

COMUNE DI SALE

REGIONE PIEMONTE

PROVINCIA DI ALESSANDRIA

MODIFICA SOSTANZIALE IMPIANTO TRATTAMENTO RIFIUTI MEDIANTE
REALIZZAZIONE DI NUOVO FABBRICATO AI SENSI DELL'EX. ART. 208 D. LGS.
152/2006 PRESSO SITO PRODUTTIVO T.C.A. IN COMUNE DI SALE (AL)

COMMITTENTE: T.C.A. S.P.A.
VIA GRAMSCI, N.10/B
15045 SALE (AL)

RELAZIONE GEOLOGICA



Dr Andrea Basso – geologo

Via Lung'Orba, 95 - 15076 Ovada (AL)
tel. Ufficio 0143.86310 – cell. 338.2138988
e-mail: info@asgeologia.it

SOMMARIO

1.) PREMESSA	2
2.) UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE	2
3.) QUADRO NORMATIVO E VINCOLI.....	3
4.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO	4
4.1.) GEOLOGIA LOCALE	5
5.) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	6
5.1.) GEOMORFOLOGIA LOCALE.....	6
6.) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	8
6.1.) IDROGEOLOGIA LOCALE.....	9
7.) INDAGINI ESEGUITE.....	11
7.1.) INDAGINI SISMICHE MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES).....	11
7.2.) PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH	12
8.) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	14
8.1.) PARAMETRI GEOTECNICI	14
9.) CLASSIFICAZIONE E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA	15
9.1.) STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	17
9.1.1.) ESCLUSIONE DELLA VERIFICA A LIQUEFAZIONE	17
10.) CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	18

ALLEGATI:

TAV.1 COROGRAFIA (SCALA 1:10.000)

TAV.2 PLANIMETRIA CATASTALE_UBICAZIONE INDAGINI (SCALA 1:1.000)

ELABORATO INDAGINE SISMICA MASW

ELABORATO PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

PARAMETRI SISMICI DI SITO

1.) PREMESSA

Il presente elaborato è stato redatto a seguito dell'incarico conferito al Dott. Geol. Andrea Basso con studio in Ovada (AL), Via Lung'Orba n. 95 – regolarmente iscritto con il n. 334 sez. A all'Albo dei Geologi della Regione Piemonte da T.C.A. S.p.a.

Scopo dell'indagine

La seguente relazione contiene i risultati delle indagini geologiche eseguite nei terreni interessati dalla realizzazione delle opere di cui ad oggetto.

Scopo del lavoro è indicare, sulla base dei risultati ottenuti, le principali caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo dell'area oggetto dell'intervento.

Indagini eseguite

- Rilievo geomorfologico e geologico di dettaglio dell'area;
- Acquisizione del materiale tecnico professionale e bibliografico relativo all'area oggetto di studio;
- n.4 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- n.1 prova sismica di tipo MASW;
- Digitalizzazione dei dati acquisiti e loro elaborazione, mediante appositi programmi, per la realizzazione di tavole illustrative, per l'elaborazione delle prove geofisiche e per il calcolo delle caratteristiche meccaniche del terreno.

Intervento in progetto

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo fabbricato presso il sito produttivo T.C.A. nel Comune di Sale (AL).

2.) UBICAZIONE DELL'AREA DI INDAGINE

L'area soggetta a indagine è ubicata nel Comune di Sale (AL), ad una quota di circa 83 metri sul livello marino.

La zona è cartografata sul Foglio 70 "ALESSANDRIA" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) e sulla sezione 177020 della Carta Tecnica Regionale della Regione Piemonte.

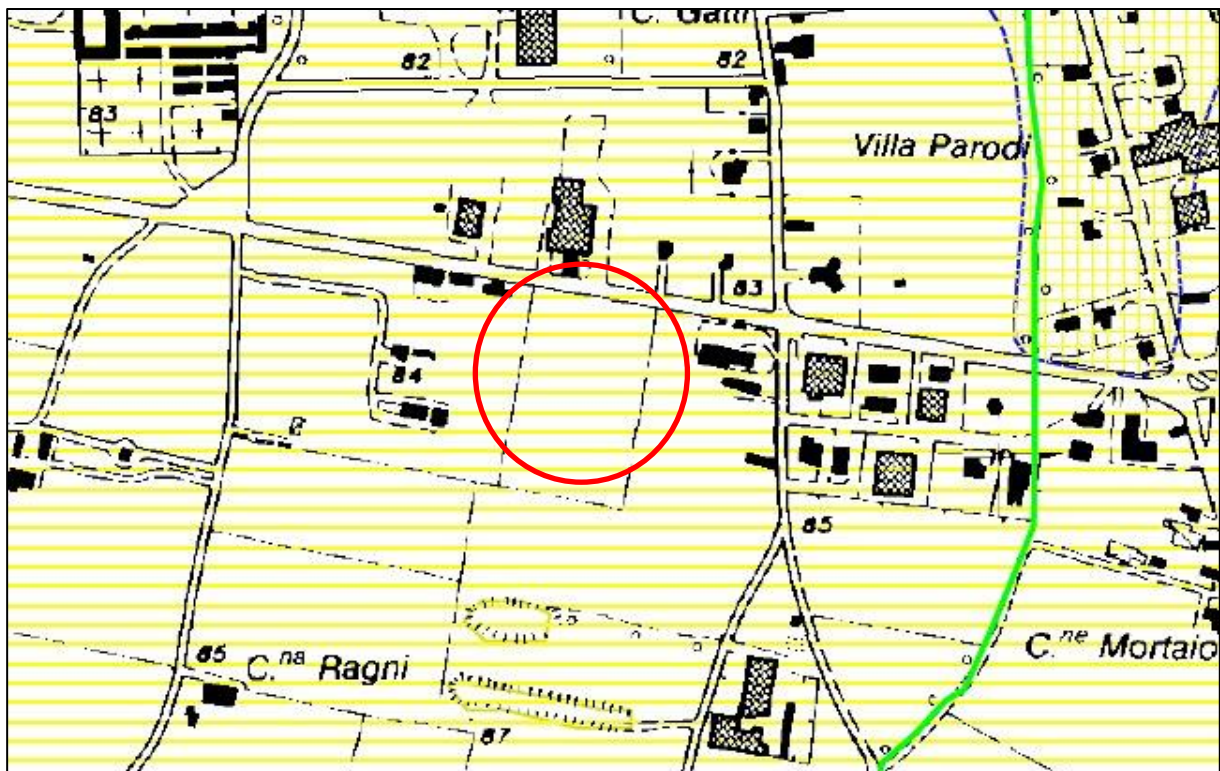
3.) QUADRO NORMATIVO E VINCOLI

Il presente studio è stato redatto in conformità a quanto previsto dalla normativa vigente di seguito elencata:

- Decreto 17 gennaio 2018
"Norme Tecniche per le Costruzioni"
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7, del C.S.LL.PP.
Istruzioni per l'applicazione dell'"Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018
- D.G.R. 30 dicembre 2019, n. 6-887
Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)

Per quanto riguarda i vincoli, si fa presente che l'area oggetto di relazione non ricade in zona a tutela idrogeologica ai sensi del R.D. 3267/23, L.R. n. 45/89.

Dal punto di vista dello strumento urbanistico comunale, l'area ricade in **classe IIa** della zonizzazione effettuata sulla *"Carta di sintesi delle classi di pericolosità geomorfologica e dell'idoneità all'utilizzazione urbanistica"*, allegato del Piano Regolatore Generale del Comune di Sale di cui di seguito si riporta un estratto.



4.) INQUADRAMENTO GEOLOGICO

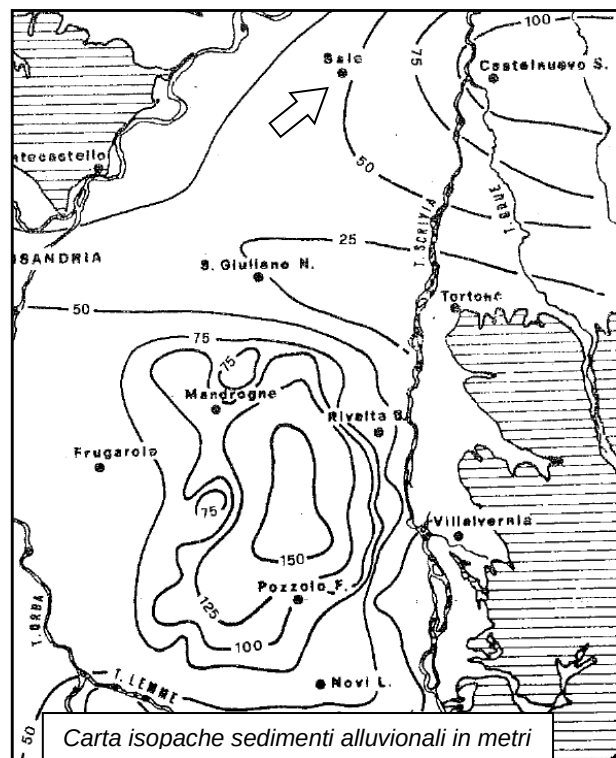
La caratteristica principale dell'area in esame risiede nel fatto che i depositi quaternari di origine continentale, deposti dai vari corsi d'acqua provenienti dai rilievi circostanti poggiano su un substrato, costituito da terreni di origine marina di età terziaria e conformato a bacino asimmetrico, allungato in direzione NW-SE; localmente tale substrato è rappresentato dalla seguente successione geologica (dalla più recente alla più antica):

- Sabbie di Asti (Pliocene superiore-medio);
- Argille di Lugagnano (Pliocene);
- Conglomerati di Cassano Spinola (Pliocene inferiore – Messiniano);

Tali formazioni costituiscono la sequenza terminale del bacino Terziario Piemontese.

Il Bacino Terziario Piemontese si presenta come un'ampia depressione a sinclinale addossata all'Appennino Ligure, a Sud, e limitata a Nord dalla Collina di Torino, dallo Sperone di Tortona e dal margine della Pianura Padana. Si tratta di una sequenza di depositi marini, di riempimento di una vasta area, che, per effetto della subsidenza della zona settentrionale e del pulsare della catena alpina, presenta un tipico assetto monoclinale con immersione nord ed attenuazione delle pendenze verso la piana alessandrina. In questo settore, a causa dell'elevata subsidenza iniziata nel Pliocene e proseguita anche se con intensità decrescente fino al Quaternario Recente, la successione marina pliocenica raggiunge lo spessore di 2000 metri.

In conseguenza di quanto sopra esposto il substrato ha così assunto una conformazione ad "imbuto" con la parte maggiormente depressa ubicata a SE della città di Alessandria, all'incirca tra le località di Spinetta Marengo, Frugarolo, Pozzolo Formigaro e Mandrogne, dove i depositi alluvionali in alcuni punti superano i 150 metri di spessore, mentre nell'area oggetto di indagine lo spessore dei depositi alluvionali è indicato da diverse fonti bibliografiche in circa 50 metri (vedi figura).



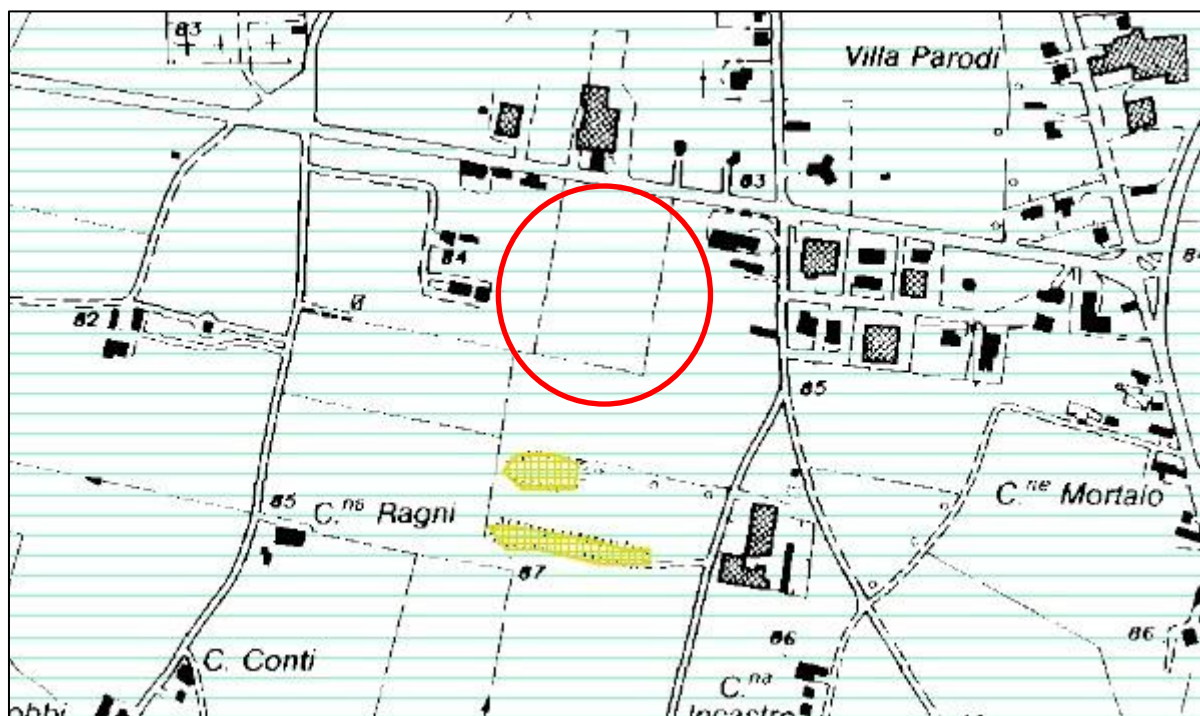
4.1.) GEOLOGIA LOCALE

Nell'area è presente una sequenza sedimentaria quaternaria attribuita all'unità denominata "*Fluviale Recente ed Alluvioni Postglaciali indistinte*" sulla Carta Geologica d'Italia, F° 70 ALESSANDRIA; tale attribuzione è stata confermata anche dai rilievi diretti eseguiti in loco.

