





IMPIANTO SOLARE FOTOVOLTAICO DA 19,8026 MWP E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RETE ELETTRICA NAZIONALE, COMUNE DI CAORSO (PC)

Procedura di verifica di assoggettabilità a VIA ai sensi dell'art. 19 del D.Lgs.152/2006

IMMOBILE	Comune di Caorso	Foglio 19 Particelle:15-19-20 Foglio 20 Particelle:20,21,30,41,62,107,110,33,39,89,202,222, 19,60,61,63,65,75,77,79,108,109
PROGETTO: VERIFICA DI ASSOGGETTABILITÀ ALLA VIA	OGGETTO DOC03 - RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA	SCALA --
REVISIONE - DATA REV.00 - 20/02/2025	VERIFICATO	APPROVATO
IL RICHIEDENTE	Fiorenzuola Solar 1 srl Via Caravaggio 125, 65125 Pescara FIRMA _____	Fiorenzuola 1 <small>SRL</small>
I PROGETTISTI	Ing. Riccardo Valz Gris  FIRMA _____	
	Arch. Rosalba Teodoro  FIRMA _____	
	Ing. Cavanna Nicola  FIRMA _____	
TEAM DI PROGETTO	Land Live srl 20124 Milano - Citycenter Regus - Via Lepetit 8/10 Tel. +39 02 0069 6321 13900 Biella - Via Repubblica 41 Tel. +39 015 32838 - Fax +39 015 30878	

REGIONE EMILIA ROMAGNA
COMUNE DI CAORSO
PROVINCIA DI PIACENZA

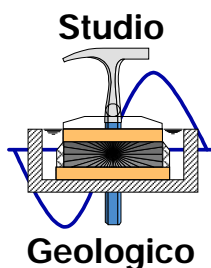
RELAZIONE GEOLOGICA-SISMICA

• • • • •
A CORREDO DEL PROGETTO PER LA FORMAZIONE DI
UN CAMPO FOTOVOLTAICO A TERRA



Località : Comune di Caorso

Committente : Società di ingegneria Land Live S.r.l.



Dott. Geol. N. CAVANNA

Via Degani, 9 (PC)

☎ 0523 / 305674 - ☎ 335 / 5734746

FAX 0523 / 317301



SOMMARIO

1.0 - PREMESSA	3
2.0. - CONTENUTI RELAZIONALI	4
3.0. - STATO DEI LUOGHI	5
4.0. - INQUADRAMENTO FISICO-GEOGRAFICO ED AMBIENTALE	7
4.1 - PEDOLOGIA E USO DEI SUOLI	7
4.2. - ASPETTI GEOMORFOLOGICI E GEOLITOLOGICI	8
4.3. - ASPETTI IDROGRAFICI ED IDROGEOLOGICI	11
4.4. - VINCOLI DI CARATTERE GEOLOGICO-IDRAULICI	13
5.0. - INDAGINI GEOGNOSTICHE	15
5.1. - REGISTRAZIONE MICROTREMORI	16
4.1.1 - Metodologia d'indagine	16
4.1.2 - Categoria di suolo	16
4.1.3 - Elaborati dati d'indagine HVSR01	17
4.1.4 - Elaborati dati d'indagine HVSR02	20
4.2 - PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE	23
4.3 - STRATIGRAFIE POZZI	24
4.4 - SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO	24
5.0 - DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DEL TERRENO FONDAZIONALE	25
6.0 - CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITA' LITOTECNICHE INDIVIDUATE	26
7.0 - AZIONE SISMICA	29
7.1 - CATEGORIA DI SUOLO FONDAZIONALE	29
7.2 - FATTORI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA	32
7.3 - LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	33
10.4 - MODELLO SISMICO DEL SITO	37
7.0 - SINTESI FINALE E PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO	40

PROSPETTO DI SINTESI DEI PRINCIPALI ELEMENTI GEOGNOSTICI

Stratigrafia di progetto in forma sintetica:

Profondità (centimetri)	Descrizione	Spessore (metri)
da P.C. a -80	A \odot - Suolo vegetato	0.80
da -80 a -370	A \bullet - Depositi argillo limosi prevalenti	2.90
da -370	B \bullet - Depositi limo sabbio argillosi	--

Soggiacenza falda di progetto: ~1.50 m

Principali parametri geotecnici determinati dalle prove in sito:

UNITA' GEOTECNICHE	A \odot	A \bullet	B \bullet
Litologia prevalente	Suolo vegetato	Argille limose	Limi sabbiosi
Spessore rilevato (m)	~0.80	~2.90	≥ 1.30
Profondità rilevata (m)	~0.80	~3.70	≥ 5.00
Peso di vol. naturale (t/mc)	$\gamma_{a0} \cong 1.75$	$\gamma_{a1} \cong 1.80$	$\gamma_{b1} \cong 1.85$
Peso di vol. saturo (t/mc)	--	$\gamma'_{a1} \cong 2.05$	$\gamma'_{b1} \cong 2.05$
Classificazione AGI	privo di consistenza	poco consistente	poco addensato
Modulo Edometrico (Kg/cm ^q)	Med $\cong 33$ Kg/cm ^q	Med $\cong 48$ Kg/cm ^q	--
Coesione non drenata (Kg/cm ^q)	Cu $\cong 0,25$ Kg/cm ^q	Cu $\cong 0,40$ Kg/cm ^q	--
Coesione drenata (Kg/cm ^q)	--	--	--
Densità relativa (%)	--	--	Dr $\cong 25$
Angolo di attrito interno (°)	$\varphi' \cong 19^\circ$	$\varphi' \cong 22^\circ$	$\varphi \cong 27^\circ$
Modulo di Young (Kg/cm ^q)	Ey $\cong 30$	Ey $\cong 45$	E $\cong 70$
Modulo di Winkler (Kg/cm ^c)	Ko $\cong 0.60$	Ko $\cong 1.00$	Ko $\cong 1.25$
Coefficiente di Poisson	--	0.40	0,34
Coefficiente di permeabilità (cm/s) (valore presunto)	K $\cong 1 \times 10^{-6} \div 1 \times 10^{-6}$		K $\cong 1 \times 10^{-3}$

Profondità d'imposta fondazionale "consigliata": >1.00 m dall'attuale piano campagna, previo risultanze verifiche dirette durante la fase operativa;

Azione sismica (vedasi nel dettaglio capitolo 7.0 e paragrafo 7.4):

- sito in esame (coord. WGS84: latitudine 45,049 - longitudine 9,851);
- zona sismica 3;
- classe d'uso I;
- accelerazione massima orizzontale del sito (a_g) pari a **0.080**;
- accelerazione orizzontale massima attesa al sito (**A_{max}**) pari a **1.184 m/s² (SLV)**;
- categoria di suolo fondazionale "tipo **C**", coefficiente **S_s** pari a **1.50**;
- categoria topografica **T1**, coefficiente di amplificazione topografica **S_T** pari a **1.00**;
- coefficienti azione sismica orizzontale e verticale (SLV): **k_h = 0.024 ÷ k_v = 0.012**;
- terreni fondazionali **non liquefacibili**.

1.0 - PREMESSA

Su incarico della Società di ingegneria Land Live S.r.l. si è eseguita nel mese di novembre del corrente anno (2024) un'indagine geognostica su di un appezzamento di terreno sito nel Comune di Caorso (vedi fig. 3.0.I - *"Inquadramento corografico"* in scala 1: 10.000, ricavato sulla base della C.T.R.).

Lo studio si è reso necessario in quanto, su detta area, è prevista la formazione di un campo fotovoltaico (*il tutto come meglio visualizzato nelle tavole di progetto*).

L'indagine è stata condotta in osservanza al D.M. 17 gennaio 2018 (*pubblicato sulla G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018*).

Tali indagini sono finalizzate a:

- illustrare lo stato d'alterazione, fratturazione e degradabilità dei litotipi presenti, i lineamenti geomorfologici della zona, gli eventuali processi morfologici ed i dissesti in atto o potenziali;
- definire le locali condizioni litologiche, la presenza d'acque sotterranee e valutare le proprietà fisico-meccaniche "preliminari" dei terreni per la progettazione delle future opere di fondazione;
- analizzare "preliminarmente" le caratteristiche sismiche locali;
- suggerire eventuali opere di salvaguardia al fine di assicurare la stabilità dei futuri complessi pannelli-terreno;

Sulla base delle notizie e considerazioni ottenute durante un primo sopralluogo ed in relazione ai diversi obiettivi dello studio, su tale area si sono eseguite indagini di campagna concernenti rilievi geomorfologici-geolitologici, uso attuale del suolo, eventuali dissesti della rete stradale e lesioni nei fabbricati adiacenti; per quanto concerne le valutazioni di carattere litostratigrafico-litotecnico, sono analizzate le stratigrafie di un sondaggio a carotaggio continuo e di un pozzo; inoltre state approntare due prove penetrometriche dinamiche, con relativa elaborazione dei profili longitudinale/trasversali e misurazioni piezometriche all'interno dei fori.

Infine, per la determinazione della categoria di suolo, sono state realizzate n° 2 registrazione dei microtrempi sismici HVSR.

In allegato sono presenti:

- | | |
|---|---------------|
| ➤ ELABORATI INDAGINE SISMICA HVSR | (ALLEGATO 1); |
| ➤ CERTIFICATI PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE | (ALLEGATO 2); |
| ➤ CERTIFICATI STRATIGRAFICI POZZI | (ALLEGATO 3); |
| ➤ CERTIFICATI SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO | (ALLEGATO 4). |

2.0. - CONTENUTI RELAZIONALI

Ai sensi del D.M. 17 gennaio 2018 "*Norme tecniche per le costruzioni*" la presente Relazione Geologica contiene la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consistenti nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio.

Le indagini geognostiche sono state finalizzate alla documentata ricostruzione del MODELLO GEOLOGICO, sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista per inquadrare "preliminarmente" le problematiche geotecniche.

In particolare sono state sviluppate le seguenti tematiche:

- Descrizione delle caratteristiche geologico e/o geologico-strutturali e geomorfologiche generali dell'area con riferimenti anche a cartografie ufficiali e a materiale di letteratura, integrati con i dati rilevati direttamente in campagna;
- Descrizione delle caratteristiche idrogeologiche generali dell'area con riferimenti anche a cartografie tematiche e a materiale di letteratura, integrati con i dati rilevati direttamente in campagna; analisi delle eventuali interferenze della falda con la fondazione e con il manufatto;
- Eventuale presenza di vincoli (es: PAI, vincolo idrogeologico, classificazione sismica, vincoli geologico-urbanistici locali etc.).
- Descrizione del programma delle indagini geognostiche in situ e argomentazione sulla loro scelta (funzione delle caratteristiche dei terreni in esame e dell'importanza dell'opera etc.);
- Documentazione grafica dell'ubicazione delle prove, descrizione del tipo di indagini eseguite e della strumentazione utilizzata con rimando a tutti i relativi risultati, schede, tabelle e grafici esplicativi in allegato alla relazione;
- Determinazione dei parametri iniziali di accelerazione su suolo libero, con ricavo degli spettri di risposta rappresentativi delle componenti delle azioni sismiche di progetto per il generico sito del territorio nazionale, tramite l'individuazione della relativa pericolosità sismica direttamente da coordinate geografiche; calcolo delle V_{s30} tramite indagini specifiche e/o correlazioni ammesse dalla normativa vigente e conseguente individuazione della categoria di suolo e delle condizioni topografiche e della stabilità nei confronti della liquefazione;
- Descrizione, partendo da tutte le caratteristiche e considerazioni generali e sulla scorta di tutti i rilevamenti e le indagini svolte, dell'assetto stratigrafico di dettaglio con spessori dei vari litotipi esistenti nel sottosuolo del sito oggetto d'Intervento e della loro variabilità spaziale, per un'ampiezza ed una profondità significative ai fini del progetto;
- Sintesi del MODELLO GEOLOGICO che esprima tali aspetti e anche l'eventuale volume significativo.

3.0. - STATO DEI LUOGHI

Il territorio del comune di Caorso si estende su di una superficie di 42 Km² nella bassa pianura a sud del Fiume Po e ad est del comune di Piacenza. Il confine occidentale è marcato dall'alveo meandreggiante del Torrente Nure mentre a sud coincide con la S.S. n. 587 di Cortemaggiore; a sud-est è solcato dagli alvei sinuosi del torrente Riglio e Chiavenna che si riuniscono in un unico alveo (T. Chiavenna), poche centinaia di metri a sud del capoluogo comunale; il confine orientale è in gran parte segnato dal corso rettilineo del Cavo Valle.

L'area in esame, rappresentata cartograficamente all'interno della sezione n° 162150 della Carta Tecnica della Regione Emilia Romagna, si colloca indicativamente tra il corso d'acqua "Scolo Scovalasino" e la Strada Provinciale Padana Inferiore n. 10 (vedasi estratti cartografico in figg. 3.0.I e 3.0.II).

