostiche fatte eseguire dalla committenza nell'anno 2006 per la realizzazione dei 90 alloggi, inoltre si è fatto riferimento ad indagini geognostiche eseguite dallo scrivente per conto di privati nelle immediate vicinanze del sito oggetto di studio. Tali prove sono state integrate dall'esecuzione di uno stendimento sismico tipo M.A.S.W lungo l'area perimetrale ove sarà costruito il muro oggetto della presente relazione.

In particolare sono state visionate le indagini eseguite nel 2006 dalla società Geo Testing, ossia:

- N.4 Sondaggi a carotaggio continuo;
- N.23 prove S.P.T (Standard Penetration Test) eseguite nei 4 fori di sondaggio;
- N. 4 Prove C.P.T (Cone Penetration Test)
- N. 2 Prove sismiche in foro Dwon Hole;
- N. 8 Campio;

Inoltre si è considerata una prova penetrometrica dinamica pesante del tipo DPSH eseguita dallo scrivente su via Canonico Giovanni Scherillo a poche decine di metri dal sito in questione.

Il giorno 10/09/2021 è stata eseguita un'indagine sismica M.A.S.W (Multichannel analysis of surface waves) per la definizione del parametro Vs-equivalente

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE DELL'AREA

Il sito oggetto di studio si inserisce nell'ambito dell'unità fisiografica e geologica della Piana Campana (Fig. 3), vasta area subpianeggiante compresa tra il mar Tirreno ad ovest, il M. Massico a Nord, i Monti di Avella e di Sarno ad est ed i monti Lattari a sud, che ingloba le due notevoli strutture vulcaniche del Somma – Vesuvio e dei Campi Flegrei.



Fig. 3: Immagine satellitare della Piana Campana.

La Piana Campana rappresenta uno dei più estesi bacini quaternari dell'Italia meridionale; è delimitata da rilievi carbonatici che furono smembrati e ribassati dalla tettonica pleistocenica (Fig. 4). Il graben risultante continuò a sprofondare nel Quaternario con un rigetto compreso tra i 3 ed i 5 km. Le linee tettoniche lungo le quali è avvenuto tale sprofondamento sono evidenziate lungo i margini della Piana da ripidi versanti di faglia, apparentemente dirette, orientati prevalentemente NW – SE e SW – NE. Proprio lungo queste strutture recenti, che si estendono ben oltre la regione Campania, si è impostato il vulcanismo potassico della Provincia Romana e

Campana. Nel settore orientale della Piana Campana, e più precisamente quello comprendente il Somma – Vesuvio e la Piana del Sarno, indagini geofisiche hanno permesso di ricostruire a grandi linee l'andamento del tetto del substrato carbonatico al di sotto della potente copertura vulcanica e sedimentaria. Il substrato risulta smembrato in vari blocchi da faglie con andamento prevalentemente appenninico ed antiappenninico, che lo ribassano verso il centro della piana del Sarno fino alla profondità di 2000 metri. Tale ribassamento continua verso ovest al di sotto del vulcano strato del Somma – Vesuvio dove, in corrispondenza del bordo occidentale del vulcano, la presenza di faglie, orientate SW – NE, determina un gradino strutturale tra la piana del Sarno e quella Napoletano – Volturnina. Le rocce più antiche, affioranti lungo i margini della Piana, appartengono alla serie carbonatica dell'Appennino Campano. Esse sono costituite da calcari grigi e bianchi, compatti, con frequenti intercalazioni dolomitiche. Questi terreni restituiscono abbondanti resti fossiliferi quali livelli biostromali a rudiste ed anche gasteropodi e lamellibranchi. Dal punto di vista stratigrafico tali depositi sono caratteristici di un ambiente sedimentario in facies di scogliera; pertanto rappresentano una porzione di piattaforma carbonatica, frammentata e poi variamente dislocata dalle diverse fasi tettoniche che hanno caratterizzato la formazione dell'Appennino Centro-Meridionale. La serie carbonatica risulta essere ricoperta da imponenti coltri piroclastiche derivati dai vari centri eruttivi campani a cui l'area di interesse è particolarmente esposta. Tali piroclastiti, spesso rimaneggiate, dilavate e sottoposte a gradi variabili di pedogenesi, sono costituite da successioni di tufi, ceneri, pomici e lapilli. Questi materiali sono talvolta interessati da fenomeni di rimobilitazione e deposizione rapida a seguito di eventi meteorologici particolarmente intensi. L'assetto del territorio comunale di Casoria e la sua costituzione geolitologica derivano dai processi tettonici che hanno dato origine alla Piana Campana e dalla forte interazione tra i processi vulcanici tettonici e sedimentari.

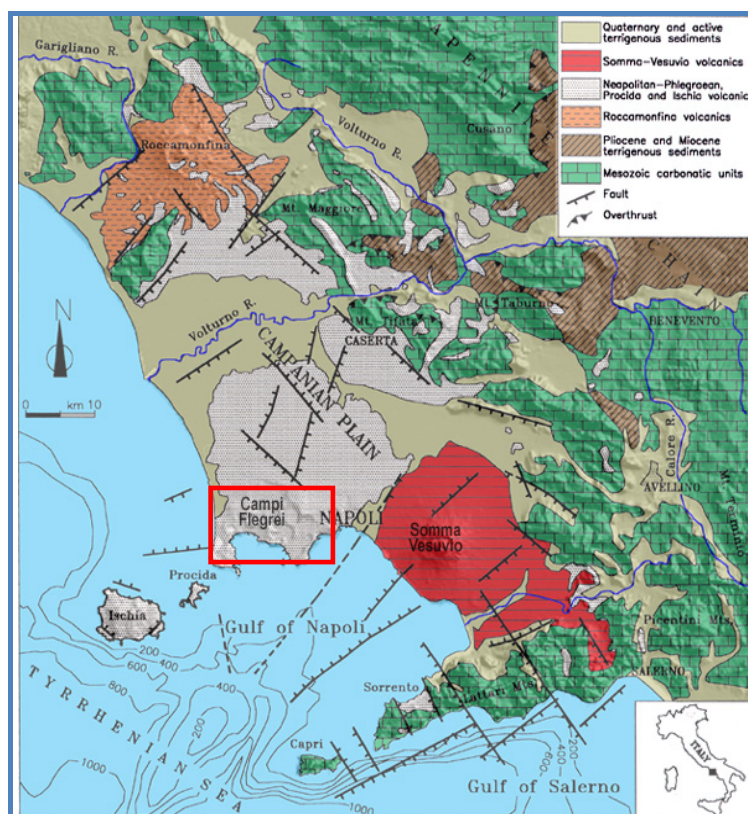


Fig. 4– Schema strutturale della Piana Campana e delle strutture bordiere.

L'area in esame si colloca nella porzione centrale della piana, e risulta interessata dalla messa in posto delle piroclastiti flegree. I Campi Flegrei (Fig. 5) sono una caldera risorgente complessa formatasi attraverso due principali episodi di sprofondamento avvenuti rispettivamente durante l'eruzione dell'Ignimbrite Campana, circa 36.000 anni fa, e l'eruzione del Tufo Giallo Napoletano, circa 12.000 anni fa.

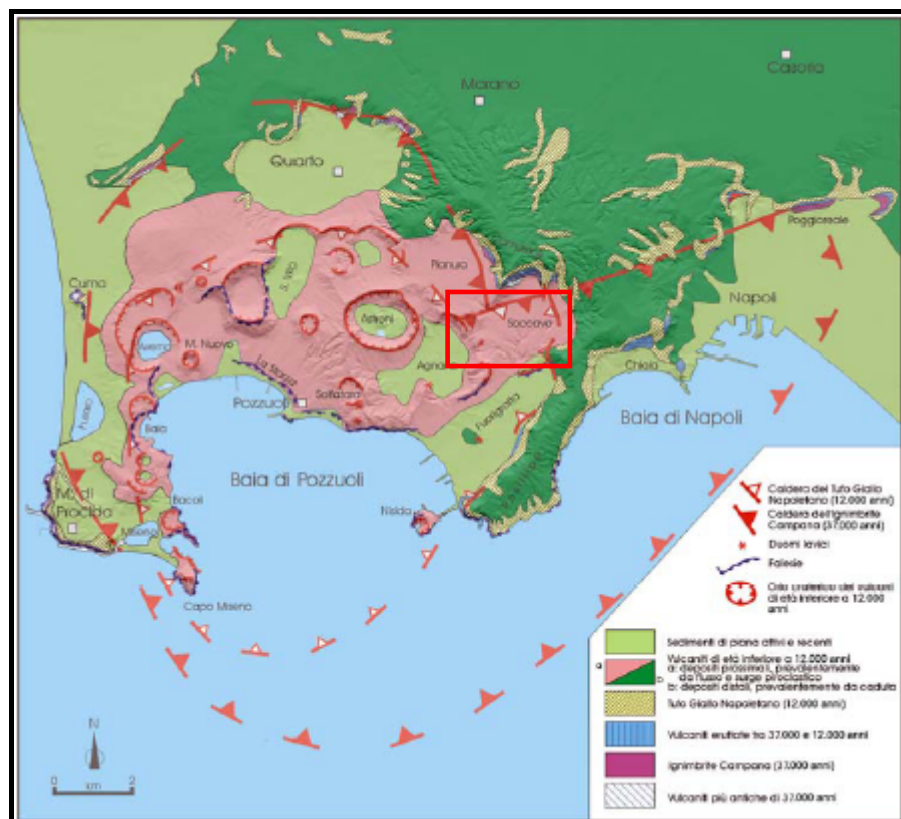


Fig. 5 – Carta geologica schematica dei Campi Flegrei.

L'età di inizio del vulcanismo nell'area flegrea non è nota (Fig. 6). I prodotti vulcanici più antichi in affioramento hanno 60.000 anni. La maggior parte delle rocce più vecchie dell'Ignimbrite Campana è stata prodotta da eruzioni esplosive e solamente una minima parte da eruzioni effusive. Solo alcuni degli edifici vulcanici che si formarono in questo periodo più antico sono oggi esposti. Sulla base delle caratteristiche di alcuni depositi, si può ipotizzare che l'area vulcanica attiva doveva essere più ampia dell'attuale caldera. Ad esempio Monte Grillo a Miliscola è il relitto di un cono piroclastico e, verosimilmente, ulteriori centri di eruzioni effusive si trovavano nelle vicinanze dei duomi lavici di Punta Marmolite e di Cuma.

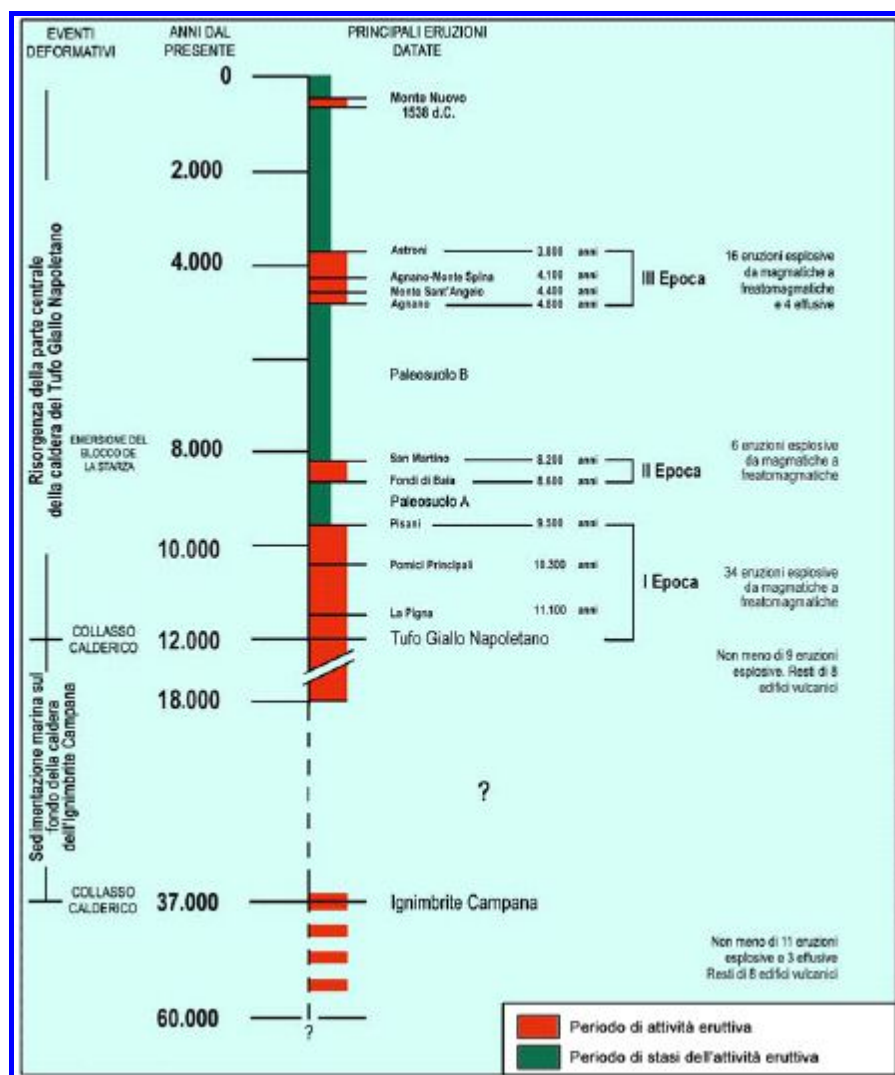


Fig. 6 –Cronologia dell'attività dei Campi Flegrei

Il territorio flegreo è un sistema vulcanico costituito da numerosi centri craterici e tuttora attivo, ma in stato di quiescenza, compreso tra l'edificio vulcanico del M. Somma-Vesuvio a sudest, i due sistemi litorali del Golfo di Pozzuoli a sud e del Litorale Domitio ad ovest, i rilievi carbonatici del M. Massico a nord e del M. Maggiore a nordovest separati dal vulcano di Roccamonfina. Quest'ultimo è un edificio vulcanico ormai inattivo interessato nell'arco del Pleistocene da manifestazioni a carattere sia effusivo che esplosivo, i cui prodotti hanno età comprese tra 700.000 e 300.000 anni prima del presente. Il bacino dei Campi Flegrei diede origine ad un'intensa attività eruttiva a carattere esplosivo con formazione di prodotti prevalentemente alcalitrachitici. L'attività vulcanica flegrea è stata suddivisa da vari Autori in quattro cicli eruttivi, in base alle sequenze stratigrafiche e alle

determinazioni delle età assolute eseguite con metodi radiometrici (^{14}C). Il primo ciclo inizia oltre 35.000 anni prima del presente, l'ultimo termina con l'eruzione storica di M. Nuovo del 1538. Una serie di violente eruzioni esplosive manifestatesi tra circa 42.000 e 35.000 anni prima del presente (I ciclo) nella zona flegrea ad occidente di Quarto produssero l'*Ignimbrite Campana (Tufo grigio campano Auct.)*, ampiamente diffusa in affioramento e nel sottosuolo dell'intera regione. La morfologia sepolta del tetto del substrato carbonatico profondo e delle sovrastanti piroclastiti, invece, risulta complessa a causa dei fenomeni erosivi, delle dislocazioni tettoniche e vulcano-tettoniche che hanno interessato la regione sia prima che durante il periodo di stasi intercorso fra i 35.000 ed i 20.000 anni prima del presente (I e II ciclo), ovvero dopo l'eruzione e la messa in posto dell'Ignimbrite Campana. Circa 13.000 anni prima del presente (III ciclo) una o più eruzioni esplosive diedero origine alla formazione piroclastica del tufo giallo napoletano (Auct.), diffusa ampiamente in affioramento e nel sottosuolo di Napoli, ai margini della cosiddetta caldera flegrea estesa fino a Pozzuoli e Baia ed in minor grado a Quarto, costituente in un certo senso l'ossatura di questi centri abitati. Durante il postglaciale ed in particolare negli ultimi 10.000 anni (Olocene) l'azione modellante del mare in risalita è stata intensificata o ridotta dalle oscillazioni verticali del suolo puteolano (bradisisma) o dagli eventi vulcano-tettonici che in alcuni periodi hanno determinato la sommersione o l'emersione di ampie zone costiere. Le tracce di tali episodi sono rappresentate dalla successione stratigrafica del terrazzo marino de La Starza, esteso lungo la costa da Gerolomini fino alle pendici orientali di M. Nuovo, costituita da alternanze di depositi continentali e marini (11.000-5.000 anni prima del presente) a giacitura suborizzontale ed organizzati in quattro cicli che riflettono gli eventi vulcanici e vulcano-tettonici dell'area puteolana. Quest'ampia superficie spianata è bordata verso mare da una ripida scarpata, alta da circa 25 a 40 m, che rappresenta una falesia costiera inattiva sottratta all'azione del moto ondoso dalla presenza di una fascia di depositi di spiaggia e detritici. Altre testimonianze di questi eventi che hanno interessato la costa puteolana sono costituite dalla presenza in ambiente sommerso di ruderi d'epoca romana e medievale, rispettivamente a profondità di circa -10 e -5 m. I prodotti piroclastici incoerenti flegrei degli ultimi 10.000 anni (IV ciclo) hanno livellato i solchi e la morfologia accidentata del paesaggio, ammantandolo e raddolcendone i rilievi. Una

fase vulcanica più recente ha determinato un sollevamento (terrazzo marino de La Starza - vulcano di M. Spina, circa 4000 anni fa) al quale è seguita la formazione degli ultimi edifici vulcanici (M. Spina, circa 3600 anni fa). Successivamente a tali eruzioni piroclastiche si è verificato lo sprofondamento dell'area orientale e l'individuazione della depressione costiera di Bagnoli-Fuorigrotta. Intensi eventi vulcano-tettonici, localizzati fenomeni bradisismici (crisi del 1970-72 e 1982-84) e fenomeni erosionali si sono manifestati anche in età storica. Tutti i prodotti vulcanici di quest'area sono stati generati da apparati scaturiti sia in ambiente subaereo che subacqueo e la loro deposizione si è alternata a quella di sedimenti marini, oggi fossiliferi, in parte direttamente in ambiente sommerso (cineriti), in parte in quello emerso. Questa caratteristica è connessa alle oscillazioni verticali del suolo puteolano (bradisisma) ed ai movimenti vulcano-tettonici (collassi calderici, sismi) che hanno preceduto o seguito le manifestazioni eruttive, riesumando fondali un tempo sommersi anche a -50 m di profondità (terrazzo de La Starza). Nel territorio circostante il Comune di Pozzuoli, pertanto, affiorano le seguenti principali formazioni vulcaniche, limniche e continentali:

- terre nere palustri, torbifere, con molluschi dolcicoli; di età storica e recente; nelle platee vulcaniche (Piano di Quarto, Cigliano, Campiglione, Astroni);
- prodotti di dilavamento dei recinti craterici flegrei, di natura piroclastica; di età storica e recente; nelle zone perimetrali collinari a nordovest dell'abitato (S. Antonio);
- lapilli chiari non differenziati, depositi piroclastici e loro suoli nella pianura circumflegrea; di età storica e recente; diffusamente nell'area a nord;
- prodotti piroclastici indifferenziati provenienti dai centri eruttivi flegrei: cineriti e pozzolane chiare; lapilli pozzolanici straterellati, ceneri e pomici grigie, suoli di età storiche, ghiaie fluviali, limo e terre torbose; passanti a depositi litoranei (sabbie grossolane); di età olocenica; diffusamente a nordovest e nordest, a lembi ad est, sudest e sudovest;
- prodotti piroclastici dell'Astroni, pomici e lapilli con paleosuoli intercalati; di età~3.700 anni prima del presente; localmente a nordest;

- lapilli pozzolanici con paleosuoli fossiliferi intercalati, sovrastanti ai prodotti piroclastici di Agnano; di età olocenica superiore; a nordest, est e sudest;
- lave e scorie trachitiche plagioclasiche di M. Olibano, Cava Regia; lave fonolitiche e breccia piroclastica di M. Spina-Agnano; di età olocenica media; rispettivamente ad est e nordest;
- tufo giallo napoletano (Auct.) in facies litoide, con pomici alterate e scorie, in banchi; di età ~13.000 anni prima del presente; a nord, nordovest, est e diffusamente nell'area cittadina (Rione Terra).

