



Via Napoli n°109,
Vairano Scalo (CE)



338/44.05.855



geodynamic@yahoo.it
domenico.diorio@pec.epap.it

Geo Dynamic

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Domenico D'Iorio



Geologia Tecnica, Geologia Ambientale, Geotecnica, Idrogeologia, Geofisica, Indagini Geognostiche, Consolidamenti, Pozzi Idrici

Comune di

CELLOLE

Provincia di Caserta

Relazione Geologico-Tecnica

Committente: Amministrazione Comunale

Oggetto: Realizzazione di strutture da destinare ad asili nido e scuola per l'infanzia – PNRR, Missione 4, Istruzione e Ricerca – Componente 1 - Investimento 1.1
CUP: J13H19000050002 - CIG 9808694659

Località: Via Moravia, Comune di Cellole (CE)

 Cellole, Amm. Comunale/A.T. 2023

N° pagine 49 escl. allegati

Rel. Rev. 0 del 08/05/2023

**IL GEOLOGO
SPECIALISTA**

Albo Sezione A n° 2306

Dott. Domenico D'Iorio

INDICE*Premessa*

1. Ubicazione dell'area
2. Inquadramento Geologico-Strutturale
 - 2.1 Inquadramento geologico dell'area in esame
3. Morfologia e Stabilità dell'area
4. Idrogeologia dell'area
5. Indagini geognostiche
6. Modellazione sismica del sito -Paragrafo 3.2.2 del D.M. 2018-
7. Modello Geologico dell'area in esame -Paragrafo 6.2.1 del D.M. 2018-
8. Modello geotecnico ed Analisi del volume significativo del terreno di fondazione -Paragrafo 3.2.2 e 6.2.2. del D.M. 2018-
9. Caratterizzazione Geotecnica
 - 9.1 *Stima del modulo di Winkler*
 - 9.2 *Analisi rischio liquefazione*
 - 9.3 *Scavi e sbancamenti*
10. Analisi delle Pericolosità Geologiche di Sito
11. Conclusioni

Allegati:

- Allegato 1** : Elaborati indagini geognostiche

PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto dall' Amministrazione Comunale di Celole (CE) con determina U.T. n°32 del 05/05/2023, il Sottoscritto Dott. Geol. Domenico D'Iorio, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania n° 2306 redige la presente Relazione Geologico-Tecnica inerente il progetto di "Realizzazione di strutture da destinare ad asili nido e scuola per l' infanzia – PNRR, Missione 4, Istruzione e Ricerca – Componente 1 Investimento 1.1, - CUP: J13H19000050002 - CIG 9808694659" alla Via Moravia nel Comune di Celole (CE).

Lo studio è redatto a norma della legislazione vigente da professionista geologo abilitato, ai sensi della Legge 03.02.1963, n° 112, ad “individuare e rilevare i dati necessari, nonché alla caratterizzazione meccanica del terreno”.

Il presente lavoro ha, pertanto, lo scopo di illustrare e fornire al progettista le caratteristiche geologiche e geologico-stratigrafiche dei terreni presenti nell'area interessata dalla perizia, con particolare riferimento ai caratteri geologici, idrogeologici, sismici e geotecnici. Sulla scorta di quanto sopra, si è provveduto, innanzitutto, ad eseguire uno studio geologico preliminare delle aree interessate, basato, in una prima fase, sulla ricerca bibliografica e sulla cartografia tematica riguardante la zona in questione; mentre, in un secondo momento, si è eseguito un rilevamento di superficie delle aree interessate, e di una zona circostante sufficientemente ampia da consentire opportune e valide correlazioni.

La relazione ha lo scopo di fornire al progettista, sulla scorta delle conoscenze acquisite sull'intero territorio comunale (ed in particolare nelle zone di intervento), i principali parametri geologici, sismici e puramente geomeccanici dei terreni interessati dalla posa in opera delle strutture a farsi.

E' parso, pertanto, opportuno prendere in considerazione, in via preliminare, l'intero comprensorio in cui è inserito il territorio comunale, per poi scendere nella descrizione particolareggiata e specificatamente geologico-tecnica delle aree interessate.

I dati stratigrafici sono stati desunti da indagini meccaniche e geofisiche effettuate per l'adeguamento degli strumenti urbanistici vigenti alla normativa regionale e da studi eseguiti per conto di committenti privati e pubblici.

Tali dati sono stati integrati, in questa fase, da altre indagini sia meccaniche che geofisiche espletate in sito predisponendo, preliminarmente, un adeguato “progetto di indagini” per poter addivenire ad una completa conoscenza dell'area sia da un punto di vista geologico che sismico.

L'estensione delle indagini in numero e tipo sarà rapportata all'importanza dell'opera, alle sue dimensioni planimetriche, alla ipotizzabile variabilità delle caratteristiche meccaniche del terreno (articolo 4 Legge Regionale Campania 9/83 - Regolamento Delibera di Giunta Regionale n° 2515 del 08.10.2001).

Si sono così aggiunte indagini di campagna sviluppatesi, essenzialmente, nelle seguenti fasi:

- una prima fase di acquisizione di tutte le informazioni statistiche sui meccanismi di funzionamento degli equilibri naturali sul territorio e la loro mutazione in rapporto all'attuale grado di antropizzazione;
- una seconda di analisi dei siti studiati, basata sul rilevamento e verifica dell'assetto geolitologico dell'area interessata; rilevamento delle caratteristiche geometriche e geomorfiche delle reti di drenaggio delle acque di versante; rilievo delle condizioni di conservazione degli alvei naturali discendenti il versante di interesse;

Questa relazione, pertanto, seguendo i dettami della norma vigente e dello stato dell'arte, è finalizzata alla costruzione del modello geologico, che è imprescindibile per la redazione del successivo modello geotecnico, facente parte della relazione d'opera geotecnica.

Tutti gli studi hanno riguardato, tra gli altri, aspetti geologici e geomorfologici ritenuti pregnanti per lo studio qui condotto.

Inoltre si sono recuperate informazioni di carattere geologico-stratigrafico locale anche dalla recenti indagini prodotte a corredo per altri studi per interventi edilizi pubblici e privati.

Si elenca la normativa di riferimento con la quale è stato redatto il presente studio geologico.

Decreto Ministeriale 17.01.2018

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Decreto Ministeriale 14.01.2008

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
Circolare 2 febbraio 2009.

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.
Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007

Deliberazione della Giunta Regionale numero 47 del 10/02/2004

Prime disposizioni per l'attuazione dell'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 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"

Eurocodice 8 (1998)

Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)

Eurocodice 7.1 (1997)

Progettazione geotecnica - Parte I : Regole Generali. - UNI

Eurocodice 7.2 (2002)

Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI

Eurocodice 7.3 (2002)

Progettazione geotecnica - Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI

Leggi regionali in materia di pianificazione e di Vincolo Idrogeologico

Ordinanze Autorità di Bacino Nazionale.

Per la caratterizzazione geotecnica del sito, visto il progetto in esame, nonché l'ottima conoscenza s.l. del territorio in esame, è stato basato su indagini geognostiche realizzato nel sito adiacente a quello in esame, geologicamente simile, per altre opere pubbliche e consistite nell'esecuzione di:

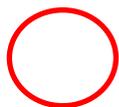
- ✦ n° 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH.
- ✦ n°1 indagine sismica masw eseguite nel sito in esame.

1.UBICAZIONE DELL'AREA

Il territorio comunale di Cellole rientra nel distretto provinciale di Caserta e confina con il Comune di Sessa Aurunca. Cartograficamente l'area in oggetto ricade nel foglio geologico n°171 "*Gaeta*" della Carta Geologica d'Italia dell'I.G.M. scala 1:100.000, mentre topograficamente ricade nella tavoletta con scala 1: 25.000 n° 7 denominata "*Sessa Aurunca*" (*Quadrante 171-I*).

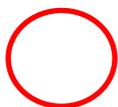
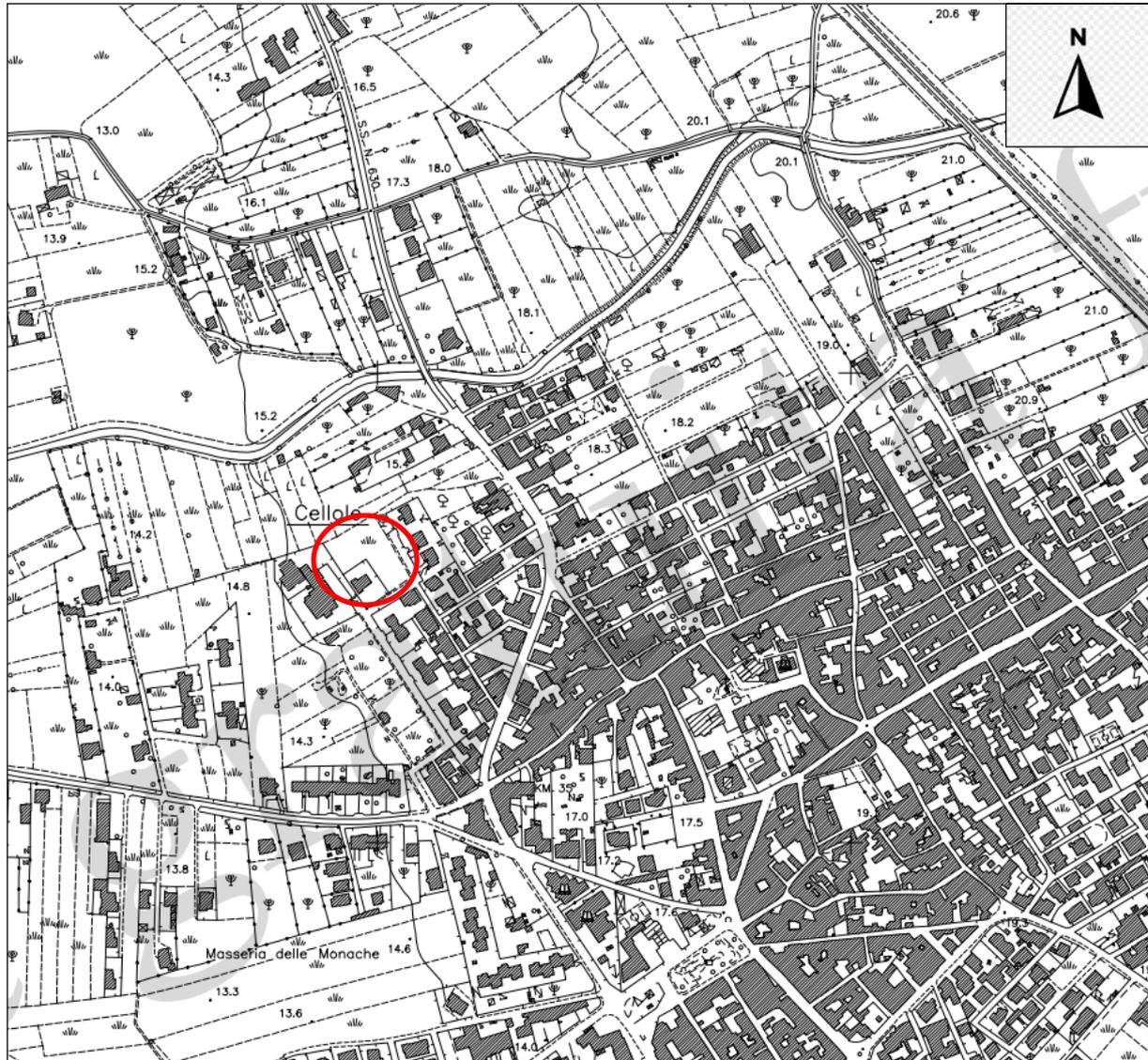


STRALCIO TOPOGRAFICO



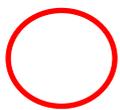
Area in esame
Scala 1:25000

STRALCIO AEROFOTOGRAMMETRICO



Area in esame
Scala 1:5000

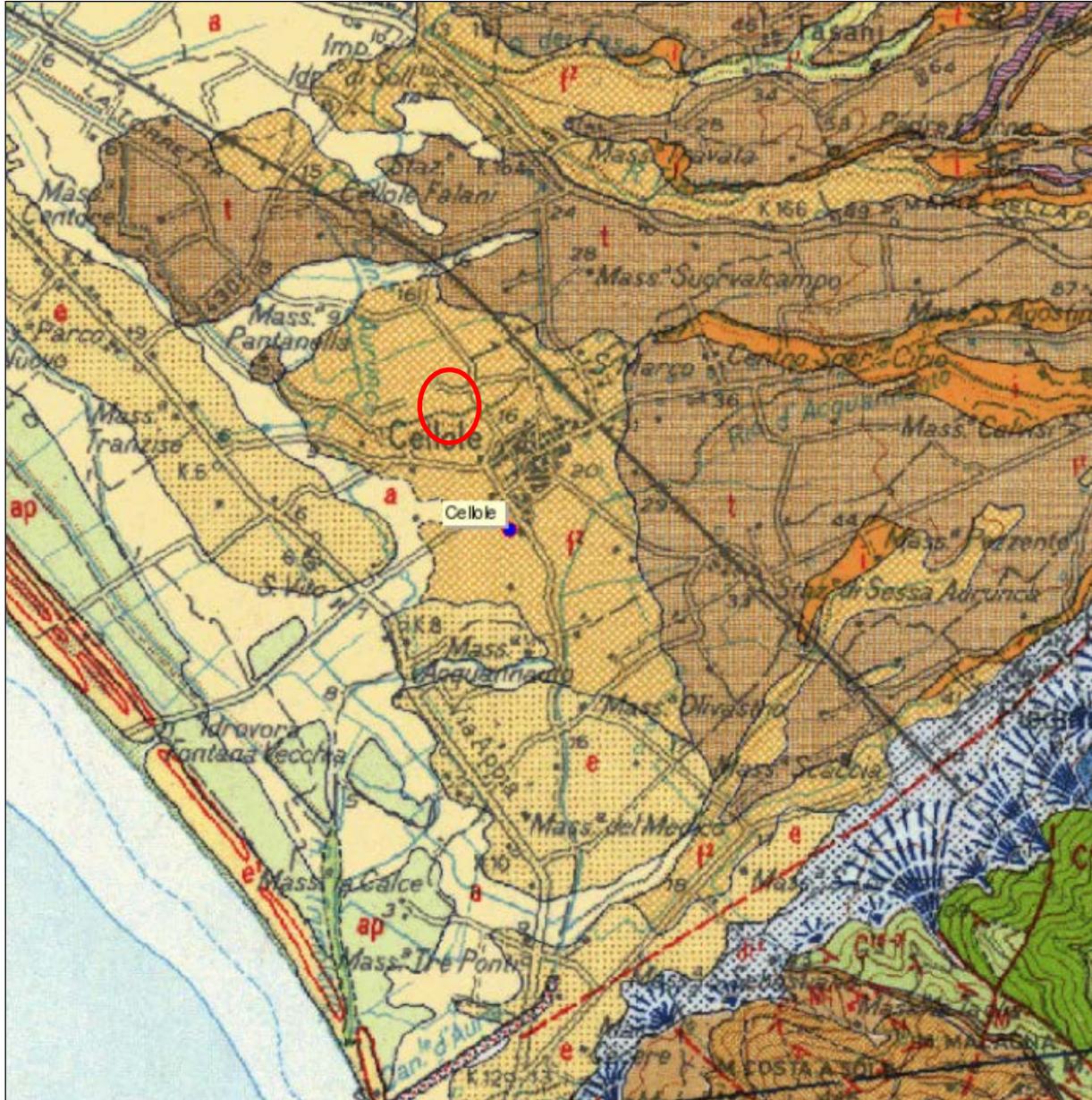
STRALCIO ORTOFOTOGRAFICO



Area in esame
Scala 1:5000

STRALCIO GEOLOGICO

Foglio n° 171 Gaeta



LEGENDA:

 Area in esame



Terreni umiferi, sabbie grige e giallastre, ciottoli fluviali e detriti calcarei, misti a lapilli e pomili chiari dilavate nella zona circumvulcanica (f²); depositi lentiformi di travertino, presso Minturno (tr).

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area in esame va inquadrata nell'ambito dell'evoluzione della catena appenninica centro-meridionale e del Complesso vulcanico del Roccamonfina, a cui geograficamente appartiene il territorio in esame. L'assetto strutturale generale dell'Appennino Meridionale è il risultato di compositi eventi tettonici verificatisi tra il Cretacico ed il Pliocene. Esso è costituito da varie unità stratigrafico-strutturali sovrapposte, le quali presero origine, dal Miocene al Pliocene medio, dalla deformazione di domini paleogeografici, che si composero a partire dal Triassico superiore, connessi con il continente africano e precedentemente subdeformati con vergenza europea tra il Cretacico superiore e l'Eocene medio. Nel Pleistocene inferiore tutta l'area è soggetta a distensione, con generazione di faglie normali o che si riattivano in senso normale linee tettoniche preesistenti. Inoltre tra il Pliocene e l'Olocene avvengono localmente deformazioni della parte centrale dell'appennino centrale a seguito di tettonica distensiva che hanno determinato la formazione di sistemi vulcanici lineari e a struttura centrale. Le successive fasi tettoniche hanno provocato l'accumulo di potenti orizzonti argillosi di ambiente marino, sono andati a colmare totalmente la depressione. I depositi Quaternari continentali, marini e vulcanici sono stati così riscontrati in perforazione fino ad una profondità di circa 4.000 metri. Oltre tale profondità sono stati rinvenuti materiali terrigeni e carbonatici appartenenti all'unità paleogeografica della piattaforma Molisana e Campano-Lucana. I depositi di piattaforma sono stati dislocati da importanti faglie dirette recenti (quaternarie) che hanno determinato il blocco dei gruppi montuosi circostanti l'area: le stesse presentano rigetti verticali complessivi di 1000-2000 metri. Le faglie che determinano i bordi dei Monti in esame, corrispondono in profondità, alle strutture sismogenetiche più pericolose e più attive dell'Appennino Molisano-Campano-Lucano; le stesse rappresentano la continuazione verso Nord-Ovest delle faglie sismogenetiche che originarono il terremoto del 1688 ed il recente sisma del 23-XI-1980. La presenza di materiale piroclastico è adducibile all'attività effusiva del Roccamonfina.

