

Comune di Nole



Piano Esecutivo Convenzionato in area di nuovo impianto An8

Proprietà: Bertino Luca Francesco, Masserelli Chiara, Bertino Lorenzo, Bertino Enrico

Relazione GEOLOGICA, GEOTECNICA e SISMICA
ai sensi dei paragrafi 6.2.1 e 6.2.2 delle NTC 2018

Professionista: dott. Geol Fabrizio Vigna
Via Alfonso Badini Confalonieri 14
cell. 338/2588463 e-mail:fabrivigna@libero.it

Data: Febbraio 2020

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	2
1.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO.....	5
3	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO - IDROLOGICO	7
4	INDAGINI EFFETTUATE	8
4.1	CONSIDERAZIONI STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE IN BASE ALLA PROVA MASW	8
4.2	POZZETTI GEOGNOSTICI E SCAVI.....	8
4.2.1	Stratigrafia pozzetto Poz.1.....	9
4.2.2	Stratigrafia pozzetto Poz.2.....	10
5	ASPETTI GEOLOGICO - GEOTECNICI	11
5.1	MODELLO GEOLOGICO.....	11
5.2	MODELLO GEOTECNICO - DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI.....	12
5.2.1	Determinazione dei parametri caratteristici.....	13
6	AZIONE SISMICA SULLE COSTRUZIONI	14
6.1	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO	15
6.2	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	16
6.3	CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI	16
7	SISTEMA SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE.....	18
7.1	LOTTO A.....	19
7.2	LOTTO B.....	20
8	CONCLUSIONI.....	22

Allegato 1
Inquadramento territoriale

Allegato 2
Indagine sismica con metodologia MASW

1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha lo scopo di valutare la fattibilità e la compatibilità delle opere in progetto con l'assetto geologico ed idrogeologico locale.

La relazione che segue espone la caratterizzazione geologica, geotecnica e sismica di un sito dove è prevista la realizzazione di un Piano Esecutivo Convenzionato in Comune di Nole, via Manea, area di nuovo impianto An8.

È prevista la costruzione di n° 3 edifici, le caratteristiche generali dell'intervento sono visibili sulle tavole progettuali redatte dallo Studio Tecnico Spada.

Nei mesi passati sono state realizzate presso l'area le seguenti indagini:

- esecuzione di n° 2 pozzetti geognostici eseguiti con escavatore idraulico;
- n° 1 profilo MASW per la classificazione sismica ai sensi del OPCM 3274 e seguenti (determinazione parametro VSeq), oltre ai principali parametri geotecnici dei depositi sui quali verranno impostate le fondazioni.

Gli edifici sono unifamiliari, presentano circa le medesime dimensioni e non prevedono la realizzazione di piano interrato e hanno due piani fuori terra. I tre fabbricati, di dimensioni 17.3 x 15.2 mq (il maggiore) e 12.9 x 17.3 mq (i due più a sud) hanno 2 piani fuori terra, sono uniti a box auto di un solo piano fuori terra di dimensione ca. 8 x 13.7 mq.

Durante i rilievi sul terreno è stato possibile valutare:

- l'assetto litostratigrafico della zona,
- i parametri geotecnici del terreno interessato,
- le caratteristiche geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche dell'area indagata,
- le caratteristiche del progetto in esame.

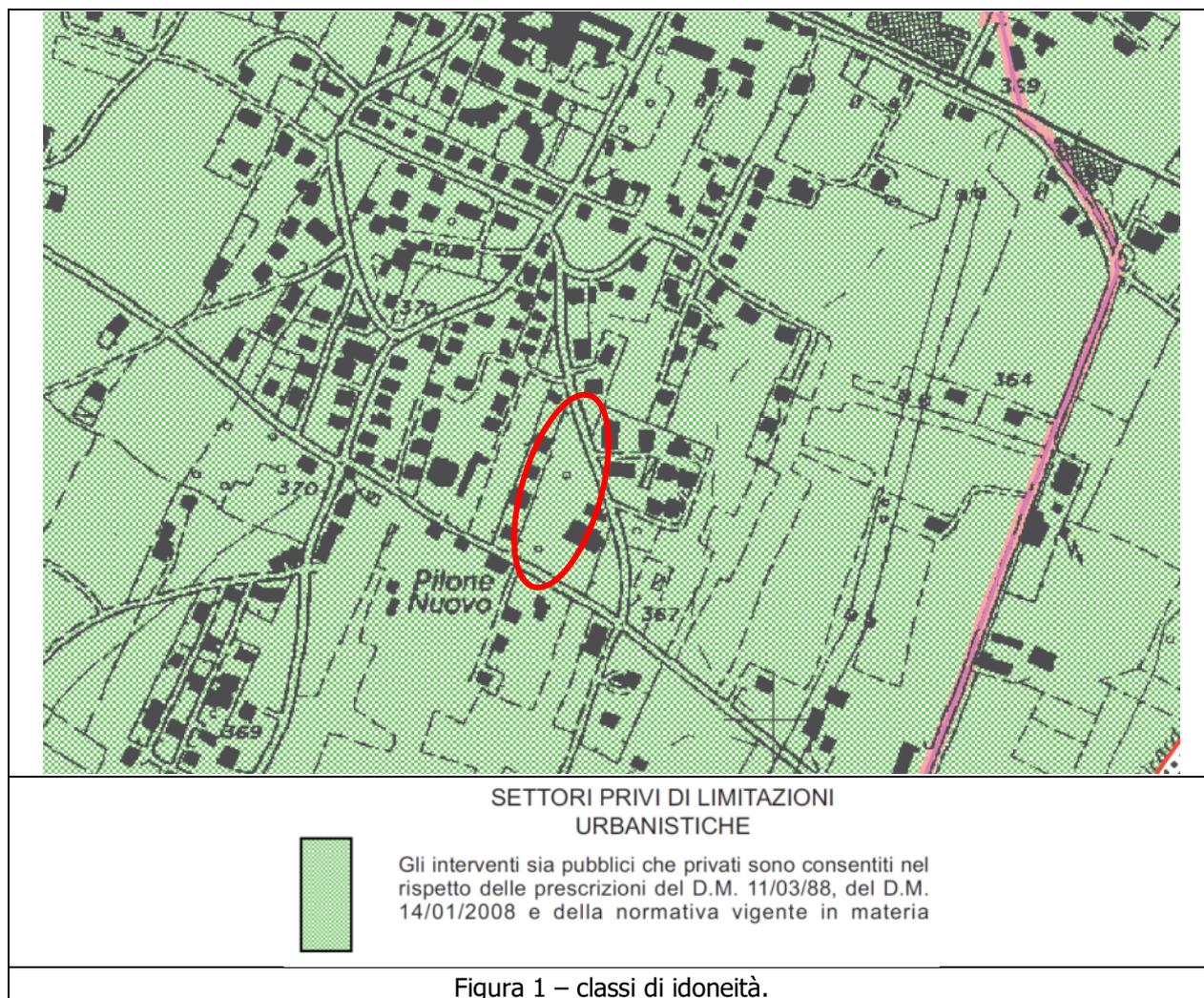
L'area si trova nel territorio comunale di Nole (TO) e le coordinate UTM (WGS84) del baricentro del sito sono:

E: 387.747

N: 5.010.213

La quota sul livello del mare è pari a ca. 366.0 m (vedi Tavola 1).

Nel vigente strumento urbanistico, il terreno dove è prevista la realizzazione delle opere, in riferimento alla cartografia geologica – tecnica, si trova in classe I ai sensi della Circ. PG.R. 7/LAP. La carta di sintesi riporta per la seguente classe:



Gli interventi sia pubblici che privati sono consentiti nel rispetto delle prescrizioni del D.M. 11/03/88, del 14/01/2008 e della normativa vigente in materia.

1.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento per quanto attiene gli argomenti inerenti l’incarico è costituita dalle Norme tecniche per le costruzioni - D.M. 17 gennaio 2018.

Il D.M. 17.01.18 riporta al cap. 6 le indicazioni per l'esecuzione delle indagini geologiche e geotecniche relative alle nuove costruzioni e ristrutturazioni. Tali norme contemplano tre fasi di approfondimento:

1^ fase (cap. 6.2.1) caratterizzazione geologica del sito;

2^ fase (cap. 6.2.2): indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica;

3^ fase (cap. 6.2.4): verifiche della sicurezza e delle prestazioni

Si descrivono brevemente le singole fasi di indagine.