Nella figura che segue si riporta inoltre stralcio del foglio Napoli della carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 (CAR.G) in cui si evidenziano i litotipi affioranti nell'area oggetto di studio.

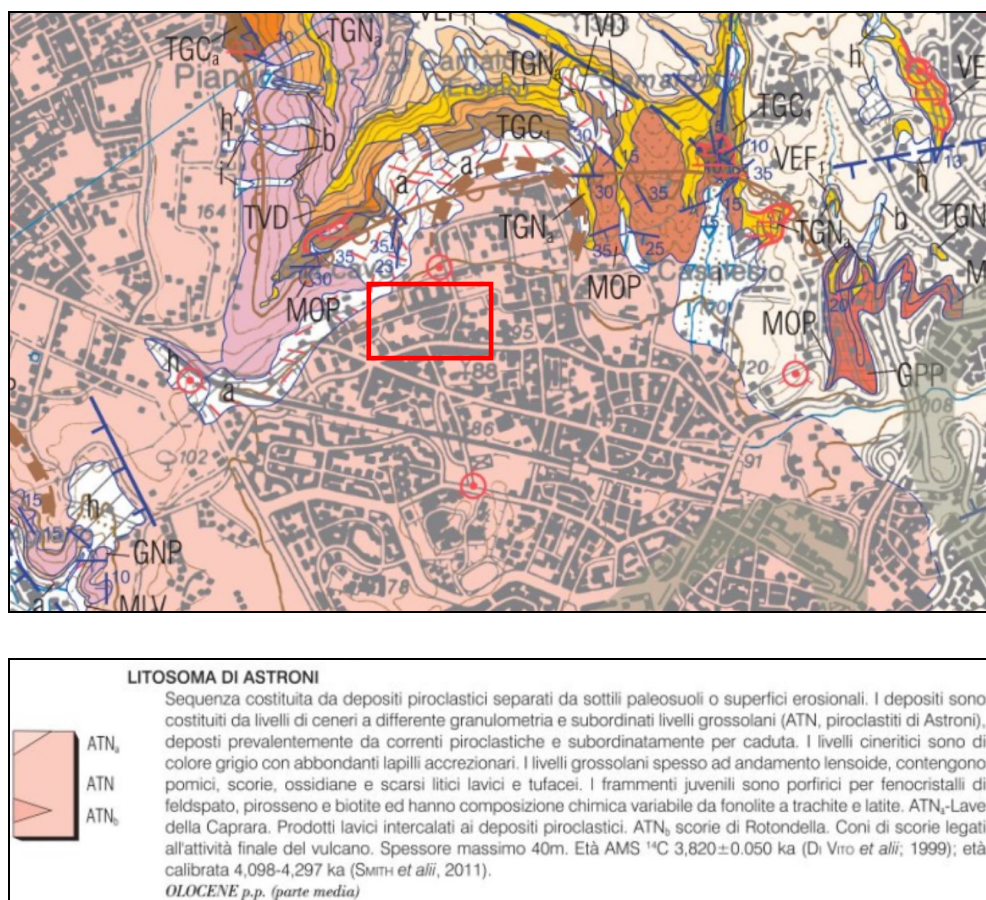


Fig. 7–Stralcio Carta geologica d'Italia in scala 1:50.000 (Progetto CAR.G) e relativa legenda che mostra i litotipi affioranti

3 ASPETTI STRATIGRAFICI DI SITO

Il sito oggetto d'intervento è ubicato in via Canonico Giovanni Scherillo. Esso è caratterizzato dal punto di vista strettamente stratigrafico da sequenze di prodotti piroclastici separate da sottili paleosuoli. I depositi sono costituiti da livelli di ceneri a differente granulometria, deposti prevalentemente da correnti piroclastiche e subordinatamente per caduta. Lo stato di addensamento riscontrato dalla prova penetrometrica eseguita fino ad una profondità di 15 m dal p.c , va da sciolto a mediamente addensato.

4. ASPETTI IDEROGEOLOGICI DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO

La Piana Campana costituisce un acquifero piroclastico alluvionale (Fig. 8), alimentato dalle idrostrutture dei massicci carbonatici che la bordano e dalle acque di falda provenienti dal Somma – Vesuvio. Tutti gli acquiferi alluvionali sono caratterizzati dalla giustapposizione disordinata di termini litologici di varia granulometria, aggregati in lenti allungate nel senso della corrente che li ha depositati. Ciò si traduce in una circolazione idrica per falde sovrapposte, con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alto grado di permeabilità relativa. Le diverse falde possono essere quasi sempre ricondotte ad un'unica circolazione idrica sotterranea, in quanto il particolare tipo di deposizione lenticolare dei sedimenti, lascia moltissime soluzioni di continuità tra depositi permeabili e depositi relativamente meno permeabili, a cui bisogna aggiungere gli interscambi in senso verticale o sub – verticale dovuti al fenomeno della drenanza. Caratteristica principale di tutta la piana è la presenza dell'Ignimbrite Campana, eccezion fatta per la zona di Volla, dove la suddetta formazione è praticamente assente e la zona di Marigliano, che presenta una riduzione degli spessori del tufo grigio, da circa quindici metri a pochi metri. Al tetto ed al letto della suddetta formazione si rinvencono, rispettivamente, depositi piroclastici ed alluvionali e piroclastiti grossolane sciolte. La presenza dell'Ignimbrite Campana, dotata di una notevole continuità spaziale e di un valore di permeabilità relativa inferiore a quello dei terreni ad essa giustapposti, permette di riconoscere due livelli idrici principali e sovrapposti: il primo, freatico, è situato superiormente al tufo, l'altro più profondo, è posto al di sotto della formazione

tufacea in condizione di semiconfinamento. I due livelli sono in comunicazione idraulica tra loro attraverso flussi verticali di drenanza diretti, in condizioni di equilibrio idrogeologico naturale, dal basso verso l'alto, attraverso la formazione tufacea. La superficie piezometrica presenta l'asse di drenaggio preferenziale Est – Ovest, con direzione Nola – Villa Literno, ed è separata dalla piana del fiume Sarno da l'unico spartiacque sotterraneo presente nella piana, situato lungo l'asse Nola – Somma Vesuviana, con direzione NE - SW.

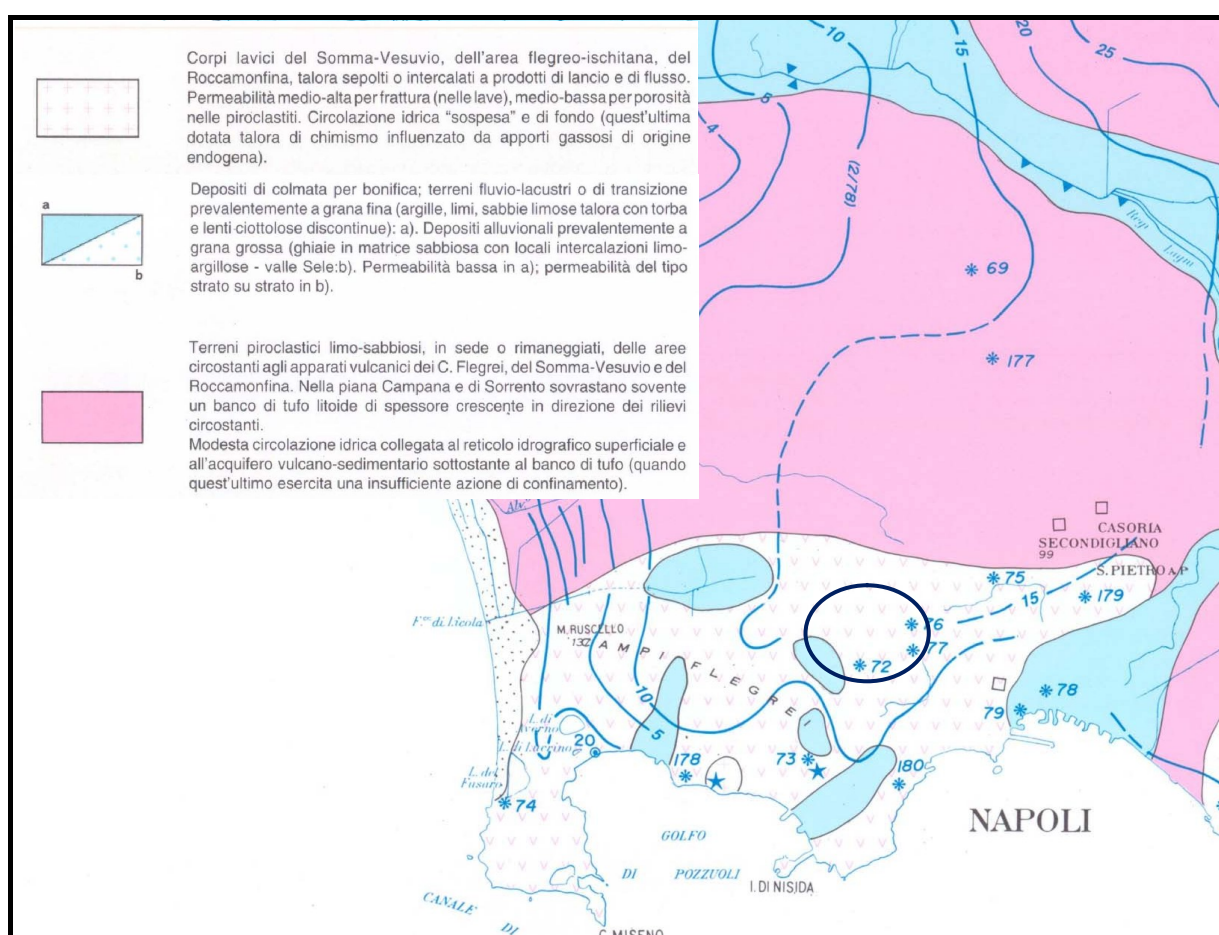


Fig. 8 – Carta idrogeologica della Campania

Nel sito oggetto di studio la falda è posta a profondità certamente maggiori a 15,00 m

5. RISCHIO IDROGEOLOGICO

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Territorio, redatto dall' ex Autorità di Bacino Campania Centrale, oggi Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale, che è l'Ente pianificatore in materia di difesa suolo che ha competenza sul Comune di Napoli (NA), classifica l'area in esame come a pericolosità/rischio da dissesti da versante ed idraulico nulli come si può constatare visionando la cartografia PSAI all'elemento 447154 in scala 1:5000

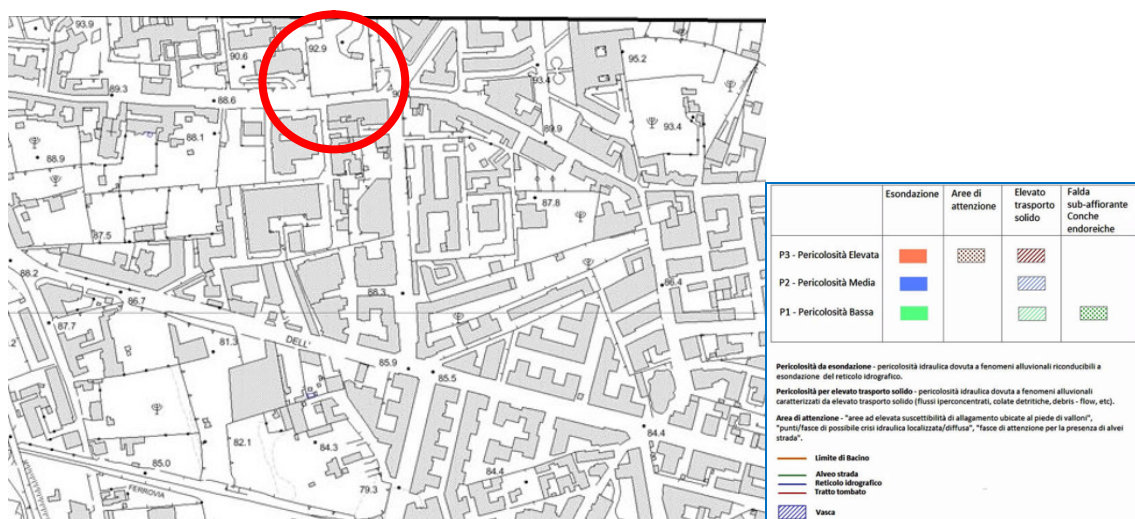


Figura 9 Stralcio pericolosità idraulica PSAI Campania Centrale (elemento 447154)



Figura 10 Stralcio Rischio idraulico PSAI Campania Centrale (elemento 447154)

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori di edilizia sostitutiva per la costruzione di 90 alloggi. Relazione geologica relativa alla realizzazione di muri di contenimento lato Chiesa Evangelica su via Canonico Giovanni Scherillo

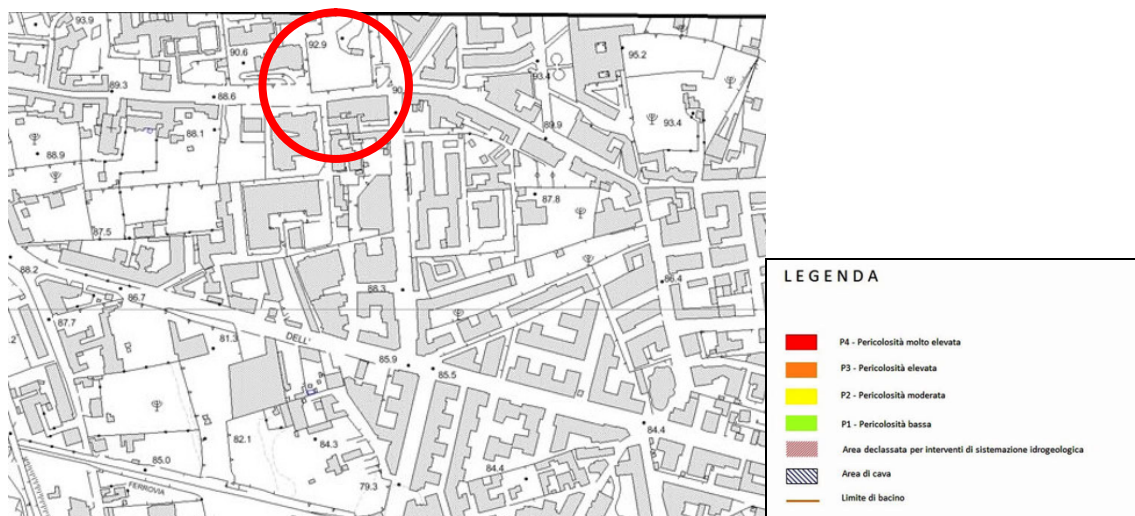


Figura 11 Stralcio Pericolosità da Frana PSAI Campania Centrale (elemento 447154)



Figura 12 Stralcio Rischio da Frana PSAI Campania Centrale (elemento 447154)

6. CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO VULCANICO

Il 24 giugno 2016 è stato approvato dal Presidente del Consiglio dei ministri il decreto contenente le “Disposizioni per l’aggiornamento della pianificazione di emergenza per il rischio vulcanico dei Campi Flegrei”. Questo provvedimento ufficializza la nuova zona rossa, cioè l’area da evacuare in via cautelativa in caso di eruzione (all’interno dell’area dei Campi Flegrei) e la zona gialla, cioè l’area esterna alla zona rossa, potenzialmente esposta ad una significativa ricaduta di cenere vulcanica (Fig. 12).

La nuova zona rossa comprende l’area esposta all’invasione di flussi piroclastici, che consistono in una miscela di gas e materiale solido ad alta temperatura che si muove ad elevata velocità. Si tratta della fenomenologia vulcanica più pericolosa per la vita umana e per la quale l’unica misura di salvaguardia per la popolazione è l’evacuazione preventiva. La nuova area comprende per intero i comuni di Pozzuoli, Bacoli, Monte di Procida e Quarto e parte dei Comuni di Giugliano in Campania, Marano di Napoli e alcune municipalità di Napoli: per intero le municipalità 9 (quartieri Soccavo e Pianura); 10 (quartieri Bagnoli e Fuorigrotta) e alcune porzioni delle municipalità 1 (quartieri di San Ferdinando, Posillipo e Chiaia) 5 (quartieri di Arenella e Vomero) e 8 (quartiere di Chiaiano). Per garantire l’assistenza alla popolazione di questi Comuni che in caso di eruzione dovranno essere evacuati preventivamente, il decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri definisce lo schema dei gemellaggi con le Regioni e le Province Autonome. La definizione della zona gialla si basa su recenti studi e simulazioni della distribuzione a terra di ceneri vulcaniche e tiene conto delle statistiche storiche del vento in quota. In particolare, sulla base delle mappe di probabilità ottenute, sono state individuate le aree dove l’accumulo di ceneri è in grado di causare il collasso di tetti con resistenza medio-bassa. La zona gialla comprende 6 Comuni e 24 quartieri del Comune di Napoli. I comuni sono: Villaricca, Calvizzano, Marano di Napoli, Mugnano di Napoli, Melito di Napoli, Casavatore. I quartieri Comune di Napoli sono Arenella, Avvocata, Barra, Chiaia, Chiaiano, Mercato, Miano, Montecalvario, Pendino, Piscinola, Poggioreale, Porto, San Carlo all’Arena, San Ferdinando, San Giovanni a Teduccio, San Giuseppe, San Lorenzo, San Pietro a Patierno, Scampia, Secondigliano, Stella, Vicaria, Vomero, Zona Industriale (Fig. 13).