In generale nella zona il "*Fluviale Recente ed Alluvioni Postglaciali indistinte*" è costituito da alluvioni prevalentemente ghiaiose anche se non mancano zone sabbiose e argillose, in superficie è presente un orizzonte di alterazione di spessore generalmente non elevato.

Il rilevamento degli affioramenti presenti nelle vicinanze ha consentito di valutare le caratteristiche litologiche locali della Formazione; in superficie è presente una sottile coltre superficiale, mentre appena sotto sono presenti livelli a granulometria medio-fine che sormontano livelli a granulometria più grossolana.

Di seguito si allega uno stralcio riportante l'area in esame della "Carta geologica del territorio comunale" allegato del PRG comunale di Sale.



Alluvioni prevalentemente limoso-argillose della superficie principale della pianura a Sud del Fiume Po, attribuibili in parte alle alluvioni postglaciali ed in parte al fluviale recente (Olocene-Pleistocene)

5.) INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio in cui si inserisce l'area in oggetto presenta morfologia pianeggiante ed è compreso nella porzione orientale della vasta pianura alessandrina che costituisce la terminazione occidentale della Pianura Padana; l'area di indagine è situata nella zona sud di Sale ad una quota di circa 83 metri s.l.m.

Significativo, dal punto di vista morfologico, è il fatto che le superfici terrazzate nell'ambito della pianura alessandrina presentano una caratteristica convergenza verso la zona di Alessandria, inoltre le scarpate risultanti dai fenomeni di terrazzamento sono molto pronunciate ai margini della pianura, dove affiorano le alluvioni più antiche, mentre tendono a ridursi, fino a scomparire, nella parte centrale in corrispondenza dei depositi più recenti. Si tratta di scarpate di terrazzi convergenti, nei quali il ripiano superiore risulta essere più inclinato di quello inferiore.

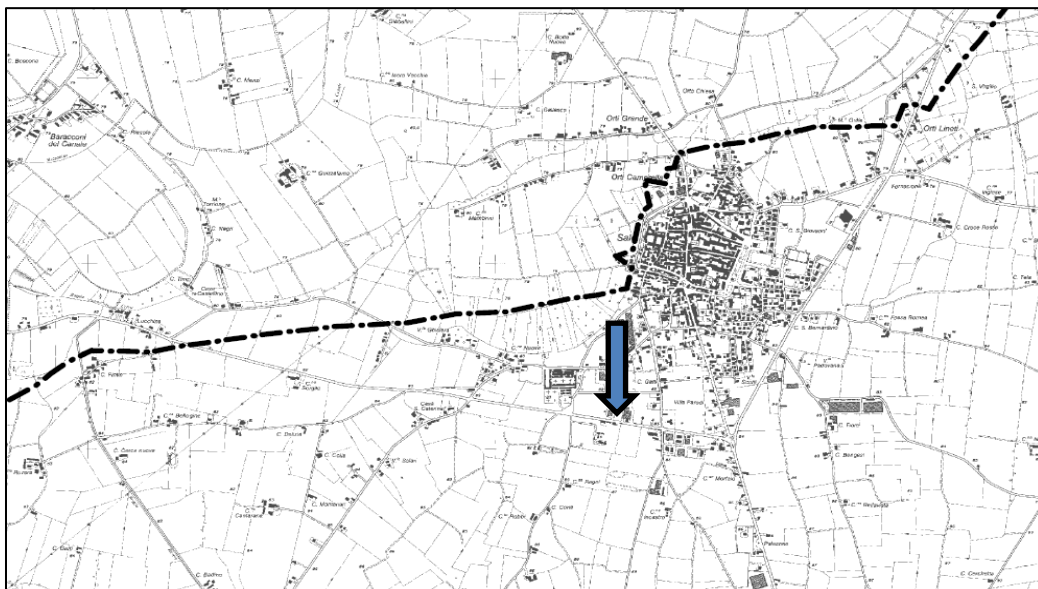
5.1.) GEOMORFOLOGIA LOCALE

L'area interessata dal progetto è quindi situata in una zona pianeggiante, circa 5,00 chilometri a nord si sviluppa l'alveo attivo del Po, non sono evidenti terrazzi morfologici ma solo un leggero progressivo abbassamento delle quote.

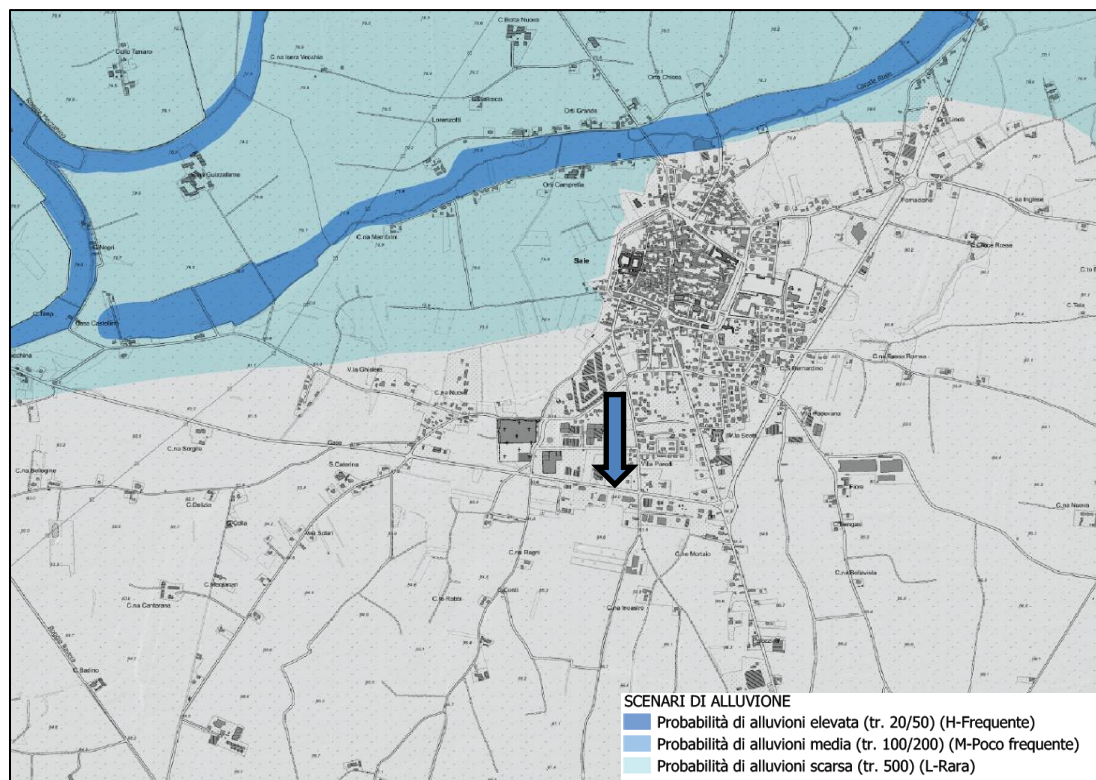
Il passaggio ai depositi alluvionali più recenti e riferibili avviene poche centinaia di metri a nord senza che vi siano evidenze di discontinuità morfologiche ed è pertanto rilevabile solamente tramite l'osservazione della variazione litologica e granulometrica dei sedimenti che passano da medio-fini a grossolani.

L'area non risulta interessata dalla dinamica fluviale o torrentizia, non sono infatti presenti corsi d'acqua, anche a carattere minore, che possano interferire con il sito, inoltre la morfologia pianeggiante esclude a priori la presenza di qualsiasi tipologia di dissesto di natura gravitativa.

L'area oggetto di intervento risulta esterna alla perimetrazione delle fasce fluviali del PAI come si evince dallo stralcio riportato di seguito (Tavole di delimitazione delle fasce fluviali Foglio 177 Sez. IV).



L'area oggetto di intervento risulta esterna anche alla perimetrazione della pericolosità del PGRA (Piano Gestione Rischio alluvioni) di cui di seguito si riproduce uno stralcio (Tavola 177 NW).



6.) INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

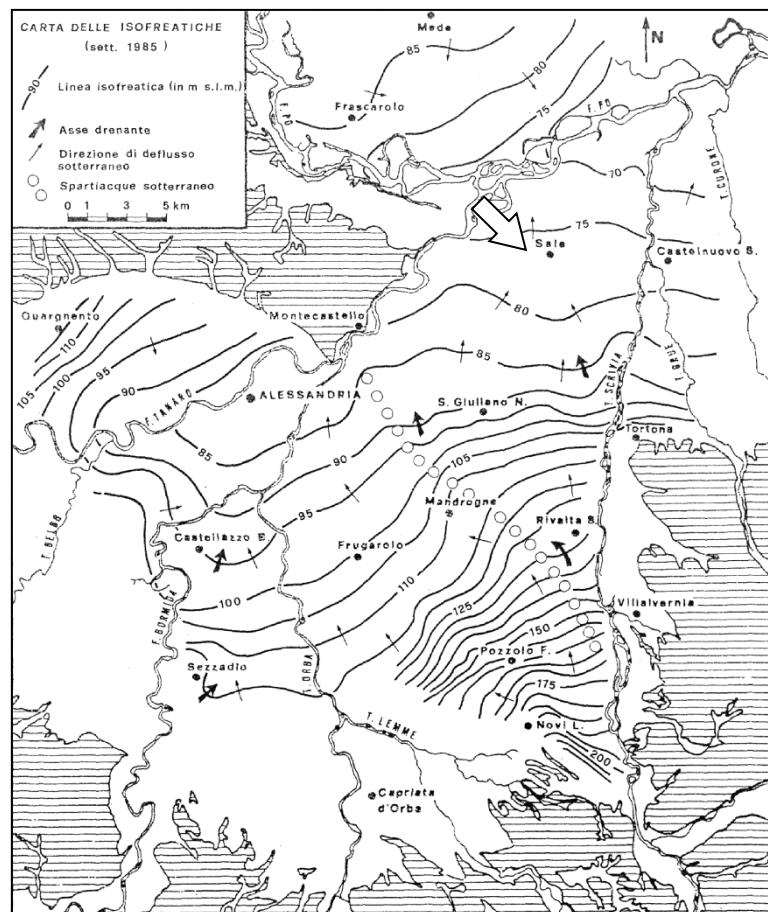
Come riportato in precedenza, l'area in oggetto si trova nella zona orientale della pianura alessandrina; zona caratterizzata dalla presenza delle alluvioni riferibili al *Fluviale Recente ed Alluvioni Postglaciali indistinte*, la citata convergenza delle varie paleosuperfici verso il centro della pianura assume un notevole significato idrogeologico in quanto non solo ha permesso la conservazione di sedimenti antichi al di sotto di altri più recenti, ma condiziona anche l'andamento dei flussi idrici sotterranei e lo sviluppo verticale dei depositi alluvionali.

Dal punto di vista della permeabilità, le formazioni alluvionali affioranti nella pianura alessandrina possono essere così caratterizzate:

- *Fluviale e Fluvio-lacustre Antichi*, con coltre di alterazione spinta anche in profondità e copertura loessica: permeabilità da bassa a nulla;
- *Fluviale Medio*, con sviluppata coltre di alterazione e copertura loessica: permeabilità da bassa a nulla in superficie, tendente ad aumentare con la profondità;
- *Fluviale Recente*: con esigua coltre di alterazione superficiale: permeabilità bassa in superficie, generalmente elevata in profondità;
- *Fluviale Recente ed Alluvioni Postglaciali indistinti*: permeabilità variabile;
- *Alluvioni Postglaciali ed Alluvioni Attuali*: permeabilità generalmente elevata;

All'interno dei suddetti terreni, la formazione e lo sviluppo spaziale di corpi acquiferi, sono condizionati dalle dimensioni e dalla continuità dei diaframmi impermeabili e/o semipermeabili, nonché dalla configurazione morfologico-strutturale del basamento marino sul quale poggiano i depositi continentali.

In questo contesto idrogeologico si può riconoscere, al di sotto del piano campagna, un primo acquifero a pelo libero (falda freatica), presente in tutta l'area in esame e la cui soggiacenza in linea di massima diminuisce procedendo dalla periferia verso i principali assi drenanti (i fiumi Tanaro e Po) evidenziando una diretta correlazione dell'acquifero a pelo libero con le falde di subalveo dei principali corpi idrici superficiali.