1^ fase: caratterizzazione geologica

Si rifà a quanto indicato al cap. 6.2.1 del D.M. 17.01.2018: ha per oggetto la descrizione del modello geologico (costruito mediante appropriate indagini geognostiche), la valutazione della fattibilità degli interventi in funzione della pericolosità geologica del territorio e, comunque, la definizione degli eventuali condizionamenti geologici che gravano sull'opera e si traducono in indispensabili elementi progettuali.

2^ fase: indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica

Consiste nella caratterizzazione fisico-meccanica del sottosuolo, con definizione del suo modello geotecnico e più in particolare del volume significativo delle fondazioni, a seguito di appropriate indagini geotecniche (prove in sito, prove di laboratorio etc.) (Relazione geotecnica sulle indagini, caratterizzazione e modellazione del volume significativo di terreno - § 6.2.2 delle NTC18).

3^ fase: verifiche della sicurezza e delle prestazioni

È costituita dalle verifiche della sicurezza e delle prestazioni geotecniche attese del complesso terreno opera nei previsti stati di sollecitazione, compreso, eventualmente, quello sismico, che possono attuarsi solo con le indicazioni fornite dal progettista strutturale nella fase finale della progettazione (Verifiche della sicurezza e delle prestazioni - § 6.2.4 delle NTC18). Questa fase di verifica può essere espletata esclusivamente durante la progettazione strutturale dell'opera e deve necessariamente tener conto delle precedenti fasi di indagine.

Nello specifico vengono eseguite le prime due fasi, cioè la caratterizzazione geologica dell'area e la caratterizzazione geotecnica. La successiva fase di verifica

delle prestazioni, prevista al § 6.2.4 delle NTC08 e NCT18 viene demandata alla fase di dimensionamento strutturale delle opere.

2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO - GEOMORFOLOGICO

La zona indagata si posiziona nella parte centrale della paleoconoide Mindelliana del T. Stura di Lanzo. Questa è la risultante degli apporti solidi derivanti dallo smantellamento dei depositi di origine glaciale situati a monte nelle vallate alpine.

La paleoconoide Mindelliana è costituita da più unità morfologiche che si sono costituite nel corso dell'evoluzione post-glaciale ad opera dei torrenti. I terreni più antichi (di età mindelliana) si osservano nelle porzioni "relitte" e topograficamente più elevate della conoide (Vaude), spostandosi verso quote inferiori e verso la Stura di Lanzo, si osservano invece terreni via via più recenti.



Figura 2 - Stralcio ingrandito della Carta Geologica d'Italia (F.56 TORINO 1:100.000)

In pratica il torrente Stura di Lanzo ha modellato il proprio corso negli antichi depositi mindelliani con un progressivo approfondimento del letto, sino ad erodere il substrato dei depositi fluvioglaciali (costituito dal Villafranchiano).

In seguito, durante gli episodi di piena particolarmente intensi caratterizzati da ingente trasporto solido, si è avuta la deposizione del materiale costituente le "alluvioni antiche, medio recenti, recenti ed attuali" contraddistinte nella carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 F. 56 "Torino".

La leggenda della Carta Geologica d'Italia è riportata per i litotipi affioranti nel settore in esame e nelle immediate vicinanze:

- *ff^m*: depositi fluviali dell'alto terrazzo ondulato, a paleosuolo argilloso-bruno completamente decalcificato (...); depositi fluviali costituenti i lembi relitti delle antiche conoidi della Dora Riparia e della Stura di Lanzo (*FLUVIOGLACIALE e FLUVIALE MINDEL*);
- *ff*: depositi ghiaiosi-sabbiosi con paleosuolo rosso arancio, perlopiù terrazzati, corrispondenti al livello fondamentale dell'alta pianura (...) (*FLUVIOGLACIALE e FLUVIALE RISS*);
- *a¹*: alluvioni ghiaioso sabbiose postglaciali, ricoprenti in parte i precedenti depositi del fluviale – fluvioglaciale Wurmiano (*ALLUVIONI ANTICHE*);
- *a²*: depositi ghiaiosi con lenti sabbioso argillose, fiancheggianti i principali corsi d'acqua, talora debolmente terrazzati, anche attualmente inondabili (*ALLUVIONI MEDIO – RECENTI*);
- *a³*: alluvioni ghiaioso – sabbiose recenti ed attuali

L'età dei depositi e delle forme che costituiscono il conoide è compresa tra il Pleistocene medio-superiore (unita completamente formate e non più in rapporto diretto con il corso d'acqua principale) e l'Olocene-Attuale (unita in via di formazione).

Il corpo sedimentario è rappresentato da depositi alluvionali ghiaioso-ciottolosi con frazione fine sabbiosa e sabbioso-limosa più o meno espressa, alla superficie interessati da un grado di alterazione la cui intensità è in rapporto diretto con l'età del deposito stesso.

Le unità più antiche (pleistoceniche) sono coperte da una coltre metrica di limi argillosi di colore aranciato, pedogenizzati, interpretati come prodotti loessici e loessici-derivati.

I depositi fluvioglaciali poggiano su sedimenti fluviali, fluvio-lacustri e deltizi ascrivibili al "Villafranchiano", di età compresa tra il Pliocene medio-inferiore ed il Pleistocene inferiore.

A sua volta, la successione villafranchiana è sovrapposta ad una sequenza di ambiente francamente marino cronologicamente ascrivibile al Pliocene inferiore, rappresentata da sabbie

più o meno fini (formazione delle Sabbie di Asti) e limi argillosi (formazione delle argille Azzurre).

3 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO - IDROLOGICO

In base allo studio "Le acque sotterranee della pianura di Torino" – Provincia di Torino si può suddividere il sottosuolo dell'area di studio nei seguenti complessi a comportamento omogeneo:

- Complesso Superficiale (profondo 25 m nell'area), costituito da depositi di ambiente continentale (sedimenti fluviali fluvioglaciali – sabbie e ghiaie con ciottoli e intercalazioni limose argillose) di età Pleistocene medio – Olocene.
- Complesso Villafranchiano (che si estende oltre 25 m dal p.c.), costituito da alternanze di depositi fluviali, in genere grossolani e permeabili, e depositi lacustri, in genere a tessitura fine ed impermeabili, di età Pliocene superiore – Pleistocene inferiore
- Complesso Pliocenico, rappresentato da termini sabbiosi riferibili alla Facies Astiana e da termini argillosi riferibili alla Facies Piacenziana, la facies sabbiosa, in quanto permeabile rappresenta il cosiddetto acquifero Pliocenico.

Nell'area di studio il complesso superficiale è costituito da depositi rissiani nei quali è presente una falda freatica con direzione di deflusso orientata verso Sud – Est.

Per riconoscere l'andamento della falda idrica superficiale nel territorio in oggetto è stata consultata la pubblicazione "Idrogeologia della pianura piemontese", Regione Piemonte 2005; dello studio ne vengono riportati i tratti prevalenti per l'area nella allegata tavola 1.

Nell'area in oggetto la quota della falda freatica è di circa 363.0 m s.l.m. per cui si ha una soggiacenza media di 3/4 m dal piano campagna; in occasione di piogge prolungate nel tempo la soggiacenza della falda freatica può invece risultare inferiore e risalire anche a – 2/3 m dal piano campagna.

Nell'area non scorrono corsi d'acqua importanti, circa 450 m verso Est scorre un ramo della Gora Riccardesca.

La stura corre ad una distanza di circa 1500 m.

4 INDAGINI EFFETTUATE

4.1 CONSIDERAZIONI STRATIGRAFICHE E GEOTECNICHE IN BASE ALLA PROVA MASW

Dai risultati della prova MASW eseguita è possibile fornire dati circa la stratigrafia osservata. Il profilo di velocità delle onde di taglio nell'area è il seguente:

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	1.16	1.16	306.5
2	3.84	1.00	302.6
3	4.88	1.00	338.6
4	8.59	3.99	448.3
5	11.24	9.67	471.4
6	16.80	8.90	505.9
7	oo	oo	524.5

L'analisi del profilo stratigrafico, evidenzia un assetto sismostratigrafico descritto nella tabella seguente:

Livello	Profondità	Descrizione	Velocità Vs
1	Sino a ca. 5 m	Terreno agrario (scarso) con depositi fluviali sciolti	Vs < 400 m/s
2	Oltre 5 m	Depositi fluvioglaciali con velocità via via crescente	Vs > 400 m/s

4.2 POZZETTI GEOGNOSTICI E SCAVI

Di seguito viene descritto l'assetto stratigrafico della zona, che è stato dedotto anche dall'esecuzione di due pozzetti geognostici eseguiti con escavatore idraulico e spinti sino alla profondità di circa 2.0 m dal piano campagna. Nella figura seguente è illustrata l'ubicazione del pozzetto eseguito, successivamente è riportata una breve descrizione della stratigrafia dedotta.