La ricaduta delle ceneri vulcaniche può produrre, a livello locale, sia effetti sulla salute dell'uomo, sia impattare significativamente sulle attività quotidiane in ambiente rurale e nei centri abitati. Per contrastare tali effetti, anche i comuni esterni alla zona gialla dovranno provvedere ad aggiornare le proprie pianificazioni di emergenza individuando adeguate misure operative e di salvaguardia della popolazione. In particolare, queste dovranno essere redatte o aggiornate sulla base delle indicazioni operative che il Capo Dipartimento della protezione civile provvederà a emanare entro sei mesi dal 19 agosto 2016, data di pubblicazione in Gazzetta Ufficiale del decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri.

Evento di riferimento, scenario eruttivo e livelli di allerta

Data la complessità del sistema vulcanico flegreo e l'assenza di eruzioni recenti (l'ultima eruzione di Monte Nuovo risale al 1538), il documento mette, in particolare, in risalto l'incertezza della previsione dell'eruzione attesa e del suo stile. Si aggiunge poi l'incertezza legata alla localizzazione della bocca eruttiva. Già dall'analisi visiva della caldera flegrea si può constatare la complessità del sistema vulcanico, caratterizzato dalla compresenza di numerosi crateri. Inoltre, non è possibile escludere che la ripresa dell'attività eruttiva avvenga da più bocche contemporaneamente. Per la definizione della scala dell'evento di riferimento, è stato effettuato uno studio probabilistico sulla ricorrenza di eruzioni avvenute negli ultimi 5 mila anni di attività dei Campi Flegrei, periodo ritenuto significativo perché successivo all'ultima modifica strutturale della caldera. Per ciascuna scala eruttiva sono stati individuati i seguenti livelli di probabilità di accadimento:

- Effusiva – 11.9%;
- Esplosiva piccola – 59.6 %;
- Esplosiva media – 23.8 %;
- Esplosiva grande – 4.0 %;
- Esplosiva molto grande – 0.7 %.

L'aggiornamento della pianificazione nazionale d'emergenza, sulla base di quanto prodotto dal Gruppo di lavoro e dalle valutazioni della Commissione Grandi Rischi, considera quindi come evento di riferimento un'eruzione esplosiva di taglia media. Le aree a rischio definite per questo tipo di eruzione coprono anche quelle previste in

caso di eventi di scala minore. Tuttavia, si sottolinea che allo stato attuale delle conoscenze, qualora si presentassero fenomeni legati ad una probabile riattivazione, non sarebbe possibile stabilire dall'analisi dei precursori di quale tipo sarà l'eventuale eruzione. I fenomeni attesi possono essere di intensità e impatto diversi a seconda della tipologia e della scala dell'evento di riferimento e per un'eruzione di scala uguale o inferiore a quella media prevedono:

- la formazione di una colonna eruttiva sostenuta alta qualche chilometro;
- la caduta di bombe vulcaniche e blocchi nell'immediato intorno della bocca eruttiva e di particelle di dimensioni minori (ceneri e lapilli) anche a diverse decine di chilometri di distanza;
- la formazione di flussi piroclastici che scorrerebbero per alcuni chilometri.

In aggiunta, ai Campi Flegrei possono verificarsi particolari fenomeni esplosivi legati al coinvolgimento di acqua esterna, noti come esplosioni freatiche, in aree con intensa attività idrotermale (area Solfatara/Pisciarelli), o dove esistono attualmente disponibilità significative di acqua superficiale, quali zone umide residuo di ambienti lacustri (Agnano), laghi intra-craterici (Averno) e mare (Golfo di Pozzuoli).

Sulla base della scala dell'evento eruttivo di riferimento e degli scenari connessi, vengono definite le tre zone del Piano (rossa, gialla e blu) per le quali sono previste differenti misure operative. La zona rossa comprende l'area esposta al pericolo di invasione di flussi piroclastici che per le loro elevate temperature e la loro velocità rappresentano il fenomeno più pericoloso per le vite umane; la zona gialla, individua le aree esposte alla ricaduta di lapilli e ceneri vulcaniche, e la zona blu prenderà in considerazione le zone esposte ai fenomeni di alluvionamento e invasione da colate rapide di fango (lahar).

Nel documento prodotto dal Gruppo di lavoro sono stati definiti anche i livelli di allerta per i Campi Flegrei, che scandiscono il tempo che precede una possibile ripresa dell'attività eruttiva. I livelli di allerta sono quattro:

- un livello di base (verde);
- un livello di attenzione (giallo);
- un livello di pre-allarme (arancione);
- un livello di allarme (rosso).

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori di edilizia sostitutiva per la costruzione di 90 alloggi. Relazione geologica relativa alla realizzazione di muri di contenimento lato Chiesa Evangelica su via Canonico Giovanni Scherillo

Il passaggio da un livello di allerta al successivo è stabilito sulla base delle variazioni dei parametri ordinariamente monitorati dal sistema di monitoraggio gestito dall'Osservatorio Vesuviano dell'Ingv.

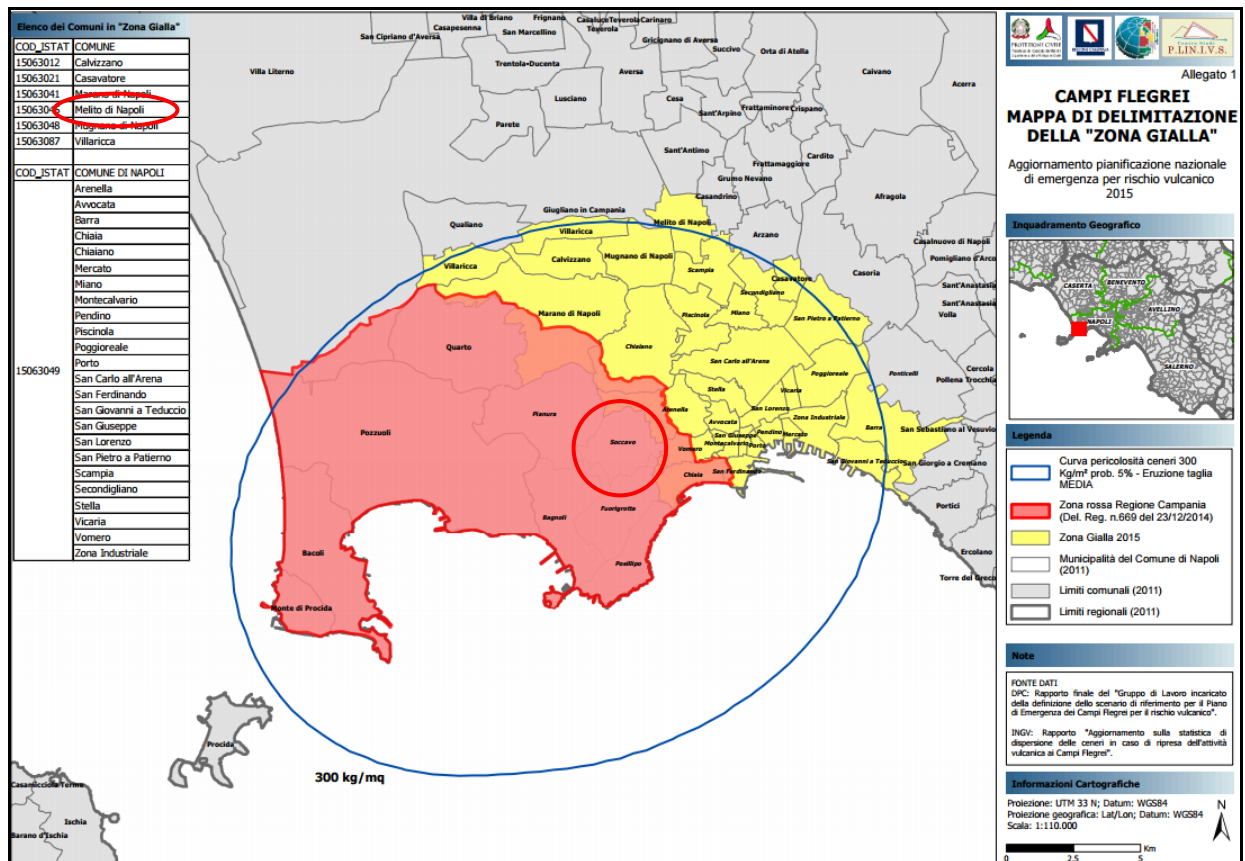


Fig. 13: Mappa di delimitazione della "Zona Rossa e Gialla" relativa al Piano di Emergenza per il rischio vulcanico dei Campi Flegrei. Nell'ovale rosso rientra l'area di interesse

7. INDAGINI ESEGUITE: ASPETTI GENERALI

Al fine di modellizzare il sottosuolo dell'area oggetto di studio dal punto di vista geotecnico e sismico, è stata eseguita una prova sismica tipo MASW e si è presa in considerazione una prova penetrometrica dinamica eseguita dallo scrivente a poche decine di metri dal sito oggetto di studio.

7.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE (DP)

Le prove DP consistono nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta di acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste. L'infissione avviene in modo dinamico ossia per battitura, facendo cadere un maglio di dato peso, da un'altezza costante sulla sommità delle aste. La resistenza del terreno è funzione inversa della penetrazione per ciascun colpo e, diretta, del numero di colpi per una data penetrazione. Tali prove sono particolarmente indicate per la determinazione qualitativa del profilo di un terreno, con la taratura di indagini dirette o con il raffronto con altre prove in situ. Esse sono anche effettuate per la determinazione della resistenza e della deformabilità dei terreni, ed essendo continue, forniscono un vero e proprio Log delle caratteristiche meccaniche con elevato valore stratigrafico. Possono essere effettuate su tutti i tipi di terreno (argille, limi, sabbie e ghiaie medie e fini) ad eccezione fatta delle rocce. Le prove possono essere condotte fino ad un'assegnata profondità ritenuta idonea all'investigazione oppure fino al rifiuto strumentale, inteso come il numero di colpi massimo per l'avanzamento di un assegnato intervallo di profondità. Gli elementi caratteristici di un penetrometro dinamico sono : La Massa del maglio (M); L'altezza di caduta del maglio (H); Avanzamento (δ); Dimensioni della punta conica (A, area di base; D, diametro di base). In funzione del peso della massa battente, e con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) si individuano quattro classi tipologiche di penetrometri (tab.1)

Tipo	Sigla	Peso massa M(Kg)	Profondità massima (m)
leggero	DPL	M< 10	8
Medio	DPM	10<M<40	20 -25
Pesante	DPS	40<M<60	25
Super Pesante	DPSH	>60	25

Tabella 1: Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti penetrometri dinamici continui non rientranti negli standard ISSMFE:

- *Dinamico leggero italiano (medio secondo la classificazione ISSMFE):*
M = 30 Kg; H= 0,20 m; δ = 0,10 m.
- *Dinamico Pesante Italiano (Superpesante secondo la classificazione ISSMFE):* M = 73 Kg; H= 0,75 m; δ = 0,30 m.
- ***Dinamico Super-Pesante Italiano (DPSH): M = 63,5 Kg; H= 0,75 m; δ =0,20 - 0,30 m.***

la caratterizzazione geomeccanica dei terreni mediante prove DP viene usualmente effettuata mediante la conversione dei valori del numero di colpi per un assegnato intervallo di profondità N_{DP} in valori equivalenti di N_{SPT} . La conversione viene effettuata mediante coefficienti forniti dalle casi costruttrici dei vari penetrometri dinamici, essa consente successivamente di utilizzare le relazioni empiriche stabilite per la prova SPT, sia per terre incoerenti che coesive. In alternativa, la stima della resistenza al taglio del terreno può essere espressa in termini di resistenza dinamica alla punta (R_{pd}) mediante la formula degli Olandesi che è di applicazione generale a tutti i penetrometri dinamici, sebbene detto parametro non sia trasformabile in parametri geomeccanici (c e ϕ) per la mancanza di specifiche tarature.

La resistenza dinamica alla punta presenta la seguente formulazione:

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

In cui : R_{pd} = resistenza dinamica punta (area A); e = infissione media per colpo (δ / N); M = peso massa battente; H altezza caduta ; P = peso totale aste e sistema battuta.

7.2 PROVA SISMICA MASW

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 V_s . 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, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni;
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);
3. Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V_s (un profilo verticale per ogni curva di dispersione, posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico);
4. Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle V_s dei terreni con approccio multicanale.

In seguito ad una perturbazione (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

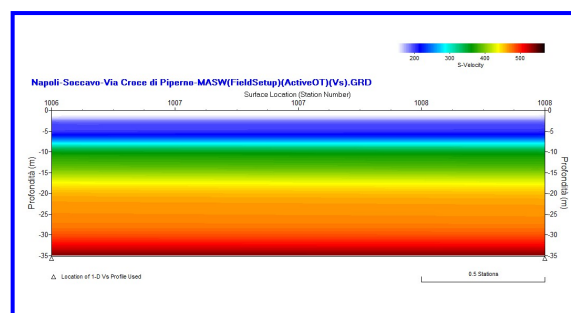
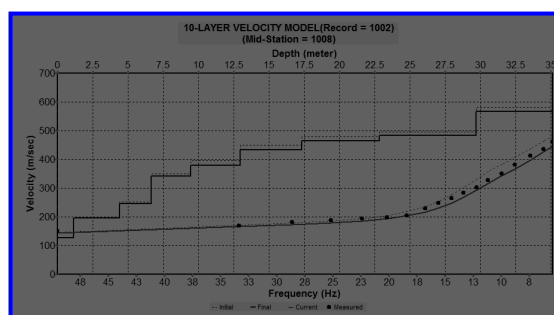
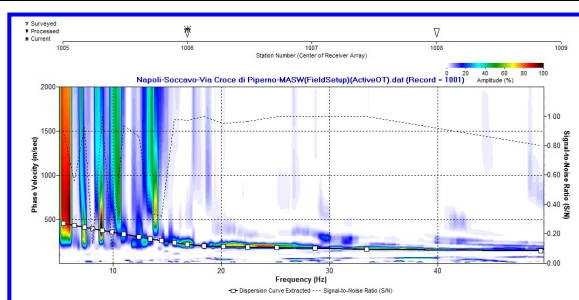
diventano rumore. Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana. Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere 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. 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 in una immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. 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.

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori di edilizia sostitutiva per la costruzione di 90 alloggi. Relazione geologica relativa alla realizzazione di muri di contenimento lato Chiesa Evangelica su via Canonico Giovanni Scherillo



COMUNE DI NAPOLI

COMUNE DI NAPOLI CITTÀ METROPOLITANA DI NAPOLI



RELAZIONE SULLA MODELLAZIONE SISMICA DI SITO INERENTE ALLA REALIZZAZIONE DI UN MURO DI CONTENIMENTO SU VIA GIOVANNI CANONICO SCHERILLO CONFINE CON CHIESA EVANGELICA

8. CONSIDERAZIONI SULLA SIMICITÀ DELL'AREA OGGETTO DI STUDIO

La penisola italiana è una delle zone sismicamente più attive del Mediterraneo. Essa è stata inoltre, sede di alcune tra le più antiche civiltà, e ciò ha permesso la registrazione di notizie attendibili anche di eventi sismici molto antichi. Tuttavia solo a partire dal XIX secolo gli studiosi di sismologia hanno cominciato a estrarre da queste cronache le informazioni riguardanti i terremoti nel tentativo di “scrivere” una storia sismica italiana. Dalla raccolta e classificazione sistematica di eventi sismici sono nati i primi cataloghi dei terremoti. La prima versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI99 è stata realizzata utilizzando tutti gli studi macrosismici e strumentali resi disponibili dal 1999 in poi. L'ultima versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15, aggiornata al 2015, comprende tutti i terremoti a partire dall'anno 1000 al 2014. Numerosi studi hanno sottolineato che la pericolosità sismica non dipende solo dal tipo di terremoto, dalla distanza tra l'epicentro e la località interessata, ma, soprattutto, dalle caratteristiche geologiche dell'area di interesse. Infatti, la geometria della struttura del sottosuolo, le variazioni dei tipi di terreni e delle sue proprietà con la profondità, le discontinuità laterali, e la superficie topografica sono all'origine delle larghe amplificazioni delle vibrazioni del terreno e sono stati correlati alla distribuzione del danno durante i terremoti distruttivi (Aki, 1993; Bard, 1994; Faccioli, 1991, 1996; Chavez - Garcia et alii, 1996). Questi fattori sono particolarmente importanti per la corretta valutazione dell'azione sismica nell'ambito della difesa dai terremoti, per tale motivo, ai fini della riduzione del rischio sismico, è importante riconoscere le aree in cui le oscillazioni del suolo sono più ampie e definire le frequenze con le quali esse tendono ad oscillare. L'azione esercitata localmente dagli strati più superficiali, che operano sia da filtro che d'amplificatore, costituisce quello che va sotto il nome d'Effetto di Sito. Riconoscere in dettaglio le aree caratterizzate in media da uguale Risposta di Sito, dovuta alle caratteristiche geologiche o alla topografia, è diventata una richiesta fondamentale negli studi geologici e geofisici relativi alle costruzioni. Anche la nuova normativa sismica del territorio italiano (OPCM, n. 3274/2003; OPCM n. 3519 del 28/04/2006 e D.M. 17 gennaio 2018), sottolineano l'importanza della conoscenza delle condizioni geologiche del sito per adeguare le tecniche di costruzione.