Carta delle isofreatiche della pianura alessandrina

Al di sotto della falda a pelo libero sono presenti orizzonti acquiferi, generalmente in pressione, il cui numero e la cui consistenza variano passando dalle zone periferiche a quelle centrali nella pianura alessandrina, in linea di massima con aumento di produttività dalla periferia verso il centro.

Per quanto riguarda l'andamento della superficie piezometrica esso presenta un assetto centripeto vergente a nordest, concorde con quello dei corsi d'acqua principali, con il gradiente che decresce gradualmente dai margini della pianura verso il centro.

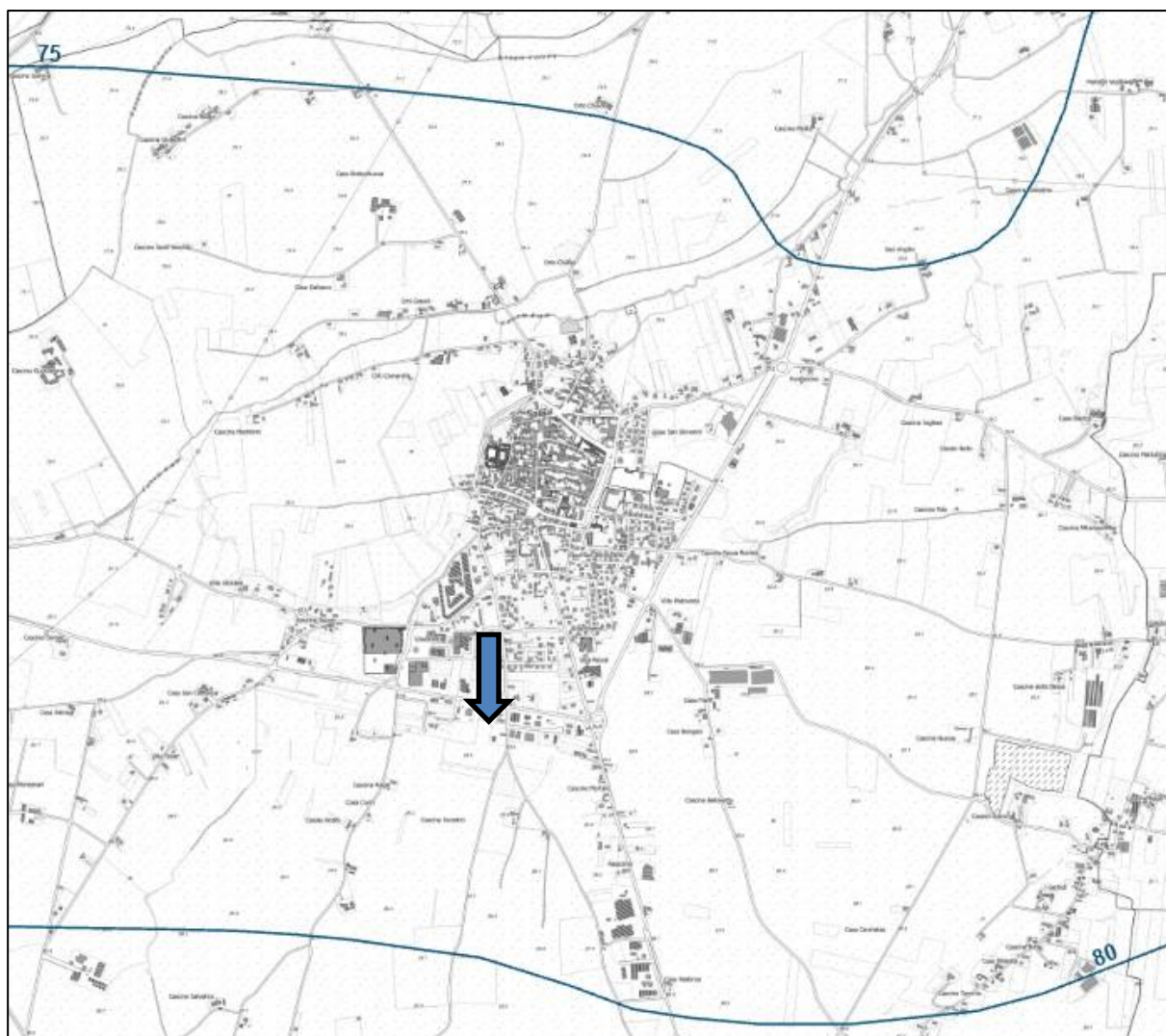
Le modalità di ricarica gli acquiferi freatici in questione risultano alimentati in diversi modi: per infiltrazione diretta delle acque meteoriche dove sono presenti in superficie litotipi permeabili e/o semipermeabili; un'altra via di ricarica è rappresentata dai numerosi canali e rogge, che non avendo alvei impermeabilizzati permettono l'infiltrazione di cospicue quantità d'acqua. La ricarica più importante, tuttavia, sembra essere dovuta all'infiltrazione delle acque di subalveo dei principali corpi idrici superficiali che attraversano l'area.

6.1.) IDROGEOLOGIA LOCALE

Nel contesto idrogeologico precedentemente descritto l'area in oggetto si colloca in una zona caratterizzata in prevalenza dalla presenza di alluvioni grossolane, legate a processi di sedimentazione a elevata energia.

L'acquifero superficiale è pertanto contenuto all'interno di orizzonti a elevata conducibilità idraulica e quindi che localmente risultano sviluppati a partire dalla profondità di alcuni metri; più in profondità sono presenti livelli argillosi che separano la falda superficiale da altre più profonde sempre contenute nei sedimenti alluvionali. Localmente la quota della superficie piezometrica della prima falda si stabilizza intorno ai 76-78 m s.l.m. (come si può notare dallo stralcio del Geoportale Arpa Piemonte riportato di seguito), da ciò deriva una soggiacenza (differenza tra la quota della superficie topografica e quella dell'acquifero) variabile a seconda delle stagioni ma normalmente compresa tra i 4 e i 6 metri circa con una direzione verso nord e un gradiente locale stimabile in base alla letteratura in circa 5×10^{-3} .

Si segnala che durante periodi di alta piovosità la falda, presumibilmente da quanto riscontrato in bibliografia, può alzarsi significativamente fino a 2 – 2,5 metri da piano campagna.



Stralcio Geoportale Arpa Piemonte

7.) INDAGINI ESEGUITE

Al fine di un'adeguata conoscenza del sito d'intervento, in relazione alla tipologia delle opere a progetto, sono state condotte una serie di indagini in sito, mirate in particolare alla valutazione dello sviluppo geometrico e delle caratteristiche geotecniche dei terreni di superficiali.

Le indagini hanno compreso oltre al rilevamento geologico e geomorfologico di superficie, l'esecuzione di prove penetrometriche dinamiche e di indagini geofisiche di tipo sismico.

Le indagini, la cui ubicazione è stata riportata nell'apposita planimetria allegata, sono state eseguite nel periodo di marzo 2023; di seguito si riporta l'elenco completo delle indagini eseguite.

- 1.) n° 4 prove penetrometriche dinamiche DPSH;
- 2.) n° 1 prova sismica MASW.

7.1.) INDAGINI SISMICHE MASW (MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES)

La metodologia geofisica indiretta può essere un importante approccio al fine di correlare le informazioni puntuali ricavate da prove dirette con i valori di velocità delle onde sismiche consentendo una buona caratterizzazione stratigrafica dei terreni presenti nell'area di intervento.

Sono stati pertanto eseguiti due profili sismici con metodologia MASW per la determinazione della velocità V_{SEQ} necessaria alla classificazione sismica del sito.

Nello specifico è stato utilizzato uno stendimento a 24 canali, con interdistanza geofonica pari a 1,5 m in entrambe le prove eseguite; l'ubicazione delle prove e la descrizione di dettaglio della metodologia e dei risultati sono riportate in allegato.

Le misure sperimentali sono state elaborate per mezzo dello specifico programma di interpretazione che elabora un modello monodimensionale di velocità nel sottosuolo che soddisfa i valori misurati; di seguito viene sintetizzata la stratigrafia sismica ottenuta:

- Da 0 fino a 2 metri circa, sono stati rilevati valori V_s di 180 m/s,
- Tra 2 e 4 metri circa, sono stati rilevati valori V_s di 320 m/s,
- Tra 4 e 7 metri circa, sono stati rilevati valori V_s di 400 m/s,
- Tra 7 e 11 metri circa, sono stati rilevati valori V_s di 290 m/s,
- Tra 11 e 15 metri circa, sono stati rilevati valori V_s di 350 m/s,
- Oltre 15 metri circa, sono stati rilevati valori V_s superiori ai 390 m/s,

Dall'interpretazione dell'indagine sismica di tipo MASW è stato possibile calcolare il V_{SEQ} relativo ai primi 30 m di profondità, necessario per la classificazione sismica ai sensi della normativa NTC2018 (tabella 3.2.II), ricadente in **classe C** in quanto $V_{SEQ} = 338$ m/s.

7.2.) PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE DPSH

Le prove penetrometriche dinamiche sono state condotte mediante una strumentazione media di produzione Pagani, della quale si sintetizzano le caratteristiche principali:

<i>Peso maglio:</i>	63,5 kg
<i>Altezza di caduta maglio:</i>	75 cm
<i>Lunghezza aste:</i>	1,0 m
<i>Peso aste:</i>	6,4 kg
<i>Area punta:</i>	20 cmq
<i>Angolo apertura punta:</i>	90°

Le prove consistono nell'introdurre nel terreno una punta a cono posta all'estremità di una batteria di aste mediante battitura alla testa dell'ultima asta da parte di un maglio di peso noto che cade da un'altezza costante. L'infissione avviene per tratti consecutivi di 20 cm misurando il numero di colpi (N_{20}) necessari. La resistenza opposta dai terreni sciolti alla penetrazione della punta conica è funzione delle caratteristiche fisico - meccaniche dei terreni attraversati. Pertanto, l'interpretazione dell'istogramma (numero di colpi/profondità) permette di ottenere oltre che la stratigrafia di massima anche informazioni puntuali sulle caratteristiche geotecniche dei terreni attraversati.

La tabella esposta di seguito sintetizza la stratigrafia e le profondità di indagine raggiunte.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH1		
PROFONDITA' (m p.c.)	ORIZZONTE	LITOLOGIA
0,00 m - 5,00 m	A₀	Argille sabbiose moderat. consistenti (depositi alluvionali)
5,00 m - 12,20 m (fine prova)	A₁	Sabbie e ghiaie argillose med. addensate (depositi alluvionali)
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH2		
PROFONDITA' (m p.c.)	ORIZZONTE	LITOLOGIA
0,00 m - 5,00 m	A₀	Argille sabbiose moderat. consistenti (depositi alluvionali)
5,00 m - 12,20 m (fine prova)	A₁	Sabbie e ghiaie argillose med. addensate (depositi alluvionali)
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH3		
PROFONDITA' (m p.c.)	ORIZZONTE	LITOLOGIA
0,00 m - 4,20 m	A₀	Argille sabbiose moderat. consistenti (depositi alluvionali)
4,20 m - 12,20 m (fine prova)	A₁	Sabbie e ghiaie argillose med. addensate (depositi alluvionali)
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA DPSH4		
PROFONDITA' (m p.c.)	ORIZZONTE	LITOLOGIA
0,00 m - 4,40 m	A₀	Argille sabbiose moderat. consistenti (depositi alluvionali)
4,40 m - 12,20 m (fine prova)	A₁	Sabbie e ghiaie argillose med. addensate (depositi alluvionali)

Interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche

I valori di resistenza dinamica R_{PD} sono ricavati in funzione delle masse mobili e fisse del penetrometro e del numero medio di colpi N_{SPT} mediante la "formula degli Olandesi":

$$R_{PD} = M^2 \cdot H / [A \cdot e \cdot (M+P)] = M^2 \cdot H \cdot N_{SPT} / [A \cdot \delta \cdot (M+P)]$$

Poiché le correlazioni empiriche esistenti in letteratura tra i risultati di una prova penetrometrica dinamica ed i principali parametri geotecnici del terreno fanno riferimento essenzialmente alle prove SPT (Standard Penetration Test), occorre applicare una correzione ai risultati delle prove DPSH, per tenere conto delle diverse modalità esecutive.

$$N_{SPT} = C_f N_{20}$$

dove C_f è un parametro correttivo sulla base delle differenti modalità esecutive (peso del maglio, volata, area della punta, ecc.) indispensabile per rapportare il numero di colpi dell'SPT con quelli del dinamico continuo effettivamente utilizzato:

$$C_f = \frac{M_1 \cdot H_1 \cdot Pl_1 \cdot Ap_1}{M_2 \cdot H_2 \cdot Pl_2 \cdot Ap_2}$$

Il coefficiente di correlazione del penetrometro utilizzato è il seguente:

$$N_{SPT} = 1,47 N_{20}$$

I parametri geotecnici calcolabili per terreni attraverso correlazioni dirette con il valore di N_{SPT} sono i seguenti:

- *angolo di resistenza al taglio φ*
- *densità relativa $Dr(\%)$*

Il valore dell'angolo di resistenza al taglio è stato ricavato con la relazione Shioi-Fukuni (1982):

$$\varphi = \sqrt{15 N_{SPT}} + 15$$

La *densità relativa* può essere determinata in via qualitativa con Terzaghi & Peck (1948) ed in via quantitativa dalla correlazione di Gibbs & Holtz (1957):

$$Dr\% = 21 \sqrt{\frac{N_{SPT}}{\sigma + 0,7}}$$

dove σ è la pressione litostatica a metà strato.

