



Comune di Napoli
Area Ambiente
Servizio Verde della Città

PARCO VIALE DEL POGGIO
Viale Poggio di Capodimonte, 53
80131 Napoli NA

LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE "PARCO DEL POGGIO"

PROGETTO ESECUTIVO
INTEGRAZIONE

TAV. 7 R

Relazione Geologica

Data

NOVEMBRE 2022

Il Responsabile del Procedimento

Arch. Francesca SPERA

Il Dirigente del Servizio Verde della Città

dott.ssa Teresa BASTIA

Il Progettista

Ing. Vincenzo PALMA

Agronomo

Dott. Agr. Federico ABATE

RTP

Ing. Vincenzo PALMA

Dott. Agr. Federico ABATE

Dr. Gregorio Palumbo
(Geologo)

Servizi Integrati per l'Ambiente ed il Territorio
consulenze studi e ricerche

e-mail: geologo.palumbo@gmail.com

pec: geologo.palumbo@pec.it

cellulare: +39 324 829 14 74



COMUNE DI NAPOLI (NA)

RELAZIONE GEOLOGICA

Committente: Ing. VINCENZO PALMA.

Oggetto: relazione tecnica inerente le caratteristiche geologiche del lotto di terreni in località Parco Viale del Poggio - Napoli.

**PROGETTAZIONE ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA
IN FASE PROGETTUALE PER L'INTERVENTO DENOMINATO
RIQUALIFICAZIONE DEL PARCO DEL VIALE DEL POGGIO.**

Data,01/07/2021

Il Tecnico

Dott. Geol. Gregorio Palumbo

INDICE

- INTRODUZIONE
- STUDIO GEOLOGICO
- AREA DI STUDIO
- NORMATIVA DI RIFERIMENTO
- INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE
- IDROGEOLOGIA DELLA PIANA CAMPANA
- ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DELLA PIANA CAMPANA
- LINEAMENTI DI CIRCOLAZIONE IDRICA
- CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE
- DESCRIZIONE DEI CARATTERI SISMICI GENERALI DELL' AREA
- CLASSIFICAZIONE SISMICA N.T.C. 2018
- SISMICITÀ CATEGORIE DI SOTTOSUOLO (NTC – 2018)
- CONDIZIONI TOPOGRAFICHE
- CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA GENERALE
- AREA URBANA DI NAPOLI
- STRATIGRAFIA GENERALE DELL' AREA DI STUDIO
- ALLEGATO "A" - INDAGINI SVOLTE
 -  INDAGINE SISMICA: ESECUZIONE ED ELABORAZIONE DI N°1 ANALISI SPETTRALE DELLE ONDE SUPERFICIALI CON IL METODO HVSR.
CALCOLO VS30. CATEGORIA SUOLO RIF. N.T.C. – 2018.
DETERMINAZIONI DELLA CATEGORIA DI SUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE DEL SITO SECONDO LA NORMATIVA SISMICA D.M. 17.01.2018
 -  INDAGINE GEOTECNICA: ESECUZIONE DI N°1 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPER PESANTE CONTINUA DPSH (P1).
- AEROFOTOGRAMMETRIA DELL' AREA DI STUDIO CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI SVOLTE
- MODELLO SISMICO DEL SOTTOSUOLO
- INDAGINE GEOTECNICA
- RELAZIONE DI CALCOLO PER LA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA SUPER PESANTE (D.P.S.H.) P1 – STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1 (DPSH)
- CONCLUSIONI

INTRODUZIONE

Per incarico dell'Ing. VINCENZO PALMA, il sottoscritto Dott. Geologo Gregorio Palumbo, iscritto all'ordine dei geologi della Regione Campania con numero di riferimento 2028, ha redatto la seguente relazione tecnica inerente le caratteristiche geologiche dei terreni ubicati in località Parco del Poggio - Napoli.

STUDIO GEOLOGICO

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

- *Ricerca bibliografica;*
- *Rilevamento geologico di superficie;*
- *Indagine sismica: esecuzione ed elaborazione di n°1 analisi spettrale delle onde superficiali con il metodo HVSR.*
- *Indagine geotecnica: esecuzione di n°1 prova penetrometrica dinamica super pesante continua DPSH (P1).*

AREA DI STUDIO

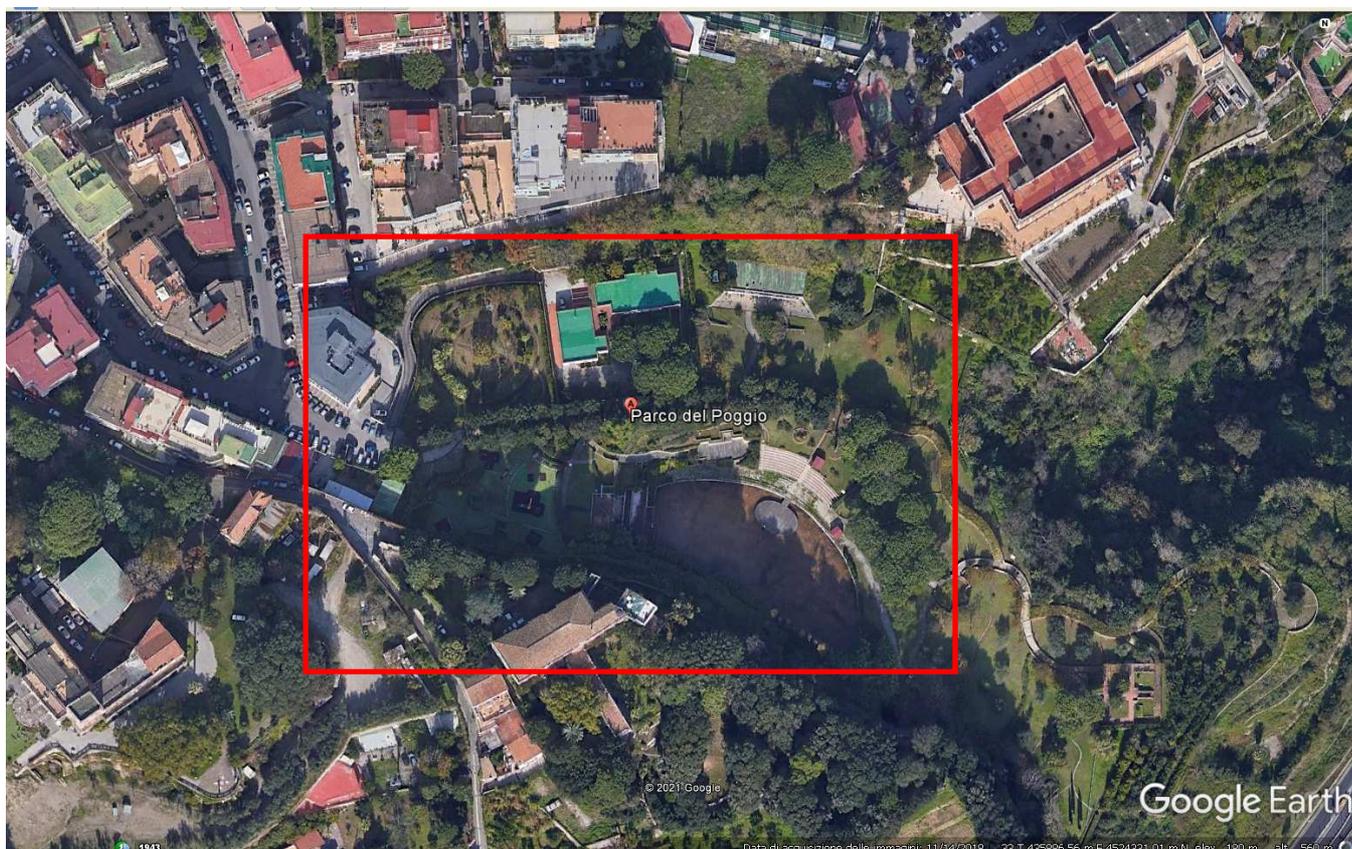


Figura 1 – STRALCIO AEROFOTOGRAMMETRICO DELL'AREA DI STUDIO - località Parco del Poggio - Napoli.

PREMESSA DELLO STUDIO GEOLOGICO

L'area oggetto di studio, è ubicata nel territorio Comunale di *NAPOLI*. In particolare lo studio per la determinazione del bacino idrologico ed idrogeologico dell'area in esame è stato eseguito tenendo conto dei dati acquisiti dallo scrivente, nel sito in oggetto, attraverso un rilievo geologico e dai dati già presenti in bibliografia. I dati acquisiti durante le operazioni di campagna, sono stati verificati con una serie di studi pianificatori eseguiti sul territorio comunale di *NAPOLI (Na)* negli anni passati. La parte preliminare del presente lavoro è consistita nella consultazione della bibliografia tecnica specializzata dell'area di studio, finalizzato alla conoscenza dell'area, sotto il profilo geologico e da una serie di sopralluoghi ed un accorto rilevamento geologico e geomorfologico, il quale ha permesso di rilevare le litologie affioranti e le caratteristiche morfologiche nei dintorni del sito. Il consuntivo dello studio effettuato mostra un quadro della situazione sufficientemente significativo sia sotto il profilo della conoscenza litostratigrafica che nell'ambito della determinazione dei parametri geologici dei terreni superficiali e sub-superficiali.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

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

- L. R. n. 14 del 20-03-1982 “Indirizzi programmatici e direttive fondamentali relative all’esercizio delle funzioni delegate in materia di urbanistica, ai sensi dell’art. 1 - II comma - della legge regionale 1 settembre 1981, n. 65”.
- L. R. 7 gennaio 1983 n. 9 “Norme per l’esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico”;
- D.M. 11 marzo 1988 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- Circ LL. PP. B. 30483 (Pres. Cons. Sup. – Servizio Tecnico Centrale) 24/09/88 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione, Istruzioni per l’applicazione”;
- Legge 18 maggio 1989 n. 183 “Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”;
- L. 7 agosto 1990, n. 253 “Disposizioni integrative alla legge 18 maggio 1989 n. 183 recante Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo”;
- L.R. n. 8 del 7 febbraio 1994, - “Norme in materia di difesa del suolo attuazione della L. 18 maggio 1989, n. 183” e successive modificazioni ed integrazioni;
- Decreto Ministeriale 11 marzo 1998 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di fondazione”;
- Deliberazione n. 5447/2002 – “Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania”;
- O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 “Primi Elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modificazioni ed integrazioni;
- Decreto G.R.C. n.195 del 27 maggio 2003. “Regolamento per la disciplina della fase transitoria di applicazione delle norme tecniche nei comuni dichiarati e riclassificati sismici” con delibera di Giunta Regionale n. 5447 del 07 novembre 2002;
- L.R. n. 16 del 22 dicembre 2004 “Norme sul governo del territorio”;
- D.M. 14 settembre 2005 “Norme tecniche per le costruzioni”;
- D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 “Norme in materia ambientale”;
- O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”;
- O.C.D.P.C. n. 52/2013;
- N.T.C. – 2008 “Norme tecniche per le costruzioni” D.M. 14 gennaio 2008;
- N.T.C. – 2018 “Norme tecniche per le costruzioni” D.M. 17.01.2018.

INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

L'area di studio è situata nel territorio comunale di *NAPOLI*, ed occupa una posizione piuttosto centrale nella Piana Campana (fig. 1). Essa fa parte del distretto vulcanico dei Campi Flegrei, corrispondente quindi ad un'ampia porzione della fascia flegrea. Rientra nel Foglio 183-184 di Napoli – Isola d'Ischia, della Carta Geologica D'Italia (fig. 3). La Piana Campana è una vasta area pianeggiante limitata dai rilievi carbonatici meso - cenozoici dei Monti Aurunci a Nord-Ovest, di Monte Maggiore e Monte Avella a Nord-NE, dei Monti Lattari della Penisola Sorrentina a Sud-Est e dell'apparato vulcanico del

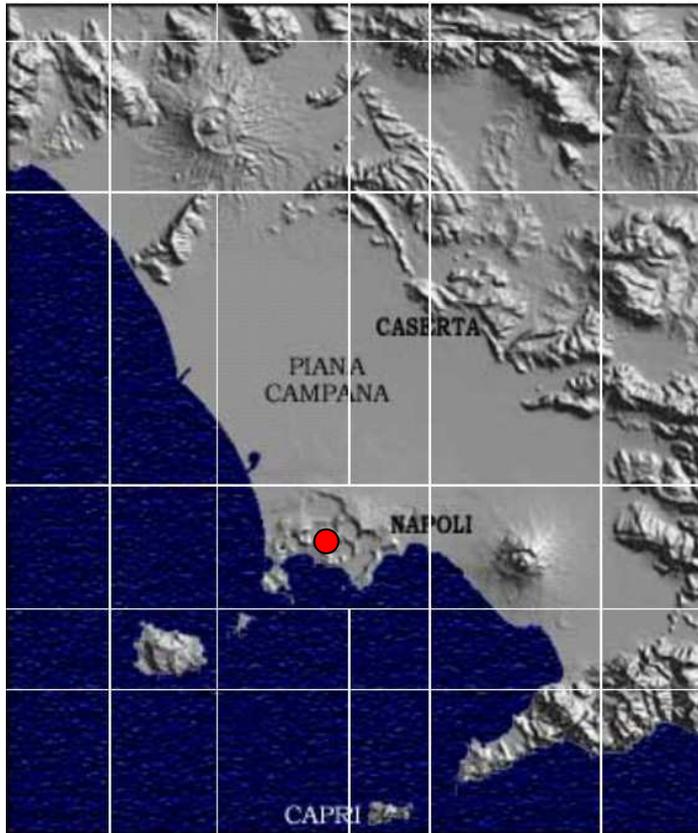


Figura 1 – Piana Campana (DTM - modello digitale del terreno).