Il sito oggetto di studio, 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. 14).

Tali fasce sismogenetiche sono:

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

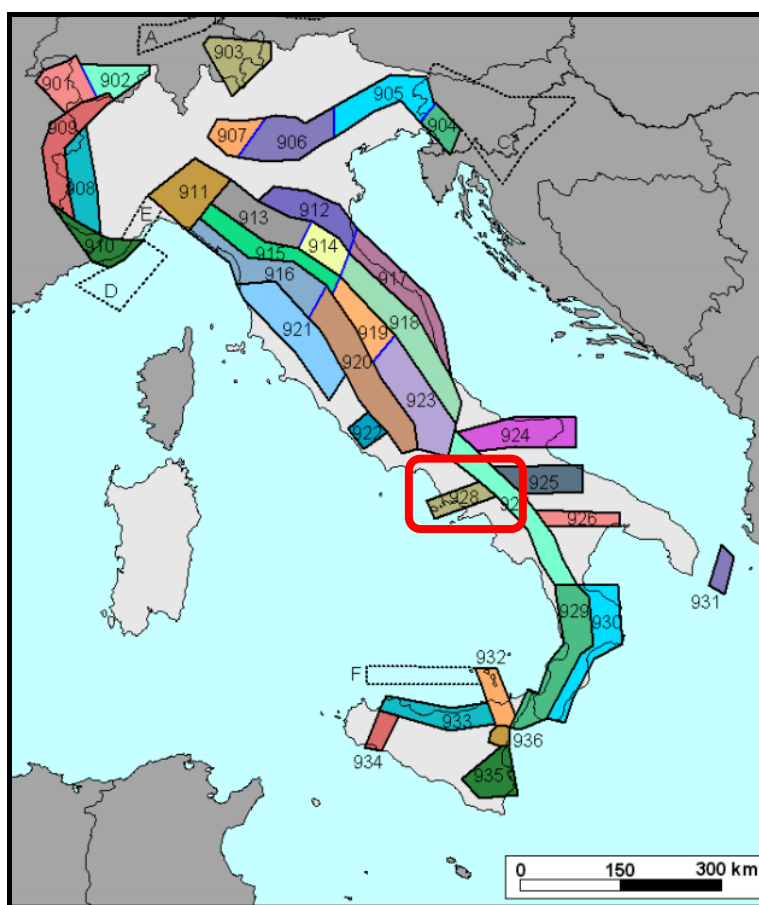


Fig. 14 : Zonazione Sismogenetica ZS9. Nel riquadro rosso è evidenziata l'area di interesse

Dalla figura 14 si evince come l'area ricada in pieno all'interno della Zona 928 alla quale sono associati eventi con valori di intensità epicentrale MCS compresi tra $8 < I_s < 10$.

Dai dati del Database Macrosismico Italiano 2015 (reperibile sul web all'indirizzo <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>) è possibile ricostruire la storia sismica di Napoli (Tabella 2- Figura 15). Nella tabella sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale di Napoli. In particolare, sono elencate l'intensità di sito (Is), la data in cui si è verificato l'evento, l'area epicentrale, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (Mw).

Tabella 2. Storia sismica di Napoli.

Intensity	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
D	1280	Napoli	1		
7	1293 09 04	Sannio-Matese	6	8-9	5.8
7-8	1349 09 04	Lazio-Matese	24	10	6.8
7-8	1386 03 17	Napoli	1	7-8	3.75
5	1406 09 16	Napoli	1	5	3.12
8	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
7	1456 12 30 08 20	Appennino centro-meridionale	2		
6	1457 01 08	Napoli	1	6	3.37
F	1457 02 10	Capua	2	5-6	4.4
5	1466 01 15 02 25	Irpinia-Basilicata	31	8-9	5.98
5	1498 10 07	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6	3.25
F	1498 10 20	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	7	3.63
5	1499 03 18 01 45	Napoli	1	5	3.12
6	1505 05 18 08 55	Campi Flegrei (Agnano)	3	7-8	3.75
5	1508 07 19 08 55	Napoli	1	5	3.12
5	1517 03 29 19	Irpinia	3	7-8	5.33
5	1520 01 28 23 50	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6-7	3.5
5	1536 08 07	Napoli	1	5	3.12
4	1537 02 14	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6-7	3.5
6	1538 04 20	Campi Flegrei	1	5-6	3.25
4	1538 09 20	Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538 09 22	Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538 09 23	Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538 09 24	Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori di edilizia sostitutiva per la costruzione di 90 alloggi. Relazione geologica relativa alla realizzazione di muri di contenimento lato Chiesa Evangelica su via Canonico Giovanni Scherillo

4	1538 09 25	Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538 09 26	Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538 09 27	Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
Intensity	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
4	1538 09 28 06 00	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6	3.25
4	1538 09 28 17 30	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6	3.25
4	1538 09 29 11 00	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6	3.25
5	1538 09 29 18 30	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	8	3.88
3	1560 05 11 04 40	Costa pugliese centrale	7	8	5.66
7	1561 07 31 20 10	Penisola sorrentina	5	8	5.56
4-5	1561 08 19 15 50	Vallo di Diano	32	10	6.72
5-6	1564 07	Campi Flegrei	2	5	3.12
5	1566 05 06 22 45	Campi Flegrei	2	5	3.12
4-5	1568 12 27	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6	3.37
5	1570	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6-7	3.5
6-7	1575 06 05 20 30	Napoli	1	5	3.12
5	1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6.66
5-6	1631 12	Area vesuviana	2	5-6	3.25
3	1638 03 27 15 05	Calabria centrale	213	11	7.09
5	1646 05 31	Gargano	35	10	6.72
F	1654 07 24 00 25	Sorano	44	9-10	6.33
4-5	1657 01 29 02	Capitanata	12	8-9	5.96
5	1685 05	Penisola Sorrentina	5	5-6	4.73
5	1687	Penisola Sorrentina	2	6	4.63
8	1688 06 05 15 30	Sannio	215	11	7.06
3	1688 07 23	Capitanata	3	7-8	5.33
3	1688 08 14	Beneventano	3	6-7	4.86
5	1692 03 04 22 20	Irpinia	9	8	5.88
F	1963 01 08	Pollino	16	7	5.27
7	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
F	1694 10 07 15	Penisola Sorrentina	9	5-6	4.71
3	1694 10 09	Avellino	2	5-6	4.4
5	1702 03 14 04 30	Sannio-Irpinia	4	6-7	4.86
6	1702 03 14 05	Sannio-Irpinia	37	1	6.56
4-5	1702 04 02 06 20	Sannio-Irpinia	4	6-7	4.86
3-4	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6.92

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori di edilizia sostitutiva per la costruzione di 90 alloggi. Relazione geologica relativa alla realizzazione di muri di contenimento lato Chiesa Evangelica su via Canonico Giovanni Scherillo

3	1703 01 16 13 30	Appennino laziale-abruzzese	22		
3	1703 02 02 11 05	Aquilano	69	10	6.67
4-5	1706 11 03 13	Maiella	99	10-11	6.84
5	1720 08 28	Cassinese	2	5-6	4.35
5	1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
4-5	1731 10 17 11	Tavoliere delle Puglie	6	6-7	4.86
Intensity	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7	1732 11 29 07 40	Irpinia	183	10-11	6.75
7	1732 11 29 07 40	Puglia	3		
3-4	1735 01 26	Casertano	3	5	4.16
4	1737 03 31 17 20	Monti di Avella	3	7	5.10
3	1739 02 12 21 30	Tavoliere delle Puglie	5	5-6	4.40
4	1739 02 27 04 20	Benevento	3	5-6	4.40
4	1741 08 06 13 30	Irpinia	8	7-8	5.44
5-6	1742 08 17	Napoli	1	5-6	3.25
4-5	1743 02 20	Ionio settentrionale	84	9	6.68
6-7	1756 10 22 14	Napoletano	5	6-7	3.50
4-5	1760 12 23	Area vesuviana	7	6-7	3.50
4-5	1777 06 06 16 15	Tirreno meridionale	9		
4	1779 10 01 00 45	Napoletano	3	6	3.37
3	1779 12 12	Napoletano	5	6	3.37
F	1782 01 11	Benevento	2	5	4.16
NF	1783 02 05 12	Calabria meridionale	356	11	7.10
4	1783 03 28 18 55	Calabria centrale	323	11	7.03
5	1794 06 12 22 30	Irpinia	16	7	5.26
F	1794 06 15	Area vesuviana	3	4	2.87
7-8	1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
3	1805 10 13 22	Pianura Campana	3	7	5.10
F	1806 07 21 09	Cassinese	5	5-6	4.40
3-4	1806 08 26 07 35	Colli Albani	35	8	5.61
3	1814 11 25	Beneventano	2	5-6	4.40
3	1817 04 17	Potentino	7	4-5	3.97
F	1821 08 02	Calabria centrale	3	7	5.10
3	1821 11 22 01 15	Costa molisana	9	7-8	5.59
F	1826 02 01 16	Potentino	18	8	5.74
F	1826 10 26 18	Salento	7	6-7	5.22

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori di edilizia sostitutiva per la costruzione di 90 alloggi. Relazione geologica relativa alla realizzazione di muri di contenimento lato Chiesa Evangelica su via Canonico Giovanni Scherillo

NF	1828 02 02 09 15	Isola d'Ischia	10	8-9	4.01
3	1832 03 08 18 30	Crotonese	99	10	6.65
3-4	1836 04 25 00 20	Calabria settentrionale	44	9	6.18
5	1836 11 20 07 30	Appennino lucano	17	8	5.86
7	1841 02 21	Gargano	16	6-7	5.17
F	1846 08 08	Potentino	13	6-7	5.18
5	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
3-4	1851 08 14 14 40	Vulture	10	7-8	5.48
4	1853 04 09 12 45	Irpinia	47	8	5.60
Intensity	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
2	1854 02 12 17 50	Cosentino	89	11	6.34
6	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7.12
F	1858 03 07 14	Campania meridionale	9	7-8	5.39
F	1858 03 07 19	Vibonati	3	4	3.70
3	1858 05 24 09 20	Tavoliere delle Puglie	13	4-5	4.35
F	1861 12 09	Torre del Greco	3	5-6	3.25
2	1867 08 15 23 30	Isola d'Ischia	2	4-5	2.99
3	1870 10 04 16 55	Cosentino	54	9-10	6.24
3	1872 10 08 13 25	Cosentino	6	5	4.72
2	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
2-3	1873 07 12 06 06	Val Comino	61	7-8	5.38
4	1874 12 06 15 50	Val Comino	43	7-8	5.48
NF	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8	5.74
6-7	1875 12 06	Gargano	97	8	5.86
NF	1880 07 24 05 40	Isola di Ventotene	5	6	4.63
NF	1881 03 04 12 15	Isola d'Ischia	17	9	4.14
3	1881 09 10 07	Chietino	43	7-8	5.41
5	1882 06 06 05 40	Isernino	50	7	5.20
5	1883 07 28 20 25	Isola d'Ischia	27	9-10	4.26
2	1885 09 17 09 35	Benevento	22	5	4.26
2	1885 12 26 02	Molise	28	5-6	4.66
NF	1887 12 03 03 45	Calabria settentrionale	142	8	5.55
2	1889 12 08	Gargano	122	7	5.47
3-4	1893 01 25	Vallo di Diano	134	7	5.15
3-4	1895 02 01 07 24 3	Monti di Partenio	40	5	4.29
3	1895 08 09 17 38 2	Adriatico centrale	103	6	5.11

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori di edilizia sostitutiva per la costruzione di 90 alloggi. Relazione geologica relativa alla realizzazione di muri di contenimento lato Chiesa Evangelica su via Canonico Giovanni Scherillo

3-4	1901 07 31 10 38 3	Sorano	76	7	5.16
F	1903 05 04 03 44	Valle Caudina	78	7	4.69
3	1903 12 07 05 58	Beneventano	9	4-5	4.14
4-5	1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7	4.90
F	1905 08 25 20 41	Valle Peligna	29	6	5.15
3-4	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
3-4	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5.18
3	1907 12 18 19 21	Monti Picentini	35	5-6	4.52
2	1908 12 28 04 20 2	Stretto di Messina	772	11	7.10
4	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.10
4	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5.35
5	1913 01 13 06 52 4	Marsica	1041	11	7.08
Intensity	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
F	1916 07 03 23 21	Isola di Stromboli	18	5-6	4.66
2-3	1919 10 22 06 10	Anzio	142	6-7	5.22
3	1922 12 29 12 22 0	Val Roveto	119	6-7	5.24
3	1923 11 08 12 28	Appennino campano-lucano	28	6	4.73
3	1924 03 26 20 50	Sannio	12	4	4.06
3-4	1924 05 09 05 48	Irpinia	8	4	4.71
2	1925 09 24 13 33 4	Molise occidentale	50	7	5.26
4	1927 05 25 02 50	Sannio	54	6	4.98
NF	1927 12 26 15 06 1	Colli Albani	38	7	4.89
4	1930 04 27 01 46	Salernitano	26	7	4.98
7	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
3	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
3	1936 04 03 18 42	Valle Caudina	10	5-6	4.25
3	1948 08 18 21 12 2	Gargano	58	7-8	5.55
2	1956 09 22 03 19 3	Gargano	57	6	4.64
6-7	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
NF	1967 12 09 03 09 5	Adriatico centrale	22		4.36
4	1971 05 06 03 45 0	Irpinia	68	6	4.83
F	1971 11 29 18 49 3	Alta Val d'Agri	17	5	4.50
3	1973 08 08 14 36 2	Appennino campano-lucano	29	5-6	4.75
4	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5.02
2	1977 07 24 09 55 2	Irpinia	85	5-6	4.37
2	1978 02 08 04 10 2	Irpinia	100	5-6	4.44

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori di edilizia sostitutiva per la costruzione di 90 alloggi. Relazione geologica relativa alla realizzazione di muri di contenimento lato Chiesa Evangelica su via Canonico Giovanni Scherillo

4	1979 09 19 21 35 3	Valnerina	694	8-9	5.83
3	1980 06 14 20 56 5	Marsica	69	5-6	4.96
7	1980 11 23 18 34 5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1980 12 03 23 54 2	Irpinia-Basilicata	11	6	4.83
3-4	1981 01 09 00 12 4	Irpinia-Basilicata	6	5-6	4.36
5-6	1981 02 14 17 27 4	Monti di Avella	85	7-8	4.88
4	1982 03 21 09 44 0	Golfo di Policastro	125	7-8	5.23
NF	1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7	5.62
5-6	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	911	8	5.86
3	1996 04 03 13 04 3	Irpinia	557	6	4.90
4	1999 10 09 05 04 0	Area vesuviana	38	5	3.24
3-4	2002 11 01 15 09 0	Molise	638	7	5.72
2	2003 06 01 15 45 1	Molise	501	5	4.44
F	2016 08 24 01 36 3	Monti della Laga	221	10	6.18
F	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379		6.07
Intensity	YearMo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
4-5	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379		6.61

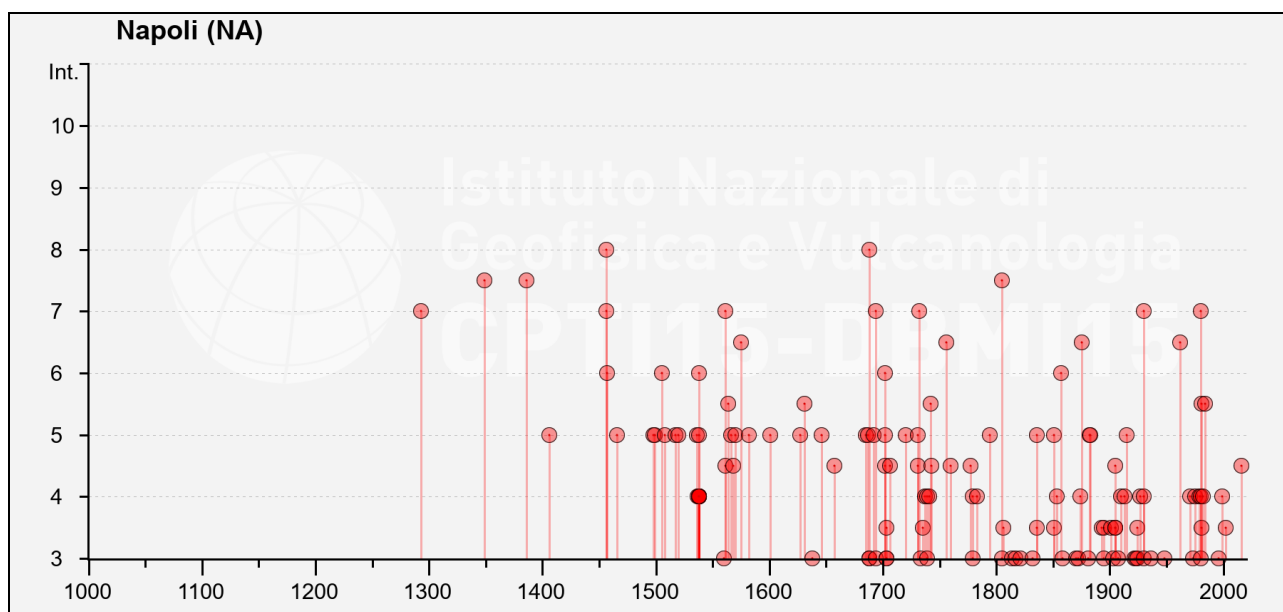


Figura 15. Storia sismica di Napoli.

Nella Tabella 2. Storia sismica di Napoli. sono riportati un totale di 183 terremoti e, per quanto riguarda i terremoti recenti più significativi che hanno colpito Casoria, si

evidenzia il terremoto dell'Irpinia del 1980 i cui effetti prodotti dal sisma si estesero per quasi tutto il territorio campano, in Basilicata ed in Puglia.

