

Committente:

Comune di Fontaneto d'Agogna

Provincia di Novara

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

REALIZZAZIONE NUOVA SEDE AIB E LOCALE PRO LOCO

Codice Unico Progetto (CUP)

G68C18000100004

I Progettisti:

Ingegnere
Roberta Tredici

Dott. Geologo
Vittorio Perazzoli

PI
Sergio Vallini

S5

**RELAZIONE GEOLOGICA E
GEOTECNICA**

**DICEMBRE
2018**

rev 00

SOMMARIO

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO
2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE
3. INDAGINI SISMICHE IN SITO E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRENO
4. INDAGINI IN SITO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO
 - 4.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE STRUMENTAZIONE UTILIZZATA
 - 4.2 METODOLOGIA DI ELABORAZIONE DEI DATI PENETROMETRICI
 - 4.3 DATI E PARAMETRI GEOTECNICI
 - 4.4 MODELLO GEOTECNICO
5. GEOTECNICA FONDAZIONI SUPERFICIALI
 - 5.1 DETERMINAZIONE DELLA PRESSIONE LIMITE CON LA FORMULA DI BRINCH-HANSEN (STATO LIMITE ULTIMO D.M. 17/01/2018)
 - 5.2 DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI AMMISSIBILI (STATO LIMITE D'ESERCIZIO D.M. 17/01/2018)
6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

ALLEGATI

- UBICAZIONE AREA SU FOTO AEREA
- TAV. 08 "CARTA DI SINTESI DELLA PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E DELL'IDONEITÀ ALL'UTILIZZAZIONE URBANISTICA – BASE C.T.R." - SCALA 1:10.000.
- UBICAZIONE AREA DI INTERVENTO SU CARTA TECNICA REGIONE PIEMONTE SEZIONE N° 094100 SCALA 1:10.000
- ESTRATTO TAV. 06 "CARTA GEOIDROLOGICA" – SCALA 1:10.000
- UBICAZIONE STENDIMENTI SISMICI E GRAFICI SISMICI
- CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DEL PIEMONTE
- DIAGRAMMI CORRELATIVI FRA IL NUMERO DI COLPI (NSPT), DENSITÀ RELATIVA (DR) TERZAGHI PECK, ANGOLO D'ATTRITO MEYERHOF (ϕ)
- UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE
- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E ISTOGRAMMI PENETROMETRICI

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

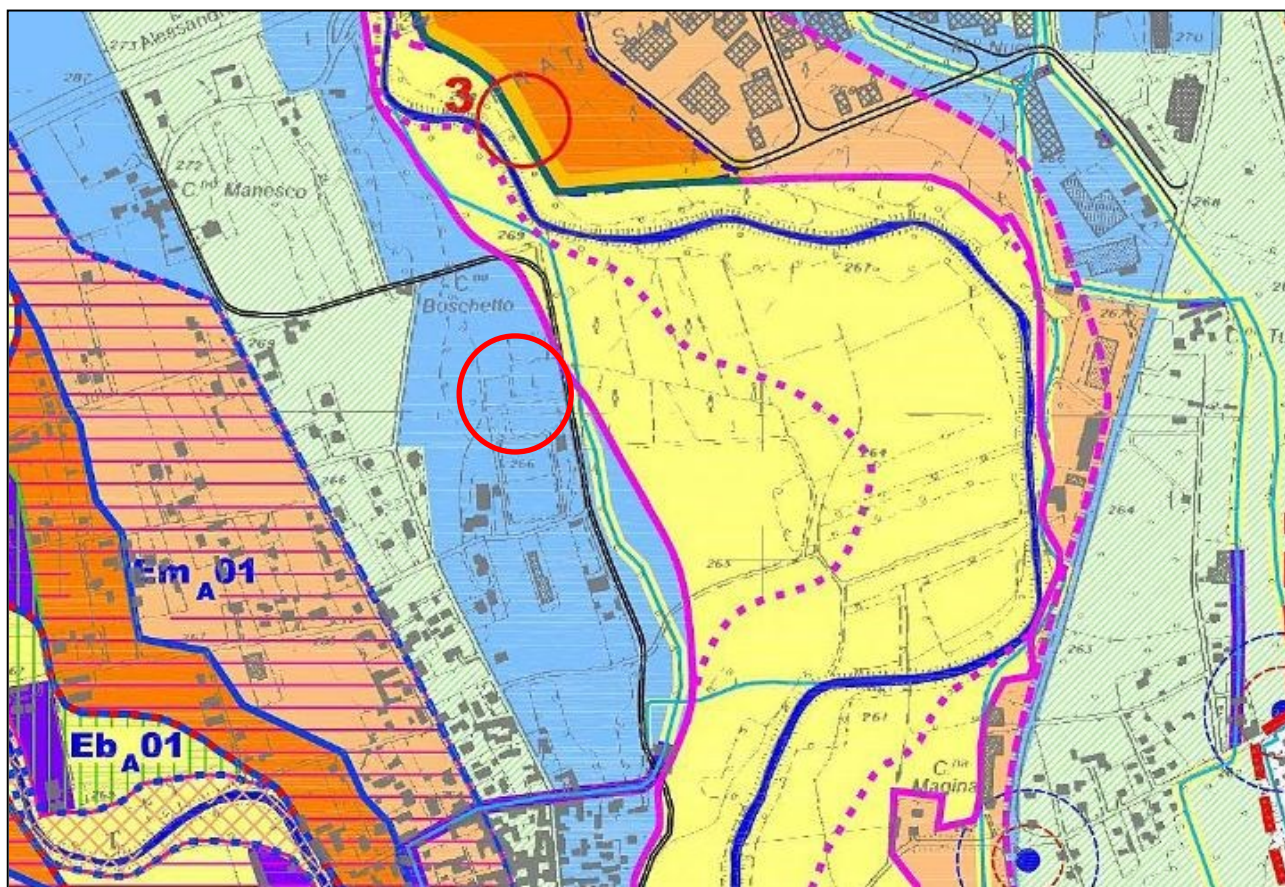
La presente relazione geologica e geotecnica accompagna il progetto esecutivo del nuovo edificio della sede dell'A.I.B. in Comune di Fontaneto.

L'area su cui sorgerà l'edificio in narrativa è ubicata presso il campo sportivo comunale.



L'area è inserita nel P.R.G.C. vigente in classe IIc *“Zone subpianeggianti o depresse caratterizzate da terreni di copertura le cui caratteristiche geotecniche possono rilevarsi scadenti, con eventuale presenza di falda periodicamente superficiale o difficoltà di drenaggio in locali aree di depressione. – Rischio idraulico nullo – fenomeni di dissesto assenti – caratteristiche geotecniche substrato varie, localmente scadenti”*.

Si veda estratto Tav. 08 *“Carta di sintesi della pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica base C.T.R.”* – Scala 1:10.000.



Legenda (Classi C.P.G.R. 7/Lap)

Nota: Gli Interventi di modificazione del suolo sul territorio comunale, quale che sia la propria collocazione rispetto alle classi di pericolosità geomorfologica, sono comunque subordinati al rispetto delle prescrizioni contenute nelle norme di attuazione allegata alla presente Variante di P.R.G.C., ed alle direttive del D.M. 11 marzo 1988 e successive aggiunte e modificazioni.

	CLASSE I Porzioni di territorio in cui le condizioni di pericolosità sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche ed edilizie. Rischio idraulico: nullo Fenomeni di dissesto: assenti Caratteristiche geotecniche substrato: buone
	CLASSE IIa Zone di versante con acclività da medio-bassa a media, in cui il substrato è a tratti affiorante, oppure è ricoperto da depositi superficiali talora anche di significativo spessore, in cui le caratteristiche rispettivamente geomeccaniche e geotecniche, risultano essere compatibili con l'edificabilità. Porzioni di territorio dove esiste una sola condizione di pericolosità geomorfologica o idrogeologica o idrologica, moderata e superabile con l'adozione ed il rispetto di accorgimenti a livello del singolo lotto o della singola area omogenea. Fenomeni di dissesto: assenti Caratteristiche geotecniche substrato: varie - generalmente buone
	CLASSE IIc Zone subplaneggianti o depresse caratterizzate da terreni di copertura le cui caratteristiche geotecniche possono rivelarsi scadenti, con eventuale presenza di falda periodicamente superficiale o difficoltà di drenaggio in locali aree di depressione. Rischio idraulico: nullo Fenomeni di dissesto: assenti Caratteristiche geotecniche substrato: varie, localmente scadenti
	CLASSE IIId Porzioni di territorio con problemi di periodico allagamento a bassa battente d'acqua e bassa o nulla energia. Rischio idraulico: medio o moderato Fenomeni di dissesto: presenti con livello medio-moderato Caratteristiche geotecniche substrato: varie, generalmente discrete
	CLASSE IIIa Porzioni di territorio non edificate, ove esistono condizioni generalizzate di pericolosità geomorfologica, idrogeologica e/o idrologica, che le rendono inadatte all'utilizzo edilizio in base alle tecniche costruttive attuali ed alle leggi e normative esistenti. Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili, vale quanto previsto dall'art. 31 della L.R. 56/77.
	CLASSE IIIb Porzioni di territorio edificate, ove esistono condizioni di pericolosità geomorfologica, idrogeologica e/o idrologica, che rendono necessari interventi di riassetto territoriale di carattere pubblico. Per le opere infrastrutturali di interesse pubblico non altrimenti localizzabili, vale quanto previsto dall'art. 31 della L.R. 56/77.
	Sottoclasse IIIb6 Area posta al piede del versante orografico - Fascia di tutela

Fasce fluviali P.A.I.

T. AGOGNA

- Limiti di Fascia A
evento di piena con 80% Q di Tr 200 anni
- Limiti di Fascia B
evento di piena eccezionale con Tr 200 anni
- Limiti di Fascia B
- Nuova delimitazione della Fascia B coincidente con i limiti delle fasce A e C del Torrente Agogna in seguito all'applicazione del disposto di cui all'art.27, comma 3, delle Norme di Attuazione del PAI secondo quanto condiviso nei lavori tecnici del Gruppo Interdisciplinare di lavoro per l'adeguamento dello strumento urbanistico al PAI;
- Limiti di Fascia B di progetto
evento di piena eccezionale con Tr 200 anni
- Limiti di Fascia B di progetto
si intendono modificati in fascia B secondo quanto definito dai decreti del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po di presa d'atto del collaudo tecnico delle opere realizzate (rispettivamente decreto n. 152 del 15 ottobre 2012 e decreto n. 172 del 3 settembre 2015)
- Limiti di Fascia C
evento di piena catastrofica con Tr 500 anni

Fasce fluviali

T. SIZZONE

- Limiti di Fascia A
evento di piena con 80% Q di Tr 200 anni
- Limiti di Fascia B
evento di piena eccezionale con Tr 200 anni
- Limiti di Fascia B di progetto
evento di piena eccezionale con Tr 200 anni
- Limiti di Fascia C
evento di piena catastrofica con Tr 500 anni

Nota: Limiti di fascia da "Studio Idrogeologico della Provincia di Novara" non ufficiali e con valore unicamente scientifico

Per la definizione delle caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche dell'area di intervento si è proceduto ad eseguire un sopralluogo (esteso ai lotti confinanti) confrontati con i dati ricavati dal P.R.G.C., mentre le caratteristiche geotecniche dei terreni interessati dall'intervento in progetto sono state ricavate con indagini in sito, mediante n° 4 prove penetrometriche dinamiche.

I dati relativi all'indagine in narrativa sono proposti nel presente lavoro e sono utilizzati per il calcolo di portanza delle fondazioni di progetto, secondo i classici schemi di calcolo di Brinch e Hansen e Burland e Burbidge.