Morfologicamente è caratterizzato da uno strato-vulcano parzialmente distrutto, con base di 15 km di diametro poggiante sui calcari mesozoici e tagliato all'estremità da una caldera. Numerosi coni avventizi formati da duomi e coni di lancio con colate laviche basali giacciono entro la caldera e sui fianchi del vulcano, taluni anche in posizione eccentrica entro i calcari delimitanti il vulcano a settentrione. L'apparato è composto da due fasi successive nettamente distinte nel tempo e per qualità dei prodotti, infatti si trovano in una prima fase lave con leucite mentre nella seconda fase la leucite è assente. L'inizio dell'attività del Roccamonfina, il cui edificio vulcanico crea variazioni sul reticolo idrografico e la formazione di bacini lacustri (alta valle del Volturno, Valle Latina), è fatto risalire ad almeno 1.2 milioni di anni. L'attività eruttiva del Roccamonfina ha consentito il depositarsi, nelle zone

deprese, di formazioni successive di materiali piroclastici, oltre ai materiali provenienti dall'attività erosionale degli agenti esogeni. La formazione ignimbratica, come detto precedentemente, ha colmato con il suo deposito le preesistenti valli ed incisioni. Il materiale piroclastico può essere, nel suo complesso, descritto come segue:

- Cinerazzo, caratterizzato da materiale incoerente, di colore grigio, contenente poche pomice e scorie sparse. Questo livello, argillificato, caratterizzato dalla presenza di cristalli di sanidino e leucite, costituisce l'attuale suolo agrario.
- Successione dei materiali piroclastici; questi ultimi risultano differenziati cromaticamente e sono ascrivibili a diverse fasi esplosive dei Campi Flegrei e a diverse condizioni di deposito. Il grado di addensamento di questi materiali aumentano all'aumentare della profondità, per cui migliorano anche le caratteristiche litotecniche.

3. MORFOLOGIA E STABILITÀ DELL'AREA

Il territorio comunale risulta morfologicamente distinto in una sola unità, ovvero pianeggiante, rappresentata da prodotti di genesi alluvionale e piroclastico con pendenze da basse a nulle. La zona interessata dall'opera in progetto, è ubicata nel Comune di Celole, in zona pianeggiante con pendenze mediamente basse, ad una quota topografica di circa 16.00 mt. s.l.m.

L'analisi dettagliata delle condizioni geologiche-geomorfologiche-idrogeologiche-geotecniche, fanno rilevare le seguenti condizioni per l'area in esame:

☞ **Caratteristiche geologiche:** l'area interessata dal progetto, nonché la zona limitrofa, è caratterizzata da litotipi incoerenti verso il basso stratigrafico assimilabili a prodotti limo-sabbiosi e sabbie con limo;

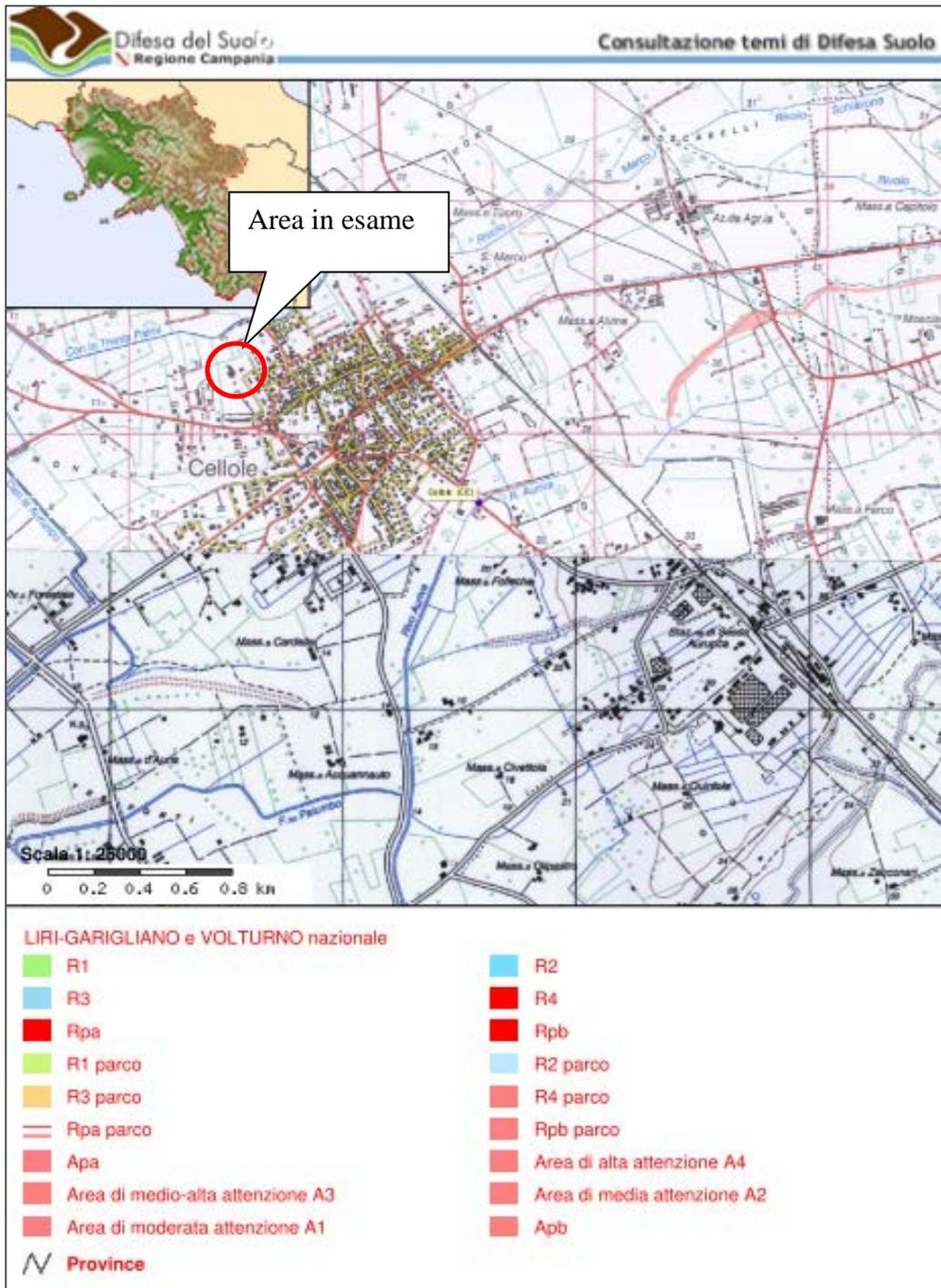
☞ **Caratteristiche idrogeologiche:** nell'area in esame si rileva la presenza di falda idrica a profondità >3.00 mt dal p.c. all'interno di litotipi da poco a mediamente permeabili verso il basso stratigrafico; Inoltre sono possibili, specie nei mesi invernali, lievi accumuli idrici superficiali, causa la variabile permeabilità verticale dei litotipi presenti;

☞ **Caratteristiche morfologiche:** l'area in esame, nonché quelle limitrofe, sono caratterizzate da pendenze da basse a nulle, ove non si riscontrano, né si sono riscontrati in passato, fenomeni gravitativi sia superficiali che profondi. Non si riscontrano inoltre cavità sotterranee naturali e/o antropiche;

☞ **Caratteristiche geologico-tecniche:** per quanto riguarda le caratteristiche geotecniche dei terreni formanti in sedime di fondazione, è da ritenere che, tralasciando i depositi superficiali potenzialmente esposti a decadimento delle loro caratteristiche fisiche a seguito di alterazioni climatiche, in profondità essi vanno migliorando le loro caratteristiche fisico-meccaniche, caratterizzato da stato semi-coesivo e quindi da condizioni di stabilità geologiche.

L'attento rilevamento geologico-geomorfologico di superficie, affiancato dalla consultazione della bibliografia esistente, non ha fatto rilevare comunque per l'area in esame, se non lievi fenomeni erosivi episupefici, la presenza di eventi geologici ed idrogeologici potenzialmente in grado di impartire svolte morfologiche-evolutive a rapido decorso.

E' possibile dunque asserire, che l'area in esame si presenta geologicamente e geomorfologicamente al momento stabile, così come anche cartografato nel Piano Stralcio Rischio Frane redatto dall'Autorità di bacino Volturno-Liri-Garigliano



4. ASPETTI IDROGEOLOGICI DELL'AREA

L'area oggetto della presente relazione geologica è situata alla periferia occidentale del centro abitato di Celole nella piana compresa tra le pendici occidentali del complesso vulcanico del Roccamonfina e di quelle nord-orientali del Monte Massico. A nord è delimitata dalla riva sinistra del fiume Garigliano e ad ovest dal mare. L'idrogeologia della zona è condizionata da diversi fattori il cui esame impone un cospicuo ampliamento dell'area di riferimento. Questa infatti deve necessariamente coinvolgere la struttura vulcanica e quella carbonatica che oltre l'alimentazione locale hanno un ruolo preponderante nella alimentazione della circolazione idrica sotterranea il cui deflusso invece è condizionato dalle condizioni litostratigrafiche tipiche di una zona di piana. In questa area significativa è possibile infatti ricostruire la presenza di tre strutture idrogeologiche.

Struttura del Roccamonfina

Distinguibile in due unità, una intra-calderica ed una extra-calderica. La prima, pressochè circolare comprende la doppia altura di M.S. Croce e M. Lattani composte da lave intensamente fratturate e dunque molto permeabili, una fascia costituita da una potente serie tufitica (circa 200 metri), costituita da cineriti e tufiti a granulometria sottile e nel complesso impermeabile. Infine la cinta più esterna, anch'essa costituita da lave fratturate tamponate anche all'esterno da tufiti. La seconda, cioè quella del vulcano strato è costituita dalla sovrapposizione di colate laviche intensamente fratturate ed a elevata permeabilità e di livelli e banchi di piroclastiti e cineriti impermeabili o comunque meno permeabili delle lave.

Struttura di M. Massico.

E' delimitata da due faglie a direttrice antiappenninica e con notevole rigetto. Da NE a SW affiorano prima le dolomie triassiche, scarsamente fratturate, sebbene interessate da più faglie e quindi poco permeabili. Queste immergono sotto i calcari di M. Tre Croci, per cui data la loro posizione e la loro scarsa produttività rappresentano la base dell'acquifero. Acquifero che invece coincide con il membro calcareo, permeabile per fratturazione e carsismo anche se di quest'ultimo non esistono segni epigei. L'infiltrazione è pressochè totale e limitata solo dall'acclività dei versanti e dalla presenza di vegetazione.

Struttura della Piana s.l.

I dati di alcuni sondaggi geognostici profondi dimostrano che anche questa struttura può essere distinta in due unità, anche se stavolta sovrapposte stratigraficamente e quindi una superiore ed una inferiore. Quella inferiore è costituita da alternanze di sabbie, ghiaie e argille plio-pleistoceniche sedi di falde acquifere caratterizzate da notevole carico piezometrico con estensione dei livelli impermeabili

limitati nello spazio e comunque tali da permettere di considerare l'intera successione come un'unico complesso. Identica valutazione può essere fatta per il complesso superiore, distinguibile geologicamente da quello inferiore non solo per la diversa età deposizionale, ma anche per la natura della matrice, certamente in quest'ultimo più marcatamente condizionata da una natura di origine ignea. L'area strettamente interessata dalle indagini è invece caratterizzata dalla sola presenza in affioramento delle rocce sciolte alluvionali ed in parte marina, riferibili alla unità superiore della piana. Le caratteristiche di permeabilità di tali formazioni sono molto variabili in funzione dei limiti granulometrici delle varie stratificazioni, si alternano infatti limi e limi argillosi con sabbie e sabbie ghiaiose. Nel primo caso la scarsa o nulla permeabilità fa svolgere un ruolo di impermeabile, nel secondo caso invece la media e buona permeabilità fa svolgere un ruolo di acquifero, con conseguente formazione di falde più o meno estese e dotate di significativo carico idraulico. Si riscontrano così falde libere e falde confinate tra livelli meno permeabili, con un livello statico che si attesta generalmente a quote maggiori di quelle di rinvenimento. Le vulcaniti del Roccamonfina, che come vulcano strato è caratterizzato da una circolazione idrica di tipo radiale anno punti di recapito delle acque coincidenti con le aree periferiche topograficamente più depresse. A meridione del settore in esame, la piana è alimentata anche dalla struttura di M. Massico. La falda principale, come deducibile sempre dalla cartografia allegata ha un livello statico, misurabile in alcune perforazioni esistenti nel circondario a circa -3.00 m. dal p. c., con leggere oscillazioni nei periodi di magra. Nonostante tale posizione rispetto al piano di campagna, i dati acquisiti attraverso le indagini e gli studi effettuati, nonché le pregresse conoscenze, le elaborazioni e le carte di sintesi prodotte, permettono di escludere una influenza della falda e delle oscillazioni stagionali del suo livello, sul comportamento meccanico dei terreni presenti nell'area in studio alle quote di normale interesse geotecnico, anche in caso di sollecitazioni dinamiche. Il deflusso della falda avviene, come deducibile dall'analisi dell'andamento delle curve isopiezometriche ricostruite attraverso la misura del livello statico in pozzi presenti nei dintorni, in direzione ovest, perpendicolarmente alla linea di costa. È possibile tuttavia rinvenire, a luoghi, e soprattutto in particolari periodi dell'anno una falda superficiale sospesa, ed effimera, legata alle condizioni geologico-stratigrafiche del sito ed ad una alimentazione locale direttamente dall'alto.

Anche essa non esercita alcuna influenza sulle caratteristiche meccaniche della roccia in quanto i terreni che le ospitano sono a granulometria sabbiosa e quindi in condizioni drenate.

Infine, nell'area di studio non si è riscontrata la presenza di sorgenti.

5. INDAGINI GEOGNOSTICHE

5.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE ESEGUITE IN SITO

La stratigrafia locale, la natura sabbiosa dei terreni, nonché la certezza che ci si trovava ad operare su terreni di riempimento, hanno consigliato di ricorrere all'esecuzione di quattro prove penetrometriche di tipo dinamiche continue, che hanno avuto essenzialmente lo scopo di verificare l'addensamento dei terreni di riempimento, nonché il loro effettivo spessore.

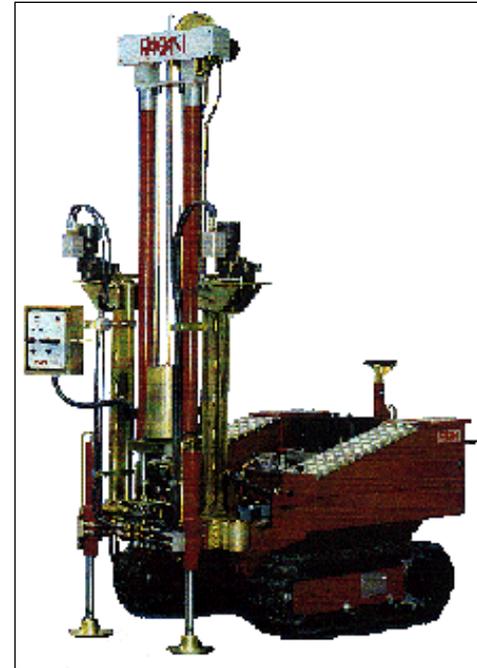
La prova penetrometrica dinamica è stata effettuata seguendo lo standard EMILIA tipo DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) con apparecchiatura PAGANI TG 63-100, semovente a cingoli. Essa consiste nel rilevare in continuo il numero di colpi necessario per infiggere di 30 cm una punta di dimensioni standardizzate.

Il Penetrometro utilizzato consente di adottare vari "standard"; si è preferito lo standard di prova tipo EMILIA, in quanto nei terreni della zona restituisce parametri geotecnici più verosimilmente correlabili alla prova classica SPT e, pertanto, più attendibili.

La lettura è effettuata ogni 20 cm di infissione, talché i valori di N_{dpsh} sono diagrammati in funzione della profondità.

In tal modo sono individuabili degli strati a comportamento omogeneo per numero di colpi, per ciascuno dei quali è possibile calcolare il valore medio e caratteristico di N_{dpsh} da cui desumere i parametri geotecnici, sulla base di correlazioni con la prova SPT.

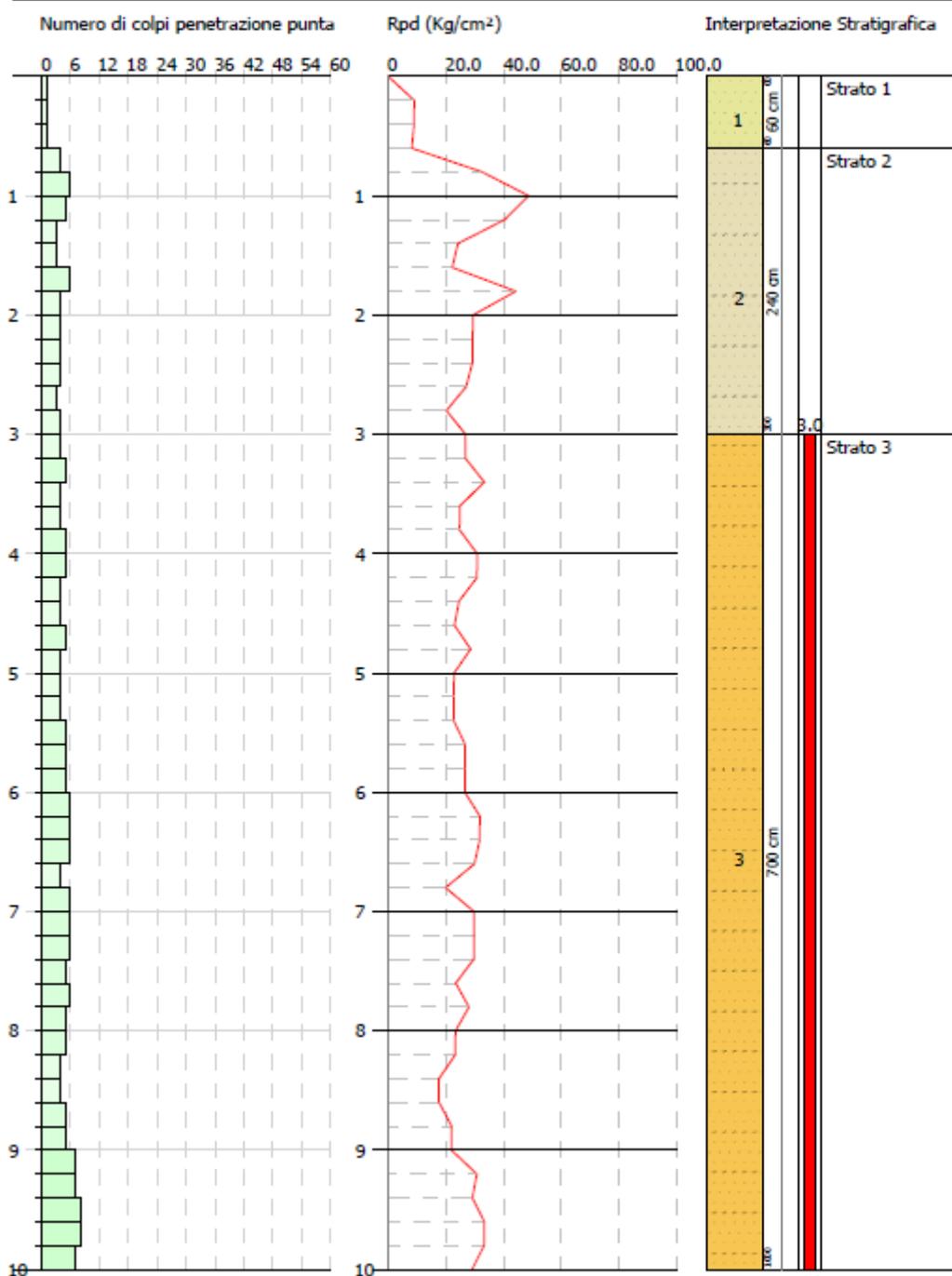
Tali indagini, unitamente al rilievo di campagna, riescono a fornire sufficienti informazioni necessarie alla determinazione delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni, in particolare per la determinazione di parametri come l'angolo d' attrito interno Φ e la densità relativa. L'osservazione dei diagrammi penetrometrici, consente di concludere che si è operato su un terreno con caratteristiche fisico meccaniche abbastanza simili e di seguito riportati:



DPSH1

	Nspt	Prof. Strato (m)	Classificazione
Strato 1	1.47	0.00-0.60	Terreno di riporto
Strato 2	6.13	0.60-3.00	Limi con sabbie
Strato 3	7.69	3.00-10.00	Sabbie con limo

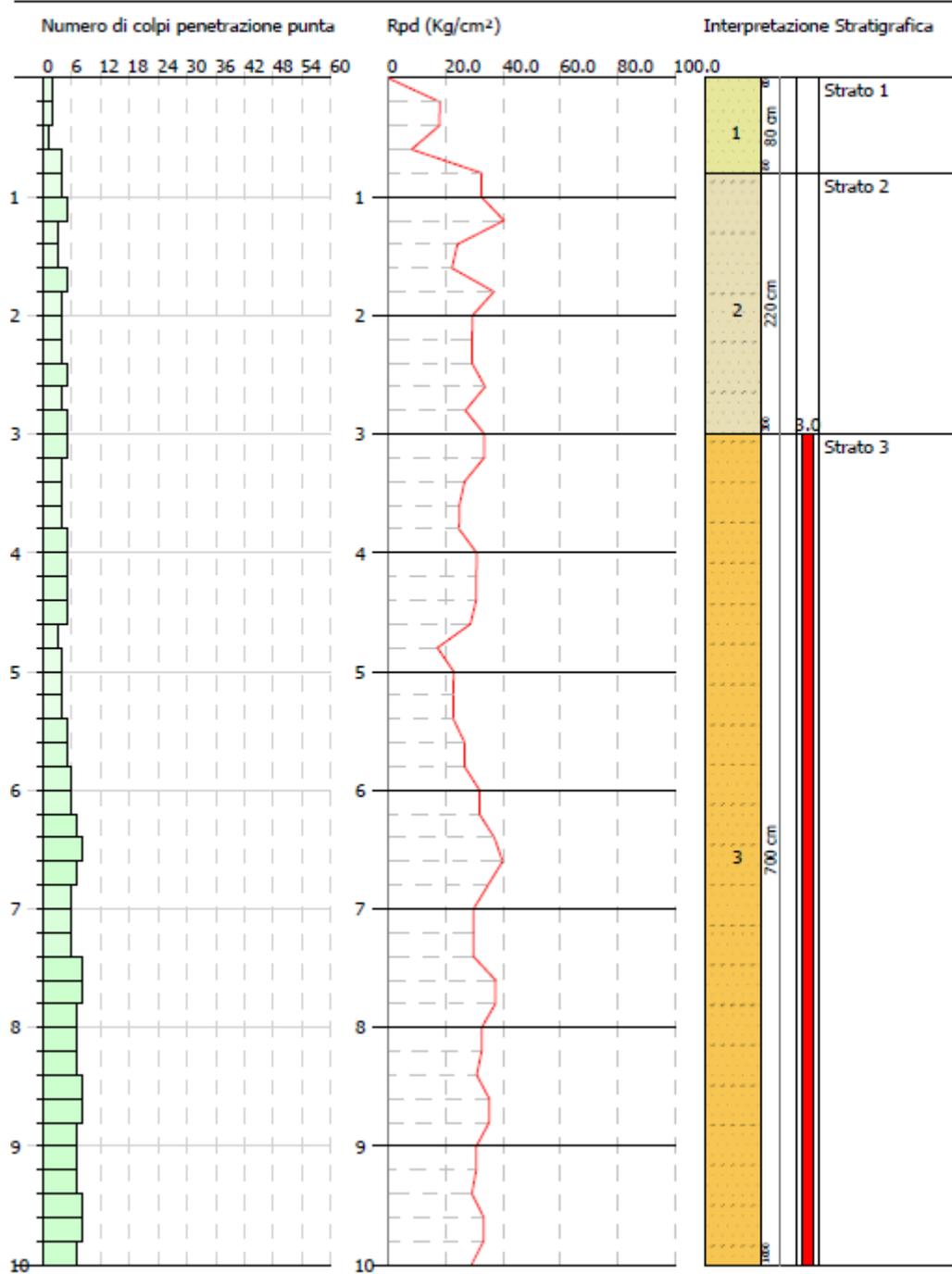
Scala 1:48



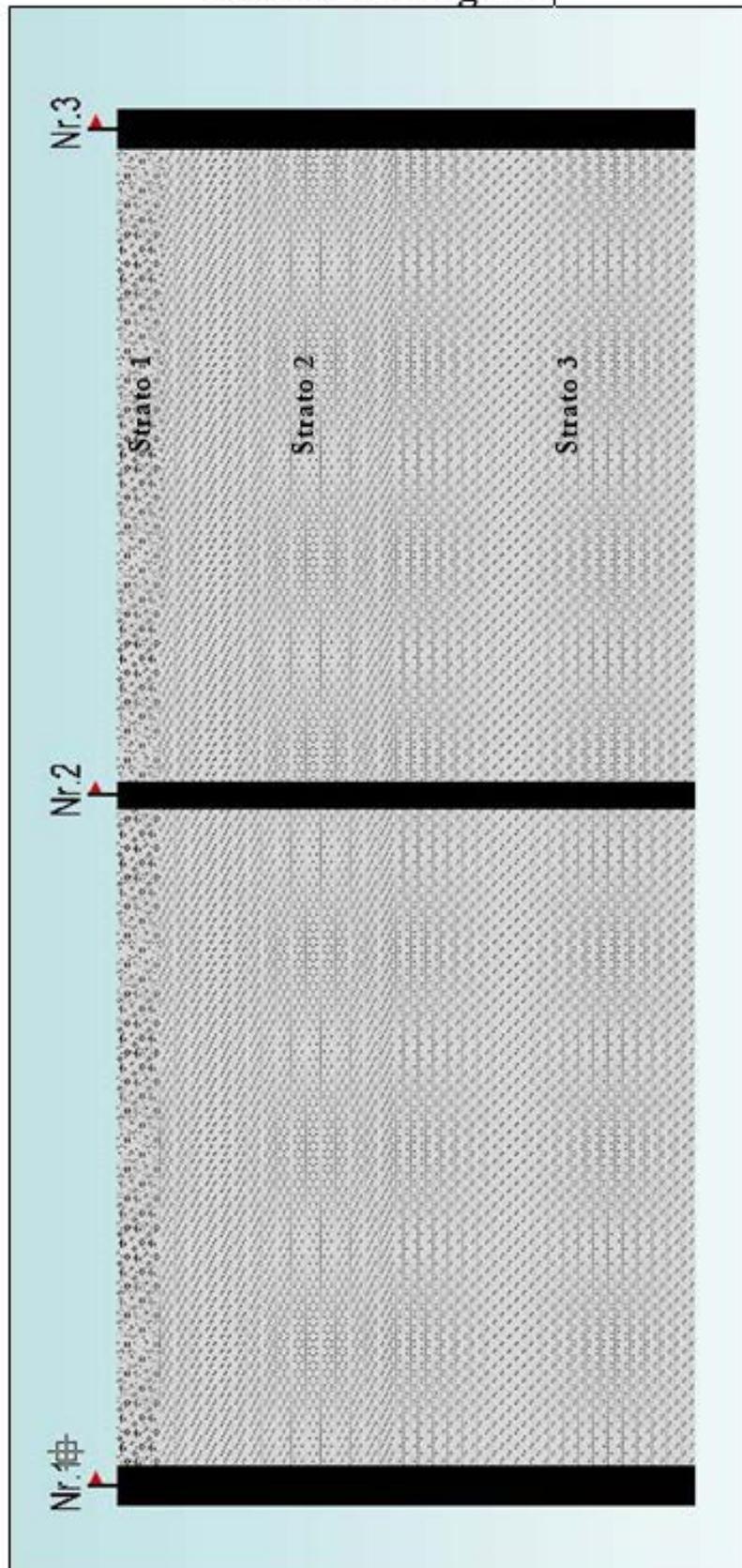
DPSH2

	Nspt	Prof. Strato (m)	Classificazione
Strato 1	3.31	0.00-0.80	Terreno di riporto
Strato 2	6.14	0.80-3.00	Limi con sabbie
Strato 3	8.86	3.00-10.00	Sabbie con limo

Scala 1:48



Sezione Geologica



5.2 INDAGINE GEOFISICA MASW

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi e ciò limita i costi), che permette di ottenere un modello di velocità delle onde di taglio con la profondità, basandosi sull'analisi delle onde superficiali (onde di Rayleigh e onde di Love). In particolare il metodo MASW si basa sull'analisi delle onde di Rayleigh. La proprietà fondamentale delle onde di Rayleigh è la dispersione, infatti in un mezzo stratificato le onde di Rayleigh con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo.

Quindi tale metodo consente, attraverso un algoritmo di inversione, di ottenere un parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (D.M. 17 gennaio 2018 e succ. modifiche e integrazioni), ovvero consente di calcolare la velocità delle onde di taglio V_{seq} .

Il metodo d'indagine MASW si distingue in metodo *attivo* e metodo *passivo* (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo *attivo* le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono recepite da uno stendimento lineare di geofoni (minimo 12). Nel metodo *passivo* lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si registra il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo *attivo*, generalmente, consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz restituendo informazioni sulla parte più superficiale del suolo, di solito nei primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo *passivo*, di contro, consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50m.

In seguito si farà riferimento ai risultati derivanti dal *metodo attivo*.

Il modello di velocità delle onde di taglio S da indagine MASW deriva da sofisticate elaborazioni che possono essere riassunte nelle seguenti fasi:

1. calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica;
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di Poisson), la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità, V_{seq} , e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

STRUMENTAZIONE

L'attrezzatura e la strumentazione utilizzata è costituita da:

- un sistema di energizzazione: costituito da un grave di 8 kg battente verticalmente su una piastra circolare in acciaio del diametro di 25 cm posta direttamente sul piano campagna.
- Un sistema di ricezione: costituito da 24 geofoni verticali ed orizzontali monocomponente con frequenza propria di 4.5Hz.
- un sistema di acquisizione dati: sismografo M.A.E. A6000-S con memoria dinamica a 24 bit composto da 12 dataloggers a 2 canali per un totale di 24 canali;
- un sistema di trigger: consistente in un circuito che viene chiuso all'istante in cui il grave colpisce la base di battuta. Il sensore che riceve l'impulso è un geofono verticale a 14 Hz.

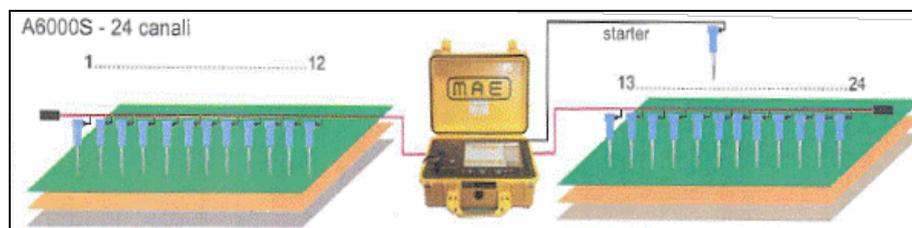


Figura 2: Strumentazione utilizzata

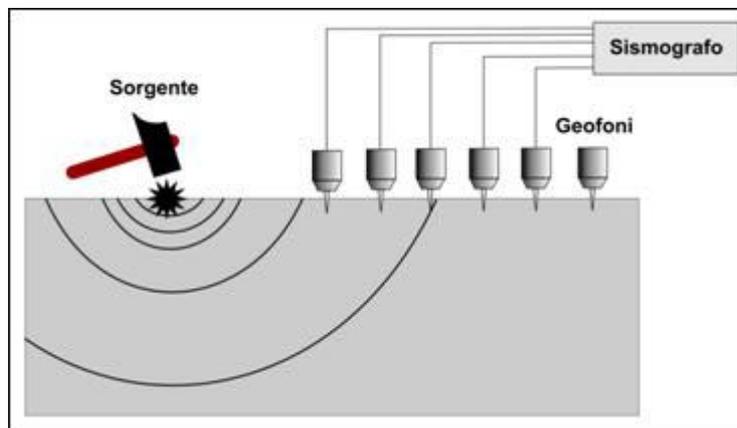


Figura 3: Schema di energizzazione

PROVA SISMICA V_{sEQ} METODO MASW

PROFILO IN SITO

Sono stati individuati n.5 sismostrati principali alle seguenti profondità e alle rispettive velocità delle onde S. :

PROFONDITA' z(m)	SPESSORE h(m)	V_s (m/s)
- 3	3	166
da - 3 a - 7	4	201
da - 7 a - 16	9	256
da - 16 a - 20	4	338
da - 20 a - 35	15	520

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S hanno portato alla seguente determinazione della V_{sEQ} a partire dal piano di riferimento: $z = 0$

V_{seq} =	H	290	m/s
	$\Sigma h_i/V_i$		

Risultati Finali

Piano di riferimento $z=0$ [m].....0

V_{seq} [m/s].....290

La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018

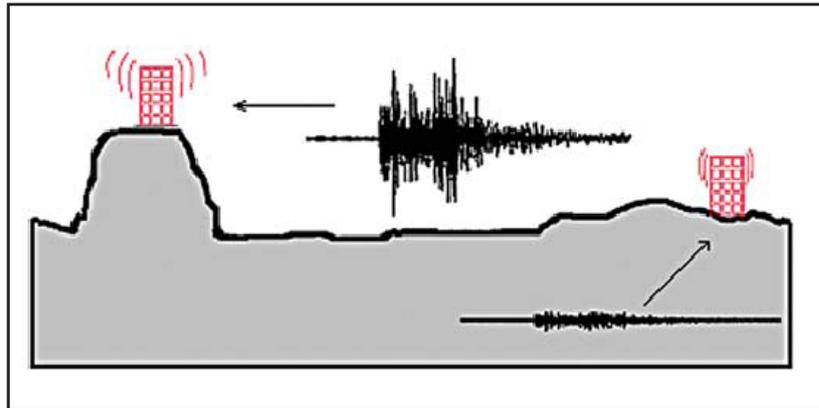
Categoria di suolo tipo : C

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

Effetti di amplificazione morfologica (basi teoriche)

La figura seguente schematizza il concetto che sta alla base delle analisi circa gli effetti di amplificazione morfologica effettuate nel corso di questo studio.

Due edifici identici fondati sul medesimo suolo, ma in due distinte situazioni morfologiche, avvertono in maniera completamente diversa lo scuotimento del suolo causato dallo stesso sisma; è evidente che in simili circostanze anche gli effetti attesi sui due edifici possono essere molto diversi.



La normativa vigente prevede che le possibili zone di amplificazione morfologica vengano valutate secondo la seguente tabella:

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

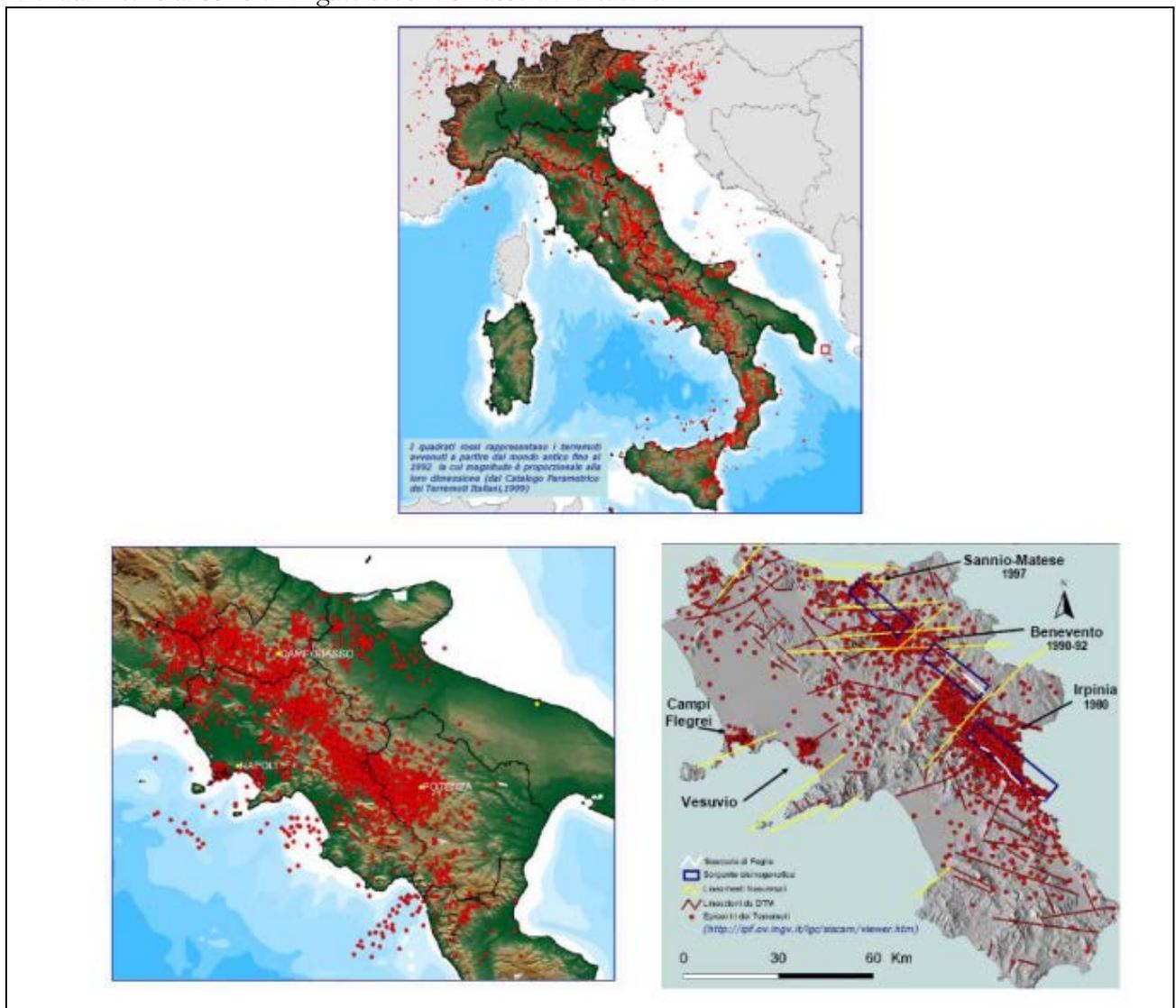
Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tale valore S_T rappresenta il valore di soglia, oltre il quale lo spettro proposto dalla normativa risulta insufficiente a tenere in considerazione la reale amplificazione presente nel sito.