Il comparto si inserisce in un contesto solo parzialmente modificato dalle attività antropiche e dall'urbanizzazione; esso manifesta una morfologia regolare con pendenze inferiori all'1%. Il piano campagna giace ad una quota s.l.m. compresa indicativamente tra 42.5 e 44.0 metri. La zona si presenta del tutto stabile in assenza di fenomeni erosivi di qualsiasi genere, né presenta emergenze idriche.

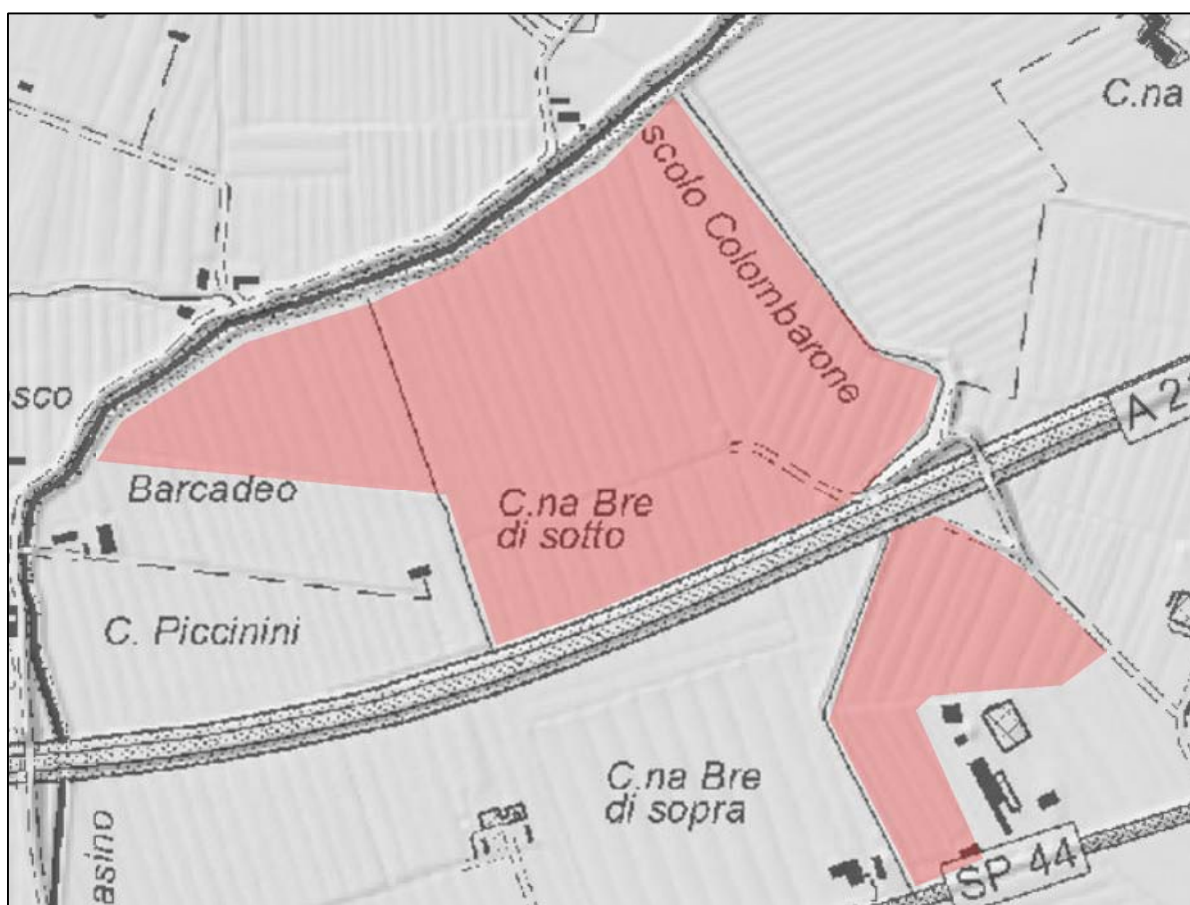


fig. 3.0.I – inquadramento corografico scala 1: 5.000

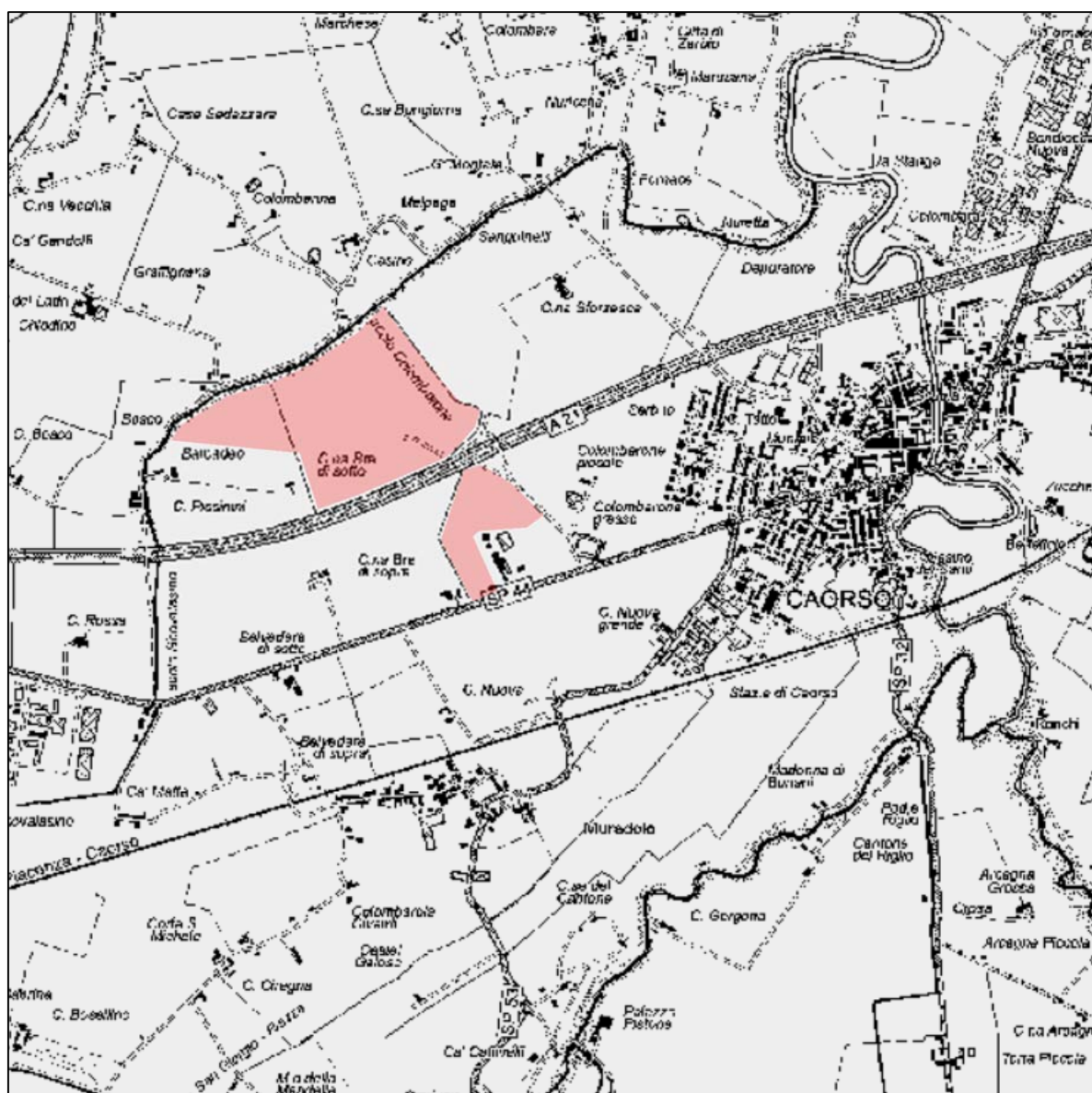
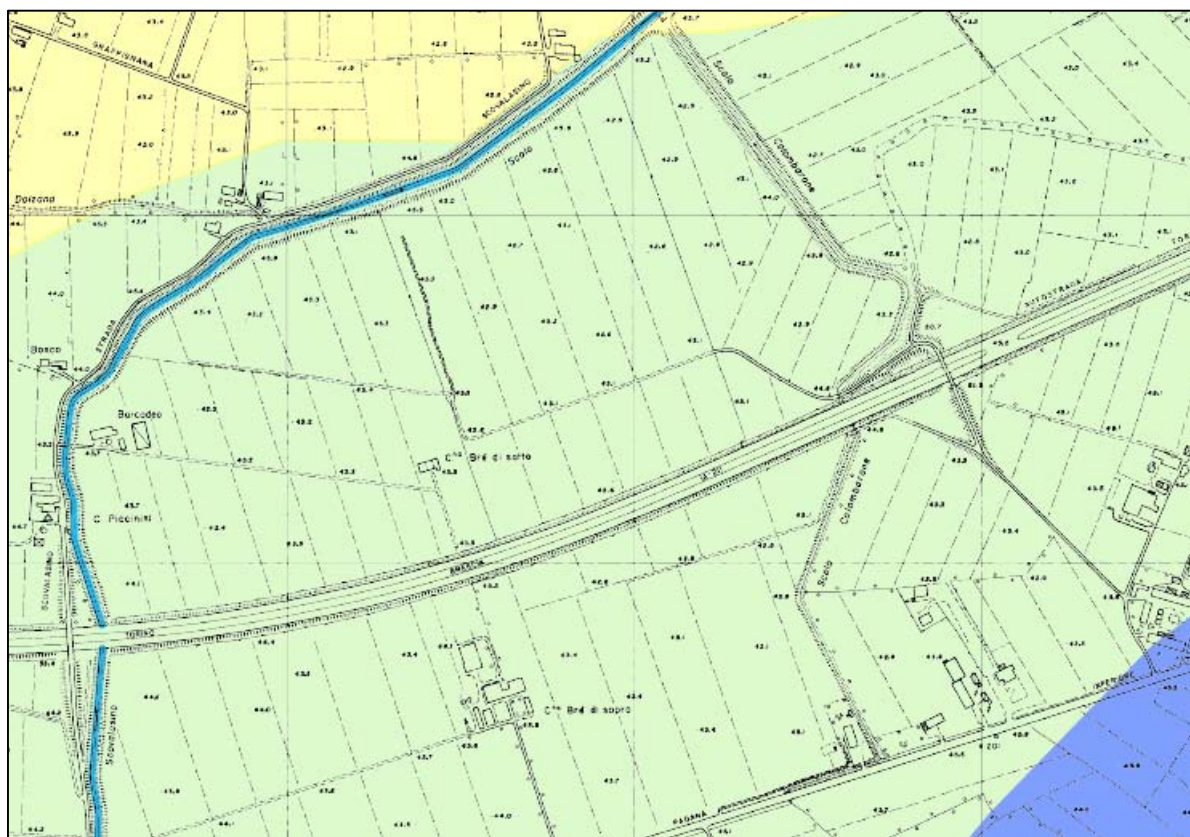


fig. 3.0.II – inquadramento geografico scala 1: 20.000

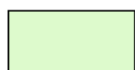
4.0. - INQUADRAMENTO FISICO-GEOGRAFICO ED AMBIENTALE

4.1 - Pedologia e uso dei suoli

La Regione Emilia-Romagna ha dettagliato la suddivisione dei suoli a livello comunale: difatti nella "Carta dei Suoli" alla scala 1:50.000, nel territorio di pianura sono stati distinti ben 117 tipi di suolo le cui caratteristiche sono descritte in altrettante schede monografiche che sono state comprese in un "catalogo regionale". La zona di nostro interesse ricade principalmente nella delineazione 477 (vedi estratto cartografico in fig. 4.1.I). Questi terreni sono in genere tessitura argillosa o argillosa-limosa, comunque prevalentemente coesiva.



Tipi di suoli (da "Catalogo dei tipi di suolo della pianura Emiliano-Romagnola")



Delineazione 477:

- suolo COLTARO argillosa limosa (COL 1)
- suolo CATALDI franca argillosa limosa (CTL 3)
- suolo FIENILI argillosa (FNL 1)
- suolo PILASTRI franca argillosa limosa (PIS 1)

Fig. 4.1.I - Estratto "Carta Pedologica" allegata al PSC

4.2. - Aspetti geomorfologici e geolitologici

Da un punto di vista geologico l'intero Comune di Caorso appartiene al bacino sedimentario, detto anche sinclinorio padano. Si tratta di una struttura concava che si è andata formando e accentuando a partire dal Pliocene favorendo, durante il periodo Quaternario, l'accumulo di depositi di ingente spessore di materiale clastico di origine continentale. Tale bacino ha forma allungata in direzione O-E lungo l'asse di maggior sviluppo della Valpadana ed è di tipo asimmetrico perché il fianco meridionale, che si sviluppa a ridosso degli Appennini, è meno ampio di quello settentrionale che si estende fino alle Alpi.

L'area in esame è ubicata in una zona morfologicamente identificata come *"Bassa pianura o superficie prevalentemente olocenica esterna alla fascia di meandreggiamento recente del F. Po"*.

Il terreno in studio si colloca in sponda idrografica destra del fiume Po, ad una distanza di minima di circa 1.450 metri dal corso d'acqua; mentre il torrente Nure scorre ad una distanza minima di circa 1.100 metri.

