

COMUNE DI ORZINUOVI

PROVINCIA DI BRESCIA

INDAGINE GEOLOGICA E GEOTECNICA RELATIVA ALLA CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE DELL'INTERVENTO DI DEMOLIZIONE EDIFICIO ESISTENTE CON REALIZZAZIONE NUOVO CAPPANNONE.

RELAZIONE GEOLOGICA

Ai sensi del
D.M. 17/01/2018
D.G.R. 2616/2011

RELAZIONE GEOTECNICA

Ai sensi del
D.M. 17/01/2018

RELAZIONE SISMICA

ai sensi del
D.G.R. 11 luglio 2014 - n. X/2129

COMMITTENTE: **AB HOLDING S.P.A.**

GEOLOGO: DOTT. GUIDO TORRESANI
O.G.L. n° 1141



DATA: APRILE 2025

Studio di Geologia dott. GUIDO TORRESANI
25034 – ORZINUOVI (BS) - Via Giordano Bruno, 44
tel 030 4197172
GEOLOGIA AMBIENTALE, IDROGEOLOGIA, GEOTECNICA, GESTIONE CAVE, AUTORIZZAZIONI POZZI

SOMMARIO

- Premessa;
- Inquadramento geologico e natura litologica dei terreni di fondazione;
- Sismicità dell'area
- Definizione dell'azione sismica – Stima della pericolosità sismica
- Indagini geognostiche
- Caratterizzazione litostratigrafica e geotecnica
- Determinazione delle resistenze
- Calcolo dei cedimenti
- Suscettibilità alla liquefazione dei terreni di fondazione
- Verifica della fattibilità geologica dell'intervento in riferimento ai criteri indicati nella D.G.R. 2616/2011
- Conclusioni

ALLEGATI

- Inquadramento corografico (CTR scala 1:10.000);
- Planimetria con ubicazione delle indagini eseguite;
- Stratigrafia Trincee esplorative e documentazione fotografica (T1÷T6);
- Tabelle e diagrammi di interpretazione dati penetrometrici (prove P1÷P10);
- Risultanze prova MASW.
- Asseverazione relazione geologica – MODULO 9
- Asseverazione relazione geotecnica – MODULO 10

PREMESSA

La presente relazione geologica e geotecnica ha lo scopo di caratterizzare da un punto di vista geomeccanico, litostratigrafico, idrogeologico e sismico la porzione di area, di proprietà della ditta AB Holding spa sita in Via Adua nel Comune di Orzinuovi (BS), interessata dal progetto di DEMOLIZIONE EDIFICIO ESISTENTE (ex discoteca Kalua') CON REALIZZAZIONE NUOVO CAPPANNONE.

L'indagine è stata programmata ed esperita sulla base della normativa ministeriale oggetto del **D.M. 17.01.2018** concernente "aggiornamento delle Norme tecniche sulle costruzioni". Tale caratterizzazione è importante non solo per una corretta scelta e dimensionamento delle strutture di fondazione, ma anche perchè a seguito di detto D.M. è necessario verificare i parametri sismici della zona.



Fig. 1: ortofoto con ubicazione area d'indagine

Sulla base del **D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129** "Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (l.r. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)", **il territorio comunale di Orzinuovi è stato classificato come ZONA 3**. In riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 e in base alle risultanze dell'analisi sismica MASW eseguita appositamente nell'area è possibile attribuire ai terreni indagati il profilo stratigrafico del suolo di fondazione di "tipo C". Inoltre dall'analisi sismica di II livello redatta a livello di PGT comunale risulta che per i suoli di fondazione di tipo C il fattore di amplificazione F_a è minore del valore soglia comunale definito dalla Regione Lombardia.

E' necessario quindi prevedere in sede di indagine geologico-tecnica la verifica di alcuni elementi e fattori che influenzano il comportamento delle fondazioni; tra questi la **litologia** dei terreni di substrato, la **profondità del piano di imposta**, il **carico allo stato limite ultimo**, la **suscettibilità alla liquefazione** dei terreni di fondazione, i possibili **cedimenti** e il **livello della falda acquifera**.

L'indagine ha inoltre lo scopo di verificare la fattibilità geologica dell'intervento in riferimento ai criteri indicati nella **D.G.R. 2616/2011** "Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT".

Considerata l'entità delle opere da realizzarsi e considerate le caratteristiche geomeccaniche dei terreni della zona, si è proceduto all'esecuzione **di n.6 scavi esplorativi (trincee T1÷T6) e n. 10 prove penetrometriche di cui 5 statiche CPT e 5 dinamiche SCPT (Prove P1÷P10)**; gli scavi, profondi circa 2,4 metri, hanno consentito in primo luogo l'osservazione diretta della litozona superficiale interessata dal piano d'imposta delle fondazioni di progetto e di seguito hanno permesso di verificare la presenza della falda acquifera alla profondità media di circa 1,0 m dal p.c. (misurazione aprile 2025). Con le Prove penetrometriche si è verificato il comportamento geomeccanico del sottosuolo di fondazione delle opere in progetto.

Per la definizione della categoria sismica del suolo di fondazione ai sensi dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 è stata eseguita **n.1 prova sismica tipo MASW e una HVSR**.

Considerata l'omogeneità litostratigrafica e geomeccanica dei terreni presenti nell'ambito della zona indagata e tenuto in considerazione l'estensione del lotto da indagare, si ritiene che le indagini eseguite siano sufficienti per poter caratterizzare i terreni in oggetto. Tale scelta è avvalorata dalla conoscenza delle aree circostanti a quella di intervento che in un intorno significativo presentano caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche simili.

Si tenga presente che la superficie scelta come quota 0 di RIFERIMENTO per tutte le quote indicate nella relazione è il PIANO PIAZZALE ESISTENTE che coincide con il piano campagna su cui sono state eseguite le trincee. Le prove penetrometriche sono state eseguite ad una quota ribassata media di circa -0,6 m all'interno di un pre-scavo.

Lo studio è stato condotto in osservanza alle seguenti normative vigenti:

- **Decreto Ministeriale 14.01.2008**
- Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**
Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009.
- **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**
Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale.
- Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007
- **Eurocodice 8 (1998)**
- **Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture**
Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003)
- **Eurocodice 7.1 (1997)**
Progettazione geotecnica – Parte I : Regole Generali . - UNI
- **Eurocodice 7.2 (2002)**
Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI
- **Eurocodice 7.3 (2002)** Progettazione geotecnica – Parte II : Progettazione assistita con prove in sito(2002). UNI
- **D.G.R. n. 2616/11** "Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT".
- **D.G.R. n. 2129/14 Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia**
- **LR 33/15** Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche. Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica
- **D.G.R. n. 5001/16** Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica
- **Decreto Ministeriale 17.01.2018** Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni

INQUADRAMENTO GEOLOGICO E NATURA LITOLOGICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

L'area oggetto della presente indagine è ubicata nel settore Est del territorio comunale di Orzinuovi (come evidenziato nell'allegato CTR di inquadramento).

L'area si presenta come una superficie planare ad una quota media di 89 metri s.l.m.

Dal punto di vista geologico-morfologico questa zona ricade sui **depositi fluvioglaciali e fluviali** (Pleistocene superiore). Si tratta di materiali prevalentemente sabbioso-ghiaiosi, subordinatamente sabbioso-limosi, con intercalazioni limoso-argillose che costituiscono il livello fondamentale della pianura e sono stati depositati da un paleo-Oglio. Presentano una struttura a grosse lenti caratterizzata da differente granulometria.

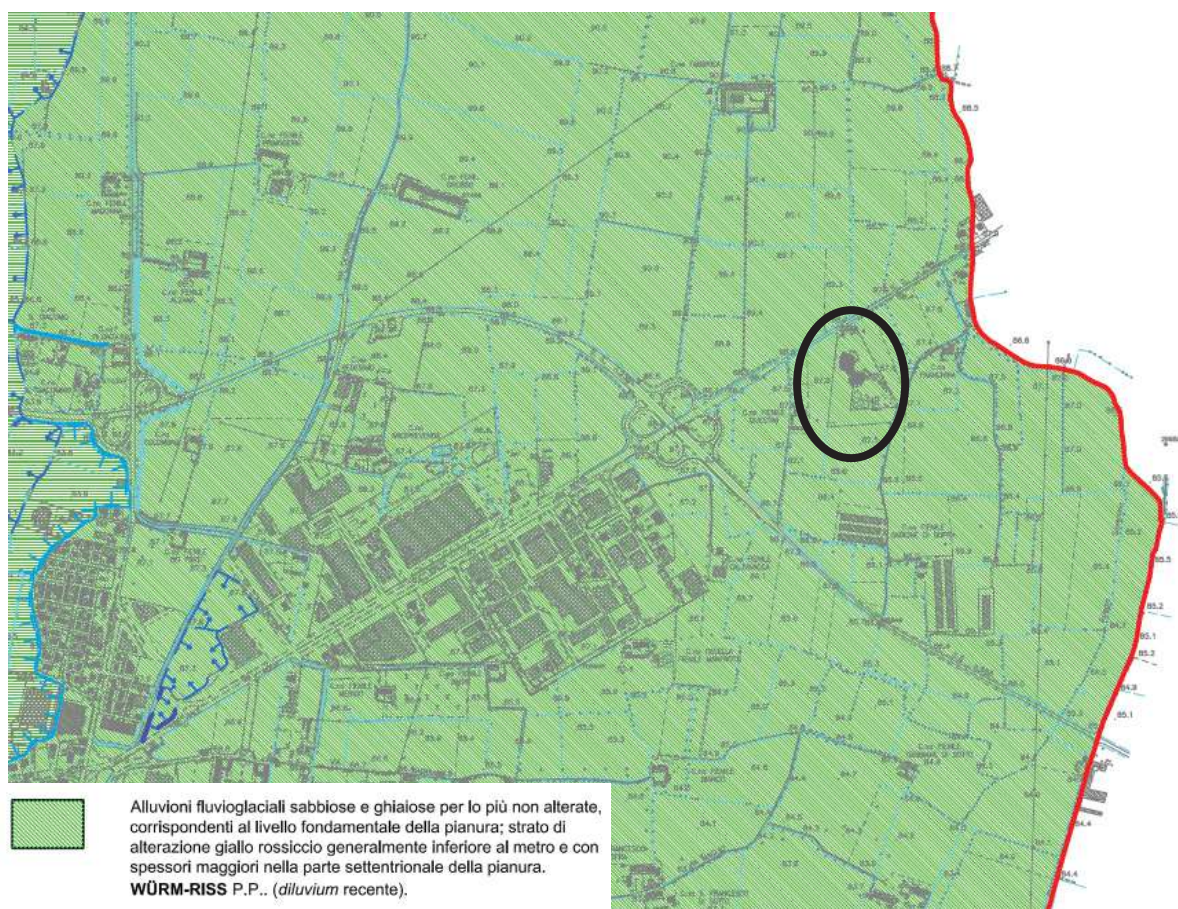


Fig. 2 – estratto carta geologica del PGT comunale

Sulla base delle conoscenze dei terreni della zona e delle indagini internamente al lotto in esame, si prevede una **buona uniformità litostratigrafica dei terreni di fondazione**.

La natura del terreno, dedotta indirettamente dalle prove penetrometriche eseguite all'interno dell'area di intervento, mostra una successione litostratigrafica che può essere schematizzata come di seguito riportato (le quote sono espresse come m di profondità rispetto 0 RIF. = piano piazzale):

da 0,0 a 6,5 m	Sabbia argillosa con livelli torbosi	"Orizzonte A"
da 6,5 a 17 m	Sabbie e ghiaie variamente addensate	"Orizzonte B"

Il livello della falda freatica è stato individuato (misura del 02/04/2025) a profondità media di circa -1,2÷-1,5 m dallo 0 RIF.

PIANO DI IMPOSTA E TIPO DI FONDAZIONE

La caratterizzazione geotecnica dei terreni del lotto è stata ottenuta mediante le risultanze delle indagini eseguite. Il raffronto fra l'indagine eseguita e le informazioni a disposizione recuperate da altri cantieri nelle vicinanze, ha consentito di individuare superficialmente litologie scadenti dal punto di vista geotecnico costituite da sabbie argillose con livelli torbosi (**orizzonte A**) fino alla profondità di 6,5 m dallo 0 RIF. Oltre tale quota si rinviene un livello portante più robusto (**orizzonte B**) contraddistinto da sabbie e ghiaie variamente addensate fino alle massime profondità investigate.

Valutate pertanto le caratteristiche geomeccaniche e litologiche superficialmente scadenti dei terreni indagati, in relazione alla tipologia strutturale prevista sarà necessario prevedere la messa in opera di FONDAZIONI PROFONDE INDIRETTE TIPO PALI a sostegno delle nuove strutture di progetto.

In particolari i PALI dovranno raggiungere la profondità di 12 m andando ad intestarsi all'interno dell'orizzonte B sabbioso ghiaioso variamente addensato per almeno 5-6 m. La tipologia di palo più idonea e i relativi diametri di realizzazione dovranno essere valutati da un Ing. strutturista.

Si consiglia la realizzazione di tre o più pali prova prima di rendere definitiva la lunghezza delle armature palo

INDAGINI GEOGNOSTICHE

Allo scopo di ottenere utili informazioni tecniche destinate ad una corretta interpretazione delle caratteristiche geologiche dei terreni di fondazione dell'opera in progetto sono state eseguite le seguenti indagini:

- n.5 prove penetrometriche DINAMICHE (SCPT)
- n.5 prove penetrometriche STATICHE (CPT)
- n.6 scavi esplorativi (Trincee T1÷T2)
- n.1 prova sismica MASW

Si tenga presente che la superficie scelta come quota 0 di RIFERIMENTO per tutte le quote indicate nella relazione è il PIANO PIAZZALE ESISTENTE che coincide con il piano campagna su cui sono state eseguite le trincee. Le prove penetrometriche sono state eseguite ad una quota ribassata media di circa -0,6m all'interno di un pre-scavo.

L'ubicazione delle prove eseguite viene riportata nella planimetria allegata.

Prova penetrometrica statica

Le prove statiche (CPT) consistono nell'infiggere nel terreno una punta conica e un manicotto di attrito di dimensioni standard utilizzando un pistone idraulico che esercita una spinta costante (10 t).

La punta e il manicotto di attrito misurano rispettivamente la resistenza alla punta (R_p) e la resistenza laterale (R_l).

L'infissione avviene per tratti consecutivi di 20 cm.

Le caratteristiche del penetrometro statico Pagani tipo Gouda da 10 t utilizzato, rispondono agli standard europei richiesti per questo tipo di prove e presenta le seguenti specifiche tecniche:

- punta conica con angolo di 60° e superficie di 10 cm^2 ;
- manicotto di frizione con superficie di 150 cm^2 posto sopra la punta;
- le letture dei valori di resistenza alla punta e al manicotto vengono fatte su un manometro.

Prove penetrometriche dinamiche SCPT

Per le modalità esecutive delle prove penetrometriche dinamiche ci si è attenuti a quanto specificato nelle "Raccomandazioni sulla Programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche" a cura della Associazione Geotecnica Italiana 1977.

Le prove dinamiche (SCPT) consistono nell'infiggere nel terreno una punta conica di dimensioni standard utilizzando una massa battente che esercita una energia costante; l'infissione avviene per tratti consecutivi di 30 cm. Su tale spessore costante vengono misurati il numero di colpi necessari alla penetrazione della punta. Le caratteristiche del penetrometro dinamico utilizzato rispondono alla nuova categoria di standard europeo D.P.S.H. (Dinamic Probing Super Heavy) che presenta le seguenti specifiche tecniche:

- Passo di lettura	30 cm.
- Peso massa battente (Maglio)	M = 73 Kg
- Altezza di caduta libera del maglio	H = 0,75 m
- Area della punta	20 cm ²
- Angolo al vertice della punta	90°
- Peso delle aste:(peso/m)	Ma = 6 Kg/m
- Massa passiva	4,2 Kg

I parametri geotecnici vengono ricavati dalle correlazioni proposte in letteratura in funzione dei valori di N_{spt} , a loro volta ricavati dai valori della prova penetrometrica dinamica (N_{scpt}), tramite la seguente relazione: $N_{spt} = N_{scpt} \times 1.5$, considerata la presenza di terreno incoerente di natura prevalentemente sabbiosa e/o sabbioso/ghiaiosa (fattore di conversione normalmente usato in terreni simili a quello in esame).

La prova eseguita ha raggiunto una profondità ritenuta sufficiente per la comprensione delle problematiche inerenti il sistema terreno-fondazione.

La tabella e il diagramma di interpretazione della prova penetrometrica viene riportato in allegato.

Indagine sismica: prova MASW

Si veda quanto riportato nella relazione tecnica in allegato.

D.M. 17/01/2018	Profondità del bedrock sismico	$V_{s,eq}$ (m/s)	Categoria di sottosuolo	Valore di $V_{s,eq}$ calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 17/01/2018 $V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$
Calcolo a partire dal ripiano di esecuzione MASW (p.c.)	Oltre -30,0 m dal p.c.	270	C	Categoria di sottosuolo assegnata in base a quanto indicato nella Tabella 3.2 II

Da qui si evince che il valore ottenuto di V_s classifica pienamente il terreno nella categoria del suolo di fondazione di tipo C: (Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s).

SISMICITA' DELL'AREA

Con l'introduzione dell'O.P.C.M. n. 3274 del 20 Marzo 2003 e succ. modif. sono stati rivisti i criteri per l'individuazione delle zone sismiche. Inoltre sono state definite le norme tecniche per la progettazione di nuovi edifici, di nuovi ponti, per le opere di fondazione, per le strutture di sostegno. La suddetta ordinanza riporta, sino alla deliberazione delle regioni (cosa che in Lombardia è avvenuto con la D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129), le nuove classificazioni sismiche individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale". In particolare, l'intero territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone.

Nello specifico il territorio comunale di **ORZINUOVI** ricade, per quanto indicato in Allegato A della D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129 "elenco dei Comuni con indicazione delle relative zone sismiche e dell'accelerazione massima (a_{gmax}) presente all'interno del territorio comunale" in **ZONA 3**.

ISTAT	Provincia	Comune	Zona Sismica Ag_{Max}	Ag_{max}
03017125	BS	ORZINUOVI	3	0,13266

Il terreno indagato secondo lo schema presente nell'Ordinanza risulta appartenente alla categoria di **suolo di fondazione tipo "C"**, (Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s) così come specificato al paragrafo 3.1 del Capitolo 3 "Azione sismica" di dette norme.

In riferimento all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 e in recepimento di quanto indicato nello studio geologico del PGT (pubblicato sul sito del comune e della Regione Lombardia in data 31/05/2016), ai terreni indagati viene attribuito il profilo stratigrafico del suolo di fondazione di "tipo C". (Depositi di sabbie o ghiaie mediamente addensate o di argille di media consistenza, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi fra 180 e 360 m/s) così come specificato al paragrafo 3.1 del Capitolo 3 "Azione sismica" di dette norme.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento 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 PVR nel periodo di riferimento V_R . In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

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 di fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

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

Per il calcolo dei valori sopra citati sono stati considerati i seguenti parametri in base al tipo di opera in progetto:

- **Vita nominale dell'opera V_N :** intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata

Tabella 1 – Vita nominale v_n per diversi tipi di opere

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

- **Classe d'uso:** classe nella quale sono suddivise le opere, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso

L'opera in progetto appartiene alla Classe d'uso II: costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti.

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

$$V_R = V_N \times C_u$$

Il valore del coefficiente d'uso C_u è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella seguente Tabella:

Tabella n. 2 -Valori del coefficiente d'uso C_u

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_u	0.7	1.0	1.5	2.0

Se $V_R \leq 35$ anni si pone comunque $V_R = 35$ anni

Dopo aver definito la Vita Nominale e la Classe d'uso è possibile, quindi, calcolare il **Periodo di riferimento per l'azione sismica V_R** come:

$$V_R = V_N \times C_u = 50 \times 1,0 = 50 \text{ anni}$$

Tabella 3 -riassuntiva

tipo di costruzione	2
vita nominale	≥ 50
classe d'uso	II
coefficiente C_u	1,0
vita di riferimento $V_R = V_N \times C_u$	50

DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA -STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA

Le *azioni sismiche di progetto* si definiscono a partire dalla “**pericolosità sismica di base**” del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (“periodo di riferimento” V_R espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata “**Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento**” (P_{VR}).

La pericolosità sismica è definita in termini di :

- accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A, ecc.), con superficie topografica orizzontale (categoria T1; ecc.);
- 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 .

Ai fini delle NTC 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_o** 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.