La presente relazione viene redatta in conformità a quanto previsto da:

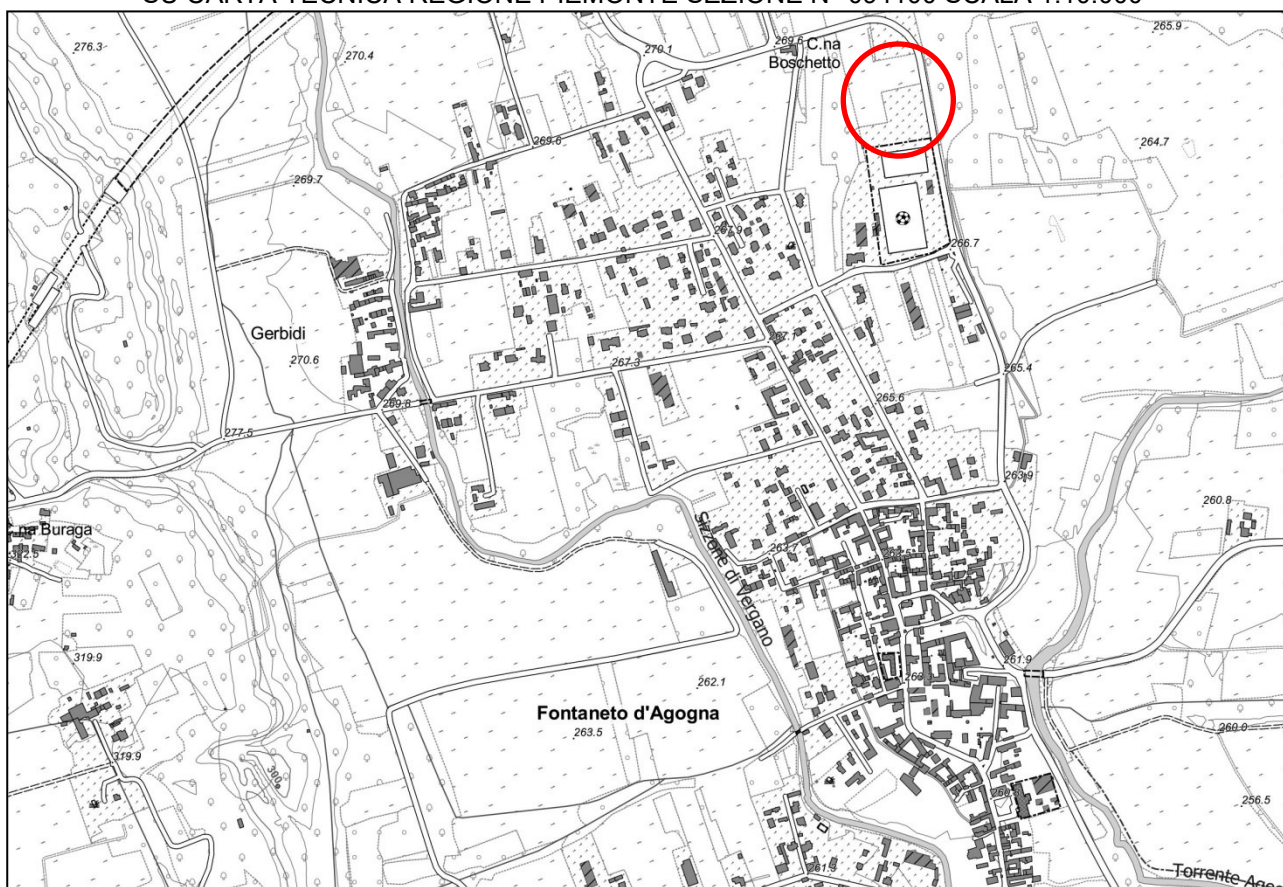
- D.M. 11/03/1988 *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"*.
- D.M. 17.01.2018 *"Aggiornamento delle norme sulle costruzioni"*.

2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE

Il lotto di intervento è morfologicamente subpianeggiante e posto a margine dell'area destinata a campo sportivo, al di fuori dell'area di pertinenza del Fiume Agogna.

L'area è posta ad una quota media di 267,00 m s.l.m.

UBICAZIONE AREA DI INTERVENTO
SU CARTA TECNICA REGIONE PIEMONTE SEZIONE N° 094100 SCALA 1:10.000



Geologia

Dal punto di vista geologico nell'area di intervento sono presenti depositi alluvionali quaternari a granulometria grossolana di tipo ghiaioso-sabbioso, ricoperti talora da una copertura di natura limoso-argillosa con spessore medio di ca. 1,00 m.

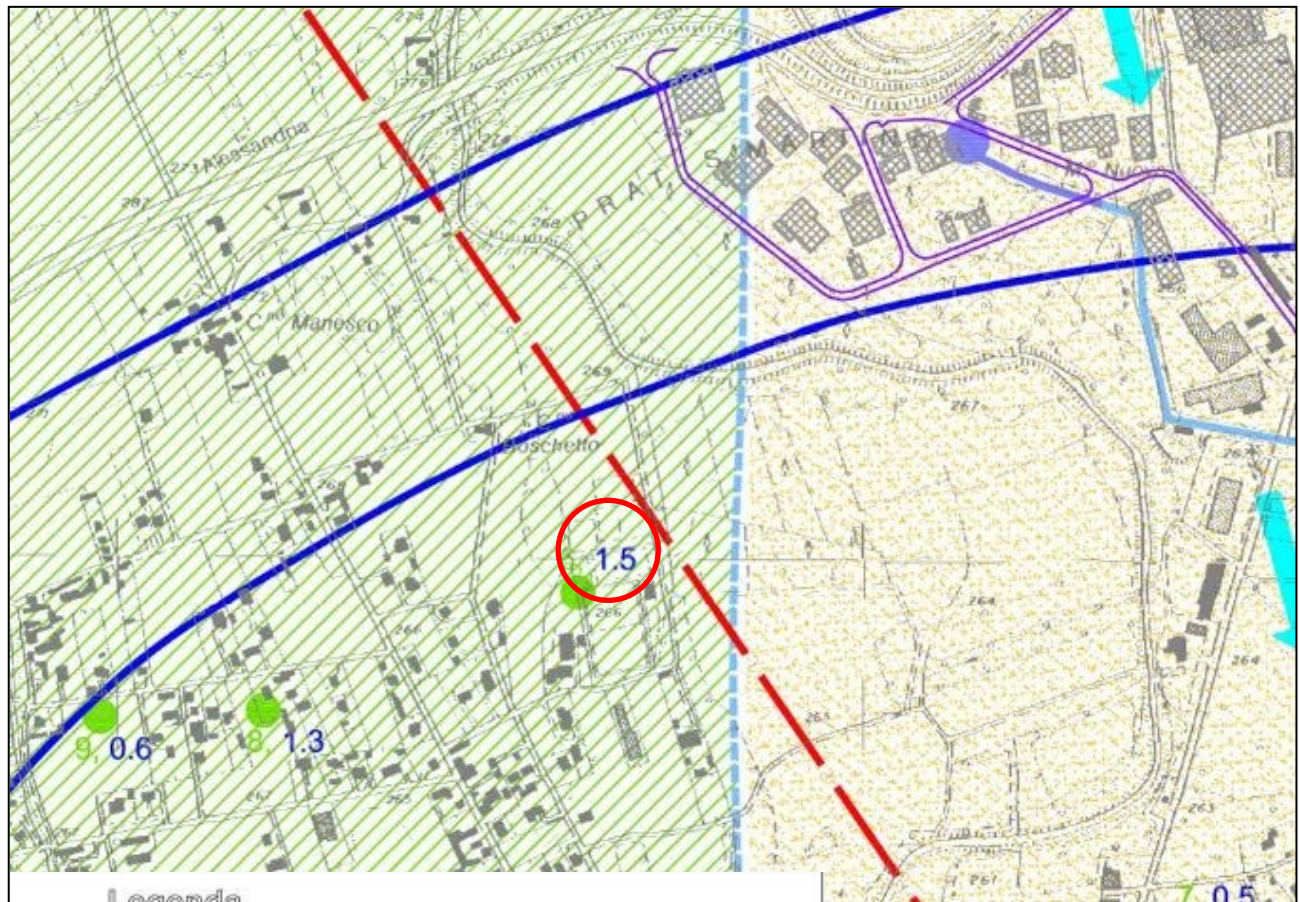
L'area si trova a monte del limite settentrionale dei fontanili, tuttavia anche questa zona è possibile la presenza di falde superficiali temporanee che possono interessare le fondazioni degli edifici.

Geomorfologia, idrografia ed idrogeologia

L'area si presenta subpianeggiante ed in parte rimaneggiata dagli interventi antropici precedenti.

Per quanto riguarda l'idrografia è evidente la presenza del t. Agogna e delle sue aree di pertinenza (si veda anche la carta di Sintesi), ma l'area di interesse si trova a ca. 160,00 m di distanza in linea retta, ma comunque al di fuori delle aree di esondazione così come individuate dal P.A.I.

Infine per quanto riguarda l'idrogeologia si allega l'estratto della Tav. 06 "Carta geoidrologica" di P.R.G.C. dove si evince la presenza di una falda acquifera superficiale con direzione di flusso N-S e con una soggiacenza di ca. $1,50 \div 2,00$ m.



Legenda

	Pozzo artesiano		Fontanile con relativa asta
	Pozzo freatico (n°, profondità acqua)		
	Curva isofreatica (livello medio). Quote in metri s.l.m.		
	Direzione prevalente di flusso della falda freatica.		
	Area interna al limite dei fontanili Area con soggiacenza 0,5-1,5 m		
	Area con soggiacenza 1,5-3 m		
	Area con soggiacenza > 5 m		Nuovi insediamenti industriali
	Traccia di sezione		Nuova viabilità
	Limite del Territorio Comunale		

3. INDAGINI SISMICHE IN SITO E CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL TERRENO

La caratterizzazione sismica del terreno è stata ottenuta mediante l'esecuzione di due profili sismici con la metodologia MASW.