La zona è interessata "prevalentemente" dall'azione deposizionale dei suddetti corsi d'acqua; presentandosi pianeggiante con pendenze impercettibili verso Nord, Nord-Est.

La formazione che affiora nell'area di studio è conosciuta con il nome di "Unità di Modena", composta da depositi di fiume del periodo postglaciale "Olocene medio", di sabbie e limi argillosi (vedi fig. 4.2.II - estratto *"Carta geologica"* in scala 1: 10.000, redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli RER).

La deposizione di tali litotipi è piuttosto casuale: si possono talora rinvenire delle "lenti" di deposito di fiume, piuttosto larghe e sottili, allungate principalmente in direzione Est-Ovest. La disomogeneità deposizionale dovuta a tali lenti, la si rinviene anche alle diverse profondità, con orizzonti che sfumano da Ghiaie a Limi, man mano che ci si allontana dagli antichi alvei dei fiumi, che hanno costituito tutto il pacco alluvionale nel periodo glaciale. I materiali più fini, come le Argille ed i Limi, sono i depositi lasciati durante le piene dei fiumi, quando le correnti di torbida, al termine delle inondazioni, avevano modo di depositarsi su terreni pressoché pianeggianti delle aree circostanti: i depositi Sabbiosi, invece, si trovano laddove le acque scorrevano abbastanza velocemente da non lasciare possibilità di deposito agli elementi terrigeni più fini, che venivano trascinati via dalle acque.

Le parti sommitali dei depositi che si rinvencono in loco, sono prevalentemente di tipo Sabbioso-Limoso, sia per il variare dei corsi principali degli affluenti di destra del fiume Po, che tendevano a mutare continuamente il loro corso (in conseguenza degli accumuli deposizionali lasciati prevalentemente all'interno dell'alveo) sia a causa delle alterazioni superficiali che hanno comportato una disaggregazione degli elementi litici più grossolani, grazie all'azione meteorica e degli acidi umici dei suoli in formazione.

Dal punto di vista prettamente geologico-strutturale la cartografia redatta dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della R.E.R. segnala la presenza di una faglia inversa sepolta a Sud del sito in esame (vedasi fig. 4.2.I – estratto *carta geologica RER scala 1: 25.000*).

Queste pieghe, responsabili dei terremoti recenti nel Ferrarese, costituiscono vere e proprie dorsali montuose che oggi si trovano sepolte al di sotto della Pianura Padana.

I fronti di accavallamento più esterni della catena Nord-Appenninica sono sepolti da una spessa coltre di sedimenti clastici che colma l'intera Pianura Padana e che è stata studiata in particolare tramite pozzi profondi e sezioni sismiche a riflessione, realizzate prevalentemente per scopi esplorativi (idrocarburi).

Questi studi mostrano un sistema di pieghe e accavallamenti sepolti Nord-Est vergenti, che hanno influenzato e controllato la deposizione dei cunei di sedimenti silicoclastici sintettonici.

Nella Pianura Padana, in virtù della rapida sedimentazione clastica e dei limitati ratei di deformazione che caratterizzano l'area, le evidenze di tettonica attiva sono estremamente scarse e di difficile lettura.



fig. 4.2.1 – estratto carta geologica RER



Legenda dei principali elementi cartografati

Ambienti deposiz. e litologie (10K)

Ghiaia - Piana alluvionale

Coperture quaternarie (10K)

AES8a - Unità di Modena

b1 - Deposito alluvionale in evoluzione

fig. 4.2.II – estratto carta geologica-geomorfologica RER

4.3. - Aspetti idrografici ed idrogeologici

L'attuale configurazione del reticolo idrografico costituisce il risultato non solo della naturale evoluzione dell'originale maglia drenante delle acque superficiali, ma anche e soprattutto degli interventi dell'uomo che, in tempi successivi, ne ha rettificato o comunque modificato l'assetto.

Il reticolato idrografico è ovviamente imperniato sul Fiume Po e dai suoi principali affluenti appenninici che nella zona in studio sono rappresentati dal Torrente Nure.

Gli elementi secondari dell'idrografia superficiale sono molto più numerosi e di solito modificati o creati artificialmente dall'uomo per il convogliamento e la distribuzione di acque per l'irrigazione.

Fra i corsi d'acqua secondari che conservano un tracciato parzialmente naturale meritano di essere citati lo Scolo Colombarone e lo Scolo Scovalasino che corre ad Est ed a Nord del sito in esame per poi gettarsi nel T. Chiavenna a valle del capoluogo comunale. Per quanto concerne i canali artificiali, si ricorda che questi sono tanto numerosi da costituire un fitto intreccio sull'intero territorio: ciò evidentemente in relazione alla natura litologica prevalentemente limo-argillosa e quindi alla scarsa permeabilità dei terreni superficiali.

Il sottosuolo del Comune di Caorso, nella zona di interesse, è costituito da depositi alluvionali di granulometria eterogenea con media-alta permeabilità; essi ospitano un sistema di falde intercomunicanti, per la limitata continuità dei banchi impermeabili. Dall'esame delle stratigrafie disponibili si evince come l'assetto geometrico-strutturale del sottosuolo sia assimilabile ad un materasso alluvionale nel quale i corpi acquiferi, di natura prevalentemente sabbiosa, si alternano a livelli impermeabili. Si configura così un complesso acquifero di tipo "multifalda", all'interno del quale sono riconoscibili due circuiti chiaramente separati:

- il circuito più superficiale, che localmente assume caratteristiche da freatiche a confinate;
- il circuito profondo (o confinato-artesiano), ospitato in orizzonti permeabili protetti al tetto da depositi argillosi di significativo spessore ed estensione laterale.

Nell'area in studio la profondità della prima falda freatica rispetto al p.c., dedotta da indagini di carattere prettamente bibliografico e dalle prove in sito, varia da un minimo presunto prossimo a 1.00 m ad un massimo di circa 2.50 metri, mentre la direzione del flusso idrico superficiale è prevalentemente Nord-Est ed il gradiente idraulico nella zona di specifico interesse non supera lo 0.5 % (*vedasi estratto "Carta Idrogeologica" da P.S.C. in fig. 4.3.f*); eventuali interferenze della falda con gli scavi per fondazioni superficiali si ritengono dunque fortemente probabili, è opportuno quindi evitare che lo scavo rimanga per troppo tempo a cielo aperto, per prevenire anche eventuali riempimenti da parte d'acque meteoriche.

I livelli di soggiacenza minori sono prevalentemente concentrati nel mese di gennaio, mentre quelli più elevati sono per lo più sparsi nel periodo febbraio/marzo e settembre/ottobre. La vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale, nella zona d'indagine, è classificabile come "media - alta" (rif. art. 34-35 del PTCP vigente).



LEGENDA:

	Confine Regionale		Pozzi alimentanti l'acquedotto Comunale Area di rispetto 200 m ai sensi dell'art. 94 D.Lgs. 152/06
	Confine Comunale		Pozzi Centrale Termonucleare Enel
	Pozzi a stratigrafia nota desunti dall'archivio RER		Catasto pozzi profondi province di Pr e Pc (destra T. Nure). Istituto di Geologia Università degli studi di Parma "F. Petrucci"
	Pozzi utilizzati per le misure freatiche (Idrometro Centrale Enel di Piacenza livello al 02/05/05: 42,6 s.l.m.)		Alveo F. Po
	Curve Isofreatiche (equidistanza 1 m) Campagna di misure Maggio 2005		T. Nure, T. Chivenna, T. Riglio e canale Scovalasino (vecchio e nuovo)
	Piezometri della rete di monitoraggio della falda forniti da Enel (periodo 2002/2005)		

fig. 4.3.I – Estratto “Carta idrogeologica” da P.S.C.

4.4. – Vincoli di carattere geologico-idraulici

Da un esame degli elaborati cartografici a corredo dello strumento urbanistico comunale si evince che l'ambito di specifico interesse è privo di cogenti vincoli e/o limitazioni di carattere prettamente "geologico" o che comunque ne precludano l'uso del suolo.

Occorre tuttavia precisare che, la zona oggetto di intervento, ricade nella fascia di tutela fluviale C1 "*Area di inondazione per piene catastrofiche - Extrarginale o protetta da infrastrutture lineari*", prevista dalla pianificazione provinciale e comunale (vedasi fig. 4.4.I - estratto cartografico da P.S.C., in adeguamento al P.T.C.P. 2007), risultando normata dall'art. G delle Norme Tecniche di Attuazione del piano comunale.

Si precisa che le norme vigenti ammettono, nella fascia C1, tutte le attività compatibili con un razionale uso del suolo, purché non comportino alterazioni dell'equilibrio idrogeologico delle acque superficiali e sotterranee o modificazioni rilevanti dei caratteri geomorfologici del territorio.

In ogni caso, l'uso del suolo dovrà essere regolamentato allo scopo di favorire:

- a. la salvaguardia degli elementi naturali presenti;
- b. l'ampliamento delle aree di naturale espansione fluviale;
- c. il mantenimento ed il miglioramento delle condizioni di funzionalità idraulica della rete idrografica principale e secondaria.

Sul T. Nure gli squilibri afferiscono all'assetto morfologico tendenzialmente instabile dell'alveo, che si riflette nella modificazione del tracciato planimetrico, con erosioni di sponda, e nella variazione del profilo longitudinale, con sovralluvionamenti.

L'instabilità planimetrica caratterizza diversi tratti di tutto il corso ma solo a livello locale determina situazioni di squilibrio, peraltro di modesta rilevanza.

La tendenza al deposito in corrispondenza delle luci dei vari attraversamenti stradali e ferroviari a valle di San Giorgio Piacentino determina ostruzioni al deflusso delle piene che rappresentano la causa di allagamenti a monte.

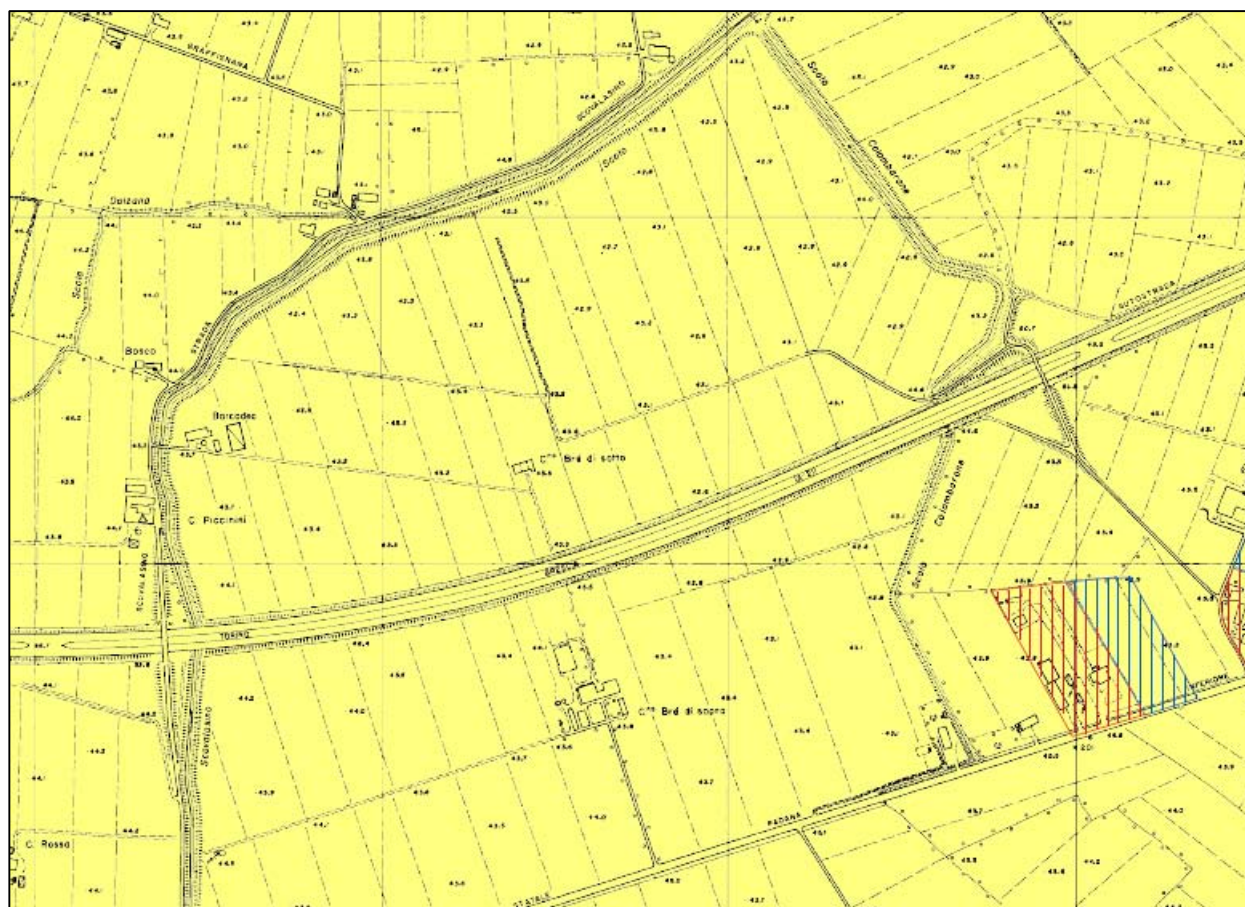
In genere le esondazioni interessano aree agricole, fatta eccezione per il tratto a valle dell'attraversamento della SS 587, dove sono presenti le località abitate di Roncaglia e Fossadello.