Inoltre, per i terreni coesivi, i valori di N_{SPT} consentono una stima della coesione non drenata C_u . Per argille mediamente plastiche o argille sabbiose è possibile utilizzare la correlazione di Terzaghi & Peck:

$$C_u \text{ (kg/cmq)} = 0,067 * N_{SPT}$$

Nella tabella seguente vengono riassunti i valori medi di N_{SPT} riscontrati dalle prove penetrometriche dinamiche eseguite nella zona di progetto.

ORIZZONTE	VALORI MEDI N_{SPT}
A ₀	7,2
A ₁	16,4

8.) CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Dal confronto tra le informazioni ottenute con il rilevamento, i dati bibliografici e i dati di indagini eseguite è stato possibile ottenere una caratterizzazione dei terreni interessati dall'intervento. L'assetto litostratigrafico locale può essere sintetizzato come segue:

- a) **Orizzonte A₀** (Riporti/depositi alluvionali): orizzonte superficiale costituito da materiali a granulometria fine e medio-fine (argille sabbiose in prevalenza) moderatamente consistenti, avente uno spessore di circa 4-5 metri;
- b) **Orizzonte A₁** (Depositi alluvionali): orizzonte costituito da materiali medio-grossolani (sabbie e ghiaie in matrice argillosa) mediamente addensati.

8.1.) PARAMETRI GEOTECNICI

La caratterizzazione geotecnica dei materiali deriva dai risultati delle prove eseguite e da dati bibliografici riferibili a prove in sito e di laboratorio su campioni ben assimilabili a quelli in oggetto. Di seguito si riportano i parametri geotecnici minimi e medi degli orizzonti litostratigrafici descritti in precedenza.

ORIZZONTE GEOTECNICO A₀

angolo di attrito efficace	ϕ'	=	25-26° *
coesione drenata	c'	=	1-2 kPa *
coesione non drenata	C_u	=	15-20 kPa
peso di volume naturale	γ'	=	17 kN/m ³
densità relativa	D_r	=	20-30%
* condizioni drenate			

ORIZZONTE GEOTECNICO A₁

angolo di attrito efficace	ϕ'	=	30-32° *
coesione drenata	c'	=	- kPa *
coesione non drenata	C_u	=	0 kPa
peso di volume naturale	γ'	=	19 kN/m ³
densità relativa	D_r	=	40-50%
* condizioni drenate			

9.) CLASSIFICAZIONE E VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

La determinazione delle azioni sismiche non avviene più, come in passato, per mezzo dell'obsoleto concetto di "Zone Sismiche", poiché si sa che all'interno di un medesimo comune possono esserci effetti sismici diversi, in dipendenza di vari complessi fenomeni geo-sismo-tettonici, ed a prescindere dagli effetti dovuti al tipo di sottosuolo, già tenuti in conto dal *soil factor* S (un numero che può amplificare le azioni sismiche a causa degli effetti stratigrafici e topografici). Inoltre, anche la conoscenza di eventi sismici remoti consente di meglio stimare le accelerazioni di picco al suolo (ag) i fattori amplificativi degli spettri (F_0) ed i periodi T_c^* relativi a ciascun possibile sito, ovvero i tre parametri da cui discende lo spettro di risposta usato nella determinazione delle azioni sismiche. La forma e intensità dello spettro di risposta di progetto infatti, sono funzione di questi tre parametri, che cambiano da sito a sito (Paolo Rugarli, 2009).

La pericolosità sismica regionale è basata sullo schema proposto dal Gruppo Nazionale Difesa dei Terremoti, che considera gli eventi sismici ricadenti nella zona sismo genetica di competenza

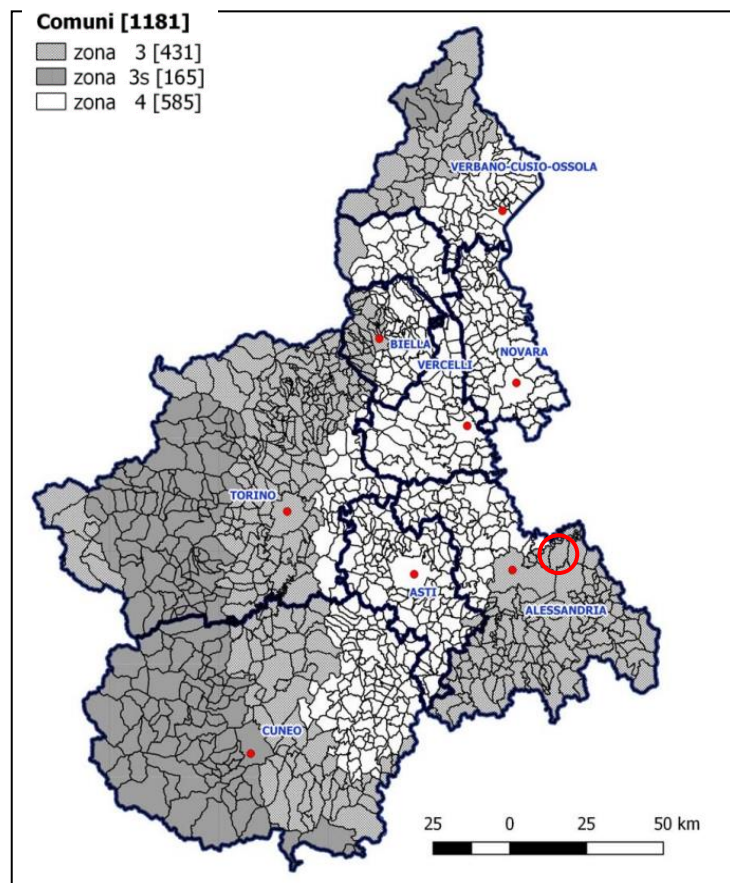
Per quanto attiene direttamente al territorio del **Comune di Sale**, esso è stato classificato ai sensi della D.G.R. n. 6-887 del 30 dicembre 2019 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. n.3519/2006)", in **ZONA 3**.

La normativa prevede una classificazione del sito in funzione sia della velocità delle onde S nella copertura che dello spessore della medesima. Sono quindi state identificate 5 classi, A, B, C, D ed E ad ognuna delle quali è associato uno spettro di risposta elastico.

Parametri per la determinazione dell'azione sismica

Per il calcolo dell'azione sismica, gli elementi necessari sono i seguenti:

- categoria di suolo di fondazione
- condizioni topografiche
- Classe d'uso opera e Vita nominale opera
- Parametri sismici di sito (T_r , ag , F_0 , T_c^*)



Determinazione della categoria di suolo di fondazione

Per la caratterizzazione fisica e geotecnica, si considera la velocità media delle onde di taglio al di sopra del bedrock sismico (V_{seq}); al fine di ottenere una precisa valutazione della classe sismica del terreno di fondazione è stata eseguita un'indagine sismica per determinare direttamente il valore del V_{seq} tramite tecnica MASW. I risultati ottenuti, descritti in dettaglio sulla relazione sismica allegata, indicano un valore di $V_{seq} = 338$ m/s che colloca il sito di interesse in **Categoria di suolo C**.

estratto da tabella 3.2.II - NTC 18

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

Determinazione delle condizioni topografiche

estratto da tabella 3.2. III - NTC 18

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

Determinazione delle caratteristiche dell'opera

Al fine di poter effettuare le verifiche di sicurezza è necessario definire anche la vita nominale dell'opera e, in presenza di azioni sismiche, la classe d'uso con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, di seguito si riportano i valori considerati.

estratto da tabella 2.4.I - NTC 18

TIPI DI COSTRUZIONE		Valori minimi di V_N (in anni)
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni d'emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Determinazione dei parametri sismici di sito

I parametri sismici di sito sono stati calcolati, inserendo le coordinate geografiche medie del sito, la classe d'uso della costruzione, la vita nominale della costruzione per mezzo di un apposito software che utilizza come base di dati il reticolo di riferimento nazionale.

Di seguito si riporta l'elenco dei parametri calcolati per i diversi stati limite.

- periodo di riferimento della costruzione
- T_r : periodo di ritorno evento sismico
- a_g : accelerazione di riferimento del terreno
- F_0 : fattore di amplificazione spettrale massima
- T_c^* : periodo di inizio del tratto dello spettro a velocità costante

In allegato si riportano i dati completi riferiti al sito.

9.1.) STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Le NTC richiedono di verificare che il sito sul quale è ubicato il nuovo manufatto risulti stabile nei confronti della liquefazione. Si definisce liquefazione, la riduzione di resistenza e/o rigidità causata durante il sisma, dall'aumento delle pressioni interstiziali in terreni saturi non coesivi, tale da provocare deformazioni permanenti significative o persino da indurre nel terreno una condizione di sforzi efficaci quasi nulli. Ciò può avvenire e nei depositi di sabbie fini sciolte quando, sotto l'azione dei carichi applicati o di forze idrodinamiche, la pressione dell'acqua dei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento, cioè fino a quando gli sforzi efficaci si riducono a zero. Di seguito si riportano le condizioni di esclusione dalla verifica di liquefazione così come indicate sulle NTC18.

9.1.1.) ESCLUSIONE DELLA VERIFICA A LIQUEFAZIONE

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

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Nel caso in oggetto le accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero (SLV) sono pari $a_g = 0.068$ g quindi minori di 0,1 g, pertanto si esclude la condizione di liquefazione.

10.) CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

A seguito di quanto esposto si può affermare che l'area interessata dall'intervento in progetto, sita nel Comune di Sale (AL), presenta morfologia pianeggiante ed è caratterizzata dalla presenza di una copertura costituita da una coltre superficiale argilloso-sabbiosa di spessore di circa 4-5 metri a cui seguono i depositi alluvionali medio-grossolani.

L'area è caratterizzata da morfologia pianeggiante ed è ubicata ad una quota di circa 83 metri sul livello del mare, ad una distanza di circa 5 km a sud rispetto all'alveo del fiume Po.

Dalla visione della cartografia tematica disponibile si nota che l'intera area di studio non ricade all'interno di alcuna fascia di rispetto fluviale.

Nella zona è presente una falda superficiale che presenta una soggiacenza media rispetto al piano campagna che varia a seconda delle stagioni approssimativamente tra i 4 e i 6 metri di profondità, a seguito di periodi piovosi prolungati potrebbero verificarsi ulteriori innalzamenti del livello di falda rispetto a quanto indicato.

In considerazione del fatto che nei primi 4-5 metri sono presenti orizzonti ad elevato tenore di argilla potenzialmente compressibili, si dovrà porre attenzione alla tipologia e al dimensionamento delle fondazioni in relazione ai carichi applicati per ridurre la possibilità che si verifichino fenomeni di cedimento.

Si dovrà porre particolare attenzione durante le fasi di scavo al fine di evitare rischi di smottamento delle superfici di neoformazione; a tale scopo dovranno essere scelte idonee modalità esecutive nonché mezzi atti all'immediato allontanamento delle eventuali acque di infiltrazione; si consiglia infine di coprire con teli impermeabili le eventuali superfici di scavo per evitare che eventi meteorici improvvisi possano provocare fenomeni di smottamento.