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

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

Tabella n.4 -Categorie topografiche

Categoria topografica	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 $i \leq 15^\circ \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E il *coefficiente di Amplificazione stratigrafica* (S_s) e il *coefficiente funzione della categoria di sottosuolo* (C_c) possono essere calcolati in funzione dei valori di F_o (Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_c^* (Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella seguente Tabella, nella quale g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi:

Tabella n. 5 -Espressioni di SS e di CC

CATEGORIA SOTTOSUOLO	S_s	C_c
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.20$	$1.10 * (T_c) - 0.20$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.50$	$1.05 * (T_c) - 0.33$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.80$	$1.25 * (T_c) - 0.50$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 * F_0 \text{ ag/g} \leq 1.60$	$1.15 * (T_c) - 0.40$

AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico ST riportati nella seguente Tabella, in funzione delle categorie topografiche definite in Tabella n.4 e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tabella n. 6 -Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	ST
T1		1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base dove ST assume valore unitario.

L'elaborazione dei dati è stata effettuata mediante l'utilizzo del programma **GEOSTRU**, da cui sono stati ottenuti i seguenti **parametri sito-specifici**:

Determinazione dei parametri sismici	
(1)* Coordinate WGS84	
WGS84: Lat 45.414810 - Lng 9.949875	
(1)* Coordinate ED50	
ED50: Lat 45.415739 - Lng 9.950916	
Classe dell'edificio	
Il. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali... ▼	Cu = 1
Vita nominale (Opere provvisorie <=10, Opere ordinarie >=50, Grandi opere >=100)	

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50 anni

In funzione della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} vengono calcolati i valori a_g , F_0 , T^*C e del periodo di ritorno:

Tabella 7 – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati limite

 Classe Edificio

II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e sociali...

 Vita Nominale 50

 Interpolazione Media ponderata

CU = 1

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	F_o	T_c^* [s]
Operatività (SLO)	30	0.036	2.460	0.208
Danno (SLD)	50	0.047	2.418	0.233
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.127	2.448	0.276
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.165	2.457	0.286

Periodo di riferimento per l'azione sismica: 50

Dove:

SLE = stati limite di esercizio

SLO = stato limite di operatività: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

SLD = stato limite di danno: a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

SLU = stati limite ultimi

SLV = stato limite di salvaguardia della vita: a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte di resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

SLC = stato limite di prevenzione del collasso: a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli nei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Tabella n. 8 - Coefficienti sismici stati limite

Coefficienti sismici



Tipo Stabilità dei pendii e fondazioni

☐ Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.



H (m)

1



us (m)

0.1



Cat. Sottosuolo

C



Cat. Topografica

T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,46
CC Coeff. funz categoria	1,76	1,70	1,61	1,59
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

☐ Acc.ne massima attesa al sito [m/s²]



0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.011	0.014	0.046	0.058
kv	0.005	0.007	0.023	0.029
Amax [m/s²]	0.533	0.697	1.871	2.362
Beta	0.200	0.200	0.240	0.240

CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA

L'elaborazione dei dati desunti dalle indagini eseguite ha permesso di ricostruire l'assetto litostratigrafico del sottosuolo rappresentato graficamente nello schema stratigrafico sotto riportato ritenuto rappresentativa dell'intera zona indagata e, contestualmente, di caratterizzare dal punto di vista geotecnico i terreni interessati dalle fondazioni delle opere in progetto.

Modello litostratigrafico del sottosuolo

La caratterizzazione geotecnica dei terreni del lotto è stata ottenuta mediante le risultanze delle indagini eseguite. Il raffronto fra l'indagine eseguita e le informazioni a disposizione recuperate da altri cantieri nelle vicinanze, ha consentito di individuare superficialmente litologie scadenti dal punto di vista geotecnico costituite da sabbie argillose con livelli torbosi (**orizzonte A**) fino alla profondità di 6,5 m dallo 0 RIF. Oltre tale quota si rinviene un livello portante più robusto (**orizzonte B**) contraddistinto da sabbie e ghiaie variamente addensate fino alle massime profondità investigate.

Le quote si riferiscono allo 0 RIF.

A	(da 0,0 a 6,5 m) Sabbie argillose con livelli torbosi
B	(oltre 6,5m) Sabbie e ghiaie variamente addensate

Modello geomeccanico

Nella seguente tabella, viene riportato il profilo geotecnico dei livelli riconosciuti, suddivisi sulla base delle seguenti caratteristiche: litologia prevalente, stato di addensamento e proprietà fisico-meccaniche; per ciascuna grandezza fisica considerata, è stato riportato un range di valori di riferimento.

Orizzonte A – Sabbie argillose con livelli torbosi (da 0,0 a 6,5 m dal piano campagna)			
Parametri	Simbolo	Unità di misura	Valore
Addensamento			poco consistente
Peso di volume	g	t/m ³	1,8
Angolo di attrito	Ø	°	22
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	0,3
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	80-100
Densità relativa	Dr	%	40-45

Orizzonte B – Sabbie e ghiaie variamente addensate (oltre 6,5 m dal piano campagna)			
Parametri	Simbolo	Unità di misura	Valore
Addensamento			Variamente addensato
Peso di volume	g	t/m ³	1,90
Angolo di attrito	Ø	°	28-30
Coesione non drenata	Cu	Kg/cm ²	-
Modulo elastico	E	Kg/cm ²	140-170
Densità relativa	Dr	%	50-55

SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La suscettibilità alla liquefazione dei terreni indagati è stata calcolata sulla base delle risultanze della prova penetrometrica STATICA eseguita.

Ai sensi della citata Legge 64/74, del D.M. 19/6/1984 e dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003, in aree classificate sismiche deve essere valutata la possibilità che insorgano fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione in seguito alle vibrazioni prodotte dalle scosse telluriche.

I fenomeni di liquefazione possono verificarsi in particolari condizioni, come quelle indotte da un sisma di Magnitudo superiore a 6, in terreni a granulometria fine (sabbioso-limosi), allo stato sciolto o poco addensato, in falda oppure interessati dalle oscillazioni della falda stessa.

Per liquefazione di un terreno s'intende il quasi totale annullamento della sua resistenza al taglio con l'assunzione del comportamento meccanico caratteristico dei liquidi.

Se si esprime la resistenza al taglio attraverso la relazione di Coulomb:

$$\tau = c + (\sigma_{v0} - u) \tan \varphi$$

con:

c = coesione del terreno

σ_{v0} = pressione litostatica totale agente alla profondità d'indagine

u = pressione interstiziale dell'acqua

φ = angolo di resistenza al taglio del terreno,

È evidente che la grandezza $\sigma_{v0} - u$ si può annullare solo nel caso in cui siano verificate le condizioni:

a) c = 0;

b) $(\sigma_{v0} - u) = 0$;

(il caso $\sigma_{v0} - u = 0$ non ha importanza pratica, perché può verificarsi solo in terreni coesivi in condizioni non drenate, dove però la condizione $c=0$ non può ovviamente verificarsi).

La condizione a) vieta che il fenomeno della liquefazione possa verificarsi in terreni coesivi o incoerenti ma con una significativa frazione argillosa o limosa plastica.

La condizione b) si verifica, quando la pressione interstiziale uguaglia la pressione totale esercitata ad una data profondità dalla colonna di terreno sovrastante e dagli eventuali sovraccarichi presenti in superficie ($\sigma_{v0} = u$).

In definitiva il fenomeno della liquefazione si può manifestare preferibilmente in depositi sciolti non coesivi posti sotto falda, in seguito ad eventi che producano un forte aumento della pressione interstiziale dell'acqua.

Per il caso specifico il calcolo della suscettibilità alla liquefazione è stato effettuato utilizzando il **metodo semplificato di Robertson e Wride (1997)** che si basa su dati provenienti da prove penetrometriche statiche (valori di Q_c e F_s).

Al contrario della maggior parte dei metodi empirici, quelli semplificati richiedono che venga definito un sisma di progetto, attraverso l'introduzione dell'**accelerazione sismica orizzontale massima in superficie** e della **magnitudo di riferimento**.

Tutti i metodi semplificati permettono di esprimere la suscettibilità alla liquefazione del deposito attraverso un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra la resistenza al taglio mobilizabile nello strato (R) e lo sforzo tagliante indotto dal sisma (T). Cioè in pratica si avrà:

$$F_s = \frac{R}{T}$$

Un deposito dovrà essere considerato suscettibile di liquefazione, se il coefficiente di sicurezza sarà minore di 1.

La grandezza T dipende dai parametri del sisma di progetto (accelerazione sismica e magnitudo di progetto). R è funzione delle caratteristiche meccaniche dello strato, principalmente del suo stato di addensamento, e può essere ricavato direttamente attraverso correlazioni con i risultati di prove penetrometriche dinamiche, statiche o con i valori delle velocità delle onde S ricavati da stendimenti di sismica a rifrazione.

Il metodo di Robertson e Wride permette di correlare la resistenza al taglio mobilitata nel terreno con i risultati della prova penetrometrica statica (CPT). La procedura di calcolo si basa sulle due seguenti equazioni:

$$R = 0.883 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right] + 0.05 \text{ per } (q_{c1n})_{cs} < 50 \text{ e}$$

$$R = 93 \left[\frac{(q_{c1n})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08 \text{ per } 50 < (q_{c1n})_{cs} < 160.$$

La grandezza $(q_{c1n})_{cs}$ rappresenta la resistenza alla punta normalizzata e corretta per tenere conto della percentuale di fine presente.

Il calcolo di $(q_{c1n})_{cs}$ avviene attraverso i seguenti passaggi.

- Si calcola la resistenza alla punta e l'attrito laterale specifico normalizzati con le relazioni:

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{v0}}{\sigma_{v0}'} \text{ e } F = 100 \frac{f_s}{q_c - \sigma_{v0}}$$

dove:

- q_c (kg/cmq) = resistenza alla punta misurata;
- f_s (kg/cmq) = attrito laterale specifico misurato;
- σ_{v0} (kg/cm²) = pressione verticale totale;
- q (kg/cm²) = pressione verticale efficace.

- Si calcola l'indice di tipo dello strato sabbioso con la formula:

$$I_c = \sqrt{(\log_{10} F + 1.22)^2 + (\log_{10} Q - 3.47)^2}$$

- Si applica una correzione che tenga conto dell'approfondimento della prova:

$$q_{c1n} = C_Q q_c \text{ dove } C_Q = \left(\frac{1}{\sigma_{v0}'} \right)^n$$

L'esponente n viene valutato come segue:

- se $I_c > 2.6$ allora $n=1$;
- se $I_c < 2.6$ si calcola un primo valore di q_{c1n} , utilizzando $n=0.5$; quindi si ricalcola I_c con la relazione:

$$I_c = \sqrt{(\log_{10} F + 1.22)^2 + (\log_{10} q_{c1n} - 3.47)^2}$$

se il nuovo valore di I_c è ancora minore di 2.6 si conferma il valore $n=0.5$, altrimenti si ricalcola q_{c1n} , utilizzando $n=0.75$;

- se $q_{c1n} > 2q_c$ si pone $q_{c1n} = 2q_c$.
- Si introduce la correzione dovuta alla presenza di fine nel livello sabbioso:

$$(q_{c1n})_{cs} = K_c q_{c1n},$$

dove K_c è uguale a 1, se $I_c < 1.64$, ed è fornito dalla relazione:

$$K_c = -0.403 I_c^4 + 5.581 I_c^3 - 21.63 I_c^2 + 33.75 I_c - 17.88$$

in caso contrario.

Viene considerato non liquefacibile un deposito in cui sia $F_s > 1$.

Questa procedura è raccomandata dal National Center for Earthquake Research (NCEER).

I valori di q_c e f_s sono stati desunti dalle prove penetrometriche statiche realizzate.

L'analisi è stata effettuata con il software Liquef ver.2.3 della Programgeo.

L'analisi è stata effettuata per ogni singolo livello (orizzonte litotecnico A e B) individuato in precedenza. I risultati ottenuti confermano che la verifica alla liquefazione risulta soddisfatta (valore di $F_s > 1.3$ per i due livelli discretizzati) indicando un indice di liquefazione pari a zero; pertanto il terreno di sottofondazione risulta non liquefacibile secondo il programma di calcolo.

Tale risultato però è dovuto alla divisione semplificata nei due orizzonti litologici "A" e "B" di cui nel paragrafo precedente sono riportati i parametri geotecnici medio rappresentativi. I terreni indagati presentano in realtà delle disomogeneità composizionali e litostratigrafiche importanti che si traducono in difformità geomeccaniche e la schematizzazione nei due orizzonti indicati, ritenuta medio rappresentativa dell'area nel suo insieme, potrebbe risultare semplicistica se rapportata a tutte le molteplici variabilità litostratigrafico-composizionali riscontrate sull'area.

Nel corso delle indagini sono stati infatti individuati singoli orizzonti con spessore variabile da 0,5 m fino ad 1,0 m posti in corrispondenza della quota di oscillazione della falda che trovandosi periodicamente allo stato saturo/non saturo, manifestavano evidenti segnali di liquefacibilità. Tali singoli orizzonti liquefacibili, ricompresi nei più ampi orizzonti A e B, vengono mediati nelle loro caratteristiche geotecniche dal programma di calcolo e non appaiono liquefacibili.

E' necessario pertanto tenerne in considerazione dell'esistenza di questi livelli liquefacibili posizionati proprio in corrispondenza delle quote di imposta medie dei nuovi plinti di fondazione. Per tale motivo si ritiene necessario l'impiego di fondazioni indirette come i pali, piuttosto che fondazioni superficiali soggette a fenomeni di liquefazione.

VERIFICA DELLA FATTIBILITÀ GEOLOGICA AI SENSI DELLA D.G.R. 2616/2011

LA CARTA DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA allegata al PGT, redatta ai sensi della L.R. 12/05 (vedi stralcio sotto), attribuisce all'area in esame una "CLASSE 3a – fattibilità con consistenti limitazioni", dovuta all'alta e molto alta vulnerabilità dell'acquifero freatico.

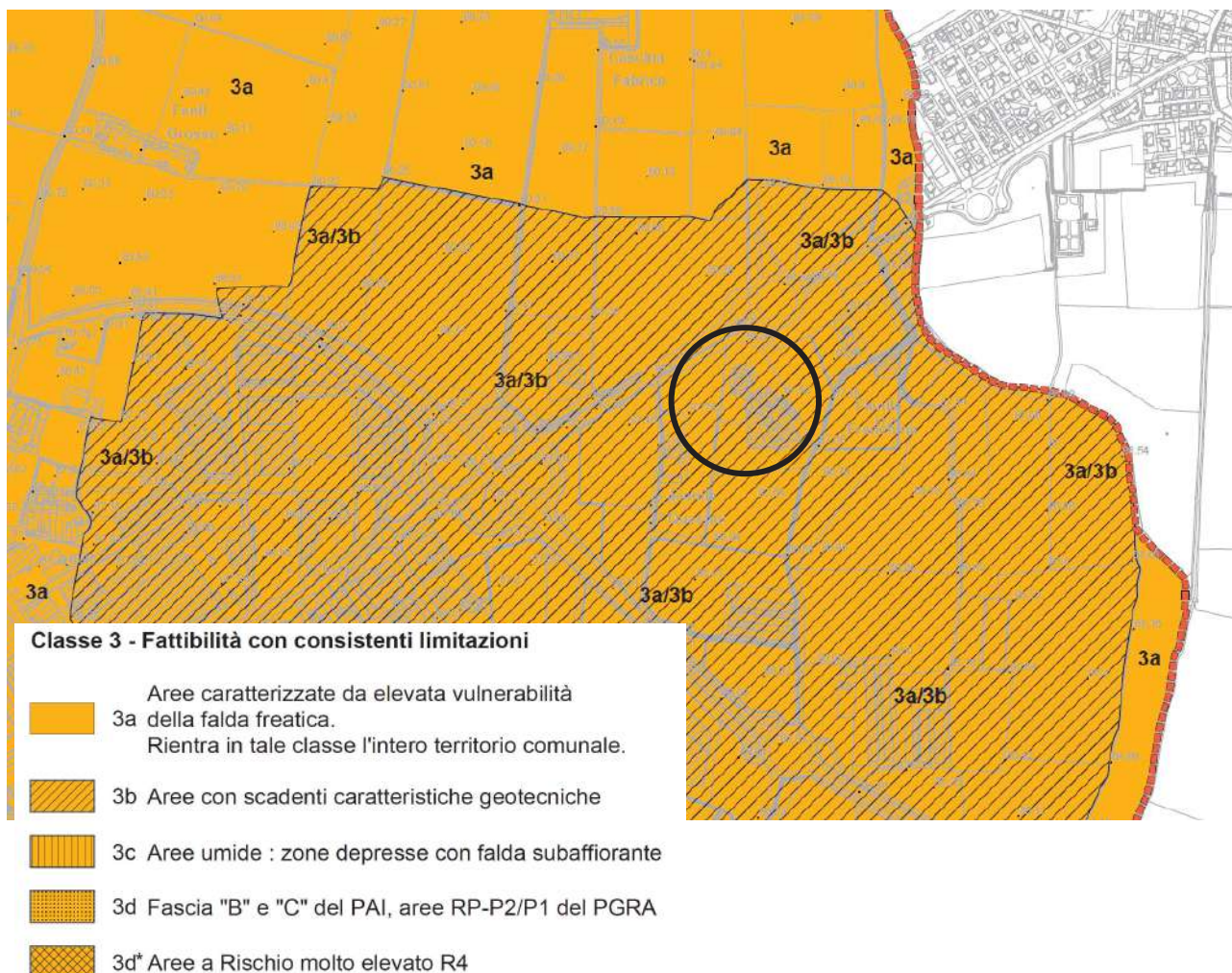


Fig. 3 – estratto carta della fattibilità geologica del PGT comunale

Considerati i risultati ottenuti nel corso della presente indagine redatti in prospettiva sismica, è possibile attuare il progetto edificatorio in esame purchè si adottino fondazioni indirette tipo pali per il sostegno delle strutture.

Ai sensi della D.G.R. 2616/2011, si ritiene pertanto fattibile da un punto di vista geologico, idrogeologico e sismico l'intervento prospettato, con le necessarie attenzioni realizzative sopraindicate.

CONCLUSIONI

L'indagine eseguita ha consentito di giungere ad una caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione, consentendo di verificare la fattibilità dell'intero progetto.