Area di studio ●

Vesuvio a Sud-Est. Da un punto di vista strutturale, la Piana Campana è un graben di età plio - pleistocenica, la cui origine è legata alla formazione del Mar Tirreno, che circa 1.000.000 di anni fa, iniziò ad aprirsi, provocando un assottigliamento ed un relativo allungamento della crosta terrestre, determinati dalla rotazione della penisola italiana in direzione NE-SW. Ciò favorì l'instaurarsi di agevoli vie di fuga per il magma, determinando lo sviluppo dei vulcani lungo la costa tirrenica. La Piana Campana per estensione, rappresenta la seconda piana italiana, si realizza in un graben peritirrenico di età plio-pleistocenica, interessato durante il Quaternario da un pronunciato sprofondamento. La natura dei prodotti della Piana Campana è stata desunta da dati stratigrafici ottenuti da prospezioni geofisiche e pozzi profondi eseguiti per ricerche geotermiche (misurazione del calore interno della Terra). Da tale analisi è risultata una successione costituita da sedimenti marini, alluvionali e vulcanici, in cui si trovano spesso eteropici, depositi vulcanici ormai sepolti sotto la Piana. Da questi studi è risultata una successione di strati rocciosi, costituiti da sedimenti marini, sedimenti alluvionali (fiumi e laghi), sabbie, argille, arenarie e prodotti vulcanici come tufi, piroclastiti (pozzolana) e colate laviche. È stato possibile, inoltre, stimare il volume dei terreni che colmano la Piana Campana : $V = 10.000 \text{ Km}^3$ di cui 5.000 Km^3 sono di origine vulcanica. Nella parte settentrionale sono stati rinvenuti al di sopra del basamento carbonatico rispettivamente: sabbie, argille, arenarie e prodotti vulcanici come ignimbriti, tufi, piroclastici incoerenti e colate laviche. La presenza, in quest'area, di prodotti vulcanici è riconducibile all'attività dei quattro principali sistemi vulcanici: Roccamonfina nella parte settentrionale, Campi Flegrei, Isola d'Ischia e Somma-Vesuvio. Dall'analisi di tali prodotti vulcanici è risultata una dominanza di rocce a carattere potassico alcalino-trachitico. La formazione vulcanica maggiormente estesa è quella ignimbritica del Tufo Grigio Campano. Esso è composto di pomice e scorie nere incastrate in una matrice cinerea con litici e cristalli subordinati, e talvolta si presenta anche come facies di breccia. L'accumulo della parte più superficiale dei sedimenti (arenarie, argille marine, alluvioni e piroclastici) sarebbe connessa a fenomeni tettonici, vulcanici, sedimentari e climatici che hanno caratterizzato il Quaternario recente. L'origine del vulcanismo campano è strettamente legato alle fasi tettoniche Plio-Pleistoceniche a carattere distensivo che hanno portato allo smembramento del margine occidentale della parte centrale della catena appenninica ed alla creazione della depressione della Piana Campana. Infatti durante la formazione della Piana Campana si sono create le condizioni per la formazione e per la risalita dei magmi che hanno alimentato l'attività eruttiva dei vulcani campani. Nella Piana Campana si rinvencono tre aree vulcaniche principali: il vulcano di Roccamonfina, il Distretto Vulcanico Flegreo (che comprende Napoli, i Campi Flegrei e le isole di Ischia e Procida), ed il complesso vulcanico del Somma-Vesuvio. Dall'analisi di tali prodotti vulcanici è risultata una dominanza di rocce a carattere potassico alcalino-trachitico. La formazione vulcanica maggiormente estesa è quella ignimbritica del Tufo Grigio Campano. Esso è composto di pomice e scorie nere incastrate in una matrice cinerea con litici e cristalli subordinati, e talvolta si presenta anche come facies di breccia. L'accumulo della parte più superficiale dei sedimenti (arenarie, argille marine, alluvioni e piroclastici) sarebbe connessa a fenomeni tettonici, vulcanici, sedimentari e climatici che hanno caratterizzato il Quaternario recente. La stratigrafia locale è caratterizzata dalla presenza di una formazione ignimbritica del Tufo Grigio Campano, ascritta al Primo periodo flegreo (39.000 B.p.). Sovrapposta ad essa si rinvencono termini piroclastici, ovvero : piroclastiti sciolte, alcalino - potassiche, in facies di pozzolane con alternanze di lapilli e pomici, sovente alterate ed humificate, indicative della presenza di paleosuoli e, riconducibili al Secondo periodo flegreo (15.000 B.p, NYT). La successione piroclastica si conclude verso l'alto con i prodotti ascrivibili al Terzo periodo flegreo, che hanno contribuito a modellare ulteriormente l'area. Detto materiale risulta definibile in vari strati cromaticamente differenziati e con composizione granulometrica variabile tra sabbia e limo, contenente in varia misura pomici di differente diametro. Esso forma una copertura dallo spessore variabile da zona a

zona della Piana Campana. I processi minerogenetici post-deposizionali hanno interessato quasi tutti questi materiali, in particolar modo quelli incoerenti, ed hanno portato alla formazione di minerali argillosi (halloysite).

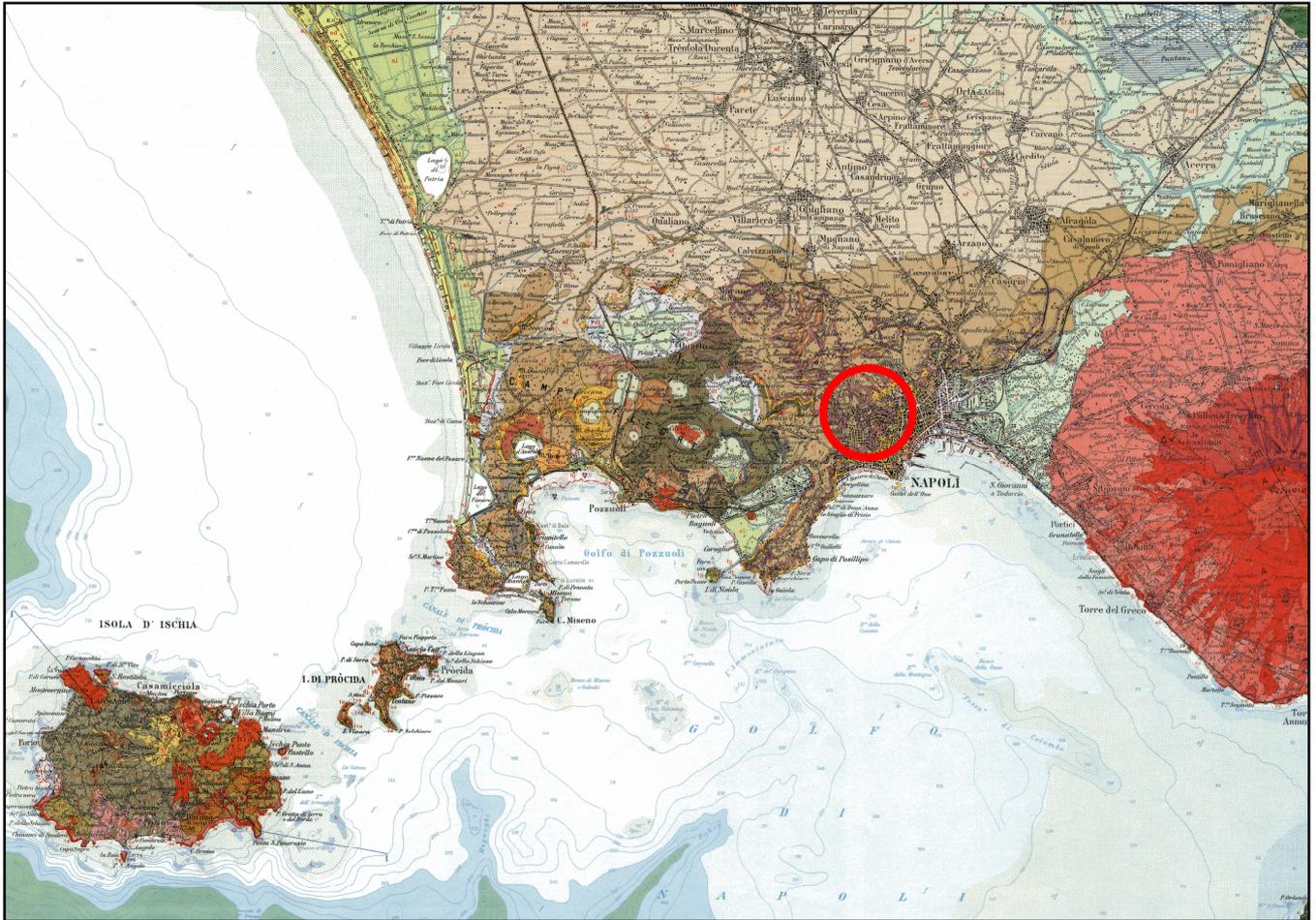


Figura 2 – Carta geologica dell'area di studio dal foglio 183-184 NAPOLI-ISOLA D'ISCHIA, scala 1:100.000, della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA.

ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE DELLA PIANA CAMPANA

Gli Appennini meridionali sono una catena montuosa costituita dalla sovrapposizione di falde continentali a vergenza orientale e nord-orientale. A seguito del sollevamento della parte centrale della catena, avvenuto a partire dal Pliocene superiore, e dello smembramento del suo margine occidentale, dovuto alle intense fasi tettoniche a carattere distensivo connesse con l'apertura del Mar Tirreno, si è formata la vasta depressione della Piana Campana (Ippolito et al., 1973; D'Argenio et al., 1973). Questa, a sua volta suddivisa in una serie di horst e graben a direzione NE-SW, è delimitata da faglie dirette e verticali orientale in direzione NE-SW e NW-SE (vedi carta geologico-strutturale della Campania). Il campo di stress regionale cui si deve la formazione della Piana Campana, ha altresì determinato le condizioni per la formazione e per la risalita dei magmi ad affinità alcalino-potassica che hanno alimentato l'attività eruttiva quaternaria dei vulcani campani. Nella Piana Campana si possono distinguere tre aree vulcaniche principali: il vulcano di Roccamonfina, il Distretto Vulcanico Flegreo e il Somma-Vesuvio. Il Roccamonfina è un apparato vulcanico la cui attività è terminata circa 50.000 anni fa (De Rita e Giordano, 1996).

IDROGEOLOGIA DELLA PIANA CAMPANA

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

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

- la *fascia intermedia* è costituita dai massicci carbonatici, molto permeabili per fessurazione e carsismo. La circolazione idrica interessa soprattutto la parte basale degli acquiferi, anch'essi ad elevata potenzialità e produttività. Le acque sotterranee emergono generalmente concentrate in importanti sorgenti, le cui portate oscillano tra alcune centinaia ed alcune migliaia di litri al secondo. Gli acquiferi risultano ben protetti dai fenomeni di inquinamento, soprattutto per la

pressoché totale assenza in loco di attività antropiche altamente inquinanti e perla notevole profondità della falda (anche diverse centinaia di metri dal piano campagna);

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

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

Per quanto concerne le unità vulcaniche, considerando le modalità di circolazione idrica sotterranea che tipicamente si realizzano in esse, con le direzioni di flusso ad andamento radiale e centrifugo rispetto agli edifici centrali, e tenendo presente l'ubicazione delle tre strutture (Roccamonfina a NO, Campi Flegrei a SO e Somma-Vesuvio a SE) rispetto alla Piana Campana, ci si aspetterebbe un notevole recapito verso quest'ultima. In realtà, la situazione è complicata dalla presenza di spartiacque sotterranei e dai rapporti stratigrafico-strutturali di dette strutture con i massicci carbonatici. Il risultato è che il Roccamonfina alimenta prevalentemente le piane del Garigliano e di Riardo ed il fiume Savone, invece il Somma-Vesuvio ha come recapiti principali le piane del Sarno e del Sebeto, nonché il tratto di costa compreso tra Castellammare di Stabia e Portici, e solo i Campi Flegrei forniscono un certo contributo alla Piana Campana. Il deflusso che vi si realizza possiede un verso prevalente verso mare, di direzione antiappenninica (da NE verso SO), a conferma del contributo principale fornito dai massicci carbonatici, ma non mancano deflussi secondari con direzioni localmente diverse (si consideri appunto l'apporto fornito da sud dai Campi Flegrei) che a scala più estesa rimangono coerenti con la predetta direzione appenninica. Dalla letteratura specialistica disponibile si ricostruisce uno schema idrodinamico sotterraneo basato su due acquiferi sovrapposti separati dal livello di Ignimbrite Campana, che a seconda del suo spessore e della sua integrità litica conferisce caratteristiche generali di confinamento, ed a luoghi caratteristiche di semiconfinamento (zona di Acerra), o non confinamento (basso Volturno, Marigliano, fosso Volla) all'acquifero inferiore, che è anche l'acquifero principale. L'acquifero superiore, di modesta potenzialità, è a superficie libera. La base del complesso idrogeologico si situa in profondità al confine tra depositi continentali e depositi marini. Le caratteristiche idrodinamiche dell'acquifero principale sono state sintetizzate da Corniello et alii in un lavoro del 1990 e possono essere così riassunte:

- la trasmissività media è dell'ordine di $1 \cdot 10^{-2} \div 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ con massimi nella zona di Acerra ($1 \cdot 10^{-1}$) e minimi a ridosso del fiume Volturno e nel settore costiero ($1 \cdot 10^{-4}$ fino a $2 \cdot 10^{-5}$);

- i dati del coefficiente di immagazzinamento confermano le condizioni di confinamento della falda ($S = 1 \cdot 10^{-3} \div 1 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$);

- la falda riceve alimentazione dai massicci carbonatici periferici ed ha una direzione di deflusso media verso il mare; viene a giorno solo localmente in corrispondenza di manifestazioni sorgentizie nei pressi del lago Patria e nelle depressioni "retroduna" ove tuttavia la piezometrica viene depressa da impianti idrovori e canalizzazioni;

- la velocità di deflusso della falda è generalmente bassa; il dislivello totale (30 – 35 metri) fra zone di alimentazione (zone pedemontane) ed il recapito ultimo (mare) è modesto;

- resta da approfondire la connessione idrogeologica tra la Piana e gli edifici vulcanici del Somma – Vesuvio e dei Campi Flegrei;

- esiste una zona di drenaggio preferenziale sotterraneo, in corrispondenza della depressione del Sebeto (fosso Volla, E di Napoli) ed uno spartiacque sotterraneo nella direzione Cannello – Casoria – Napoli (Fig. 1.4);

- non appaiono ancora ben chiari i rapporti fra deflusso sotterraneo e idrografia superficiale.