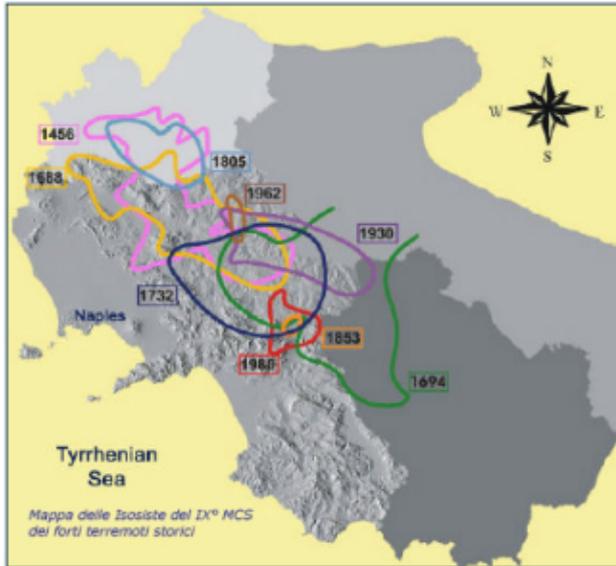
Nel caso in esame la categoria topografica ricade in T1 ed S_T pari a 1.0.

6. MODELLAZIONE SISMICA DEL SITO – Paragrafo 3.2.2 del D.M. 2018-

Dal punto di vista sismico **il territorio comunale in esame** presenta un rischio sismico derivante dalla sua posizione rispetto alla catena appenninica. Per quanto riguarda la catena appenninica, essa ancora in fase di prevalente sollevamento rispetto al margine tirrenico, è caratterizzata dalla presenza di strutture sismogenetiche lungo le quali si distribuiscono maggiormente i principali eventi sismici. Le isosisme dei maggiori terremoti dell'appennino Campano-Lucano mostrano che le aree a più elevata intensità sono allungate secondo l'asse della catena.



Nella figura seguente vengono riportate le aree dei maggiori terremoti storici che hanno colpito la Campania e la Basilicata, che forniscono un immediata visione della distribuzione delle fratture oltre che delle dimensioni della zona maggiormente interessata dai terremoti.



Distribuzione dei maggiori terremoti

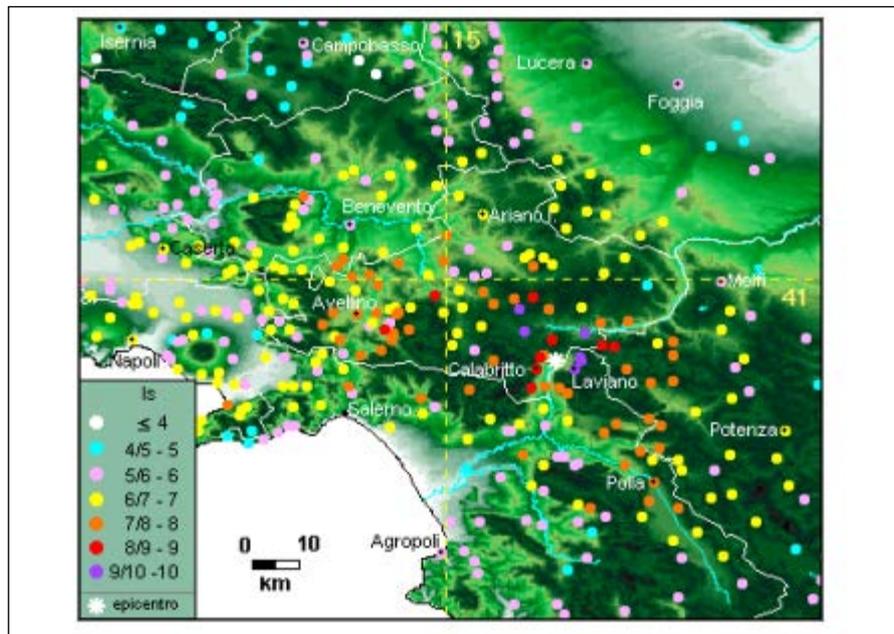


Distribuzione areale dei maggiori terremoti

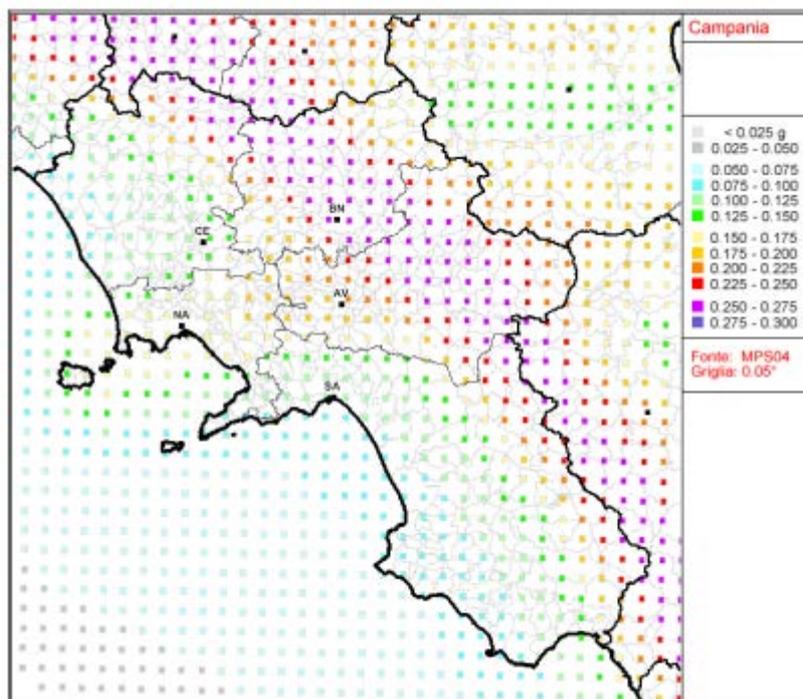
DATA	MAGNITUDO	AREA EPICENTRALE
5 dicembre 1456	7.1	Italia centr. Merid.
5 giugno 1688	6.6	Sannio
8 settembre 1694	6.8	Irpinia - Basilicata
29 novembre 1732	6.6	Irpinia
26 luglio 1805	6.6	Molise
16 dicembre 1857	7.0	Basilicata
23 luglio 1930	6.7	Irpinia
23 novembre 1980	6.7	Irpinia - Basilicata
5 maggio 1990	5.8	Basilicata
29 dicembre 2013	4.9	Campania - Molise

Sulla base delle tabelle dei terremoti storici si ricava la frequenza media con cui un sisma di data intensità si ripete nel tempo. Per cui in 524 anni sono avvenuti 8 terremoti efficaci di intensità maggiore 6.5 magnitudo con una frequenza media di un sisma ogni 50-70 anni.

Dalla fig. 6 si evince che la maggiore densità sismica si ha tra una zona compresa tra Benevento e Ariano Irpino e ad Est dei Monti Picentini, cioè in una fascia compresa tra 100 e 130 km dell'area oggetto del presente lavoro.



Il territorio comunale rientra in una zona sismica di II categoria (Media sismicità) con grado di sismicità S=9 a cui compete un coefficiente di intensità sismico C= 0.07 con accelerazione orizzontale compresa tra 0.150 -0.175 g.



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 su suolo rigido o pianeggiante a_g , che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

Definizione del concetto di RISCHIO SISMICO

Come definizione il *concetto di rischio sismico* è equivalente al prodotto di tre fattori:

- Vulnerabilità,
- Rischi,
- Costo per la possibile perdita dovuta ad un terremoto che può prodursi in un dato periodo di tempo.

La *vulnerabilità* può essere definita come il possibile danno che una struttura subisce a seguito dell'evento; il *rischio* è la probabilità che avvenga il sisma nella zona in un assegnato periodo totale; in ultimo il *costo* è la spesa totale per tutte le riparazioni necessarie conseguenti al sisma.

Per quanto riguarda il rischio esso deve essere definito da due serie di dati:

- Configurazione geometrica delle fonti sismiche, stabilità con rilievi geologici, ubicazione degli epicentri, così da stabilirne la storia sismica;
- Caratteristiche delle attività sismiche di ciascuna fonte, con il numero medio di terremoti per anno, sia storici che strumentali.

Non essendo possibile un'analisi rigorosa come questa, la valutazione del rischio sismico deve attenersi alle seguenti considerazioni:

- qualsiasi manufatto deve essere progettato in modo tale da sopportare senza danno un evento sismico, la cui intensità corrisponde nel sito considerato, ad un periodo di ritorno di 50 anni;
- lo stesso manufatto deve poi poter sopportare, sia pure con danni anche gravi, ma senza ipotesi di crollo, eventi sismici con intensità corrispondente ad un periodo di ritorno di 500 anni.

Vita nominale dell'opera, periodo di ritorno dell'azione sismica e pericolosità sismica

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella Tab. 2.4.I dell'allegato A delle NTC 2018 e deve essere precisata nei documenti di progetto.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Parametri per il calcolo della vita nominale da NTC 2018

In presenza di Azioni Sismiche, le costruzioni sono suddivise in quattro classi d'uso, la cui definizione viene di seguito sinteticamente riportata:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, industrie con attività non pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie 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, ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso provochi conseguenze rilevanti
Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente, reti viarie di tipo A o B (come definite nel D.M. 5 novembre 2001 n.6792) importanti per il mantenimento delle vie di comunicazione, dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso Cu:

$$VR = VN \times CU$$

L' Opera in progetto deve essere classificato in Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza, dighe il cui collasso provochi conseguenze rilevanti

Il valore del coefficiente d'uso Cu è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato in Tab. 2.4.II.

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

Parametri per il calcolo del coefficiente d'uso da NTC 2018

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di

resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{V_R} , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.

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

Probabilità di superamento P_{V_r} al variare dello stato limite considerato da NTC 2018

Ai fini della definizione dell'Azione Sismica di progetto occorre valutare gli effetti che le condizioni stratigrafiche locali hanno sulla Risposta Sismica Locale.

- ✚ **Sulla base degli esiti dell'indagine eseguite il suolo di fondazione dell'area di studio ricade nella categoria di tipo "C":** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o di terreni a grana fina mediamente consistenti con la profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi 180 m/s e 360 m/s.

Per la determinazione dell'azione sismica occorre considerare anche il contributo derivante dalla morfologia superficiale.

Per condizioni topografiche complesse occorre predisporre specifiche analisi di Risposta Sismica Locale; nel caso in cui la topografia non presenti particolare complessità, è possibile adottare la seguente classificazione:

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 $i > 30^\circ$

Probabilità di superamento P_{Vr} al variare dello stato limite considerato da NTC 2018

Da quanto sopra l'area in esame ricade nella categoria T1, a cui non è attribuibile nessun fenomeno di amplificazione sismica legato alle condizioni topografiche.

Parametri sismici

Sito in esame.

latitudine: 41,207409

longitudine: 13,84955

Classe: 3

Vita nominale: 75

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 31640 Lat: 41,1845 Lon: 13,8225 Distanza: 3410,339

Sito 2 ID: 31641 Lat: 41,1843 Lon: 13,8889 Distanza: 4176,490

Sito 3 ID: 31419 Lat: 41,2343 Lon: 13,8892 Distanza: 4464,506

Sito 4 ID: 31418 Lat: 41,2345 Lon: 13,8227 Distanza: 3756,828

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 112,5anni

Coefficiente c_u : 1,5

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 68 [anni]

ag: 0,050 g

Fo: 2,540

Tc*: 0,335 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 113 [anni]
ag: 0,058 g
Fo: 2,628
Tc*: 0,360 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):
Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 1068 [anni]
ag: 0,115 g
Fo: 2,757
Tc*: 0,527 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):
Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 2193 [anni]
ag: 0,139 g
Fo: 2,849
Tc*: 0,547 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,510
St: 1,000
Kh: 0,015
Kv: 0,007
Amax: 0,730
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,470
St: 1,000
Kh: 0,018
Kv: 0,009
Amax: 0,859
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,500
Cc: 1,300
St: 1,000
Kh: 0,041
Kv: 0,021
Amax: 1,695
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,460

Cc: 1,280

St: 1,000

Kh: 0,049

Kv: 0,024

Amax: 1,984

Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 41.206414

longitudine: 13.848664

7. MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO
-Paragrafo 6.2.1 delle N.T.C. 2018-

Dal punto di vista lito-stratigrafico, le notizie bibliografiche esaminate, in modo particolare del Pdf Comunale, indagini geognostiche eseguite in sito ed il rilevamento geologico effettuato, hanno consentito la schematizzazione stratigrafica del sito in esame suddividendola così come segue:



- Terreno di riporto con uno spessore variabile, contenente apprezzabili quantità di humus e materiale piroclastico rimaneggiato, di colore marrone;



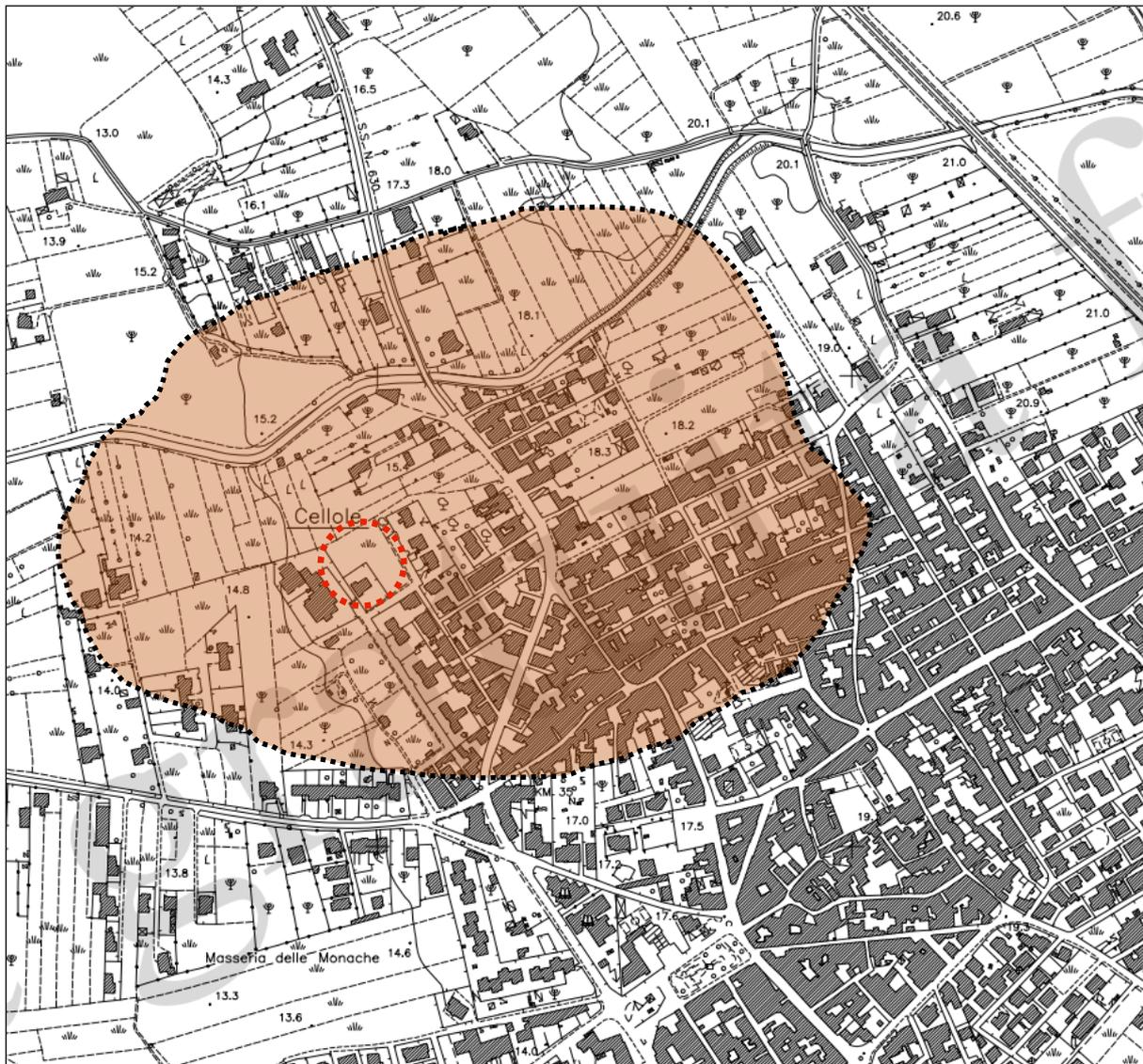
- Successioni di limi con sabbia e sabbiosi;



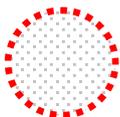
- Successioni di sabbie con limo e con livelli limoso-sabbiosi grigio scuro con elementi centimetrici pomicei e scoriacei.

Dalle risultanze dei sondaggi eseguiti, appare chiaro la presenza di un'omogeneità litologica dell'area in esame, sia nel senso verticale che areale, in conformità con quanto riportato nello studio geologico del Prg. Comunale .

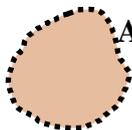
CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO SCALA 1:5000



LEGENDA :



AREA IN ESAME



AREA OMOGENEA DAL PUNTO DI VISTA GEOLITOLOGICA CARATTERIZZATA DA PRODOTTI LIMO-SABBIOSI E SABBIE CON LIMO.

8. CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO -Paragrafo 3.2.2 e § 6.2.1 delle N.T.C. 2018-

La raccolta e l'interpretazione dei dati acquisiti attraverso il rilievo geologico di superficie, indagini geognostiche effettuate in sito, nonché le informazioni bibliografiche riguardanti il Pdf comunale, consentono di avere un quadro abbastanza chiaro circa le caratteristiche geotecniche dei terreni investigati.