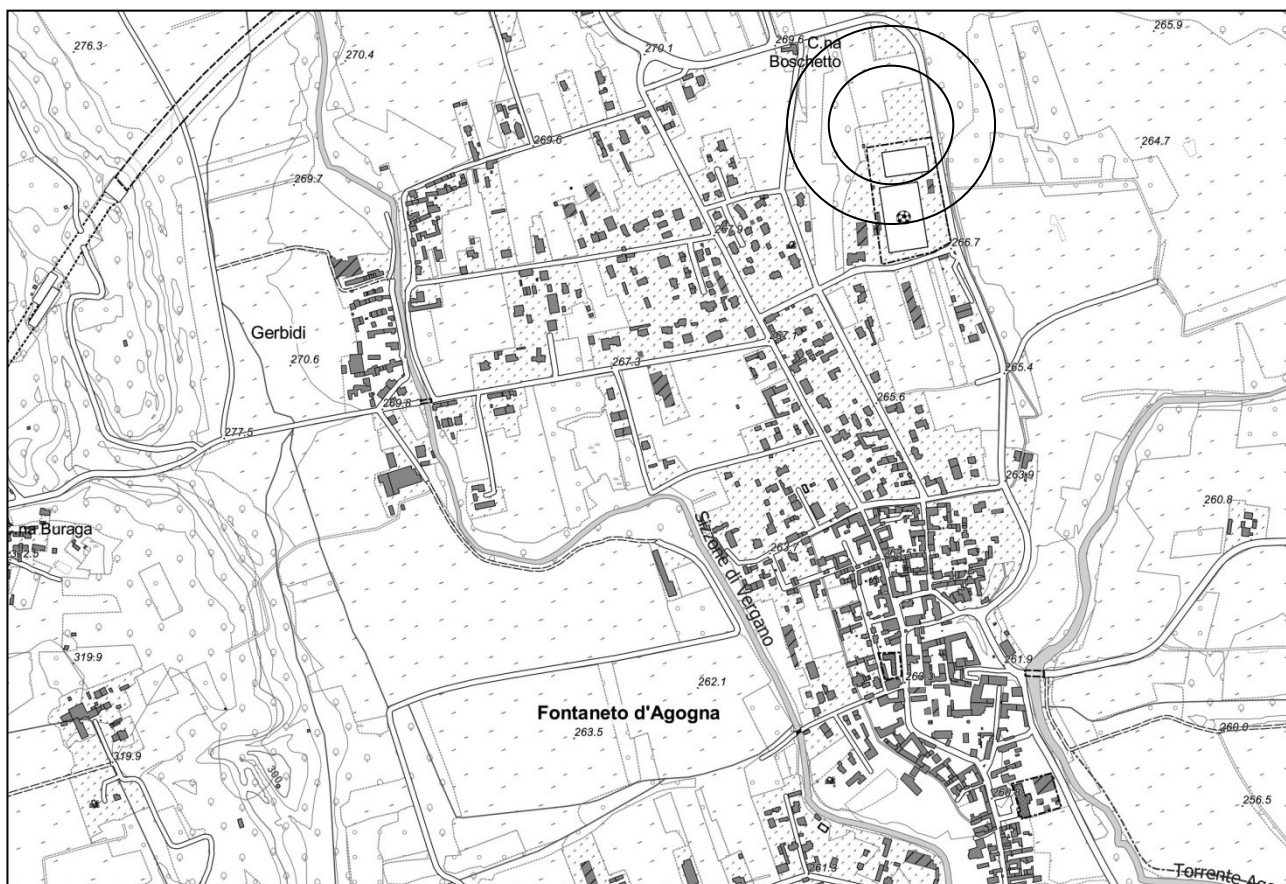
Il territorio di Fontaneto d'Agogna, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 11-13058 del 19.01.2010, Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche, entrata in vigore con la D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011, ricade nella **Zona 4**, *Zona con pericolosità sismica molto bassa*.

Finalità degli studi e delle indagini eseguite, illustrate nel seguente documento, è quello di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (Vs-z).

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (amplificazioni di natura litologica). Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sitospecifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (O.P.C.M. 3274 e s.m.i; D.M. 14.09.2005; D.M. 17.01.2018).

UBICAZIONE STENDIMENTI

In riferimento alla cartografia ufficiale l'area oggetto d'interesse risulta identificata sulla CTR della Regione Piemonte in scala 1:10.000, alla Sezione 094100.



Utilizzando il sistema GPS si è rilevato che l'area su cui si dovrà realizzare il nuovo edificio si attesta ad una quota altimetrica media di circa 269 metri s.l.m. e le coordinate geografiche medie sono le seguenti:

- Latitudine Nord 45°38'59.42"
- Longitudine Est 8°28'55.76"

INDAGINE SISMICA

Scopo dell'indagine sismica è quella di ricostruire, per l'area in oggetto, l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio con la profondità (V_s -z) all'interno dei terreni che costituiscono i primi 30 metri di sottosuolo. Di seguito si riportano le elaborazioni ed i risultati ottenuti dall'esecuzione di un profilo sismico con la metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

La strumentazione è costituita da un combinato (*sismica e tomografia elettrica*) serie 16SG-N di PASI strumentazione e software, mentre per l'interpretazione abbiamo utilizzato un programma computerizzato ("winmasw 5.2 pro" della EliaSoft) applicando le specifiche appresso riportate.

Il modello sismico monodimensionale costituisce infatti l'aspetto principale sia nella stima degli effetti sismici di sito (o risposta sismica locale - RSL) che nella definizione dell'azione sismica di progetto, in quanto consente di conoscere l'incidenza delle locali condizioni stratigrafiche nella modifica della pericolosità sismica di base (definizione della categoria di sottosuolo).

Ciò permette una corretta progettazione strutturale in relazione alle condizioni sito-specifiche, garantendo un adeguato livello di protezione antisismica delle costruzioni (D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084/D.G.R. n. 11-13058 del 19/01/2010. Approvazione delle procedure di controllo e gestione delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico attuative della nuova classificazione sismica del territorio piemontese.)

METODOLOGIA USATA

Quando un terreno viene sollecitato elasticamente, lungo l'interfaccia terreno-aria, si generano onde di Rayleigh attraverso l'interazione tra le onde di compressione P e le onde di taglio S.

È noto che la propagazione delle onde superficiali, nel caso di mezzi stratificati e trasversalmente isotropi, avviene in maniera diversa rispetto al caso di mezzi omogenei; non esiste più una unica velocità ma ogni frequenza è caratterizzata da una diversa velocità di propagazione a sua volta legata alle varie lunghezze d'onda. Queste interessano il terreno a diverse profondità e risultano influenzate dalle caratteristiche elastiche a sua volta variabili con la profondità.

Questo comportamento è fondamentale nello sviluppo dei metodi sismici che utilizzano le onde di superficie. Ovviamente le lunghezze d'onda più grandi corrispondono alle frequenze più basse e vanno ad interessare il terreno più in profondità; al contrario le lunghezze d'onda più piccole, poiché sono associate alle frequenze più alte, rimangono nelle immediate vicinanze della superficie.

I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre, la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione innanzitutto della V_s , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche.

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati sismici ci ha consentito di analizzare i dati sismici (common-shotgathers) acquisiti in campagna in modo da ricavare il profilo verticale della V_s (velocità delle onde di taglio). Tale risultato è stato ottenuto tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh, determinate tramite la tecnica MASW.

La procedura si è sviluppata in tre operazioni svolte in successione:

1. acquisizione multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale, lungo uno stendimento rettilineo costituito da 24 geofoni ed una sorgente sismica;
2. estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh;
3. inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali 1D delle V_s (un profilo verticale posizionato nel punto medio di ogni stendimento geofonico).

I comuni metodi lineari forniscono, infatti, soluzioni che dipendono dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire, in altre parole, i metodi lineari hanno un'altissima probabilità di fallire indicando un modello errato della situazione reale.

Gli algoritmi evolutivi basati su metodologie di ottimizzazione di tipo "global search" (quali ad esempio gli algoritmi genetici) sono potenzialmente in grado di fornire indicazioni più complete e precise.

A differenza dei metodi lineari non è necessario fornire alcun modello di partenza. È invece necessario definire uno “spazio di ricerca” all’interno del quale vengono valutate diverse possibili soluzioni.

Il punto di forza del programma utilizzato è quello di fornire risultati molto più robusti rispetto a quelli possibili con altre metodologie.

La soluzione finale è stata infine proposta con anche una stima della sua attendibilità (deviazioni standard) ottenuta grazie all’utilizzo di tecniche statistiche.

Una volta caricati i dati si è proceduto con il calcolo dello spettro di velocità e, quindi, si è effettuato il picking della curva di dispersione cioè la selezione dei punti che appartengono ad un certo modo di propagazione dell’onda superficiale.

Successivamente, per ottenere il profilo verticale della VS, è stato necessario eseguire l’inversione della curva di dispersione precedentemente “piccata”.

Le curve di dispersione relative al sondaggio sismico eseguito sono mostrate negli elaborati riportati in seguito.

Solo il modo fondamentale della curva è stato analizzato per la determinazione del parametro Vs30.

Le analisi dei profili sismici MASW hanno permesso la definizione di modelli 1D di velocità delle onde di taglio, localizzabili nei baricentri dello stendimento.

La profondità di penetrazione dell’indagine MASW è determinata dalla relazione tra velocità e frequenze rappresentate nella curva di dispersione. Strati più profondi influenzano, infatti, frequenze inferiori e di conseguenza sarà la frequenza più bassa a determinare la massima profondità di penetrazione.

Questo valore è determinato attraverso l’approssimazione $\lambda/2.5$ ed è, quindi, chiaramente solo indicativo. Infatti, è bene precisare che, a causa della variazione dei parametri fisico-meccanici (porosità, contenuto d’acqua, grado di fatturazione, ecc.), non sempre gli spessori sismo-stratigrafici coincidono con gli spessori litologici.

Il Vs30 è stato definito applicando la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{t=1}^N \frac{h_t}{V_t}}$$

Dove

h_t = spessore (in m);

V_t = velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo, per un totale di N strati presenti nei 30 m superiori;

N = numero di strati

ELABORAZIONE DEI DATI ACQUISITI

L’indagine è stata realizzata tramite la collocazione di 24 geofoni lungo due stendimenti: un primo allineamento lungo 24 metri più 5 metri il secondo lungo di 48 metri più 5 metri, aventi una frequenza propria di 4,5 Hz.

Nel primo stendimento i geofoni sono stati posti con una equidistanza di 1 metro e nel secondo stendimento ad una equidistanza di 2 metri, per entrambi l’offset è stato posizionato a 5 metri dall’ultimo geofono.

Per l’acquisizione dei dati è stato utilizzato il sismografo digitale 16SG24N a 24 canali ad alta risoluzione, in grado di registrare i segnali provenienti dai geofoni a componente verticale e di permettere, grazie ad un software di elaborazione interno, un rapido controllo della qualità della registrazione e consentendo un processing preliminare dei dati in situ.

Le impostazioni dei parametri di acquisizione dello strumento sono state scelte in funzione del tipo di indagine eseguita, della lunghezza dello stendimento, del grado di risoluzione ricercato, delle condizioni ambientali rispetto alle fonti di rumore e tenendo conto della relativa uniformità delle successioni sedimentarie presenti nelle zone indagate.

Per l'energizzazione è stata utilizzata una mazza di battuta del peso di 9 kg con interruttore starter battente su piattello, utilizzato come dispositivo in grado di generare onde sismiche. Le caratteristiche di acquisizione del sondaggio sismico sono le seguenti:

Tabella 1 – Parametri di acquisizione dei profili sismici

Profilo	Tipo di indagine	Intervallo di campionamento	Numero di campioni	Durata di registrazione	Numero di Stacks
S ₁	MASW	125 μ s	4096	1024 ms	5
S ₂	MASW	125 μ s	4096	1024 ms	5

Tabella 2 - Distanze di acquisizione dei profili sismici

Lunghezza totale della stesa (m)	Numero geofoni (4.5 Hz)	Posizione Off set (m)	Posizione primo geofono (m)	Posizione ultimo geofono (m)	Equidistanza tra i geofoni (m)
28	24	- 5	0	23	1
48	24	- 5	0	44	2