L'acquifero libero della Piana Campana è stato caratterizzato, per i primi 100 metri di spessore, da Ortolani & Aprile (1985) in base a dati di varia provenienza (ENEL, SAMET, AGIP) e tenendo conto anche di lavori precedenti. La superficie piezometrica della falda libera ha andamento analogo a quella dell'acquifero in pressione, individuando zone di alimentazione e spartiacque sotterranei coincidenti. In base al disegno piezometrico gli Autori ipotizzano che la falda della Piana sia anche alimentata da flussi provenienti dalle zone flegrea e vesuviana. Complessivamente la Piana Campana riceve dalle altre unità, tra alimentazione per infiltrazione diretta e per apporto laterale (Celico, 1983), circa 300.000 m³/anno. Per alcune aree limitate della Piana Campana sono state approntate Carte della Vulnerabilità e del Rischio all'inquinamento delle acque sotterranee. Tali carte sono state ottenute con metodologie diverse. In un recente lavoro (1999), Corniello et alii hanno realizzato una carta della vulnerabilità di sintesi, che riassume i dati delle carte sopra accennate per la provincia di Napoli. La Piana Campana si estende fra Mondragone e la città di Napoli, Acerra e Nola, risultando delimitata da una serie di strutture idrogeologiche contigue: a nord è bordata dal Monte Massico e dal Distretto vulcanico di Roccamonfina, ad est dai rilievi carbonatici di Monte Maggiore, Monti Tifatini, Monti di Durazzano e di Avella e a sud dai Distretti vulcanici Flegreo e del Somma-Vesuvio. E' caratterizzata dalla presenza di falde superficiali e profonde, queste ultime localizzate in lenti permeabili costituite per lo più da materiali piroclastici granulari. La falda principale è localizzata in unità piroclastica potente da 100 a 150 metri, sottostante il "tufo grigio campano" che, localmente, può esercitare una funzione di semiconfinamento. La piovosità annua nell'area è di 964 mm/anno, cui vanno sottratti, nel calcolo del bilancio idrologico, circa 649 mm/anno imputabili all'evapotraspirazione; da ciò ne risulta che l'infiltrazione è pari a 315 mm/anno, che rappresenta un valore molto elevato in

quanto essendo la zona completamente pianeggiante risulta pressoché assente il ruscellamento superficiale. I travasi dalle strutture idrogeologiche adiacenti sono pari a 70 milioni di m³/anno, dei quali 13,8 dal settore settentrionale, 55 dal settore orientale e soltanto 3 da quello meridionale, infine fra tutti i corsi d'acqua che solcano la piana, soltanto il torrente Savone alimenta la falda con un modesto contributo di circa 1 milione di m³/anno. Per contro le perdite sono indirizzate verso la Piana del Sarno con circa 24 milioni di m³/anno, mentre non sono accertate quelle verso il Vesuvio; quasi tutti i fiumi che solcano la piana drenano la falda per circa 48 milioni di m³/anno ed infine le perdite a mare ammontano a circa 5 milioni di m³/anno. Per quanto riguarda i prelievi stime recenti indicano un prelievo totale pari a 340 milioni di m³/anno, di cui 334 per uso irriguo, non sono noti i dati relativi ai prelievi per uso idropotabile, ma per rendere conto della loro entità, basta indicare che il solo campo pozzi di Lufrano preleva una portata di 3 m³/sec, pari a 100 milioni di m³/anno. Questi dati, evidentemente rilevanti indurrebbero a concludere che le disponibilità ancora esistenti sono modeste.

LINEAMENTI DI CIRCOLAZIONE IDRICA

CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA LOCALE DEL SITO OGGETTO DI INTERVENTO

Nell'ambito della già citata Piana Campana e nell'area a nord del distretto dei Campi Flegrei, è ubicata l'area di studio, che ricade nel territorio comunale di **NAPOLI**, il cui territorio è caratterizzato da una morfologia sub-collinare che degrada verso Sud. La natura e l'origine dei litotipi inerenti il sito in esame, è legata all'attività vulcanica dei centri eruttivi dei Campi Flegrei.

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

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

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

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

- **COMPLESSO DEI TUFI**

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

- **COMPLESSO DELLE LAVE E DELLE SCORIE**

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

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

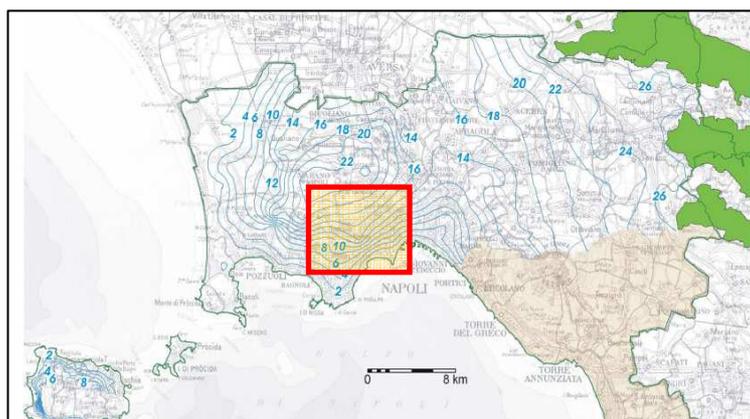


Figura 3 – Andamento delle isopiezometriche per l'area di studio.



Area di studio

CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

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

DESCRIZIONE DEI CARATTERI SISMICI GENERALI DELL'AREA

Il territorio comunale di NAPOLI rientra nella fascia sismogenetica 928 secondo la zonazione "sismogenetica" ZS9 (C. Meletti, G. Valenise et al., 2004), inoltre risulta interessato dagli effetti macrosismici di terremoti appenninici soprattutto di origine tettonica e, in misura subordinata, da eventi di origine vulcanica con epicentro nel vicino distretto del Somma - Vesuvio. Quanto sopra, ben si coglie dai dati riportati in Tabella 1, relativi agli eventi più forti (in termini di Intensità macrosismica e Magnitudo) registrati negli ultimi 2000 anni, da cui è possibile rilevare come solo pochi eventi sono ascrivibili a sismi di origine vulcanica.

Tabella 1.

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

Tabella 1: *Catalogo dei terremoti più forti che hanno interessato il territorio comunale di NAPOLI dall'anno 461 a.C. al 1990.*
LEGENDA: *Iloc = intensità macrosismica locale (MCS); I_{max} = intensità massima dell'evento; M = magnitudo (Richter); Siti = numero di località interessate. (Dati INGV- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).*

Eventi con magnitudo 4 – 5 ubicati a profondità fino a 35 km, sono molto diffusi soprattutto lungo la catena appenninica; qui i trend di fratturazione principali hanno direzione prevalente NW – SE. Non sono rari eventi con magnitudo > 6, quale quello del 23 novembre 1980 che si è risentito nel territorio in studio con intensità locale non inferiore al VII grado della scala MCS.

CLASSIFICAZIONE SISMICA N.T.C. 2018

La **classificazione sismica** del territorio nazionale ha introdotto **normative tecniche** specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico (N.T.C. – 2018 D.M. 17.01.2018). In basso è riportata la **zona sismica** per il territorio di *Mugnano di Napoli (Na)*, ovvero:

- **Zona sismica= 2**

Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.

I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima (ag)** su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

| Zona sismica | Descrizione | accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag] | accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag] | numero comuni con territori ricadenti nella zona (*) |
|--------------|--|--|---|--|
| 1 | Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti. | ag > 0,25 g | 0,35 g | 707 |
| 2 | Zona dove possono verificarsi forti terremoti. | 0,15 < ag ≤ 0,25 g | 0,25 g | 2.198 |
| 3 | Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari. | 0,05 < ag ≤ 0,15 g | 0,15 g | 2.855 |
| 4 | E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. | ag ≤ 0,05 g | 0,05 g | 2.244 |

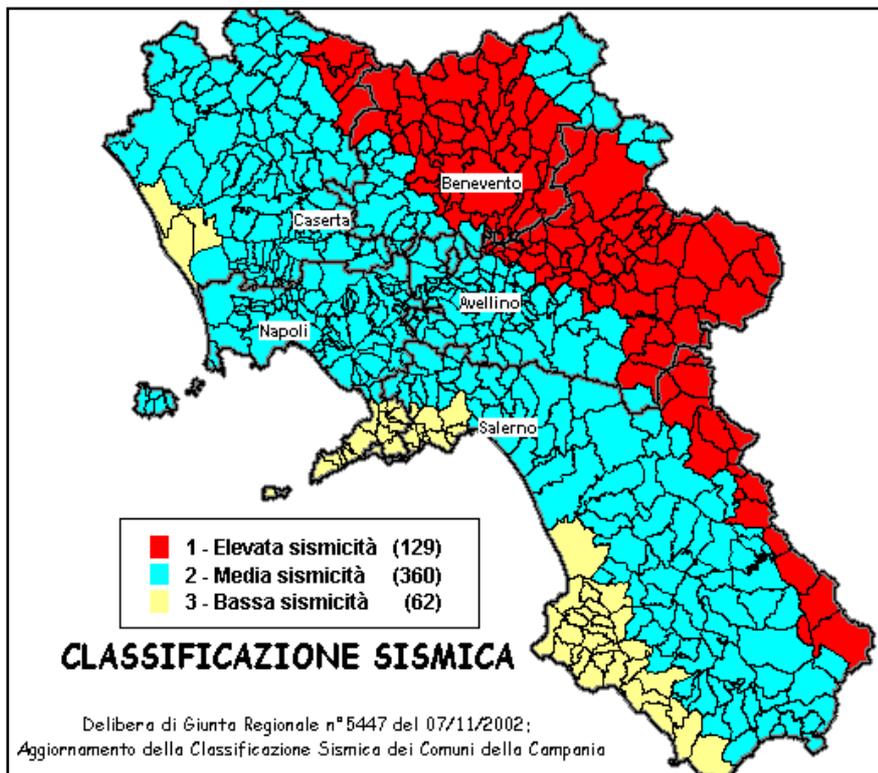


Figura 4 - Campania Macrosismica (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia). L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha determinato i valori di pericolosità sismica del territorio nazionale (Ordinanza PCM del 28/4/2006). *Classificazione sismica del 2002 dei comuni della Regione Campania. Zona 1, valore di $a_g=0.35g$; Zona 2, valore di $a_g=0.25g$; Zona 3, valore di $a_g=0.15g$.*

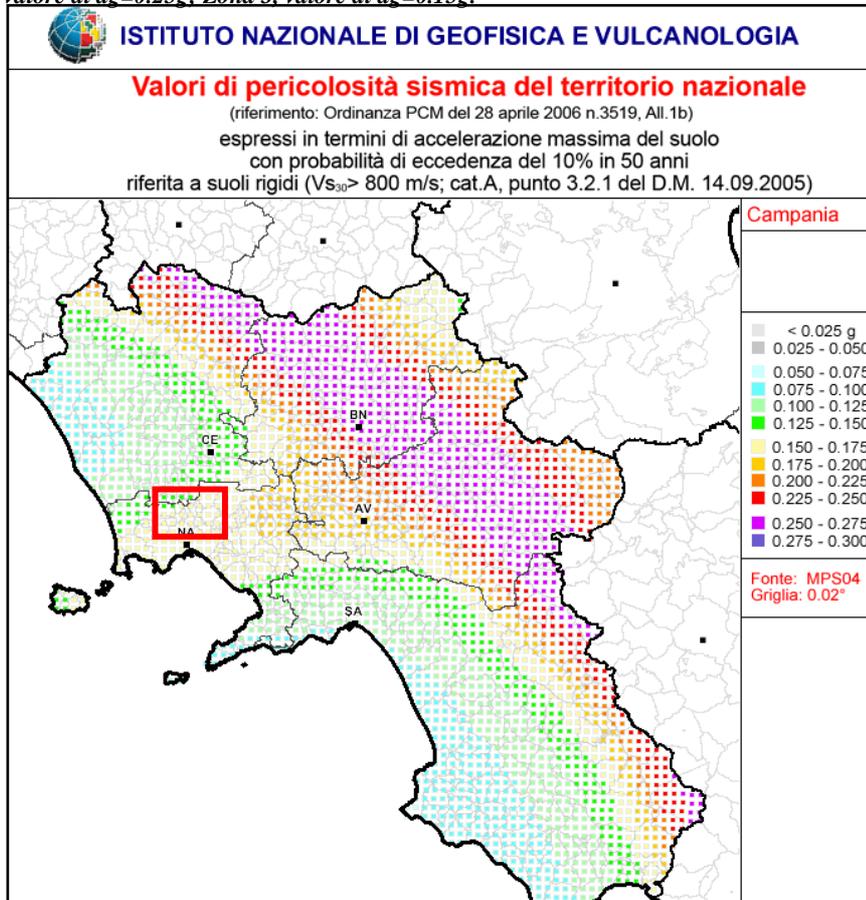


Figura 5 - Mappa del rischio sismico a cura dell'INGV. Valori di Pericolosità sismica della Regione Campania (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia).