Dal punto di vista geologico tecnico nulla osta all'esecuzione dei lavori, purché siano rispettate le prescrizioni riportate in precedenza e qui riassunte:

- **Si tenga presente che la superficie scelta come quota 0 di RIFERIMENTO per tutte le quote indicate nella relazione è il PIANO PIAZZALE ESISTENTE che coincide con il piano campagna su cui sono state eseguite le trincee. Le prove penetrometriche sono state eseguite ad una quota ribassata media di circa -0,6 m all'interno di un pre-scavo.**
- **Il livello della falda freatica è stato individuato (misura del 02/04/2025) a profondità media di circa -1,2÷-1,5 m dallo 0 RIF.**
- Categoria sismica di suolo: **tipo "C"** (come da analisi sismica eseguita).
- **Presenza di possibili orizzonti liquefacibili**
- **Valutate le caratteristiche geomeccaniche e litologiche superficialmente scadenti dei terreni indagati, in relazione alla tipologia strutturale prevista sarà necessario prevedere la messa in opera di FONDAZIONI PROFONDE INDIRETTE TIPO PALI.**
In particolari i PALI dovranno raggiungere la profondità di 12 m andando ad intestarsi all'interno dell'orizzonte B sabbioso ghiaioso variamente addensato per almeno 5-6 m. La tipologia di palo più idonea e i relativi diametri di realizzazione dovranno essere valutati da un Ing. strutturista.
Si consiglia la realizzazione di tre o più pali prova prima di rendere definitiva la lunghezza delle armature palo

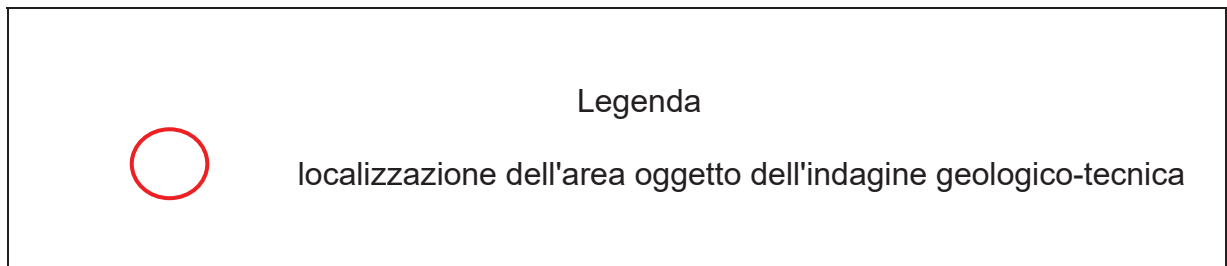
Si resta a disposizione per ulteriori approfondimenti di indagine che vengano ritenuti necessari dalla DL in fase iniziale di cantiere

Orzinuovi, 18/04/2025

Geol. Guido Torresani



INQUADRAMENTO COROGRAFICO - CTR
Scala 1: 10.000



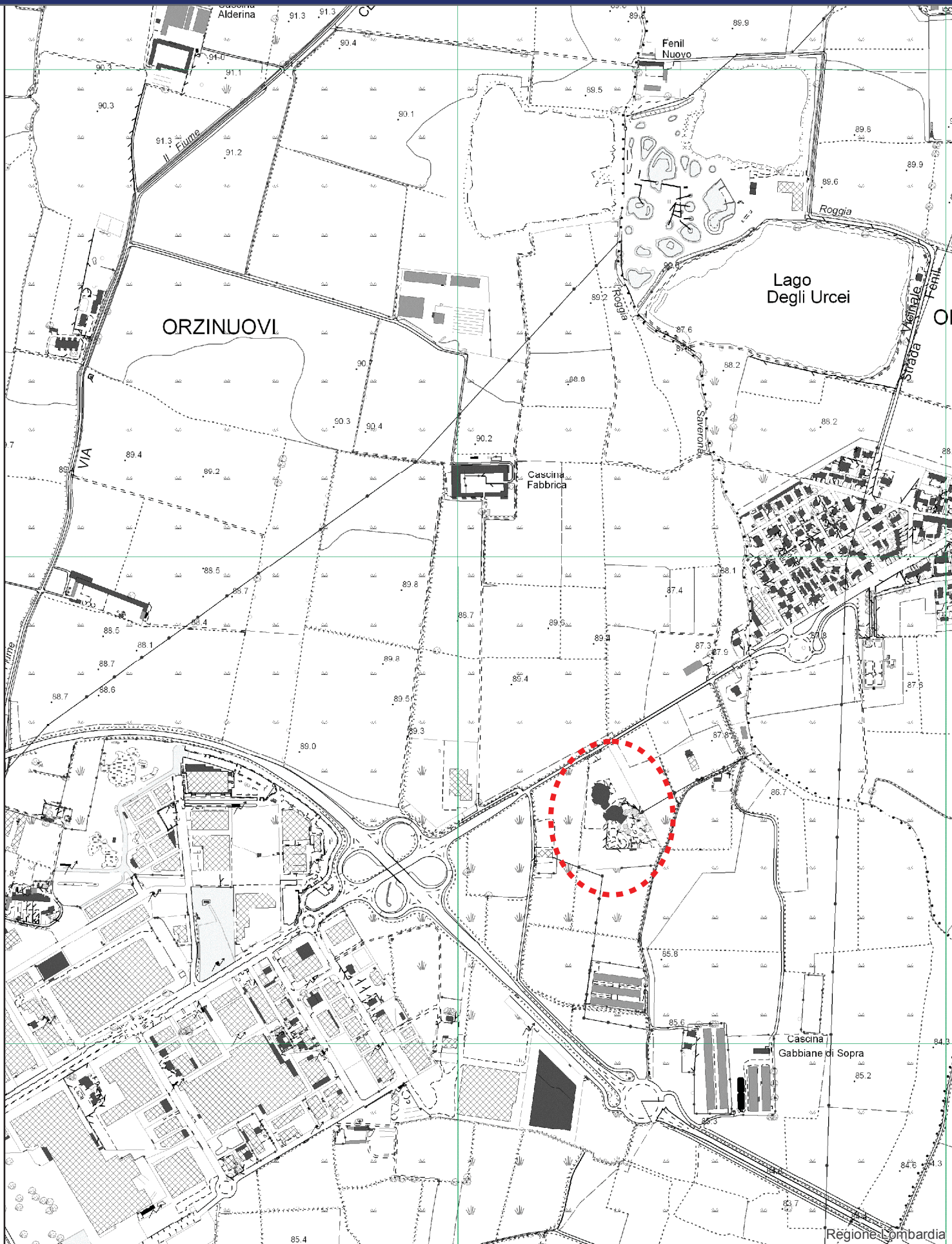
PLANIMETRIA DELL'AREA DI INTERVENTO
CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI ESEGUITE

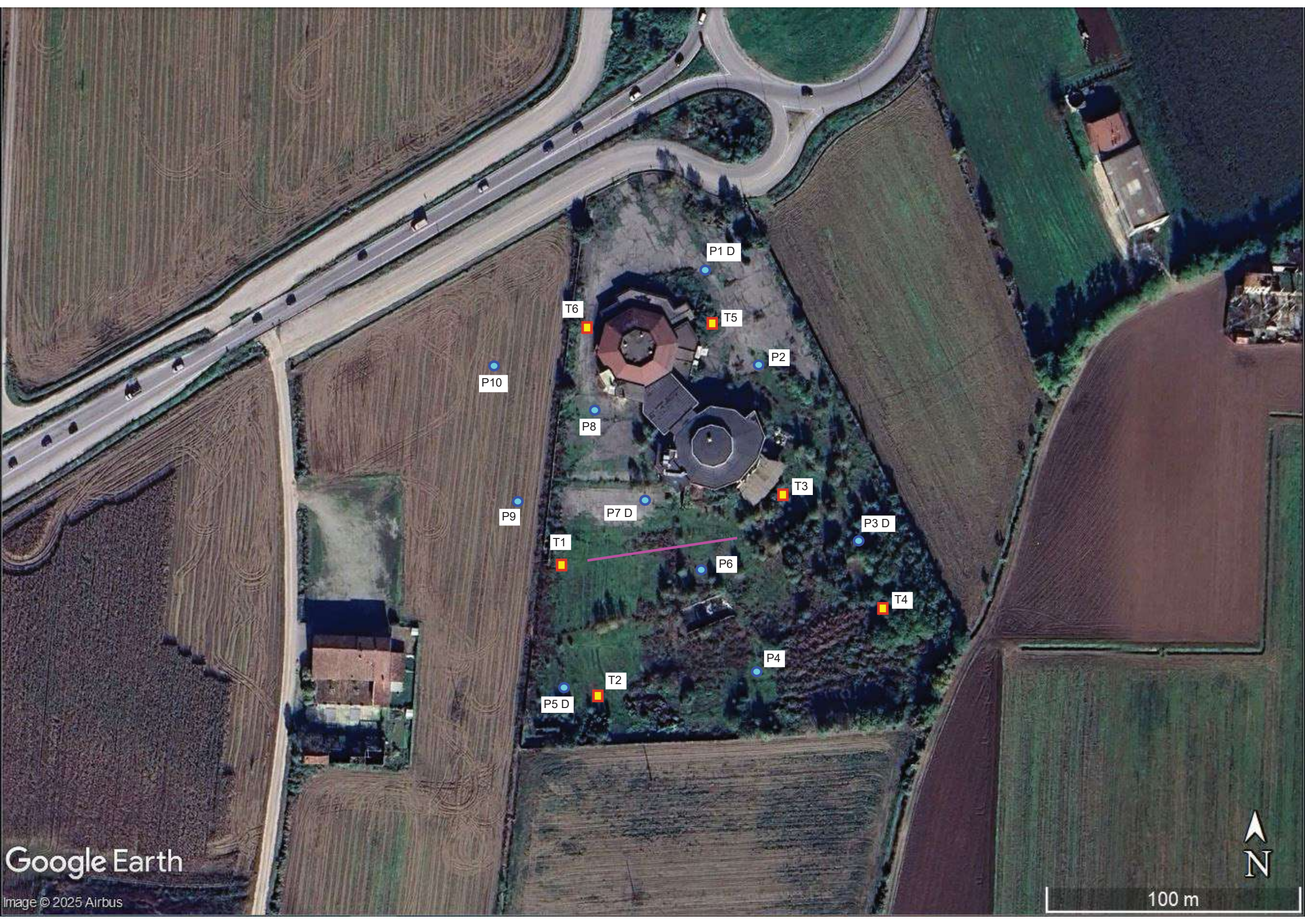
TABELLE E DIAGRAMMI DI INTERPRETAZIONE
DATI PENETROMETRICI

RELAZIONE TECNICA PROVA SISMICA ESEGUITA

ASSEVERAZIONE RELAZIONE GEOLOGICA – MODULO 9

ASSEVERAZIONE RELAZIONE GEOTECNICA – MODULO 10





Trincea esplorativa T1 - stratigrafia

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua
Committente: AB Holding s.p.a.

Scala 1:200	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione
	0,4		Riporto
0,8	0,6		
1,2	1,4		
1,6	2,0		
2,4			
2,8	2,1		



Trincea esplorativa T1 - ubicazione

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua
Committente: AB Holding s.p.a.



Trincea esplorativa T2 - stratigrafia

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua
Committente: AB Holding s.p.a.

Scala 1:200	Profondità'	Stratigrafia	Descrizione
0,4	0,4		Terreno vegetale
0,8			Sabbia omogenea
1,2			
1,6	1,5		
2,0			Sabbia e ghiaie con ciottoli
2,4	2,1		
2,8			



Trincea esplorativa T2 - ubicazione

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua
Committente: AB Holding s.p.a.



Trincea esplorativa T3 - stratigrafia

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua
Committente: AB Holding s.p.a.

Scala 1:200	Profondità'	Stratigrafia	Descrizione
0,4	0,6		Riporto
0,8	1,1		Sabbie e ghiaie
1,2	1,6		Argilla
2,0	2,2		Sabbia acquifera
2,4			
2,8			



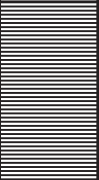
Trincea esplorativa T3 - ubicazione

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua
Committente: AB Holding s.p.a.



Trincea esplorativa T4 - stratigrafia

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua
Committente: AB Holding s.p.a.

Scala 1:200	Profondità'	Stratigrafia	Descrizione
0,4	0,4		Terreno vegetale
0,8			Argilla
1,2			
1,6			
1,8			
2,0	2,1		Sabbia e ghiaia con ciottoli
2,4			
2,8			



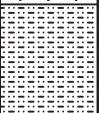
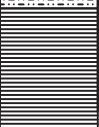
Trincea esplorativa T4 - ubicazione

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua
Committente: AB Holding s.p.a.



Trincea esplorativa T5 - stratigrafia

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua
Committente: AB Holding s.p.a.

Scala 1:200	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione
0,4	0,4		Terreno vegetale
0,8			Sabbia argillosa
1,2			
1,6	1,3		Argilla
2,0			
2,4	2,3		Sabbia acquifera
2,8	2,5		



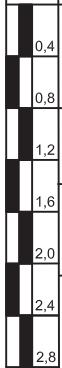
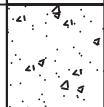
Trincea esplorativa T5 - ubicazione

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua
Committente: AB Holding s.p.a.



Trincea esplorativa T6 - stratigrafia

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua
Committente: AB Holding s.p.a.

Scala 1:200	Profondita'	Stratigrafia	Descrizione
	0,4		Riporto
0,8	0,6		
1,2	1,4		
1,6	2,0		
2,0	2,1		
2,4			
2,8			



Trincea esplorativa T6 - ubicazione

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua
Committente: AB Holding s.p.a.

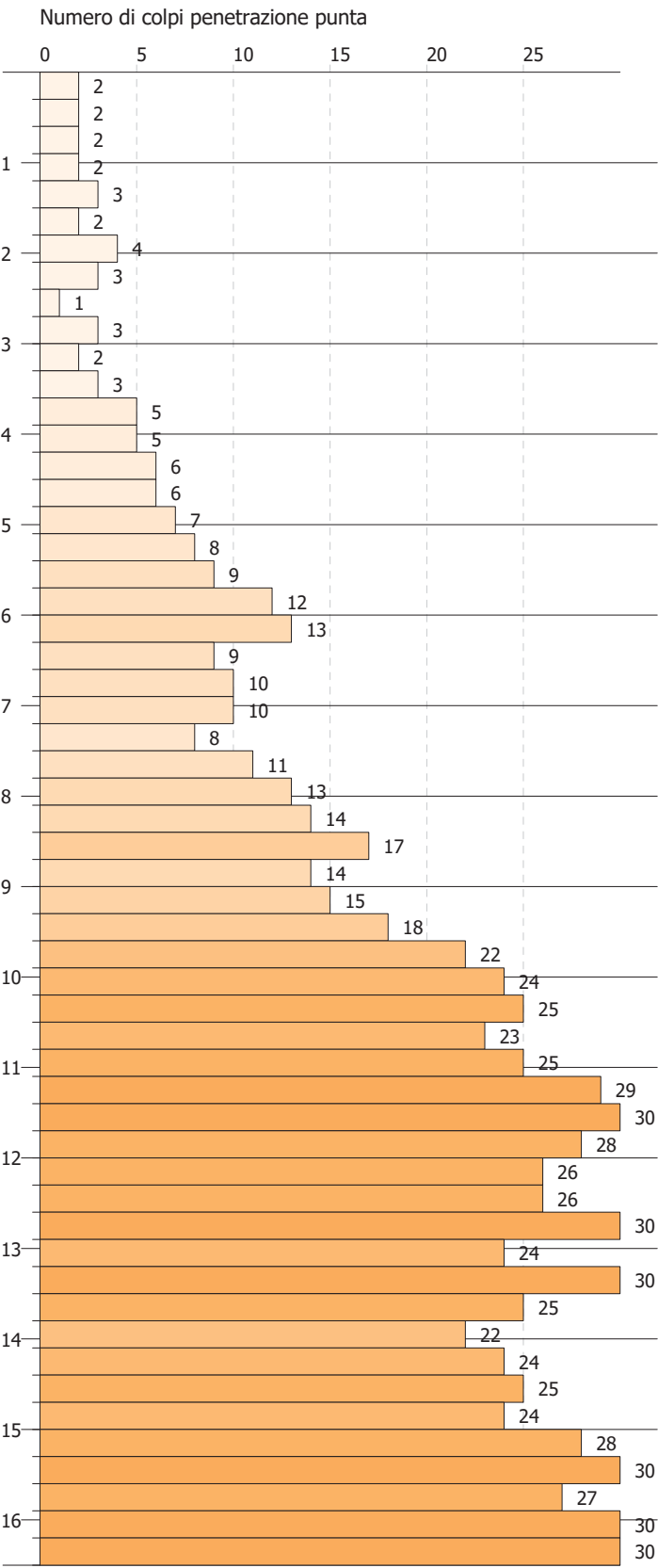


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

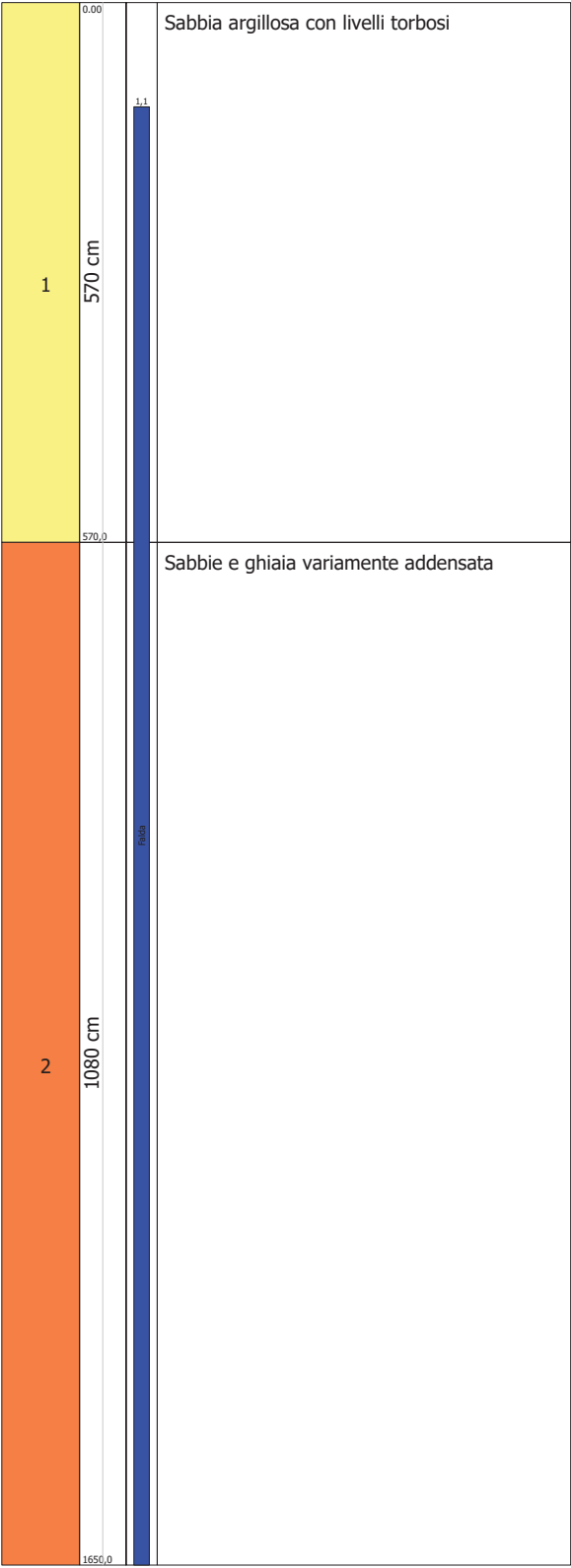
Committente: AB HOLDING SPA
Descrizione:
Località:

Data: 18/04/2025

Scala 1:81



Interpretazione Stratigrafica



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

Ubicazione prova penetrometrica P1

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua

Committente: AB Holding s.p.a.

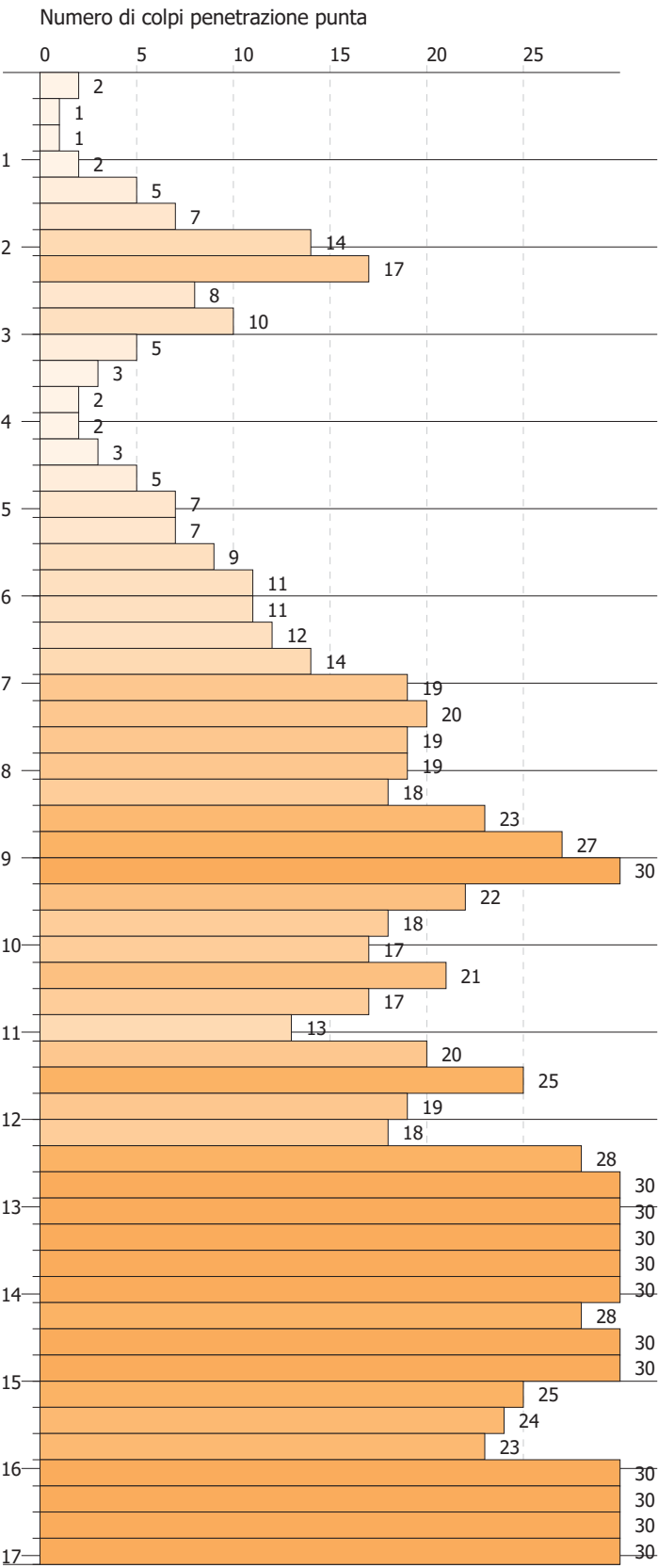


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

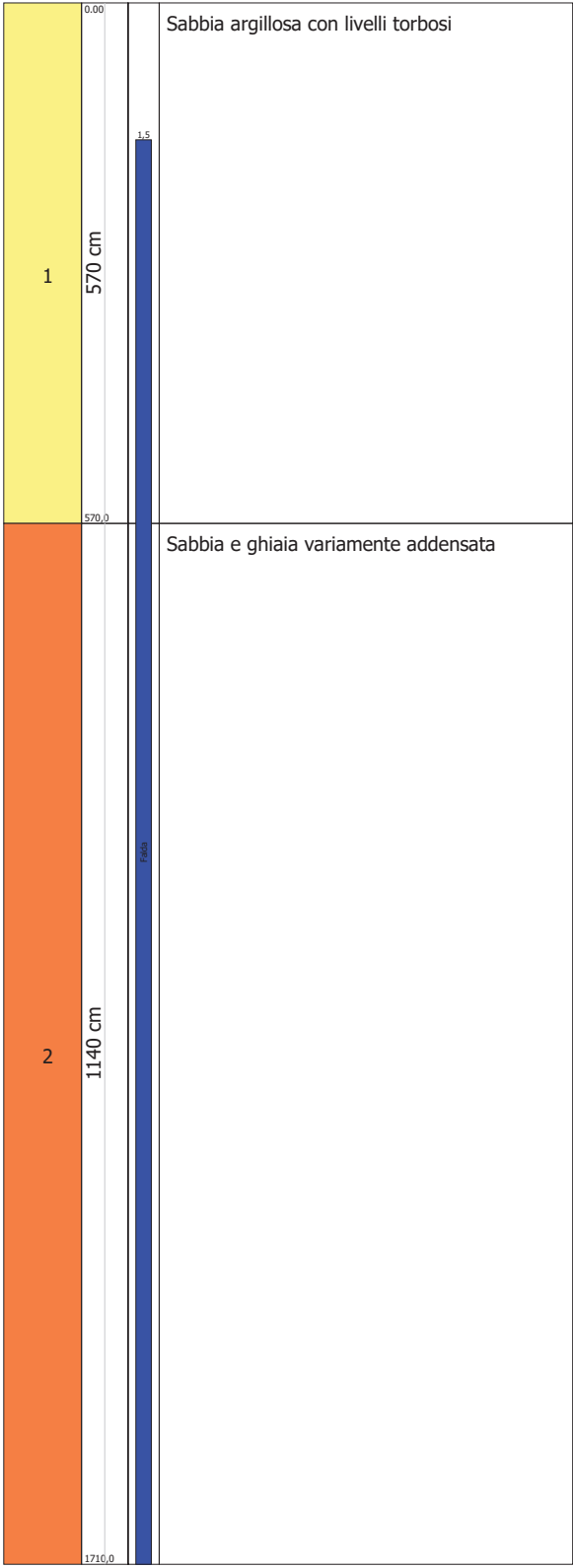
Committente: AB HOLDING SPA
Descrizione:
Località:

Data: 18/04/2025

Scala 1:84



Interpretazione Stratigrafica



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

Ubicazione prova penetrometrica P3

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua

Committente: AB Holding s.p.a.

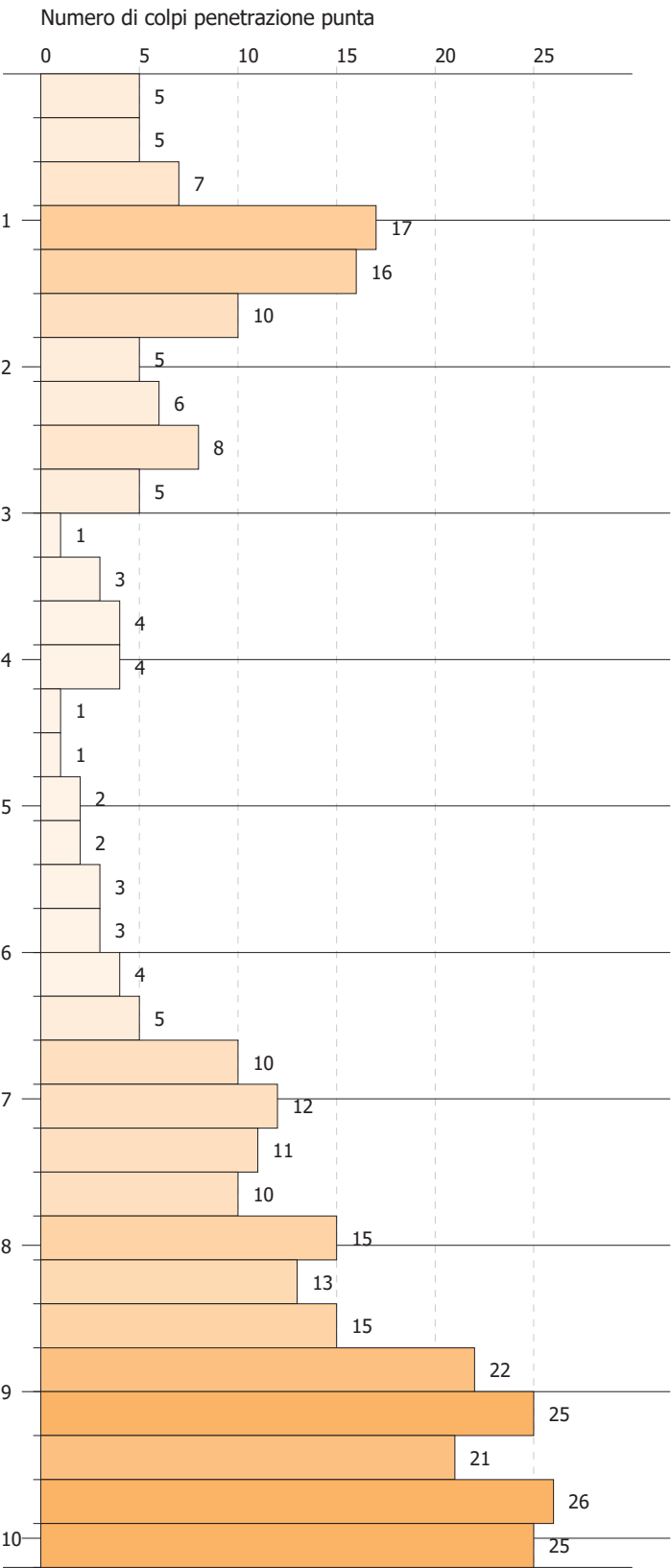


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.4
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

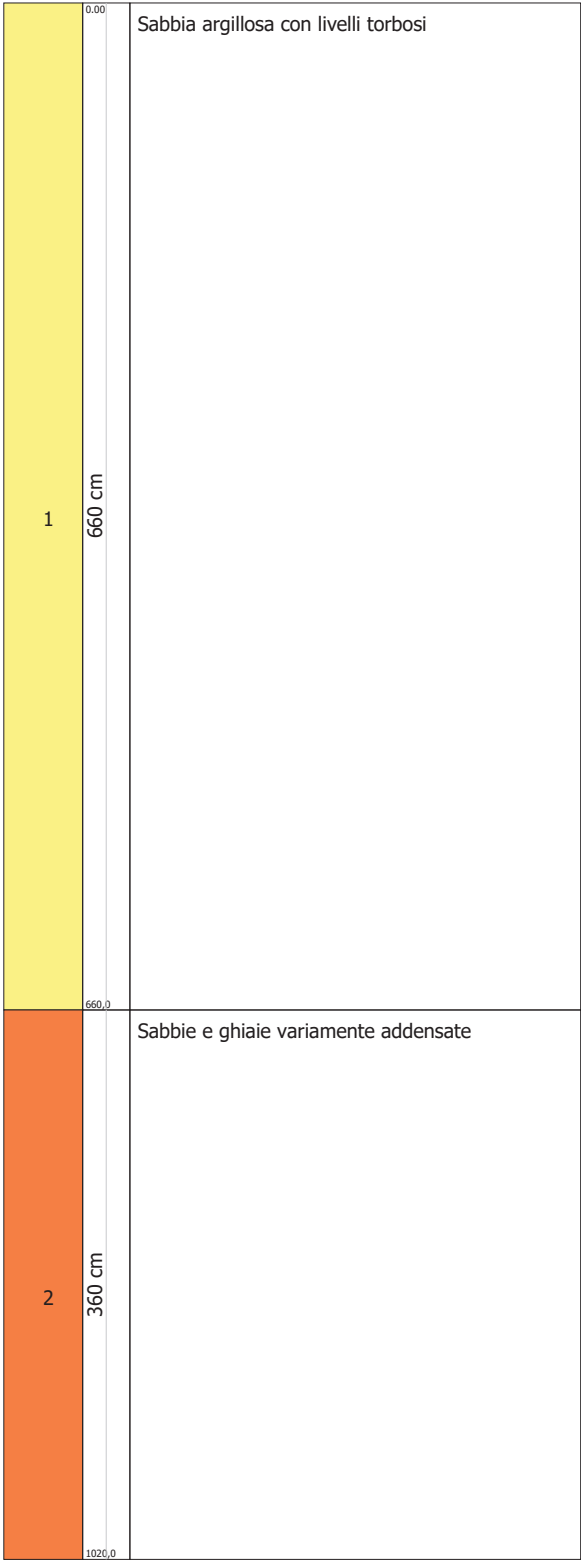
Committente: AB HOLDING SPA
Descrizione:
Località:

Data: 18/04/2025

Scala 1:51



Interpretazione Stratigrafica



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

Ubicazione prova penetrometrica P4

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua

Committente: AB Holding s.p.a.

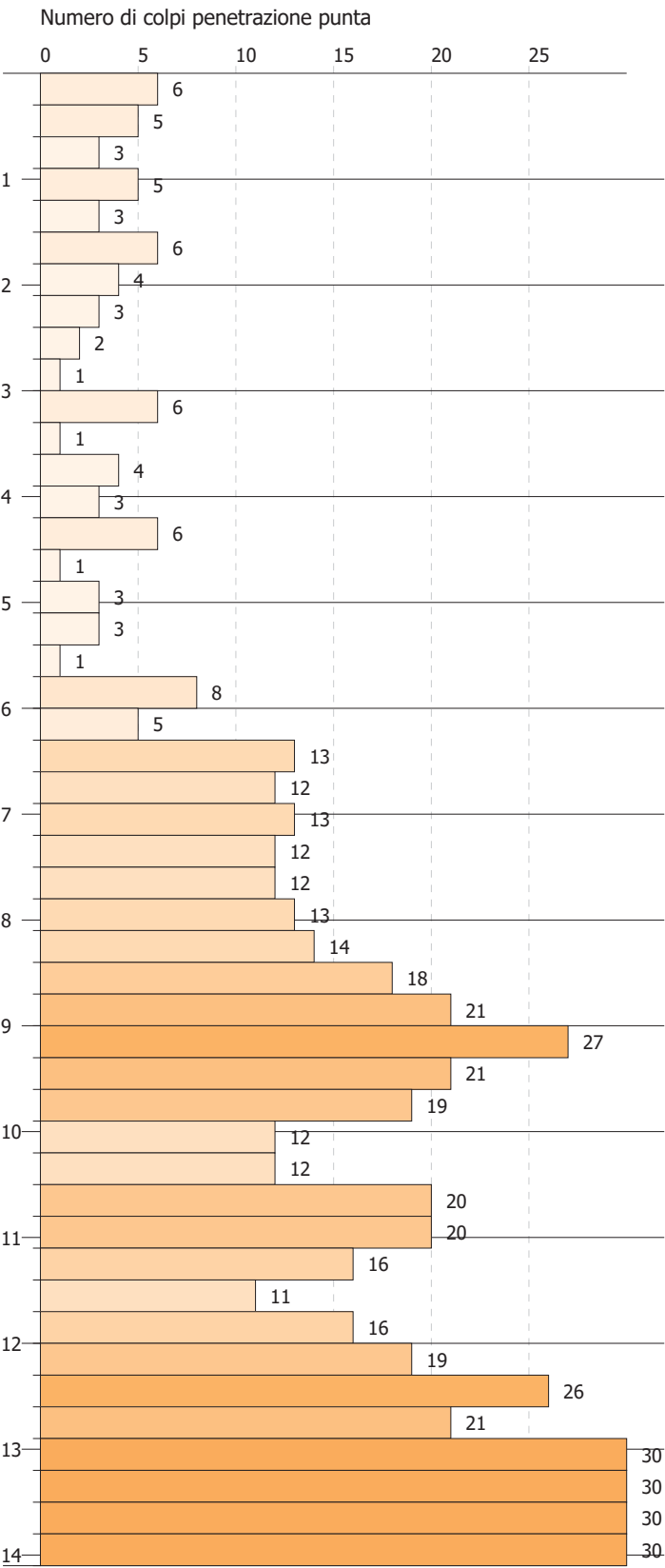


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.5
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

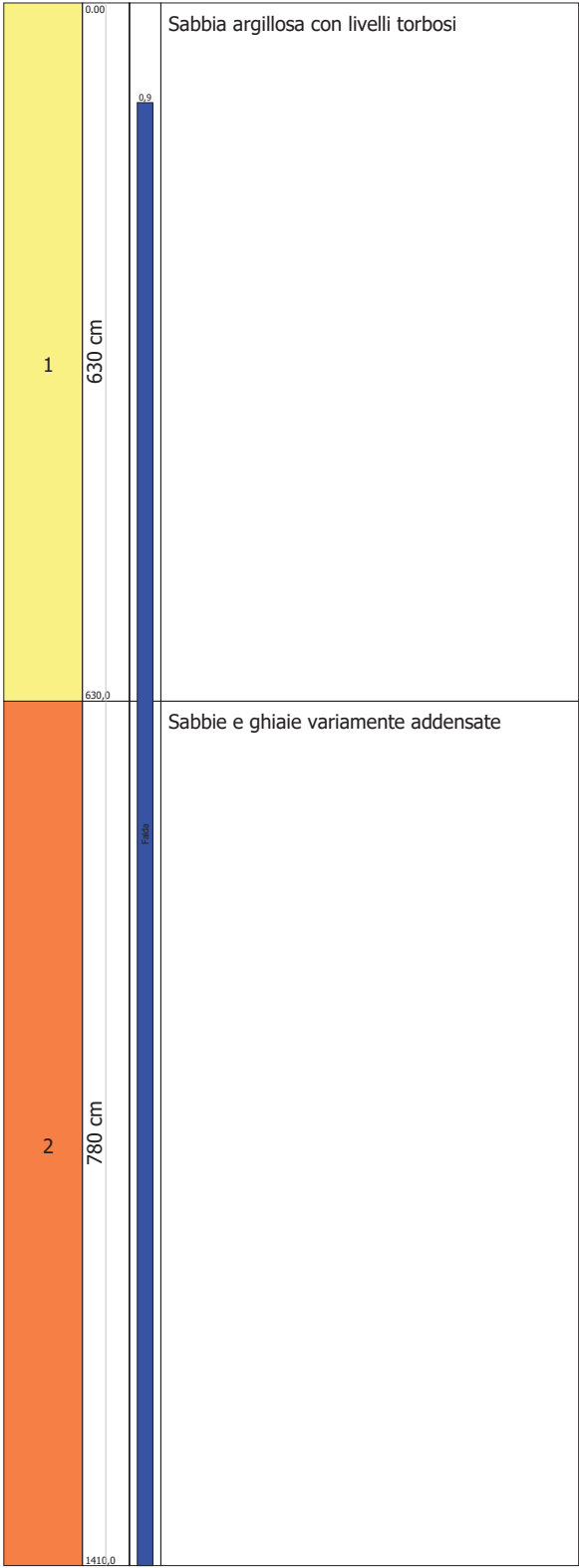
Committente: AB HOLDING SPA
Descrizione:
Località:

Data: 18/04/2025

Scala 1:70



Interpretazione Stratigrafica



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

Ubicazione prova penetrometrica P5

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua

Committente: AB Holding s.p.a.

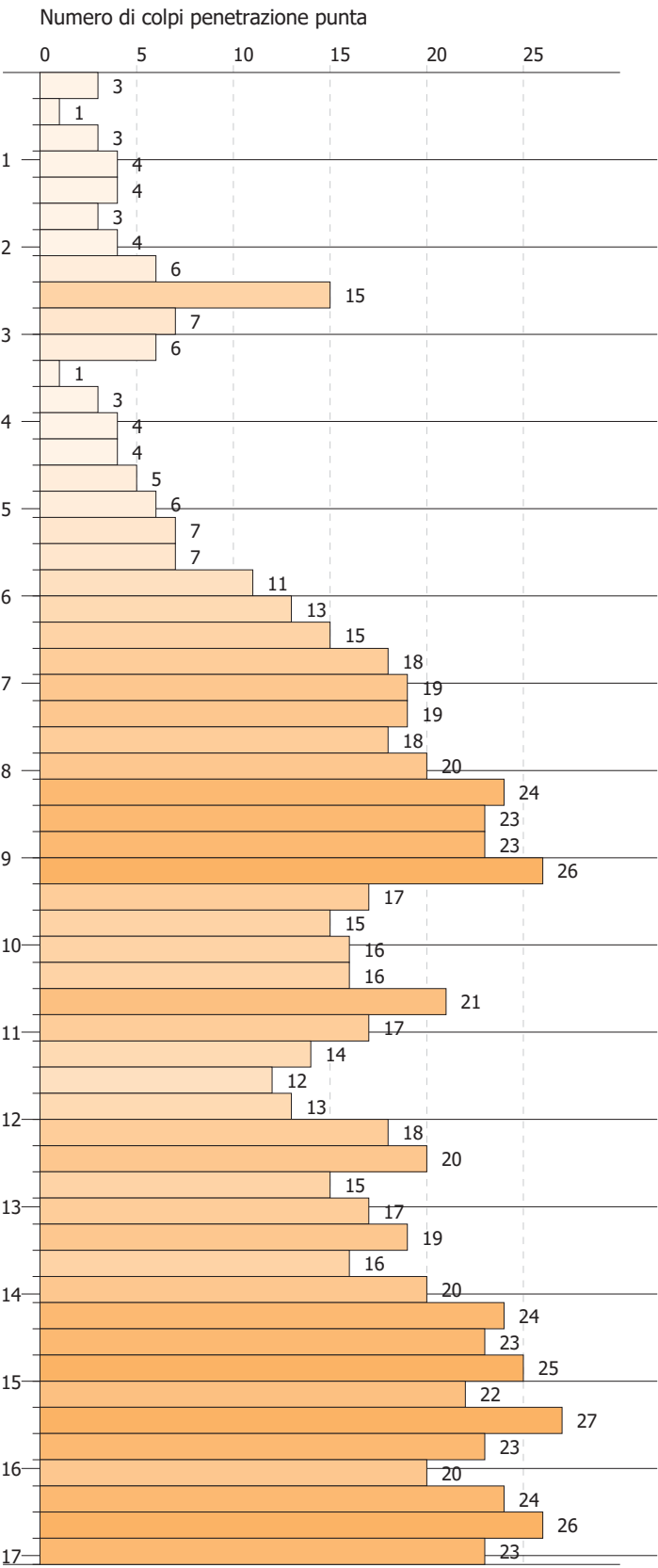


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.7
Strumento utilizzato... SCPT TG 63-200 PAGANI