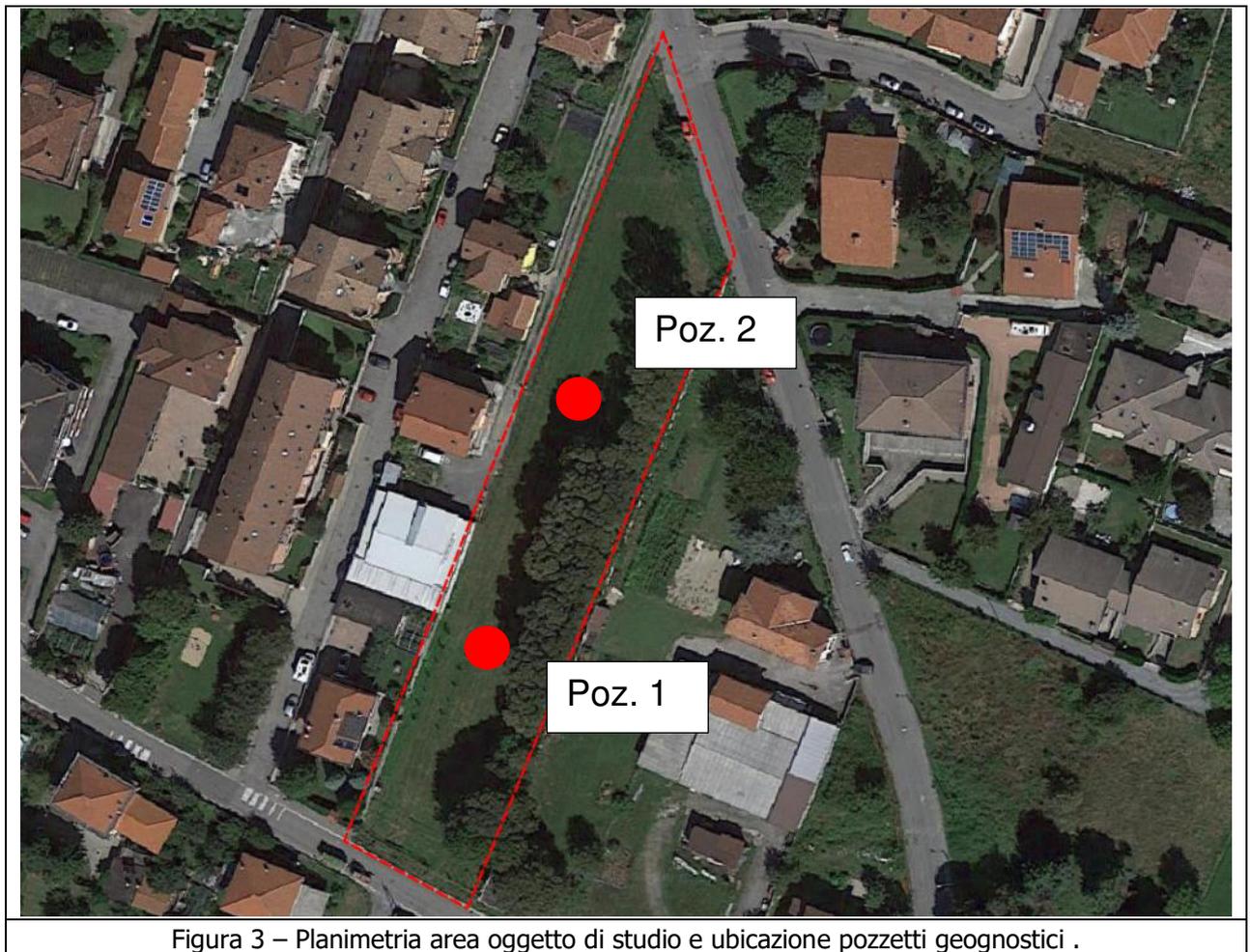


Figura 3 – Planimetria area oggetto di studio e ubicazione pozzetti geognostici .

4.2.1 Stratigrafia pozzetto Poz.1

<i>profondità (m)</i>	<i>Pozzetto Geognostico Poz.1 Litotipo</i>
0.0 – 0.3	Terreno agrario
0.3 – 1.2	Ciottoli e ghiaia con sabbia e limo
1.2 – 2.0	Ciottoli con ghiaia e sabbia pulita



4.2.2 Stratigrafia pozzetto Poz.2

<i>profondità (m)</i>	<i>Pozzetto Geognostico Poz.2 Litotipo</i>
0.0 – 0.4	Terreno agrario
0.4 – 1.4	Ciottoli con sabbia e ghiaia con limo e materia organica
1.4 - 1.6	Ciottoli con ghiaia e sabbia pulita



Durante la realizzazione degli scavi non si è rilevata la presenza di tracce di umidità a fondo scavo.

5 ASPETTI GEOLOGICO - GEOTECNICI

5.1 MODELLO GEOLOGICO

Volendo riassumere quanto descritto in precedenza si può osservare che:

- in superficie, per i primi decimetri è presente terreno agrario, oltre tale profondità sino a 0.5 m dal piano campagna sono presenti depositi ghiaiosi con ciottoli ma alterati con abbondante frazione organica.
- Oltre tale profondità (0.5 m) sono presenti depositi francamente fluvio-glaciali costituiti da ghiaie e ciottoli in matrice sabbioso limoso alterata.

5.2 MODELLO GEOTECNICO – DETERMINAZIONE DEI PARAMETRI CARATTERISTICI

Per quanto riguarda i depositi presenti sino a 0.5 m di profondità si ritiene non possiedano caratteristiche geotecniche tali da poggiare le fondazioni direttamente su di essi.

Per quanto riguarda i terreni che si trovano a profondità superiore a 0.5 m, in ottemperanza alla normativa di carattere geotecnico si propone di seguito una caratterizzazione dei depositi che saranno interessati dalle opere in progetto.

Il parametro di resistenza al taglio più importante, trattandosi di terreni non coesivi è dato dall'angolo di attrito interno del materiale che risulta correlabile al grado di addensamento del terreno e cioè al valore del parametro "Densità relativa" D_r .

La caratterizzazione geotecnica dei depositi fluvioglaciali della zona in oggetto risulta oltremodo difficoltosa per l'impossibilità di effettuare le consuete prove, in genere eseguite per ricavare la densità relativa. Infatti le prove penetrometriche (che non sono state eseguite per la presenza di grossi ciottoli che impediscono l'infissione anche per pochi decimetri) generalmente utilizzate per questo tipo di caratterizzazione possono fornire valori del tutto inattendibili a causa della presenza di ciottoli di notevoli dimensioni che possono portare a sovrastimare notevolmente la resistenza del deposito.

La stima della densità relativa rimane pertanto legata esclusivamente alla interpretazione visiva dei terreni di appoggio attenendosi a criteri di cautela (si considerano solo i terreni a granulometria più fine). Nel caso in esame si ritiene che la densità relativa possa essere cautelativamente valutata in un campo di variazione compreso tra il 30 e il 40% (v. Figura 4).