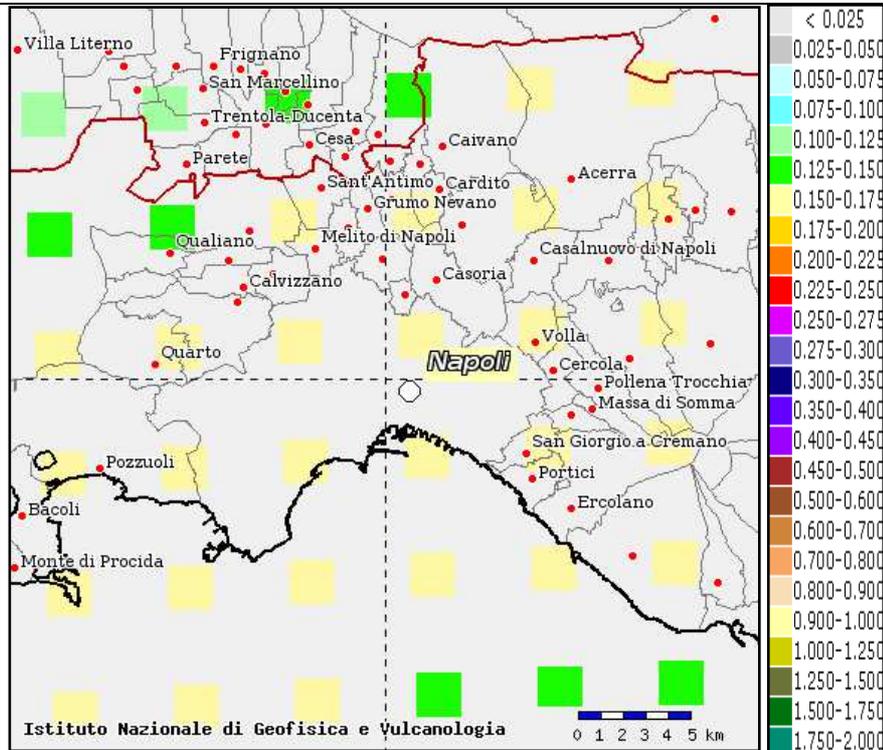


Figura 6 - Mappa della pericolosità sismica. Parametri di riferimento: scuotimento a(g), probabilità in 50 anni 10%, percentile 50. Scala 1:100000

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

$$0.150 \text{ g} < a(\text{g}) < 0.175 \text{ g}$$

SISMICITÀ CATEGORIE DI SOTTOSUOLO (NTC – 2018)

Secondo la Normativa vigente in materia (D.M. 17.01.2018, N.T.C. – 2018) la classificazione del sottosuolo può essere effettuata in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s costituiscono, nel caso ‘semplificato’, parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo. I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all’approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche. La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall’espressione:

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

con:

h_i spessore dell’ i -esimo strato;

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

N numero di strati;

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell’opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nella tabella seguente, sono elencate le categorie di sottosuolo che permettono l’utilizzo dell’approccio semplificato, ovvero:

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO NTC 2018

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|--|
| A | <i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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. |
| B | <i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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. |
| C | <i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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. |
| D | <i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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 e 180 m/s. |
| E | <i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m. |

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili dalle norme vigenti *N.T.C. - 2018*. Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

La Normativa vigente in materia (NTC – 2018), prevede che per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici, come nel nostro caso, si può adottare la seguente classificazione:

Categorie topografiche

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

S_T : coefficiente di amplificazione topografica

Le suestimate categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. Sulla scorta dei sopralluoghi effettuati e dei calcoli eseguiti, l'area in esame ricade nella **categoria "T1"**.

CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA GENERALE

La *stratigrafia locale* è caratterizzata, dal basso verso l'alto, in maniera generale, dalla presenza di prodotti piroclastici indifferenziati provenienti da vari centri eruttivi flegrei: prodotti del I° periodo flegreo messi in posto dalla grande eruzione ignimbritica risalente a circa 39.000 anni fa, costituiti dalla facies del tufo grigio campano sia sciolta (sabbie e scorie vulcaniche), che massiva con la facies litoide del T.G.C. Detto materiale risulta definibile in vari strati cromaticamente differenziati e con composizione granulometrica variabile tra sabbia e sabbie-limose, contenente in varia misura pomici, litici e scorie vulcaniche di differente diametro, caratterizzate principalmente da un'alta percentuale di potassio. Esso forma una copertura dallo spessore variabile da zona a zona della Piana Campana. I processi minerogenetici post-deposizionali hanno interessato quasi tutti questi materiali, in particolar modo quelli incoerenti, ed hanno portato alla formazione di minerali argillosi (halloysite). Sovrapposta ad essa si rinvengono termini piroclastici, ovvero: *piroclastiti sciolte*, alcalino-potassiche, in facies di pozzolane con alternanze di *lapilli e pomici*, sovente alterate ed humificate, indicative della presenza di *paleosuoli* e, riconducibili al secondo periodo flegreo (15.000 B.p, NYT). La successione piroclastica si conclude verso l'alto con i prodotti ascrivibili al terzo periodo flegreo, rimaneggiati, che hanno contribuito a modellare ulteriormente l'area. Detto materiale risulta definibile in vari strati cromaticamente differenziati e con composizione granulometrica variabile tra sabbia e limo, contenente in varia misura pomici di differente diametro. Esso forma una copertura dallo spessore variabile da zona a zona della Piana Campana. I processi minerogenetici post-deposizionali hanno interessato quasi tutti questi materiali, in particolar modo quelli incoerenti, ed hanno portato alla formazione di minerali argillosi (halloysite). La natura geologica dei terreni presenti nel sottosuolo del comune di *Napoli* è legata all'attività del sistema vulcanico dei Campi Flegrei. Essa è stata desunta da dati stratigrafici ottenuti mediante pozzi profondi (perforazioni) ed osservazioni dirette in cave per l'estrazione di piroclastici flegree. Sono stati rinvenuti rispettivamente: sabbie, argille, arenarie e prodotti vulcanici come, piroclastiti incoerenti (pozzolana), tufi, ignimbriti e colate laviche. I prodotti vulcanici presenti nel sottosuolo di Mugnano di Napoli (Na), sono caratterizzati principalmente da rocce con un'alta percentuale di potassio (K; rocce alcalino-trachitiche). La formazione vulcanica superficiale maggiormente estesa, è quella delle piroclastiti sciolte (pozzolane), appartenenti all'eruzione del Tufo Giallo Napoletano (14.000 anni fa). Ma si ritrovano anche depositi di materiale eruttivo riconducibile agli eventi vulcanici che hanno interessato l'area, più di recente (3.000 – 4.000 anni fa).

AREA URBANA DI NAPOLI

L'area di studio è inserita nella zona settentrionale di Napoli, comprende l'area subpianeggiante, a quota variabile da circa 90-100 m fino a circa 70 m che degrada dall'aeroporto di Capodichino, Capodimonte, Camaldoli, verso il corso dei regi Lagni, a N, e verso l'area depressa orientale di Napoli a Sud.

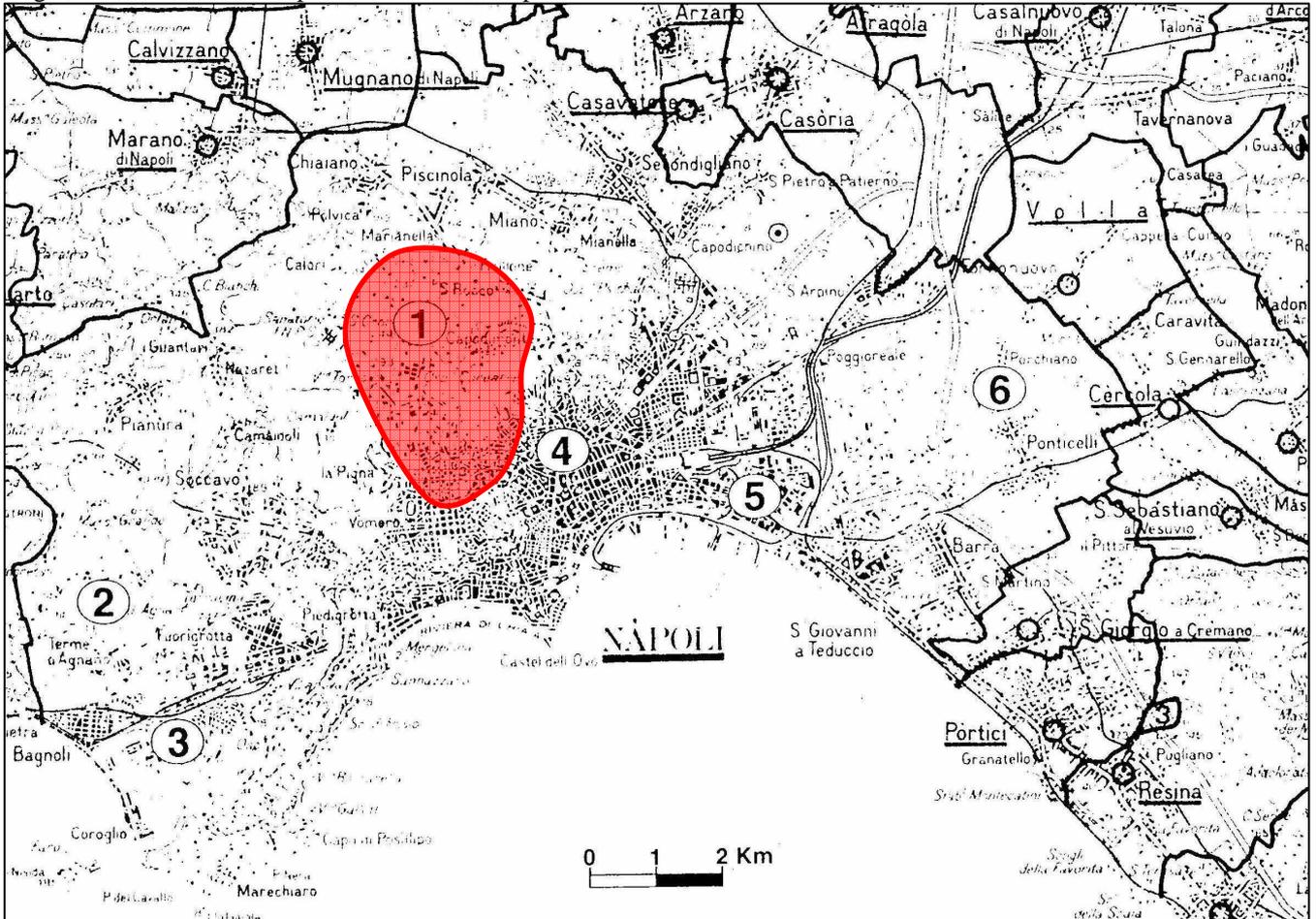


Figura 6 – Carta topografica della città di Napoli con ubicazione della zona descritta nel testo. In rosso è evidenziata l'area dove ricade il sito oggetto di studio, in località Parco del Poggio NAPOLI.

Tale zona è caratterizzata da terreni vulcanici prevalentemente sciolti, costituiti da livelli di pozzolane, pomici, sabbie con intercalazioni di paleosuoli e localmente torbe. I terreni vulcanici presenti sono riferibili all'attività dei Campi Flegrei e comprendono anche il Tufo Giallo Napoletano, che in questa area si presenta nella sua facies non litificata; lo spessore è di alcune decine di metri. Queste piroclastiti poggiano sull'Ignimbrite Campana (circa 39.000 BP) e su vulcaniti più antiche, comprendenti anche colate di lava riferibili ad eruzioni locali. La falda è profonda, si rinviene a molte decine di metri al di sotto del piano campagna. Il sottosuolo di tale zona è caratterizzato dalla presenza di cavità artificiali, provocate, in passato, dall'estrazione delle pomici per uso edilizio ("tane di lapillo") e di tufo, dove è presente, anche a più livelli sovrapposti; altre cavità sono state ricavate per scopi militari e acquedottistici fin dall'antichità. La geometria dei vari terreni vulcanici, è estremamente variabile lateralmente e verticalmente, in quanto durante gli ultimi 14.000 anni si sono verificate varie modificazioni climatiche, che hanno originato periodi a diversa piovosità, con conseguenti erosioni accentuate e ripetute. Le valli erosionali antiche, non sono riconoscibili dalla morfologia superficiale, perché colmate dalle piroclastiti più recenti. Le prime decine di metri dei terreni del sottosuolo, pertanto, presentano complicazioni nella distribuzione, continuità e profondità dei vari livelli piroclastici, che contrasta con l'omogenea morfologia superficiale. I sedimenti accumulatisi nel periodo storico hanno uno spessore medio di alcuni metri; tale spessore supera anche 5-10 metri in aree originariamente depresse. La falda si rinviene a circa 15-20 metri sul livello del mare.