Nel corso del 2007 le attività dell'Aipo si sono incentrate sulla prosecuzione di interventi strutturali e di manutenzione finalizzati alla difesa idraulica del territorio

Tra gli interventi effettuati in provincia di Piacenza è stato concluso nel 2007 il rialzo e ringrosso delle arginature lungo il torrente Nure (destra idraulica) in comune di Caorso.

Le linee di intervento rappresentano l'applicazione alla situazione del bacino idrografico del Nure, quale emerse dalle analisi conoscitive e dalle elaborazioni condotte, dei criteri generali definiti alla scala dell'intero bacino idrografico del Po.

Gli interventi strutturali realizzati sull'asta del Nure sono stati coerenti con l'assetto di progetto definito nell'ambito della delimitazione delle fasce fluviali e con la relativa regolamentazione dell'uso del suolo nella regione fluviale, che rappresenta il più importante intervento a carattere non strutturale per i corsi d'acqua principali.



Aree a rischio idrogeologico molto elevato definite ai sensi della L. n. 267/1998 (Tav. A3.2 "Carta del dissesto", PTCIP 2007)	NTA PSC	PTCP 2007 (Adott. Atto di Consiglio Provinciale n°17 del 16 Febbraio 2009)	NTA PSC
		FASCIA A Invasi ed aree di laghi, bacini e corsi d'acqua FASCIA A1_Areale incolto FASCIA A2_Areale di piena FASCIA A3_Areale di piena con valenza naturalistica	
		FASCIA B Zona di tutela dei caratteri ambientali di laghi, bacini e corsi d'acqua FASCIA B1_Conservazione del sistema fluviale FASCIA B2_Ricupero ambientale del sistema fluviale FASCIA B3_Ad elevato grado di antropizzazione	
		FASCIA C Riparto dell'ambito fluviale FASCIA C1_Estraghiavile o protetta da infrastrutture lineari FASCIA C2_Non protetta da difese idrauliche	
 Aree a rischio di inondazione Zone ber			



Territorio Urbanizzato



Territorio urbanizzabile

fig. 4.4.I

5.0. - INDAGINI GEOGNOSTICHE

La presente relazione geologica ha per oggetto la definizione della successione litostratigrafica ed una caratterizzazione geomeccanica del terreno sito in corrispondenza dell'area d'intervento.

Nell'ambito della progettazione, ai fini della rappresentazione litostratigrafica - sismica, sono state analizzate una serie di indagini geognostiche, quali:

- n° 2 registrazioni microtremori sismici (HVSR);
- n° 2 prove penetrometriche dinamiche (DPM);
- n° 1 stratigrafia "profonda" di pozzo;
- n° 1 stratigrafia da sondaggio carotaggio continuo.

Le indagini prese in esame sono ubicate, indicativamente, come da planimetria su base foto aerea in fig. 5.0.I.



fig. 5.0.I – ubicazione indagini geognostiche

Si precisa che, in questa fase d'indagine non sono stati richiesti dalla Committenza ulteriori sondaggi penetrometrici. Tuttavia, date le dimensioni dell'area si suggerisce l'approntamento di almeno due nuove prove penetrometriche per una più esaustiva caratterizzazione e modellazione geognostica del sito.

5.1. – Registrazione microtremori

Il paragrafo illustra e commenta l'indagine geofisica eseguita ai fini della determinazione del terreno di fondazione ai sensi del testo unitario “ Norme tecniche per le costruzioni” (D.M. 17 Gennaio 2018). Si precisa che sono state effettuate numerose registrazioni con durate diverse, delle quali si riporta la maggiormente significativa ai fini dell'indagine.

4.1.1 - Metodologia d'indagine

La misura a stazione singola del tremore sismico, attraverso l'analisi dei rapporti spettrali consente la determinazione della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo; mediante il processo di inversione le misure del microtremore consentono di stimare in maniera rapida il valore di Vs30.

La caratterizzazione dei terreni è stata effettuata tramite la tecnica sismica passiva (tecnica dei rapporti spettrali) o HVSr (Horizontal to Vertical Spectral Ratio). La prova è stata condotta utilizzando un sismometro a stazione singola (tromografo digitale) in grado di registrare i microtremori lungo le direzioni X coincidente con l'Est topografico e Y coincidente con il Nord e lungo quella verticale (Z), di un ampio intervallo di frequenze (0.1-100 Hz) e per una durata sufficientemente lunga (mediamente 5-20 minuti).

Il moto indotto nel terreno è stato misurato dallo strumento in termini di velocità attraverso tre velocimetri, uno per ogni direzione di misura (X, Y e Z). Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) e spettri V (componente verticale del moto in funzione della frequenza).

4.1.2 - Categoria di suolo

Per determinare il valore delle onde di taglio VS è stato eseguito un rilievo tromografico che ha permesso di determinare:

- La frequenza di risonanza caratteristica del sito;
- Velocità media delle onde di taglio Vs.

Per la determinazione delle onde di taglio Vs è stata utilizzata l'inversione vincolata dello spettro H/V ottenuto attraverso il rilievo tromografico.

La relazione seguente correla la frequenza di risonanza del terreno (f) alla velocità delle onde S (Vs) con la profondità della base dello strato (H).

$$f(Hz) = \frac{V_s}{4H}$$

4.1.3 - Elaborati dati d'indagine HVSR01

Nome	caorso\tromografo\HVSR01.SAF
Passo temporale	6.4 ms
Numero di campioni	9300
Istante finale	60 s
Numero di sotto-intervalli	1

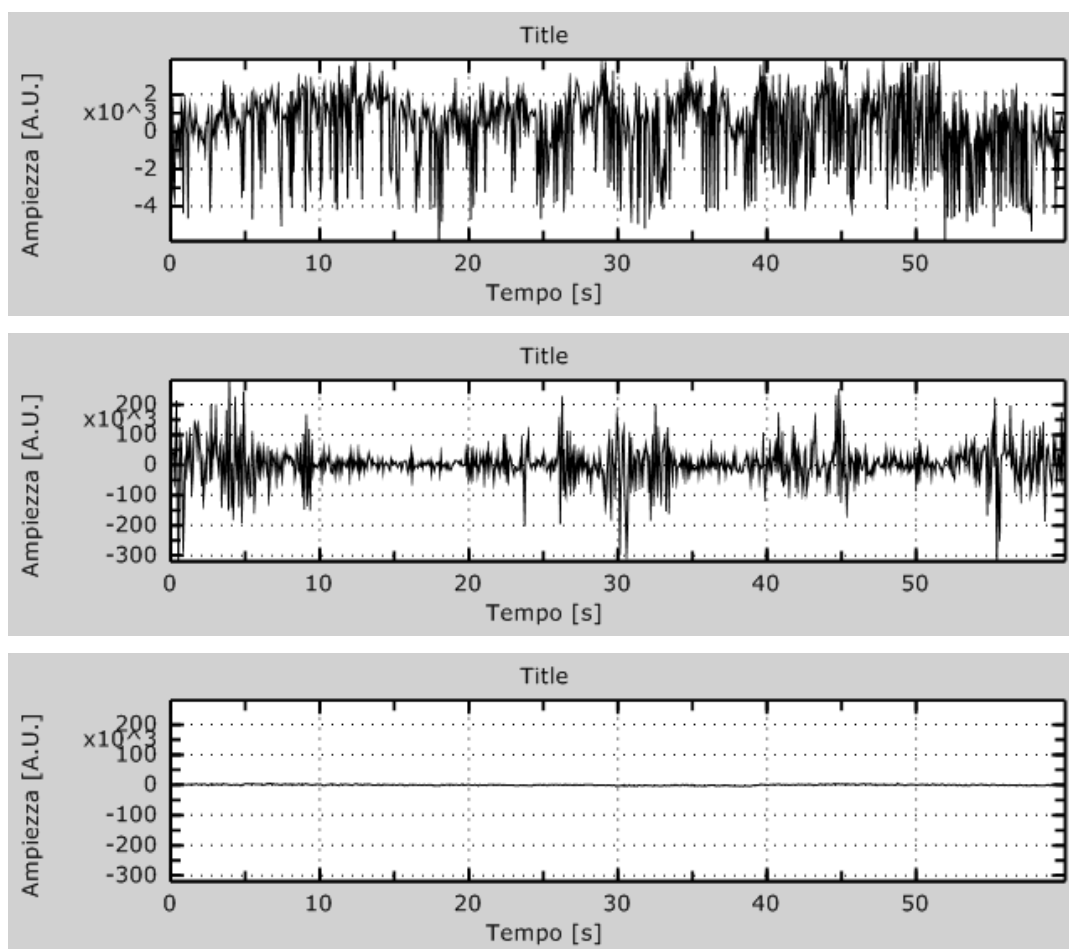


Figura. 4.1.3.I: Dati sperimentali in direzione Z (alto), N-S (centro) e E-W (basso).

Nota indicativamente la profondità di ogni livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati dai sondaggi e dai rilevamenti geologici in sito, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva numerica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata (vedasi fig. 4.1.3.II), per poi ricavare la V_s media per ogni singolo strato.

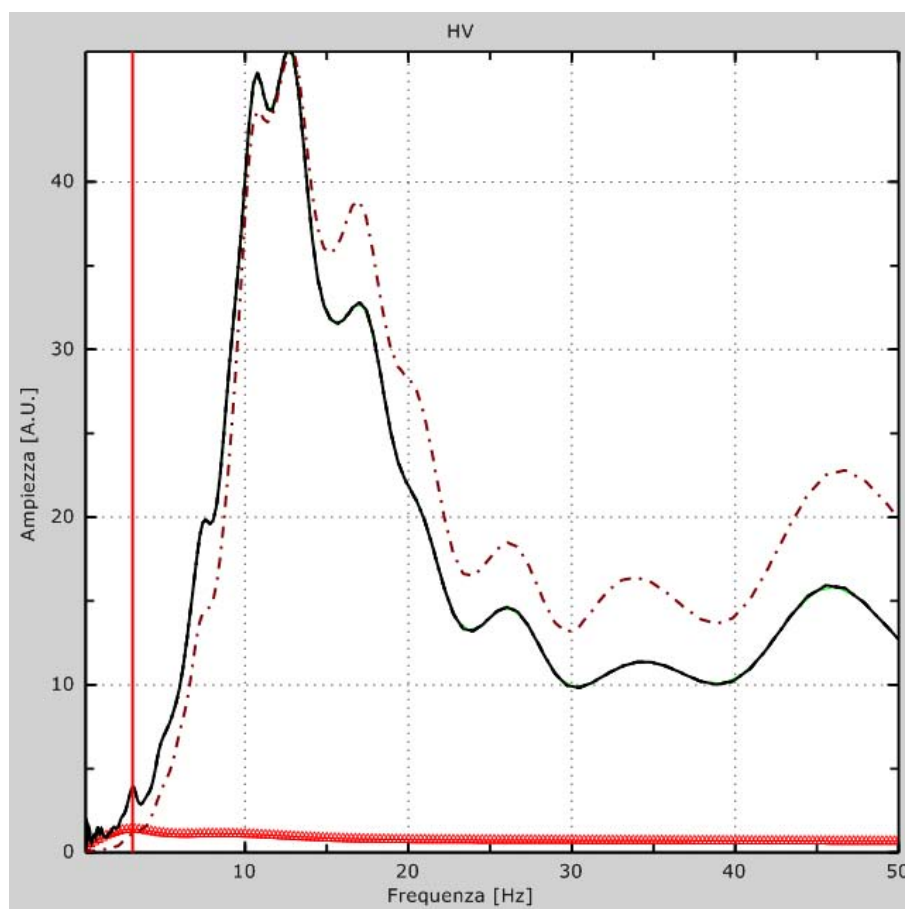


Figura 4.1.3.II: Curva HVSR; Curva H/V numerica (rosso); Curva H/V sperimentale (nero).

Finestra temporale	60 sec
Frequenza massima	50 Hz
Numero di campioni	200
Passo in frequenza	0.25 Hz

Sulla base di tali elaborazioni è ottenuto l'andamento della Vs al variare della profondità (vedasi Grafico in allegato 1).

In conclusione, la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri è definita come:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_i}}$$

Analisi delle risultanze

I terreni in oggetto, nel punto di prova, saranno soggetti ad amplificazioni dovuti ad una particolare frequenza di risonanza del terreno in caso di sisma.

Le frequenze in oggetto che potrebbero provocare particolari problemi “accoppiamenti di risonanza” fra strutture e terreno sono state individuate a **3,20 Hz \pm 0,1 Hz**.

La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri è risultata pari a circa **295 m/s** (*vedasi “grafico della velocità delle onde di taglio” in allegato 1*).