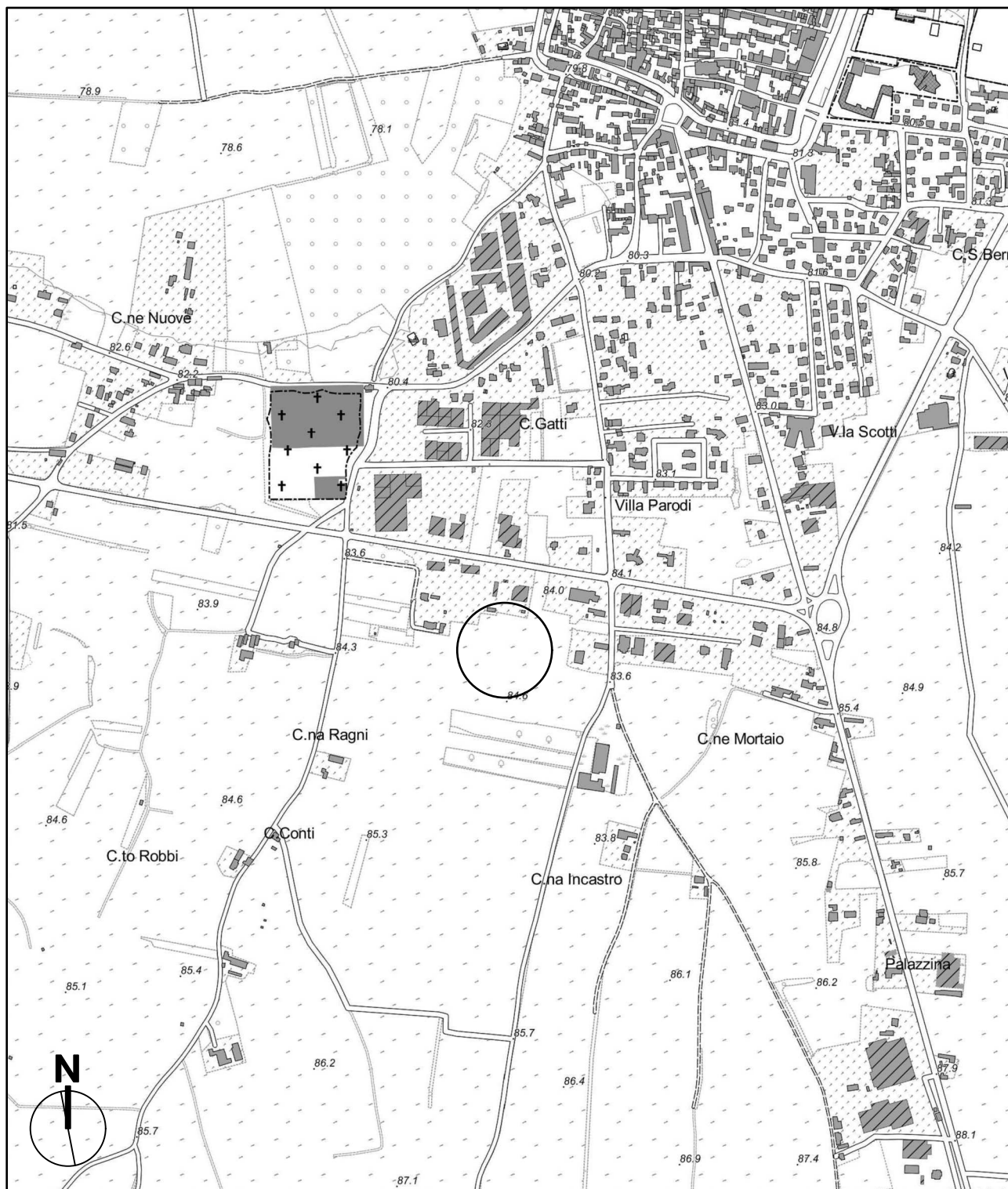
Dovrà inoltre essere realizzata un'accurata regimazione delle acque superficiali che preveda adeguate canalizzazioni per la raccolta e il successivo smaltimento delle stesse al fine di evitare la dispersione non controllata nel terreno.

Con le suddette indicazioni e a condizione che le opere vengano realizzate seguendo le buone regole dell'arte si ritiene il sito idoneo a recepire quanto previsto dal progetto.

Ovada, maggio 2023

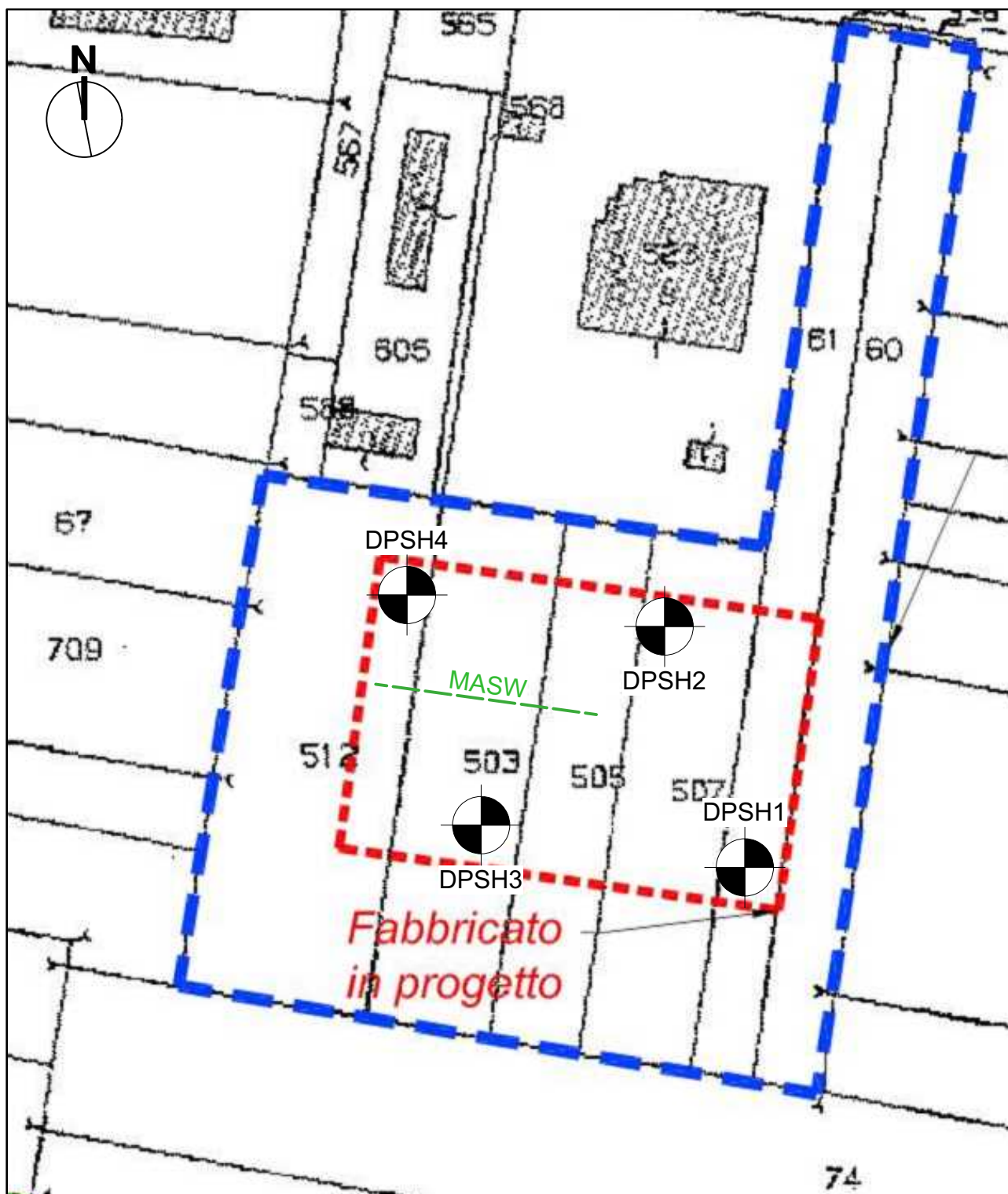


Andrea Basso geologo



Progetto: REALIZZAZIONE FABBRICATO	tavola: 01
Committente: T.C.A. S.p.a.	vrs: 01
Località/Comune: SALE (AL)	data: 14.04.2023
Elaborato: COROGRAFIA_STRALCIO BDTRE 177020	scala: 1:10.000

Andrea Basso geologo - Ovada



Progetto: REALIZZAZIONE FABBRICATO	tavola: 02
Committente: T.C.A. S.p.a.	
Località/Comune: SALE (AL)	vrs: 01 data: 14.04.2023
Elaborato: PLANIMETRIA CATASTALE_UBICAZIONE INDAGINI	scala: 1:1.000

Risultati delle analisi MASW

Autore: Andrea Basso geologo
Sito: Sale (AL)
Data: 28/03/2023

Redatto da MASW
(c) Vitantonio Roma. All rights reserved.

1 - Dati sperimentali

Numero di ricevitori.....24
Distanza tra i sensori:.....1,5m
Numero di campioni temporali2000
Passo temporale di acquisizione 1ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi24
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 1999ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