STRATIGRAFIA GENERALE DELL'AREA DI STUDIO

Per avere un quadro della stratigrafia generale dell'area di studio, risulterà sicuramente più immediata la lettura della colonna stratigrafica sottostante, caratteristica dell'area, dove sono riportati gli spessori e la descrizione litologica dei vari livelli geologici. La colonna stratigrafica è stata desunta sia dalla consultazione della bibliografia tecnica specializzata in materia.

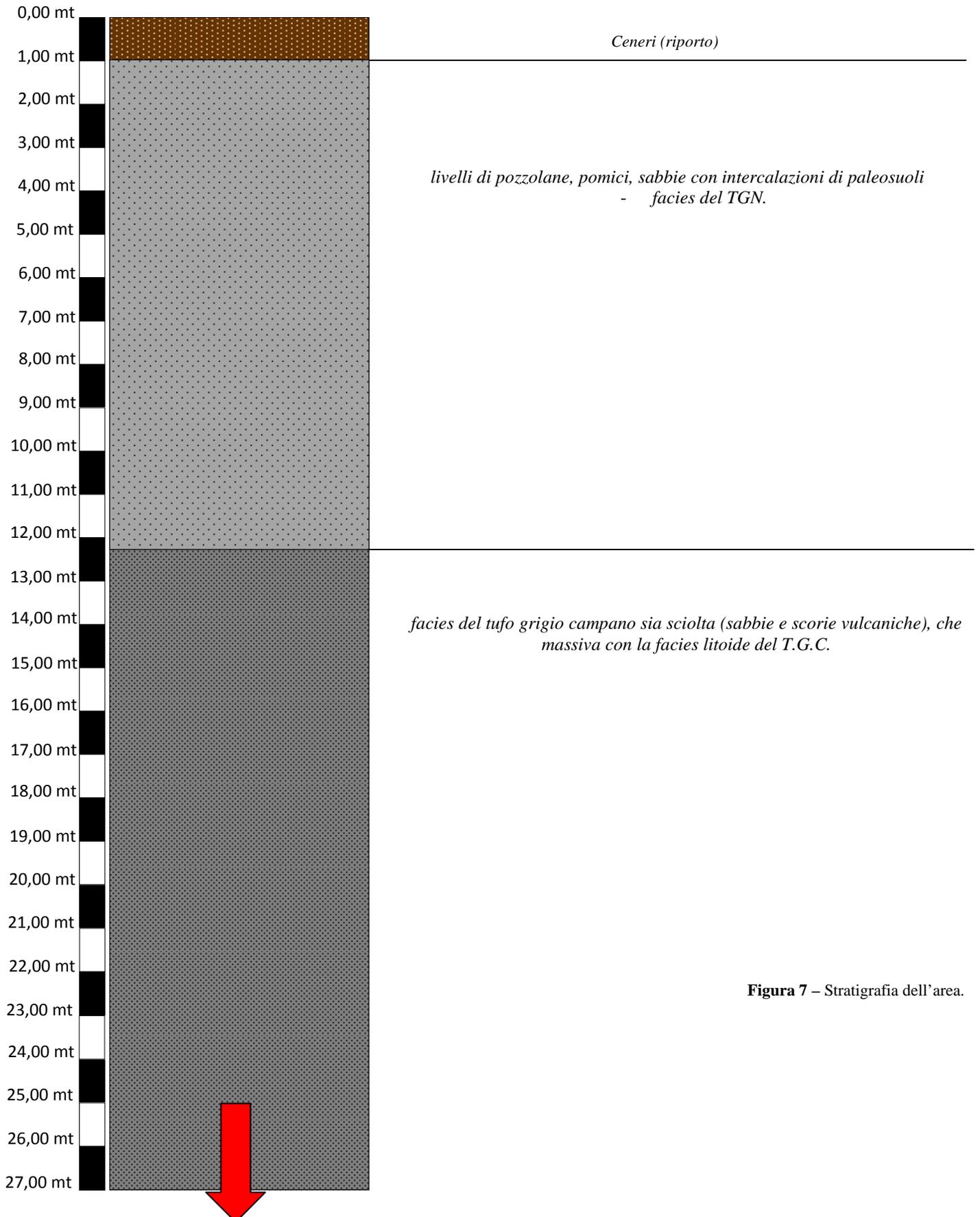


Figura 7 – Stratigrafia dell'area.

ALLEGATO “A” - INDAGINI SVOLTE

- ✓ INDAGINE SISMICA: ESECUZIONE ED ELABORAZIONE DI N°1 ANALISI SPETTRALE DELLE ONDE SUPERFICIALI CON IL METODO HVSR. *Calcolo Vs30. Categoria suolo rif. N.T.C. – 2018. Determinazioni della categoria di suolo e condizioni topografiche del sito secondo la normativa sismica D.M. 17.01.2018*
- ✓ INDAGINE GEOTECNICA: ESECUZIONE DI N°1 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPER PESANTE CONTINUA DPSH (P1).

AEROFOTOGRAMMETRIA DELL'AREA DI STUDIO CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI SVOLTE

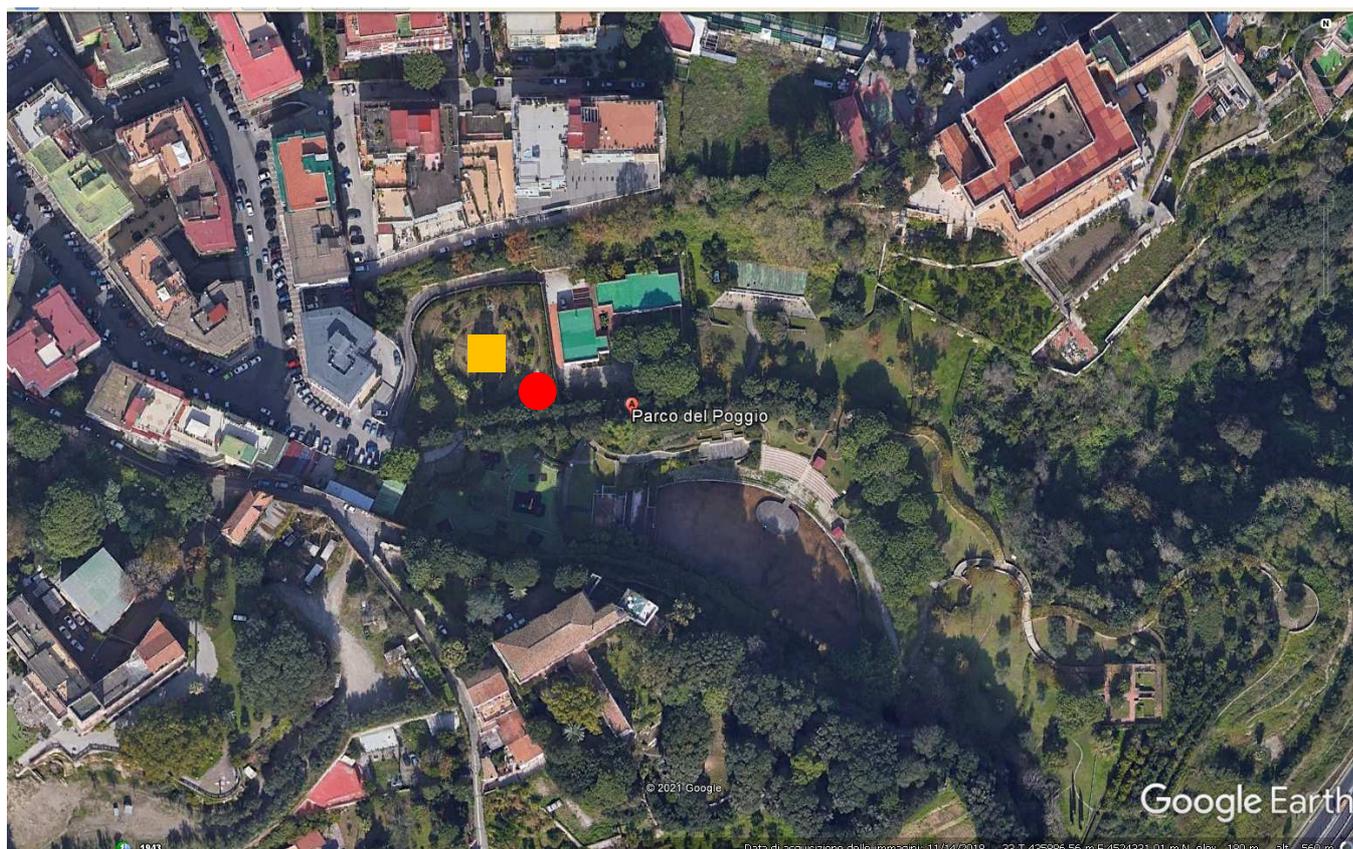


Figura 8 – Aereofoto dell'area di studio (delimitata nel cerchio rosso), con l'ubicazione delle indagini svolte – località PARCO DEL POGGIO Napoli.

LEGENDA Fig. 8

 **INDAGINE GEOTECNICA**

 **INDAGINE SISMICA**

MODELLO SISMICO DEL SOTTOSUOLO

Il D.M. 17.01.2018, ha introdotto la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica. Tra le importanti novità relative alle metodologie di calcolo delle strutture è stato introdotto l'uso di coefficienti per la determinazione dello spettro elastico di risposta che dipendono dalla classificazione dei suoli, per la definizione dell'azione sismica di progetto, in 5 categorie principali (dalla A alla E), distinte sulla base del parametro V_s .

Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

| Categoria | Caratteristiche della superficie topografica |
|-----------|--|
| 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. |
| 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. |
| 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. |
| 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 e 180 m/s. |
| 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 30 m. |

Il parametro $V_{s,eq}$, è calcolato mediante la seguente espressione:

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

dove:

h_i :spessore (in metri) dell'i-esimo strato;

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

N :numero di strati;

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

Le tecniche investigative per l'acquisizione di questo parametro sono varie e possono essere distinte in tre tipologie così sintetizzabili:

- Prove in foro di sondaggio opportunamente attrezzato (*down hole* e *cross hole*);
- Profili sismici (riflessione o rifrazione) con geofoni orizzontali ed energizzatori di onde SH;
- Tecnica dei rapporti spettrali HVSR o H/V;
- Modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di *Rayleigh* (SASW, MASW, *Refraction Microtremor*, SPAC e FTAN) e l'impiego di geofoni verticali.

Relativamente alla modellazione del sottosuolo dell'area in oggetto, è stata effettuata un'analisi spettrale delle onde superficiali con il metodo hvsr.

Cenni sulla teoria della tecnica HVSR

La tecnica HVSR permette in primo luogo di valutare la frequenza di vibrazione naturale di un sito. Successivamente, come ulteriore sviluppo, la stima del parametro normativo V_{s30} attraverso un processo di inversione del problema iniziale. Le ipotesi alla base della tecnica sono: una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz); assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze; le sorgenti di rumore

sono uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se queste sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate. Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti. Si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce. Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione. Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee. Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea. Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito. L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico. Tale procedura, detta di inversione, consente di definire il profilo sostanzialmente in termini di spessore e velocità delle onde di taglio. Avendo quindi una stima del profilo della velocità delle onde di taglio, è possibile valutarne il parametro normativo Vs30.

Strumentazione e tracce di input

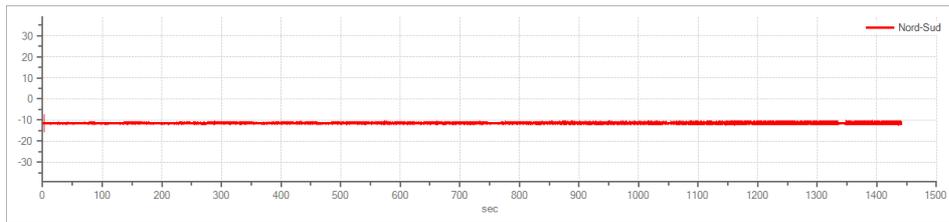
Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un sismografo digitale; lo strumento racchiude al suo interno tre sensori ortogonali ed è finalizzato alla rilevazione di vibrazioni naturali e artificiali, dal rumore di fondo ai forti terremoti.