RISULTATI OTTENUTI: S1 STENDIMENTO DA 24 METRI

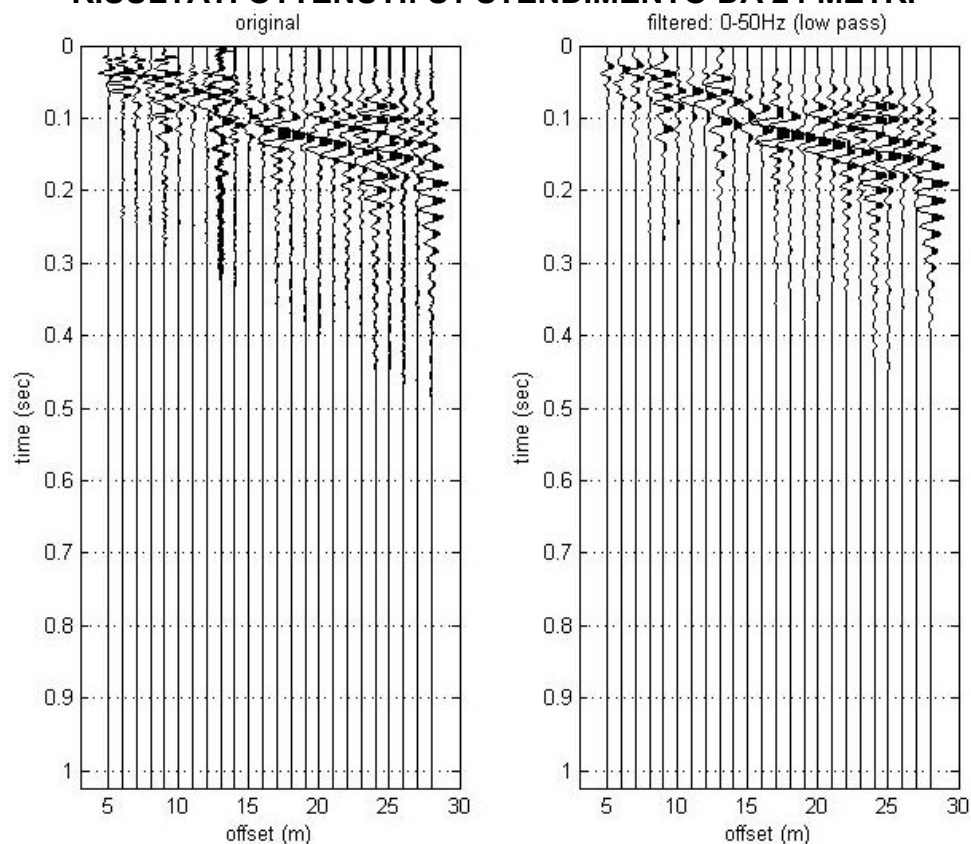


Fig. 1 - Tracce originali e filtrate

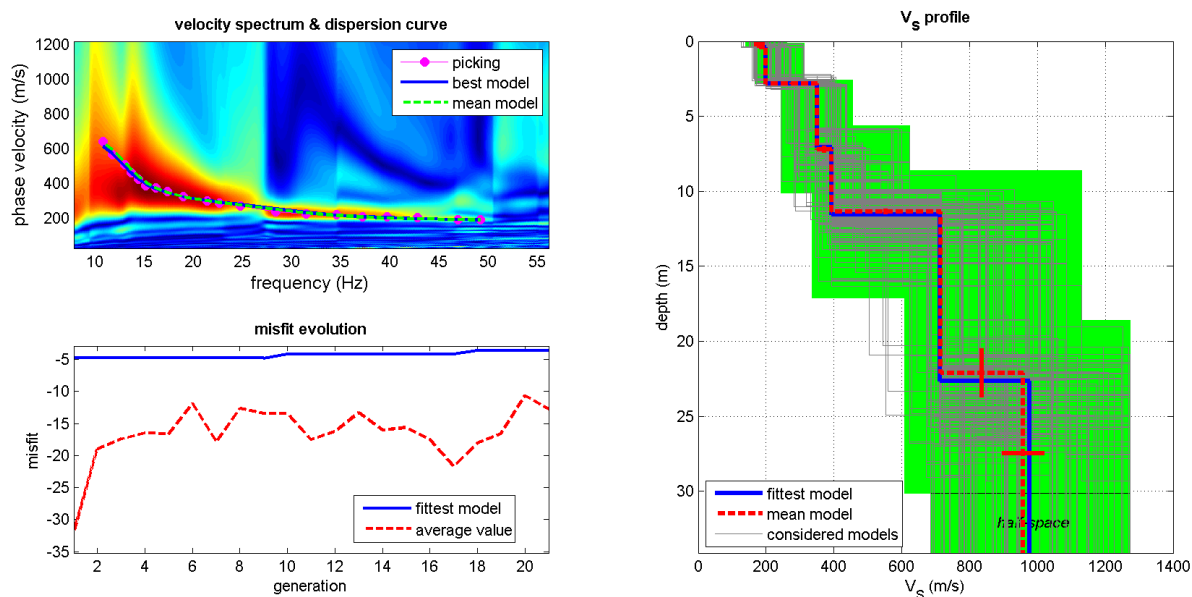


Fig. 2 - Spettro di velocità con Curva di dispersione V_{s30}

Mean model

V_s (m/s): 181, 199, 351, 393, 714, 958

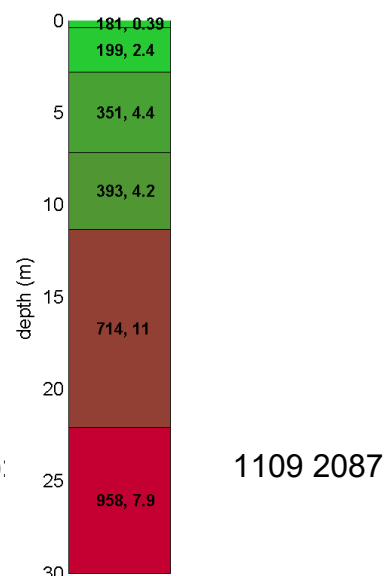
Standard deviations (m/s): 15, 0, 0, 0, 2, 61

Thickness (m): 0.4, 2.4, 4.4, 4.2, 10.8

Standard deviations (m/s): 0.0, 0.0, 0.2, 0.2, 1.6

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.88, 1.84, 1.97, 2.02,

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values):



Approximate values for V_p and Poisson

V_p (m/s): 490, 405, 718, 881, 1650, 2469

Poisson: 0.42 0.34 0.34 0.38 0.38 0.41

Mean model

RISULTATI OTTENUTI: S2 STENDIMENTO DA 48 METRI

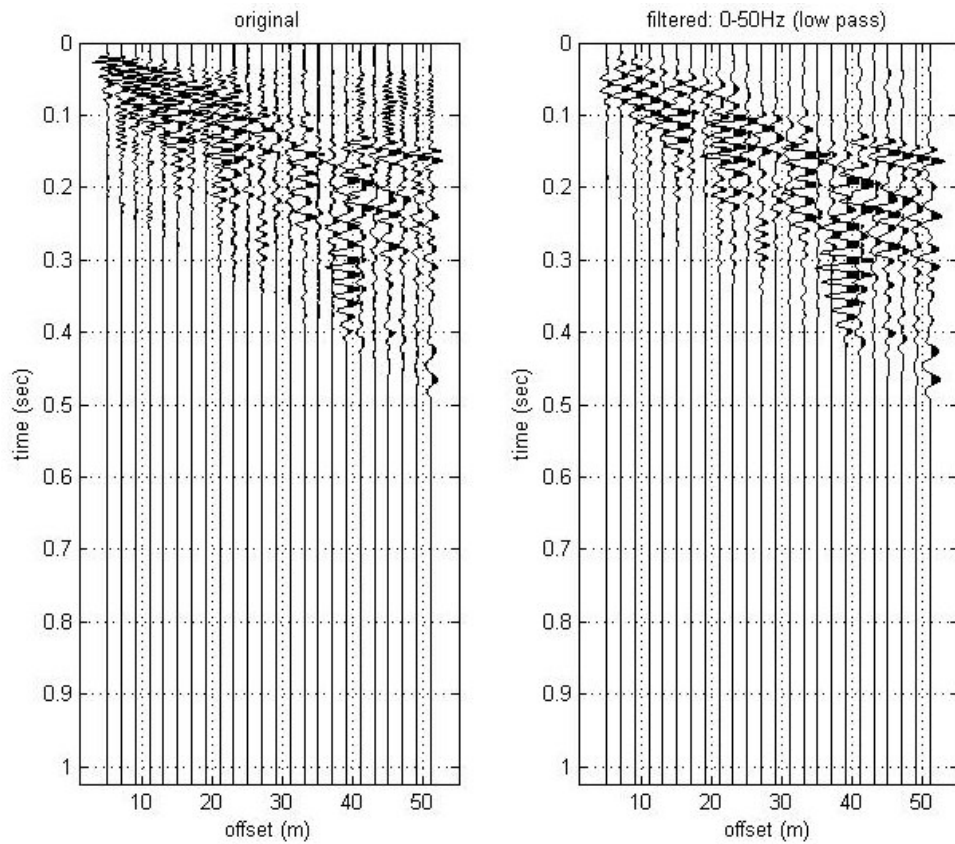


Fig. 3 - Tracce originali e filtrate

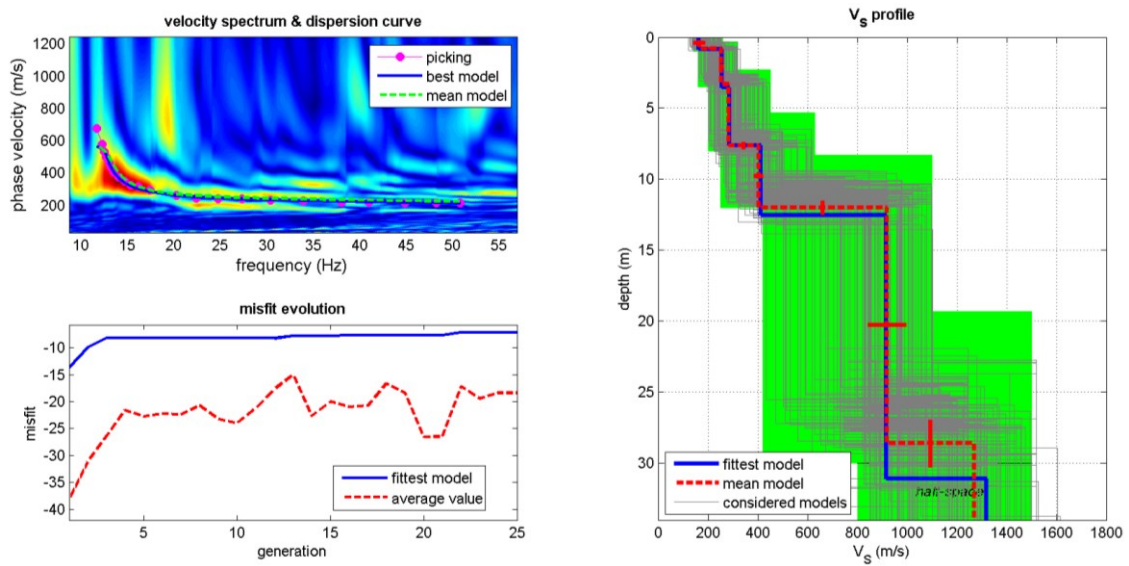


Fig. 4 - Spettro di velocità con Curva di dispersione V_{s30}

Mean model

Vs (m/s): 165, 253, 284, 403, 920, 1269

Standard deviations (m/s): 24, 9, 6, 17, 76, 77

Thickness (m): 0.8, 2.5, 4.3, 4.3, 16.6

Standard deviations (m/s): 0.1, 0.1, 0.2, 0.5, 1.7

Density (gr/cm³) (approximate values): 1.81, 1.99, 1.91, 2.11, 2.33, 2.33

Seismic/Dynamic Shear modulus (MPa) (approximate values): 49 128 154 342

Approximate values for Vp and Poisson

Vp (m/s): 371, 775, 549, 1254, 3055, 3161

Poisson: 0.38 0.44 0.32 0.44 0.45 0.40

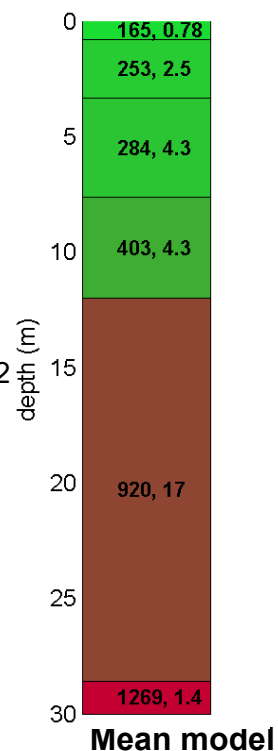


Fig. 5—Ubicazione indagine sismica attiva S1 e S2

Dall'esame della stratigrafia derivante dal processo di inversione appare che la velocità di propagazione delle onde sismiche secondarie risulti crescente con l'aumentare della profondità.