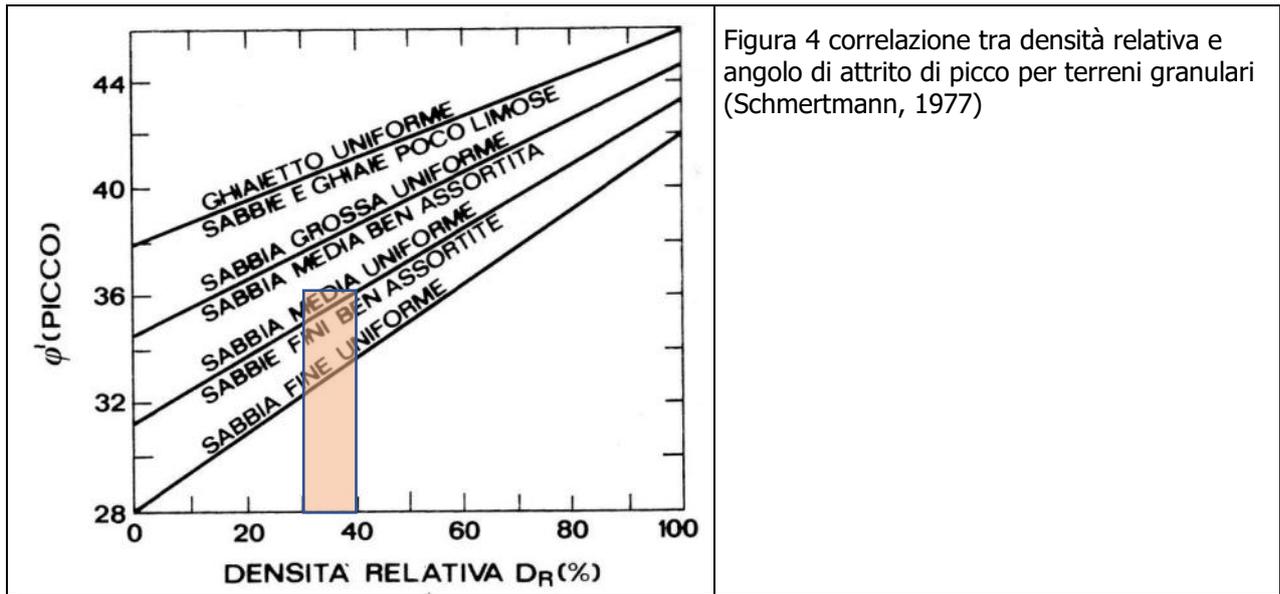


Figura 4 correlazione tra densità relativa e angolo di attrito di picco per terreni granulari (Schmertmann, 1977)

La matrice costituente il deposito ha una granulometria piuttosto costante, con passaggi da sabbia fine a zone poco ghiaiose, pertanto riportando i valori di densità relativa ottenuti su un diagramma di correlazione come quello di Figura 4 si può stimare il valore dell'angolo di attrito di picco del terreno.

Terreno	Densità relativa	Coesione	Angolo di attrito di picco (°)	Peso di volume (t/mc)
sabbia fine	30 – 40%	assente	32°min 36°max 34°med	1.95

5.2.1 Determinazione dei parametri caratteristici

Dovendo affrontare un approccio statistico per determinare il valore dei parametri caratteristici si precisa che in un terreno omogeneo, come nel caso in esame, è necessario individuare quel valore dell'angolo di attrito, rappresentativo del deposito in esame, che ha solo una probabilità inferiore al 5% di essere statisticamente minore del parametro caratteristico stesso che è stato determinato.

Pertanto nota la media e la deviazione standard della popolazione di misure relative ai parametri di un determinato litotipo la formula (*) ci consente di calcolare il corrispondente

valore limite x dopo avere fissato una probabilità di non superamento, nel nostro caso pari a 0,05 (5%).

$$x = \mu(x) - 1,645\sigma(x) \quad (*)$$

x = parametro cercato;

$\mu(x)$ = valore medio;

$\sigma(x)$ = deviazione standard intorno al valore medio

Nel caso specifico, in cui in assenza di un significativo numero "n" di dati ottenuti da misure in sito, si ricorre a valori desunti dalla letteratura e confermati da precedenti indagini in aree limitrofe sugli stessi materiali, è necessario introdurre un ulteriore coefficiente correttivo per essere certi di avere individuato il parametro caratteristico rappresentativo.

$$x = \mu(x) - 1,645[\sigma(x)/\sqrt{n}]$$

dove $n = 3$ = numero di dati

Sulla base delle conoscenze attuali e dei dati disponibili in relazione alla suddetta elaborazione statistica si caratterizza il terreno oggetto dell'intervento con i seguenti parametri geotecnici rappresentativi:

- coesione trascurabile $c = 0$,
- angolo di attrito interno pari a $\phi_{di\ piccolo} = 33^\circ$,
- peso di volume $\gamma = 1,90 \text{ t/m}^3$.

6 AZIONE SISMICA SULLE COSTRUZIONI

Secondo la normativa di riferimento le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, sono definite a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di

accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R .

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima al sito;

F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

T^*_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

6.1 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi.

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{seq} di propagazione delle onde di taglio entro gli strati caratterizzati da una velocità delle onde sismiche inferiore a 800 m/s.

Di seguito è riportata la suddivisione del sottosuolo in categorie in base al DM 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni".

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 1 – Categorie di suolo dal D.M. 17 gennaio 2018

In base alla prova MASW eseguita si può attribuire per i depositi in oggetto l'appartenenza alla categoria B.

6.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

La normativa contempla anche le condizioni morfologiche del sito in esame; essa per configurazioni topografiche superficiali semplici, individua le seguenti classi:

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

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 $i > 30^\circ$

Tabella 2 – Categorie topografiche dal D.M. 14 gennaio 2008

L'area in oggetto è posizionata su area pianeggiante per cui è inserita in categoria T1.

6.3 CALCOLO COEFFICIENTI SISMICI

Le NTC 2008 calcolano i coefficienti K_h e K_v in dipendenza di vari fattori:

- $K_h = \beta \times (a_{max}/g)$
- $K_v = \pm 0,5 \times K_h$

- β = coefficiente di riduzione accelerazione massima attesa al sito;
- a_{max} = accelerazione orizzontale massima attesa al sito;
- g = accelerazione di gravità;

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = SS ST ag$$

- SS (effetto di amplificazione stratigrafica): $0.90 \leq S_s \leq 1.80$; è funzione di F_0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).
- ST (effetto di amplificazione topografica) per fondazioni in prossimità di pendii.

Il valore di ST varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1 (ST = 1.0) \quad T2 (ST = 1.20) \quad T3 (ST = 1.20) \quad T4 (ST = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$TR = -VR / \ln(1 - PVR)$$

Con VR vita di riferimento della costruzione e PVR probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso VR dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

Per l'applicazione dell'Eurocodice 8 (progettazione geotecnica in campo sismico) il coefficiente sismico orizzontale viene così definito:

$$K_h = a_g R \cdot \gamma_I \cdot S / (g)$$

- $a_g R$: accelerazione di picco di riferimento su suolo rigido affiorante,
- γ_I : fattore di importanza,
- S: soil factor e dipende dal tipo di terreno (da A ad E).

$$a_g = a_g R \cdot \gamma_I$$

è la "design ground acceleration on type A ground".

Il coefficiente sismico verticale K_v è definito in funzione di K_h , e vale:

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h$$

7 SISTEMA SMALTIMENTO ACQUE METEORICHE

Per lo smaltimento delle acque meteoriche derivanti dalla raccolta delle falde di copertura e delle aree di accesso si adotta il sistema di dispersione nel sottosuolo con pozzi disperdenti.

I pozzi possono ridurre notevolmente e, in condizioni normali eliminare, l'ammontare dei volumi delle acque piovane verso i ricettori principali, grazie alla loro capacità di laminazione ed infiltrazione delle acque. I pozzi sono posti in opera in uno scavo realizzato nel terreno che normalmente si sviluppa in profondità.

E' comunque necessario prevedere un sistema di sfioro dell'eccesso di portata di infiltrazione verso la rete delle acque superficiali.

L'impianto viene dimensionato sulla base delle caratteristiche di permeabilità del terreno e, qualora la portata di infiltrazione sia inferiore a quella di afflusso, esso è dimensionato con un volume di invaso maggiore a quello derivante dalla portata affluente per la durata di un'ora di precipitazione, con $Tr = 20$ anni, dedotta l'aliquota infiltrata nel terreno.

Per l'analisi di frequenza delle piogge intense, si è fatto riferimento agli elaborati proposti nella direttiva PAI dell'AdB sviluppati dal GNDCI e ottenuti da un'interpolazione spaziale con il metodo di Kriging dei parametri a e n delle linee segnalatrici, discretizzate in base a un reticolo di 2 km di lato.

Le tabelle elaborate consentono il calcolo delle linee segnalatrici in ciascun punto del bacino, cioè la definizione dei parametri a e n della curva pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni. L'area di interesse è compresa nella cella identificata dal PAI come AR95.