Per la caratterizzazione del volume significativo di terreno si fa riferimento alla schema proposto :

Influenza della tipologia di opera sul volume significativo:

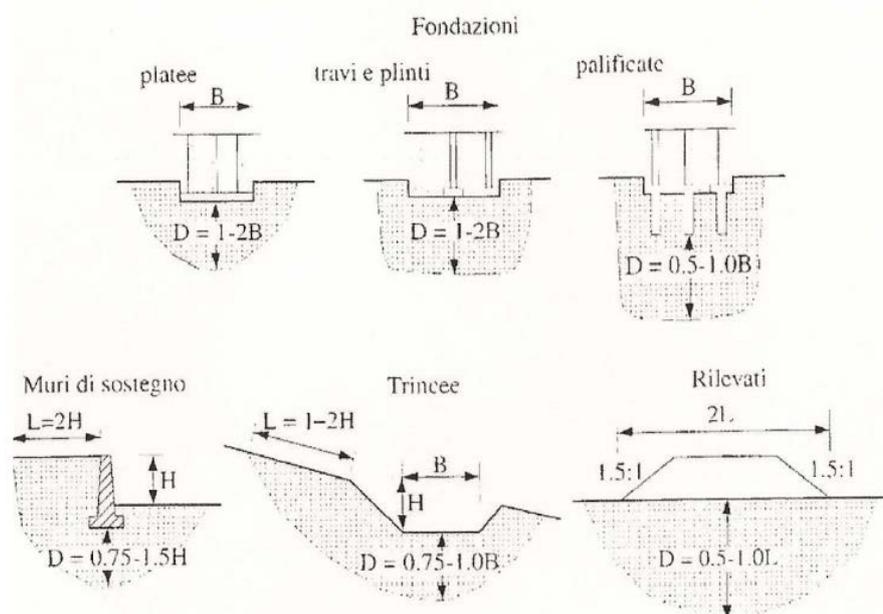
- * in fase di programma delle indagini;
- * in fase di elaborazione del modello geologico (e di quello idrogeologico);
- * in fase di elaborazione del modello geotecnico.

A sua volta,

Influenza del volume significativo:

- * sulla scelta dei metodi d'indagine geognostica maggiormente appropriati alla situazione geologico-tecnica ed al tipo di opera da realizzare;
- * sul grado di dettaglio e sulla significatività del modello geotecnico adottato per la progettazione.

PROFONDITA' DI INVESTIGAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO



D = volume significativo

I parametri geotecnici significativi sono stati ricavati per strati omogenei e sono stati ottenuti, tenendo conto delle caratteristiche litologiche, utilizzando le seguenti correlazioni:

Parametri geotecnici Terreni con comportamento Geotecnico Incoerente:	Autori:
ϕ (angolo di attrito) =	Japanese National Railway
Dr (Densità relativa) =	Skempton 1986
Eed (Modulo edometrico) =	Menzenbach e Malcev
Eel (Modulo elastico - Young) =	Schultze-Menzenbach
γ (Peso di volume) =	Meyerhof ed altri
γ_{sat} (Peso di volume saturo) =	Terzaghi-Peck 1948-1967
Coefficiente di compressibilità volumetrica =	Shultze e Menzenbach
Coeff. Poisson =	A.G.I.
Potenziale liquefazione =	Seed 1979
G (modulo deformazione al taglio) =	Ohsaki
Qc (resistenza punta penetrometro statico) =	Robertson 1983

Stratigrafia Geotecnica del volume significativo: (da DPSH1):



❑ STRATO 1:

da 0,00 mt ÷ a -0.60 mt: Terreno di riporto (con spessore arealmente variabile) marrone con caratteristiche geomeccaniche scadenti, inadatto a sopportare carichi, da superare dal complesso struttura-fondazione;



❑ STRATO 2:

da -0.60 mt ÷ a -3.00 mt : Successioni di limi con sabbie grigiastri, incoerenti, composizione granulometrica eterogenea, caratterizzati dalle seguenti proprietà geotecniche:

- $N_{spt} = 6.13$
- ϕ (angolo di attrito) = ÷ 28.84°
- c (coesione) = ÷ 0.030 Kg/cm^2
- Dr (Densità relativa) = ÷ 23.78%
- Eed (Modulo edometrico) = ÷ 43.52 Kg/cm^2
- Eel (Modulo elastico - Young) = ÷ 35.39 Kg/cm^2
- γ (Peso di volume) = ÷ 1.59 g/cm^3
- γ_{sat} (Peso di volume saturo) = ÷ 1.99 g/cm^3
- Coeff. Poisson = ÷ 0.34
- Potenziale liquefazione = > 0.04
- Coefficiente di compressibilità volumetrica (Shultze e Menzenbach) = ÷ 0.016
- G_o (Modulo deformazione al taglio) = ÷ 357.38 Kg/cm^2
- Qc (resistenza punta penetrometro statico) = ÷ 12.26 Kg/cm^2

**STRATO 3:**

da -3.00 mt ÷ a -10.00 mt : Successioni di Sabbie con limo grigiastre, incoerenti, composizione granulometrica eterogenea, caratterizzati dalle seguenti proprietà geotecniche:

- $N_{spt} = 7.69$
- ϕ (angolo di attrito) = ÷ 29.31°
- c (coesione) = ÷ 0.040 Kg/cm^2
- D_r (Densità relativa) = ÷ 27.66%
- E_{ed} (Modulo edometrico) = ÷ 54.60 Kg/cm^2
- E_{el} (Modulo elastico - Young) = ÷ 43.66 Kg/cm^2
- γ (Peso di volume) = ÷ 1.65 g/cm^3
- γ_{sat} (Peso di volume saturo) = ÷ 1.90 g/cm^3
- Coeff. Poisson = ÷ 0.34
- Potenziale liquefazione = > 0.04
- Coefficiente di compressibilità volumetrica (Shultze e Menzenbach) = ÷ 0.015
- G_o (Modulo deformazione al taglio) = ÷ 442.27 Kg/cm^2
- Q_c (resistenza punta penetrometro statico) = ÷ 15.38 Kg/cm^2

9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

9.1 Stima del Modulo di Winkler

Per il calcolo dei cedimenti di una fondazione, si fa l'ipotesi che il carico sia uniformemente distribuito sul piano di posa ovvero che la fondazione sia infinitamente rigida.

Per il calcolo strutturale della fondazione, sotto l'azione del sistema equilibrato costituito dai carichi trasmessi dalla sovrastruttura e delle reazioni del terreno, occorre conoscere la distribuzione delle reazioni del terreno che dipendono dalla interazione fra il terreno, la struttura di fondazione e la sovrastruttura.

Il metodo più noto è quello di Winkler che assimila il terreno ad un letto di molle indipendenti l'una dall'altra e il cedimento di un punto del piano limite che dipende solo dal carico q direttamente agente sullo stesso punto, secondo l'espressione

$$K \cdot w = q$$

In cui K si definisce *coefficiente di reazione del terreno o coefficiente di sottofondo*.

Tale coefficiente non è caratteristica del terreno, ma dipende, oltre che dalle caratteristiche del terreno e dalla costituzione del sottosuolo, anche dalla forma e dalle dimensioni in pianta delle fondazioni e dal carico applicato.

Non essendo possibile l'esecuzione di prove di carico su piastra, si forniscono a titolo "indicativo" al Tecnico Progettista i seguenti valori di seguito riportati in tabella:

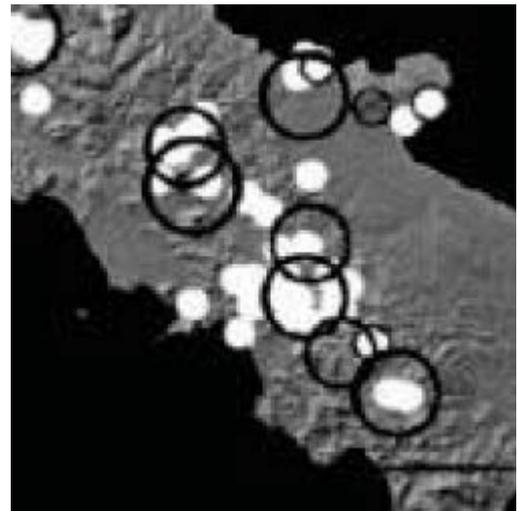
MODULO DI REAZIONE "VERTICALE" DEL TERRENO [WINKLER]		MODULO DI REAZIONE "ORIZZONTALE" DEL TERRENO [per paratie]	
<i>Tabella dei Moduli di Winkler secondo POZZATI</i>		<i>Rif.: FONDAZIONI Joseph E. BOWLES</i>	
Natura del terreno	K [Kg/cm ³]	Natura del terreno	Ks [Kg/cm ³]
torba leggera	0.6 ~ 1.2	Terreno Sabbioso :	
torba pesante	1.2 ~ 1.8	Sciolto	0.49 ~ 1.63
terra vegetale	1.0 ~ 1.5	Mediamente compatto	0.98 ~ 8.16
depositi recenti	1.0 ~ 2.0	Compatto	6.53 ~ 13.50
sabbia di mare, fina	1.5 ~ 2.0	Terreno Argilloso:	
sabbia poco coerente	2.0 ~ 4.0	qu < 2 daN/cm ²	1.22 ~ 2.45
terra molto umida	2.0 ~ 3.5	qu < 4 daN/cm ²	2.45 ~ 4.89
terra poco umida	3.0 ~ 6.0	qu > 4 daN/cm ²	4.98 ~ 48.95
terra secca	5.0 ~ 10.0	Sabbia argillosa mediamente compatta	3.26 ~ 8.16
argilla con sabbia	8.0 ~ 10.0	Sabbia limosa mediamente compatta	2.45 ~ 4.89
argilla grassa	10.0 ~ 12.0		
sabbia compatta	8.0 ~ 15.0		
ghiaia con sabbia	10.0 ~ 25.0		
ghiaia compatta	20.0 ~ 30.0		

9.2 ANALISI RISCHIO LIQUEFAZIONE TERRENI

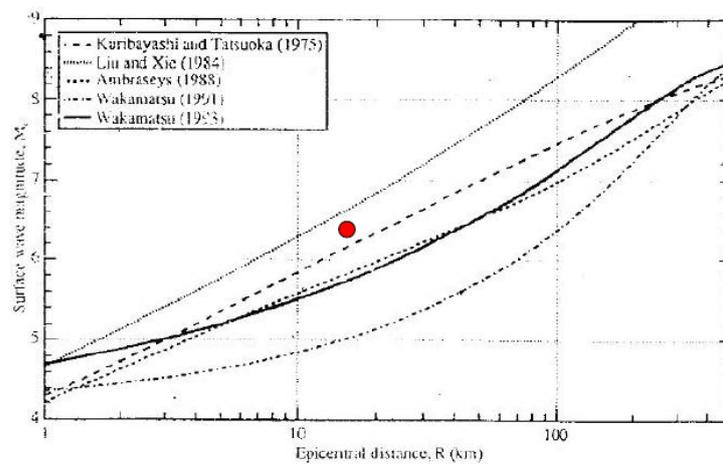
La liquefazione può essere una delle principali cause di danno delle opere geotecniche, e quindi anche delle opere di fondazioni di edifici ed infrastrutture. Il potenziale di liquefazione dipende da due fattori principali: caratteri del moto sismico (ampiezza, frequenza e durata) e natura dei terreni.

Attesa la scarsità di evidenze ben documentate di fenomeni di liquefazione in Italia ed, in particolare, in Campania le metodologie operative per la determinazione del potenziale di liquefazione del terreni, derivano da esperienze maturate in ambiti geologici diversi dal quello italiano. A titolo informativo si

riporta in figura (Galli, 2000) la localizzazione dei siti ove, secondo l'Autore risultano essersi manifestati in Italia fenomeni di liquefazione (area centro-sud). Alcuni metodi mettono in relazione la distanza epicentrale con la magnitudo (o momento sismico dell'evento) o con metodi basati su base geomorfologica. Nel primo caso, l'estensione massima della zona potenzialmente suscettibile di liquefazione può essere valutata impiegando relazioni empiriche tra magnitudo e distanza epicentrale (o, in alternativa, tra intensità macrosismica e distanza epicentrale) e fenomeni osservati di liquefazione.



Per i diversi studi sono state predisposte relazione che si possono riassumere nel grafico successivo in cui è evidenziata la possibilità di occorrenza di fenomeni di liquefazione correlando tali dati (nel caso specifico Magnitudo attesa 6,2 e Distanza 15 Kilometri).



Relazioni empiriche tra magnitudo e massima distanza epicentrale entro la quale si sono storicamente osservati fenomeni di liquefazione proposte da vari autori

UNITÀ GEOMORFOLOGICA	SUSCETTIBILITÀ
Letto di fiume, palude, colmata	Alta
Conoide, argine naturale, duna di sabbia, spiaggia	Media
Terrazzo, collina, montagna	Bassa

Tali relazioni possono essere indicative per una prima valutazione del potenziale di liquefazione dei terreni non essendo esaustivi della problematica geologica locale. Infatti, affinché realmente si verifichi un fenomeno di liquefazione è necessario che concorrano altre condizioni sfavorevoli quali:

stato tensionale geostatico ridotto (presenza di sabbie monogranulari); profondità ridotta del pelo libero della falda, condizioni idrauliche al contorno tali da impedire il drenaggio durante il terremoto, elevata entità e durata delle azioni sismiche.

Ai sensi dell'OPCM n° 3274/2003 Allegato 4, la verifica della suscettibilità a liquefazione può essere omessa se il terreno sabbioso saturo si trova a profondità superiore a quindici metri dal piano campagna.

Si può inoltre trascurare il pericolo di liquefazione quando $Sag < 0,15g$ e, al contempo, la sabbia in esame soddisfi almeno una delle condizioni seguenti:

- contenuto in argilla superiore al 20% con indice di plasticità > 10 ;
- contenuto di limo superiore al 35 % e resistenza $N1 (60) > 20$;
- frazione fine trascurabile e resistenza $N1 (60) > 25$, dove $N1 (60)$ è il valore della resistenza penetrometrica NSPT misurato nella prova Standard Penetration Test, normalizzato ad uno sforzo efficace di confinamento di 100 kPa e ad un fattore di rendimento energetico 0,6 nell'esecuzione della prova.

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dell'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in sito e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati. Ai sensi del Decreto Ministero infrastrutture 17 Gennaio 2018, capitolo 7.11.3.4 (Stabilità nei confronti della liquefazione), il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione; mentre al successivo (7.11.3.4.2

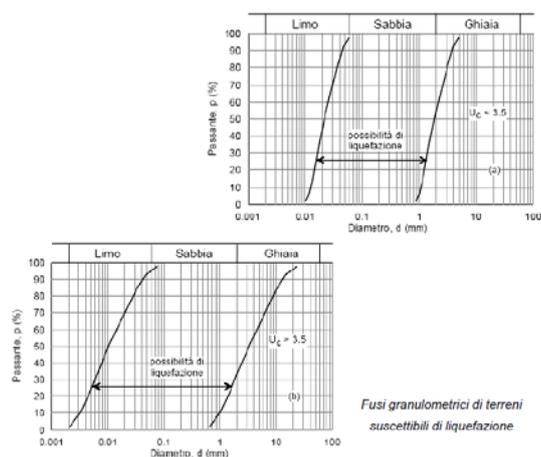
Esclusione della verifica a liquefazione:

la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1. eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;**
- 2. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di $0,1g$;**
- 3. profondità media stagionale della falda superiore a quindici metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;**
- 4. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$ dove $(N1) 60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace**

verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

5. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Per il caso di studio ci troviamo nelle condizioni di esclusione della specifica verifica di liquefazione essendo in presenza di litotipi con “distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.” RICAVATO DA ANALISI GRANULOMETRICHE EFFETTUATE SU TERRENI ADIACENTI A MEZZO DI VERTIFICHE GEOTECNICHE IN LABORATORI SU ROCCE E TERRENI PER ALTRI PROGETTI IN AREE ADIACENTI A QUELLA IN ESAME E GEOLOGICAMENTE SIMILI.

Tanto vale anche per la possibilità di innesco di fenomeni di addensamento in quanto i terreni in affioramento si presentano con un grado di addensamento da medio ad elevato.

Non sono segnalate in nessuna delle zone di studio, ne in quelle vicine e geologicamente simili, presenza di cavità nel sottosuolo, ne durante la esecuzione delle indagini dirette ed indirette si è individuata tale presenza, vista anche la composizione geologico-stratigrafica dei terreni in affioramento e nel sottosuolo.

9.3 SCAVI E/O SBANCAMENTI

Da quanto sopra analizzato e scaturito, in caso di scavi e/o sbancamenti risulta necessario prevedere apposite opere provvisorie o idonea sagomatura dello scavo al fine di proteggere persone e cose da eventuali crolli del fronte di scavo, così come, tra l'altro, previsto dall'art. n°12 del DPR 164/56.

Per le aree interrelate dal progetto può essere sufficiente, tranne locali anomalie geolitologiche, prevedere dunque ad alcuni accorgimenti tecnici quali :

- Non sovraccaricare il ciglio di scavo nè le sue vicinanze con depositi anche temporanei di macchinari, materiali di risulta o/e di lavoro;
- Non effettuare sbancamenti non protetti in aree limitrofe a strutture esistenti influenzate o influenzabili dagli stessi;
- Segnalare la presenza dello scavo come da norme antinfortunistiche;
- Verificare, prima di effettuare gli scavi, l'esistenza di sottoservizi e ciò sia a mezzo indagini sperimentali sia attraverso la consultazione degli enti o delle aziende preposte (Enel, Telecom, Gas, Acquedotti, etc.)
- Non consentire il transito di veicoli a distanze inferiori a 2.00 metri dallo stesso;
- Valutare attentamente e puntualmente l'omogeneità dei terreni scavati onde cogliere la presenza di anomalie geolitologiche;
- Effettuare sbancamenti per tratti e comunque solo immediatamente prima della posa in opera delle strutture di contenimento;
- Se lo scavo da eseguire sarà di altezza pari o inferiore ad 2.00 mt si potrà adottare un paramento verticale, mentre per altezze superiori si dovranno adottare angoli di scarpa massimi di 45° o idonei sistemi di preconsolidamento o sostegno dello scavo.
- Gli scavi a sezione ristretta di profondità superiore ad 1.50 mt, potranno essere resi accessibili alle maestranze solo previo sostegno con idonei sistemi di sicurezza (sbadacchiature).