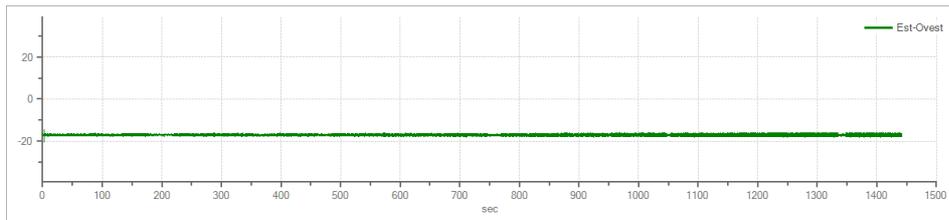
Prova sismica HVSR

Dati riepilogativi:

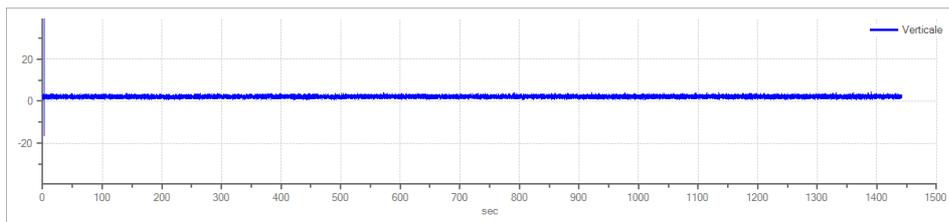
| | |
|-----------------------------|---------------------------------|
| Numero tracce: | 3 |
| Durata registrazione: | 1442 s |
| Frequenza di campionamento: | 262.00 Hz |
| Numero campioni: | 377738 |
| Direzioni tracce: | Nord-Sud; Est-Ovest; Verticale. |

Grafici tracce:

Traccia in direzione Nord-Sud



Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

Finestre selezionateDati riepilogativi:

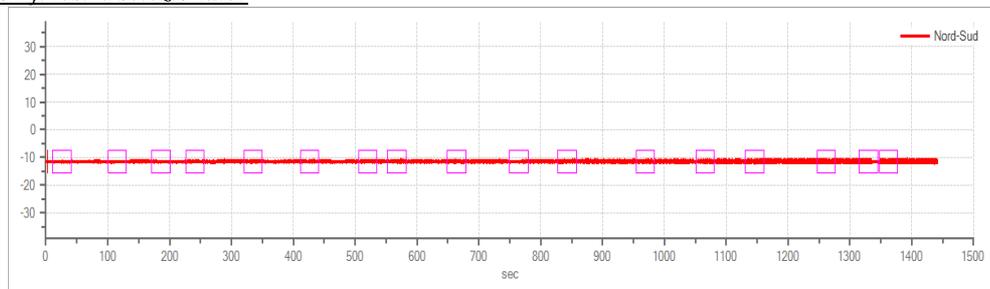
Numero totale finestre selezionate: 17
 Numero finestre incluse nel calcolo: 15
 Dimensione temporale finestre: 30.000 s
 Tipo di lisciamento: Triangolare costante
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %

Tabella finestre:

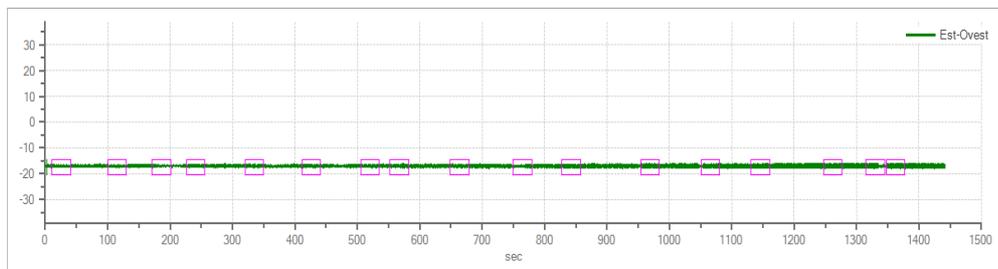
| Numero finestra | Istante iniziale | Istante finale | Selezione |
|-----------------|------------------|----------------|-----------|
| 1 | 10.591 | 40.591 | Inclusa |
| 2 | 100 | 130 | Esclusa |
| 3 | 171.018 | 201.018 | Inclusa |
| 4 | 225.849 | 255.849 | Inclusa |
| 5 | 319.843 | 349.843 | Esclusa |
| 6 | 411.227 | 441.227 | Inclusa |
| 7 | 505.222 | 535.222 | Inclusa |
| 8 | 552.219 | 582.219 | Inclusa |
| 9 | 648.825 | 678.825 | Inclusa |
| 10 | 749.347 | 779.347 | Inclusa |
| 11 | 827.676 | 857.676 | Inclusa |
| 12 | 954.308 | 984.308 | Inclusa |

| | | | |
|----|----------|----------|---------|
| 13 | 1050.914 | 1080.914 | Inclusa |
| 14 | 1130.548 | 1160.548 | Inclusa |
| 15 | 1246.736 | 1276.736 | Inclusa |
| 16 | 1314.621 | 1344.621 | Inclusa |
| 17 | 1347.258 | 1377.258 | Inclusa |

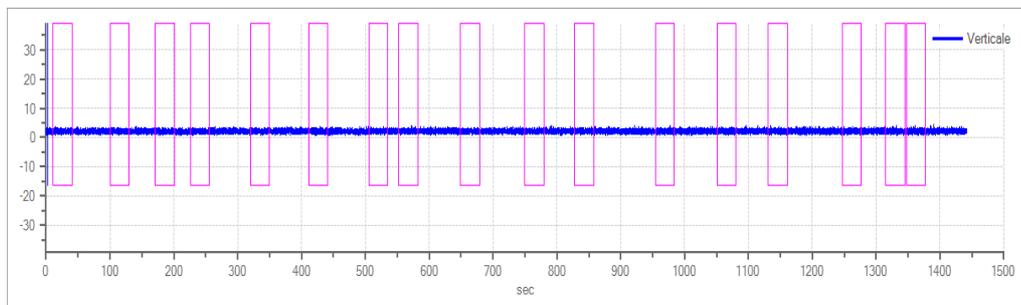
Grafici tracce con finestre selezionate:



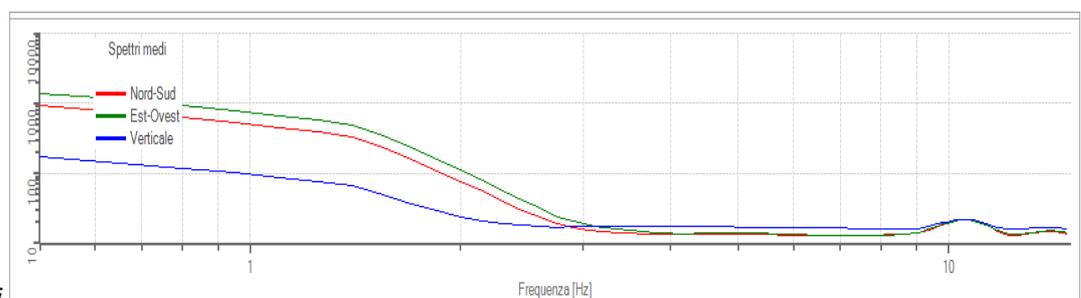
Traccia e finestre selezionate in direzione Nord-Sud



Traccia e finestre selezionate in direzione Est-Ovest

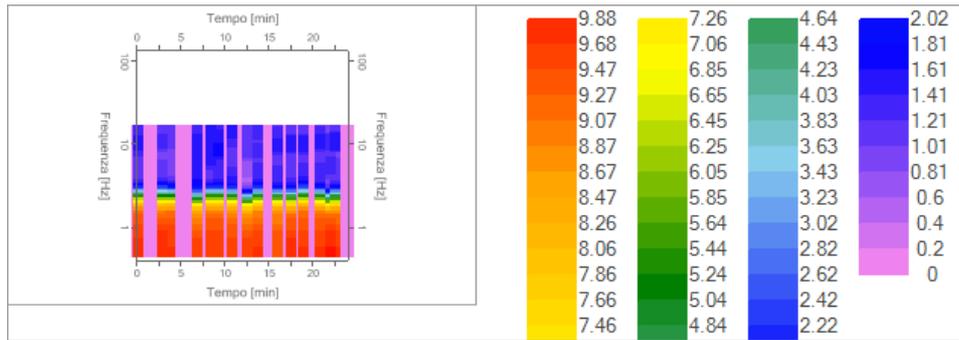


Traccia e finestre selezionate in direzione Verticale

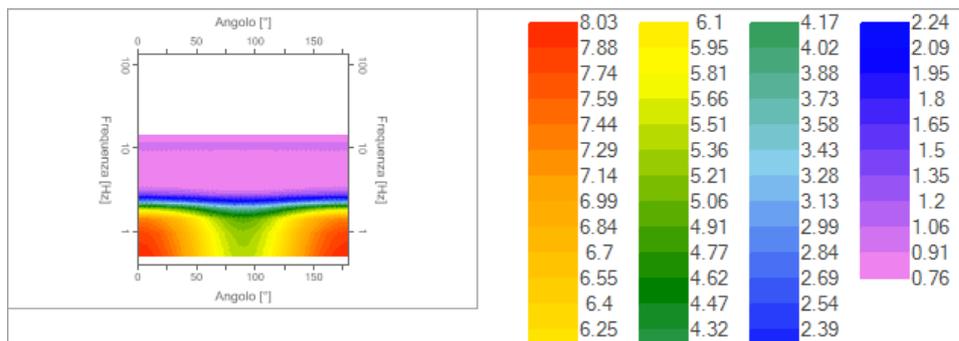


Grafici degli spettri

Spettri medi nelle tre direzioni



Mappa della stazionarietà degli spettri



Mappa della direzionalità degli spettri

Rapporto spettrale H/V

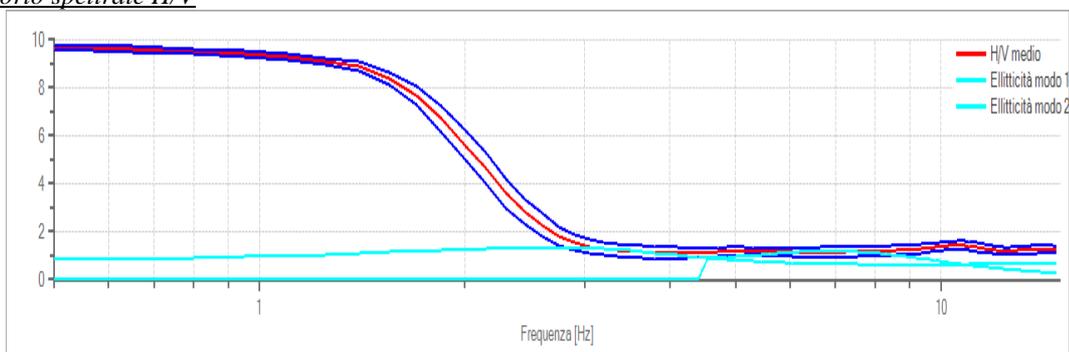
Dati riepilogativi:

Frequenza massima: 15.00 Hz
 Frequenza minima: 0.50 Hz
 Passo frequenze: 0.15 Hz
 Tipo lisciamento:: Triangolare costante
 Percentuale di lisciamento: 10.00 %
 Tipo di somma direzionale: Media geometrica

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 0.50 Hz ±0.01 Hz

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

Verifiche SESAME:

Verifica

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

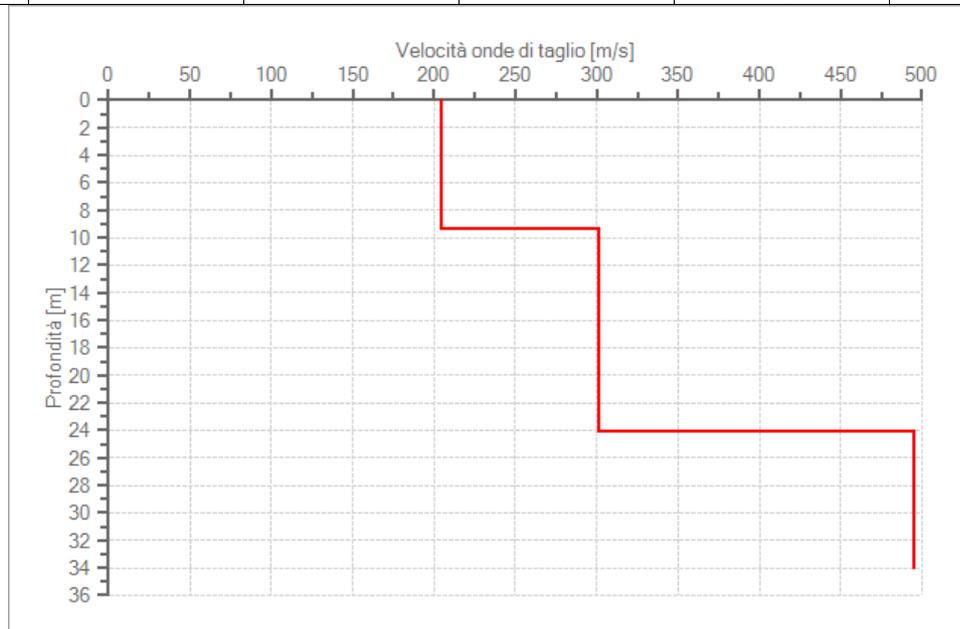
Modello stratigrafico

Dati riepilogativi:

| | |
|---------------------------------------|------------|
| Numero strati: | 3 |
| Frequenza del picco dell'ellitticità: | 2.60 Hz |
| Valore di disadattamento: | 3.29 |
| Valore Vs30: | 281.24 m/s |

Dati della stratigrafia:

| Strato | Profondità [m] | Spessore [m] | Peso per Unità di Vol. [kN/m ³] | Coeff. di Poisson | Velocità onde di taglio [m/s] |
|--------|----------------|--------------|---|-------------------|-------------------------------|
| 1 | 0 | 9.36 | 17 | 0.3 | 205 |
| 2 | 9.36 | 14.79 | 18 | 0.3 | 301 |
| 3 | 24.14 | 10 | 18 | 0.3 | 494 |



Profilo delle velocità delle onde di taglio.

CLASSIFICAZIONE DEI SUOLI IN FUNZIONE DEL D.M. 17/01/2018

Dal valori di $V_{s,eq}$ pari a **281 m/s**, calcolato mediante l'analisi dei Rapporti Spettrali H/V è possibile classificare i terreni del sottosuolo, come appartenenti alla **categoria C**, ovvero: "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiore a 30 metri, 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."

Il comune di Napoli (NA) è classificato in zona sismica 2.