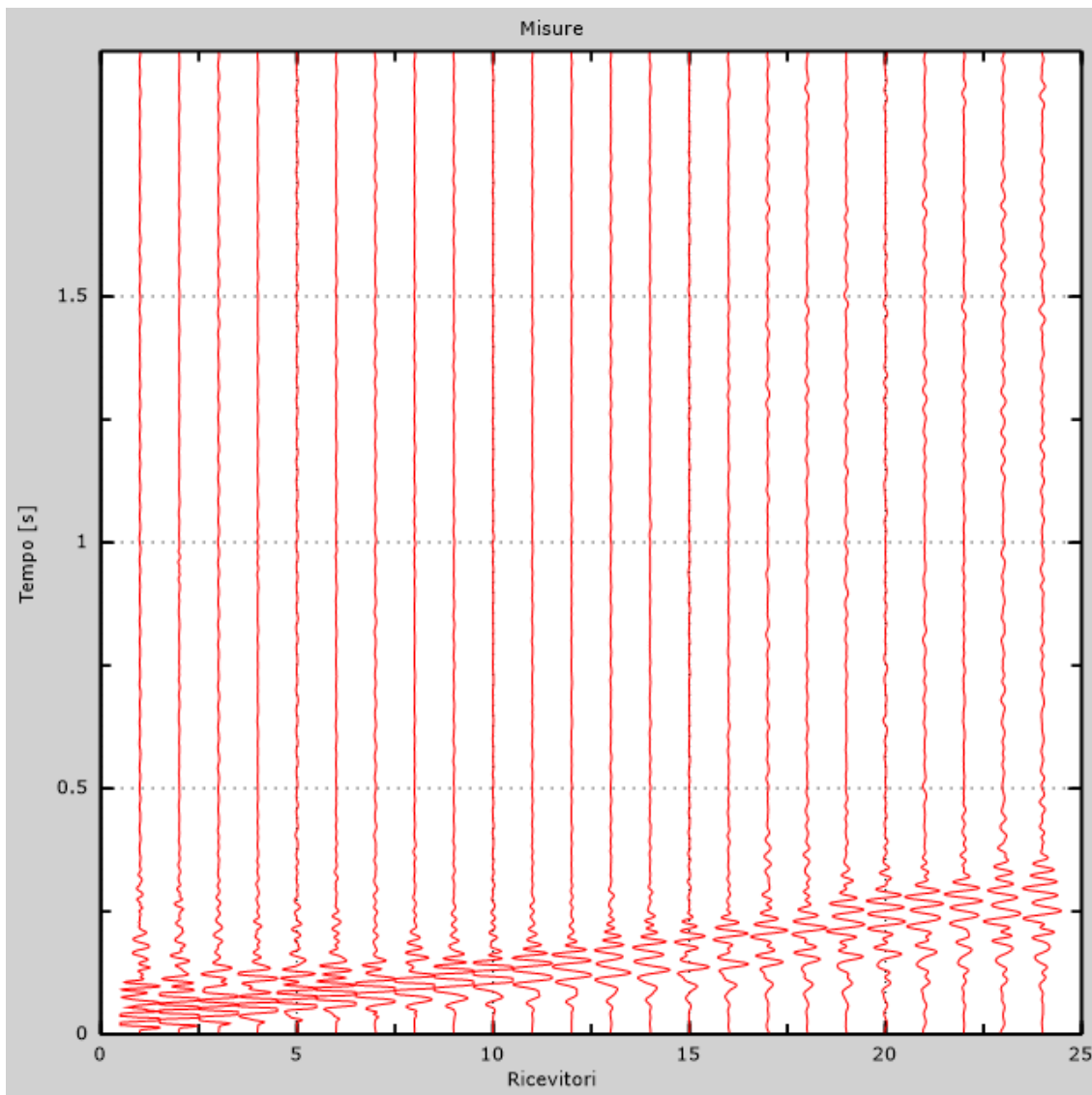


Figura 1: Tracce sperimentali

2 - Risultati delle analisi

Frequenza finale..... 70Hz

Frequenza iniziale 2Hz

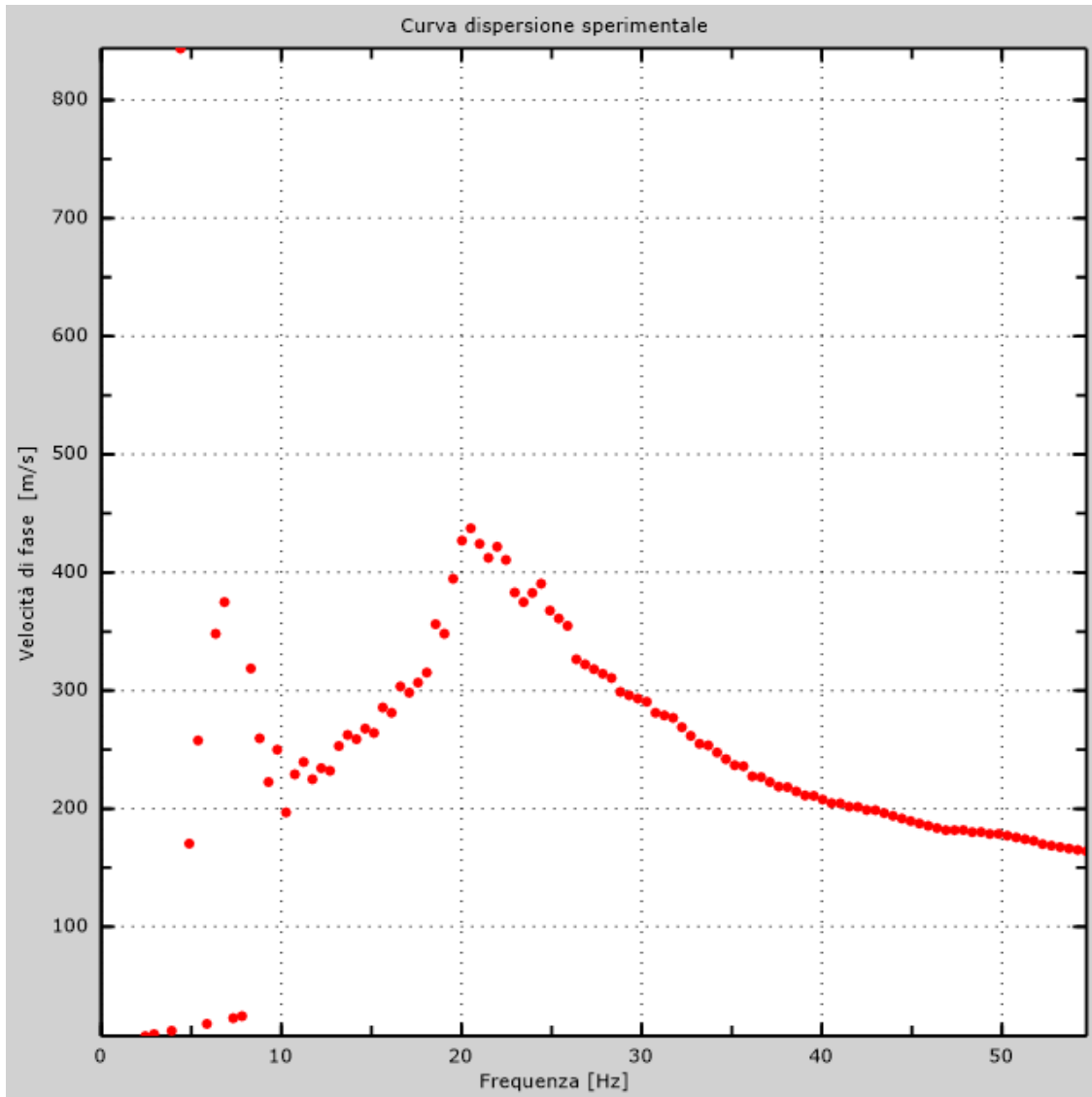


Figura 2: Curva dispersione sperimentale

3 - Risultati delle analisi (tecnica passiva)

Numero di ricevitori.....12
Numero di campioni temporali3.26787e-312
Passo temporale di acquisizione 2ms
Numero di ricevitori usati per l'analisi12
L'intervallo considerato per l'analisi comincia a..... 0ms
L'intervallo considerato per l'analisi termina a 59998ms
I ricevitori non sono invertiti (l'ultimo ricevitore è l'ultimo per l'analisi)

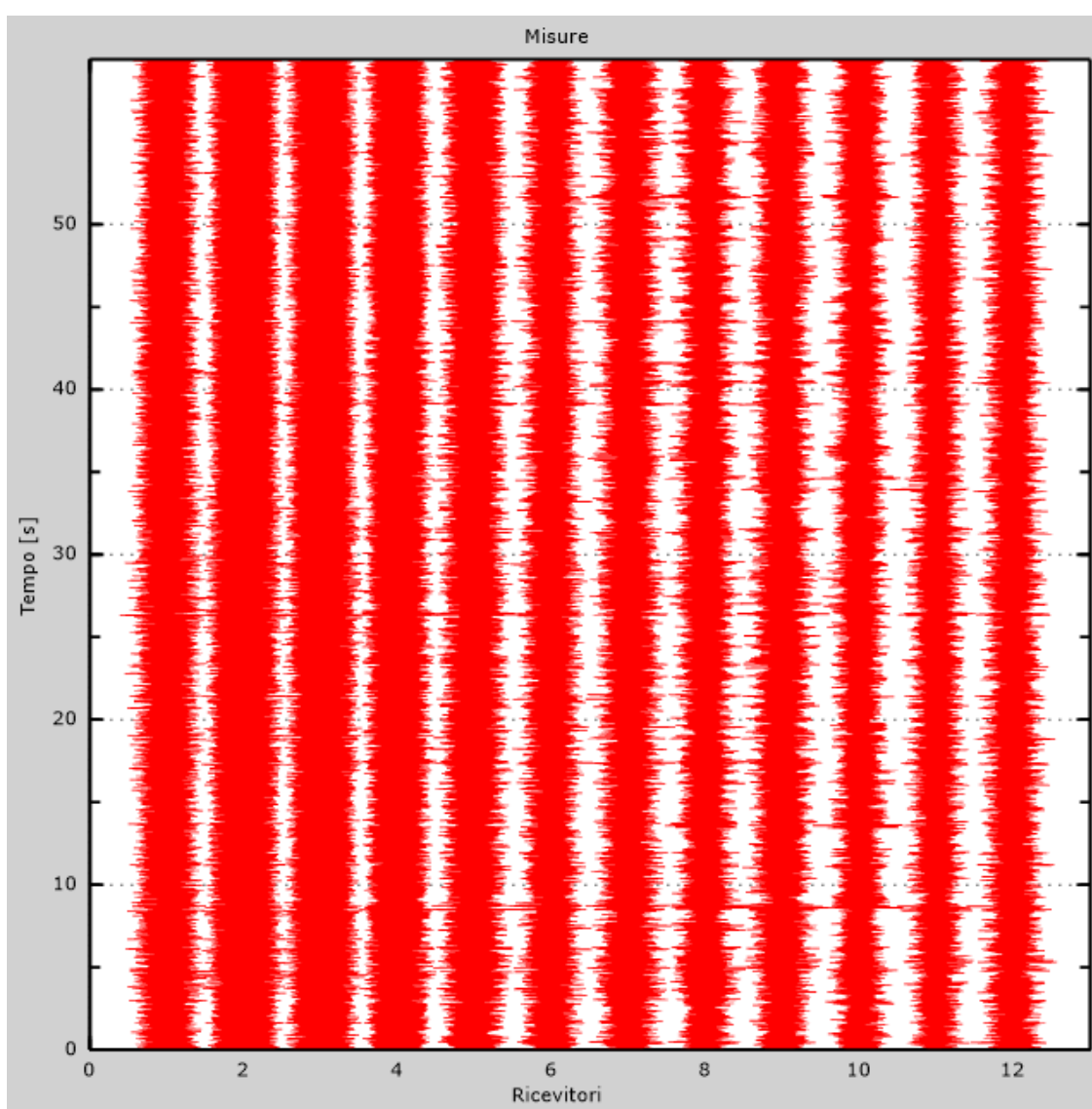


Figura 3: Tracce sperimentali

4 - Curva di dispersione

Tabella 1: Curva di dispersione

Freq. [Hz]	V. fase [m/s]	V. fase min [m/s]	V. fase Max [m/s]
6.1844	359.474	303.32	415.629
8.75374	272.49	239.458	305.522
12.5291	224.043	188.809	259.277
22.6074	402.446	362.201	442.69
26.0498	345.006	310.506	379.507
29.4922	294.939	265.445	324.433
32.9346	258.695	232.826	284.565
36.377	227.137	204.423	249.85
39.8193	209.196	188.276	230.115
43.2617	197.312	177.581	217.043
46.7041	182.454	164.208	200.699
50.1465	177.647	159.882	195.411
53.5889	166.628	149.965	183.291

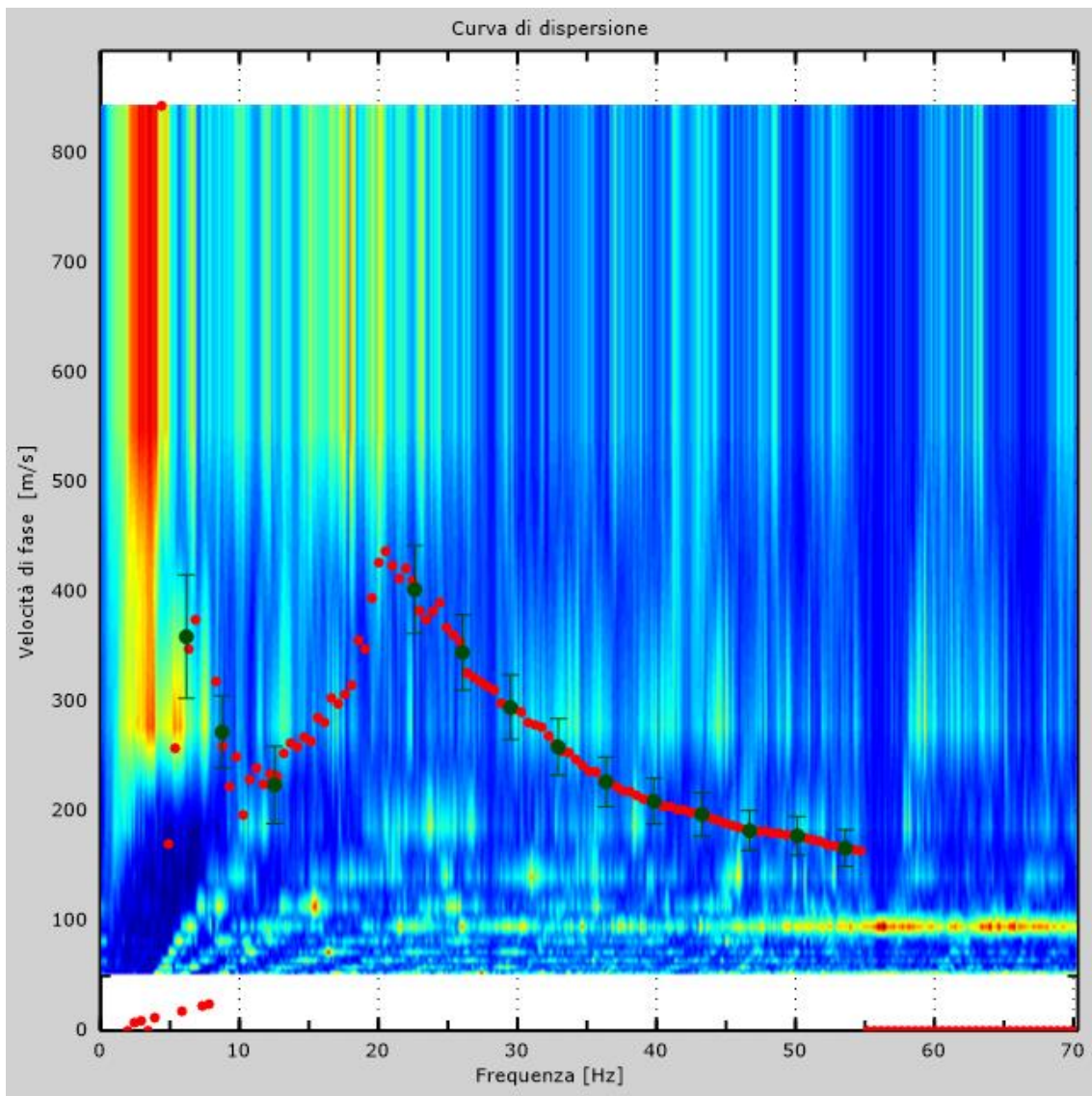


Figura 4: Curva di dispersione

5 - Profilo in sito

Numero di strati (escluso semispazio)	6
Spaziatura ricevitori [m]	1.5m
Numero ricevitori.....	24
Numero modi	2

Strato 1

h [m].....	2
z [m].....	-2
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.35
Vs [m/s].....	180
Vp [m/s]	375

Strato 2

h [m].....	2
z [m].....	-4
Densità [kg/m ³].....	1800
Poisson	0.33
Vs [m/s].....	320
Vp [m/s]	635

Strato 3

h [m].....	3
z [m].....	-7
Densità [kg/m ³].....	1900
Poisson	0.33
Vs [m/s].....	400
Vp [m/s]	794

Strato 4

h [m].....	4
z [m].....	-11
Densità [kg/m ³].....	1900
Poisson	0.48
Vs [m/s].....	290
Vp [m/s]	1479

Strato 5

h [m].....	4
z [m].....	-15
Densità [kg/m ³].....	2000
Poisson	0.48
Vs [m/s].....	350
Vp [m/s]	1785

Strato 6

h [m].....	0
z [m].....	-00
Densità [kg/m ³].....	2000
Poisson	0.48
Vs [m/s].....	390
Vp [m/s]	1989