I dati ottenuti dal modello medio sono i seguenti:

- **Stendimento da 24 metri** Tipo di analisi: onde di Rayleigh V_{S30} (m/s): 495
- **Stendimento da 48 metri** Tipo di analisi: onde di Rayleigh V_{S30} (m/s): 501

Questo fa sì che in applicazione della normativa sismica vigente (*Circolare C.S.LL.PP. 617*

del 02/02/2009 - D.M. 17.01.2018) il sito rientra nella categoria **B** di sottosuolo così come si evince dalla allegata tabella.

Categoria	Descrizione del profilo stratigrafico	Parametri		
		Vs30 (m/s)	NSP T	Cu (kPa)
A		> 800	-	-
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).</i>	360-800	>50	>250
C		180-360	15-50	70-250
D		<180	<15	<70

Tab. 1 - Categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III).

3.1 Definizione dell'azione sismica secondo la normativa

Nel presente paragrafo si definiscono gli spettri di risposta elastici previsti dalla normativa antisismica (D.M. 17.01.2018). La quantificazione della risposta sismica locale avviene mediante l'utilizzo di categorie di sottosuolo che consentono una stima dell'amplificazione stratigrafica, generata dalle particolari condizioni lito-meccaniche dei terreni che costituiscono l'area in esame (approccio semplificato - Cap. 3.2.2 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche).

Le ipotesi assunte nella definizione degli spettri di risposta elastici in accelerazione risultano:

- **Zona sismica = 4** (Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 11-13058 del 19.01.2010);
- **Vita nominale della struttura: VN= 50 anni;**
- **Classe d'uso = IV;**
- Periodo di riferimento per l'azione sismica **VR=100 anni** (CU=2.0);

Valori di accelerazione massima orizzontale e dei parametri spettrali per i diversi stati limite (valori interpolati ottenuti dalla media pesata con i 4 punti della griglia di accelerazioni che comprendono il sito in esame [ED50 Latitudine 45.650760; Longitudine 8.483307].

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T _r [anni]	a _g /g [-]	F _o [-]	T* c[s]
SLO - Operatività	60	0,020	2,533	0,182
SLD - Danno	101	0,024	2,601	0,212
SLV - Salvaguardia Vita	949	0,045	2,692	0,306
SLC - Prevenzione Collasso	1950	0,053	2,971	0,324

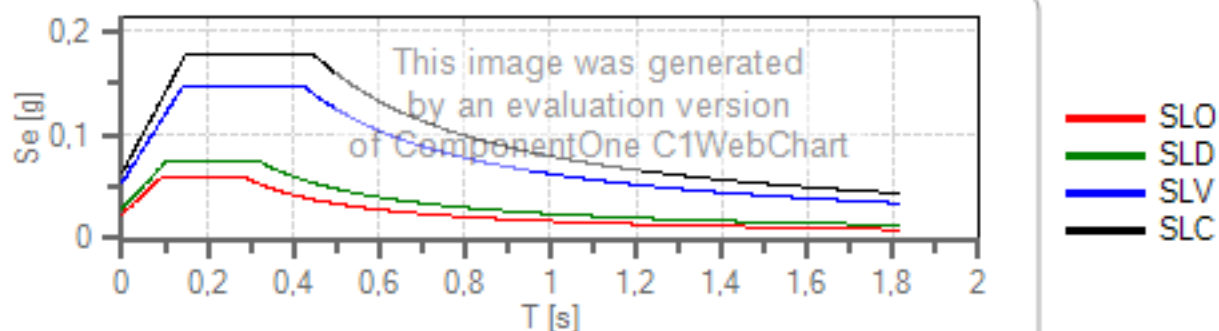
Spettri di risposta

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali e verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso = 5 %

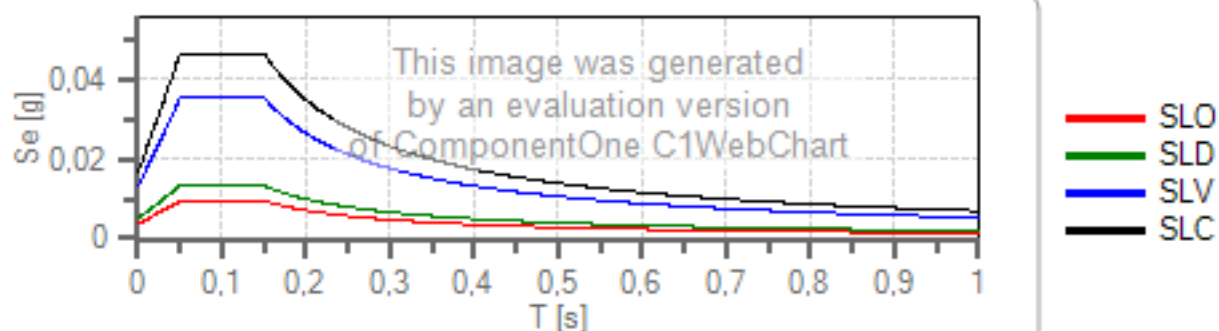
Fattore che altera lo spettro elastico = 1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,020	2,533	0,182	1,200	1,550	1,000	1,200	1,000	0,094	0,282	1,679
SLD	2	0,024	2,601	0,212	1,200	1,500	1,000	1,200	1,000	0,106	0,317	1,697
SLV	2	0,045	2,691	0,306	1,200	1,390	1,000	1,200	1,000	0,142	0,426	1,782
SLC	2	0,053	2,791	0,324	1,200	1,380	1,000	1,200	1,000	0,149	0,447	1,813

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S		TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,020	2,533	0,182	1,000	1,550	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,024	2,601	0,212	1,000	1,500	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,045	2,691	0,306	1,000	1,390	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,053	2,791	0,324	1,000	1,380	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

Spettro di progetto

Coefficiente di struttura q per lo spettro orizzontale = 1.5

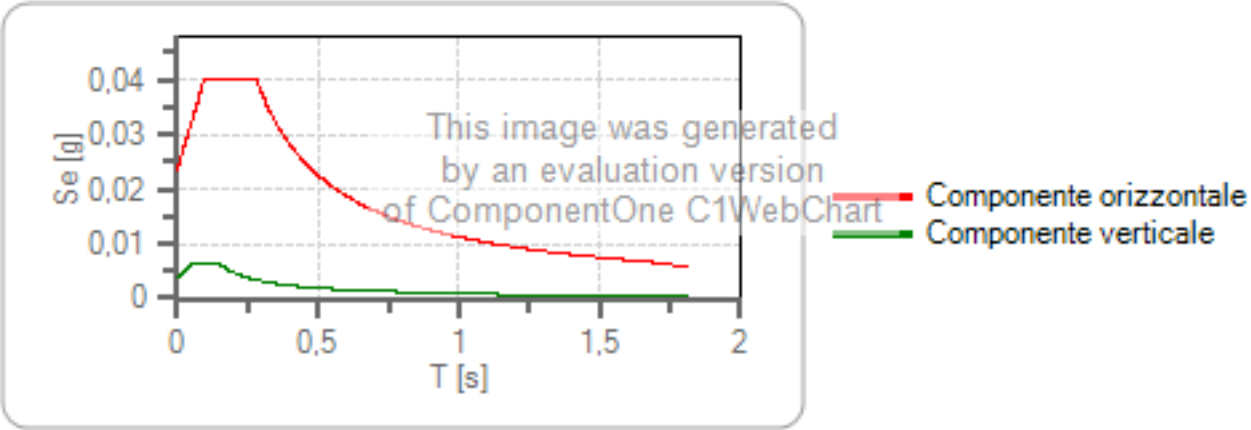
per lo spettro orizzontale = 0,667

Coefficiente di struttura q per lo spettro verticale = 1.5

per lo spettro verticale = 0,667

Stato limite: SLO

Spettri di progetto per lo stato limite: SLO



	cu	ag [g]	Fo	Tc* [s]	Ss	Cc	St	S	q	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO orizzontale	2	0,020	2,533	0,182	1,200	1,550	1,000	1,200	1,500	0,094	0,282	1,679
SLO verticale	2	0,020	2,533	0,182	1,200	1,550	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000

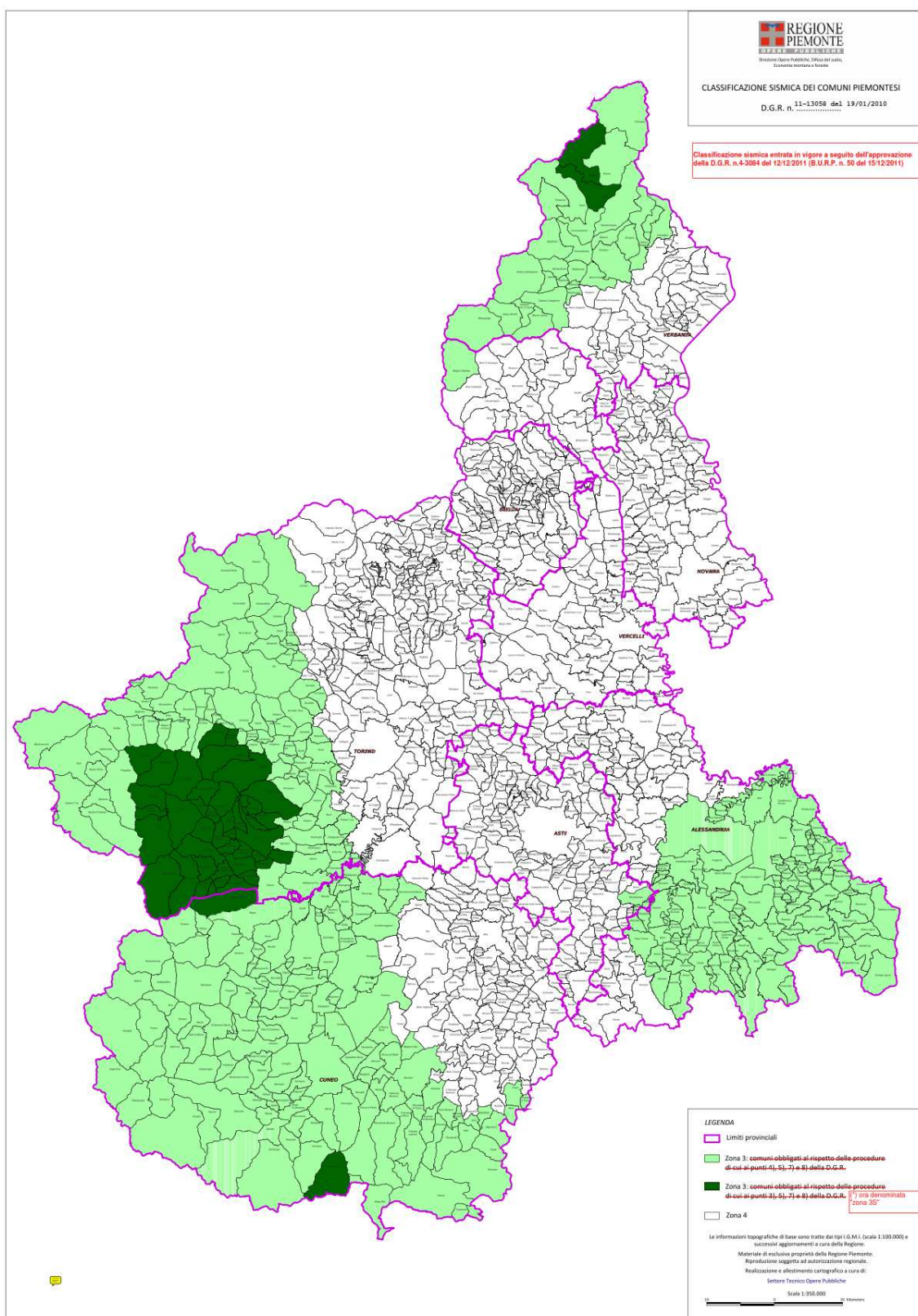


Fig. 13– *Classificazione sismica dei comuni del Piemonte*

CONCLUSIONI CARATTERISTICHE SISMICHE

Il territorio di Fontaneto d'Agogna, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale del Piemonte n. 11-13058 del 19.01.2010, Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche, entrata in vigore con la D.G.R. n. 4-3084 del 12.12.2011, ricade nella **Zona 4**, *Zona con pericolosità sismica molto bassa*.