Quindi in base all’attuale normativa il sito d’interesse presenta un suolo di fondazione di tipo “**C**”, indice della presenza di depositi alluvionali con sufficienti proprietà fisico-meccaniche d’insieme.

4.1.4 - Elaborati dati d'indagine HVSR02

Nome	caorso\tromografo\HVSR02.SAF
Passo temporale	6.4 ms
Numero di campioni	45600
Istante finale	300 s
Numero di sotto-intervalli	4

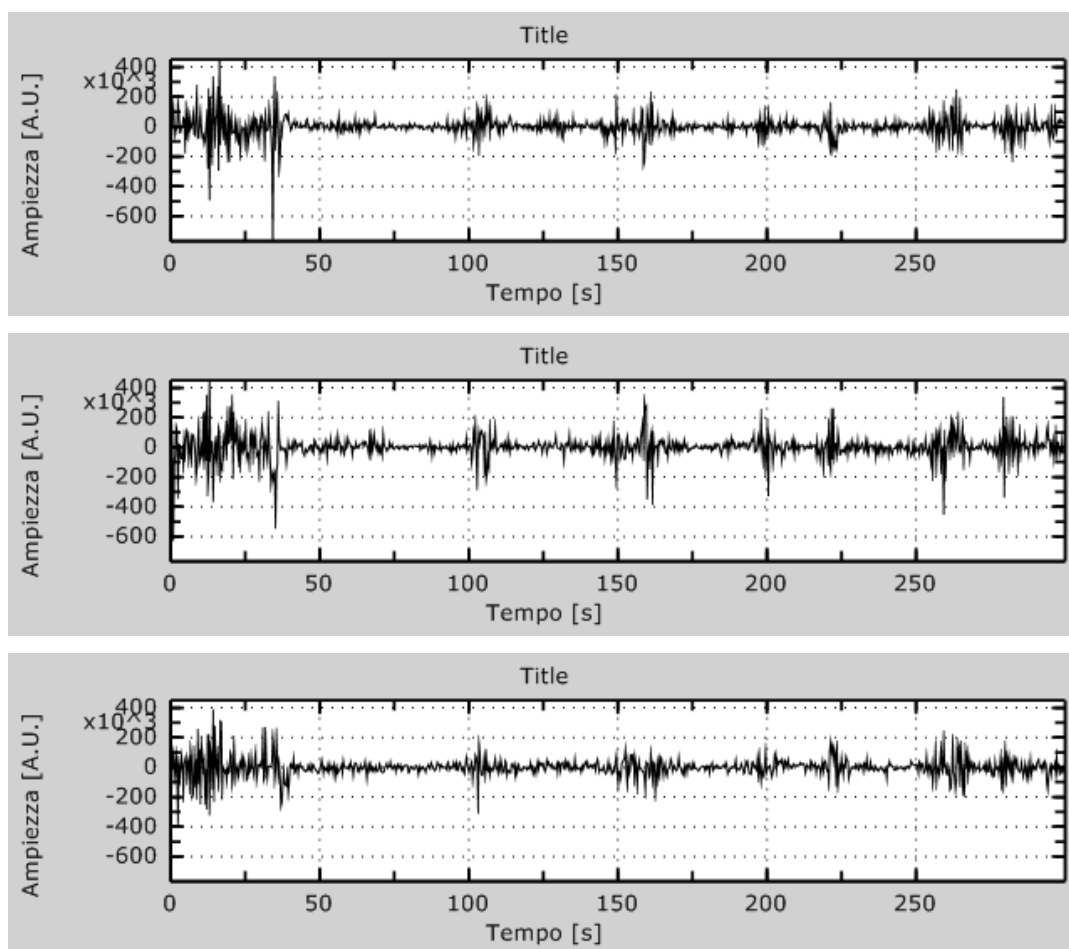


Figura. 4.1.4.I: Dati sperimentali in direzione Z (alto), N-S (centro) e E-W (basso).

Nota indicativamente la profondità di ogni livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati dai sondaggi e dai rilevamenti geologici in sito, è possibile procedere all'inversione dello spettro H/V, modellando la curva numerica in modo da ottenere la sovrapposizione con quella misurata (vedasi fig. 4.1.4.II), per poi ricavare la Vs media per ogni singolo strato.

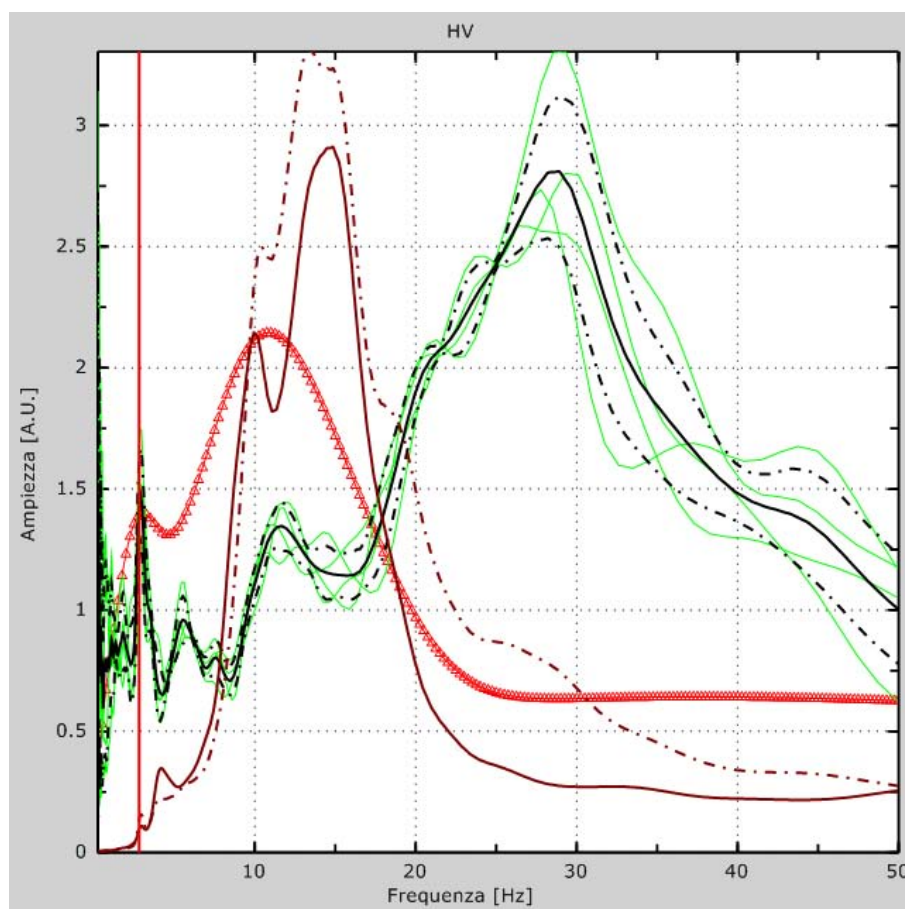


Figura 4.1.4.II: Curva HVSR; Curva H/V numerica (rosso); Curva H/V sperimentale (nero).

Finestra temporale	60 sec
Frequenza massima	50 Hz
Numero di campioni	200
Passo in frequenza	0.25 Hz

Sulla base di tali elaborazioni è ottenuto l'andamento della Vs al variare della profondità (vedasi Grafico in allegato 1).

In conclusione, la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri è definita come:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_i}}$$

Analisi delle risultanze

I terreni in oggetto, nel punto di prova, saranno soggetti ad amplificazioni dovuti ad una particolare frequenza di risonanza del terreno in caso di sisma.

Le frequenze in oggetto che potrebbero provocare particolari problemi “accoppiamenti di risonanza” fra strutture e terreno sono state individuate a **2,85 Hz \pm 0,1 Hz**.

La velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri è risultata pari a circa **280 m/s** (*vedasi “grafico della velocità delle onde di taglio” in allegato 2*).

Quindi in base all’attuale normativa il sito d’interesse presenta un suolo di fondazione di tipo “**C**”, indice della presenza di depositi alluvionali con sufficienti proprietà fisico-meccaniche d’insieme.

4.2 – Prove penetrometriche dinamiche

Al fine di ottenere utili informazione tecniche destinate al corretto dimensionamento delle opere di fondazione, in ottemperanza alla normativa tecnica vigente, si è proceduto alla verifica delle reali caratteristiche litostratigrafiche e geomeccaniche dei terreni costituenti il sottosuolo dell'area in esame attraverso l'analisi di due prove penetrometriche dinamiche "medie" ubicate come da planimetria su base ortofoto in fig. 5.0.I.

L'attrezzatura usata consiste in un penetrometro D.P.M., le cui caratteristiche standard sono:

• peso massa battente	M (Kg)	30
• altezza di caduta	H (m)	0.20
• punta conica da 10 cmq diametro	Dp (mm)	35.7
• angolo apertura punta	β (°)	60
• passo infissione	δ (m)	0.10
• diametro aste da 1m di lunghezza	Da (mm)	20

Il numero di colpi (Nc) rilevato ogni 10 cm di infissione delle aste è perfettamente equiparabile al numero di colpi rilevabile ogni 30 cm di avanzamento nel corso di una prova con equipaggiamento standard SCPT o SPT. I sondaggi penetrometrici dinamici consistono nell'infissione nel terreno di un'asta dotata di una apposita punta conica e nella registrazione dei colpi necessari ad ottenere una penetrazione di 10 cm.

Le prove hanno evidenziato una discreta omogeneità litostratigrafica costituita da un orizzonte superficiale argillo limoso, fortemente compressibile, che ricopre depositi alluvionali maggiormente addensati (limi argillo sabbiosi e limi sabbiosi), con un aumento "progressivo" della densità fino alla massima profondità indagata di circa 5.00 metri (*vedasi diagramma in allegato 2 al presente elaborato*).

Si è rilevata la presenza d'acqua nei fori dei sondaggi penetrometrici ad una profondità di circa 1.50 m dal piano campagna (*data rilievo 28 novembre 2024*).

Sono stati così distinti, procedendo dal piano campagna verso il limite inferiore d'indagine penetrometrica, i seguenti termini litologici:

Profondità (centimetri)	Descrizione	Spessore (metri)
da P.C. a -80	A ① - Suolo vegetato	0.80
da -80 a -370	A ② - Depositi argillo limosi prevalenti	2.90
da -370	B ① - Depositi limo sabbio argillosi	--

4.3 – Stratigrafie pozzi

La stratigrafia profonda del pozzo preso a riferimento per la porzione di territorio in esame (*vedasi allegato 3 al presente elaborato*) proviene dalla “*Banca dati Geognostici del Servizio Geologico e Sismico RER*”.

La Banca Dati Geognostica è stata realizzata con l'obiettivo prioritario di disporre di informazioni geologiche di sottosuolo ai fini della preparazione delle nuove Carte Geologiche di pianura in scala 1: 50.000, che la Regione Emilia-Romagna sta realizzando su incarico del Servizio Geologico Nazionale (Progetto CARG).

I dati provengono per la maggior parte da archivi di proprietà pubblica e privata, raccolti a supporto di indagini conoscitive di varia natura.

In figura 5.0.I si riporta l'ubicazione del pozzo preso a riferimento su base ortofoto RER, scala 1: 10.000).

4.4 – Sondaggio a carotaggio continuo

La stratigrafia del sondaggio a carotaggio continuo presa a riferimento per la porzione di territorio in esame (*vedasi allegato 4 al presente elaborato*) proviene dalla “*Banca dati Geognostici dell'Ufficio Tecnico Comunale*”.

I dati sono relativi per la maggior parte da archivi di proprietà pubblica e privata, raccolti a supporto di indagini conoscitive di varia natura.

In figura 5.0.I si riporta l'ubicazione del sondaggio preso a riferimento su base ortofoto RER, scala 1: 10.000).

5.0 – DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DEL TERRENO FONDAZIONALE

L'insieme delle informazioni acquisite attraverso le indagini geognostiche e le stratigrafie, precedentemente descritte, ha permesso di definire un modello stratigrafico del terreno sub-superficiale, caratterizzato dalla presenza di tre livelli principali (in ordine crescente di profondità dal piano campagna: A0, A1 e B1), suddivisi in funzione della granulometria e del diverso grado di addensamento.

Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche litologiche e dello stato di addensamento dei livelli individuati (ovviamente tali dati andranno aggiornati in funzione di quanto emergerà dalle successive fasi di scavo):

LIVELLO A0 Suolo vegetato, dello spessore presunto pari a circa 80 cm., a tessitura argillosa o argillosa-limosa e comunque prevalentemente coesiva; profondità da verificare puntualmente durante gli “scavi fondazionali”.

LIVELLO A1 Il livello, soggiacente ad una profondità massima presunta pari a 3.70, è costituito da argille limose prevalenti;

Comportamento geotecnico: coesivo;

Il numero di colpi alla punta, derivanti dalle prove penetrometriche dinamiche, si attestano in un range significativo pari a 2÷4 Nc.

Classificazione AGI: poco consistente.

LIVELLO B1 Il livello basale è costituito da depositi limo sabbio argillosi passanti a sabbio limosi.