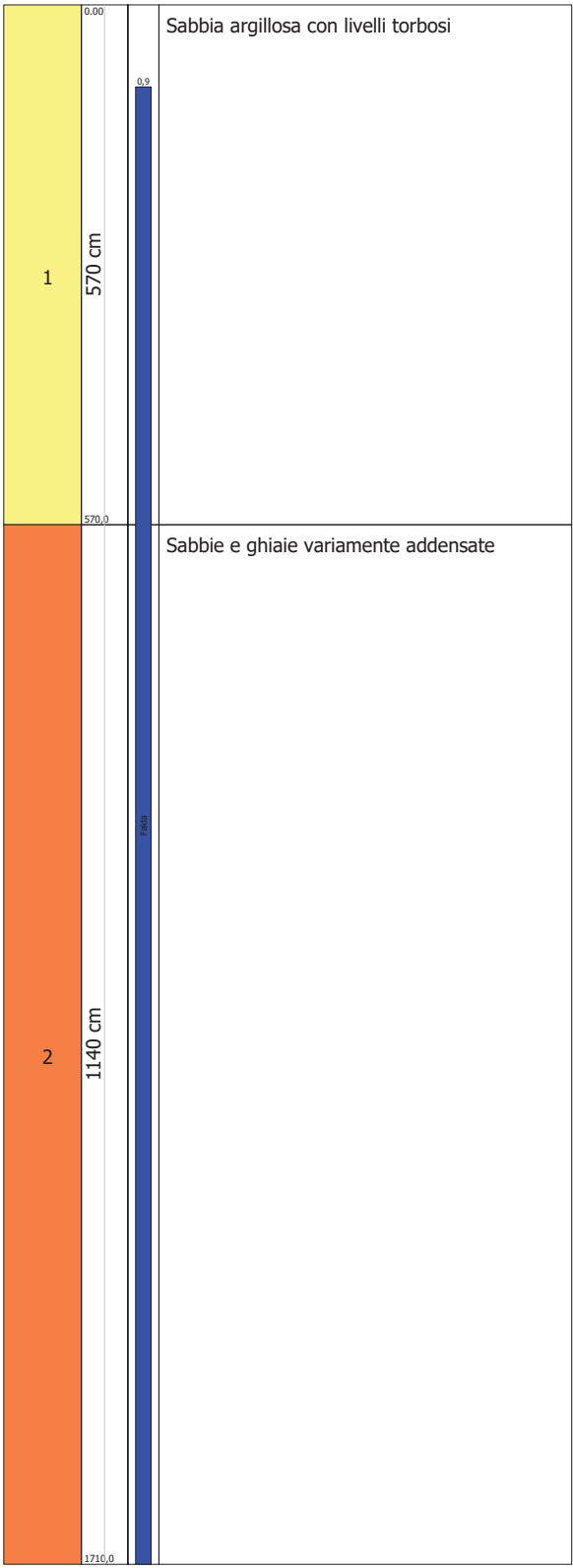
Committente: AB HOLDING SPA
Descrizione:
Località:

Data: 18/04/2025

Scala 1:84



Interpretazione Stratigrafica



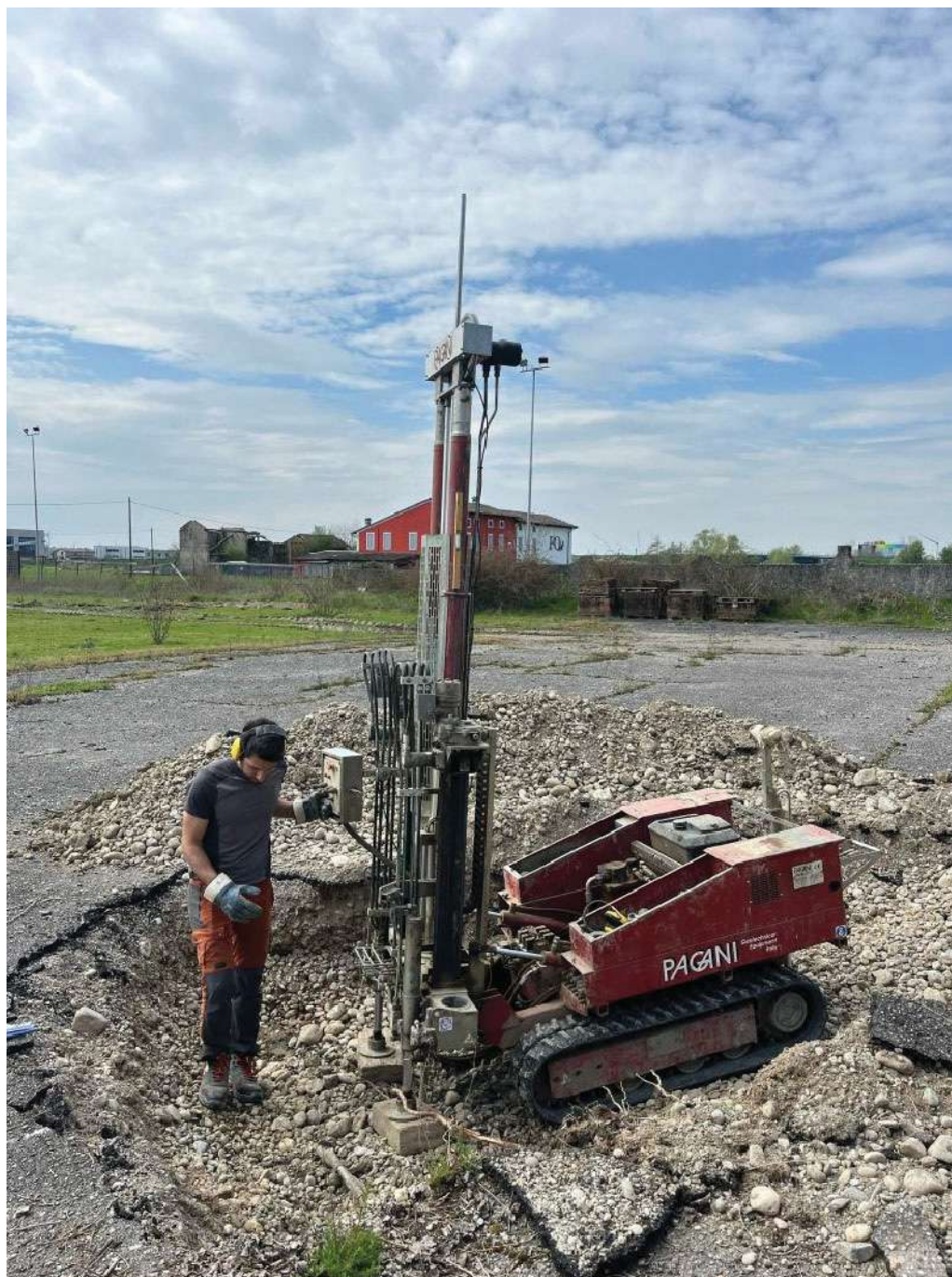
SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

Ubicazione prova penetrometrica P7

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua

Committente: AB Holding s.p.a.



PROVA PENETROMETRICA STATICA

Committente: AB HOLDING SPA Cantiere: Località: ORZINUOVI (BS) - VIA ADUA	
---	--

Caratteristiche Strumentali PAGANI 100 kN

Rif. Norme	ASTM D3441-86
Diametro Punta conica meccanica	35,7
Angolo di apertura punta	60
Area punta	10
Superficie manicotto	150
Passo letture (cm)	20
Costante di trasformazione Ct	10

PROVA ... Nr.2

Committente: AB HOLDING SPA
 Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN
 Prova eseguita in data: 18/04/2025
 Profondità prova: 9,20 mt
 Località: ORZINUOVI (BS) - VIA ADUA

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,138	0,0		0,0
0,40	0,00	0,0	0,138	0,667	0,207	483,3
0,60	16,00	26,0	16,138	0,6	26,897	3,7
0,80	13,00	22,0	13,138	0,533	24,649	4,1
1,00	13,00	21,0	13,138	0,8	16,423	6,1
1,20	16,00	28,0	16,276	1,0	16,276	6,1
1,40	17,00	32,0	17,276	0,8	21,595	4,6
1,60	13,00	25,0	13,276	0,733	18,112	5,5
1,80	14,00	25,0	14,276	0,867	16,466	6,1
2,00	18,00	31,0	18,276	-0,2	-91,38	-1,1
2,20	18,00	15,0	18,414	0,6	30,69	3,3
2,40	10,00	19,0	10,414	0,733	14,207	7,0
2,60	11,00	22,0	11,414	1,0	11,414	8,8
2,80	11,00	26,0	11,414	0,4	28,535	3,5
3,00	6,00	12,0	6,414	0,333	19,261	5,2
3,20	3,00	8,0	3,552	0,2	17,76	5,6
3,40	3,00	6,0	3,552	0,2	17,76	5,6
3,60	4,00	7,0	4,552	0,267	17,049	5,9
3,80	5,00	9,0	5,552	0,4	13,88	7,2
4,00	6,00	12,0	6,552	0,333	19,676	5,1
4,20	8,00	13,0	8,69	0,533	16,304	6,1
4,40	10,00	18,0	10,69	0,8	13,363	7,5
4,60	16,00	28,0	16,69	0,733	22,769	4,4
4,80	18,00	29,0	18,69	1,0	18,69	5,4
5,00	13,00	28,0	13,69	0,733	18,677	5,4
5,20	19,00	30,0	19,828	1,0	19,828	5,0
5,40	16,00	31,0	16,828	1,533	10,977	9,1
5,60	33,00	56,0	33,828	1,667	20,293	4,9
5,80	28,00	53,0	28,828	1,267	22,753	4,4
6,00	16,00	35,0	16,828	1,467	11,471	8,7
6,20	31,00	53,0	31,966	1,6	19,979	5,0
6,40	46,00	70,0	46,966	1,667	28,174	3,5
6,60	81,00	106,0	81,966	2,067	39,655	2,5
6,80	79,00	110,0	79,966	0,867	92,233	1,1
7,00	95,00	108,0	95,966	1,067	89,94	1,1
7,20	62,00	78,0	63,104	1,467	43,016	2,3
7,40	61,00	83,0	62,104	1,667	37,255	2,7
7,60	60,00	85,0	61,104	1,333	45,839	2,2
7,80	65,00	85,0	66,104	1,8	36,724	2,7
8,00	71,00	98,0	72,104	1,267	56,909	1,8
8,20	85,00	104,0	86,242	1,4	61,601	1,6
8,40	93,00	114,0	94,242	1,733	54,381	1,8
8,60	107,00	133,0	108,242	2,133	50,746	2,0
8,80	107,00	139,0	108,242	1,533	70,608	1,4
9,00	103,00	126,0	104,242	1,133	92,005	1,1
9,20	92,00	109,0	93,38	0,0		0,0

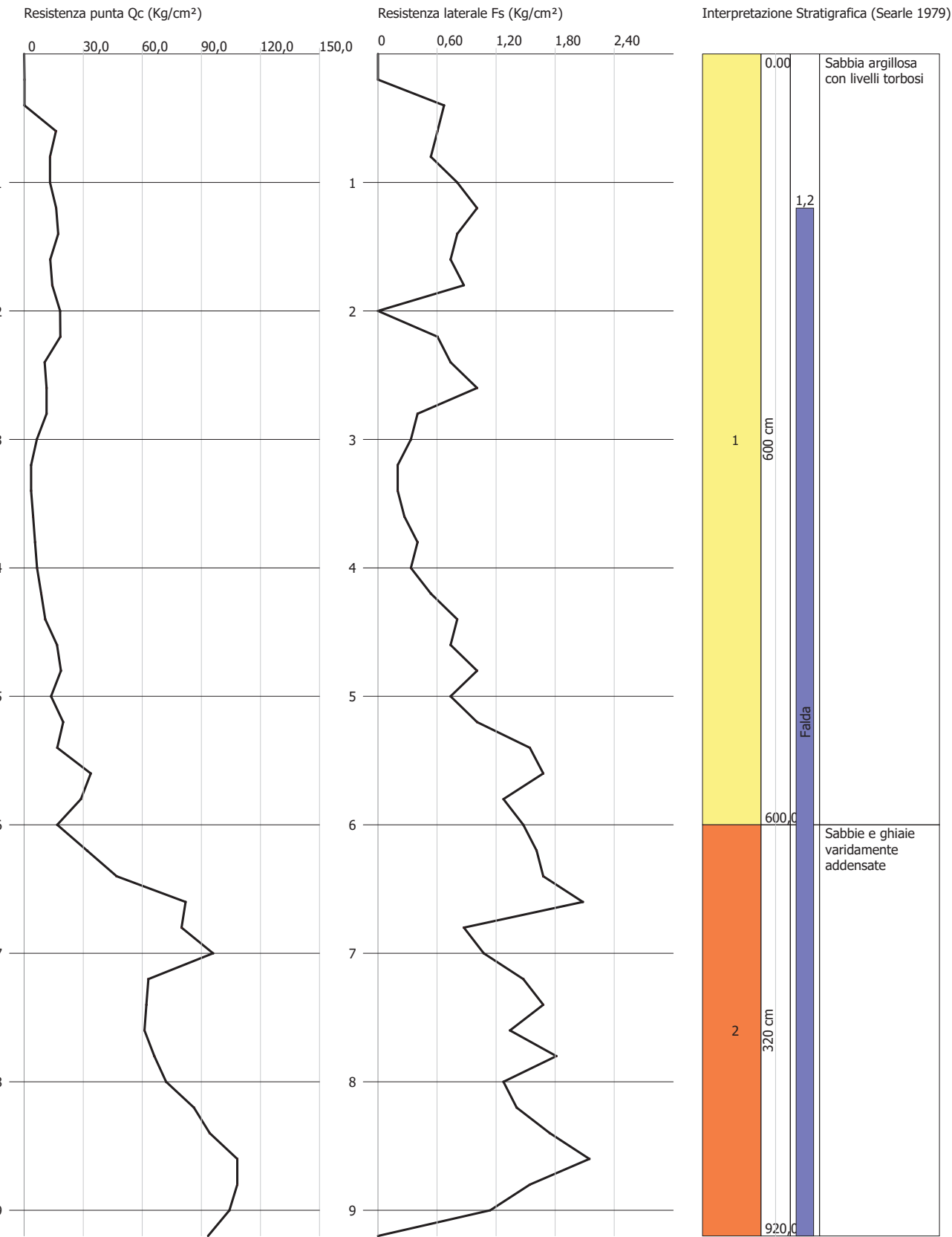
Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
6,00	12,95	0,7	1,1	Incoerente-Coesivo	Sabbia argillosa con livelli torbosi
9,20	78,496	1,421	1,1	Incoerente	Sabbie e ghiaie varidamente addensate

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

Probe CPT - Cone Penetration Nr.2
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente: AB HOLDING SPA
Cantiere:
Località: ORZINUOVI (BS) - VIA ADUA

Data: 18/04/2025



Ubicazione prova penetrometrica P2

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua

Committente: AB Holding s.p.a.



Committente: AB HOLDING SPA

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 18/04/2025

Profondità prova: 10,00 mt

Località: ORZINUOVI (BS) - VIA ADUA

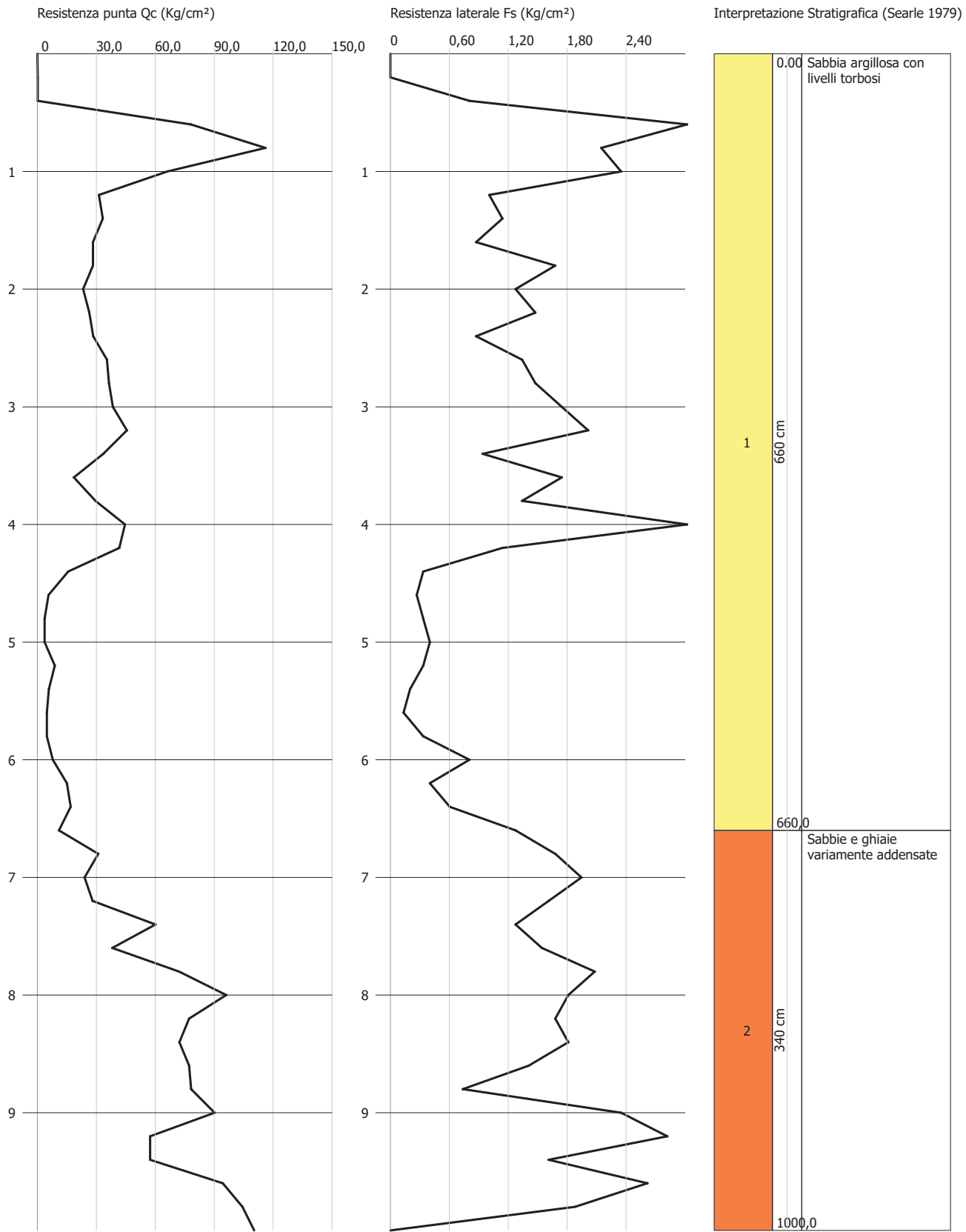
Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,138	0,0		0,0
0,40	0,00	0,0	0,138	0,8	0,173	579,7
0,60	78,00	90,0	78,138	4,467	17,492	5,7
0,80	116,00	183,0	116,138	2,133	54,448	1,8
1,00	66,00	98,0	66,138	2,333	28,349	3,5
1,20	31,00	66,0	31,276	1,0	31,276	3,2
1,40	33,00	48,0	33,276	1,133	29,37	3,4
1,60	28,00	45,0	28,276	0,867	32,614	3,1
1,80	28,00	41,0	28,276	1,667	16,962	5,9
2,00	23,00	48,0	23,276	1,267	18,371	5,4
2,20	26,00	45,0	26,414	1,467	18,005	5,6
2,40	28,00	50,0	28,414	0,867	32,773	3,1
2,60	35,00	48,0	35,414	1,333	26,567	3,8
2,80	36,00	56,0	36,414	1,467	24,822	4,0
3,00	38,00	60,0	38,414	1,733	22,166	4,5
3,20	45,00	71,0	45,552	2,0	22,776	4,4
3,40	33,00	63,0	33,552	0,933	35,961	2,8
3,60	18,00	32,0	18,552	1,733	10,705	9,3
3,80	29,00	55,0	29,552	1,333	22,17	4,5
4,00	44,00	64,0	44,552	3,0	14,851	6,7
4,20	41,00	86,0	41,69	1,133	36,796	2,7
4,40	15,00	32,0	15,69	0,333	47,117	2,1
4,60	5,00	10,0	5,69	0,267	21,311	4,7
4,80	3,00	7,0	3,69	0,333	11,081	9,0
5,00	3,00	8,0	3,69	0,4	9,225	10,8
5,20	8,00	14,0	8,828	0,333	26,511	3,8
5,40	5,00	10,0	5,828	0,2	29,14	3,4
5,60	4,00	7,0	4,828	0,133	36,301	2,8
5,80	4,00	6,0	4,828	0,333	14,498	6,9
6,00	7,00	12,0	7,828	0,8	9,785	10,2
6,20	14,00	26,0	14,966	0,4	37,415	2,7
6,40	16,00	22,0	16,966	0,6	28,277	3,5
6,60	10,00	19,0	10,966	1,267	8,655	11,6
6,80	30,00	49,0	30,966	1,667	18,576	5,4
7,00	23,00	48,0	23,966	1,933	12,398	8,1
7,20	27,00	56,0	28,104	1,6	17,565	5,7
7,40	59,00	83,0	60,104	1,267	47,438	2,1
7,60	37,00	56,0	38,104	1,533	24,856	4,0
7,80	71,00	94,0	72,104	2,067	34,883	2,9
8,00	95,00	126,0	96,104	1,8	53,391	1,9
8,20	76,00	103,0	77,242	1,667	46,336	2,2
8,40	71,00	96,0	72,242	1,8	40,134	2,5
8,60	76,00	103,0	77,242	1,4	55,173	1,8
8,80	77,00	98,0	78,242	0,733	106,742	0,9
9,00	89,00	100,0	90,242	2,333	38,681	2,6
9,20	56,00	91,0	57,38	2,8	20,493	4,9
9,40	56,00	98,0	57,38	1,6	35,863	2,8
9,60	93,00	117,0	94,38	2,6	36,3	2,8
9,80	103,00	142,0	104,38	1,867	55,908	1,8
10,00	109,00	137,0	110,38	0,0		0,0
Prof. Strato	qc	fs	Gamma	Comp. Geotecnico	Descrizione	

(m)	Media (Kg/cm ²)	Media (Kg/cm ²)	Medio (t/m ³)		
6,60	26,891	1,153	1,1	Incoerente- Coesivo	Sabbia argillosa con livelli torbosi
10,00	68,739	1,686	1,1	Incoerente	Sabbie e ghiaie variamente addensate

Probe CPT - Cone Penetration Nr.6
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente: AB HOLDING SPA
Cantiere:
Località: ORZINUOVI (BS) - VIA ADUA

Date: 18/04/2025



Ubicazione prova penetrometrica P6

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua

Committente: AB Holding s.p.a.