Dalla banca dati DISS (Database of Individual Seismogenic Sources dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia: INGV) è possibile ricavare le sorgenti sismogenetiche dell'area. Per sorgente sismogenetica individuale si intende una struttura geologica che sia in grado di generare, ripetitivamente ed esclusivamente, il terremoto massimo ad essa associato. Un'altra proprietà è quella di possedere una consistenza interna in termini di lunghezza, larghezza, entità della dislocazione per evento e magnitudo. Una sorgente sismica areale rappresenta un insieme di strutture geologiche aventi tra loro caratteristiche geometriche e cinematiche comuni quali profondità, direzione, immersione, verso e pendenza ed è potenzialmente in grado di generare terremoti di magnitudo maggiore di 5.5. Infine, le sorgenti macrosismiche sono state ottenute, nella suddetta banca dati, sulla base dei campi macrosismici dei terremoti storici di magnitudo uguale o superiore a 5.5 attraverso il programma Boxer (Gasperini et al., 1999) che consente di determinare la posizione (coincidente con l'epicentro macrosismico del terremoto), le dimensioni e, nel caso in cui i dati siano sufficienti, la direzione della sorgente sismogenetica. Per quanto concerne l'area oggetto del presente studio, non insistono sul territorio comunale sorgenti sismogenetiche. Le sorgenti sismogenetiche più prossime sono quelle di Mirabella Eclano-Monteverde (ITCS084), ed Irpinia-Val d'Agri (ITCS034).

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori di edilizia sostitutiva per la costruzione di 90 alloggi. Relazione geologica relativa alla realizzazione di muri di contenimento lato Chiesa Evangelica su via Canonico Giovanni Scherillo

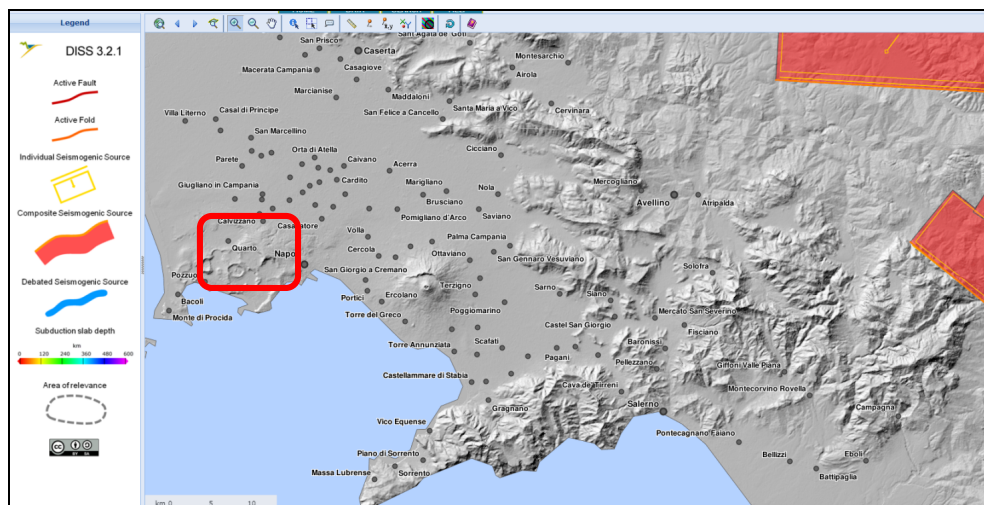


Figura 16. Database of Individual Seismogenic Sources dell'INGV

<http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml>. Nel rettangolo in rosso rientra l'areale del territorio comunale.

Inoltre 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. 17).

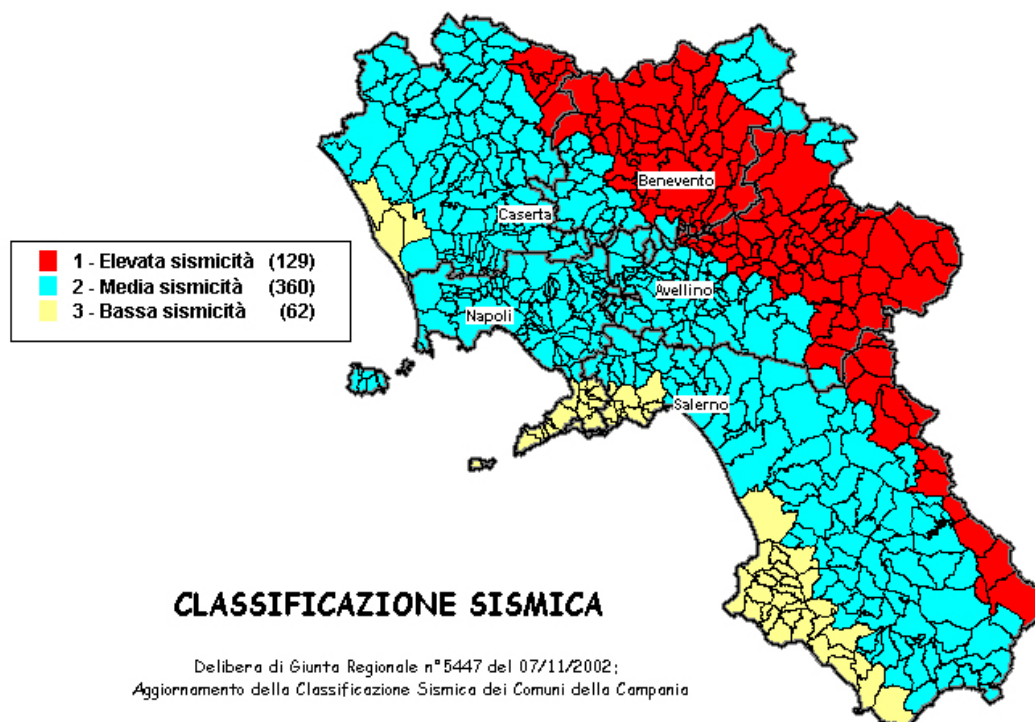


Fig. 17– Classificazione sismica del 2002 dei Comuni della Regione Campania. Zona 1, valore di $a_g=0.35g$; Zona 2, valore di $a_g=0.25g$; Zona 3, valore di $a_g=0.15g$.

La mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (Fig. 18), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, 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).

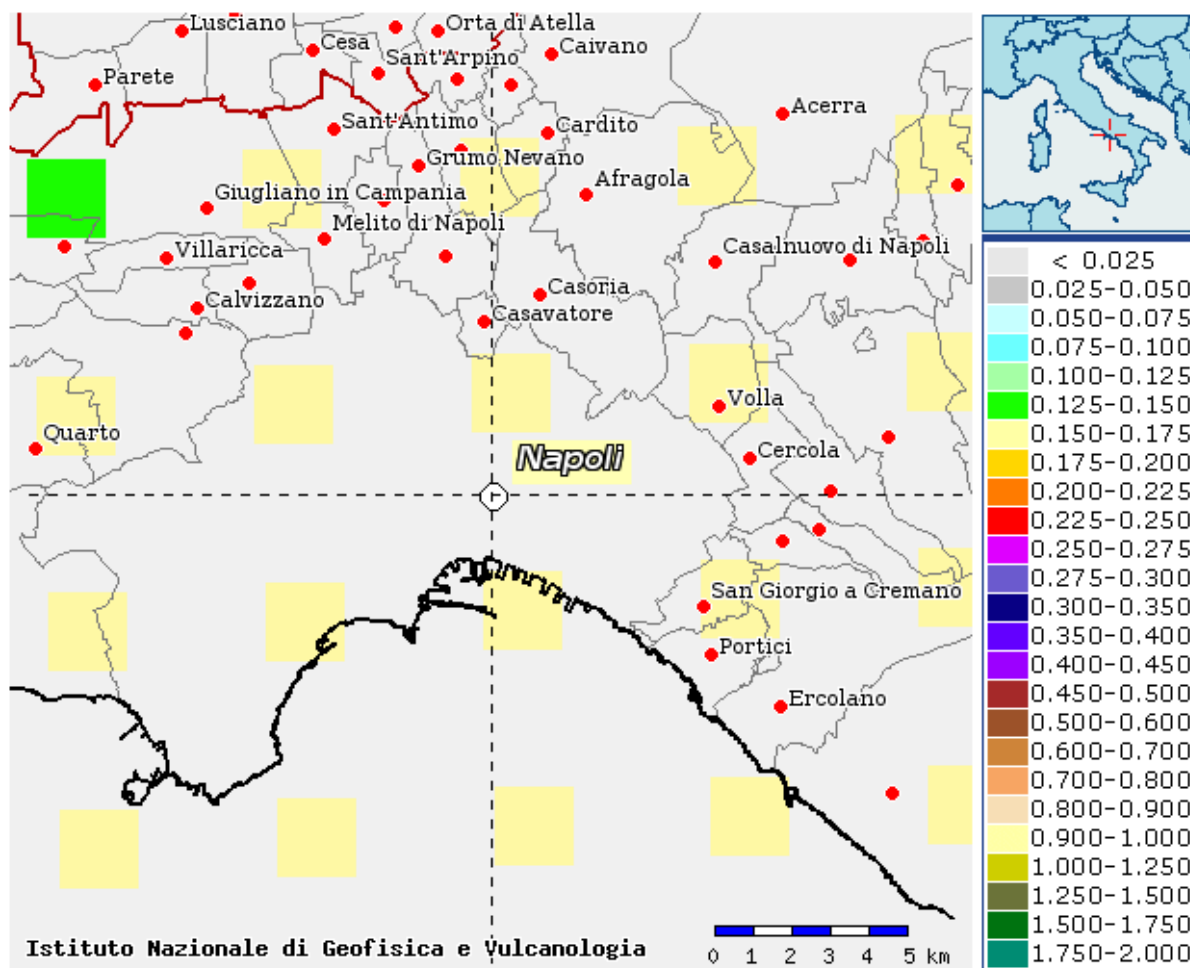


Fig. 18 – Mappa di pericolosità sismica redatta a cura dell'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento a_g ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.

8.1 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE (PSB)

L'azione sismica di progetto si valuta a partire dalla pericolosità sismica di base del sito d'interesse. Infatti ogni punto del territorio nazionale è caratterizzato da un'azione sismica fondamentale (pericolosità sismica di base), identificata a partire dai nodi di un reticolo di 4 km di lato. Essa è valutata in condizioni di campo libero pianeggiante e di suolo rigido (V_s equivalente > 800 m/s) per un fissato periodo di riferimento V_R espresso in anni e per una determinata probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento P_{VR} . Determinare la PSB di un sito si concretizza nell'andare a valutare i tre parametri a_g , F_0 , T_c^* in funzione delle coordinate geografiche del sito d'interesse nel datum geodetico ED50, e per le diverse probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento in funzione dei vari stati limite considerati.

Utilizzando il foglio di calcolo formato Excel fornito dal consiglio superiore dei lavori pubblici, si è proceduto alla determinazione di valori della pericolosità sismica di base del sito d'interesse. Nella prima fase in input sono state fornite le coordinate geografiche nel sistema geodetico di riferimento ED50 e si sono ottenuti gli spettri di risposta elastici ed i valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* nei periodi di ritorno T_R di riferimento.

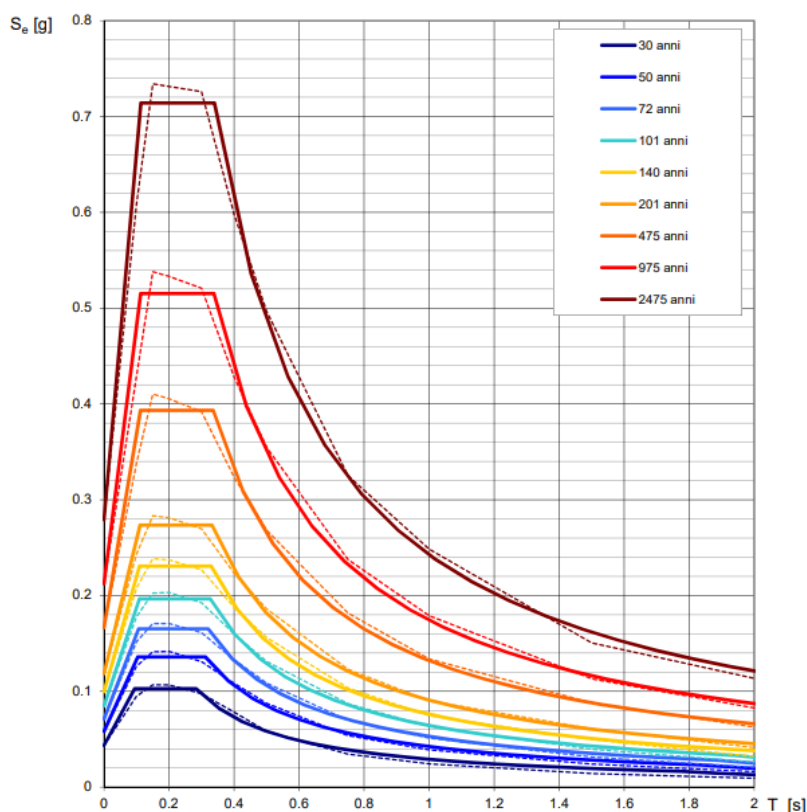
Il sito oggetto di studio ubicato in Napoli, quartiere Soccavo (NA) alla via Canonico Giovanni Scherillo presenta nel suo punto mediano le seguenti coordinate geografiche, datum ED50

Lat. 40,84951595

Long. 14,1989868

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0.044	2.352	0.283
50	0.058	2.329	0.312
72	0.071	2.322	0.320
101	0.085	2.323	0.327
140	0.100	2.319	0.329
201	0.118	2.309	0.332
475	0.166	2.363	0.336
975	0.212	2.429	0.338
2475	0.279	2.559	0.339

Fig.19 Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* nei periodi di ritorno T_R di riferimento



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

Fig.20 Spettri di risposta elastici nei diversi periodi di ritorno T_R di riferimento

Nei grafici che seguono invece si evidenzia come variano i parametri sopra menzionati in funzione dei periodi di ritorno. Si precisa che in questa fase la PSB è riferita ad un sito caratterizzato da una morfologia pianeggiante e rigido, cioè senza effetti amplificativi dovuti alla stratigrafia e alla topografia, oggetto della successiva fase riguardante la Risposta sismica di sito.

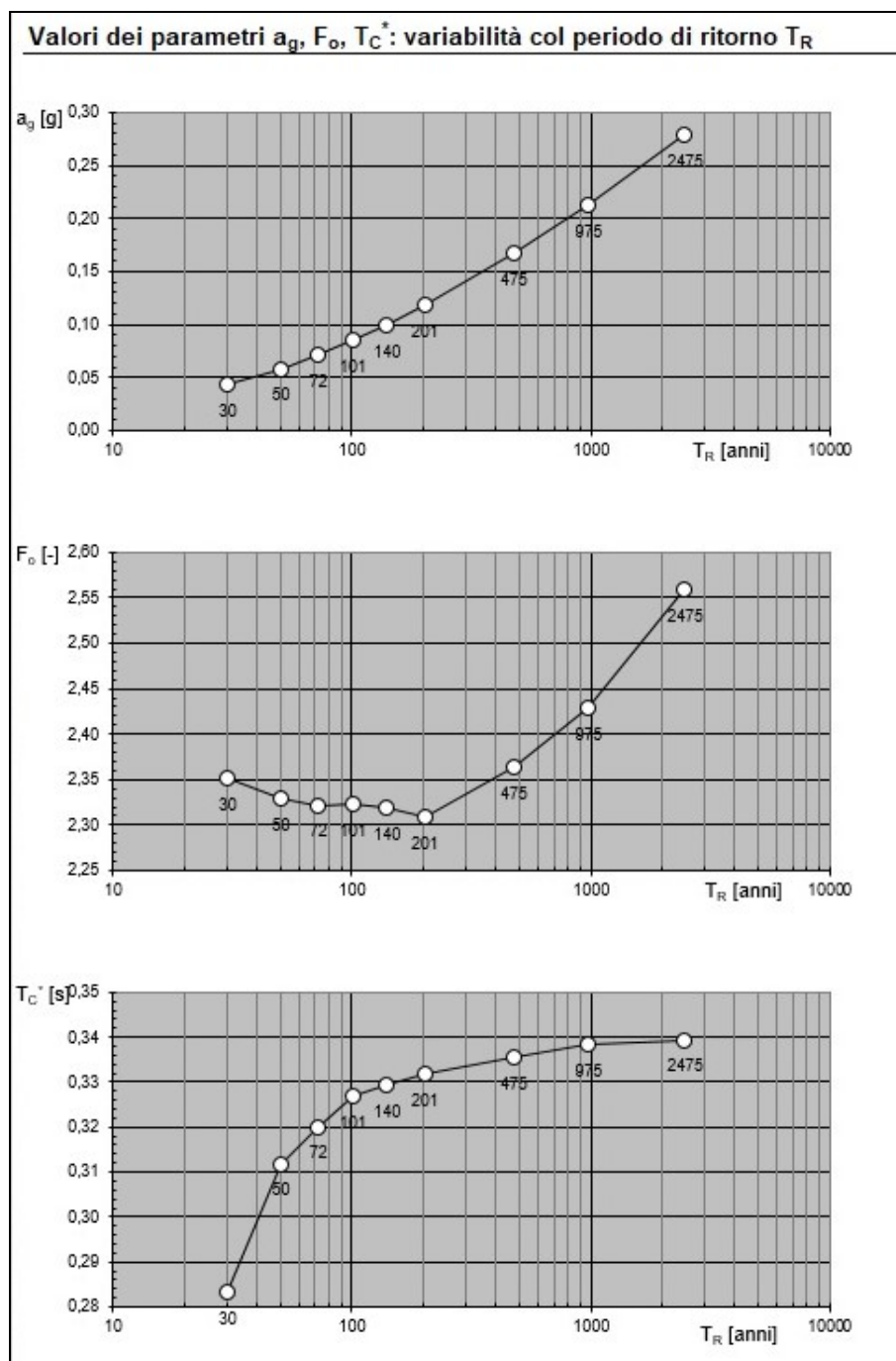


Fig.21 variazione dei parametri a_g , F_0 , T_C^* nei diversi periodi di riferimento

8.2 DISAGGREGAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La disaggregazione della pericolosità sismica di un sito è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione o deaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M . Sostanzialmente il processo di disaggregazione in M - R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Per il sito oggetto di studio, l'operazione di deaggregazione della pericolosità sismica ha messo in evidenza i seguenti valori

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori di edilizia sostitutiva per la costruzione di 90 alloggi. Relazione geologica relativa alla realizzazione di muri di contenimento lato Chiesa Evangelica su via Canonico Giovanni Scherillo