Dall'insieme delle argomentazioni fin qui svolte si può concludere quanto segue:

La scelta della profondità del piano di posa dovrà essere adeguata alle strutture da realizzare ed in ogni caso a profondità tali da escludere fenomeni di erosione superficiale ed ad una profondità che assicuri il più possibile la omogeneità del terreno che costituirà il substrato di fondazione. Si fa assoluto divieto di costruire su eventuali materiali di riporto. Si consiglia una profondità minima di 0.60 /0.80 m. Durante le fasi di scavo delle fondazioni si dovrà porre particolare cura ad evitare il deterioramento del substrato pena lo scadimento delle caratteristiche tecniche dei terreni.

Dalla descrizione delle caratteristiche geologiche dei terreni affioranti si desume l'estrema importanza che riveste il ruolo delle acque ai fini della stabilità dell'area; Si suggerisce pertanto una sistemazione delle acque superficiali in maniera tale che le stesse siano incanalate in fossati e cunette e che non interferiscano con le opere di fondazione.

10. ANALISI DELLE PERICOLOSITA' GEOLOGICHE DI SITO

PERICOLOSITÀ E VULNERABILITÀ GEOLOGICA DEL TERRITORIO

La pericolosità può essere definita come la *probabilità di occorrenza di un fenomeno potenzialmente pericoloso in un determinato intervallo di tempo e in una certa area* (ad es. il tempo di ritorno).

Il probabile fenomeno o evento dannoso può avere origine naturale, in questo caso di tipo essenzialmente geologico, antropica, legata alle azioni e alle attività dell'uomo, o naturale e antropica contemporaneamente. La determinazione dei fattori e delle aree predisponenti al verificarsi dell'evento, degli episodi accaduti, dei loro effetti e della loro ricorrenza, è fondamentale alla valutazione della pericolosità in termini probabilistici per ogni fenomeno dannoso. Questi dati vengono elaborati attraverso la realizzazione di carte tematiche specifiche; la probabilità che si verifichi un determinato evento pericoloso, viene rappresentata attraverso una zonazione del territorio, in classi generali di pericolosità (bassa, media, elevata ecc.) attraverso procedure statistiche o con valutazioni soggettive.

L'evento o il fenomeno espresso dalla pericolosità è definito dannoso, in termini di perdita di elementi di valore, quando coinvolge in modo distruttivo l'uomo, le risorse ambientali e i beni del sistema naturale e antropico. La *vulnerabilità*, invece, è intesa come la propensione di un certo elemento o gruppo di elementi a subire un danno al verificarsi di un evento naturale o antropico. Tale tendenza è espressa attraverso una scala che va da zero a uno, cioè dal danno zero al danno totale. Anche la vulnerabilità, come la pericolosità, può essere riconducibile sia a un elemento naturale (geologico o di risorsa naturale) sia antropico. Per valutare la vulnerabilità è necessario, quindi:

- individuare il tipo e il numero degli elementi a rischio;
- stimare la loro propensione al danneggiamento in relazione a determinati eventi.

Se si considera la complessità del territorio comunale, visti i numerosi elementi e processi di interazione tra il sistema naturale e il sistema antropico/metropolitano, la realizzazione di una carta della pericolosità e vulnerabilità in termini probabilistici, avrebbe richiesto tempi di una certa onerosità elaborando le diverse tipologie di pericolosità presenti. In questa fase, quindi, si è scelto di operare svincolando il concetto probabilistico della pericolosità. Le diverse pericolosità e vulnerabilità vengono rappresentate attraverso aree e luoghi interessati dagli eventi dando una visione territoriale complessiva. In questo modo, il dato rappresentato indica una situazione di attenzione (con probabilità incerta) per cui la valutazione della pericolosità e della vulnerabilità (e del relativo rischio connesso alla pianificazione urbanistica) dei luoghi interessati, viene rimandata a specifici rilevamenti e studi di dettaglio.

L'analisi organica dei dati territoriali ha consentito di definire la presenza nel territorio comunale di 6

tipologie di pericolosità di origine naturale e antropica, distinte in:

- ↳ **Pericolosità da frana:** Assente
- ↳ **Pericolosità sismica:** media, zona classificata 2^a categoria sismicità
- ↳ **Pericolosità idraulica connessa ai processi delle acque correnti superficiali del reticolo idrografico e delle acque meteoriche dilavanti:** Assente
- ↳ **Pericolosità da degrado qualitativo e quantitativo delle risorse idriche sotterranee:**
Assente
- ↳ **Pericolosità dei processi marini di tipo erosivo della linea di riva e di salinizzazione delle acque dolci superficiali e sotterranee:** Assente
- ↳ **Pericolosità potenziale legata a condizioni geolitologiche e idrogeomorfologiche:**
Assente
- ↳ **Pericolosità per emanazione di gas nocivi dal sottosuolo:** Assente
- ↳ **Pericolosità per subsidenze riconducibili a fenomeni naturali o antropici:** Assente
- ↳ **Pericolosità dovute a pressioni di tipo interstiziale riconducibili a falde libere o confinate, forze di filtrazione, abbassamento o innalzamento del livello di falda:** Assente
- ↳ **Pericolosità per cedimenti legati a zone di ristagno, torbose e paludose, nonché alla presenza di terreni ad alta compressibilità, espansivi, ecc.:** Assente
- ↳ **Pericolosità per azioni erosive di acque superficiali o sotterranee:** Assente
- ↳ **Pericolosità per condizioni idrogeologiche che comportino rischi di sifonamento, galleggiamento o inondazione repentina dell'opera:** Assente

11. CONCLUSIONI

Di seguito si riassume brevemente quanto studiato, analizzato e redatto per il sito in esame:

- ☛ L'area interessata dal progetto, nonché la zona limitrofa, è caratterizzata da litotipi incoerenti verso il basso stratigrafico assimilabili a prodotti limo-sabbiosi e sabbie con limo;
- ☛ nell'area in esame si rileva la presenza di falda idrica a profondità >3.00 mt dal p.c. all'interno di litotipi da poco a mediamente permeabili verso il basso stratigrafico; Inoltre sono possibili, specie nei mesi invernali, lievi accumuli idrici superficiali, causa la variabile permeabilità verticale dei litotipi presenti;
- ☛ L'area in esame, nonché quelle limitrofe, sono caratterizzate da pendenze da basse a nulle, ove non si riscontrano, né si sono riscontrati in passato, fenomeni gravitativi sia superficiali che profondi. Non si riscontrano inoltre cavità sotterranee naturali e/o antropiche;
- ☛ Non sussiste l'analisi di rischio liquefazione per i litotipi in esame;
- ☛ Il sito in esame rientra nel Comune di Celole (CE) classificato come II^a cat. di rischio sismico e rientrante nella categoria di profilo stratigrafico del suolo di fondazione: "C" (*"Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate, o argille di media consistenza, con spessori di diverse decine di metri fino a centinaia di metri, caratterizzate da valori di V_{seq} compresi tra 180 m/s e 360 m/s*), *Categoria topografica: T1*

Sulla base degli elementi acquisiti tramite il rilevamento geologico di superficie, l'analisi lito-stratigrafico dei terreni in esame, indagini geognostiche eseguite e la consultazione dell'esistente bibliografia, è possibile asserire che, il parere di fattibilità Geologico-Geomorfologico-Idrogeologico-Geotecnico, nel rispetto dei vincoli precedentemente esposti e delle indicazioni fornite, può considerarsi favorevole per il progetto in esame.

Il sito oggetto di studio ricade in un ambiente geologico e geotecnico abbastanza chiaro e conosciuto, le indagini eseguite mostrano una perfetta corrispondenza dei dati di campagna con quelli più generali dell'area circostante ovvero del Pdf Comunale.

Tanto per l'Incarico ricevuto

Vairano Patenora Scalo (CE), li 08/05/2023

IL GEOLOGO SPECIALISTA

Albo sezione A n°2306

Dott. Domenico D'Forio



Via Napoli n°109,
Vairano Scalo (CE)



338/44.05.855



geodynamic@yahoo.it
domenico.diorio@pec.epap.it

Geo Dynamic

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Domenico D'Iorio



Geologia Tecnica, Geologia Ambientale, Geotecnica, Idrogeologia, Geofisica, Indagini Geognostiche, Consolidamenti, Pozzi Idrici

Comune di

CELLOLE

Provincia di Caserta

Relazione Geologico-Tecnica

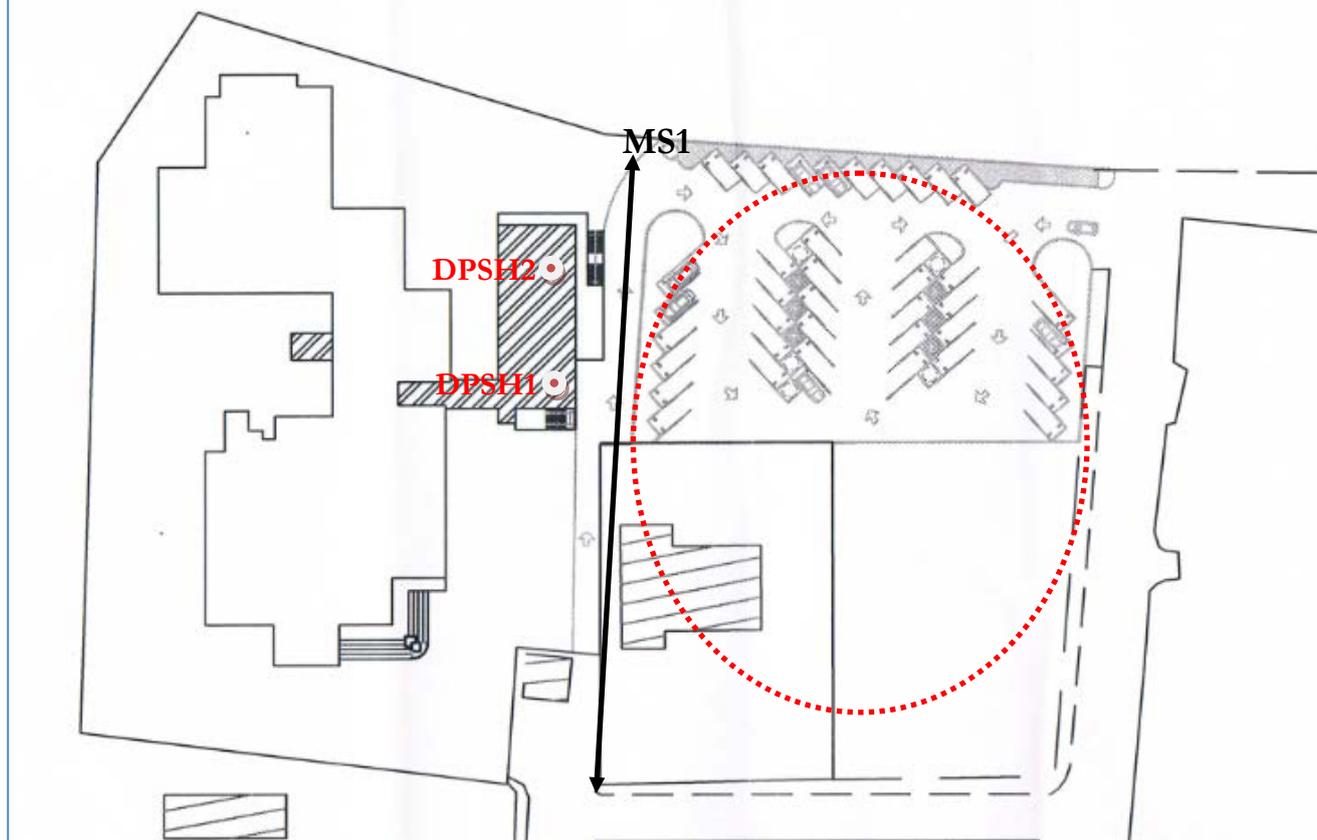
ALLEGATO 1

Elaborati indagini
geognostiche
(Anno 2013)

UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Comune di CELLOLE (CE)

PLANIMETRIA GENERALE DI PROGETTO



LEGENDA:



DPSHn: Prove penetrometriche dinamiche superpesanti



Msn: Indagine sismica MASW



Area in esame

Disegno non in scala



Via Napoli n°109,
Vairano Scalo (CE)



338/44.05.855



geodinamic@yahoo.it
domenico.diorio@pec.epap.it

Geo Dynamic

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Domenico D'Iorio



Geologia Tecnica, Geologia Ambientale, Geotecnica, Idrogeologia, Geofisica, Indagini Geognostiche, Consolidamenti, Pozzi Idrici

ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: Comune di Cellole (CE)

Località: Via Moravia, Cellole (CE)



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

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63,5 Kg
Altezza di caduta libera	0,75 m
Peso sistema di battuta	8 Kg
Diametro punta conica	50,46 mm
Area di base punta	20 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6,3 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1,504
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °



Via Napoli n°109,
Vairano Scalo (CE)



338/44.05.855



geodinamic@yahoo.it
domenico.diorio@pec.epap.it

Geo Dynamic

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Domenico D'Iorio



Geologia Tecnica, Geologia Ambientale, Geotecnica, Idrogeologia, Geofisica, Indagini Geognostiche, Consolidamenti, Pozzi Idrici

PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

(DYNAMIC PROBING)

DPSH – DPM (... scpt ecc.)

Note illustrative - Diverse tipologie di penetrometri dinamici

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)

massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento δ =20-30 cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ$ - 90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con Nspt

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi Nspt ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con Nspt. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{SPT} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:



Via Napoli n°109,
Vairano Scalo (CE)



338/44.05.855



geodynamic@yahoo.it
domenico.diorio@pec.epap.it

Geo Dynamic

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Domenico D'Iorio



Geologia Tecnica, Geologia Ambientale, Geotecnica, Idrogeologia, Geofisica, Indagini Geognostiche, Consolidamenti, Pozzi Idrici

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M = peso massa battente;
- M' = peso aste;
- H = altezza di caduta;
- A = area base punta conica;
- δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

- Rpd = resistenza dinamica punta (area A);
- e = infissione media per colpo (δ/N);
- M = peso massa battente (altezza caduta H);
- P = peso totale aste e sistema battuta.

Metodologia di Elaborazione.

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.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'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.



Via Napoli n°109,
Vairano Scalo (CE)



338/44.05.855



geodinamic@yahoo.it
domenico.diorio@pec.epap.it

Geo Dynamic

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Domenico D'Iorio



Geologia Tecnica, Geologia Ambientale, Geotecnica, Idrogeologia, Geofisica, Indagini Geognostiche, Consolidamenti, Pozzi Idrici

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Profondità prova 10,00 mt
Falda rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,31	9,72	0,42	0,49
0,40	1	0,851	8,27	9,72	0,41	0,49
0,60	1	0,847	8,23	9,72	0,41	0,49
0,80	4	0,843	32,78	38,87	1,64	1,94
1,00	6	0,840	45,30	53,94	2,26	2,70
1,20	5	0,836	37,59	44,95	1,88	2,25
1,40	3	0,833	22,46	26,97	1,12	1,35
1,60	3	0,830	22,37	26,97	1,12	1,35
1,80	6	0,826	44,57	53,94	2,23	2,70
2,00	4	0,823	27,54	33,45	1,38	1,67
2,20	4	0,820	27,44	33,45	1,37	1,67
2,40	4	0,817	27,34	33,45	1,37	1,67
2,60	4	0,814	27,24	33,45	1,36	1,67
2,80	3	0,811	20,36	25,09	1,02	1,25
3,00	4	0,809	25,29	31,27	1,26	1,56
3,20	4	0,806	25,21	31,27	1,26	1,56
3,40	5	0,803	31,41	39,09	1,57	1,95
3,60	4	0,801	25,05	31,27	1,25	1,56
3,80	4	0,798	24,97	31,27	1,25	1,56
4,00	5	0,796	29,22	36,70	1,46	1,84
4,20	5	0,794	29,13	36,70	1,46	1,84
4,40	4	0,791	23,24	29,36	1,16	1,47
4,60	4	0,789	23,17	29,36	1,16	1,47
4,80	5	0,787	28,89	36,70	1,44	1,84
5,00	4	0,785	21,72	27,67	1,09	1,38
5,20	4	0,783	21,66	27,67	1,08	1,38
5,40	4	0,781	21,61	27,67	1,08	1,38
5,60	5	0,779	26,95	34,59	1,35	1,73
5,80	5	0,777	26,88	34,59	1,34	1,73
6,00	5	0,775	25,36	32,70	1,27	1,64
6,20	6	0,774	30,36	39,24	1,52	1,96
6,40	6	0,772	30,29	39,24	1,51	1,96
6,60	6	0,770	30,23	39,24	1,51	1,96
6,80	4	0,769	20,11	26,16	1,01	1,31
7,00	6	0,767	28,55	37,21	1,43	1,86
7,20	6	0,766	28,49	37,21	1,42	1,86
7,40	6	0,764	28,44	37,21	1,42	1,86
7,60	5	0,763	23,65	31,01	1,18	1,55
7,80	6	0,761	28,33	37,21	1,42	1,86
8,00	5	0,760	22,41	29,49	1,12	1,47
8,20	5	0,759	22,37	29,49	1,12	1,47
8,40	4	0,757	17,86	23,59	0,89	1,18
8,60	4	0,756	17,83	23,59	0,89	1,18
8,80	5	0,755	22,25	29,49	1,11	1,47
9,00	5	0,753	21,18	28,11	1,06	1,41
9,20	7	0,752	29,60	39,35	1,48	1,97
9,40	7	0,751	29,55	39,35	1,48	1,97
9,60	8	0,750	33,72	44,97	1,69	2,25
9,80	8	0,749	33,67	44,97	1,68	2,25



Via Napoli n°109,
Vairano Scalo (CE)



338/44.05.855



geodynamic@yahoo.it
domenico.diorio@pec.epap.it

Geo Dynamic

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Domenico D'Iorio



Geologia Tecnica, Geologia Ambientale, Geotecnica, Idrogeologia, Geofisica, Indagini Geognostiche, Consolidamenti, Pozzi Idrici

10,00	7	0,748	28,10	37,59	1,41	1,88
-------	---	-------	-------	-------	------	------



Via Napoli n°109,
Vairano Scalo (CE)



338/44.05.855



geodinamic@yahoo.it
domenico.diorio@pec.epap.it

Geo Dynamic

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Domenico D'Iorio



Geologia Tecnica, Geologia Ambientale, Geotecnica, Idrogeologia, Geofisica, Indagini Geognostiche, Consolidamenti, Pozzi Idrici

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato... DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)
Profondità prova 10,00 mt
Falda rilevata