Committente: AB HOLDING SPA

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 18/04/2025

Profondità prova: 10,00 mt

Località: ORZINUOVI (BS) - VIA ADUA

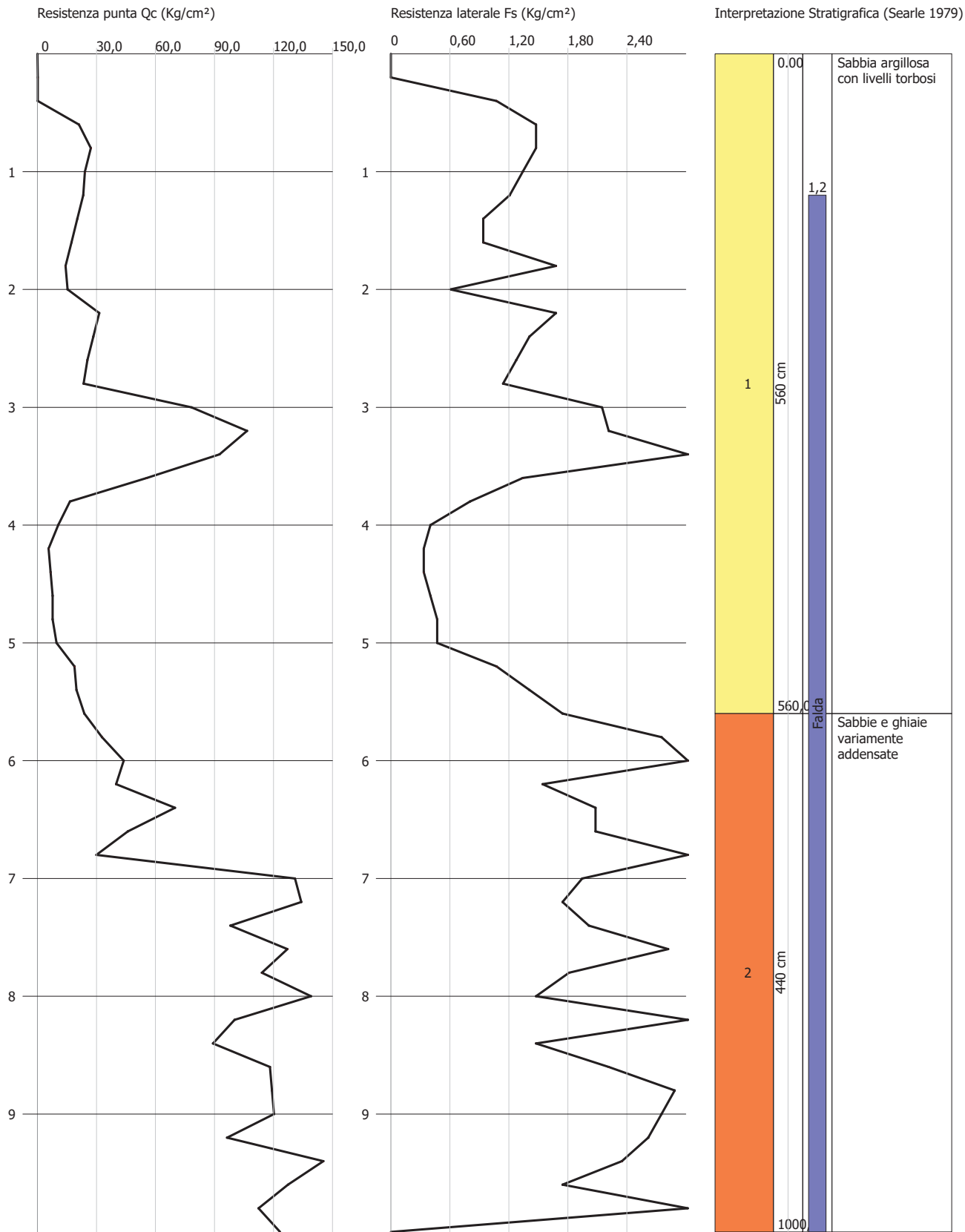
Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,138	0,0		0,0
0,40	0,00	0,0	0,138	1,067	0,129	773,2
0,60	21,00	37,0	21,138	1,467	14,409	6,9
0,80	27,00	49,0	27,138	1,467	18,499	5,4
1,00	24,00	46,0	24,138	1,333	18,108	5,5
1,20	23,00	43,0	23,276	1,2	19,397	5,2
1,40	20,00	38,0	20,276	0,933	21,732	4,6
1,60	17,00	31,0	17,276	0,933	18,517	5,4
1,80	14,00	28,0	14,276	1,667	8,564	11,7
2,00	15,00	40,0	15,276	0,6	25,46	3,9
2,20	31,00	40,0	31,414	1,667	18,845	5,3
2,40	28,00	53,0	28,414	1,4	20,296	4,9
2,60	25,00	46,0	25,414	1,267	20,058	5,0
2,80	23,00	42,0	23,414	1,133	20,665	4,8
3,00	78,00	95,0	78,414	2,133	36,762	2,7
3,20	106,00	138,0	106,552	2,2	48,433	2,1
3,40	92,00	125,0	92,552	3,0	30,851	3,2
3,60	55,00	100,0	55,552	1,333	41,674	2,4
3,80	16,00	36,0	16,552	0,8	20,69	4,8
4,00	10,00	22,0	10,552	0,4	26,38	3,8
4,20	5,00	11,0	5,69	0,333	17,087	5,9
4,40	6,00	11,0	6,69	0,333	20,09	5,0
4,60	7,00	12,0	7,69	0,4	19,225	5,2
4,80	7,00	13,0	7,69	0,467	16,467	6,1
5,00	9,00	16,0	9,69	0,467	20,749	4,8
5,20	18,00	25,0	18,828	1,067	17,646	5,7
5,40	19,00	35,0	19,828	1,4	14,163	7,1
5,60	23,00	44,0	23,828	1,733	13,75	7,3
5,80	32,00	58,0	32,828	2,733	12,012	8,3
6,00	43,00	84,0	43,828	3,133	13,989	7,1
6,20	39,00	86,0	39,966	1,533	26,07	3,8
6,40	69,00	92,0	69,966	2,067	33,849	3,0
6,60	45,00	76,0	45,966	2,067	22,238	4,5
6,80	29,00	60,0	29,966	3,067	9,77	10,2
7,00	130,00	176,0	130,966	1,933	67,753	1,5
7,20	133,00	162,0	134,104	1,733	77,383	1,3
7,40	97,00	123,0	98,104	2,0	49,052	2,0
7,60	126,00	156,0	127,104	2,8	45,394	2,2
7,80	113,00	155,0	114,104	1,8	63,391	1,6
8,00	138,00	165,0	139,104	1,467	94,822	1,1
8,20	99,00	121,0	100,242	4,667	21,479	4,7
8,40	88,00	158,0	89,242	1,467	60,833	1,6
8,60	117,00	139,0	118,242	2,2	53,746	1,9
8,80	118,00	151,0	119,242	2,867	41,591	2,4
9,00	119,00	162,0	120,242	2,733	43,996	2,3
9,20	95,00	136,0	96,38	2,6	37,069	2,7
9,40	144,00	183,0	145,38	2,333	62,315	1,6
9,60	126,00	161,0	127,38	1,733	73,503	1,4
9,80	111,00	137,0	112,38	3,933	28,574	3,5
10,00	122,00	181,0	123,38	0,0		0,0
Prof. Strato	qc	fs	Gamma	Comp. Geotecnico	Descrizione	

(m)	Media (Kg/cm ²)	Media (Kg/cm ²)	Medio (t/m ³)		
5,60	26,137	1,15	1,1	Incoerente- Coesivo	Sabbia argillosa con livelli torbosi
10,00	98,096	2,312	1,1	Incoerente	Sabbie e ghiaie variamente addensate

Probe CPT - Cone Penetration Nr.8
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente: AB HOLDING SPA
Cantiere:
Località: ORZINUOVI (BS) - VIA ADUA

Date: 18/04/2025



Ubicazione prova penetrometrica P8

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua

Committente: AB Holding s.p.a.



Committente: AB HOLDING SPA

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 18/04/2025

Profondità prova: 9,80 mt

Località: ORZINUOVI (BS) - VIA ADUA

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,138	0,0		0,0
0,40	0,00	0,0	0,138	0,4	0,345	289,9
0,60	19,00	25,0	19,138	1,067	17,936	5,6
0,80	22,00	38,0	22,138	1,267	17,473	5,7
1,00	30,00	49,0	30,138	1,2	25,115	4,0
1,20	26,00	44,0	26,276	0,867	30,307	3,3
1,40	25,00	38,0	25,276	1,267	19,949	5,0
1,60	30,00	49,0	30,276	1,133	26,722	3,7
1,80	24,00	41,0	24,276	0,933	26,019	3,8
2,00	20,00	34,0	20,276	1,0	20,276	4,9
2,20	19,00	34,0	19,414	1,0	19,414	5,2
2,40	24,00	39,0	24,414	1,133	21,548	4,6
2,60	28,00	45,0	28,414	0,867	32,773	3,1
2,80	31,00	44,0	31,414	1,133	27,726	3,6
3,00	21,00	38,0	21,414	1,733	12,357	8,1
3,20	77,00	103,0	77,552	1,933	40,12	2,5
3,40	95,00	124,0	95,552	2,467	38,732	2,6
3,60	79,00	116,0	79,552	2,933	27,123	3,7
3,80	81,00	125,0	81,552	2,267	35,974	2,8
4,00	28,00	62,0	28,552	1,267	22,535	4,4
4,20	10,00	29,0	10,69	0,333	32,102	3,1
4,40	7,00	12,0	7,69	0,333	23,093	4,3
4,60	5,00	10,0	5,69	0,2	28,45	3,5
4,80	6,00	9,0	6,69	0,333	20,09	5,0
5,00	6,00	11,0	6,69	0,467	14,325	7,0
5,20	9,00	16,0	9,828	0,467	21,045	4,8
5,40	6,00	13,0	6,828	0,267	25,573	3,9
5,60	6,00	10,0	6,828	0,267	25,573	3,9
5,80	6,00	10,0	6,828	0,4	17,07	5,9
6,00	6,00	12,0	6,828	0,533	12,811	7,8
6,20	8,00	16,0	8,966	0,667	13,442	7,4
6,40	10,00	20,0	10,966	0,667	16,441	6,1
6,60	12,00	22,0	12,966	1,4	9,261	10,8
6,80	37,00	58,0	37,966	2,667	14,235	7,0
7,00	96,00	136,0	96,966	3,2	30,302	3,3
7,20	127,00	175,0	128,104	3,6	35,584	2,8
7,40	132,00	186,0	133,104	3,8	35,027	2,9
7,60	133,00	190,0	134,104	4,8	27,938	3,6
7,80	140,00	212,0	141,104	4,533	31,128	3,2
8,00	119,00	187,0	120,104	4,667	25,735	3,9
8,20	86,00	156,0	87,242	2,867	30,43	3,3
8,40	122,00	165,0	123,242	4,067	30,303	3,3
8,60	117,00	178,0	118,242	6,6	17,915	5,6
8,80	132,00	231,0	133,242	5,4	24,674	4,1
9,00	178,00	259,0	179,242	4,8	37,342	2,7
9,20	217,00	289,0	218,38	4,933	44,269	2,3
9,40	121,00	195,0	122,38	3,2	38,244	2,6
9,60	110,00	158,0	111,38	2,133	52,218	1,9
9,80	99,00	131,0	100,38	0,0		0,0

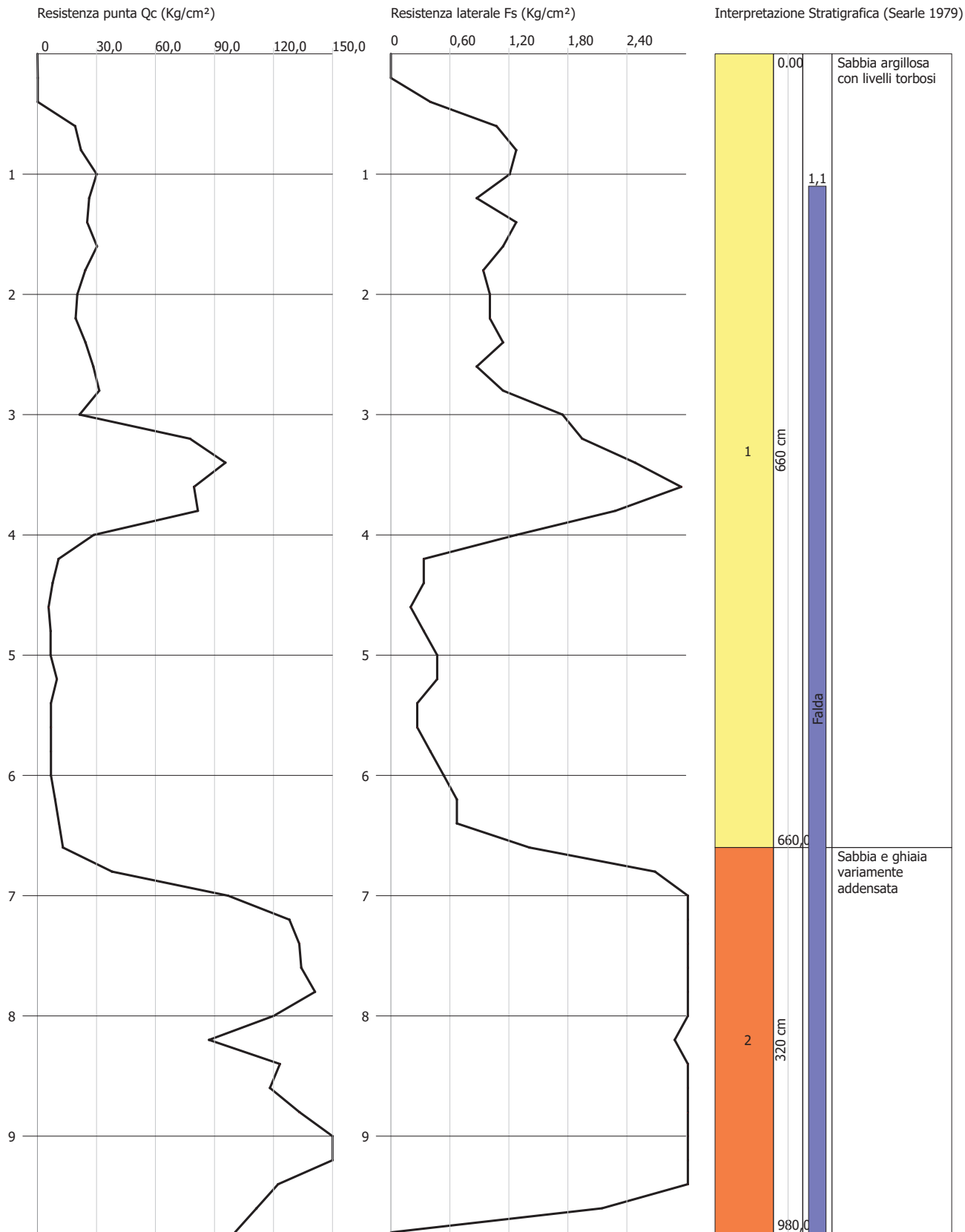
Prof. Strato (m)	qc Media	fs Media	Gamma Medio	Comp. Geotecnico	Descrizione
---------------------	-------------	-------------	----------------	------------------	-------------

	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	(t/m ³)		
6,60	24,042	0,976	1,1	Incoerente- Coesivo	Sabbia argillosa con livelli torbosi
9,80	124,074	3,829	1,1	Incoerente	Sabbia e ghiaia variamente addensata

Probe CPT - Cone Penetration Nr.9
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente: AB HOLDING SPA
Cantiere:
Località: ORZINUOVI (BS) - VIA ADUA

Data: 18/04/2025



Ubicazione prova penetrometrica P9

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua

Committente: AB Holding s.p.a.



Committente: AB HOLDING SPA

Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN

Prova eseguita in data: 18/04/2025

Profondità prova: 15,20 mt

Località: ORZINUOVI (BS) - VIA ADUA

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0,20	0,00	0,0	0,138	0,0		0,0
0,40	0,00	0,0	0,138	0,533	0,259	386,2
0,60	19,00	27,0	19,138	0,667	28,693	3,5
0,80	32,00	42,0	32,138	1,267	25,365	3,9
1,00	17,00	36,0	17,138	1,0	17,138	5,8
1,20	28,00	43,0	28,276	0,6	47,127	2,1
1,40	24,00	33,0	24,276	0,6	40,46	2,5
1,60	23,00	32,0	23,276	0,6	38,793	2,6
1,80	21,00	30,0	21,276	0,6	35,46	2,8
2,00	17,00	26,0	17,276	0,6	28,793	3,5
2,20	21,00	30,0	21,414	0,867	24,699	4,0
2,40	27,00	40,0	27,414	2,467	11,112	9,0
2,60	34,00	71,0	34,414	1,8	19,119	5,2
2,80	26,00	53,0	26,414	1,4	18,867	5,3
3,00	25,00	46,0	25,414	1,0	25,414	3,9
3,20	11,00	26,0	11,552	0,667	17,319	5,8
3,40	6,00	16,0	6,552	0,333	19,676	5,1
3,60	6,00	11,0	6,552	0,533	12,293	8,1
3,80	6,00	14,0	6,552	0,333	19,676	5,1
4,00	4,00	9,0	4,552	0,333	13,67	7,3
4,20	3,00	8,0	3,69	0,333	11,081	9,0
4,40	3,00	8,0	3,69	0,267	13,82	7,2
4,60	6,00	10,0	6,69	0,467	14,325	7,0
4,80	11,00	18,0	11,69	0,467	25,032	4,0
5,00	12,00	19,0	12,69	0,733	17,312	5,8
5,20	13,00	24,0	13,828	1,467	9,426	10,6
5,40	32,00	54,0	32,828	0,8	41,035	2,4
5,60	32,00	44,0	32,828	0,933	35,185	2,8
5,80	38,00	52,0	38,828	1,6	24,268	4,1
6,00	31,00	55,0	31,828	0,933	34,114	2,9
6,20	32,00	46,0	32,966	1,4	23,547	4,2
6,40	41,00	62,0	41,966	1,667	25,175	4,0
6,60	85,00	110,0	85,966	3,267	26,313	3,8
6,80	72,00	121,0	72,966	1,8	40,537	2,5
7,00	71,00	98,0	71,966	1,133	63,518	1,6
7,20	61,00	78,0	62,104	1,867	33,264	3,0
7,40	68,00	96,0	69,104	1,867	37,013	2,7
7,60	95,00	123,0	96,104	1,8	53,391	1,9
7,80	76,00	103,0	77,104	2,467	31,254	3,2
8,00	69,00	106,0	70,104	1,8	38,947	2,6
8,20	79,00	106,0	80,242	1,4	57,316	1,7
8,40	87,00	108,0	88,242	2,067	42,691	2,3
8,60	71,00	102,0	72,242	2,4	30,101	3,3
8,80	99,00	135,0	100,242	3,467	28,913	3,5
9,00	101,00	153,0	102,242	2,8	36,515	2,7
9,20	129,00	171,0	130,38	3,067	42,511	2,4
9,40	75,00	121,0	76,38	2,2	34,718	2,9
9,60	82,00	115,0	83,38	3,067	27,186	3,7
9,80	95,00	141,0	96,38	2,8	34,421	2,9
10,00	85,00	127,0	86,38	3,733	23,14	4,3
10,20	111,00	167,0	112,518	4,133	27,224	3,7
10,40	158,00	220,0	159,518	4,0	39,88	2,5