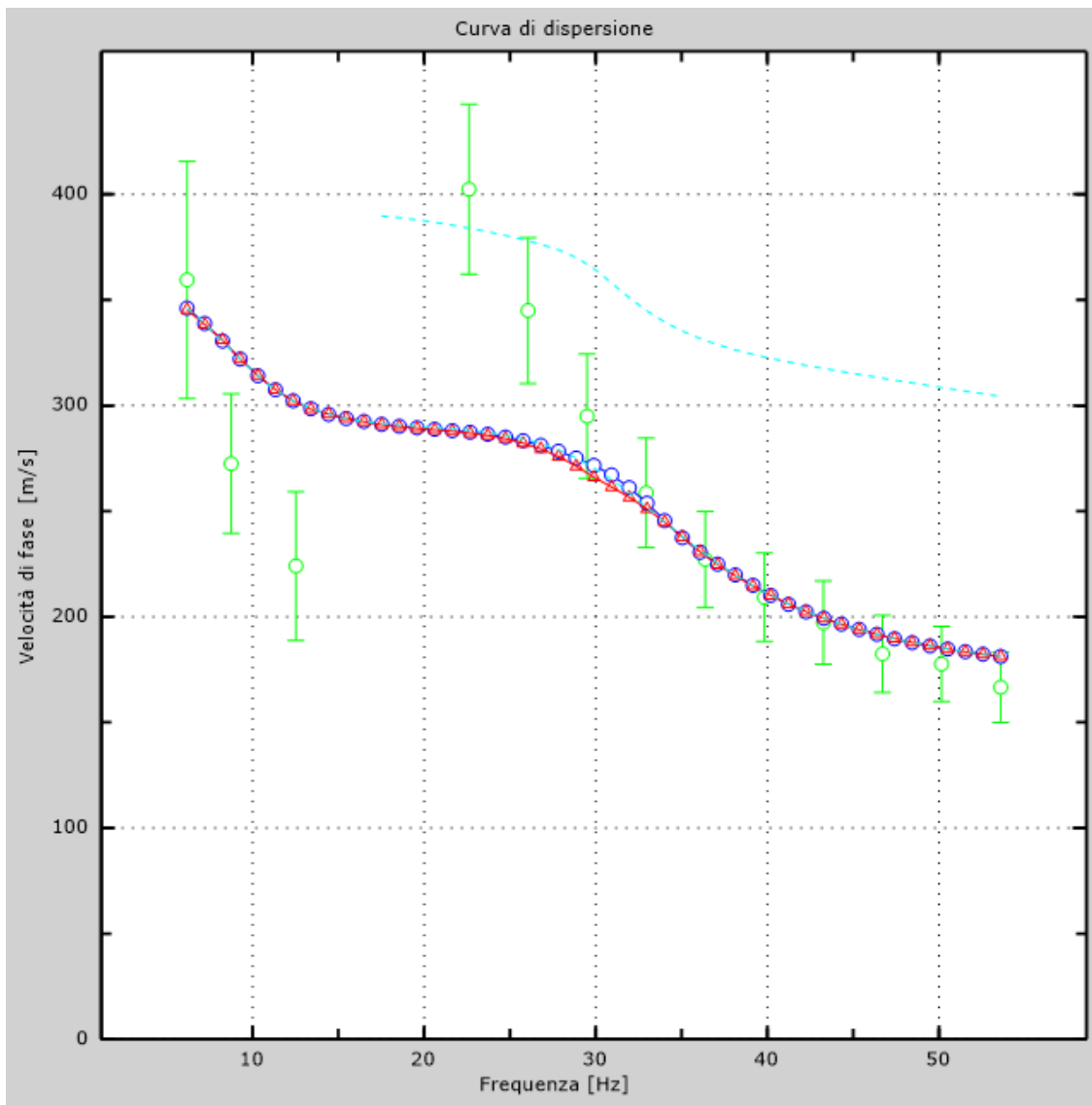


Figura 5: Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleighth (ciano), curva apparente(blu), curva numerica (rosso)

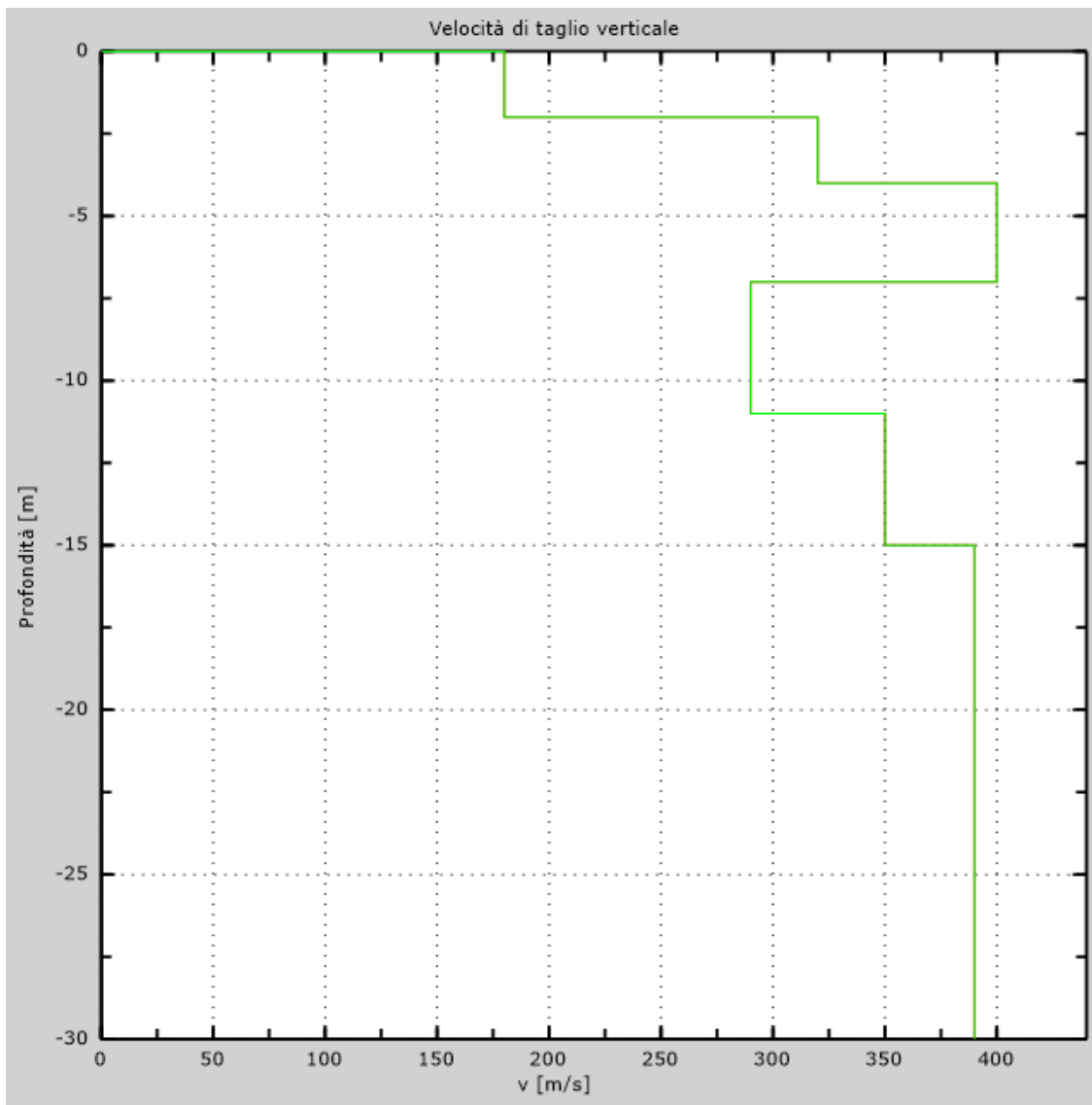


Figura 6: Velocità

6 - Risultati finali

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

V_{seq} [m/s]338

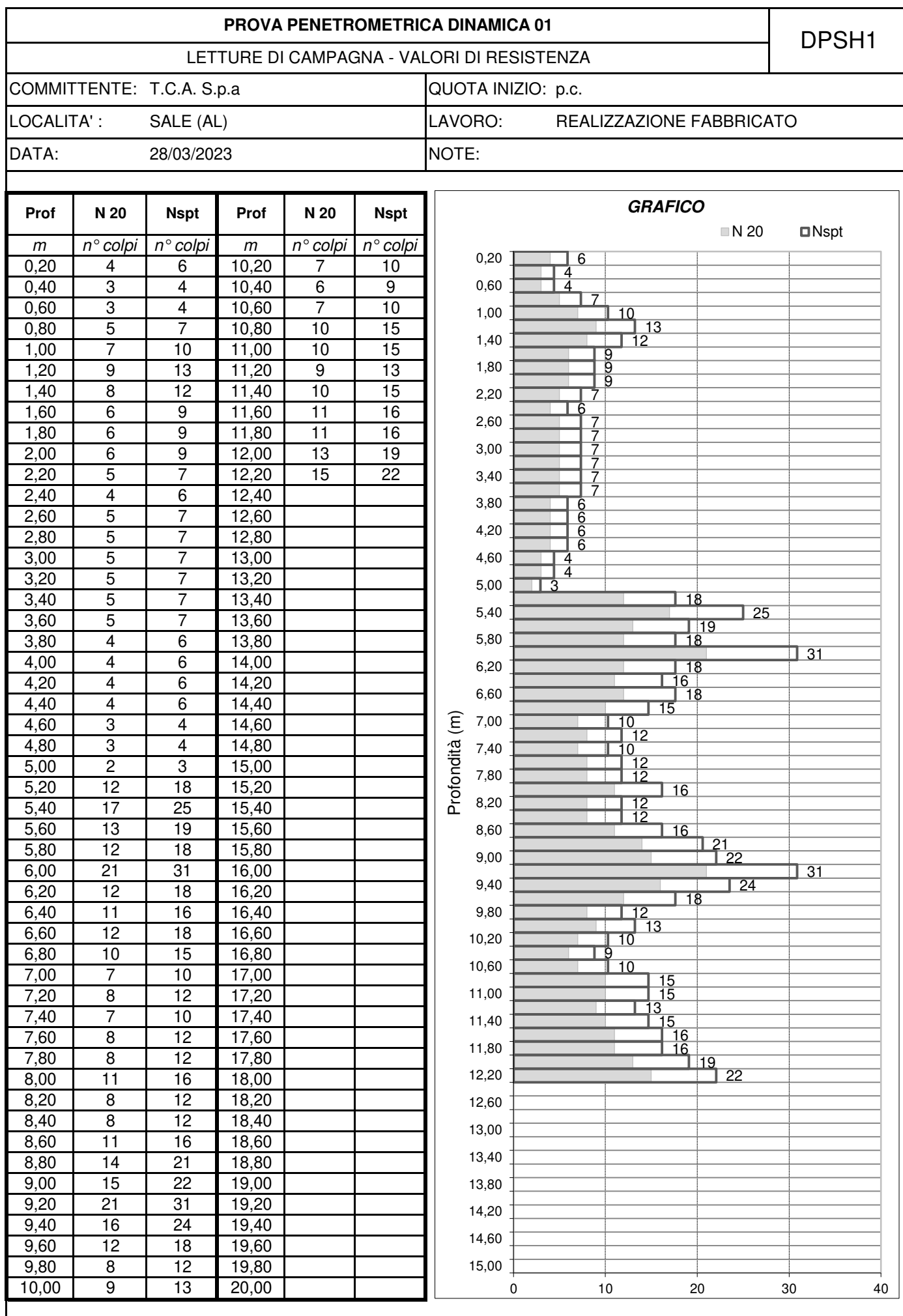
La normativa applicata è il DM 17 gennaio 2018