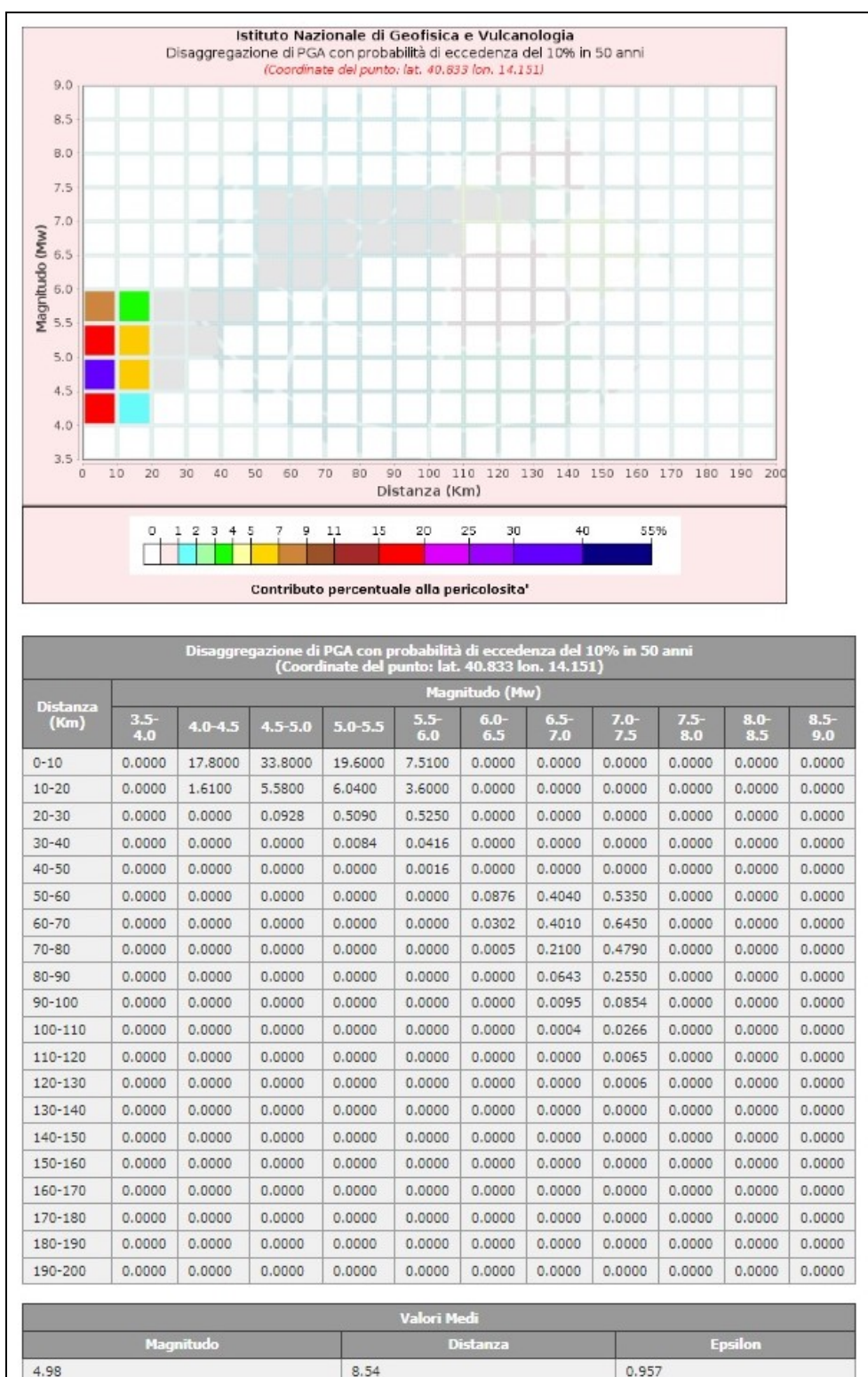


Fig.22 disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (sito INGV Milano)

Nello specifico il terremoto che contribuisce in maniera più significativa alla pericolosità sismica di sito ha mediamente una magnitudo di 4.98

Si riportano di seguito anche le curve di pericolosità per le diverse frequenze annuali di superamento relativamente al 16°, 50°, 84° percentile

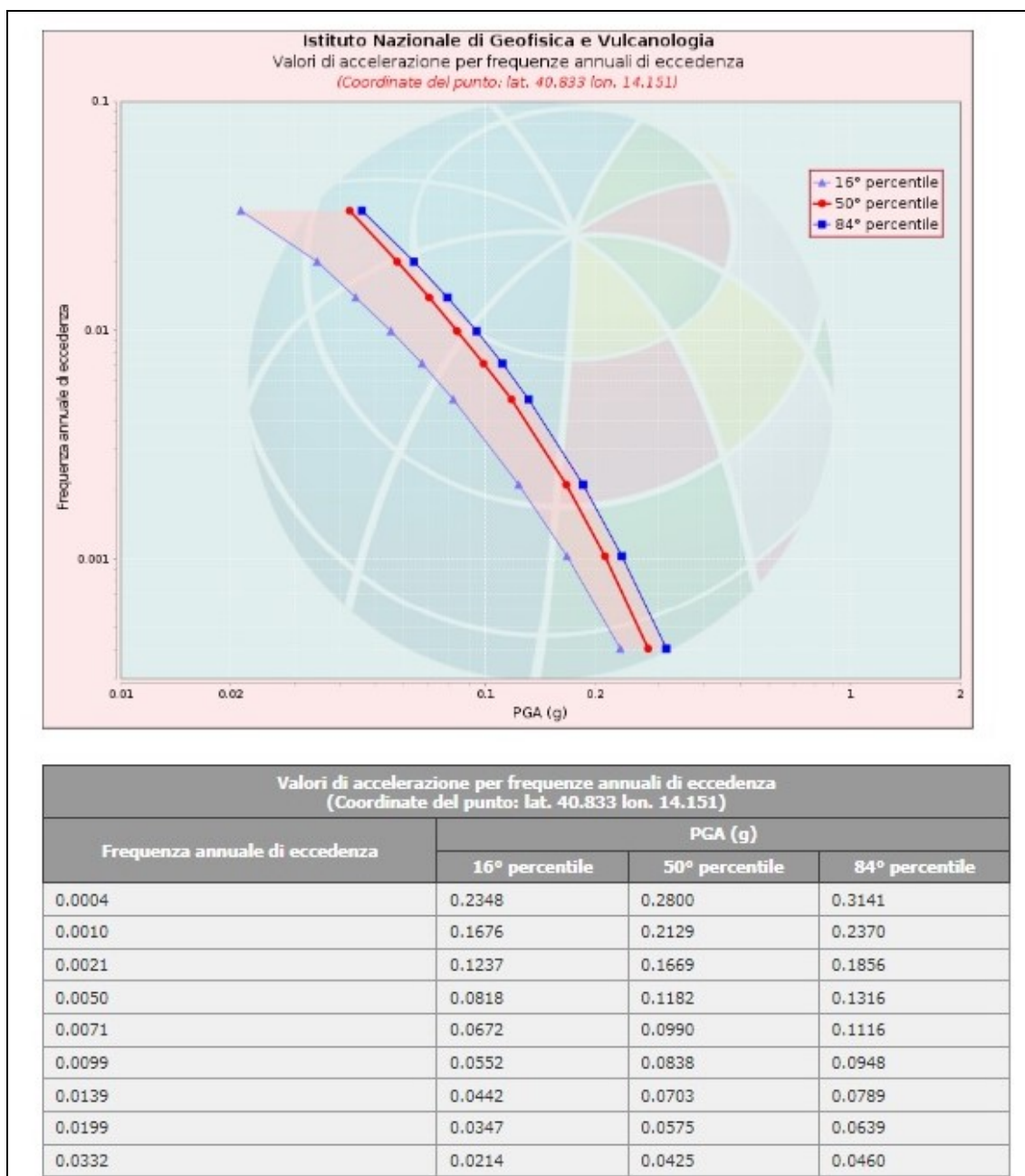


Fig.23 curve di pericolosità sismica dei valori di $a(g)$ per le diverse frequenze annuali di superamento

8.3 DEFINIZIONE DELLA STRATEGIA PROGETTUALE

Questa fase consiste nell'assegnare la vita nominale all'opera a farsi e stabilire in quale classe d'uso ricade. Queste informazioni vengono fornite dal progettista strutturale. Per vita nominale si intende *"il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purchè soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali"* (NTC 2018).

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tab.3 valori minimi della vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni (tab. 2.4.I,NTC 2018).

Oltre ad essa bisogna valutare anche la classe d'uso di riferimento dell'opera a farsi. Infatti le NTC 2018 con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, classificano le costruzioni nelle seguenti classi d'uso:

- Classe I:* Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
- Classe II:* Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
- Classe III:* Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe IV:* Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Fig.24 classi d'uso delle costruzioni paragrafo 2.4.2. NTC 2018

Ad ogni classe d'uso è associato un coefficiente (coefficiente d'uso C_u) importante perché insieme alla vita nominale ci permette di valutare il periodo di riferimento per il calcolo dell'azione sismica

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Tab.4 coefficienti d'uso in funzione della classe d'uso della costruzione (tab. 2.4.II NTC 2018)

Per l'intervento a farsi la strategia progettuale scelta è la seguente:

Vita Nominale V_N : ≥ 50 anni

Classe d'uso: Classe II

Coefficiente d'uso: 1,0

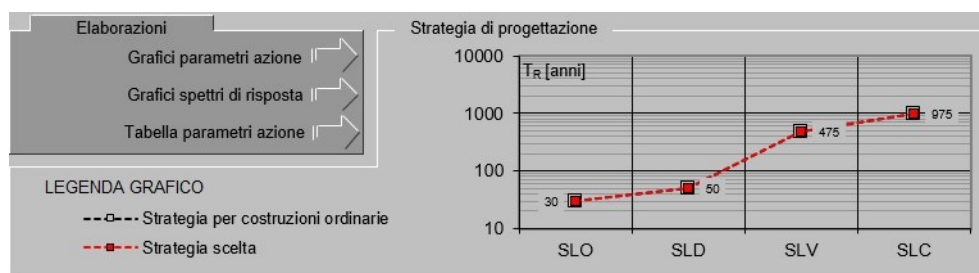


Fig.25 Curva della strategia di progettazione scelta (in rosso) confrontata con la strategia per costruzioni ordinarie (in nero)

di seguito si riportano i valori dei tre parametri della PSB riferiti ai diversi stati limite considerati e per diversi periodi ritorno

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,044	2,352	0,283
SLD	50	0,058	2,329	0,312
SLV	475	0,166	2,363	0,336
SLC	975	0,212	2,429	0,338

Fig.26 Valore dei parametri a_g, F_0, T_C^* in relazione ai diversi stati limite e per i diversi periodi di ritorno.

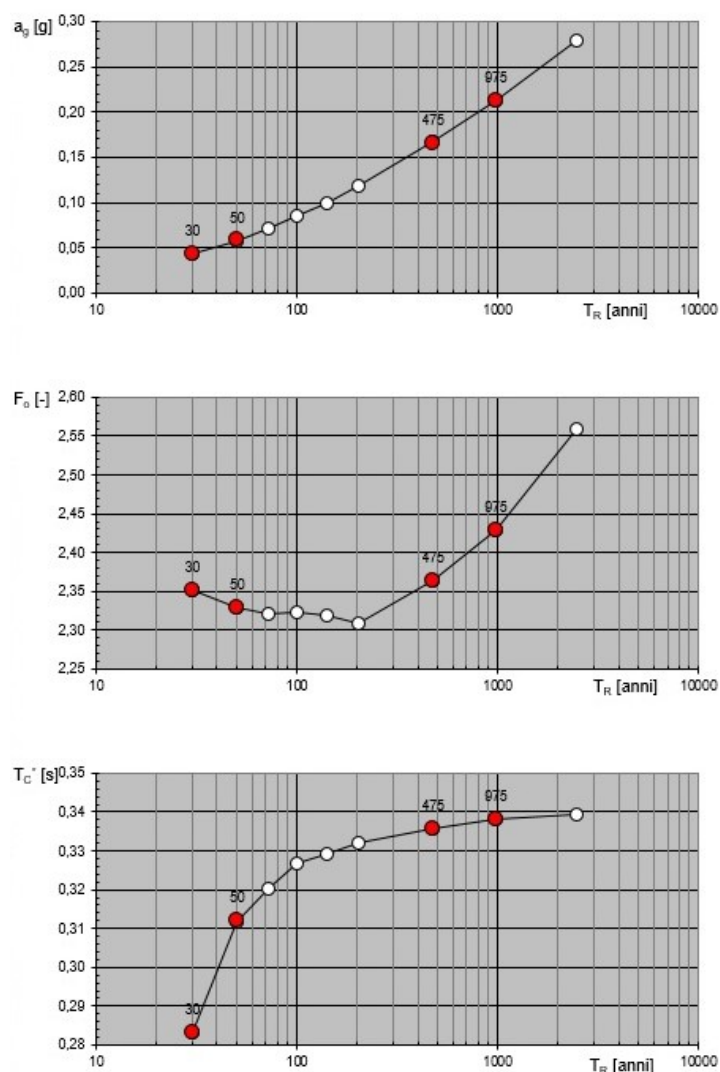


Fig.27 Valore dei parametri a_g, F_0, T_c^* in relazione ai diversi stati limite e per i diversi periodi di ritorno.

Di seguito si riportano inoltre gli spettri di risposta per i diversi stati limite considerati.

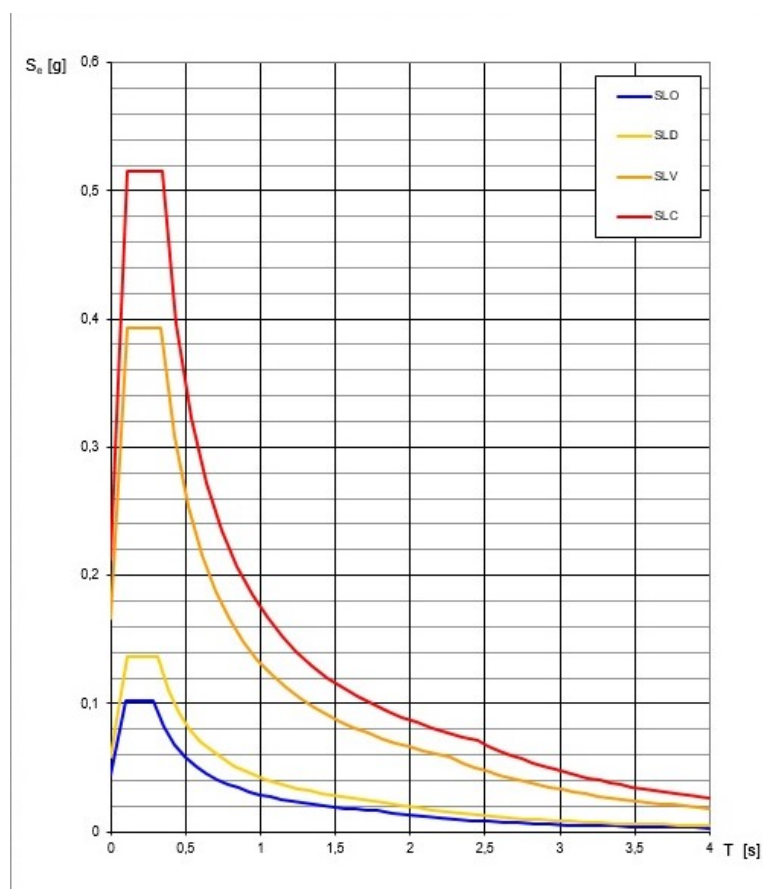


Fig.28 Spettri di risposta in funzione dei diversi stati limite

8.4 VALUTAZIONE DELLA RISPOSTA SISMICA LOCALE (RSL)

Un passo fondamentale per la definizione dell'azione sismica di progetto è la valutazione della risposta sismica locale. Per valutazione della RSL si intende un'analisi quantitativa delle modifiche che il moto sismico subisce in termini di durata, ampiezza e contenuto in frequenza per gli effetti stratigrafici e morfologici superficiali dovuti quindi alla litologia e alla particolare conformazione topografica del sito d'interesse. Per la valutazione della RSL nel caso specifico si è utilizzato il metodo semplificato che si basa sulla definizione di categorie sismiche di sottosuolo a partire dal parametro V_s equivalente. Per la definizione della V_s equivalente si è eseguito uno stendimento sismico M.A.S.W (Multichannel analys surface waves) eseguito nelle immediate vicinanze del sito oggetto di studio.

La prospezione sismica eseguita presentava le seguenti caratteristiche:

<i>Prospezione sismica</i>	<i>Lunghezza complessiva dello stendimento (m)</i>	<i>Offset (m)</i>	<i>Spacing (m)</i>	<i>Direzione</i>
<i>MASW n.1</i>	<i>30.0</i>	<i>2.5</i>	<i>2.5</i>	<i>N 350° E</i>

Tabella 5 Specifiche prospezione sismica MASW presa in considerazione



Fig. 29 Ubicazione stendimento sismico MASW



Fig. 30 Foto stendimento sismico

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 (Vedi allegati) è costituita da un impatto transiente verticale (maglio dal peso di 6 kg 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 2,50 m, 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. La lunghezza complessiva dello stendimento geofonico è stata sufficiente a determinare la sismostratigrafia 2D dei terreni nel sito prescelto fino alla profondità di 33m 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. 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: $f_{\text{campionamento}}=1/dt=2000Hz$. La frequenza massima dei segnali, ovvero la frequenza di Nyquist, è data da: $f_{\text{Nyquist}}=1/2dt=1000Hz$. La frequenza minima dei segnali è data da: $f_{\text{min}}=1/T=0.488Hz$. 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 V_S . Gli elaborati relativi alla prova effettuata sono di seguito riportati (Figg. 31 – 34).