Comportamento geotecnico: intermedio;

Il numero di colpi alla punta, derivanti dalle prove penetrometriche dinamiche, si attestano in un range significativo compreso tra 5÷10 Nc.

Classificazione AGI: da poco a moderatamente addensato.



6.0 – CARATTERIZZAZIONE DELLE UNITA' LITOTECNICHE INDIVIDUATE

Sulla scorta delle informazioni acquisite tramite le indagini in situ si è proceduto ad una caratterizzazione geomeccanica dei terreni siti in corrispondenza dell'area oggetto di analisi geognostica. La definizione dalle indagini in situ dei parametri "geotecnici" è basata su rapporti empirici che utilizzano i valori N_{spt} e N_{spt} per le prove penetrometriche dinamiche medie e pesanti. Allo scopo di ottenere una parametrizzazione litotecnica attendibile si è proceduto ad un'elaborazione statistica dei dati numerici dedotti delle prove penetrometriche maggiormente significative, ottenendo una serie di valori medi riassunti nella seguente tabella 6.0.I. Inoltre, ai fini dell'affidabilità, per il calcolo dei singoli parametri associati a ciascuno dei livelli stratigrafici individuati, i risultati sono stati correlati con quelli derivanti dalle analisi di laboratorio effettuate su terreni simili a quelli presenti in loco.

UNITA' GEOTECNICHE	A0	A1	B1
Litologia prevalente	Suolo vegetato	Argille limose	Limi sabbiosi
Spessore rilevato (m)	~0.80	~2.90	≥1.30
Profondità rilevata (m)	~0.80	~3.70	≥5.00
Peso di vol. naturale (t/mc)	$\gamma_{a0} \cong 1.75$	$\gamma_{a1} \cong 1.80$	$\gamma_{b1} \cong 1.85$
Peso di vol. saturo (t/mc)	--	$\gamma'_{a1} \cong 2.05$	$\gamma'_{b1} \cong 2.05$
Classificazione AGI	privo di consistenza	poco consistente	poco addensato
Modulo Edometrico (Kg/cm ²)	Med $\cong 33$ Kg/cm ²	Med $\cong 48$ Kg/cm ²	--
Coesione non drenata (Kg/cm ²)	$C_u \cong 0,25$ Kg/cm ²	$C_u \cong 0,40$ Kg/cm ²	--
Coesione drenata (Kg/cm ²)	--	--	--
Densità relativa (%)	--	--	$D_r \cong 25$
Angolo di attrito interno (°)	$\varphi' \cong 19^\circ$	$\varphi' \cong 22^\circ$	$\varphi \cong 27^\circ$
Modulo di Young (Kg/cm ²)	$E_y \cong 30$	$E_y \cong 45$	$E \cong 70$
Modulo di Winkler (Kg/cm ²)	$K_o \cong 0.60$	$K_o \cong 1.00$	$K_o \cong 1.25$
Coefficiente di Poisson	--	0.40	0,34
Coefficiente di permeabilità (cm/s) (valore presunto)	$K \cong 1 \times 10^{-6} \div 1 \times 10^{-6}$		$K \cong 1 \times 10^{-3}$

6.0.I – tabella parametri geotecnici

Non avendo avuto disposizioni dal tecnico progettista di eseguire prove geotecniche di laboratorio (su campioni indisturbati di terreno prelevati da sondaggi a carotaggio continuo), le suddette correlazioni hanno ovviamente validità orientativa ed andranno verificate in corso d'opera.

**Occorre precisare infine che i valori dell'angolo di attrito e del modulo di Winkler dello strato sub-superficiale prettamente coesivo (A1), essendo stati determinati unicamente attraverso correlazione di carattere bibliografico, risultano puramente indicativi.*

Principali correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con $N_{spt} < 8$, argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). C_u min-max.
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensibilità > 5 , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche" di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, (C_u - N_{spt} -grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con $N_c=20$ e $Q_c/N_{spt}=2$.
- Schmertmann 1975 C_u (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago). Coesione non drenata C_u (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità.
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982, valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ($IP < 20$) - da esperienze su argille glaciali.
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - M_o (Eed) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ($N_{spt} < 30$) medie e molli ($N_{spt} < 4$) e argille sabbiose ($N_{spt}=6-12$).

Modulo Di Young (E_y)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa $G=2,70$ (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ($N_{spt}=0$) a 0,545 ($N_{spt}=28$)

Principali correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_o)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

7.0 - AZIONE SISMICA

7.1 - Categoria di suolo fondazionale

Per la definizione complessiva dell'azione sismica di progetto si deve considerare, oltre che la zonazione sismica, anche la tipologia del terreno di fondazione. L'importanza della determinazione della funzione spettrale del sisma (Risposta Sismica locale) è dovuta al fatto che un deposito incoerente poggiante su un basamento rigido può modificare un impulso sismico determinando amplificazioni o attenuazioni di alcune delle componenti in frequenza in esso contenute.

Il contributo della Pericolosità al Rischio per una struttura sottoposta ad uno stress sismico dipende infatti dall'intensità del terremoto che la colpisce, ma anche, e forse principalmente, dalle caratteristiche delle componenti a varie frequenze contenute nel segnale sismico, in particolare quello relativo alle onde S.

Queste a loro volta possono subire amplificazioni differenziali che dipendono dalle caratteristiche meccaniche e geometriche del materiale che costituisce il sottosuolo del terreno di fondazione.

E' quindi necessaria, per valutare le modifiche dell'impulso sismico provocate dal terreno, una parametrizzazione geometrica, geolitologica e geosismica, del sottosuolo dell'area interessata ad una costruzione, che consenta una valutazione corretta della Pericolosità sismica del sito di costruzione.

Gli impulsi sismici provenienti da una sorgente distante varie decine di chilometri che giungono ad un basamento ricoperto da terreni sciolti posto nel sottosuolo di siti distanti fra loro solo qualche centinaio o migliaio di metri sono praticamente identici. Essi si sono attenuati rispetto alla sorgente d'origine in dipendenza della distanza dalla sorgente stessa e, quindi, del percorso, che, comunque, è per tutti praticamente identico. Gli impulsi sismici registrati in superficie nei detti siti, invece, possono differire sostanzialmente a causa delle possibili diverse caratteristiche geosismiche dei depositi incoerenti che il raggio sismico attraversa nel suo ultimo tratto e che, come detto precedentemente, "modulano" in ampiezza e frequenza gli impulsi sismici.

Questo effetto, il cui spettro di ampiezza è detto Fattore di Amplificazione Dinamica (FAD), dipende dalle proprietà fisiche (densità, contenuto d'acqua, ecc...), dai parametri dinamici (Modulo di Taglio, G_{din} ; Coefficiente di smorzamento, D), caratteristici della particolare litologia dei depositi incoerenti e dalla loro geometria (spessore, profondità).

La Fase di indagini relative ai progetti esecutivi è quindi rivolta essenzialmente alla determinazione della Risposta Sismica di Sito in corrispondenza di una struttura edilizia esistente o in fieri e lo studio dovrà prevedere, in particolare, indagini di prospezioni geofisiche tese a determinare le caratteristiche sismiche del sottosuolo ed al fine di valutare l'eventualità di possibili fenomeni di amplificazione locale dell'intensità sismica, quale era stata prevista, in generale, dalle precedenti indagini di Microzonazione Sismica per lo Strumento Urbanistico Generale.

Le indagini da effettuarsi sono, quindi, prevalentemente finalizzate alla determinazione della giacitura e potenza degli strati nei siti scelti, fino ad una profondità di 30 m dal piano di posa delle fondazioni, ed alla caratterizzazione sismica dei terreni presenti, intesa come determinazione in particolare della Velocità delle onde sismiche trasversali V_s dei singoli sismostrati, con calcolo della media pesata per i primi 30 metri (V_{s30}) ed attribuzione alla categoria di suolo di cui alla OPCM n.3274/03 con la verifica della significatività, in senso orizzontale, di tale attribuzione.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione. Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s.eq}$ è definita dal parametro $V_{s.30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II.

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

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

La velocità media V_{s30} è definita dall'espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

h_i = spessore (m.) della i -esima formazione o strato compreso nei primi 30 m di profondità;

V_i = velocità delle onde di taglio nella stessa formazione o strato;

n = numero di formazioni o strati compresi nei primi 30 m di profondità.

Per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_s e C_c valgono 1. Per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D** ed **E** i coefficienti S_s e C_c possono essere calcolati, in funzione dei valori di F_0 e T_c relativi al sottosuolo di categoria **A**, mediante le espressioni fornite nella Tab. 3.2.IV, nelle quali $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ è l'accelerazione di gravità e T_c è espresso in secondi.

Tab. 3.2.IV – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,30}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Quindi, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato al capo 7.11.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018.

In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (vedasi Tabella 3.2.II).

In conclusione, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi, come indicato al capo 7.11.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018.

Da ricerche di carattere bibliografico il suolo di fondazione risulta costituito da depositi alluvionali di età olocenica.

La velocità di propagazione delle onde di taglio nei primi trenta metri del sottosuolo, alla luce dei dati ricavati dalle indagini in sito, delle quali si riportano le risultanze in allegato 2 al presente elaborato (rif. parag. 6.0. "Prospezioni sismiche con metodologia HVSR"), risulta pari a circa $V_{s30} \cong 290 \text{ m/s}$.

Il suolo di fondazione dell'area oggetto di variante è pertanto ascrivibile alla **categoria di sottosuolo tipo C**. Quindi il coefficiente di amplificazione stratigrafica **S_s** risulta pari a **1.50**.

7.2 – Fattori di amplificazione topografica

Con riferimento alla *Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018*, per la determinazione dell'azione di progetto dovranno essere definiti i fattori di amplificazione topografica dell'azione sismica. Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III delle sopraccitate norme tecniche):

Tab. 3.2.III – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le sopra esposte 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 metri.

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella Tab. 3.2.V delle sopraccitate norme tecniche, in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	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 S_T assume valore unitario.

L'area oggetto di analisi geognostica si presenta a morfologia sub-pianeggiante con pendenze impercettibili verso Nord, Nord-Est.

Quindi, per quanto concerne la “*determinazione dell'azione di progetto*”, si dovrà fare specifico riferimento alla categoria topografica **T1**, nella quale il coefficiente **S_T** è pari a **1,00**.

7.3 – Liquefazione dei terreni

Le norme per la verifica alla liquefazione dei terreni sono esplicitate nell'Euro Codice 8 "UNI-ENV 1998-5- 1998" al p.to 4.1.3 "*terreni potenzialmente liquefacibili*".

Per liquefazione si intende il fenomeno in base al quale un terreno incoerente (sabbia) di particolari caratteristiche, durante una sollecitazione sismica tende a comportarsi come un fluido, vale a dire perde la resistenza al taglio e può colare anche su pendenze molto modeste.

Il fenomeno dipende dal tipo di sedimenti, dal loro grado di compattazione, dalle pressioni iniziali agenti e soprattutto dal livello della falda acquifera (condizioni di saturazione).

I terreni maggiormente colpiti dalla liquefazione sono le pianure alluvionali, le spiagge, i terrazzi e i depositi di estuario (Youd & Hoose, 1977-tesi).

In Italia, malgrado l'elevata pericolosità sismica, il fenomeno è molto limitato; ciò può essere dovuto al fatto che le aree più sismiche sono prevalentemente montuose, mentre i terreni potenzialmente liquefacibili sono situati nella Pianura Padana o lungo le coste.

Come vedremo in seguito, in riferimento ai parametri litostratigrafici-idrogeologici che caratterizzano l'area oggetto d'intervento, alla categoria sismica del territorio comunale e considerando le massime intensità microsismiche (magnitudo storica inferiore o pari a 6) osservate per un intorno significativo all'area d'intervento (rif. GNDT-ING-SSN – Servizio Sismico Nazionale), **non sussistono le condizioni perché si verifichino fenomeni di liquefazione** [rif. Metodo di Seed e Idriss modificato da Tokimatsu & Yoshimi (1983) e semplificato da GNDT-CNR].

Il metodo di Seed e Idriss è il più noto e utilizzato dei metodi semplificati e richiede solo la conoscenza di pochi parametri geotecnici: la granulometria, il numero dei colpi nella prova SPT, la densità relativa, il peso di volume.

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo r_d viene utilizzata la formula empirica proposta da Iwasaki et al. (1978):

$$r_d = 1 - 0.015z$$

mentre per il fattore correttivo MSF si veda la Tabella 1 dove viene riportato il valore di questo fattore ottenuto da vari ricercatori, tra cui Seed H. B. e Idriss I. M (1982).

Tabella 1 - Magnitudo Scaling Factor

Magnitudo	Seed H. B. & Idriss I. M. (1982)
5.5	1.43
6.0	1.32
6.5	1.19
7.0	1.08
7.5	1.00
8.0	0.94
8.5	0.89

La resistenza alla liquefazione CRR, viene calcolata in funzione della magnitudo, del numero di colpi, della pressione verticale effettiva, della densità relativa.

Si ottiene un grafico (Fig. 1) ottenuto selezionando i casi di terreni in cui si è avuta liquefazione e non liquefazione durante i terremoti.