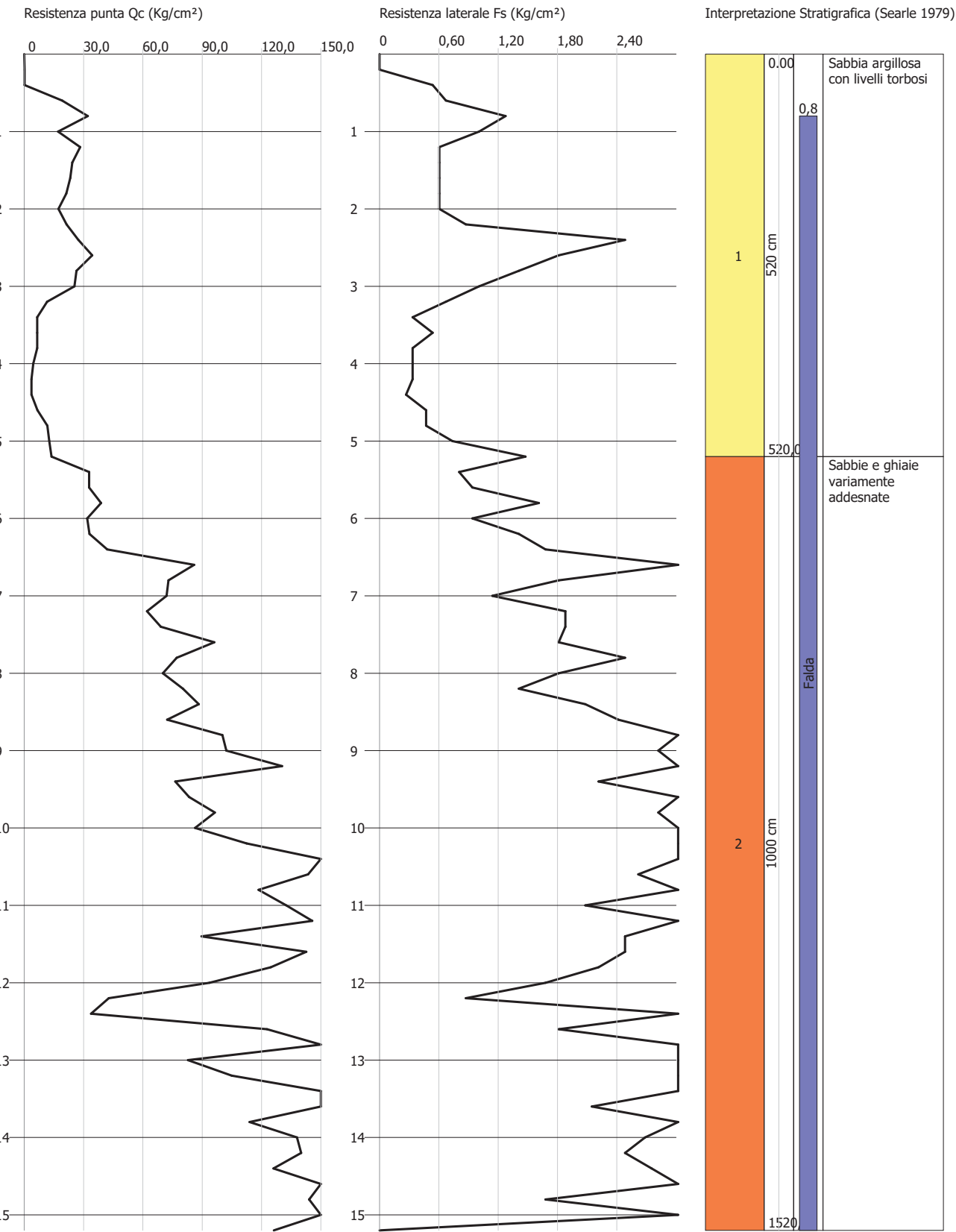
10,60	142,00	202,0	143,518	2,6	55,199	1,8
10,80	117,00	156,0	118,518	3,2	37,037	2,7
11,00	131,00	179,0	132,518	2,067	64,111	1,6
11,20	144,00	175,0	145,656	3,133	46,491	2,2
11,40	88,00	135,0	89,656	2,467	36,342	2,8
11,60	141,00	178,0	142,656	2,467	57,826	1,7
11,80	123,00	160,0	124,656	2,2	56,662	1,8
12,00	92,00	125,0	93,656	1,667	56,182	1,8
12,20	41,00	66,0	42,794	0,867	49,359	2,0
12,40	32,00	45,0	33,794	5,667	5,963	16,8
12,60	121,00	206,0	122,794	1,8	68,219	1,5
12,80	177,00	204,0	178,794	3,067	58,296	1,7
13,00	81,00	127,0	82,794	5,333	15,525	6,4
13,20	103,00	183,0	104,932	3,067	34,213	2,9
13,40	163,00	209,0	164,932	3,733	44,182	2,3
13,60	153,00	209,0	154,932	2,133	72,636	1,4
13,80	112,00	144,0	113,932	3,667	31,07	3,2
14,00	136,00	191,0	137,932	2,667	51,718	1,9
14,20	138,00	178,0	140,07	2,467	56,777	1,8
14,40	124,00	161,0	126,07	2,733	46,129	2,2
14,60	151,00	192,0	153,07	3,933	38,919	2,6
14,80	142,00	201,0	144,07	1,667	86,425	1,2
15,00	195,00	220,0	197,07	4,133	47,682	2,1
15,20	124,00	186,0	126,208	0,0		0,0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
5,20	15,622	0,767	1,1	Incoerente- Coesivo	Sabbia argillosa con livelli torbosi
15,20	100,397	2,504	1,1	Incoerente	Sabbie e ghiaie variamente addesnate

Probe CPT - Cone Penetration Nr.10
Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente: AB HOLDING SPA
Cantiere:
Località: ORZINUOVI (BS) - VIA ADUA

Data: 18/04/2025



Ubicazione prova penetrometrica P10

Località: Orzinuovi (BS) - Via Adua

Committente: AB Holding s.p.a.





Viale Michelangelo, 40 – 25015 Desenzano del Garda (BS)
P.IVA/C.F. 03632850982
Cell: 347 9428449 - mail: info@crestana.it
www.crestana.it

ESECUZIONE DI UNA PROSPEZIONE SISMICA M.A.S.W.
E DI UNA MISURA DI MICROTREMORE SISMICO H.V.S.R.,
CON ANALISI CONGIUNTA DEI DATI,
IN VIA ADUA, NEL COMUNE ORZINUOVI (BS)

RAPPORTO TECNICO

Committente: *Dott. Geol. Guido Torresani*

Data:
04 Aprile 2025

INDICE

1 -PREMESSA	3
2 -ANALISI HVSR.....	3
2.1 - Cenni sulla metodologia HVSR.....	3
2.2 - Acquisizione dei dati HVSR.....	4
2.3 - Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti.....	4
2.4 - Descrizione dei risultati dell'analisi HVSR.....	6
3 -INDAGINE SISMICA MASW	7
3.1 - Cenni sulla metodologia MASW.....	7
3.2 - Acquisizione dei dati MASW	7
3.3 - Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti.....	8
4 -PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO	11
5 -CONCLUSIONI.....	13
6 -UBICAZIONE DELLE INDAGINI.....	14
7 -ALLEGATO FOTOGRAFICO	15

1 - PREMESSA

Su incarico conferito dal *Dott. Geol. Guido Torresani* è stata eseguita, in data 02 Aprile 2025, una prospezione geofisica finalizzata alla ricostruzione stratigrafica e sismica dei terreni, nell'ambito di uno Studio Geologico eseguito in un'area ubicata in Via Adua, nel Comune di Orzinuovi (BS).

Le indagini in sito sono consistite nell'esecuzione di **n° 1 profilo di sismica multicanale** con acquisizione delle onde di superficie ed elaborazione dati **mediante metodologia MASW**, e **n° 1 indagine sismica passiva con metodo HVSR**.

Mediante tali metodologie è stato possibile ricostruire l'andamento medio delle onde di taglio S in profondità ed eseguire la valutazione del parametro $V_{s,eq}$ di sito, al fine di identificare la Categoria di Sottosuolo di progetto (tabelle allegate al D.M. 17/01/2018) misurando eventualmente il periodo proprio di vibrazione di sito.

2 - ANALISI HVSR

Allo scopo di migliorare la definizione del profilo verticale V_s nelle porzioni più profonde e di calcolare la possibile frequenza di risonanza di sito, si è scelto di eseguire, in corrispondenza dello stendimento sismico MASW, una misurazione dei microtrempi sismici ambientali per la definizione e l'analisi del rapporto spettrale H/V .

2.1 - Cenni sulla metodologia HVSR

La tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è basata sulla misura dei rapporti medi fra le ampiezze spettrali delle componenti orizzontali e verticale del rumore sismico ambientale. La prova a stazione singola consiste nella valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti. Il risultato di questa prova è una curva sperimentale, che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni in funzione della frequenza di vibrazione. Le frequenze alle quali la curva H/V mostra dei massimi, sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura. L'ampiezza di questi massimi è proporzionale (anche se non linearmente) all'entità del contrasto di impedenza sismica esistente alla base della copertura.

In particolare, in presenza di forti variazioni nel profilo di velocità delle onde S nel sottosuolo (legate per esempio alla transizione fra sedimenti soffici e basamento rigido), la funzione H/V mostra dei massimi marcati in corrispondenza della frequenza di risonanza f_r relativa alla configurazione stratigrafica del sito (con f_r circa uguale al rapporto fra la velocità media delle onde S fino alla profondità del salto di velocità e il quadruplo di questa profondità). Pertanto, questa prova ha lo scopo principale di mettere in luce la presenza di fenomeni di risonanza sismica e consentire una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni.

2.2 - Acquisizione dei dati HVSR

Nell'area d'indagine è stata eseguita, mediante stazione singola o tromometro, una misura di rumore sismico ambientale per un tempo di registrazione massimo di 15 minuti. La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- un sistema di ricezione costituito da un tromometro CGE a 3 componenti geofoniche con frequenza propria di 2 Hz per acquisizioni del microtremore lungo la direzione verticale e le due direzioni orizzontali ortogonali.
- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (*Geode Geometrics Mod. 3-1000*); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms (campionamento eseguito a 4 ms). Il sistema di acquisizione è completato da un computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

2.3 - Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti

I risultati delle analisi presentati in questo lavoro sono stati ottenuti con il software *winMASW* versione *Acd 7.2*, che permette di determinare i rapporti medi fra le componenti spettrali del rumore, misurate sul piano orizzontale e verticale. A questo scopo, l'acquisizione del rumore ambientale è stata suddivisa in una serie di finestre temporali di uguale durata (finestre di 20 ms), per ciascuna delle quali è stato determinato lo spettro del moto.

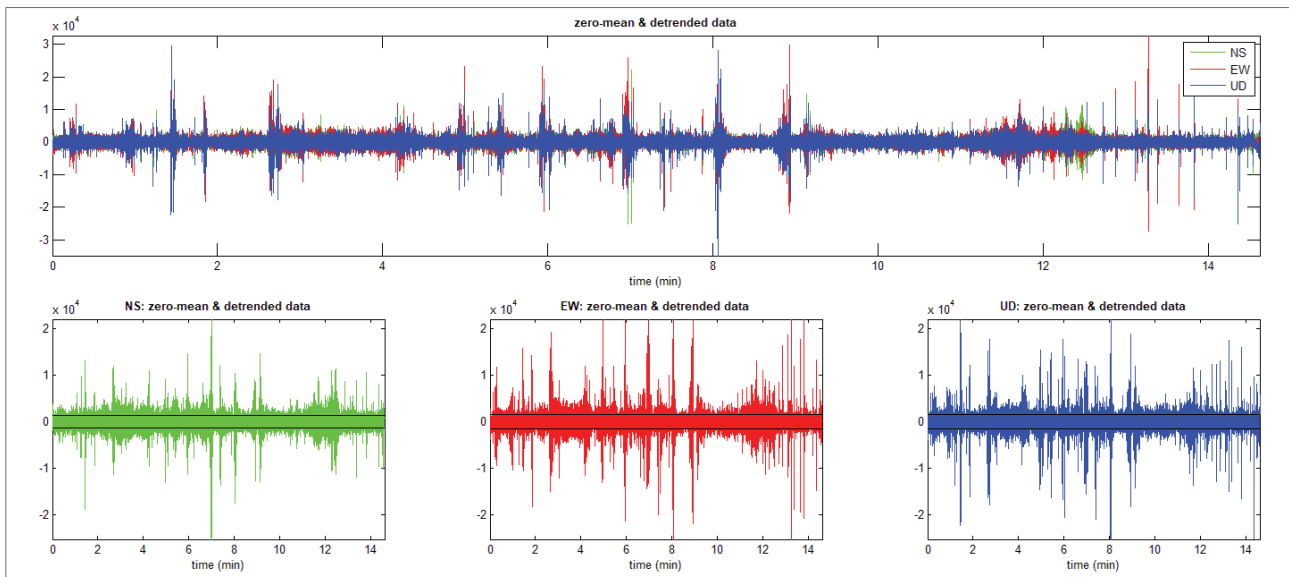


Fig. 1 - Visualizzazione dei dati dopo la rimozione dei principali eventi transienti.

La determinazione della curva HVSR ha previsto in sintesi i seguenti steps:

- 1) Eliminazione manuale da parte dell'utente delle parti di segnale costituite dal disturbo arrecato da eventi non conformi al rumore ambientale (transienti). Questa operazione produce una diminuzione della lunghezza del segnale analizzato (vedi figura precedente).
- 2) Definizione della lunghezza degli intervalli entro cui calcolare le curve HVSR (20 ms).
- 3) Calcolo delle trasformate di Fourier delle tre componenti x, y, z del moto.
- 4) Operazione di smoothing degli spettri di Fourier.
- 5) Somma delle due componenti orizzontali x e y.
- 6) Calcolo delle curve HVSR come rapporto spettrale tra la componente orizzontale H e la componente verticale V negli N intervalli temporali stazionari.
- 7) Calcolo della curva HVSR media tra le n curve HVSR.

I risultati parziali ottenuti, durante le fasi di elaborazione delle curve H/V, sono stati iterativamente controllati andando a valutare la direttività e la stabilità nel tempo della curva HVSR.

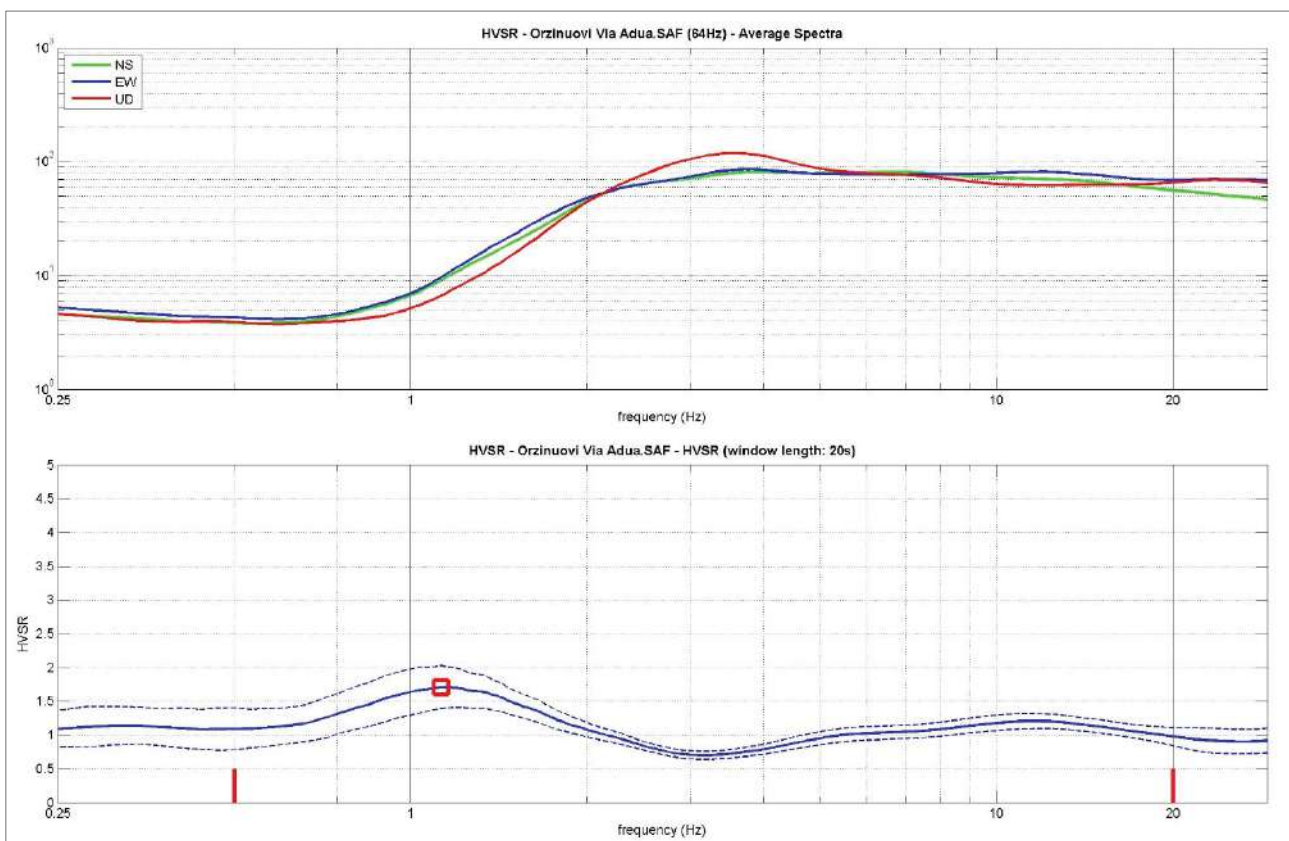


Fig. 2 - Visualizzazione HVSR e spettro medio di ampiezza del sito indagato.

La curva HVSR presenta un picco principale a circa 1,1 Hz; la sua validità viene verificata, mediante software *winMASW*, secondo i criteri di ammissibilità del progetto *SESAME* (che definiscono la robustezza statistica della curva HVSR e degli eventuali picchi presenti).

Criteria for a reliable H/V curve (Criteri per una curva affidabile)

- #1. $[f_0 > 10/L_w]$: $1.126 > 0.5$ (OK)
 - #2. $[n_c > 200]$: $1802 > 200$ (OK)
 - #3. $[f_0 > 0.5\text{Hz}; \sigma_A(f) < 2 \text{ for } 0.5f_0 < f < 2f_0]$ (OK)
-

Criteria for a clear H/V peak (Criteri per un picco H/V chiaro)

- #1. [exists f_- in the range $[f_0/4, f_0] \mid A_H/V(f_-) < A_0/2]$: yes (considering standard deviations), at frequency 0.5Hz (OK)
- #2. [exists f_+ in the range $[f_0, 4f_0] \mid A_H/V(f_+) < A_0/2]$: yes, at frequency 2.5Hz (OK)
- #3. $[A_0 > 2]$: $1.7 < 2$ (NO)
- #4. $[f_{\text{peak}}[A_H/V(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%]$: (NO)
- #5. $[\sigma_A < \epsilon(f_0)]$: $3.243 > 0.113$ (NO)
- #6. $[\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)]$: $0.318 < 1.78$ (OK)

2.4 - Descrizione dei risultati dell'analisi HVSR

Il picco a 1,1 Hz con ampiezza pari a 1,7 rispetta tutti i criteri *SESAME* per una curva affidabile; tuttavia, non è rispettata la condizione che prevede la verifica di un minimo di 5 criteri su 6 per un picco chiaro, nonostante siano stati modificati, in diverso modo, i parametri di elaborazione affinché essi fossero tutti verificati.

Dall'analisi della curva HVSR, eseguita tra 0,5 Hz e 20,0 Hz (frequenze di interesse ingegneristico) è quindi risultata una possibile frequenza principale di risonanza attorno a 1,1 Hz.

Questa non può essere definita come certamente significativa ai fini dell'individuazione di una possibile frequenza di risonanza di sito.

Considerato l'andamento delle tre componenti che costituiscono il segnale sismico registrato, il picco di risonanza principale del sito indagato, nonostante non siano verificati tutti i criteri *SESAME*, può essere ritenuto comunque di origine stratigrafica e legato ad un contrasto di impedenza sismica profondo, ipotizzato a circa -60,0/-70,0 m di profondità dal p.c., presumibilmente tra depositi a differente grado di addensamento afferenti alla medesima sequenza alluvionale caratteristica del territorio in cui ricade l'area in esame.

Pur tenendo debitamente conto delle limitazioni che tale metodologia presenta per la ricostruzione di un profilo sismostratigrafico dettagliato, è stata comunque eseguita un'analisi congiunta MASW+HVSR. Detto del picco principale legato ad un contrasto di impedenza sismica profondo e quindi non tradotto direttamente in termini sismostratigrafici per la ricostruzione del profilo di Vs, l'analisi congiunta è stata condotta comunque, considerando l'andamento dell'intera curva HVSR, per trarre informazioni sismo-stratigrafiche utili da integrare all'elaborazione sismica MASW di seguito riportata.