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Il D.M. 17.01.2018 prevede che per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici, come nel nostro caso, si può adottare la seguente classificazione:

Tabella – Categorie topografiche

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

S_T : coefficiente di amplificazione topografica

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

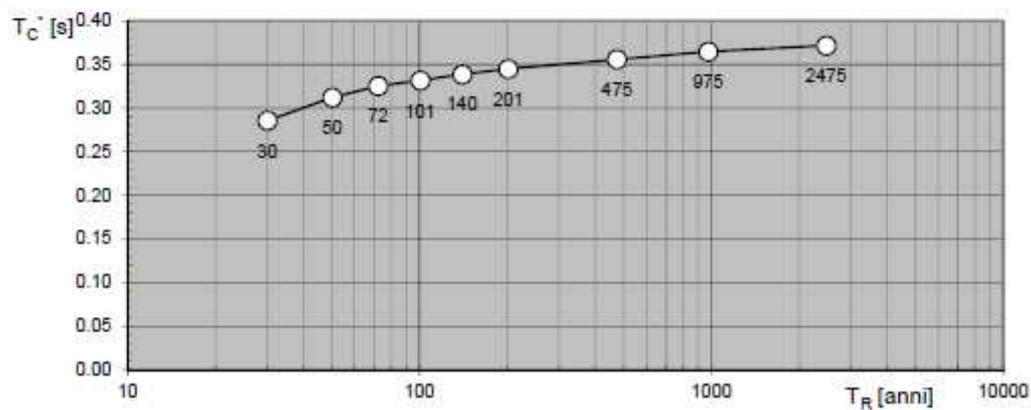
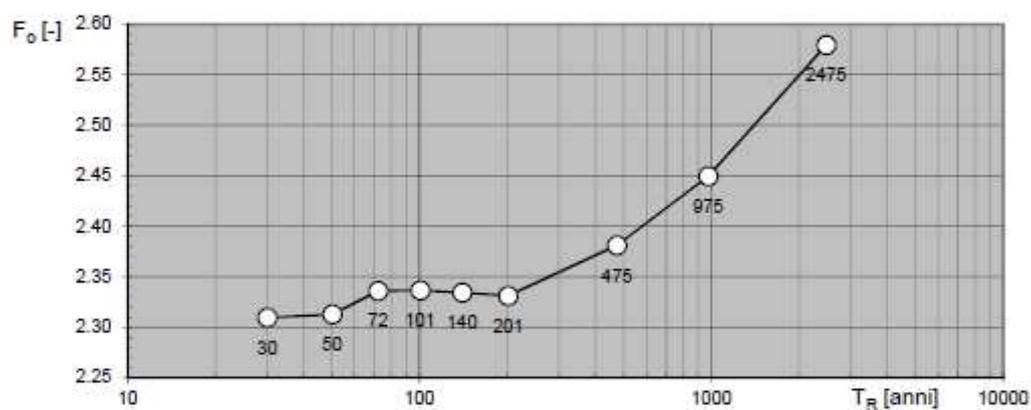
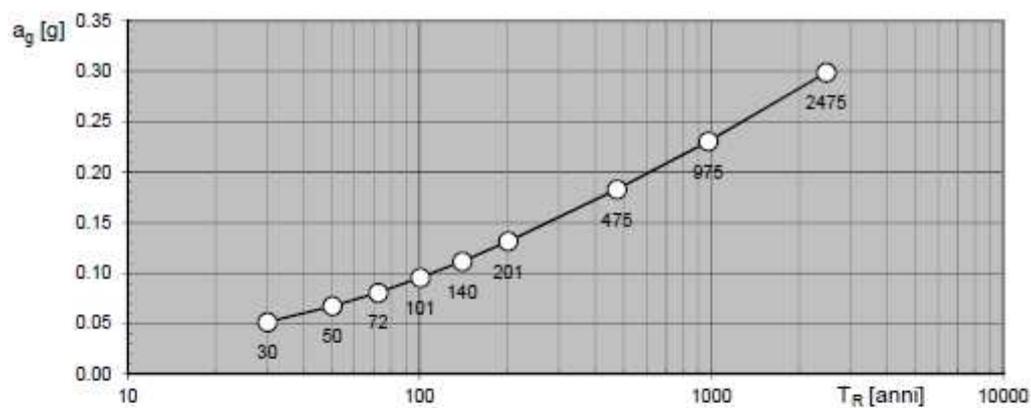
Sulla scorta dei sopralluoghi effettuati e dei calcoli eseguiti, l'area in esame ricade nella categoria "T2"

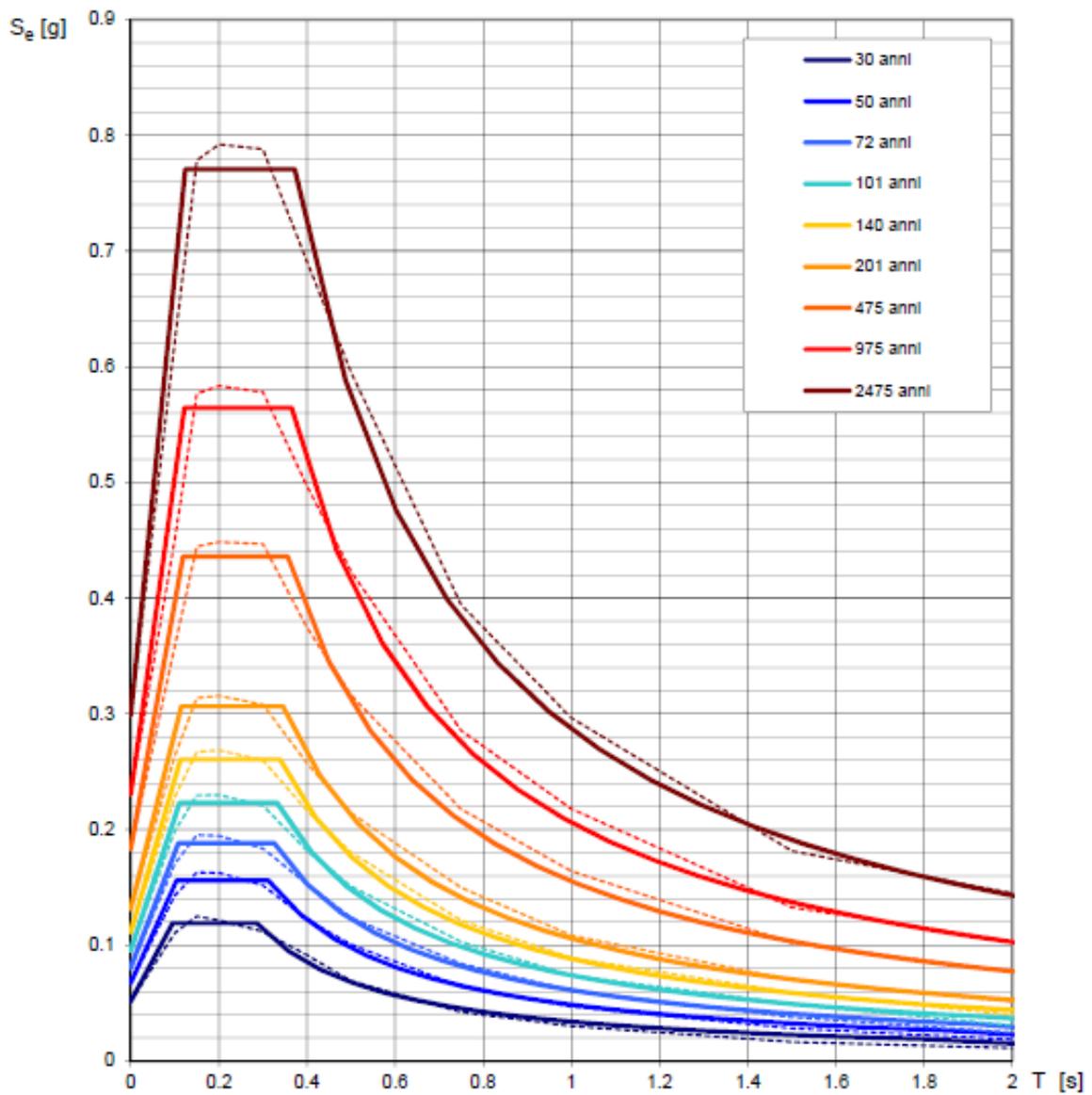
Considerata l'ubicazione dell'area, sono stati calcolati, attraverso il programma di calcolo "Spettri NTC", i parametri, a_g , F_0 e T_c^* per i vari periodi di ritorno di riferimento ed i relativi spettri di risposta elastici.

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

| T_R [anni] | a_g [g] | F_0 [-] | T_c^* [s] |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30 | 0.052 | 2.309 | 0.286 |
| 50 | 0.067 | 2.313 | 0.312 |
| 72 | 0.081 | 2.336 | 0.325 |
| 101 | 0.095 | 2.337 | 0.332 |
| 140 | 0.112 | 2.334 | 0.339 |
| 201 | 0.132 | 2.331 | 0.345 |
| 475 | 0.183 | 2.381 | 0.356 |
| 975 | 0.230 | 2.450 | 0.365 |
| 2475 | 0.299 | 2.580 | 0.372 |

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



Spettri di risposta elastici per i 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.

INDAGINE GEOTECNICA**Definizione del modello geologico-tecnico del sottosuolo ed Interpretazione dei risultati della prova penetrometrica dinamica pesante.****RELAZIONE DI CALCOLO DI N°1 PROVA PENETROMETRICA DINAMICA SUPER PESANTE CONTINUA DPSH (P1).**

Di seguito si riporta la relazione di calcolo inerente i dati di n°1 prova penetrometrica dinamica super pesante continua DPSH (P1), eseguita sul lotto in oggetto e geotecnicamente significativa per l'area di studio. Questo tipo di indagine è stata ritenuta idonea, perché permette di acquisire dati significativi lungo le verticali d'interesse circa le caratteristiche geomeccaniche dei terreni dell'area di studio sia per problemi logistici legati alla accessibilità di luoghi. La penetrazione dinamica di punte coniche battute nel terreno, in assenza di attrito laterale, consente una determinazione di massima delle caratteristiche di resistenza dei terreni attraversati. Parametro tipico dello stato di addensamento di un terreno incoerente e della consistenza di uno coesivo è la R_{pd} (kg/cm^2 -resistenza dinamica di rottura alla punta). Nei tabulati che seguono, per la caratterizzazione meccanica degli orizzonti litologici interessati, sono riportati il numero di colpi di avanzamento per ogni 20 cm di penetrazione, in relazione alla profondità dal piano di calpestio e gli equivalenti N_{spt} . I valori dei principali Parametri Geotecnici, DENSITA' RELATIVA (**DR**), ANGOLO DI RESISTENZA AL TAGLIO (**FI**), MODULO ELASTICO (**E**), MODULO DI TAGLIO (**G**), MODULO DI DEFORMAZIONE EDOMETRICO (**M**), MODULO ELASTICO NON DRENATO (**Eu**) e PESO UNITÀ DI VOLUME (**Gamma**), sono riportati nelle tabelle che seguono.

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

- PESO MASSA BATTENTE **M = 63,50 kg**
- ALTEZZA CADUTA LIBERA **H = 0,75 m**
- PESO SISTEMA BATTUTA **Ms = 0,63 kg**
- DIAMETRO PUNTA CONICA **D = 51,00 mm**
- AREA BASE PUNTA CONICA **A = 20,43 cm²**
- ANGOLO APERTURA PUNTA **a = 90 °**
- LUNGHEZZA DELLE ASTE **La = 1,00 m**
- PESO ASTE PER METRO **Ma = 6,31 kg**
- PROF. GIUNZIONE 1° ASTA **P1 = 0,40 m**
- AVANZAMENTO PUNTA **d = 0,20 m**
- NUMERO DI COLPI PUNTA **N = N(20) P** Relativo ad un avanzamento di 20 cm
- RIVESTIMENTO / FANGHI **NO**
- ENERGIA SPECIFICA x COLPO **Q = (MH)/(Aδ) = 11,66 kg/cm²** (prova SPT : $Q_{spt} = 7.83 \text{ kg}/\text{cm}^2$)
- COEFF.TEORICO DI ENERGIA **βt = Q/Q_{spt} = 1,489** (teoricamente : $N_{spt} = \beta t N$)

Valutazione resistenza dinamica alla punta R_{pd} [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

R_{pd} = resistenza dinamica punta [area A] M = peso massa battente (altezza caduta H)

e = infissione per colpo = $\delta / N P$ = peso totale aste e sistema battuta.

| UNITA' di MISURA (conversioni) |
|--|
| 1 $\text{kg}/\text{cm}^2 = 0.098067 \text{ MPa}$ |
| 1 $\text{MPa} = 1 \text{ MN}/\text{m}^2 = 10.197 \text{ kg}/\text{cm}^2$ |
| 1 bar = 1.0197 $\text{kg}/\text{cm}^2 = 0.1 \text{ MPa}$ |
| 1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg |

Correlazione tra la prova penetrometrica dinamica continua e la prova SPT

La correlazione che collega il numero dei colpi N che si ottiene dalla prova DP ed il valore N_{SPT} che si ricava dalla prova SPT è la seguente: $N_{SPT} = \beta t N$
Una volta individuato il valore N_{SPT} correlato con il numero dei colpi si ricavano le caratteristiche geotecniche dei terreni utilizzando le stesse correlazioni valide per le prove SPT.