Si calcola inizialmente il numero dei colpi corretto alla quota desiderata per tenere conto della pressione litostatica mediante la seguente espressione:

$$(N_{1.60}) = C_N \cdot N_m$$

dove:

N_m è il numero medio dei colpi nella prova penetrometrica standard SPT;

C_N è un coefficiente correttivo che si calcola mediante la seguente espressione:

$$C_N = \left(\frac{Pa}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5}$$

dove:

σ'_{v0} è la pressione verticale effettiva;

Pa la pressione atmosferica espressa nelle stesse unità di σ'_{v0} ;

n un'esponente che dipende dalla densità relativa del terreno (Fig. 2).

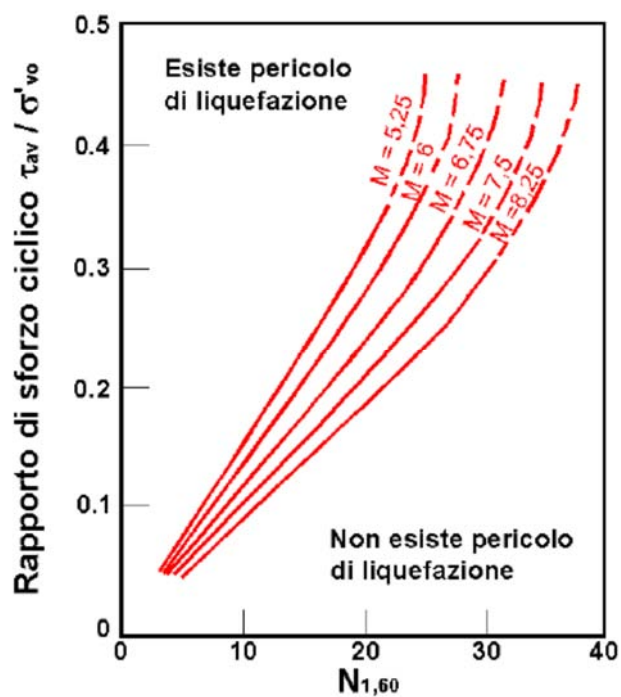


Figura 1 – Correlazione fra CSR e $N_{1,60}$.

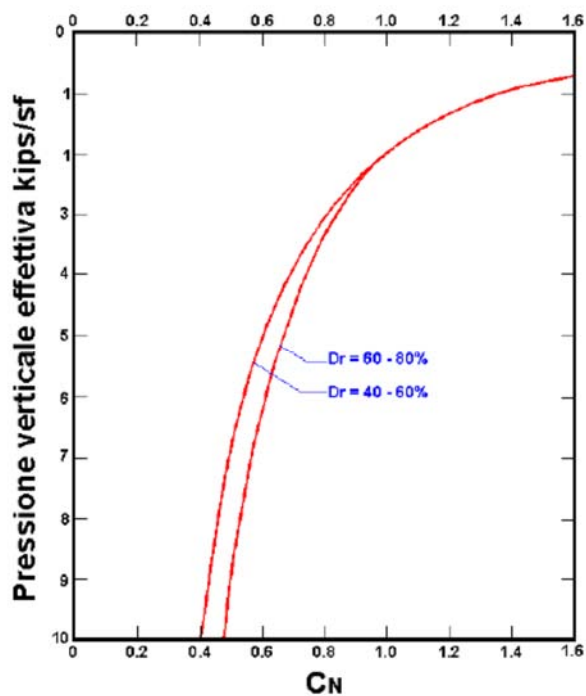


Figura 2 – Coefficiente correttivo C_N

E' stato dimostrato che per un terremoto di magnitudo pari a 7,5 CRR è:

$$CRR \approx \frac{N_{1.60}}{90}$$

Si applica quindi la:

$$F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

se $F_s > 1,25$ il deposito non è liquefacibile.

Nel caso specifico, in relazione alle condizioni idrogeologiche del territorio (profondità falda) e degli elementi geognostici in nostro possesso (parametri geotecnici e litologici del sedime fondazionale), la F_s è risultata sempre superiore a 1,50.

10.4 – Modello sismico del sito

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

La pericolosità sismica è intesa come accelerazione massima orizzontale a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s), con superficie topografica orizzontale (di categoria di sottosuolo A; NTC, § 3.2.2), ma è definita anche in termini di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR, come definite nelle NTC nel periodo di riferimento VR.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

La stima dei parametri spettrali necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto viene effettuata calcolandoli direttamente per il sito in esame, utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (v. tabella 1 nell'Allegato B del D.M. 14 gennaio 2008).

Le forme spettrali vengono definite, per ciascuna delle probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR, partendo dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T^*C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Parametri sismici

Sito in esame.

latitudine: 45,050 [°]

longitudine: 9,852 [°]

(Le coordinate geografiche "*mediane*" espresse in questo file sono in ED50)

Classe d'uso: I. I. Presenza occasionale di persone, edifici agricoli....

Vita nominale: 50 [anni]

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 14267	Lat: 45,0285	Lon: 9,8139	Distanza: 3899,707
Sito 2	ID: 14268	Lat: 45,0306	Lon: 9,8846	Distanza: 3319,076
Sito 3	ID: 14046	Lat: 45,0806	Lon: 9,8816	Distanza: 4057,133
Sito 4	ID: 14045	Lat: 45,0785	Lon: 9,8109	Distanza: 4539,049

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C
Categoria topografica: T1
Periodo di riferimento: 35anni
Coefficiente cu: 0,7

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %
Tr: 30 [anni]
ag: 0,033 g
Fo: 2,541
Tc*: 0,209 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %
Tr: 35 [anni]
ag: 0,035 g
Fo: 2,550
Tc*: 0,216 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 332 [anni]
ag: 0,080 g
Fo: 2,561
Tc*: 0,288 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 682 [anni]
ag: 0,103 g
Fo: 2,553
Tc*: 0,298 [s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii

SLO:

Ss: 1,500
Cc: 1,760
St: 1,000
Kh: 0,010
Kv: 0,005
Amax: 0,490
Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,500
Cc: 1,740
St: 1,000
Kh: 0,011
Kv: 0,005
Amax: 0,519
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,500
Cc: 1,580
St: 1,000
Kh: 0,024
Kv: 0,012
Amax: 1,184
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,500
Cc: 1,570
St: 1,000
Kh: 0,037
Kv: 0,019
Amax: 1,512
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50
Geostru

Coordinate WGS84

latitudine: 45.049373

longitudine: 9.851761



7.0 – SINTESI FINALE E PRESCRIZIONI DI CARATTERE GEOLOGICO

L'indagine si è resa necessaria in quanto sull'area in studio, sita in Comune di Caorso (vedasi fig. 2.0.I - *"Inquadramento corografico"*), è in previsione la formazione di un impianto fotovoltaico a terra.

La zona ricade nella fascia di tutela fluviale C1 *"Area di inondazione per piene catastrofiche - Extrarginale o protetta da infrastrutture lineari"*, prevista dalla pianificazione provinciale e comunale (vedasi fig. 3.3.I - *estratto cartografico da P.S.C., in adeguamento al P.T.C.P.*), risultando normata dall'art. G delle Norme Tecniche di Attuazione del piano comunale.

Si precisa che le norme vigenti ammettono, nella fascia C1, tutte le attività compatibili con un razionale uso del suolo.

Gli interventi in progetto risultano quindi pienamente compatibile con tali limitazioni, in quanto non comporteranno "significative" alterazioni dell'equilibrio idrogeologico delle acque superficiali e sotterranee o modificazioni dei caratteri geomorfologici del territorio.

Per quanto concerne le caratteristiche litostratigrafiche del sottosuolo, i risultati delle prove geognostiche approntate in sito e delle indagini pregresse prese in esame, evidenziano una discreta omogeneità sull'intera porzione di territorio in esame.

Tuttavia, date le dimensioni dell'area si suggerisce l'approntamento di almeno due nuove prove penetrometriche per una più esaustiva caratterizzazione e modellazione geognostica del sito.

Nello specifico è stato rilevato, al di sotto del suolo vegetato (livello denominato A0), uno strato sub-superficiale argillo limoso prevalente (A1) che presenta una profondità di base pari circa 3.70 metri dall'attuale piano campagna; il livello basale denominato B1 è costituito da litotipi limo sabbiosi prevalenti, in graduale transizione con le argille limose della copertura superficiale.

La consistenza del suolo vegetato (A0) è molto modesta e inidonea a tollerare carichi di fondazione. La consistenza dell'orizzonte sub-superficiale (A1) è modesta e di norma inidonea a tollerare "ingenti" carichi di fondazione con adeguato coefficiente di sicurezza (costruzioni di rilevante entità), in quanto il cedimento può raggiungere valori significativi e differiti nel tempo (orizzonte prevalentemente coesivo ad elevata compressibilità). Il sottostante orizzonte limo sabbioso (B1), a comportamento meccanico intermedio, presenta una consistenza relativamente più elevata.

Nell'area in studio la profondità della prima falda freatica rispetto al p.c., dedotta da indagini di carattere prettamente bibliografico e dalle prove in sito, varia da un minimo presunto prossimo 1,00 metri ad un massimo di circa 2.50 metri.

Tutto ciò premesso, pur esprimendo un **Parere Geologico positivo** alla realizzazione di un nuovo impianto fotovoltaico a terra, si raccomanda di impostare le fondazioni dei pannelli ad una *profondità >1.00 m, previo verifica risultanze dirette durante la fase operativa.*

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Ripresa fotografica dell'area a Nord dell'autostrada



Ripresa fotografica dell'area a Nord dell'autostrada

Piacenza: Dicembre 2024

IL GEOLOGO

Dott. Nicola Cavanna

Provincia di Piacenza

Comune di Caorso

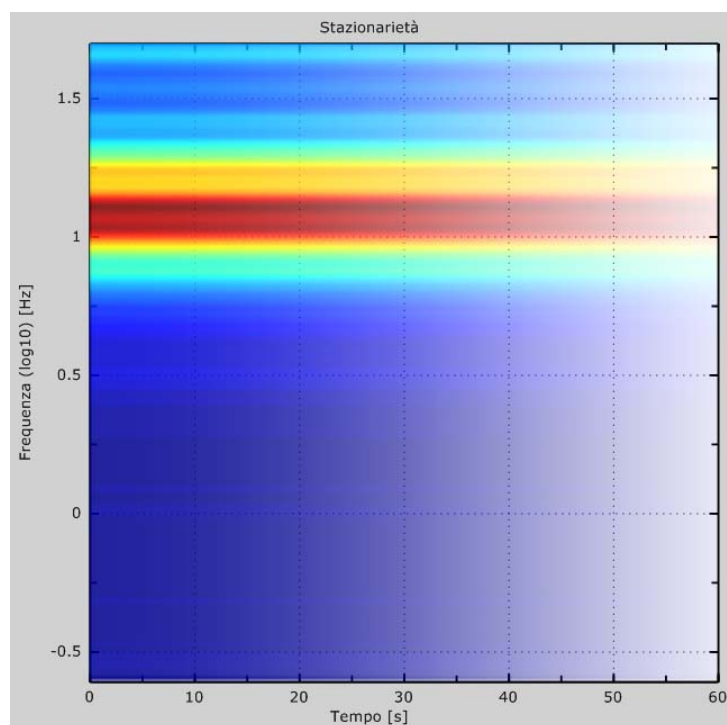
ALLEGATO 1

PROSPEZIONE SISMICA (HVSR)