3 - INDAGINE SISMICA MASW

3.1 - Cenni sulla metodologia MASW

Con una prospezione sismica *MASW* (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) si analizza il fenomeno della dispersione che le onde di superficie subiscono in un mezzo stratificato. La velocità di propagazione per una certa lunghezza d'onda (λ), quindi frequenza è, infatti, influenzata dalle proprietà che il sottosuolo attraversato possiede ed è detta *velocità di fase*.

Le *MASW* attive sono realizzate tramite analisi delle onde di Rayleigh o di Love oppure, congiuntamente Rayleigh + Love. Queste rappresentano le onde di superficie prodotte dall'interazione delle onde di corpo (P e S) con una superficie di discontinuità fisica. Le onde di Rayleigh, e più precisamente le loro componenti verticali, vengono registrate tramite i comuni geofoni verticali a bassa frequenza e generate da una sorgente ad impatto verticale, la classica martellata. Le onde di Love invece vengono acquisite mediante geofoni a componente orizzontale e generate applicando una sorgente di taglio al terreno, questo perché le loro componenti si muovono solamente sul piano orizzontale, con oscillazione perpendicolare rispetto alla direzione di propagazione dell'onda. Durante l'indagine in oggetto sono state registrate sia la componente verticale delle onde di Rayleigh sia le onde di Love.

Il principio della tecnica MASW prevede che, poiché la dispersione delle onde di superficie dipende dalle caratteristiche del sottosuolo e dalle sue variazioni verticali, dalla determinazione delle curve di dispersione del segnale è possibile ricavare le caratteristiche fondamentali del mezzo quali ad esempio la velocità delle onde di taglio V_s e lo spessore degli strati. La velocità delle onde di Rayleigh (V_R) infatti è correlabile alla V_s , essendo pari a circa il 90% della velocità delle onde di taglio. L'analisi del fenomeno della dispersione, che avviene attraverso la *curva di dispersione*, permette quindi di determinare le caratteristiche del sottosuolo. La curva di dispersione del *dataset* è ottenuta mediante il passaggio dal dominio *spazio-tempo* (sismogramma) al dominio *velocità di fase/frequenza* (spettro di velocità) effettuato mediante specifica operazione con software dedicato.

Tenuto conto di quanto richiesto per l'applicazione della normativa relativa alla progettazione geotecnica, si ritiene che la metodologia di analisi *MASW*, risulti idonea alla definizione dei dati richiesti.

3.2 - Acquisizione dei dati MASW

L'ubicazione e la lunghezza dello stendimento sono state scelte in funzione della logistica dei luoghi e dell'ingombro delle strutture progettuali. L'allineamento sismico per l'acquisizione delle onde di Rayleigh ha previsto una distanza tra i geofoni pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni e coniugati rispetto all'ultimo geofono con offset variabili (4-6-8-10-15 m) a diversa intensità di energizzazione. Per l'acquisizione delle onde di Love lo stendimento sismico ha previsto una distanza intergeofonica pari a 1,0 m ed una serie di scoppi esterni con offset di 4,0 m dall'ultimo geofono.

L'acquisizione della componente verticale delle onde di Rayleigh è avvenuta mediante registrazione della propagazione del segnale sismico generato da una sorgente ad impatto verticale (martellata), tramite uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente verticale.

L'acquisizione delle onde di Love è avvenuta invece mediante uno stendimento sismico di 24 geofoni a componente orizzontale posti trasversalmente all'allungamento dello stendimento, generando un'onda sismica di taglio mediante martellata orizzontale su piastra posta verticalmente nel terreno. La strumentazione utilizzata si compone nello specifico di:

- una sorgente meccanica in grado di generare onde elastiche direzionali e ricche di energia realizzata mediante la battuta verticale e orizzontale di una mazza battente di 10 kg su piastra;
- un sistema di ricezione costituito alternativamente da uno stendimento di 24 geofoni (onde di Rayleigh) a movimento verticale (*Geospace GS11D*) e da uno stendimento di 24 geofoni (onde di Love) a movimento orizzontale (Senshe con livello a bolla), entrambi a frequenza di 4,5 Hz e puntali da 3", collegati mediante un cavo multielettrodo;
- un sistema di acquisizione e memorizzazione costituito da un sismografo modulare in grado di registrare in modo digitale le forme d'onda generate (*Geode Geometrics Mod. 3-1000*); il sismografo A/D è in grado di campionare segnali tra 0.025 ms e 16 ms. Il sistema di acquisizione è completato da dispositivo di *trigger*, computer per l'analisi e la memorizzazione del segnale e appositi cavi di collegamento.

3.3 - Analisi ed elaborazione dei segnali acquisiti

Determinazione degli spettri di velocità ed individuazione delle curve di dispersione

La stima dell'andamento in profondità delle velocità V_s , mediante acquisizione sismica multicanale è ottenuta tramite l'analisi del segnale nel dominio frequenza/velocità di fase.

Viene utilizzato lo spettro di velocità in quanto è il dominio dove è chiaramente più immediato e naturale comprendere le proprietà dispersive del mezzo attraversato, determinando con precisione la velocità di ciascuna componente del segnale registrato.

Dopo aver scelto quindi i sismogrammi più idonei, quelli solitamente con il miglior rapporto *segnale/rumore*, si esegue una trasformata dal dominio *spazio/tempo* al dominio *frequenza/velocità* (**Fig. 3**).

Particolare attenzione nell'interpretazione delle curve di dispersione è posta in considerazione del fatto che le vibrazioni indotte dalle onde di superficie sono correlabili a diversi *modi*, che possono sovrapporsi all'interno degli spettri di velocità.

Se tale sovrapposizione avviene, può generarsi una curva di dispersione apparente, che può risultare fuorviante in fase di interpretazione. Al fine di individuare i *modi* corretti e correlabili alla reale successione stratigrafica è stato scelto di eseguire un'***analisi congiunta delle onde di Rayleigh e delle onde di Love***.

L'interpretazione dello spettro è consistita quindi nel confrontare le distribuzioni di energia tra i vari modi. Dato che la distribuzione dell'energia nelle due componenti Love e Rayleigh è risultata a tratti differente, l'analisi congiunta è risultata indispensabile al riconoscimento del reale andamento dei modi, portando all'elaborazione di un unico modello maggiormente vincolato e preciso.

Procedure di modellazione diretta e analisi congiunta Rayleigh+Love+HVSr

Analizzati i sismogrammi e i rispettivi spettri di velocità si è proceduto alla ricostruzione della distribuzione verticale delle Vs. Partendo dalle curve di dispersione delle onde di Rayleigh e di Love è stato ricostruito il modello che è responsabile di quelle curve, effettuando quindi un'inversione, vale a dire che si è ricavato il modello di sottosuolo che ha determinato il dato di campagna. Gli spettri di velocità di fase sono stati interpretati identificando le curve modali, mediante modellazione diretta, studiando l'andamento dei vari modi in funzione del modello atteso (**Fig. 3**). Questo è stato iterativamente modificato fino ad ottenere una buona sovrapposizione degli andamenti delle curve di dispersione sui vari modi riconosciuti, contemporaneamente in entrambi gli spettri, al fine di ottenere un solo modello di velocità.

Inoltre, per l'interpretazione dello spettro di velocità nella sua parte a bassa frequenza (<10 Hz), ovvero nelle porzioni più profonde del modello, è stata considerata la curva HV ottenuta dall'indagine sismica HVSr. In particolare, è stata eseguita un'**analisi congiunta** tra lo spettro di dispersione ottenuto con indagine MASW e la curva H/V misurata, al fine di ottenere un solo modello di velocità (**Fig. 4**).

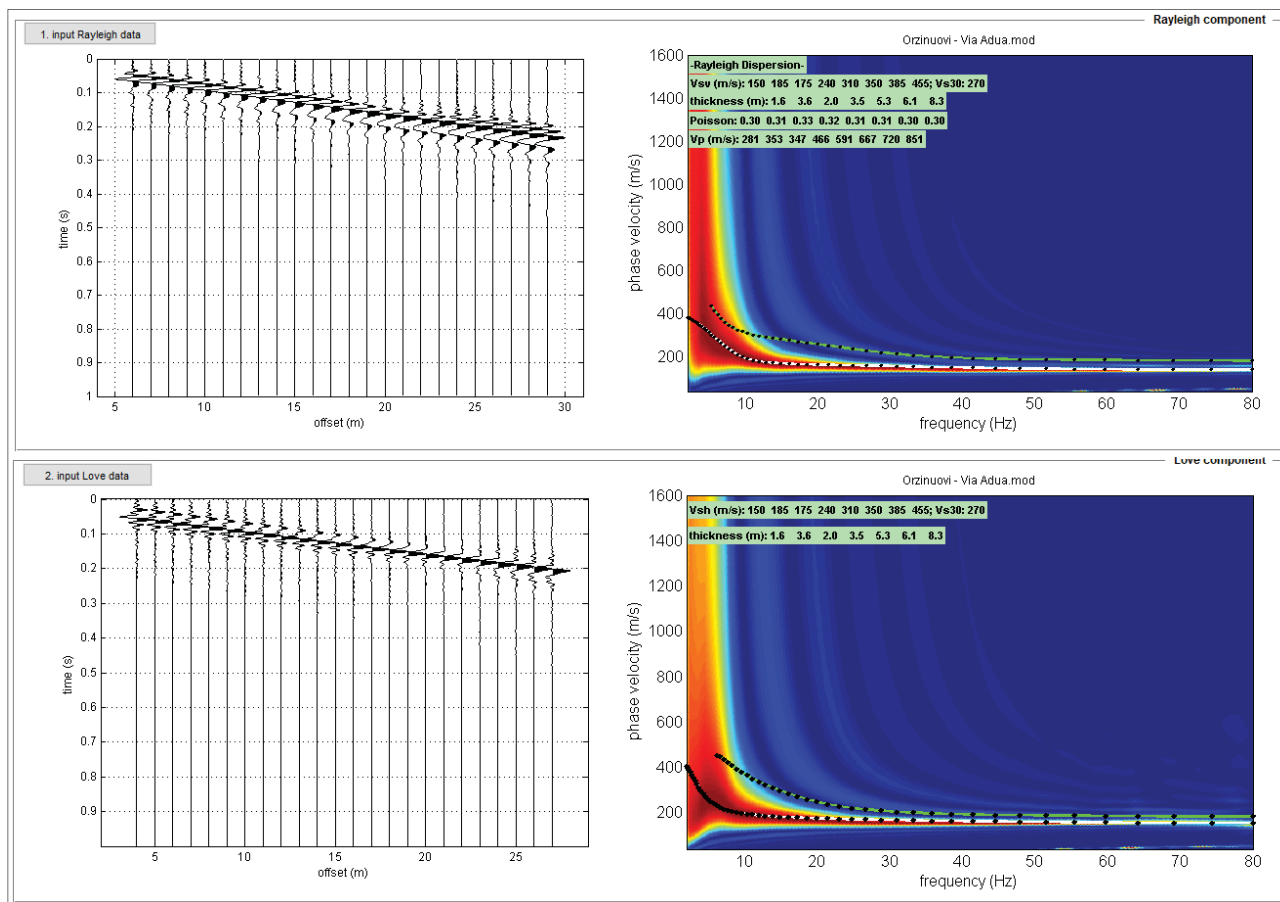


Fig. 3 - Sismogrammi acquisiti (sx) e risultati dell'analisi congiunta Rayleigh+Love (dx): modellazione diretta mediante individuazione dei vari modi che compongono lo spettro di velocità delle onde di Rayleigh (in alto) e congiuntamente quello delle onde di Love (in basso).

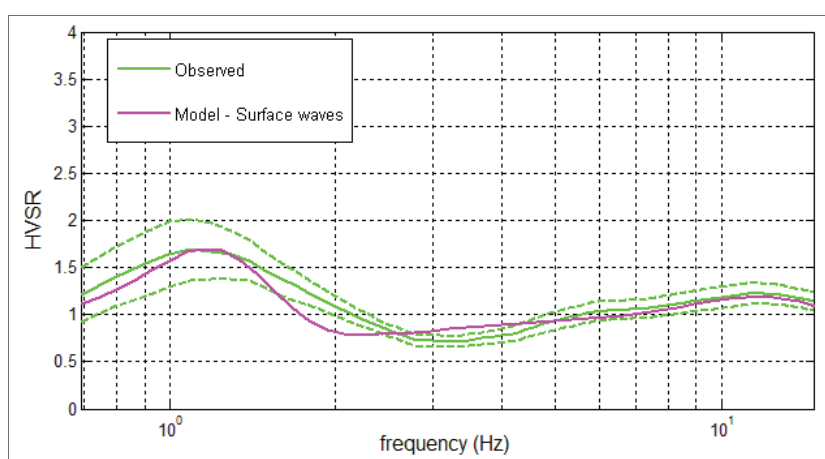


Fig. 4 - Confronto tra H/V sperimentale (verde) e modellato (magenta), ottenuti per lo stesso modello di velocità considerato nell'analisi MASW.

4 - PROFILO SISMOSTRATIGRAFICO

Per l'elaborazione e l'interpretazione dei dati, si è tenuto conto delle evidenze del segnale acquisito, delle prove penetrometriche eseguite nel medesimo lotto di progetto e delle stratigrafie di alcuni pozzi terebrati in aree limitrofe a quella di studio.

Nella seguente tabella sono riportati i valori delle velocità medie e gli spessori di ciascun sismostrato, in modo da definire un **modello geofisico medio**, ottenuto mediante analisi delle onde di superficie con metodologia MASW in onde di Rayleigh e di Love, in modo congiunto con l'analisi HVSR.

Si riportano anche, in maniera indicativa, le stime dei valori della densità e del modulo di Poisson eseguite contestualmente all'elaborazione e mediante correlazioni di letteratura. Poiché la dispersione delle onde di superficie dipende essenzialmente dalla Vs e degli spessori degli strati, tali valori devono essere considerati solamente come stime largamente approssimative. Viene riportato, inoltre, il valore del modulo di taglio che tra i moduli elastici è l'unico che non dipende da Vp, ma solamente da Vs e densità e quindi la sua stima risulta più attendibile.

MODELLO GEOFISICO MEDIO – Via Adua – Orzinuovi (BS)						
Sismostrato	Vs (m/s)	Spessore (m)	Profondità da p.c. (m)	Stima densità (g/cm³)	Modulo di Poisson	Modulo di Taglio (MPa)
1	150	1,6	-1,6	1,75	0,30	39
2	185	3,6	-5,2	1,80	0,31	62
3	175	2,0	-7,2	1,80	0,33	55
4	240	3,5	-10,7	1,87	0,32	108
5	310	5,3	-16,0	1,93	0,31	185
6	350	6,1	-22,1	1,96	0,31	240
7	385	8,3	-30,4	1,97	0,30	293
8	455	4,6	-35,0	2,01	0,30	417

Il valore del modulo dinamico di taglio, dipendente da Vs e densità si riferisce a condizioni di bassa deformazione. Per deformazioni significativamente superiori, come di norma nei calcoli geotecnici, i valori dovranno essere idoneamente corretti e utilizzati solo nei modi e nei casi appropriati.

D.M. 17/01/2018	Profondità del bedrock sismico	V_{S,eq} (m/s)	Categoria di sottosuolo	Valore di V _{S,eq} calcolato mediante l'espressione 3.2.1 del D.M. 17/01/2018 $V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$
Calcolo a partire dal ripiano di esecuzione MASW (p.c.)	Oltre -30,0 m dal p.c.	270	C	Categoria di sottosuolo assegnata in base a quanto indicato nella Tabella 3.2 II

Si sottolinea come la Categoria di Sottosuolo di Progetto, stimata in base a quanto previsto dal D.M. 17/01/2018, deve essere definita dal Geologo o dal progettista anche in funzione dei dati progettuali.

Si riporta inoltre il profilo sismostratigrafico del modello medio fino a -35,0 m dal p.c., ottenuto mediante analisi congiunta MASW+HVSr, utilizzata per il calcolo del parametro $V_{s,eq}$ (**Fig. 5**).

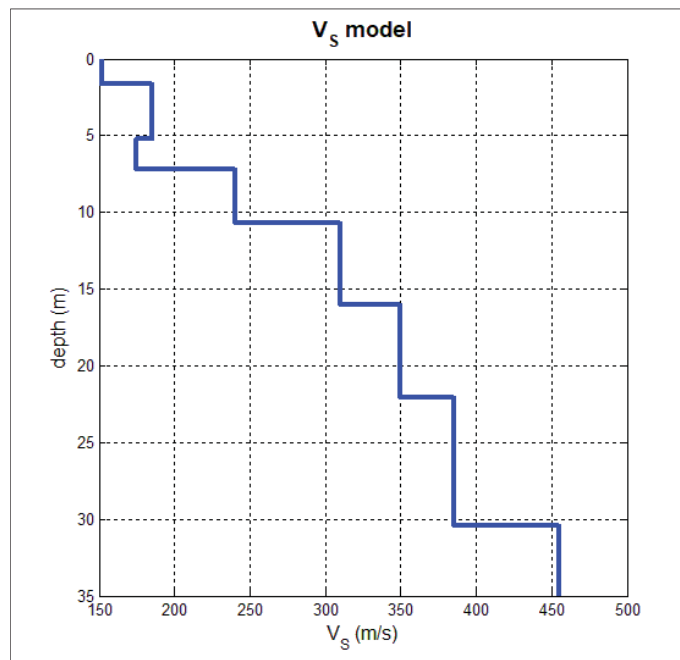


Fig. 5 - Profilo sismostratigrafico.

In base ai dati sismostratigrafici ottenuti si rileva inizialmente, fino ad una profondità di circa -1,6 m dal p.c., un primo orizzonte superficiale con un valore di velocità di propagazione delle onde di taglio (*onde S*) pari a 150 m/s.

Da -1,6 m a circa -7,2 m di profondità dal p.c., si riscontrano valori delle velocità delle onde S compresi tra 175 e 185 m/s, propri di depositi scarsamente addensati o da scarsamente a moderatamente consistenti ove prevalentemente coesivi, afferenti alla sequenza deposizionale alluvionale caratteristica del territorio in cui ricade l'area in esame.

Deboli inversioni dei valori di velocità delle onde S, come quella riscontrata da -5,2 a -7,2 m (V_s pari a 175 m/s), sono imputabili a diminuzioni locali dello stato di addensamento della suddetta sequenza alluvionale e/o alla presenza di uno o più livelli di natura più francamente limoso-argillosa.

Da -7,2 m a circa -30,4 m di profondità dal p.c., si rilevano valori di V_s in generale e graduale aumento con la profondità e compresi tra 240 e 385 m/s, propri di depositi nel complesso moderatamente addensati, afferenti alla medesima unità alluvionale.

Oltre -30,4 m di profondità dal p.c., sono stati riscontrati valori di velocità delle onde di taglio pari a 455 m/s, propri di depositi da addensati a molto addensati, appartenenti alla medesima sequenza deposizionale alluvionale indagata.

5 - CONCLUSIONI

Il profilo sismostratigrafico ottenuto risulta correlabile con il quadro geologico dell'area oggetto di interesse e i valori di velocità delle onde S nei primi metri risultano compatibili con l'andamento delle prove penetrometriche eseguite nella medesima area di indagine.

Per il sito in esame è stato calcolato un valore di $V_{s,eq}$, pari a **270 m/s**, con bedrock sismico posto oltre -30,0 m da p.c., e pertanto, il sito di progetto ricadrebbe in una "**Categoria di sottosuolo C**".

Per la conferma della categoria di sottosuolo si rimanda in ogni caso all'analisi sito-specifica per la Stima degli effetti litologici e del Fattore di Amplificazione di sito (2° Livello di approfondimento – All. 5 della D.G.R. IX/2616 del 2011).

Desenzano del Garda, 04/04/2025

Il Tecnico

6 - UBICAZIONE DELLE INDAGINI

Via Adua – Orzinuovi (BS)



Legenda:

-  Stendimento sismico con acquisizione ed elaborazione dei dati mediante metodologia MASW
-  Misura di microtremore sismico, con stazione singola, mediante tecnica HVSr

7 - ALLEGATO FOTOGRAFICO



Stendimento sismico M.A.S.W.



*Misura del microtremore sismico
mediante tecnica H.V.S.R.*



*Acquisizione del segnale sismico
con Sismografo Geometrics
Mod. Geode 3-1000*



*Shot sismico verticale per la
generazione delle onde di Rayleigh*