RELAZIONE DI CALCOLO PER LA PROVA PENETROMETRICA DINAMICA CONTINUA SUPER PESANTE (D.P.S.H.) P1 – STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1 (DPSH)

Committente: ING. VINCENZO PALMA.

Località: PARCO DEL POGGIO - Napoli.

Oggetto: PROGETTAZIONE ESECUTIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE PROGETTUALE PER L'INTERVENTO DENOMINATO RIQUALIFICAZIONE DEL PARCO DEL VIALE DEL POGGIO.

Strumento utilizzato: DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Profondità prova: - 15,40 mt

Falda: non rilevata



Esecuzione prova P1 (DPSH)

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Densità relativa (%) |
|-------------|-------|------------------|----------------------------------|---------------|----------------------|
| STRATO 1 | 3.55 | 11.20 | 3.55 | Meyerhof 1957 | 32.06 |
| STRATO 2 | 19.56 | 14.60 | 19.56 | Meyerhof 1957 | 56.7 |
| STRATO 3 | 58.14 | 15.40 | 58.14 | Meyerhof 1957 | 90.79 |

Angolo di resistenza al taglio

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Angolo d'attrito (°) |
|-------------|-------|------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------|
| STRATO 1 | 3.55 | 11.20 | 3.55 | Japanese National Railway | 28.07 |
| STRATO 2 | 19.56 | 14.60 | 19.56 | Japanese National Railway | 32.87 |
| STRATO 3 | 58.14 | 15.40 | 58.14 | Japanese National Railway | 44.44 |

Modulo di Young

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo di Young (Kg/cm ²) |
|-------------|-------|------------------|----------------------------------|----------------------------|---------------------------------------|
| STRATO 1 | 3.55 | 11.20 | 3.55 | Bowles (1982) Sabbia Media | 118.63 |
| STRATO 2 | 19.56 | 14.60 | 19.56 | Bowles (1982) Sabbia Media | 172.80 |
| STRATO 3 | 58.14 | 15.40 | 58.14 | Bowles (1982) Sabbia Media | 365.70 |

Modulo Edometrico

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Modulo Edometrico (Kg/cm ²) |
|-------------|-------|------------------|----------------------------------|------------------------------------|---|
| STRATO 1 | 3.55 | 11.20 | 3.55 | Menzenbach e Malcev (Sabbia media) | 53.83 |
| STRATO 2 | 19.56 | 14.60 | 19.56 | Menzenbach e Malcev (Sabbia media) | 125.24 |
| STRATO 3 | 58.14 | 15.40 | 58.14 | Menzenbach e Malcev (Sabbia media) | 297.30 |

Classificazione AGI

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Classificazione AGI |
|-------------|-------|------------------|----------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| STRATO 1 | 3.55 | 11.20 | 3.55 | Classificazione A.G.I | SCIOLTO |
| STRATO 2 | 19.56 | 14.60 | 19.56 | Classificazione A.G.I | MODERATAMENTE ADDENSATO |
| STRATO 3 | 58.14 | 15.40 | 58.14 | Classificazione A.G.I | MOLTO ADDENSATO |

Peso unità di volume

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma (t/m ³) |
|-------------|-------|------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------------|
| STRATO 1 | 3.55 | 11.20 | 3.55 | Meyerhof ed altri | 1.47 |
| STRATO 2 | 19.56 | 14.60 | 19.56 | Meyerhof ed altri | 1.98 |
| STRATO 3 | 58.14 | 15.40 | 58.14 | Meyerhof ed altri | 2.28 |

Peso unità di volume saturo

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Gamma Saturo (t/m ³) |
|-------------|-------|------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| STRATO 1 | 3.55 | 11.20 | 3.55 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 1.88 |
| STRATO 2 | 19.56 | 14.60 | 19.56 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2.48 |
| STRATO 3 | 58.14 | 15.40 | 58.14 | Terzaghi-Peck 1948-1967 | 2.60 |

Modulo di Poisson

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Poisson |
|-------------|-------|------------------|----------------------------------|--------------|---------|
| STRATO 1 | 3.55 | 11.20 | 3.55 | (A.G.I.) | 0.35 |
| STRATO 2 | 19.56 | 14.60 | 19.56 | (A.G.I.) | 0.32 |
| STRATO 3 | 58.14 | 15.40 | 58.14 | (A.G.I.) | 0.24 |

Modulo di deformazione a taglio dinamico

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | G (Kg/cm ²) |
|-------------|-------|------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------------|
| STRATO 1 | 3.55 | 11.20 | 3.55 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 213.86 |
| STRATO 2 | 19.56 | 14.60 | 19.56 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 1063.65 |
| STRATO 3 | 58.14 | 15.40 | 58.14 | Ohsaki (Sabbie pulite) | 2961.56 |

Modulo di reazione Ko

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Ko |
|-------------|------|------------------|----------------------------------|--------------|----|
|-------------|------|------------------|----------------------------------|--------------|----|

| | | | | | |
|----------|-------|-------|-------|------------------|------|
| STRATO 1 | 3.55 | 11.20 | 3.55 | Navfac 1971-1982 | 0.64 |
| STRATO 2 | 19.56 | 14.60 | 19.56 | Navfac 1971-1982 | 3.97 |
| STRATO 3 | 58.14 | 15.40 | 58.14 | Navfac 1971-1982 | 9.53 |

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

| Descrizione | Nspt | Prof. Strato (m) | Nspt corretto per presenza falda | Correlazione | Qc (Kg/cm ²) |
|-------------|-------|---------------------|-------------------------------------|----------------|-----------------------------|
| STRATO 1 | 3.55 | 11.20 | 3.55 | Robertson 1983 | 7.10 |
| STRATO 2 | 19.56 | 14.60 | 19.56 | Robertson 1983 | 39.12 |
| STRATO 3 | 58.14 | 15.40 | 58.14 | Robertson 1983 | 116.28 |

CONCLUSIONI

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

- Il sito ricade località PARCO DEL POGGIO - Napoli
- Dal punto di vista geologico l'area in esame, risulta formata in gran parte da terreni e rocce di origine vulcanica ed alluvionale, con chimismo siliceo per lo più Trachitico Alcalino Potassico, con granulometria da limosa a sabbiosa debolmente limosa (*cf*r Allegato Tecnico "A").
- La morfologia del territorio è il risultato della tettonica Plio - quaternaria, che ha disarticolato la serie sedimentaria della piattaforma Abruzzese – Campana in una successione di monoclinali orientate secondo una direttrice di tipo appenninico. Ciò ha portato alla formazione di un'area ribassata in cui sono confluiti materiali la cui genesi è legata all'attività vulcanica quaternaria.
- L'area di studio è inquadrabile sulla Carta geologica dal foglio 183-184 NAPOLI-ISOLA D'ISCHIA, scala 1:100.000, della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA.
- L'area investigata, dal punto di vista morfologico, si presenta con un andamento completamente *pianeggiante* (*categoria T2, N.T.C. - D.M. 17.01.2018*).
- La circolazione idrica sotterranea nell'area oggetto di studio si inserisce nello schema idrologico dell'area flegrea s.l. e degli apparati vulcanici locali, il cui involucro é legato alle complesse condizioni stratigrafiche venutesi a determinare dal susseguirsi di numerosi eventi esplosivi. Dal punto di vista idrogeologico, i terreni in affioramento sono definibili come "mediamente permeabili" ed è presente una discreta circolazione idrica sotterranea. Ciò comporta la presenza di vari livelli di falde sotterranee, in corrispondenza di orizzonti piroclastici a granulometria sabbiosa, che anastomizzandosi vanno a costituire un unico corpo idrico, in accordo con la Carta Idrogeologica della Campania.
- La **classificazione sismica** del territorio nazionale ha introdotto **normative tecniche** specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico. Il territorio comunale di *Mugnano di Napoli (Na)*, è inserito in **Zona sismica = 2, ovvero zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti**.
- Ai fini della classificazione della categoria di suolo come definito nella nuova normativa sismica DM **17.01.2018 (NTC 2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni)**, viene determinata la velocità media ponderata per i primi 30 m di suolo a partire dal livello del piano di posa delle fondazioni. In base ai dati della Vs30 ottenuti per il sito ed utilizzando la formula: $V_{s30} = 30 / \sum_{i=1,N} (h_i/V_i)$ dove: h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo, V_i = Velocità dell'onda di taglio nello strato i-esimo, N = Numero di strati, otteniamo una $V_{s30} = 281 \text{ m/sec}$, viene associato la **categoria di suolo di fondazione di tipo C** ovvero: "*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.*"
- Al fine di caratterizzare dal punto di vista meccanico gli orizzonti litologici, è stata eseguita n°1 prova penetrometrica dinamica super pesante continua DPSH (P1). È stata compiuta un'interpretazione ed omogeneizzazione dei dati geomeccanici degli strati geologici presenti nell'area indagata. Si può innanzitutto affermare, che i litotipi del substrato dell'area in studio sono geomeccanicamente "*incoerenti*", salvo i terreni più superficiali che presentano, visto il loro fuso granulometrico limo-argilloso, un comportamento pseudo coesivo. Dall'esame dei dati della prova penetrometrica, lungo la verticale investigata, è emerso che, per effetto del diverso

grado di consistenza geomeccanica dei terreni e dell'eterogeneità dimensionale del materiale piroclastico presente, si verifica un miglioramento delle proprietà geotecniche dei terreni all'aumentare della profondità (cfr **Allegato Tecnico "A"**).

- *La stabilità è pertanto legata esclusivamente ai carichi trasmessi al terreno di fondazione.*
- *Facendo riferimento a dati bibliografici, di studi e prove sperimentali, realizzati in aree limitrofe all'area di studio, inerenti i valori di *coesione non drenata* (C_u), effettuati su campioni di piroclastiti flegree, similari alle formazioni piroclastiche caratteristiche del sito in esame, il valore "medio", risultante di tale grandezza fisica geotecnica C_u , è pari a circa **0.05 Kpa**.*

In termini di tensioni totali la condizione di rottura del terreno può essere espressa dalla relazione:

- $\sigma_r = C_u$ con $\varphi_u = 0$
- *con $C_u =$ COESIONE NON DRENATA*

questa condizione rappresenta il CRITERIO DI ROTTURA DI MOHR-COULOMB.

Pertanto il progettista dovrà avrà cura che gli interventi da porre in essere, devono risultare compatibili con le accertate caratteristiche geotecniche e di resistenza dei terreni.

Il Geologo
Gregorio Palumbo



The image shows a blue circular professional stamp for a geologist. The text inside the stamp includes "ORDINE DEI GEOLOGI", "Dot. Geol. GREGORIO PALUMBO", "Albo N° 2028", and "Regione Campania". A handwritten signature in black ink is written over the stamp.

8 – ASSEVERAZIONE DEL GEOLOGO

(art. 2 L.R. 7/1/1983 n. 9, artt. 46 e 47 D.P.R. 28/12/2000 n. 445, artt. 359 e 481 del Codice Penale)

Con riferimento alla denuncia dei lavori indicati nella sezione 3 – ANAGRAFICA PROGETTO e 4 -DICHIARANTE :

IL SOTTOSCRITTO

| | | | |
|---|------------------------|-----------------|--|
| GEOLOGO: (cognome e nome) PALUMBO GREGORIO | | | |
| nato a | MUGNANO DI NAPOLI (NA) | il | 11/01/1971 - C.F. PLMGGR71A11F799M |
| residente in | CASERTA | alla via/piazza | M. RUTA, 57 C.A.P. 81100 |
| domiciliato in | CASERTA | alla via/piazza | VIA CESARE PASCAL 10/B C.A.P. 81100 |
| tel. | | cell. | 3248291474 p.e.c. geologo.palumbo@pec.it |

consapevole delle sanzioni penali previste dall'art.76 del D.P.R.445/00 per le ipotesi di falsità in atti e dichiarazioni mendaci ivi indicate, ai sensi degli artt. 46 e 47 del D.P.R.445/00

DICHIARA

- 1) di essere abilitato all'esercizio della professione di Geologo _____;
- 2) di essere iscritto all'Ordine dei Geologi di della CAMPANIA sez. _____ sett. _____ al n° 2028;
 (oppure)
 di essere dipendente della seguente pubblica amm.ne committente _____;
- 3) di aver redatto i seguenti elaborati:

| | |
|--------------------------------|--|
| 1 - Relazione Geologica | 3 - Esecuzione prova sismica. Categoria di suolo. Vs30. |
| 2 - Caratterizzazione del sito | 4 - Esecuzione prova penetrometrica dinamica super pesante D.P.S.H. - P1 |

In relazione a quanto sopra, consapevole delle responsabilità che con la presente si assume in qualità di persona esercente un servizio di pubblica necessità ai sensi degli artt.359 e 481 del Codice Penale

- 4) in conformità all' art. 3 comma 1 della L.R. n° 59 del 28.12.2018 ed in relazione alla prestazione professionale precedentemente indicata, che il Committente ha provveduto al pagamento delle correlate spettanze .

INFORMATIVA EX ART. 13 G.D.P.R. E CODICE PRIVACY - Il dichiarante autorizza o il trattamento dei dati personali suindicati ai sensi del Reg. UE 679/2016, nonché del d.lgs. 196/2003.

ASSEVERA

- che ha prodotto i sopra indicati elaborati nel rispetto delle norme tecniche :

D.M. 17/01/2018 (oppure) D.M. 14/01/2008

ALLEGA

documento di identità in corso di validità: tipo C.I. _____ n° CA20398CK rilasciato in data 10/10/2018 da Ministero dell'Interno

Caserta 01/07/2021

firma