Cella	Coordinate Est cella	Coordinate Nord cella	a Tr 20	n Tr 20
AR95	387.000	5.011.000	51.95	0,389

Di seguito viene eseguito il dimensionamento dei pozzi disperdenti le acque meteoriche divisi per il lotto A e per il lotto B

In base al progetto dello Studio Spada si distinguono:

	Tetto	Superfici impermeabili quali strade di accesso e marciapiedi (autobloccanti)
Lotto A	348 m ²	392 m ²
Lotto B	697 m ²	173 m ²
Coefficiente di deflusso ϕ	0.95	0.80

7.1 LOTTO A

Per il lotto A si ha un volume d'acqua:

$$(51.95 \text{ mm}/1000) \times 348 \times 0.95 + (51.95 \text{ mm}/1000) \times 392 \times 0.80 = 17.17 + 16.29 = \mathbf{33.47 \text{ m}^3}$$

Considerando la messa in opera di n° 4 pozzi assorbenti, profondi 3 m e con diametro di almeno 1.5 m si ottiene un volume complessivo di invaso pari a:

$$\text{area base pozzo} = (1.5/2)^2 \times \pi = 1.77 \text{ m}^2$$

$$\text{area laterale pozzo} = 1.5 \times \pi \times 4 = 14.14 \text{ m}^2$$

$$\text{superficie totale pozzo} = \mathbf{15.90 \text{ m}^2}$$

$$\text{volume pozzo} = 1.77 \times 3 = 5.30 \text{ m}^3$$

$$\text{volume complessivo pozzi} = 5.30 \times \text{n}^\circ 4 \text{ pozzi} = \mathbf{21.21 \text{ m}^3}$$

Il terreno, oltre lo strato superficiale scadente, è costituito da ciottoli con sabbie e ghiaie abbastanza pulite, per cui è possibile attribuire ai depositi il seguente coefficiente di permeabilità:

$$K = \mathbf{6 * 10^{-5} \text{ m/s}}$$

Con tale permeabilità, attraverso 1 m² di terreno vengono assorbiti in un ora

$$6 * 10^{-5} \times 60 \times 60 = \mathbf{0.216 \text{ m}^3/\text{h}} \text{ di acqua}$$

Considerando quindi n° 4 pozzi si ha lo smaltimento in un ora di:

$$0.216 \times 15.90 \times 4 = \mathbf{13.74 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Da cui:

$$\mathbf{21.21 + 13.74 > 33.47}$$

Pertanto si ritengono sufficienti n° 4 pozzi con superficie fenestrata che si sviluppa per un'altezza di 3 m e con diametro di almeno 1.5, interrati in ghiaia calibrata per aumentare la superficie scolante.

7.2 LOTTO B

Per il lotto B si ha un volume d'acqua:

$$(51.95 \text{ mm}/1000) \times 697 \times 0.95 + (51.95 \text{ mm}/1000) \times 173 \times 0.80 = \\ 34.40 + 7.19 = \mathbf{41.59 \text{ m}^3}$$

Considerando la messa in opera di n° 5 pozzi assorbenti, profondi 3 m e con diametro di almeno 1.5 m si ha un volume complessivo di invaso pari a:

$$\text{area base pozzo} = (1.5/2)^2 \times \pi = 1.77 \text{ m}^2$$

$$\text{area laterale pozzo} = 1.5 \times \pi \times 4 = 14.14 \text{ m}^2$$

$$\text{superficie totale pozzo} = \underline{15.90 \text{ m}^2}$$

$$\text{volume pozzo} = 1.77 \times 3 = 5.30 \text{ m}^3$$

$$\text{volume complessivo pozzi} = 5.30 \times \text{n}^\circ 5 \text{ pozzi} = \mathbf{26.51 \text{ m}^3}$$

Il terreno, oltre lo strato superficiale scadente, è costituito da ciottoli con sabbie e ghiaie abbastanza pulite, per cui è possibile attribuire ai depositi il seguente coefficiente di permeabilità:

$$\mathbf{K = 6 * 10^{-5} \text{ m/s}}$$

Con tale permeabilità, attraverso 1 m² di terreno vengono assorbiti in un ora

$$6 * 10^{-5} \times 60 \times 60 = \mathbf{0.216 \text{ m}^3/\text{h}}$$
 di acqua

Considerando quindi n° 5 pozzi si ha lo smaltimento in un ora di:

$$0.216 \times 15.90 \times 5 = \mathbf{17.18 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Da cui:

$$\mathbf{26.51 + 17.18 > 41.59}$$

Pertanto si ritengono sufficienti n° 5 pozzi con superficie fenestrata che si sviluppa per un'altezza di 3 m e con diametro di almeno 1.5, interrati in ghiaia calibrata per aumentare la superficie scolante.

8 CONCLUSIONI

Lo studio condotto permette di giungere alle seguenti conclusioni:

- con riguardo alla geomorfologia si rileva che non sono presenti tracce di dissesti;
- nell'area la profondità della falda freatica in base agli studi della Regione Piemonte risulta di circa 4/5 m; tale valore può chiaramente diminuire in seguito ad eventi meteorici prolungati nel tempo;

È dunque necessario che il piano terreno dei fabbricati in progetto venga rialzato rispetto alla situazione attuale in modo da impedire che le eventuali acque stagnanti entrino nelle abitazioni. La sopraelevazione dovrà essere superiore a 0.7 m.

Per quanto riguarda la caratterizzazione geotecnica del sito si ricorda che sino a 0.5 m dal piano campagna sono presenti depositi con materia organica non adatti a sostenere le fondazioni delle abitazioni.

Più in profondità sono presenti ciottoli e alcuni blocchi in matrice sabbioso ghiaiosa con limo, ad essa sono stati attribuiti i seguenti parametri geotecnici:

- coesione trascurabile $c = 0$,
- angolo di attrito interno pari a $\phi_{\text{caratteristico}} = 33^\circ$,
- peso di volume $\gamma = 1.9 \text{ t/m}^3$.

Nella fase di esecuzione delle opere si ritiene comunque necessario effettuare un'accorta ispezione visiva del terreno di fondazione al fine di verificare, su tutta l'estensione dell'area di intervento, la corrispondenza tra il reale stato del terreno e quanto previsto.

Nel caso si trovassero terreni scadenti si dovrà provvedere all'asportazione ed alla sostituzione con materiale dotato di caratteristiche geotecniche adeguate.

In riferimento ai disposti del D.M. 17 gennaio 2018 "Norme tecniche per le costruzioni" è stata eseguita la caratterizzazione sismica del sito tramite l'esecuzione di Multi-channel Analysis of Surface Waves ("MASW").

La prova geofisica ha consentito di ricostruire un assetto litostratigrafico compatibile con il quadro geologico ricostruito tramite i metodi tradizionali.

Inoltre l'esecuzione della prova geofisica ha consentito di calcolare la V_{seq} che risulta pari a 456 m/s e che consente di classificare il terreno di fondazione nella classe B.

La categoria topografica attribuita è pari a T1.

Per lo smaltimento delle acque meteoriche si ritiene sufficiente la realizzazione di pozzi disperdenti aventi diametro di almeno 1.5 m e con superficie fenestrata che si sviluppa per altezza di 3 m interrati in ghiaia calibrata per aumentare la superficie scolante, rispettivamente:

n° 4 pozzi - Lotto A;