Tipo di suolo C

Appendice

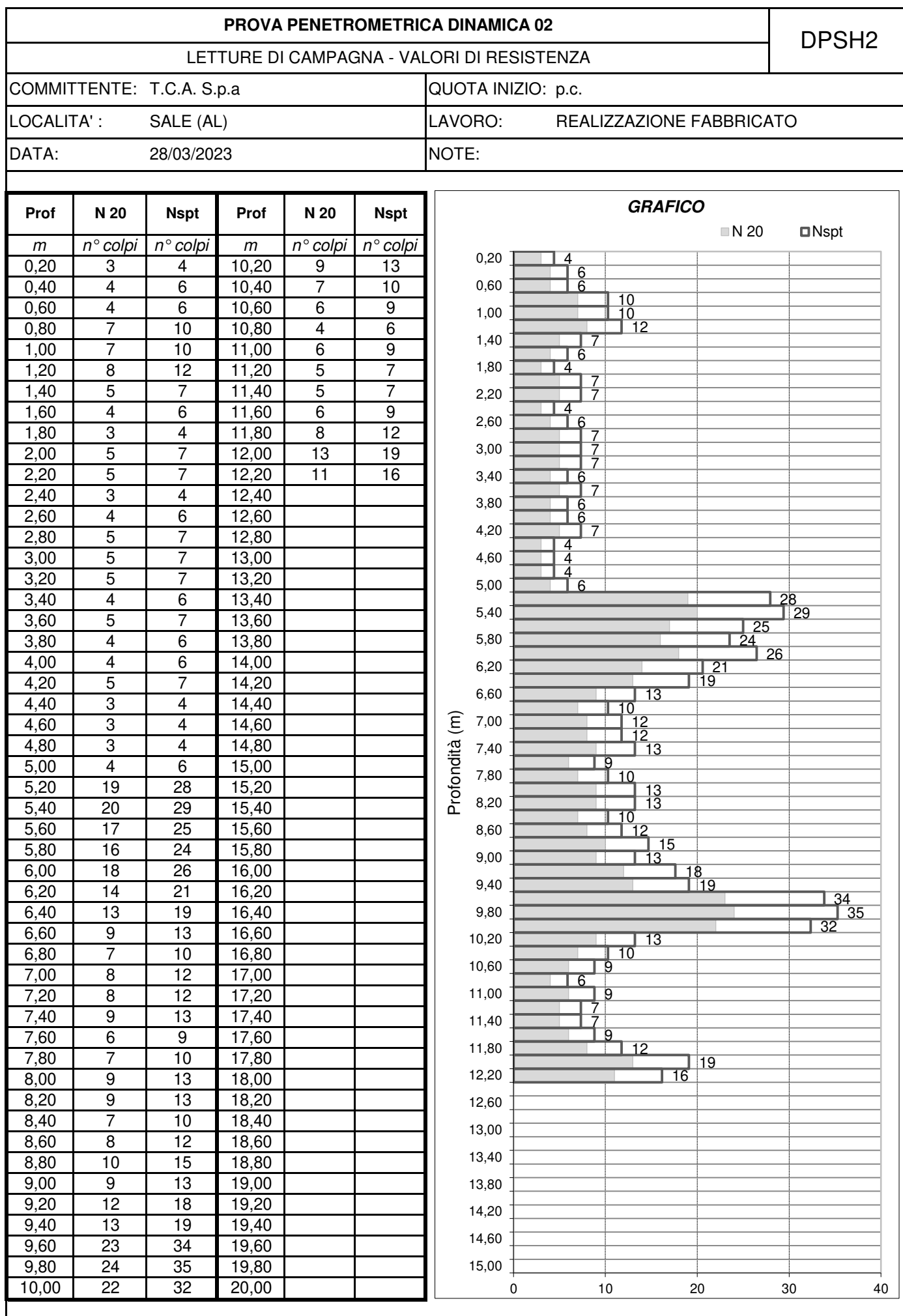
Tipo di suolo

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

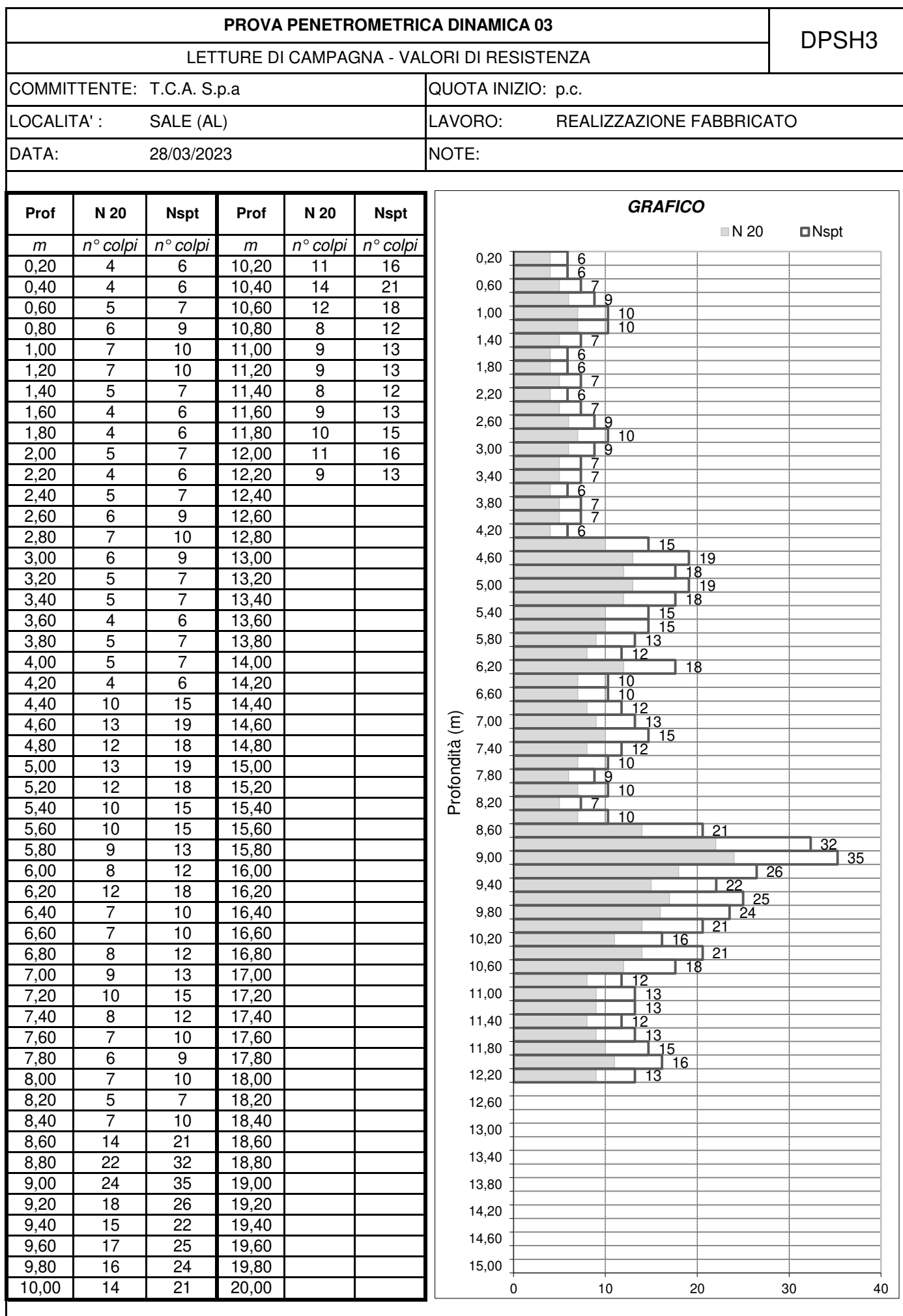


- PENETROMETRO PAGANI STATICO/DINAMICO modello "Emilia TG 63-200" da 20 t

- Sistema di battitura: maglio kg 63.5, volata 75 cm.



- PENETROMETRO PAGANI STATICO/DINAMICO modello "Emilia TG 63-200" da 20 t
- Sistema di battitura: maglio kg 63.5, volata 75 cm.



- PENETROMETRO PAGANI STATICO/DINAMICO modello "Emilia TG 63-200" da 20 t

- Sistema di battitura: maglio kg 63.5, volata 75 cm.

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA 04
DPSH4
LETTURE DI CAMPAGNA - VALORI DI RESISTENZA

COMMITTENTE: T.C.A. S.p.a

QUOTA INIZIO: p.c.

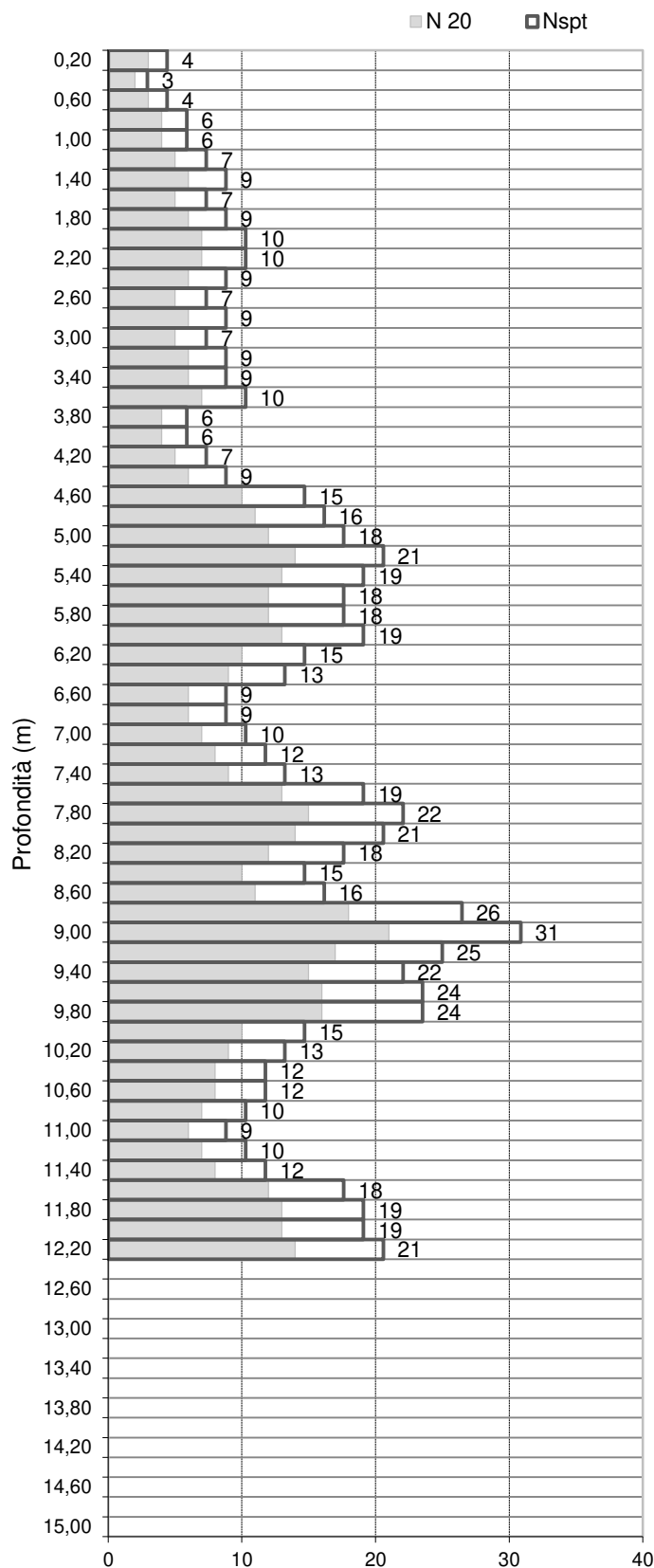
LOCALITA' : SALE (AL)

LAVORO: REALIZZAZIONE FABBRICATO

DATA: 28/03/2023

NOTE:

Prof	N 20	Nspt	Prof	N 20	Nspt
<i>m</i>	<i>n° colpi</i>	<i>n° colpi</i>	<i>m</i>	<i>n° colpi</i>	<i>n° colpi</i>
0,20	3	4	10,20	9	13
0,40	2	3	10,40	8	12
0,60	3	4	10,60	8	12
0,80	4	6	10,80	7	10
1,00	4	6	11,00	6	9
1,20	5	7	11,20	7	10
1,40	6	9	11,40	8	12
1,60	5	7	11,60	12	18
1,80	6	9	11,80	13	19
2,00	7	10	12,00	13	19
2,20	7	10	12,20	14	21
2,40	6	9	12,40		
2,60	5	7	12,60		
2,80	6	9	12,80		
3,00	5	7	13,00		
3,20	6	9	13,20		
3,40	6	9	13,40		
3,60	7	10	13,60		
3,80	4	6	13,80		
4,00	4	6	14,00		
4,20	5	7	14,20		
4,40	6	9	14,40		
4,60	10	15	14,60		
4,80	11	16	14,80		
5,00	12	18	15,00		
5,20	14	21	15,20		
5,40	13	19	15,40		
5,60	12	18	15,60		
5,80	12	18	15,80		
6,00	13	19	16,00		
6,20	10	15	16,20		
6,40	9	13	16,40		
6,60	6	9	16,60		
6,80	6	9	16,80		
7,00	7	10	17,00		
7,20	8	12	17,20		
7,40	9	13	17,40		
7,60	13	19	17,60		
7,80	15	22	17,80		
8,00	14	21	18,00		
8,20	12	18	18,20		
8,40	10	15	18,40		
8,60	11	16	18,60		
8,80	18	26	18,80		
9,00	21	31	19,00		
9,20	17	25	19,20		
9,40	15	22	19,40		
9,60	16	24	19,60		
9,80	16	24	19,80		
10,00	10	15	20,00		

GRAFICO


- PENETROMETRO PAGANI STATICO/DINAMICO modello "Emilia TG 63-200" da 20 t

- Sistema di battitura: maglio kg 63.5, volata 75 cm.

Parametri sismici

determinati con **GeoStru PS**

Le coordinate geografiche espresse in questo file sono in ED50

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 44,974195 [°]

longitudine: 8,806073 [°]

Classe d'uso: II. Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Vita nominale: 50 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Siti di riferimento.

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	14252	44,991380	8,755665	4401,1
Sito 2	14253	44,994140	8,826187	2724,1
Sito 3	14475	44,944230	8,830014	3827,6
Sito 4	14474	44,941460	8,759589	5160,2

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,020	2,517	0,179
Danno (SLD)	63	50	0,027	2,503	0,203
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,068	2,517	0,277
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,089	2,509	0,280

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s ²]	Beta [-]
SLO	1,500	1,850	1,000	0,006	0,003	0,298	0,200
SLD	1,500	1,780	1,000	0,008	0,004	0,398	0,200
SLV	1,500	1,600	1,000	0,020	0,010	0,993	0,200
SLC	1,500	1,600	1,000	0,027	0,013	1,308	0,200

Geostru