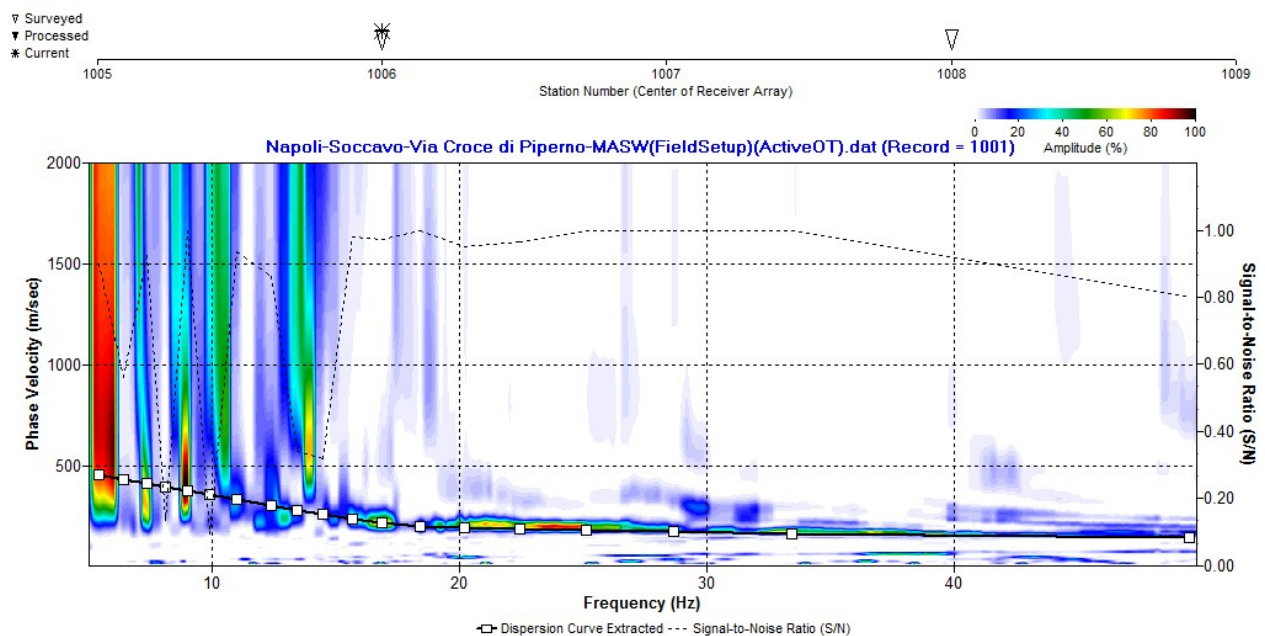


Fig. 31 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 1.

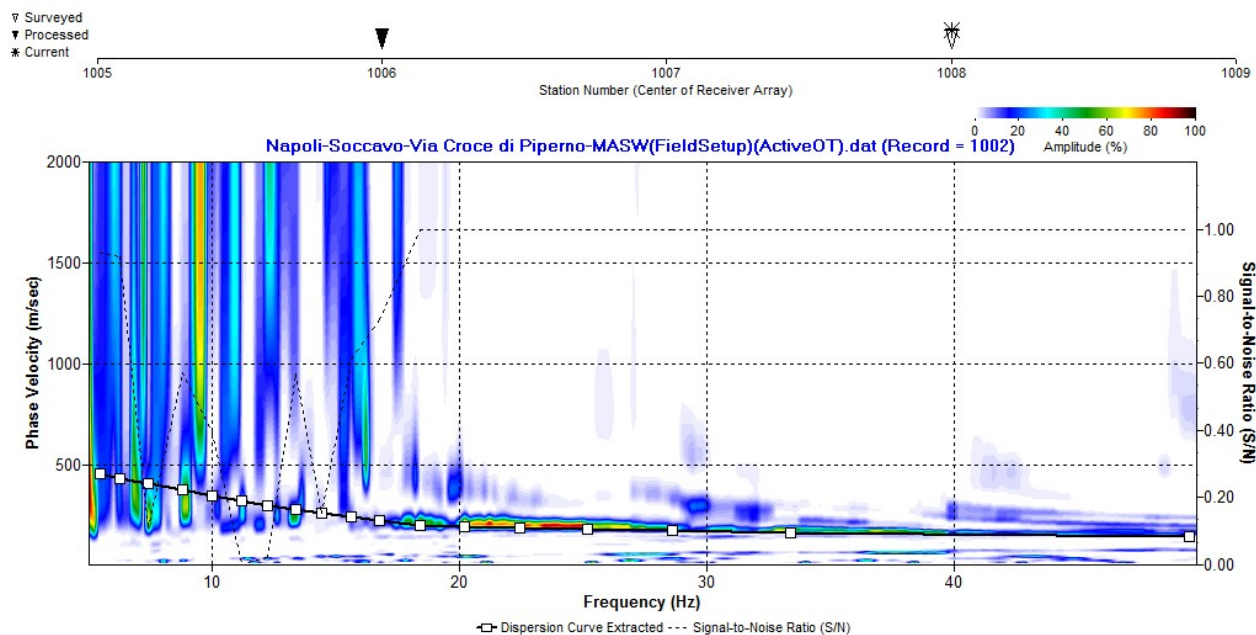


Fig. 32 – Curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh ottenuta dall'indagine Sismica MASW n. 1: acquisizione n. 2.

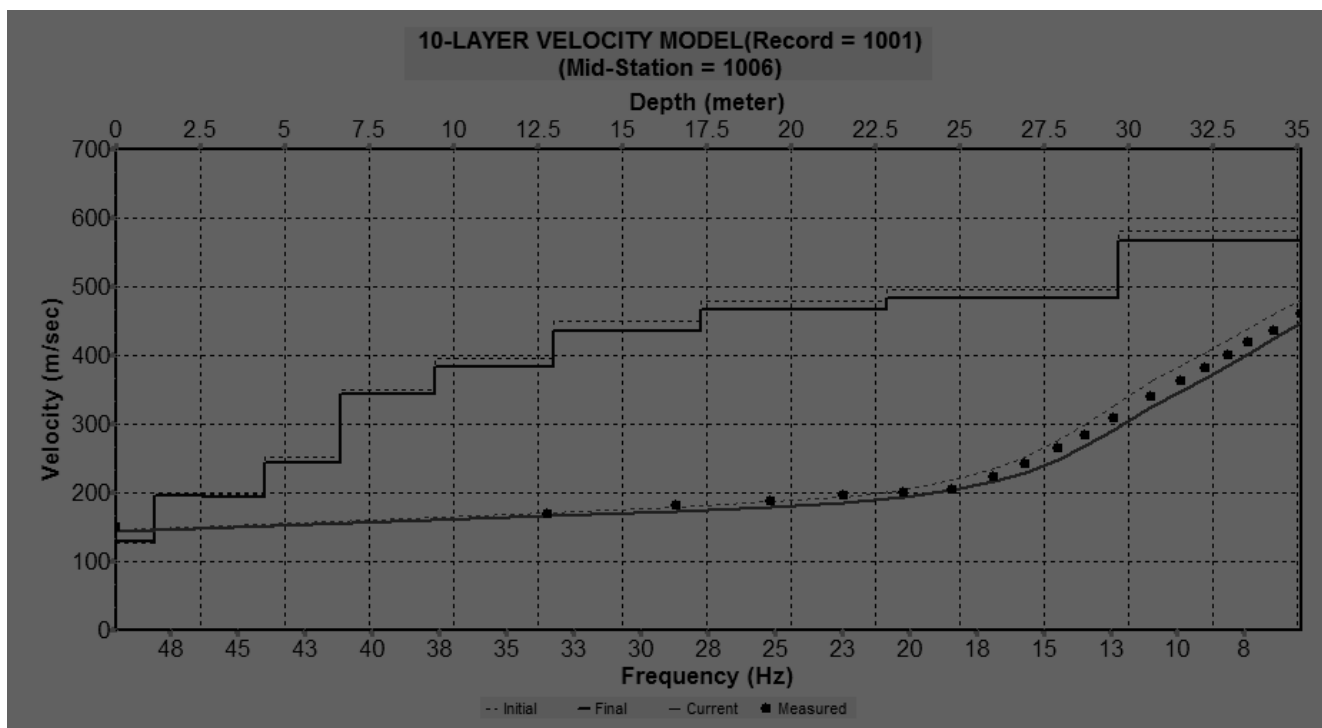


Fig. 33– Profilo verticale 1D delle V_s ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 - acquisizione n. 1.

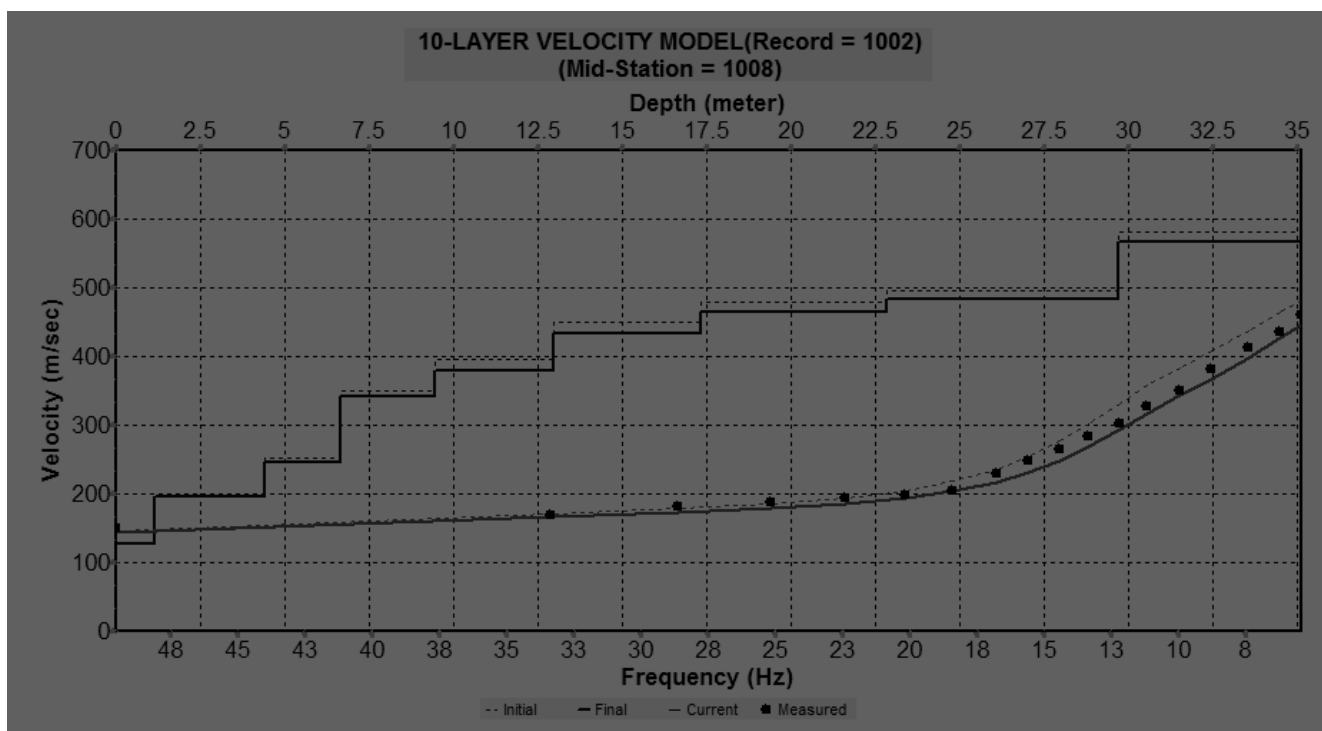


Fig. 34 – Profilo verticale 1D delle V_s ottenuto dall'inversione della curva di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh: MASW n. 1 - acquisizione n. 2.

L'indagine, considerando la sismostratigrafia fino alla profondità di 30m (0m-30m) dal p.c e fino alla profondità di 30,70 m (0,70 – 30,70)., in quanto non è stato raggiunto il bedrock sismico nei primi 30 metri di profondità dal p.c., ha fornito risultati che collocano i terreni oggetto d'indagine nella categoria **C** del D.M. 17 gennaio 2018 . Questa categoria è stata ricavata, come da normativa, dalla relazione:

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

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

Categorie di sottosuolo

Decreto del 17 gennaio 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni

Categoria A

Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da **valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s**, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

Categoria B

Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da **valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s**.

Categoria C

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da **valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s**.

Categoria D

Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da **valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s**.

Categoria E

Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30m.

Tabella 6 Categorie Sottosuoli di fondazione (D.M. 17 gennaio 2018).

<i>Prospezione sismica</i>	<i>$V_{S\ 0-30}$ (m/s)</i>	<i>$V_{S\ 3-33}$ (m/s)</i>	<i>Categoria Sottosuoli di Fondazione (D.M. 17/01/2018)</i>
<i>MASW n. 1</i>	<i>[337 ÷ 338]</i>	<i>[354 ÷ 355]</i>	<i>C</i>

Categoria di suolo di fondazione C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180m/s e 360m/s.

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T₁	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T₂	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T₃	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T₄	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

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

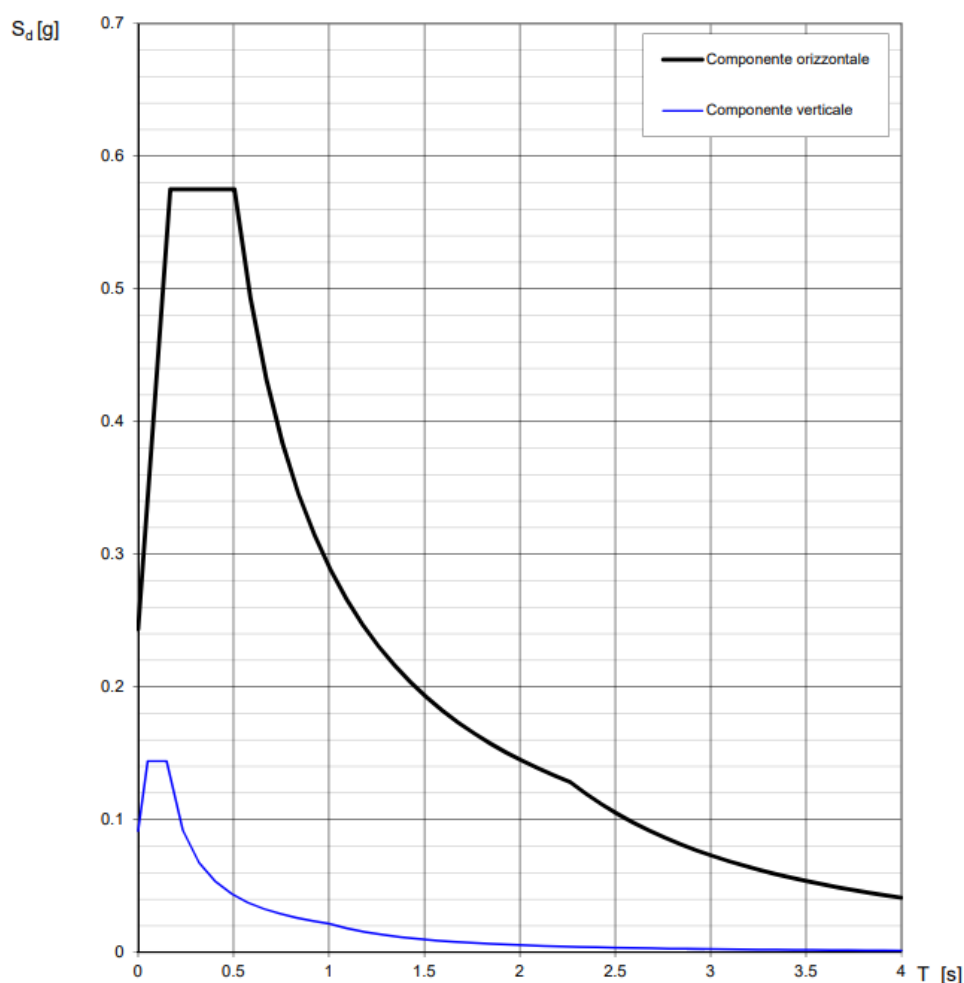
Sismostrato	Profondità (m)	V_s (m/s) acquisizione n.1	V_s (m/s) acquisizione n.2
S1	0.0 – 1.2	128	128
S2	1.2 – 4.4	195	196
S3	4.4 – 6.6	244	245
S4	6.6 – 13.0	364	361
S5	13.0 – 29.7	462	460
S6	29.7 – 35.1	567	567

9.5 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

L'ultima fase riguarda il calcolo dell'azione di progetto in funzione dello stato limite che si considera. Infatti note che siano: Strategia progettuale, categoria di sottosuolo, condizione topografiche, stato limite di riferimento, sarà possibile ottenere lo spettro di risposta di progetto, sia per la componente orizzontale che per quella verticale. Nel caso specifico si daranno gli spettri di progetto relativamente allo stato limite di danno (SLD) ed allo stato limite di Salvaguardia della vita (SLV).

SPETTRI ELASTICI DI PROGETTO COMPONENTE ORIZZONTALE E VERTICALE

SUOLO CAT. C – STATO LIMITE SLV



PARAMETRI E PUNTI DELLO SPETTRO DI PROGETTO DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE PER TERRENO DI CAT. C PER LO STATO LIMITE SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.166 g
F_o	2.363
T_C	0.336 s
S_S	1.464
C_C	1.506
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.464
η	1.000
T_B	0.168 s
T_C	0.505 s
T_D	2.265 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Lo spettro di progetto $S_e(T)$ 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.