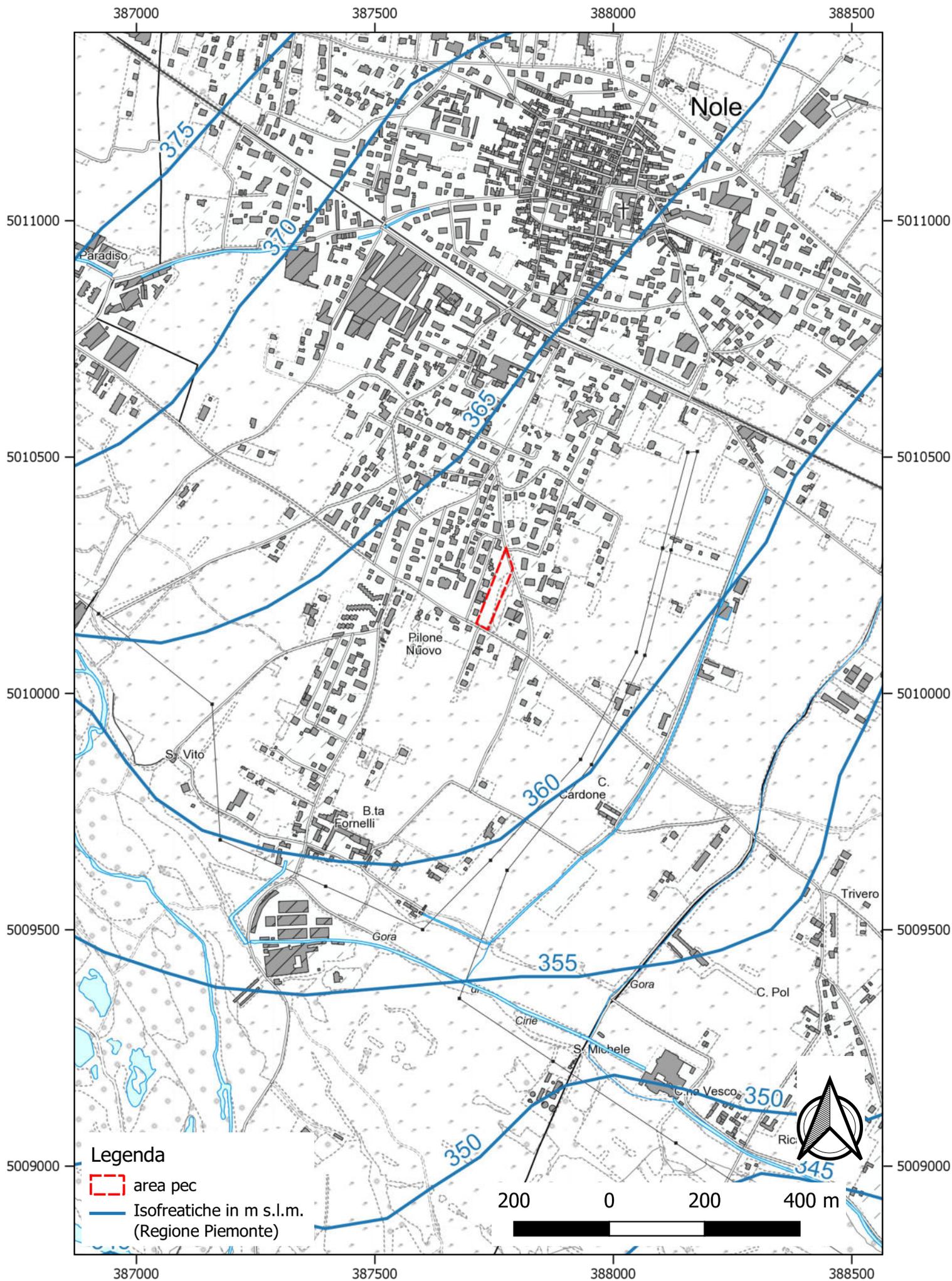
n° 5 pozzi - Lotto B.

Febbraio 2020

Dr. geol. Fabrizio VIGNA
n. 507 Geologi Regione Piemonte

Allegato 1

Inquadramento territoriale



Allegato 2

Indagine sismica con metodologia MASW

COMUNE DI NOLE

Indagine sismica con metodologia MASW finalizzata alla determinazione del parametro V_{seq} per la classificazione sismica dei suoli



RELAZIONE TECNICA

Data: Febbraio 2020

**Proprietà: BERTINO Luca Francesco, MASSARELLI Chiara, BERTINO Lorenzo e
BERTINO Enrico**

DOTT. GEOL. FABRIZIO VIGNA
Via Alfonso Badini Confalonieri, 14
10148 TORINO Cell. 338/25.88.463
E-mail fabrivigna@libero.it

1. INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica illustra e descrive le indagini geofisiche di tipo sismico (MASW – Multichannel Analysis of Surface Waves) realizzato presso:

Regione: Piemonte

Comune: Nole

Zona Sismica: 4

Coordinate UTM WGS84

- E: 387.735
- N: 5.010.173



Figura 1 – ubicazione stendimento MASW

2. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per l'acquisizione dei dati sismici è stato utilizzato un sismografo multicanale per geofisica DoReMi della SARA electronic instruments a 12 canali.

I geofoni utilizzati possiedono una frequenza di risonanza pari 4.5Hz.

L'energizzazione è stata ottenuta con massa battente di 10 Kg su piastra.

3. CENNI SULLA METODOLOGIA MASW

L'indagine si realizza disponendo lungo una linea retta, a intervalli regolari, una serie di geofoni collegati ad un sismografo. Una fonte puntuale di energia, quale una mazza battente su piastra metallica, produce treni d'onda che attraversano il terreno con percorsi, velocità e frequenze variabili. Il passaggio del treno d'onda sollecita la massa inerziale presente nel geofono, e l'impulso così prodotto viene convertito in segnale elettrico e acquisito dal sismografo. Il risultato è un sismogramma che contiene molteplici informazioni, quali tempo di arrivo ai geofoni rispetto all'istante di energizzazione, frequenze e relative ampiezze dei treni d'onda.

La successiva elaborazione consente di ottenere un diagramma 1D (profondità/velocità onde di taglio) tramite modellizzazione matematica con algoritmi finalizzati a minimizzare le differenze tra i modelli elaborati e i dati di partenza. Il diagramma, riferibile al centro della linea sismica, rappresenta un valor medio della sezione di terreno interessata dall'indagine, di lunghezza circa corrispondente a quella della linea sismica e profondità variabile principalmente in funzione delle caratteristiche dei materiali attraversati e della geometria dello stendimento.

Il metodo MASW sfrutta le caratteristiche di propagazione delle onde di Rayleigh per ricavare le equivalenti velocità delle onde di taglio (V_s), essendo le onde di Rayleigh prodotte dall'interazione delle onde di taglio verticali e delle onde di volume (V_p).

Onde di Rayleigh ad alte frequenze e piccole lunghezze d'onda trasportano informazioni relative agli strati più superficiali mentre quelle a basse frequenze e lunghezze d'onda maggiori interessano anche gli strati più profondi. Il metodo MASW di tipo attivo opera in intervalli di frequenze comprese tra 5 e 70 Hz circa, permettendo di indagare una profondità massima variabile, in funzione delle caratteristiche dei terreni interessati, tra 30 e 50 metri.

La geometria della linea sismica ha influenza sui dati e quindi sul risultato finale. La massima lunghezza d'onda acquisibile è circa corrispondente alla lunghezza dello stendimento; la distanza tra i geofoni, solitamente compresa tra 1 e 3 metri, definisce la minima lunghezza d'onda individuabile evitando fenomeni di aliasing.

Interpretazione dei dati

Dal sismogramma è possibile risalire alla curva di dispersione (cioè un grafico ampiezza/frequenza) mediante la relazione

$$V_R(f) = f/k,$$

dove f = frequenza e k = numero d'onda.