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	2	0,855	16,61	19,44	0,83	0,97
0,40	2	0,851	16,54	19,44	0,83	0,97
0,60	1	0,847	8,23	9,72	0,41	0,49
0,80	4	0,843	32,78	38,87	1,64	1,94
1,00	4	0,840	30,20	35,96	1,51	1,80
1,20	5	0,836	37,59	44,95	1,88	2,25
1,40	3	0,833	22,46	26,97	1,12	1,35
1,60	3	0,830	22,37	26,97	1,12	1,35
1,80	5	0,826	37,14	44,95	1,86	2,25
2,00	4	0,823	27,54	33,45	1,38	1,67
2,20	4	0,820	27,44	33,45	1,37	1,67
2,40	4	0,817	27,34	33,45	1,37	1,67
2,60	5	0,814	34,05	41,82	1,70	2,09
2,80	4	0,811	27,14	33,45	1,36	1,67
3,00	5	0,809	31,61	39,09	1,58	1,95
3,20	5	0,806	31,51	39,09	1,58	1,95
3,40	4	0,803	25,13	31,27	1,26	1,56
3,60	4	0,801	25,05	31,27	1,25	1,56
3,80	4	0,798	24,97	31,27	1,25	1,56
4,00	5	0,796	29,22	36,70	1,46	1,84
4,20	5	0,794	29,13	36,70	1,46	1,84
4,40	5	0,791	29,05	36,70	1,45	1,84
4,60	5	0,789	28,97	36,70	1,45	1,84
4,80	3	0,787	17,33	22,02	0,87	1,10
5,00	4	0,785	21,72	27,67	1,09	1,38
5,20	4	0,783	21,66	27,67	1,08	1,38
5,40	4	0,781	21,61	27,67	1,08	1,38
5,60	5	0,779	26,95	34,59	1,35	1,73
5,80	5	0,777	26,88	34,59	1,34	1,73
6,00	6	0,775	30,43	39,24	1,52	1,96
6,20	6	0,774	30,36	39,24	1,52	1,96
6,40	7	0,772	35,34	45,78	1,77	2,29
6,60	8	0,770	40,31	52,32	2,02	2,62
6,80	7	0,769	35,19	45,78	1,76	2,29
7,00	6	0,767	28,55	37,21	1,43	1,86
7,20	6	0,766	28,49	37,21	1,42	1,86
7,40	6	0,764	28,44	37,21	1,42	1,86
7,60	8	0,763	37,84	49,62	1,89	2,48
7,80	8	0,761	37,77	49,62	1,89	2,48
8,00	7	0,760	31,37	41,28	1,57	2,06
8,20	7	0,759	31,31	41,28	1,57	2,06
8,40	7	0,757	31,26	41,28	1,56	2,06



Via Napoli n°109,
Vairano Scalo (CE)



338/44.05.855



geodynamic@yahoo.it
domenico.diorio@pec.epap.it

Geo Dynamic

STUDIO DI GEOLOGIA APPLICATA

Dott. Geol. Domenico D'Iorio

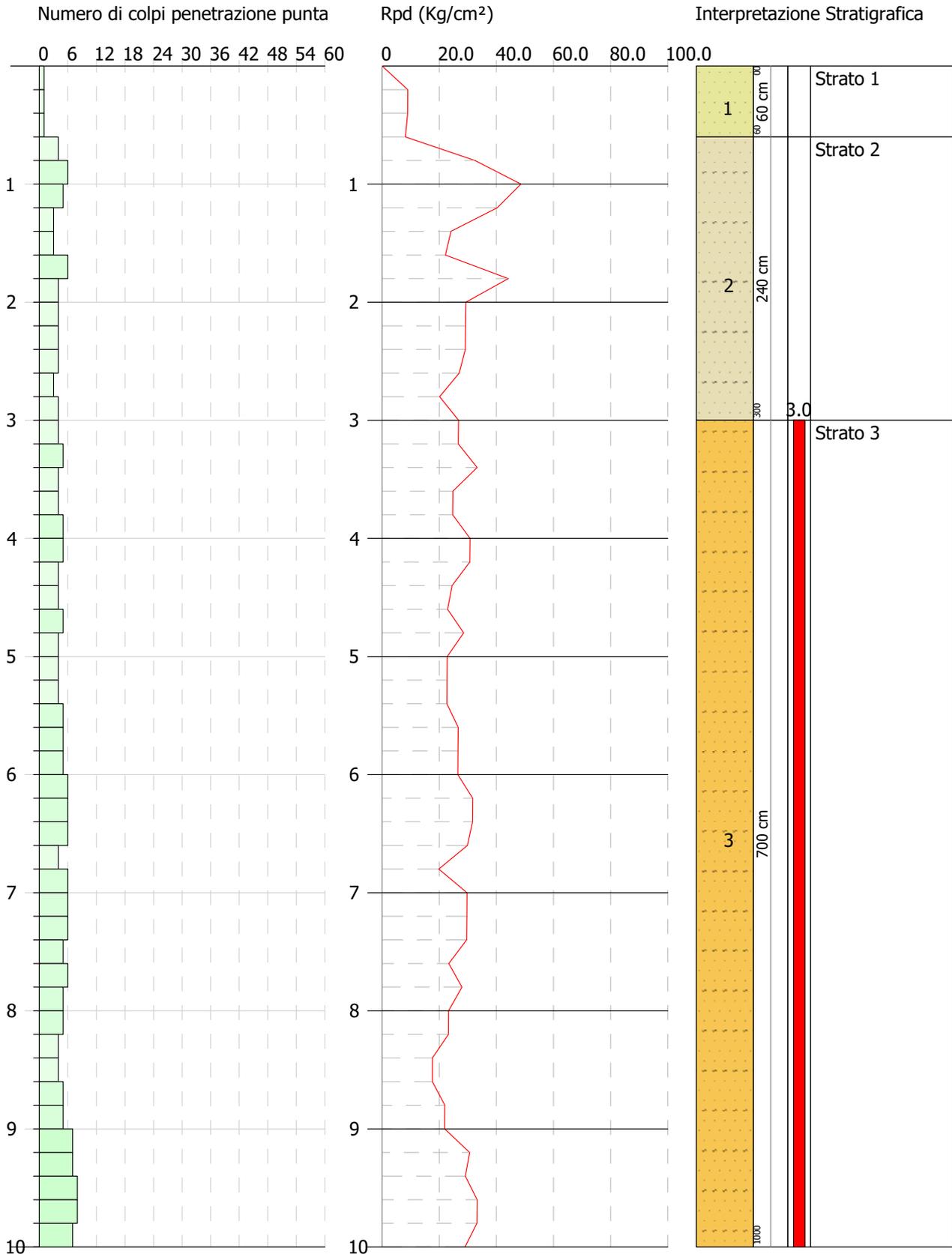


Geologia Tecnica, Geologia Ambientale, Geotecnica, Idrogeologia, Geofisica, Indagini Geognostiche, Consolidamenti, Pozzi Idrici

8,60	8	0,756	35,67	47,18	1,78	2,36
8,80	8	0,755	35,61	47,18	1,78	2,36
9,00	7	0,753	29,65	39,35	1,48	1,97
9,20	7	0,752	29,60	39,35	1,48	1,97
9,40	7	0,751	29,55	39,35	1,48	1,97
9,60	8	0,750	33,72	44,97	1,69	2,25
9,80	8	0,749	33,67	44,97	1,68	2,25
10,00	7	0,748	28,10	37,59	1,41	1,88

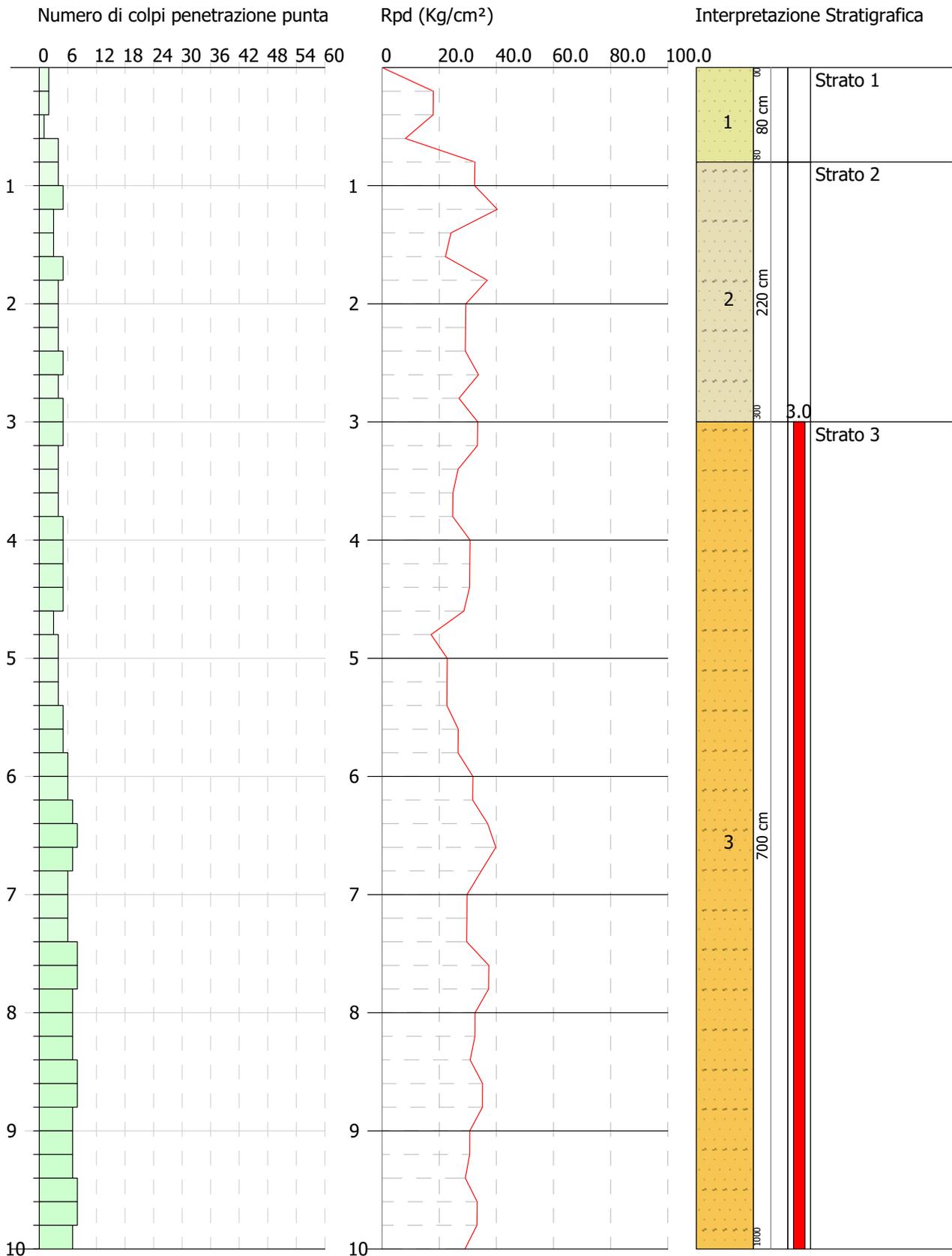
Committente: Comune di Cellole (CE)
Descrizione:
Localita': Cellole (CE)

Scala 1:48



Committente: Comune di Cellole (CE)
Descrizione:
Localita': Cellole (CE)

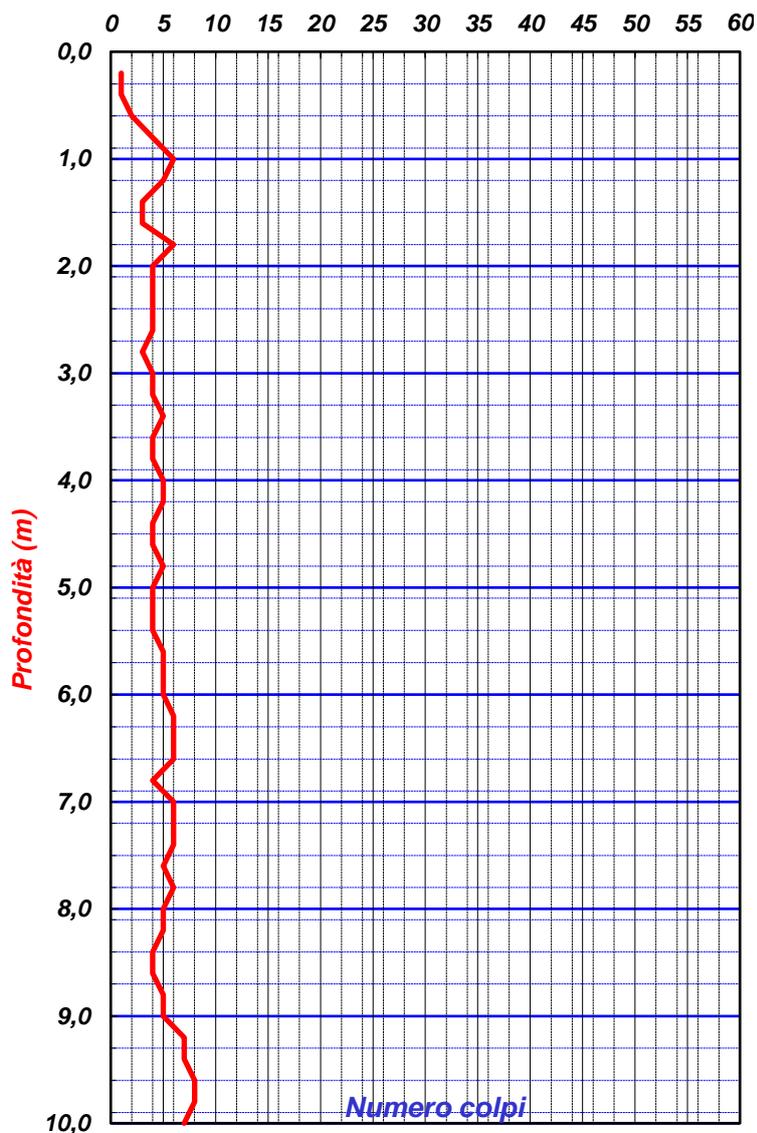
Scala 1:48



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

COMMITTENTE:	Comune di Cellole (CE)			N° di Accettazione	0008/13
OGGETTO:	Opera polifunzionale			N° certificato	0222
LOCALITA':	Cellole (CE) , Via Moravia			Sigla Prova	DPSH 1
MODELLO SONDA: TG63-200 KN	PESO ASTE: 5,1 Kg	APERTURA DELLA PUNTA: 90°		Data emissione	08/01/2013
COORDINATE GEOGRAFICHE	Lat: 41°12'21.90"N		Long: 13°50'54.45"E		
DATA ESECUZIONE PROVA:	07/01/2013	Richiedente: Igeo Sas		Pagina	1/1

Prof.	num. Colpi						
0,00		8,20	5	16,40			
0,20	1	8,40	4	16,60			
0,40	1	8,60	4	16,80			
0,60	2	8,80	5	17,00			
0,80	4	9,00	5	17,20			
1,00	6	9,20	7	17,40			
1,20	5	9,40	7	17,60			
1,40	3	9,60	8	17,80			
1,60	3	9,80	8	18,00			
1,80	6	10,00	7	18,20			
2,00	4	10,20					
2,20	4	10,40					
2,40	4	10,60					
2,60	4	10,80					
2,80	3	11,00					
3,00	4	11,20					
3,20	4	11,40					
3,40	5	11,60					
3,60	4	11,80					
3,80	4	12,00					
4,00	5	12,20					
4,20	5	12,40					
4,40	4	12,60					
4,60	4	12,80					
4,80	5	13,00					
5,00	4	13,20					
5,20	4	13,40					
5,40	4	13,60					
5,60	5	13,80					
5,80	5	14,00					
6,00	5	14,20					
6,20	6	14,40					
6,40	6	14,60					
6,60	6	14,80					
6,80	4	15,00					
7,00	6	15,20					
7,20	6	15,40					
7,40	6	15,60					
7,60	5	15,80					
7,80	6	16,00					
8,00	5	16,20					



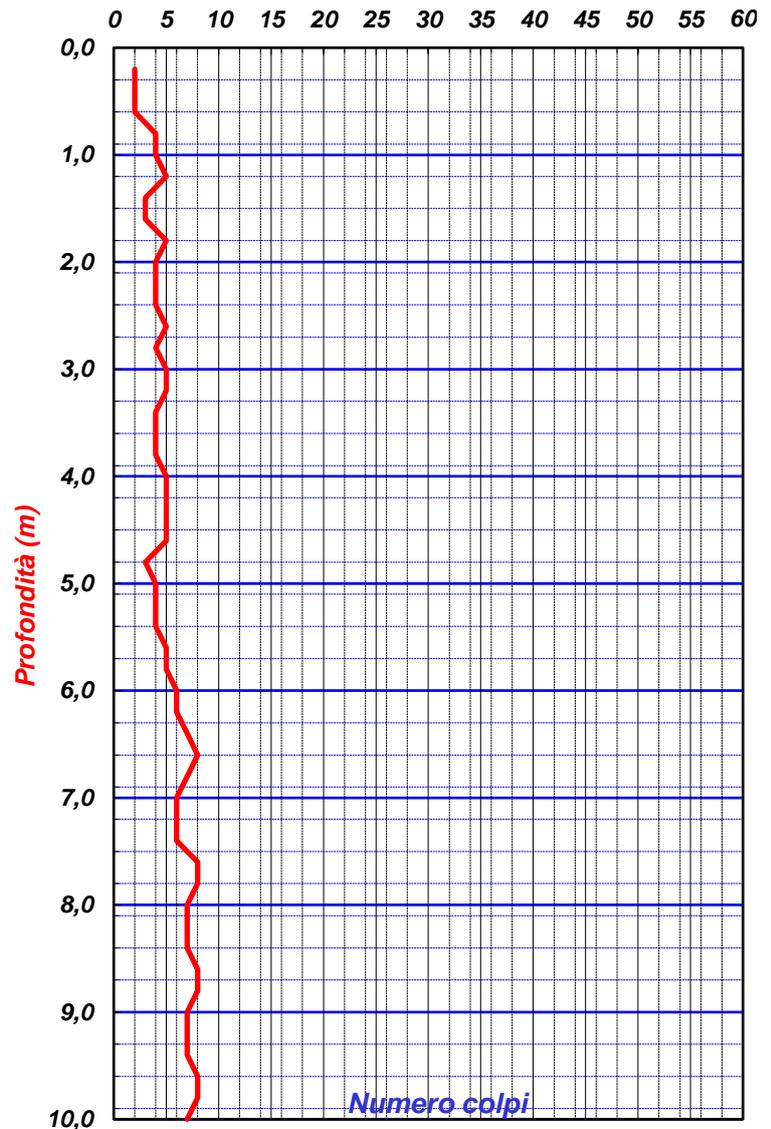
Il direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Franco Brizzi