Da quanto si evince dall'elaborazione delle indagini sismiche, di tipo MASW, eseguite in corrispondenza dell'area di progetto, i terreni sono caratterizzati da velocità di propagazione delle onde sismiche secondarie pari a **498 m/s**, valore ricavato dalla media delle due velocità, ed è quindi classificato in categoria **B**, secondo normativa vigente.

4. INDAGINI IN SITO E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

4.1 Indagini in sito

Sono state eseguite quattro (tre inizialmente ed una in seguito, in concomitanza con le indagini sismiche) prove penetrometriche dinamiche nel sito di progetto, confrontate con i dati di P.R.G.C. per parametrare la natura del terreno dal punto di vista geotecnico.

Le prove sono state eseguite utilizzando un penetrometro dinamico tipo TECNOTEST (TP 223/S) motorizzato che utilizza una massa battente di 30 kg, con un'altezza di caduta della stessa di 20 cm; il numero di colpi di riferimento è per un avanzamento in profondità di 10 cm, la punta conica ha un angolo $\alpha = 60^\circ$, diametro $D = 35.7$ mm e superficie $A = 10$ cm².

Facendo riferimento alla classificazione ISSMFE (International society for soilmechanics and geotechnical engineering -1988) il penetrometro utilizzato è classificabile come penetrometro di tipo Medio (DPM).

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

TIPO	SIGLA DI RIFERIMENTO	PESO DELLA MASSA M (kg)
LEGGERO	DPL (LIGHT)	$M < 10$
MEDIO	DPM (MEDIUM)	$10 < M < 40$
PESANTE	DPH (HEAVY)	$40 < M < 60$
SUPER PESANTE	DPSH	$M > 60$

4.2 Metodologia di elaborazione dei dati penetrometrici

La parametrizzazione geotecnica dei terreni è ottenuta sia da dati di letteratura per le litologie presenti sia da correlazioni con il numero di colpi delle prove penetrometriche dinamiche eseguite.

La prova penetrometrica di riferimento per la quale risulta disponibile una vasta bibliografia per la caratterizzazione geotecnica dei terreni è la prova SPT (Standard Penetration Test); per ottenere il numero di colpi della prova SPT dal numero di colpi registrato in sito con il penetrometro utilizzato (N) si applica un coefficiente di correzione (B).

Il coefficiente di correzione B rappresenta il rapporto tra l'energia specifica alla penetrazione riferita alla tipologia di penetrometro impiegato e l'energia della prova SPT. Per il tipo di penetrometro utilizzato per l'indagine geotecnica in narrativa il numero di colpi N_{SPT} si ricava mediante l'espressione: $N_{SPT} = B \times N = 0,77 \times N$.

In corrispondenza di livelli incoerenti a granulometria prevalentemente sabbiosa il valore ottenuto di N_{SPT} è corretto secondo le indicazioni di Terzaghi e Peck nel seguente modo:

$$N'_{SPT} = 1,25 \times N_{SPT}$$

4.3 Dati e parametri geotecnici

Densità relativa (D_r): è attribuita in funzione di N'_{SPT} secondo il diagramma di correlazione di Terzaghi-Peck di seguito riportato;

Angolo d'attrito (ϕ): è attribuito in funzione di N'_{SPT} secondo il diagramma di correlazione di Meyerhof di seguito riportato (Terzaghi – Peck, Meyerhof).

Peso di volume secco (γ_d): i valori di peso di volume attribuiti alle litologie presenti nell'area di intervento sono riportati nello schema sottostante. (R. Lancellotta)

Terreno	γ_d (kN/m ³)	γ (kN/m ³)
Ghiaia	14-21	18-23
Sabbia	13-18	16-21
Limo	13-19	16-21
Argilla tenera	7.0-13	14-18
Argilla compatta	14-18	18-21
Torba	1.0-5	10.0-13

Coesione non drenata (C_u): i terreni non sono caratterizzati da frazione fine coesiva, perciò nei calcoli geotecnici si dovranno considerare terreni con coesione nulla.

Nelle tabelle di seguito allegate si riportano, per ogni orizzonte geotecnico individuato, il numero medio di colpi N'_{SPT} , ricavato applicando le correlazioni sopra esposte al numero medio di colpi N registrato in sito e la parametrizzazione geotecnica ricavata.

PROVA N. 1 – posta in mezzzeria del fabbricato AIB sul lato opposto rispetto alla Via della Pace

Profondità da p.c. da	N'_{SPT} medio	Angolo d'attrito ϕ	Densità relativa D_r	Coesione C_u	Peso di volume γ_d	Note
0,00 m -1,10 m	5	26°	20 %	0 kN/mq = 0,0 t/mq	17kN/mc = 1,70 t/mc	Terreno rimaneggiato scarsamente addensato
>-1,10 m //	> 50	> 35°	> 80%	0 kN/mq = 0,0 t/mq	18 kN/mc = 1,80 t/mc	Ghiaie e sabbie con ciottoli fortemente addensate

PROVA N. 2 – posta al vertice del fabbricato AIB lungo Via della Pacelato Casa di Paglia

Profondità da p.c. da	N'_{SPT} medio	Angolo d'attrito ϕ	Densità relativa D_r	Coesione C_u	Peso di volume γ_d	Note
0,00 m -1,30 m	6	26°	20 %	0 kN/mq = 0,0 t/mq	17 kN/mc = 1,70 t/mc	Terreno rimaneggiato scarsamente addensato
- 1,30 m -2,50 m	12	30°	40 %	0 kN/mq = 0,0 t/mq	18 kN/mc = 1,80 t/mc	sabbie con ciottoli mediamente addensate
-2,60 - 5,00 m	3	22°	20%	0 kN/mq = 0,0 t/mq	18 kN/mc = 1,80 t/mc	sabbie con ciottoli da sciolte a poco addensate

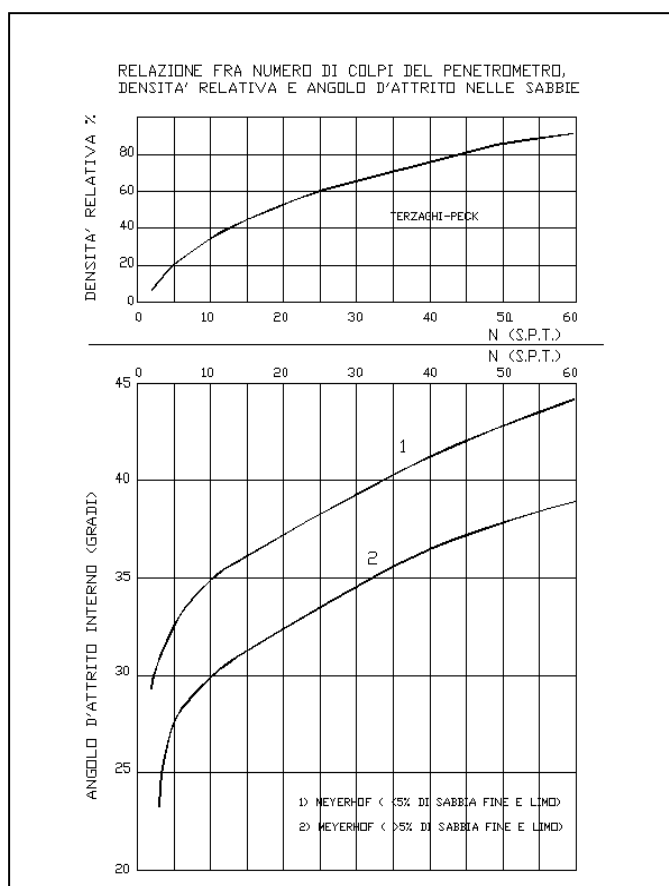
PROVA N. 3 posta al vertice del fabbricato AIB lungo Via della Pace, lato piattaforma ecologica

Profondità da p.c.	N'_{SPT}	Angolo	Densità	Coesione	Peso di	Note
--------------------	------------	--------	---------	----------	---------	------

da	a	medio	d'attrito ϕ	relativa Dr	Cu	volume γ_d	
0,00 m	-1,10 m	5	26°	20 %	0 kN/mq = 0,0 t/mq	17 kN/mc = 1,70 t/mc	Terreno rimaneggiato scarsamente addensato
>-1,10 m	//	> 50	> 35°	> 80%	0 kN/mq = 0,0 t/mq	18 kN/mc = 1,80 t/mc	Ghiaie e sabbie con ciottoli fortemente addensate

PROVA N. 4 – posta fra la ppd1 e la ppd 3

Profondità da p.c. da	a	N _{SPT} medio	Angolo d'attrito ϕ	Densità relativa Dr	Coesione Cu	Peso di volume γ_d	Note
0,00 m	-1,40 m	5	26°	20 %	0 kN/mq = 0,0 t/mq	17 kN/mc = 1,70 t/mc	Terreno rimaneggiato scarsamente addensato
- 1,40 m	-2,60 m	11	30°	40 %	0 kN/mq = 0,0 t/mq	18 kN/mc = 1,80 t/mc	sabbie con ciottoli mediamente addensate
-2,60	- 4,00 m	4	23°	25%	0 kN/mq = 0,0 t/mq	18 kN/mc = 1,80 t/mc	sabbie con ciottoli da sciolte a poco addensate



4.4 Modello geotecnico

In base all'analisi dei dati delle prove penetrometriche dinamiche eseguite si ricava una situazione così riassumibile:

- Da piano campagna ad una profondità media di 1,10 m è presente uno strato di terreno scarsamente addensato e parzialmente rimaneggiato
- Da - 1,10 m a 2,50 m è presente uno strato di sabbie con ciottoli da mediamente addensate ($N_{spt} \approx 11$ nelle prove 2 e 4) a fortemente addensato ($N_{spt} > 50 \approx$ Rifiuto alla penetrazione nelle prove 1 e 3)
- Al di sotto dello strato addensato è presente ancora uno strato di sabbie con ciottoli scarsamente addensate individuate solo nelle prove 2 e 4 e con valori di $N_{spt} \approx 4$.

UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

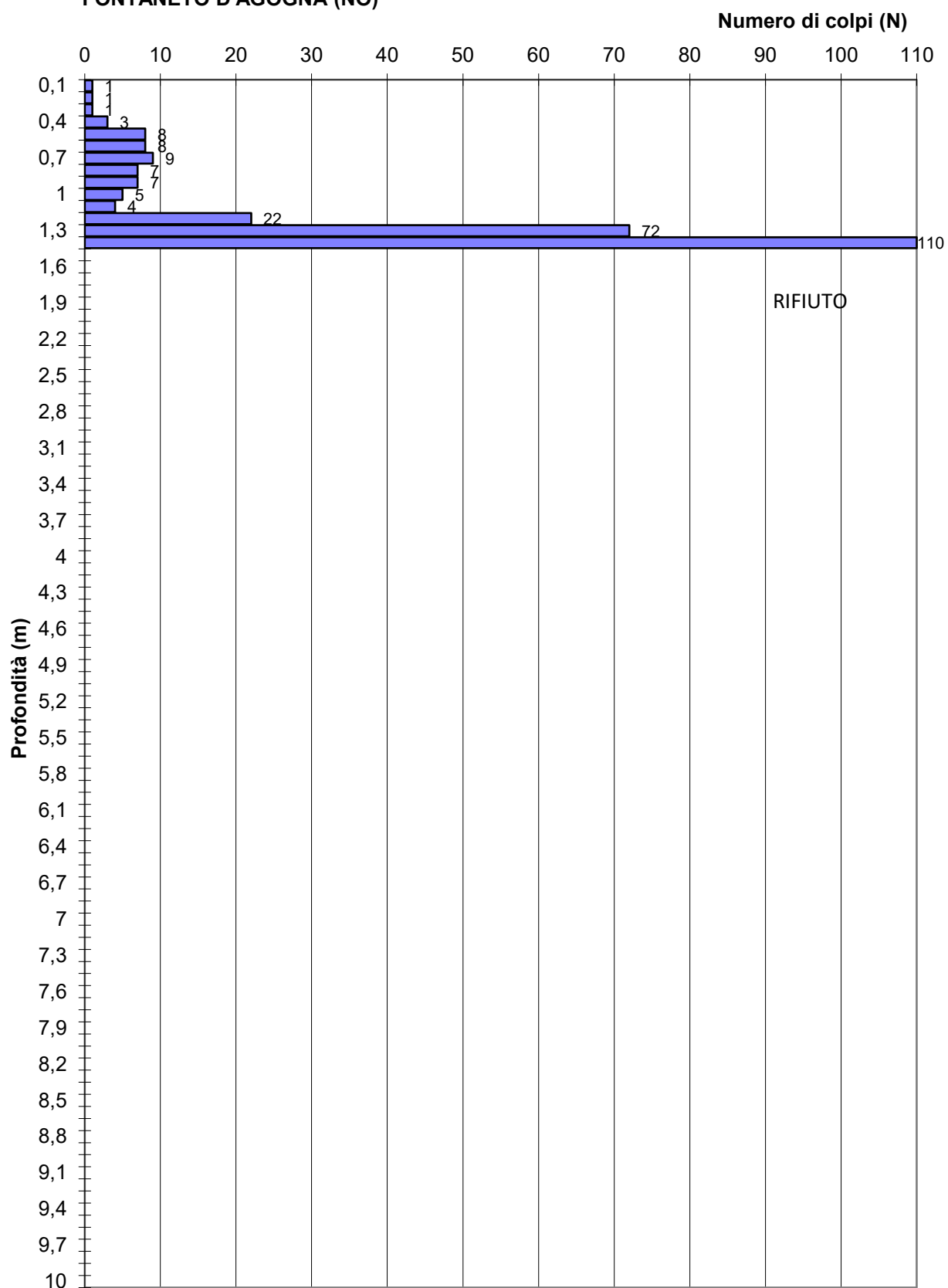


DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA E ISTOGRAMMI PENETROMETRICI





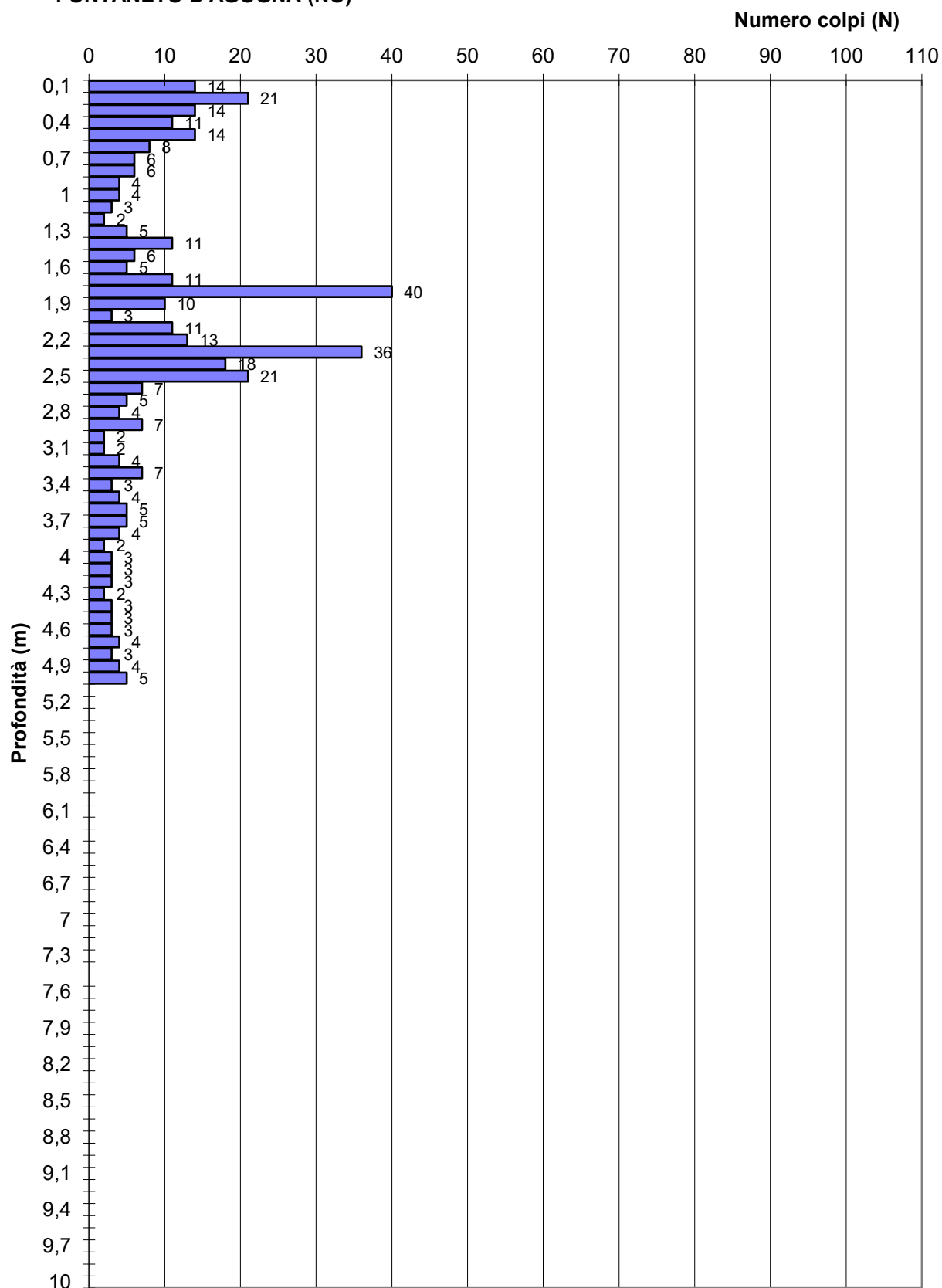
Istogramma - Prova Penetrometrica Dinamica n°1
 proprietà COMUNE FONTANETO D'AGOGNA
 Via della Pace
 FONTANETO D'AGOGNA (NO)



Data: 24/05/2018

Falda acquifera DEBOLE -0,80 m dal piano campagna

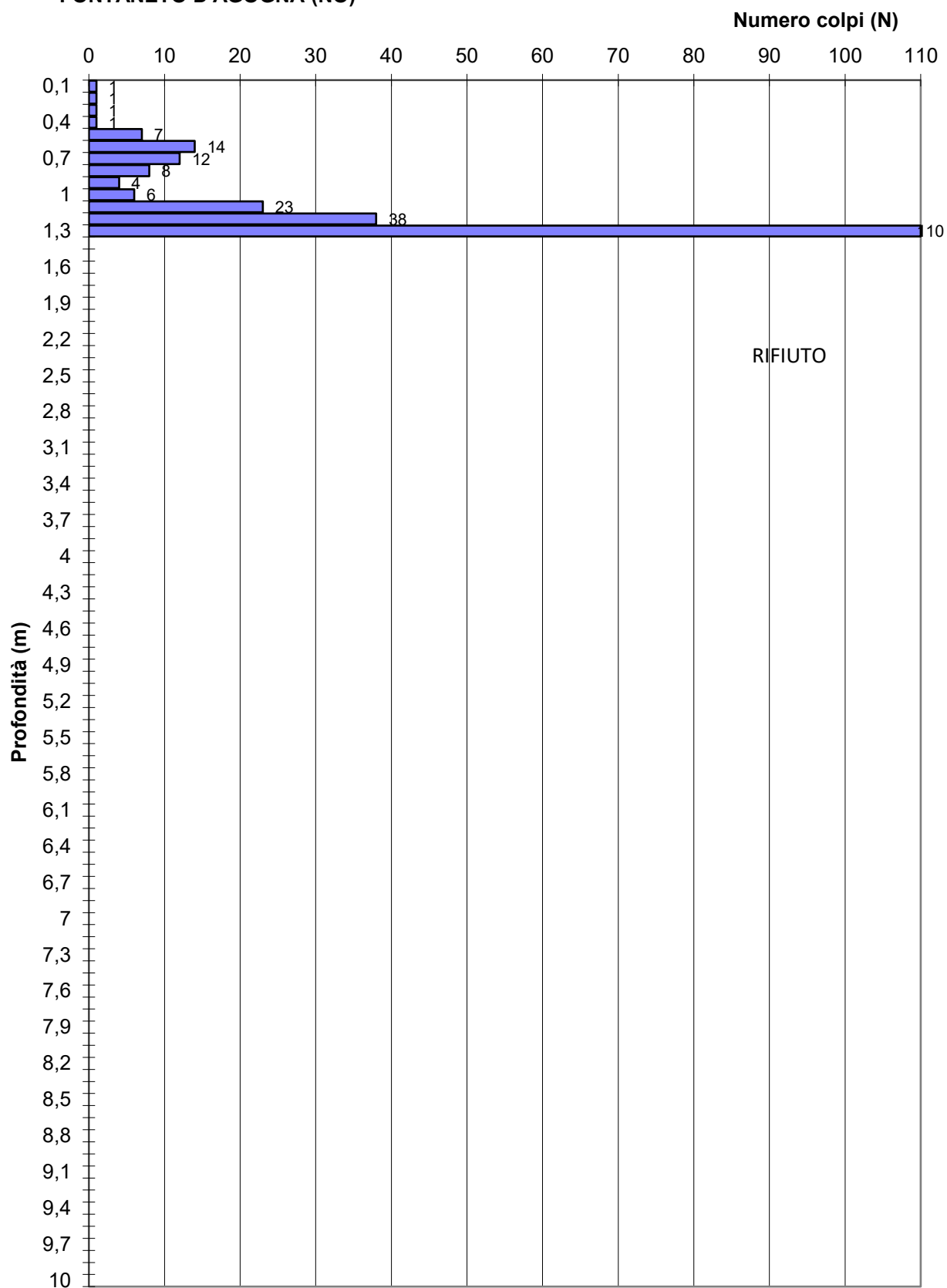
Istogramma - Prova Penetrometrica Dinamica n°2
proprietà COMUNE FONTANETO D'AGOGNA
Via della Pace
FONTANETO D'AGOGNA (NO)