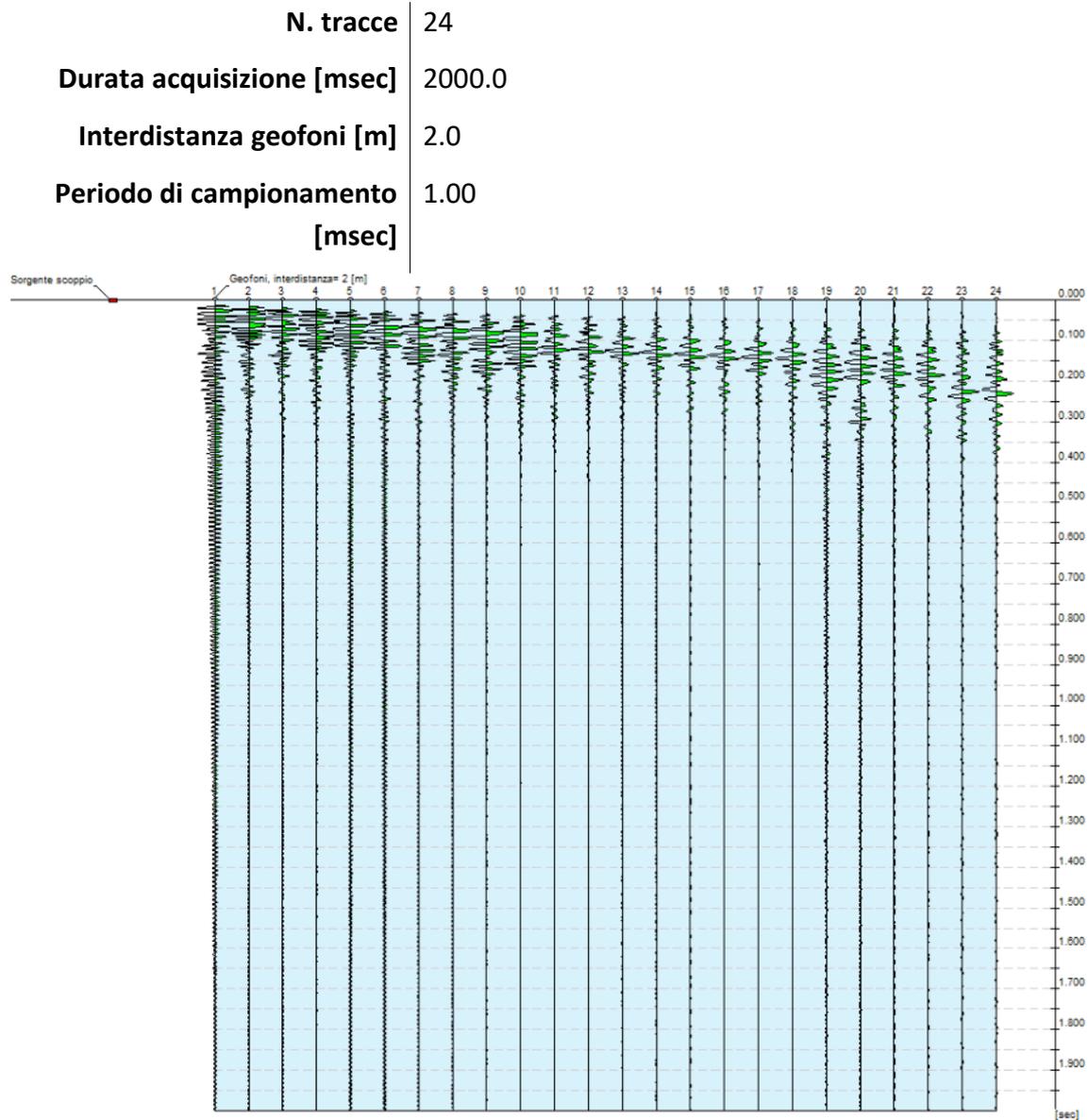
Il processo di individuazione della curva di dispersione caratteristica del sito in esame è eseguito tramite software. La successiva fase di elaborazione-interpretazione è condotta eseguendo una "analisi spettrale", e consiste sostanzialmente nella risoluzione del cosiddetto problema inverso: a partire dalla curva di dispersione misurata in situ, si arriva al modello di stratificazione del terreno con i relativi parametri sismici, secondo il seguente schema:

- Concatenazione dei file contenenti i record di registrazione in situ.

- Fase di pre-processing per “ottimizzare” i record stessi in modo da migliorare la qualità dell’interpretazione cioè eventuale filtraggio o “pulizia” dei dati grezzi.
- Passaggio dal sismogramma al dominio spettrale mediante trasformata FK.
- Picking dei punti dello spettro per ottenere la curva di dispersione sperimentale; la procedura consiste nel trovare per ogni frequenza i massimi assoluti/relativi dello spettro FK, ed è finalizzata alla individuazione del modo fondamentale di propagazione dell’onda (ovvero quello a velocità minore), senza trascurare (analisi multimodale) di ricercare eventuali modi superiori.
- Estrazione della curva di dispersione sperimentale mediante la procedura sopra indicata dallo spettro FK.
- Inversione: tale procedura è effettuata allo scopo di ottimizzare un modello stratigrafico che sia relativo e sovrapponibile alla curva di dispersione sperimentale propria del sito.
- Fase di ottimizzazione e di taratura della curva teorica, realizzata contestualmente alla procedura d’inversione, con inserimento di strati, assegnazione di moduli di Poisson e taratura dello spessore degli strati mediante prove dirette o più frequentemente osservazioni di campagna, ed eseguendo ulteriori processi di inversione allo scopo di raffinare il risultato ottenuto, cioè una curva di dispersione teorica finale molto ben sovrapposta a quella sperimentale
- Ottenimento di un profilo verticale delle Vs, minimizzando le imprecisioni (risultati random), e ottenendo un modello finale ad elevata attendibilità e fortemente rappresentativo, mediante le tarature del reale profilo Vs/profondità del sito in analisi.

4. ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

Tracce

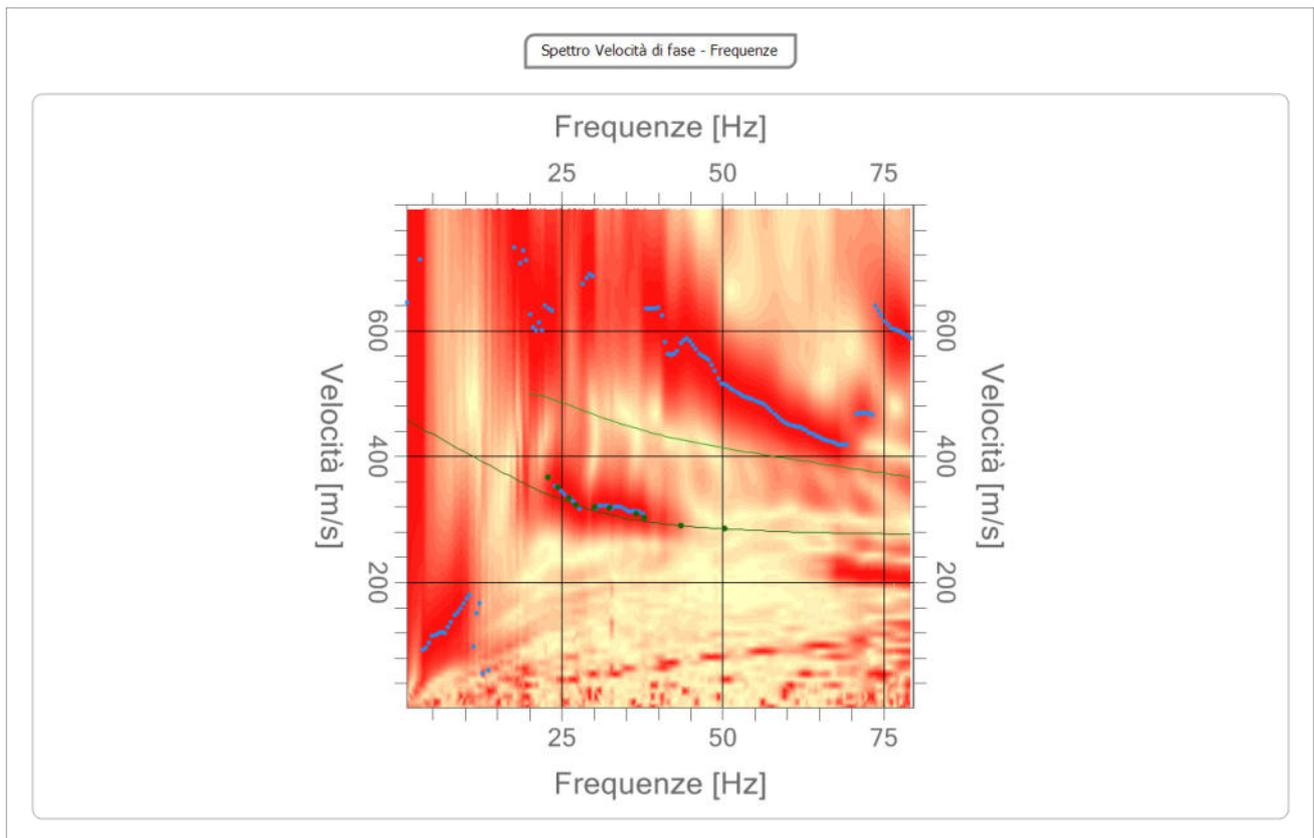


Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	80
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	22.9	367.0	0
2	24.4	350.7	0
3	26.1	334.3	0
4	27.3	322.9	0
5	30.2	319.6	0
6	32.4	318.0	0
7	36.6	308.2	0
8	37.9	303.3	0
9	43.5	290.2	0
10	50.3	285.3	0