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.243
$T_B \leftarrow$	0.168	0.575
$T_C \leftarrow$	0.505	0.575
	0.589	0.493
	0.673	0.432
	0.757	0.384
	0.840	0.346
	0.924	0.314
	1.008	0.288
	1.092	0.266
	1.175	0.247
	1.259	0.231
	1.343	0.216
	1.427	0.204
	1.511	0.192
	1.594	0.182
	1.678	0.173
	1.762	0.165
	1.846	0.157
	1.930	0.151
	2.013	0.144
	2.097	0.139
	2.181	0.133
$T_D \leftarrow$	2.265	0.128
	2.347	0.119
	2.430	0.111
	2.513	0.104
	2.595	0.098
	2.678	0.092
	2.761	0.086
	2.843	0.081
	2.926	0.077
	3.008	0.073
	3.091	0.069
	3.174	0.065
	3.256	0.062
	3.339	0.059
	3.422	0.056
	3.504	0.054
	3.587	0.051
	3.669	0.049
	3.752	0.047
	3.835	0.045
	3.917	0.043
	4.000	0.041

PARAMETRI E PUNTI DELLO SPETTRO DI PROGETTO DELLA COMPONENTE VERTICALE PER TERRENO DI CAT. C PER LO STATO LIMITE SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.091 g
S_s	1.000
S_T	1.000
τ	1.500
η	0.050 s
T_B	0.150 s
T_D	1.000 s

Parametri dipendenti

F_v	1.300
S	1.000
η	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = 1/q$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_0 \cdot \left(\frac{a_g}{g} \right)^{0,5}$$

Espressioni dello spettro di risposta

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

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

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

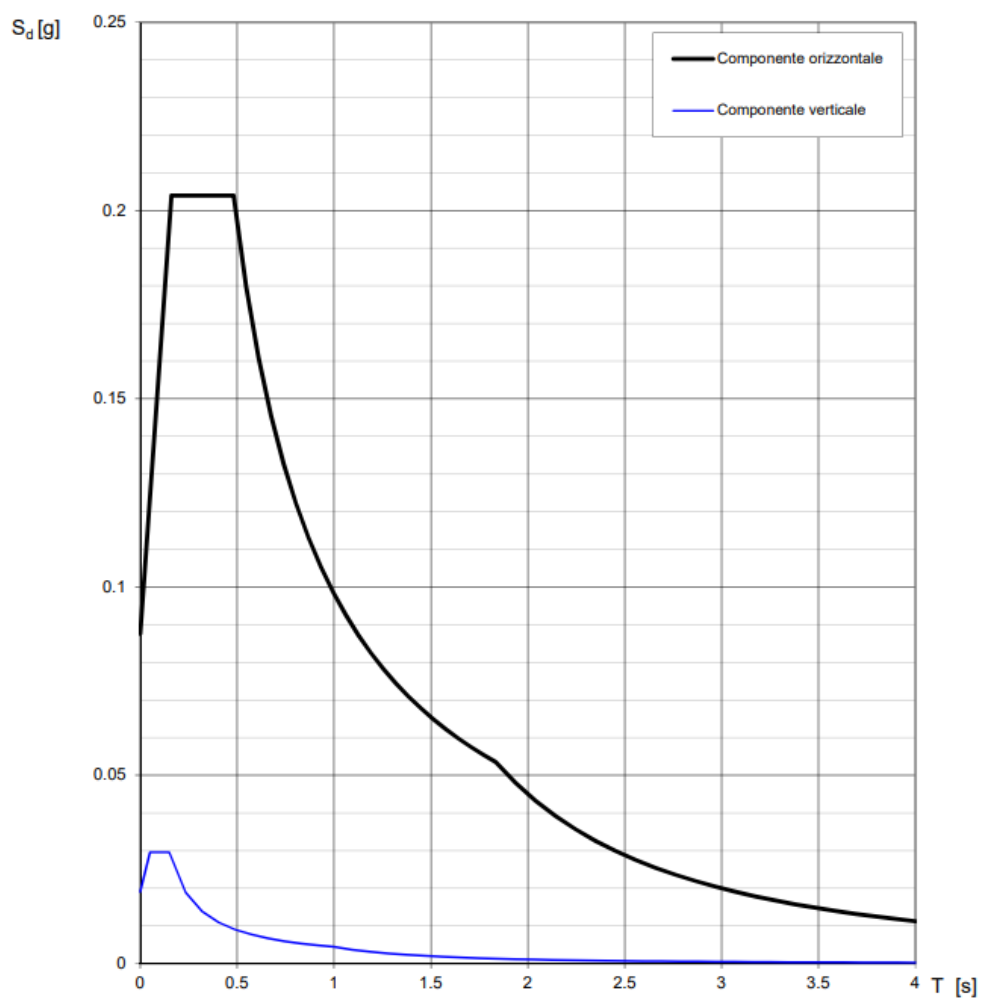
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Punti del

Punti del	Ispos a
B	1.001
C	1.044
	1.044
	1.002
	1.008
	1.003
	1.044
	1.038
	1.033
	1.029
	1.026
	1.024
D	1.022
	1.018
	1.015
	1.013
	1.011
	1.010
	1.009
	1.008
	1.007
	1.006
	1.006
	1.005
	1.005
	1.004
	1.004
	1.004
	1.003
	1.003
	1.003
	1.003
	1.002
	1.002
	1.002
	1.002
	1.002
	1.002
	1.002
	1.002
	1.001
	1.001
	1.001

SPETTRI ELASTICI DI PROGETTO COMPONENTE ORIZZONTALE E VERTICALE

SUOLO CAT. C – STATO LIMITE SLD



PARAMETRI E PUNTI DELLO SPETTRO ELASTICO DI PROGETTO DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE PER TERRENO DI CAT. C PER LO STATO LIMITE SLD

Parametri indipendenti

STATO LIM	SLD
a_g	0.058 g
T_c	2.328
T_c	0.312 s
S_g	1.500
C_c	1.542
S_c	1.000
γ	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.160 s
T_C	0.481 s
T_D	1.834 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_g \cdot S_r$$

$$\eta = \sqrt{10/(S+1)} : 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_c / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g \cdot 1,6$$

Espressioni dello spettro di risposta

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_i(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_i(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_i(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_i(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

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

Punti dello spettro di risposta

T_B [s]	0.000	0.068
T_C [s]	0.160	0.204
	0.481	0.204
	0.548	0.180
	0.610	0.161
	0.674	0.146
	0.739	0.133
	0.803	0.122
	0.868	0.113
	0.932	0.105
	0.996	0.098
	1.061	0.093
	1.125	0.087
	1.190	0.083
	1.254	0.078
	1.318	0.074
	1.383	0.071
	1.447	0.068
	1.512	0.065
	1.576	0.062
	1.640	0.060
	1.705	0.058
	1.769	0.055
T_D [s]	1.834	0.054
	1.937	0.048
	2.040	0.043
	2.143	0.039
	2.246	0.036
	2.349	0.033
	2.453	0.030
	2.556	0.028
	2.659	0.025
	2.762	0.024
	2.865	0.022
	2.968	0.020
	3.072	0.019
	3.175	0.018
	3.278	0.017
	3.381	0.016
	3.484	0.015
	3.587	0.014
	3.691	0.013
	3.794	0.013
	3.897	0.012
	4.000	0.011

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI SITO

9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DI SITO

La modellazione geotecnica di sito ha come obiettivo la definizione delle caratteristiche geomeccaniche dei litotipi caratterizzanti il volume significativo di terreno relativo all'opera a farsi. Come detto in premessa per la definizione delle caratteristiche geotecniche di sito, Si è fatto riferimento ad una prova penetrometrica dinamica pesante del tipo DPSH spinta alla profondità di 15,00 m dal p.c. Data la natura dei terreni riscontrati si sono scelte delle formule empiriche più idonee per la valutazione dei parametri geomeccanici. di seguito si riporta l'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche DPSH eseguite. Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*. Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981. Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

In particolare consente di:

- Ottenere informazioni sull'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici
- La caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- I parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenza alla punta.

Le correlazioni geotecniche utilizzate sono state scelte in funzione delle caratteristiche litostratigrafiche del sito

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori di edilizia sostitutiva per la costruzione di 90 alloggi. Relazione geologica relativa alla realizzazione di muri di contenimento lato Chiesa Evangelica su via Canonico Giovanni Scherillo

Da 0,00 m a 1,60 m: terreno di riporto sabbioso debolmente limoso;

da 1,60 m a 8,00 m: Sabbia debolmente limosa piroclastica poco addensata

da 8,00 m a 10,60 m: Sabbia limosa pozzolanica mediamente addensata

da 10,00 m a 15,00 m: Alternanza di sabbia limosa e limo sabbioso di natura piroclastica poco addensata

Densità relativa

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato (1) Strato	16	0.00-1,60	16,38	Gibbs & Holtz 1957	50
Strato (2) Strato	4	1,60-8,00	4,68	Gibbs & Holtz 1957	15
Strato (3) Strato	16	8,00-10,60	16,49	Gibbs & Holtz 1957	50
Strato (4) Strato	6	10,60-15,00	6,48	Gibbs & Holtz 1957	20

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato (1) Strato	16	0.00-1,60	16,38	De Mello	29
Strato (2) Strato	4	1,60-8,00	4,68	De Mello	24
Strato (3) Strato	16	8,00-10,60	16,49	De Mello	29
Strato (4) Strato	6	10,60-15,00	6,48	De Mello	25

Modulo di Young

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato (1) Strato	16	0.00-1,60	16,38	Schmertmann (1978) Sabbia grossolana	31,38
Strato (2) Strato	4	1,60-8,00	4,68	Schmertmann (1978) Sabbia grossolana	7,85
Strato (3) Strato	16	8,00-10,60	16,49	Schmertmann (1978) Sabbia grossolana	31,38
Strato (4) Strato	6	10,60-15,00	6,48	Schmertmann (1978) Sabbia grossolana	11,77

Appalto di progettazione esecutiva ed esecuzione dei lavori di edilizia sostitutiva per la costruzione di 90 alloggi. Relazione geologica relativa alla realizzazione di muri di contenimento lato Chiesa Evangelica su via Canonico Giovanni Scherillo

Modulo Edometrico

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato (1) Strato	16	0,00-1,60	16,38	$E(1-\nu) / (1+\nu)(1-2\nu)$	50,36
Strato (2) Strato	4	1,60-8,00	4,68	$E(1-\nu) / (1+\nu)(1-2\nu)$	16,82
Strato (3) Strato	16	8,00-10,60	16,49	$E(1-\nu) / (1+\nu)(1-2\nu)$	50,36
Strato (4) Strato	6	10,60-15,00	6,48	$E(1-\nu) / (1+\nu)(1-2\nu)$	25,22

Peso unità di volume

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità di Volume (KN/m³)
Strato (1) Strato	16	0,00-1,60	16,38	Terzaghi-Peck 1948	16
Strato (2) Strato	4	1,60-8,00	4,68	Terzaghi-Peck 1948	14
Strato (3) Strato	16	8,00-10,60	16,49	Terzaghi-Peck 1948	16
Strato (4) Strato	6	10,60-15,00	6,48	Terzaghi-Peck 1948	15

Peso unità di volume saturo

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (KN/m³)
Strato (1) Strato	16	0,00-1,60	16,38	Terzaghi-Peck 1948	16,5
Strato (2) Strato	4	1,60-8,00	4,68	Terzaghi-Peck 1948	14,5
Strato (3) Strato	16	8,00-10,60	16,49	Terzaghi-Peck 1948	17
Strato (4) Strato	6	10,60-15,00	6,48	Terzaghi-Peck 1948	16

Modulo di Poisson

Descrizione	NSPT	Prof. Strato (m)	N. Calcolo	Correlazione	Poisson
Strato (1) Strato	16	0,00-1,60	16,38	(A.G.I.)	0,35
Strato (2) Strato	4	1,60-8,00	4,68	(A.G.I.)	0,40
Strato (3) Strato	16	8,00-10,60	16,49	(A.G.I.)	0,35
Strato (4) Strato	6	10,60-15,00	6,48	(A.G.I.)	0,40

10. CONSIDERAZIONI SUL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE

Il termine liquefazione indica tutti quei fenomeni che danno luogo alla perdita di resistenza a taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni incoerenti e saturi, sollecitati da azioni transitorie e ripetute che agiscono in condizioni non drenate. Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni neutre che, se positive, causano una riduzione dello stato di confinamento efficace a cui il terreno è sottoposto. La natura fisica del fenomeno è tale che la liquefazione si inneschi solo quando un evento sismico induca livelli deformativi nel terreno tali da far nascere significative sovrappressioni neutre, associate ad un comportamento tensiodeformativo ciclico di tipo degradante. La liquefazione avviene pertanto, indipendentemente dalla natura e dalle proprietà meccaniche dei terreni, solo per terremoti che hanno una magnitudo ed una durata superiore a particolari valori di soglia. Generalmente, la pericolosità della liquefazione è associata alla presenza di terreni sabbio-limosi saturi, di plasticità e di densità basse. I terreni coesivi, specialmente con una frazione argillosa maggiore del 15%, non sono considerati suscettibili alla liquefazione. La liquefazione si presenta invece in sabbie incoerenti, nei limi ed in alcuni depositi di ghiaia, di età olocenica o tardo pleistocenica e nelle zone dove la falda è a profondità non maggiore di 15 metri dal piano campagna. Alcuni terreni ghiaiosi sono vulnerabili alla liquefazione se incapsulati da terreni impermeabili che impediscono la dispersione veloce delle sovrappressioni neutre indotte dai terremoti. Per essere suscettibili alla liquefazione, i terreni potenzialmente liquefacibili devono essere praticamente saturi.

Così come recita il D.M 17.01.2018 al punto 7.11.3.4.2 la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- eventi sismici attesi 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 m 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 q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna a determinate zone definite ad alta possibilità di liquefazione la cui estensione dipende dal coefficiente di uniformità ($U_c < 3,5$ ed $U_c > 3,5$)

Nel sito oggetto di studio non avendo rinvenuto il livello statico della falda nei primi 15,00 m di profondità, presentando essa, una profondità media annuale maggiore di 15 m, possiamo omettere la verifica a liquefazione

11. CONCLUSIONI

L'analisi dei luoghi ha consentito di delineare le caratteristiche geomorfologiche, geologiche, stratigrafiche del sito oggetto di studio e la determinazione delle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei terreni presenti nell'immediato sottosuolo nonché la definizione della risposta sismica di sito. Le indagini svolte hanno confermato quanto riportato in bibliografia ed hanno permesso di desumere uno schema chiaro delle condizioni geotecnico - giaciture dello spessore significativo dei terreni di sedime ai fini della valutazione dell'impatto sugli stessi della struttura da realizzare

Sotto il profilo geologico-stratigrafico l'area oggetto di studio è interessata dalla presenza di prodotti piroclastici da sciolti a mediamente addensati, la stratigrafia tecnica ottenuta dalla prova penetrometrica è la seguente:

Da 0,00 m a 1,60 m: terreno di riporto sabbioso debolmente limoso;

da 1,60 m a 8,00 m: Sabbia debolmente limosa piroclastica poco addensata

da 8,00 m a 10,60 m: Sabbia limosa pozzolanica mediamente addensata

da 10,00 m a 15,00 m: Alternanza di sabbia limosa e limo sabbioso di natura piroclastica poco addensata

Sotto il profilo della stabilità l'area in esame risulta a pericolosità e rischio da frana e a rischio idraulico nulli come si evince dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Territorio, redatto dall' ex Autorità di Bacino Campania Centrale (oggi Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale) che è l'Ente pianificatore in materia di difesa suolo, che ha competenza sul Comune di Napoli.

Dal punto di vista idrogeologico Non è stata riscontrata la falda idrica nei primi 15 m di profondità;

Dal punto di vista sismico Il territorio comunale di Napoli (NA), a seguito della riclassificazione sismica del 2002 effettuata dalla Regione Campania, è classificato in II categoria - $S=9$ - $a_g=0.25g$. Inoltre, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica, disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, redatta secondo le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018), 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). I risultati forniti dall'indagine sismica passiva a stazione sismica HVSR effettuata permettono di definire le categorie di suolo del sito, che risulta posto nella categoria **C** con valori di V_{S30} calcolati pari a:

<i>Prospezione sismica</i>	<i>$V_{S\ 0-30}$ (m/s)</i>	<i>$V_{S\ 3-33}$ (m/s)</i>	<i>Categoria Sottosuoli di Fondazione (D.M. 17/01/2018)</i>
<i>MASW n. 1</i>	<i>[337 ÷ 338]</i>	<i>[354 ÷ 355]</i>	<i>C</i>

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 $Se [q]$ (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:

PARAMETRI E PUNTI DELLO SPETTRO DI PROGETTO DELLA COMPONENTE
ORIZZONTALE PER TERRENO DI CAT. C PER LO STATO LIMITE SLV



PARAMETRI E PUNTI DELLO SPETTRO ELASTICO DI PROGETTO DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE PER TERRENO DI CAT. C PER LO STATO LIMITE SLD

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.058 g
T_B	2.328
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	1.834 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_S \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(S + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / \beta + 1,6$$

Espressioni dello spettro di risposta

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

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

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

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

Lo spettro di progetto $S_e(T)$ 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.

Punti dello

T_B

T_C

T_D

risposta

g
0.088
0.084
0.084
0.180
0.161
0.146
0.133
0.122
0.113
0.105
0.098
0.093
0.087
0.083
0.078
0.074
0.071
0.068
0.065
0.062
0.060
0.058
0.055
0.054
0.048
0.043
0.039
0.036
0.033
0.030
0.028
0.025
0.024
0.022
0.020
0.019
0.018
0.017
0.016
0.015
0.014
0.013
0.013
0.012
0.011

Dal punto di vista geomeccanico il sottosuolo è caratterizzato dall'alternanza di sabbia limosa e/o limo sabbioso da poco addensata a moderatamente addensata. Dall'analisi combinata delle prove prese in considerazione e l'indagine sismica effettuata possiamo schematizzare la stratigrafia tecnica media di sito in questo modo:

TABELLA RIASSUNTIVA DELLE CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DI SITO

Profondità (m)	Descrizione litologica	Nspt	D R (%)	$\Phi(^{\circ})$	γ KN/m³	γ sat KN/m³	E (MPa)	M (MPa)	ν	C (kPa)
0,00 -1,60	Terreno di riporto sabbioso debolmente limoso	16	50	29	16	16,5	31,38	50,36	0,35	-
1,60 -8,00	Sabbia debolmente limosa poco addensata	4	15	24	14	14,5	7,85	16,82	0,40	-
8,0-10,60	Sabbia limosa mediamente addensata	16	50	29	16	17	31,38	50,36	0,35	-
10,60-15,00	Sabbia limosa e limo sabbioso poco addensato	6	20	25	15	16	11,77	25,22	0,40	-

Dove Nspt : numero colpi prova SPT; Dr : Densità relativa; Φ = Angolo di resistenza al taglio; γ : peso di volume; γ sat: peso di volume saturo; E : modulo di Young; M: Modulo Edometrico; ν : coefficiente di Poisson; c: coesione;

Per quanto concerne i calcoli geotecnici inerenti il complesso “terreno - struttura fondale” e per ciò che concerne le varie verifiche di stabilità, si rimanda al progettista strutturale, restando comunque a disposizione per chiarimenti su quanto esposto.

Tanto dovevasi per l'incarico ricevuto.

Volla (Na), Settembre 2021

Il Tecnico

Dott. Geol. Antonio Iorio