Data: 24/05/2018

Falda acquifera non rinvenuta

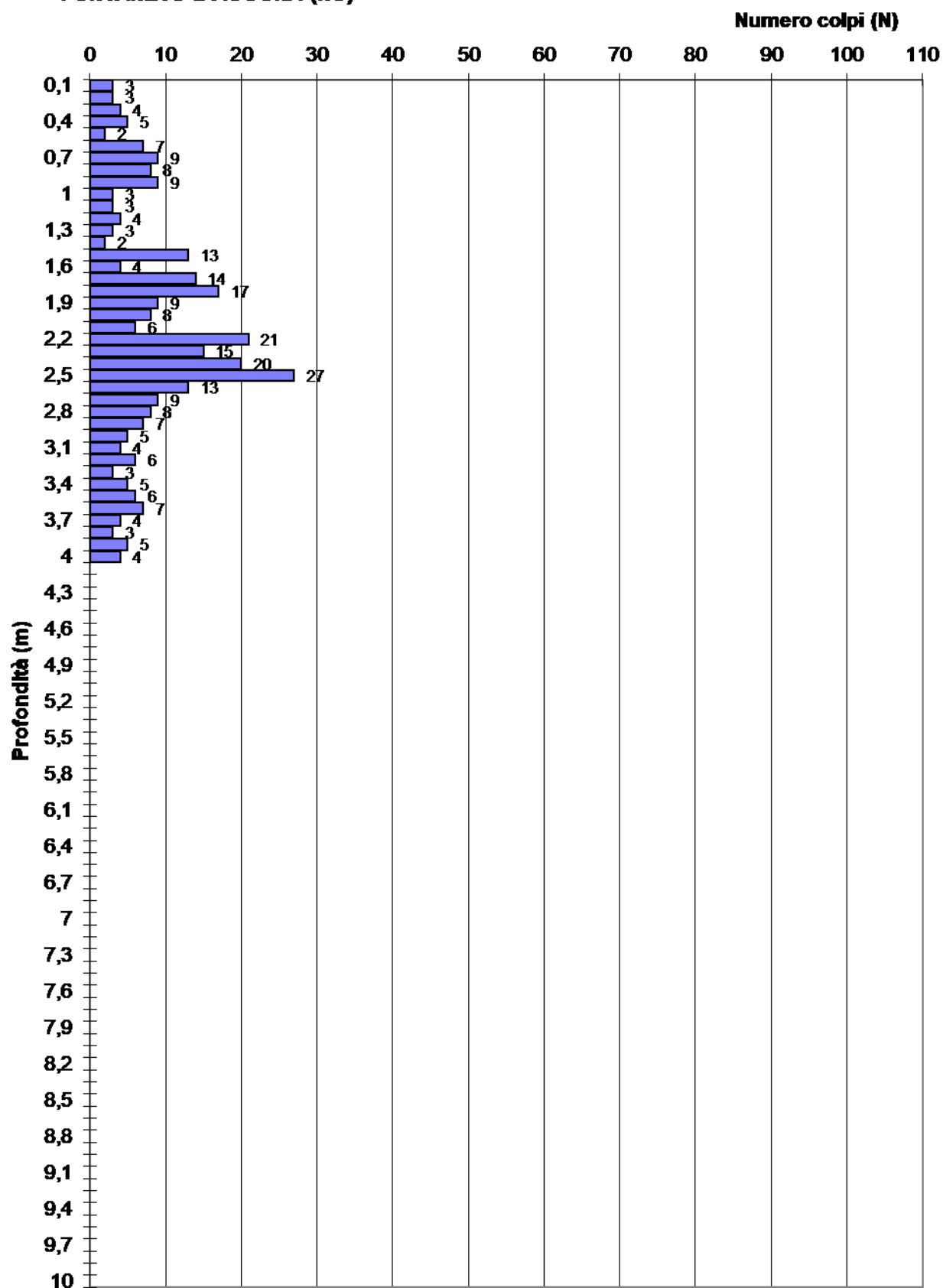
Istogramma - Prova Penetrometrica Dinamica n°3
proprietà COMUNE DI FONTANETO D'AGOGNA
Via della Pace
FONTANETO D'AGOGNA (NO)



Data: 24/05/2018

Falda acquifera non rinvenuta

Istogramma - Prova Penetrometrica Dinamica n°4
proprietà COMUNE DI FONTANETO D'AGOGNA
Via della Pace
FONTANETO D'AGOGNA (NO)



Data: 03/07/2018

Falda acquifera non rinvenuta

5. GEOTECNICA FONDAZIONI SUPERFICIALI

Come si ricava dalle indagini geotecniche condotte in sito **il terreno con discrete caratteristiche geotecniche è presente a ca. – 1,00 m dal p.c.**

Il terreno si presta dunque alla realizzazione di fondazioni superficiali alla quota suddetta.

Il progetto prevede lo scavo sino a – 1,00 m dal p.c. e la realizzazione di fondazioni a platea con una riquotatura di circa 40 cm rispetto al fondo scavo.

Per dare al progettista un riferimento per i carichi ammissibili sul terreno riquotato, si propone di seguito il calcolo per una platea posta a – 1,00 m dal p.c.

Le dimensioni della platea di progetto sono 25,23 x 13,85 m

5.1 DETERMINAZIONE DELLA PRESSIONE LIMITE CON LA FORMULA DI BRINCH-HANSEN (Stato Limite Ultimo D.M. 17/01/2018)

I calcoli per sono stati condotti nel rispetto di quanto previsto dal D.M. 17/01/2018 “aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni”, impiegando l'Approccio 2: **Combinazione A1+M1+R3**

Tabelle di riferimento dei coefficienti parziali (estratto da D.M. 17/01/2018):

Tab. 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale γ_M	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	γ_γ	γ_γ	1,0	1,0

Tab. 6.2.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni

	Effetto	Coefficiente Parziale γ_F (o γ_E)	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti G_1	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Per i carichi permanenti G_2 si applica quanto indicato alla Tabella 2.6.I. Per la spinta delle terre si fa riferimento ai coefficienti γ_{G1}

Tab. 6.4.I – Coefficienti parziali γ_R per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Di seguito si riportano in forma schematica e riassuntiva i risultati dei calcoli condotti per la determinazione della pressione allo stato limite ultimo del terreno di fondazione con la formula di Brinch-Hansen:

$$q_{lim} = c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

dove:

γ = peso di volume

c = coesione

B = larghezza della fondazione

$q' = \gamma \times D$ = carico litostatico (D = profondità imposta fondazione)

N_γ, N_q, N_c = fattori di capacità portante, adimensionali, dipendenti dall'angolo di attrito o dalla coesione (VESIC)

s_γ, s_q, s_c = fattori di forma della fondazione

i_γ, i_q, i_c = fattori dipendenti dall'inclinazione del carico

d_γ, d_q, d_c = fattori dipendenti dalla profondità del piano di posa

g_γ, g_q, g_c = fattori dipendente dall'inclinazione del piano campagna

Essendo nulla la coesione la formula applicata è la seguente:

$$q_{lim} = q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q + 0,5 \cdot \gamma \cdot B \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot b_\gamma \cdot g_\gamma$$

Calcolo del valore R_d (Q_{lim} allo SLU) con Approccio 2 – combinazione **A1+M1+R3**

Fondazione	Platea
Larghezza B	13,85 m
Lunghezza L	25,23 m
Profondità D	- 1,00 m da p.c. attuale
Peso di volume terreno γ	17 kN/mc
Angolo d'attrito ϕ	30°
Coefficiente R3	2,3
$Q_{lim} = R_d$	592,24 kN/mq = 6,04 Kg/cm²
Carico su fondazione E_d	6542 kN → → 18,72 kN/mq
Verifica	Ed < Rd
	VERIFICATO

5.2 DETERMINAZIONE DEI CEDIMENTI AMMISSIBILI (Stato Limite d'Esercizio D.M. 17/01/2018)

Per il calcolo dei cedimenti si è fatto riferimento alla relazione di Burland e Burbidge come di seguito riportata:

$$S = f_s f_h f_t \left[\sigma'_{v0} B^{0.7} \frac{I_c}{3} + (q_i - \sigma'_{v0}) B^{0.7} I_c \right]$$

nella quale:

q_i = corrisponde alla pressione esercitata dalla fondazione sul terreno

σ'_{v0} = tensione verticale efficace agente alla quota di imposta delle fondazioni

I_c = indice di compressibilità $= I_c = \frac{1.706}{N_{AV}^{1.4}}$

B = larghezza della fondazione, espressa in m

N_{AV} = media N_{SPT} all'interno della profondità significativa z_i

z_i = profondità significativa pari a $2B$ nel caso in cui N_{SPT} siano decrescenti, tabulati come segue se N_{SPT} sono crescenti:

B (m)	z_i (m)
2	1.63
3	2.19
5	3.24
10	5.56

f_s = fattore correttivo di forma $= F_s = \left(\frac{1.25 \times L/B}{L/B + 0.25} \right)^2$

f_h = fattore correttivo di spessore $= H/z_i \times (2 - H/z_i)$ di cui si tiene conto se lo spessore H dello strato compressibile è inferiore a z_i ($f_h = 1$ nel caso in cui lo strato compressibile sia maggiore di z_i)

f_t = fattore correttivo di tempo $= f_t = (1 + R_3 + R \times \log t/3)$

t = tempo espresso in anni

R_3 = costante pari a 0.3 nel caso di carichi statici e a 0.7 nel caso di carichi dinamici

R = costante pari a 0.2 nel caso di carichi statici e a 0.8 nel caso di carichi dinamici.

I parametri utilizzati per la determinazione dei cedimenti dei terreni di fondazione sono i seguenti:

- $N_{AV}=11$
- Indice di compressibilità terreno a (I_c)= 0,059433

APPROCCIO	A1+M1+R3
Platea	25,23 x 13,85 m
Profondità di imposta da piano campagna	- 1,00 m
Cedimento massimo ammissibile assoluto di progetto - C_{damm}	20,00 mm
Carico di progetto agli SLE	4683 kN → → 13,40 kN/mq
Cedimento immediato C_{di} con carico di progetto	1,40 mm
Cedimento differito in 30 anni con carichi statici C_{d30} di progetto	2,10 mm
Verifica	$C_d < C_{damm}$
	VERIFICATO

6. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In considerazione di quanto emerso dalle indagini e dalle analisi condotte nell'area d'intervento si può riassumere quanto segue:

- Dal punto di vista geologico l'area di investigazione si colloca su sedimenti alluvionali quaternari a granulometria grossolana di tipo ghiaioso-sabbioso, ricoperti talora da una copertura di natura limoso-argillosa con spessore medio di ca. 1,00 m.
- Morfologicamente l'area è subpianeggiante.
- La falda acquifera è indicata ad una quota di -1,50 m dal p.c..
- Le caratteristiche geotecniche di dettaglio dei depositi presenti sono state ricavate dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite in corrispondenza dell'edificio in progetto.
- Con le prove si è individuato, al di sotto di un primo strato di materiale estremamente sciolto con spessore medio di 1,10 m, uno strato da mediamente addensato a fortemente addensato sino al rifiuto alla penetrazione, costituito da sedimenti alluvionali; al di sotto dello strato più addensato è stato individuato ancora uno strato di terreni poco addensati con numero di colpi $N_{spt} \approx 4$.
- Dal punto di vista sismico il Comune di Fontaneto è inserito in Classe di sismicità **4**.
- Le indagini sismiche hanno confermato un tipo di suolo **B** con terreni caratterizzati da velocità di propagazione delle onde sismiche secondarie pari a **498 m/s** e categoria topografica **T1**.
- Per quanto riguarda i calcoli delle capacità portanti essi sono stati eseguiti per fondazioni a platea impostate alla profondità di - 1,00 m.
- I calcoli per la Rd (S.L.U.) sono stati eseguiti utilizzando i criteri previsti dal D.M. 17.01.2018 e successivamente sono stati verificati i cedimenti ammissibili agli S.L.E.; si rimanda al capitolo dedicato per il dettaglio dei valori ricavati.