Inversione

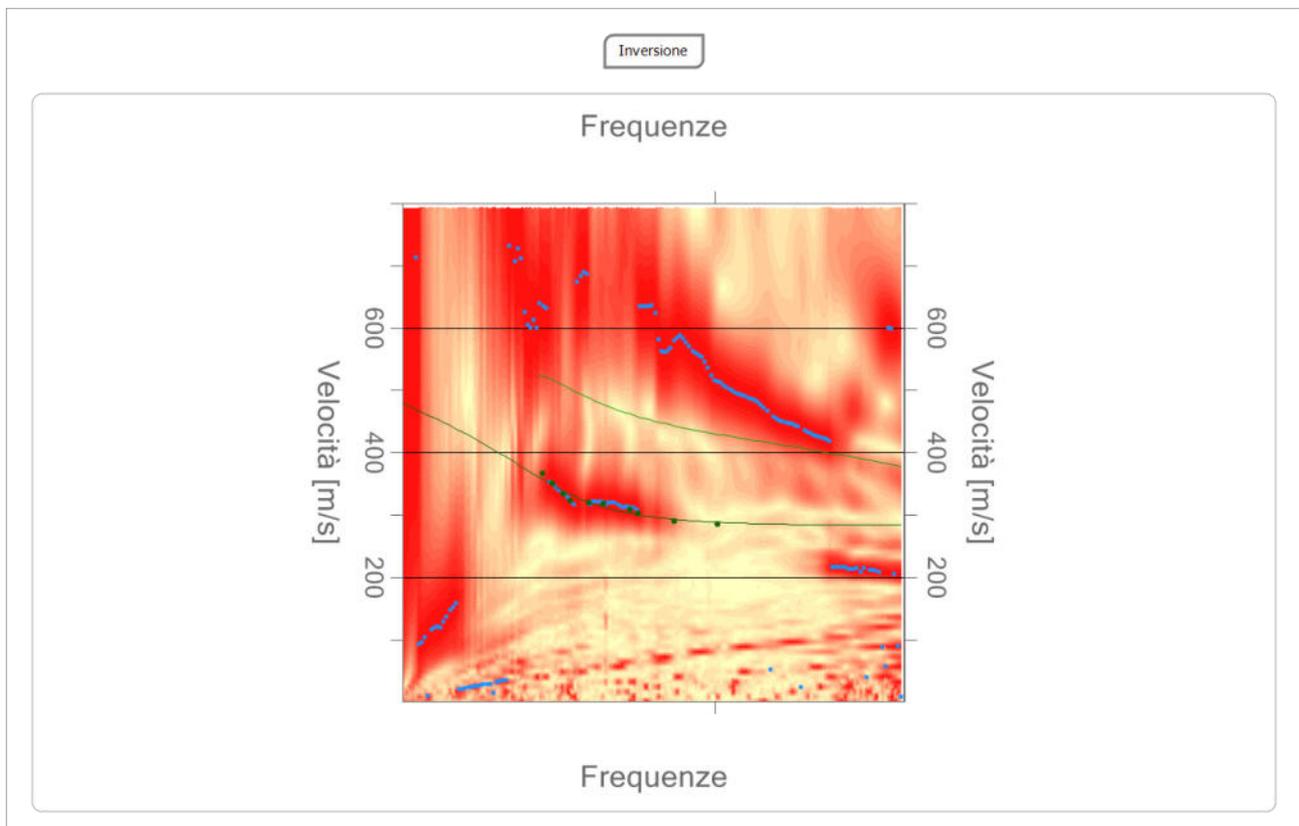
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Coefficiente Poisson	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.16	1.16	0.3	573.4	306.5
2	3.84	2.68	0.3	566.0	302.6
3	4.88	1.04	0.3	633.5	338.6
4	8.59	3.71	0.3	838.7	448.3
5	11.24	2.65	0.3	882.0	471.4
6	16.80	5.56	0.3	946.4	505.9
7	∞	∞	0.3	981.2	524.5

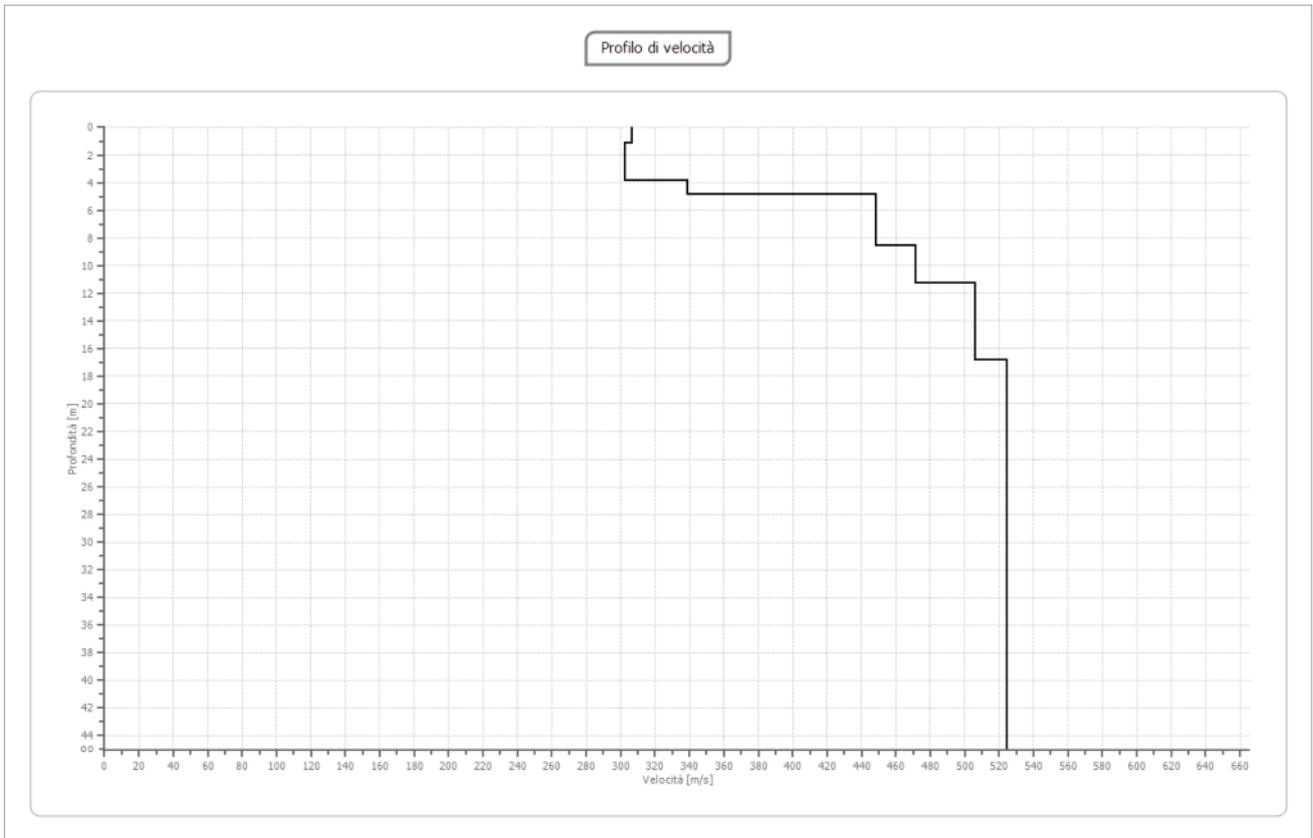
Percentuale di errore

0.030 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.017





5. RISULTATI

L'analisi del profilo stratigrafico, evidenzia un assetto sismostratigrafico descritto nella tabella seguente:

Livello	Profondità	Descrizione	Velocità Vs
1	Sino a ca. 5 m	Terreno agrario (scarso) con depositi fluviali sciolti	Vs < 400 m/s
2	Oltre 5 m	Depositi fluvioglaciali con velocità via via crescente	Vs > 400 m/s

Il valore di Vs equivalente calcolato al piano campagna è pari a 456.15 m/s. pertanto è possibile definire il contesto geotecnico esaminato come suolo di classe sismica "B".

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs,eq [m/sec] (H=19.16 m)	456.15
Categoria del suolo	B

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

Sommario

1. INTRODUZIONE.....	1
2. STRUMENTAZIONE UTILIZZATA.....	1
3. CENNI SULLA METODOLOGIA MASW	2
4. ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI.....	4
5. RISULTATI.....	8