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA PESANTE DPSH

COMMITTENTE:	Comune di Cellole (CE)			N° di Accettazione	0008/13
OGGETTO:	Opera polifunzionale			N° certificato	0223
LOCALITA':	Cellole (CE) , Via Moravia			Sigla Prova	DPSH 2
MODELLO SONDA: TG63-200 KN	PESO ASTE: 5,1 Kg	APERTURA DELLA PUNTA: 90°		Data emissione	08/01/2013
COORDINATE GEOGRAFICHE	Lat: 41°12'21.90"N		Long: 13°50'54.45"E		
DATA ESECUZIONE PROVA:	07/01/2013	Richiedente: Igeo Sas		Pagina	1/1

Prof.	num. Colpi						
0,00		8,20	7	16,40			
0,20	2	8,40	7	16,60			
0,40	2	8,60	8	16,80			
0,60	2	8,80	8	17,00			
0,80	4	9,00	7	17,20			
1,00	4	9,20	7	17,40			
1,20	5	9,40	7	17,60			
1,40	3	9,60	8	17,80			
1,60	3	9,80	8	18,00			
1,80	5	10,00	7	18,20			
2,00	4	10,20					
2,20	4	10,40					
2,40	4	10,60					
2,60	5	10,80					
2,80	4	11,00					
3,00	5	11,20					
3,20	5	11,40					
3,40	4	11,60					
3,60	4	11,80					
3,80	4	12,00					
4,00	5	12,20					
4,20	5	12,40					
4,40	5	12,60					
4,60	5	12,80					
4,80	3	13,00					
5,00	4	13,20					
5,20	4	13,40					
5,40	4	13,60					
5,60	5	13,80					
5,80	5	14,00					
6,00	6	14,20					
6,20	6	14,40					
6,40	7	14,60					
6,60	8	14,80					
6,80	7	15,00					
7,00	6	15,20					
7,20	6	15,40					
7,40	6	15,60					
7,60	8	15,80					
7,80	8	16,00					
8,00	7	16,20					



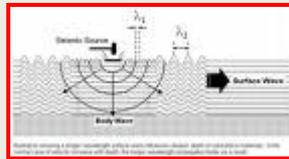
Il direttore del Laboratorio
Dott. Geol. Franco Brizzi



Caratterizzazione sismica dei suoli con metodo

Masw

(Multichannel Analysis of Surface Waves)



Committente	Amministrazione Comunale
Comune	Via Moravia, Cellole (CE)

Ditta Individuale Geologo Farina Bruno

Indagini geofisiche – Sondaggi e Prove in Sito

Via Caserta, 26 - 81020 S. Nicola La Strada (CE) N°.iscr. C.C.I.A.A. 225422-6/12/2005

P.Iva : 02291300610-C.F. FRNBRN63C18B963U

PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto è stata eseguita una indagine geofisica per determinare il valore del V_{Seq} , ai sensi dell'D.M. 17 Gennaio 2018 e succ. mod. ed integr., per il progetto di caratterizzazione sismica del sito in Via Moravia in Cellole (CE)

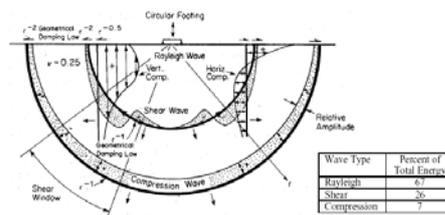
A tale scopo sono state effettuate le seguenti indagini:

✚ n° 1 profili sismico tipo *M.A.S.W.* (multichannel analysis of surface waves).



INDAGINE SISMICA M.A.S.W.

Il rilievo geofisico MASW (multichannel analysis of surface waves) è utilizzato per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (V_s) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con *algoritmi generici*



Evidenziamo quindi come il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde.

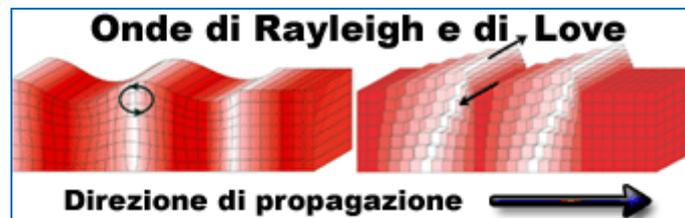


Figura 1:Rappresentazione grafica della propagazione delle onde superficiali di Rayleigh.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki K. And Richards, P.G., 1980) o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo), apparente, delle onde Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione.

Ditta Individuale Geologo Farina Bruno

Indagini geofisiche – Sondaggi e Prove in Sito

Via Caserta, 26 - 81020 S. Nicola La Strada (CE) N°.iscr. C.C.I.A.A. 225422-6/12/2005

P.Iva : 02291300610-C.F. FRNBRN63C18B963U

La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che le onde, ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta, si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, mentre le onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo.

Con il metodo Masw, quindi, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori che consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo e fino a spingersi ai -30m-50m, in funzione della rigidità del suolo.

Alla fine della nostra indagine Masw e alla sua successiva elaborazione, saremmo quindi in grado di fornire il profilo di velocità delle onde di taglio V_s oltre i 30m. di profondità e di individuare il tipo di suolo sismico in base alla normativa DM 14 Gennaio 2018.

Ditta Individuale Geologo Farina Bruno

Indagini geofisiche – Sondaggi e Prove in Sito

Via Caserta, 26 - 81020 S. Nicola La Strada (CE) N°.iscr. C.C.I.A.A. 225422-6/12/2005

P.Iva : 02291300610-C.F. FRNBRN63C18B963U

STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un acquisitore digitale multicanale della SARA Electronic Instruments S.r.l. di Perugia, modello DOREMI, con processore Pentium IV esterno, display VGA a colori in LCD-TFT 15". Computer portatile a supporto, trattamento del segnale a 16 bit, trattamento di dati Floating Point 32 bit, supporto di memorizzazione mediante Hard-Disk da 40 Gb, con funzione di incremento multiplo del segnale ed opzione per l'inversione di polarità, attivazione di filtri "passa alto", "passa basso" e "notch" in acquisizione o post-acquisizione; inoltre, i guadagni sono selezionabili da software manualmente per ogni canale o in modo automatico e le acquisizioni sono automaticamente registrate sullo strumento. Il trigger è dato da un geofono starter esterno, con possibilità di pre-trigger (0-10 ms).

Sono stati utilizzati 24 ricevitori (geofoni) da 4,5 Hz capaci di misurare il campo di moto della direzione verticale, e come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 5 Kg battuta su una piastra metallica.

METODOLOGIA OPERATIVA

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è troppo diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione). E' sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (martello).

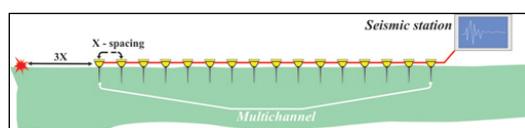


Figura 2: Schema di acquisizione dei segnali sismici con metodo Masw

Il profilo MASW è stato eseguito utilizzando n° 24 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza di 2 metri; i punti di scoppio sono stati posizionati ad una delle estremità del profilo a distanze di 2,00 m, 5,00 m e 8,00 m dal geofono n° 1. La scelta dei tre scoppi è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali a prescindere dai differenti litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

METODOLOGIA INTERPRETATIVA

Il software *MASW 2007 dell'Ing. Vitantonio Roma* consente di analizzare dati sismici (*common-shot gathers* acquisiti in campagna) in modo tale da poter ricavare il profilo verticale della V_s (velocità delle onde di taglio).

Tale risultato è ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves).

La procedura si sviluppa in quattro operazioni svolte in successione:

- ✚ Fase 1: inserimento della curva apparente di dispersione sperimentale del terreno o determinazione della stessa a partire dalle tracce misurate in sito
- ✚ Fase 2: simulazione numerica della curva apparente di dispersione del terreno a partire da un profilo di velocità delle onde di taglio V_s di primo tentativo (profilo iniziale)
- ✚ Fase 3: determinazione del profilo di velocità finale delle onde di taglio V_s , che rende ottimale la sovrapposizione della curva apparente di dispersione sperimentale e della curva apparente di dispersione simulata numericamente
- ✚ Fase 4: caratterizzazione geotecnica sismica e determinazione del tipo di suolo sulla base del profilo di velocità finale delle onde di taglio V_s .

Il software MASW è caratterizzato dai seguenti aspetti:

- ✚ Consente di considerare i modi superiori (fino a 50 modi) delle onde di Rayleigh.
- ✚ Consente di eseguire sia una ricerca manuale sia una ricerca automatica del profilo di velocità delle onde di taglio V_s .
- ✚ Consente di elaborare le tracce misurate per determinare la curva di dispersione sperimentale.
- ✚ Consente di calcolare la V_{seq} del sito esaminato.

Ditta Individuale Geologo Farina Bruno

Indagini geofisiche – Sondaggi e Prove in Sito

Via Caserta, 26 - 81020 S. Nicola La Strada (CE) N°.iscr. C.C.I.A.A. 225422-6/12/2005

P.Iva : 02291300610-C.F. FRNBRN63C18B963U

- ✚ Consente di stimare un errore del profilo di velocità V_s sulla base del grado di incertezza dei dati misurati in sito.
- ✚ Consente di analizzare siti inversamente dispersivi con forti contrasti di rigidità tra i diversi strati di terreno e/o roccia.
- ✚ Consente di considerare l'influenza della falda.
- ✚ Consente di mantenere costanti le velocità V_s di alcuni strati e di variare le V_s degli altri strati del profilo stratigrafico.

Il software utilizzato è quindi in grado di fornire risultati molto più attendibili rispetto a quelli ottenibili con altre metodologie , fornendoci così maggiori garanzie sui parametri necessari a rilevare il profilo stratigrafico della porzione di terreno investigata.

Ditta Individuale Geologo Farina Bruno

Indagini geofisiche – Sondaggi e Prove in Sito

Via Caserta, 26 - 81020 S. Nicola La Strada (CE) N°.iscr. C.C.I.A.A. 225422-6/12/2005

P.Iva : 02291300610-C.F. FRNBRN63C18B963U

PROVA SISMICA VsEQ METODO MASW

ELABORATI M.A.S.W.

Calcoli e grafici software Masw2007 Ing. Roma Vitantonio

MASW 1

PROVA SISMICA VsEQ METODO MASW

VISUALIZZAZIONE FORMA D'ONDA

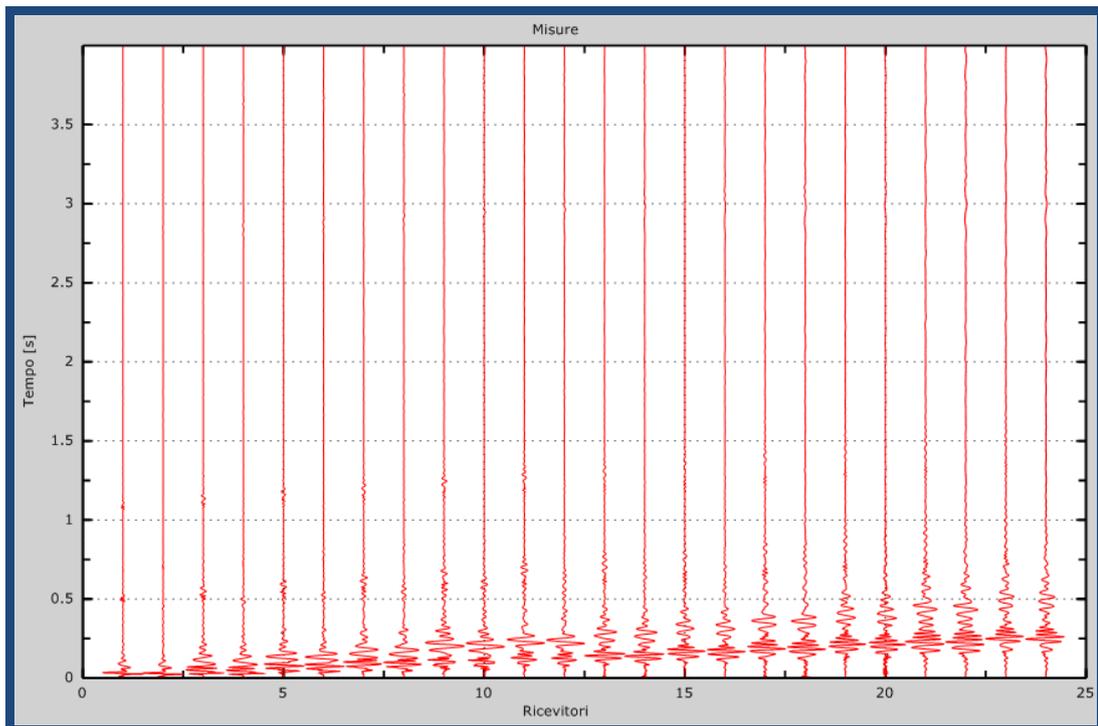
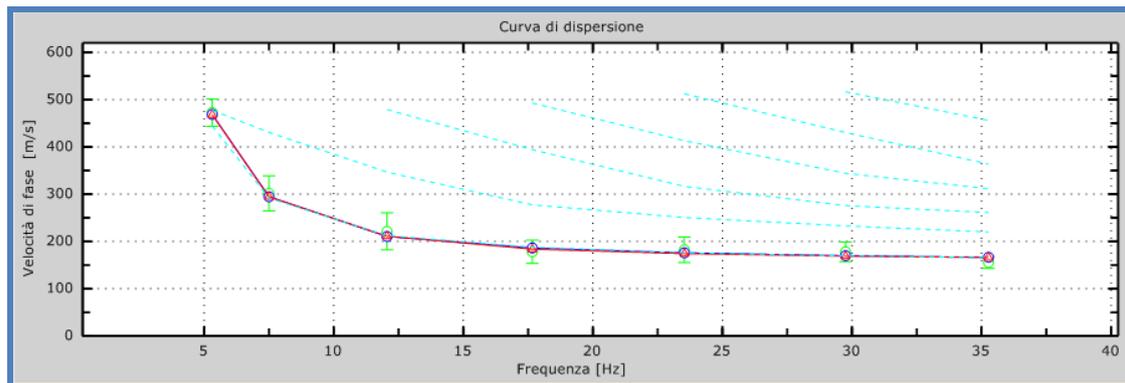


Figura 4: Tracce acquisite in sito – tempo di campionamento 3.5 ms – cons. fino a 24 ricevitori

PROVA SISMICA VsEQ METODO MASW

CURVA DI DISPERSIONE

(CURVA MULTIMODALE: MODI DI RAYLEIGH-APPARENTE EFFETTIVA)



Errore tra curva apparente e curva sperimentale:3%

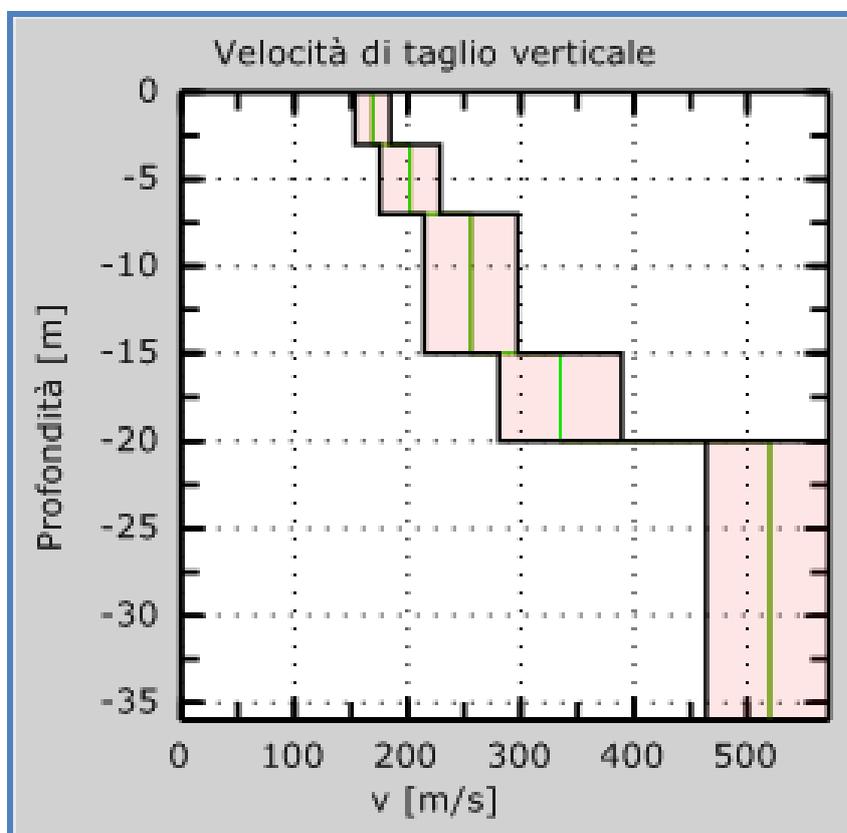
Errore tra curva effettiva e sperimentale: 3%

Figura 6: Velocità numeriche :punti sperimentali (verde) - modi di Rayleigh (ciano)- curva apparente (blu)- curva numerica Figura (rossa)

PROVA SISMICA VsEQ METODO MASW

GRAFICO VELOCITA' ONDE S

Profilo di velocità dell'onda S con la profondità



Calcolo profilo di incertezza : **0.5 sigma**

Figura 7: Profilo di velocità Vs iniziale e finale rappresentati graficamente e riportate numericamente nella pagina successiva.

PROVA SISMICA V_{seq} METODO MASW 1

PROFILO IN SITO

Sono stati individuati n.5 sismostrati principali alle seguenti profondità e alle rispettive velocità delle onde S. :

PROFONDITA' z(m)	SPESSORE h(m)	Vs (m/s)
- 3	3	166
da - 3 a - 7	4	201
da - 7 a - 16	9	256
da - 16 a - 20	4	338
da - 20 a - 35	15	520

Gli spessori rilevati e le relative velocità delle onde S hanno portato alla seguente determinazione della V_{seq} a partire dal piano di riferimento: z =0

Vseq =	H	290	m/s
	$\Sigma h_i/V_i$		

Ditta Individuale Geologo Farina Bruno

Indagini geofisiche – Sondaggi e Prove in Sito

Via Caserta, 26 - 81020 S. Nicola La Strada (CE) N° iscr. C.C.I.A.A. 225422-6/12/2005

P.Iva : 02291300610-C.F. FRNBRN63C18B963U

PROVA SISMICA V_{SEQ} METODO MASW

Risultati Finali

Piano di riferimento z=0 [m] 0

V_{seq} [m/s].....290

La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018

Categoria di suolo tipo : C

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

DITTA INDIVIDUALE
Dott. Geologo FARINA Bruno
Indagini Geofisiche e Sondaggi e Prove in Sito
Via Caserta n° 26 - 81020 S. Nicola La Strada (CE)
N° Iscr. C.C.I.A.A. 225422 - 6/12/2005
P.IVA 02291300610 - C.F. FRNBRN63C18B963U