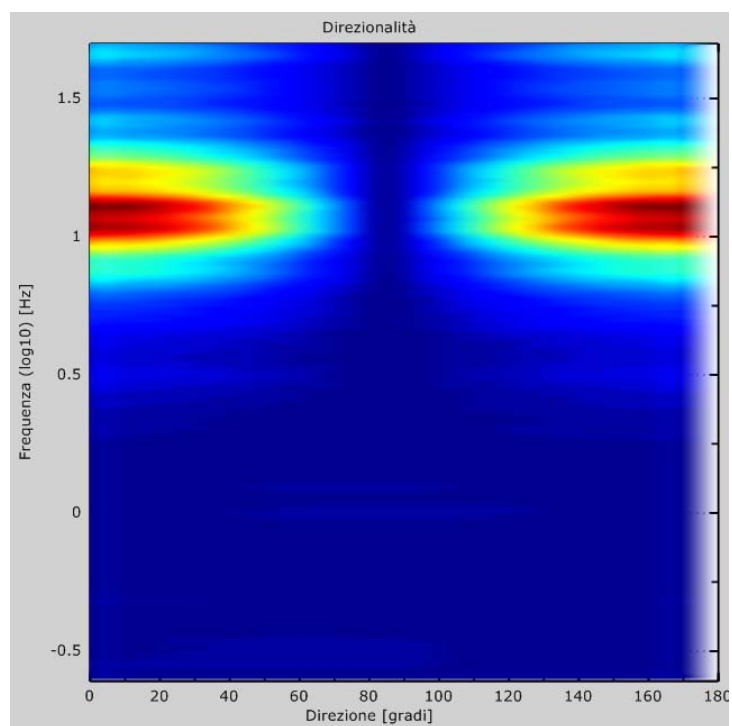


4 pagine

HVSr 01



Stazionarietà



Direzionalità

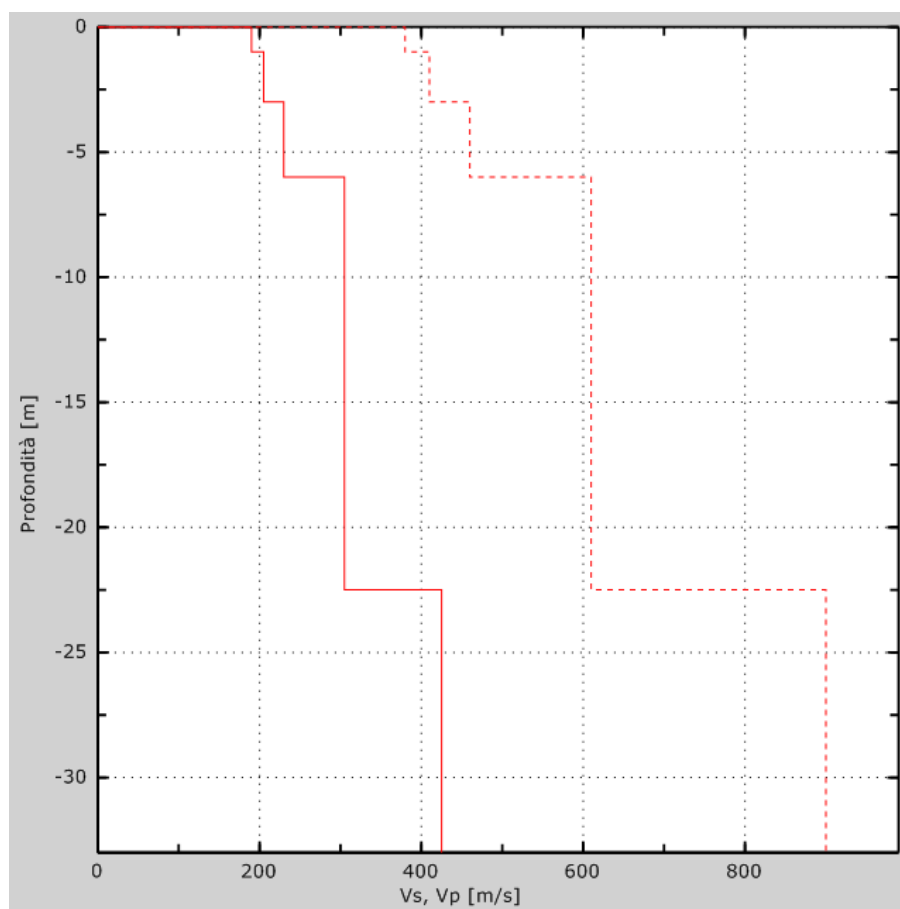
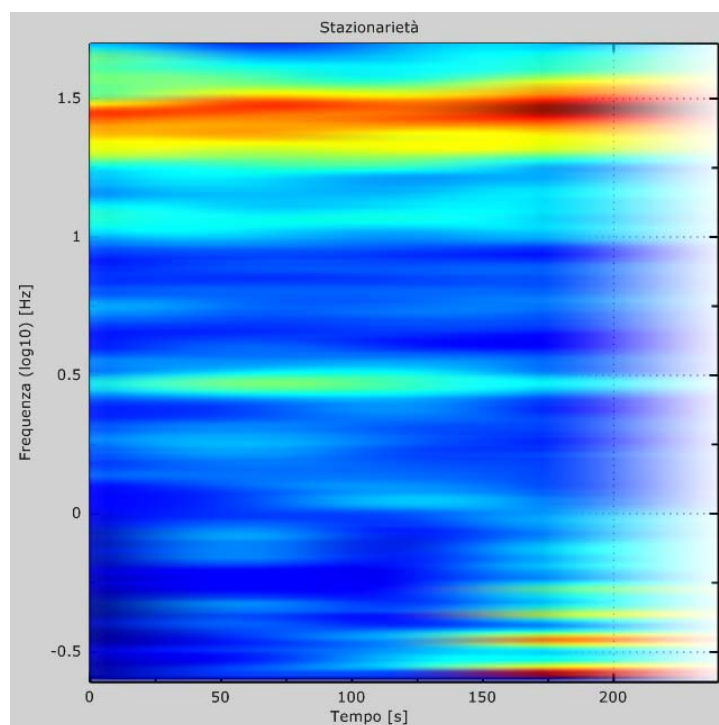


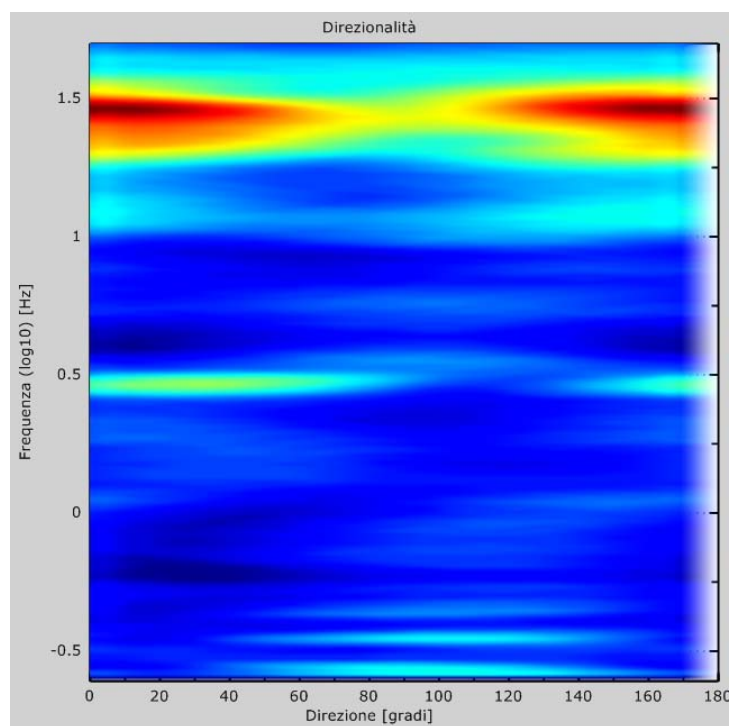
Grafico della velocità delle onde di taglio nell'area indagata

Vs30 [m/s]	~295
Tipo di suolo	C
Normativa applicata	Decreto Ministeriale del 17-01-2018

HVSr 02



Stazionarietà



Direzionalità

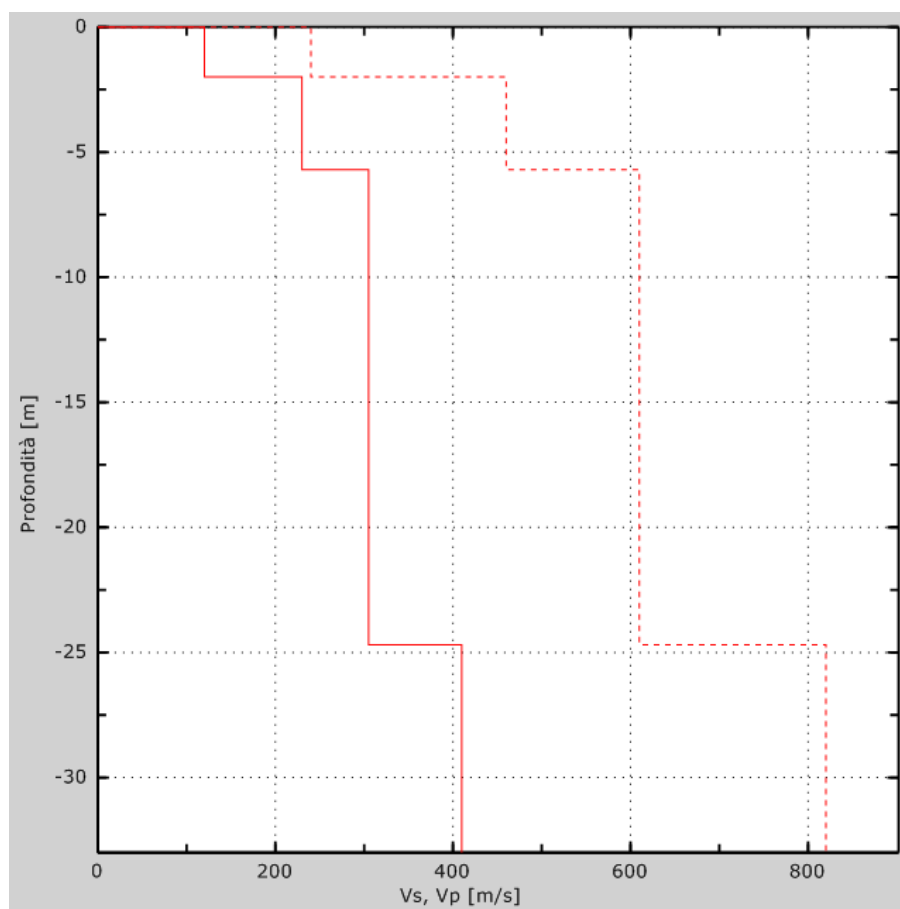


Grafico della velocità delle onde di taglio nell'area indagata

Vs30 [m/s]	~280
Tipo di suolo	C
Normativa applicata	Decreto Ministeriale del 17-01-2018

Provincia di Piacenza

Comune di Caorso

ALLEGATO 2

CERTIFICATI PENETROMETRICI (DPM)



4 pagine

PROVA ... Nr.1

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda rilevata

DMP 3020 PAGANI
 28/11/2024
 5,00 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm²)	Res. dinamica (Kg/cm²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm²)
0,10	3	0,857	9,71	11,33	0,49	0,57
0,20	2	0,855	6,46	7,56	0,32	0,38
0,30	2	0,853	6,44	7,56	0,32	0,38
0,40	2	0,851	6,43	7,56	0,32	0,38
0,50	3	0,849	9,62	11,33	0,48	0,57
0,60	3	0,847	9,60	11,33	0,48	0,57
0,70	2	0,845	6,39	7,56	0,32	0,38
0,80	1	0,843	3,19	3,78	0,16	0,19
0,90	2	0,842	6,05	7,19	0,30	0,36
1,00	2	0,840	6,04	7,19	0,30	0,36
1,10	2	0,838	6,03	7,19	0,30	0,36
1,20	2	0,836	6,02	7,19	0,30	0,36
1,30	2	0,835	6,00	7,19	0,30	0,36
1,40	2	0,833	5,99	7,19	0,30	0,36
1,50	2	0,831	5,98	7,19	0,30	0,36
1,60	3	0,830	8,95	10,79	0,45	0,54
1,70	2	0,828	5,96	7,19	0,30	0,36
1,80	2	0,826	5,94	7,19	0,30	0,36
1,90	2	0,825	5,66	6,86	0,28	0,34
2,00	2	0,823	5,65	6,86	0,28	0,34
2,10	2	0,822	5,64	6,86	0,28	0,34
2,20	2	0,820	5,63	6,86	0,28	0,34
2,30	4	0,819	11,24	13,73	0,56	0,69
2,40	4	0,817	11,22	13,73	0,56	0,69
2,50	3	0,816	8,40	10,30	0,42	0,51
2,60	4	0,814	11,18	13,73	0,56	0,69
2,70	4	0,813	11,16	13,73	0,56	0,69
2,80	5	0,811	13,92	17,16	0,70	0,86
2,90	4	0,810	10,63	13,13	0,53	0,66
3,00	6	0,809	15,92	19,69	0,80	0,98
3,10	5	0,807	13,25	16,41	0,66	0,82
3,20	5	0,806	13,23	16,41	0,66	0,82
3,30	4	0,805	10,56	13,13	0,53	0,66
3,40	4	0,803	10,55	13,13	0,53	0,66
3,50	4	0,802	10,53	13,13	0,53	0,66
3,60	7	0,801	18,40	22,97	0,92	1,15
3,70	9	0,800	23,62	29,54	1,18	1,48
3,80	10	0,798	26,20	32,82	1,31	1,64
3,90	10	0,797	25,07	31,44	1,25	1,57
4,00	11	0,796	27,53	34,59	1,38	1,73
4,10	11	0,795	27,49	34,59	1,37	1,73
4,20	11	0,794	27,45	34,59	1,37	1,73
4,30	11	0,793	27,41	34,59	1,37	1,73
4,40	12	0,791	29,86	37,73	1,49	1,89
4,50	11	0,790	27,33	34,59	1,37	1,73
4,60	11	0,789	27,30	34,59	1,36	1,73
4,70	12	0,788	29,74	37,73	1,49	1,89
4,80	13	0,737	30,13	40,87	1,51	2,04
4,90	11	0,786	26,09	33,19	1,30	1,66
5,00	12	0,785	28,43	36,21	1,42	1,81

PROVA ... Nr.2

Strumento utilizzato...
 Prova eseguita in data
 Profondità prova
 Falda rilevata

DMP 3020 PAGANI
 28/11/2024
 5,00 mt

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

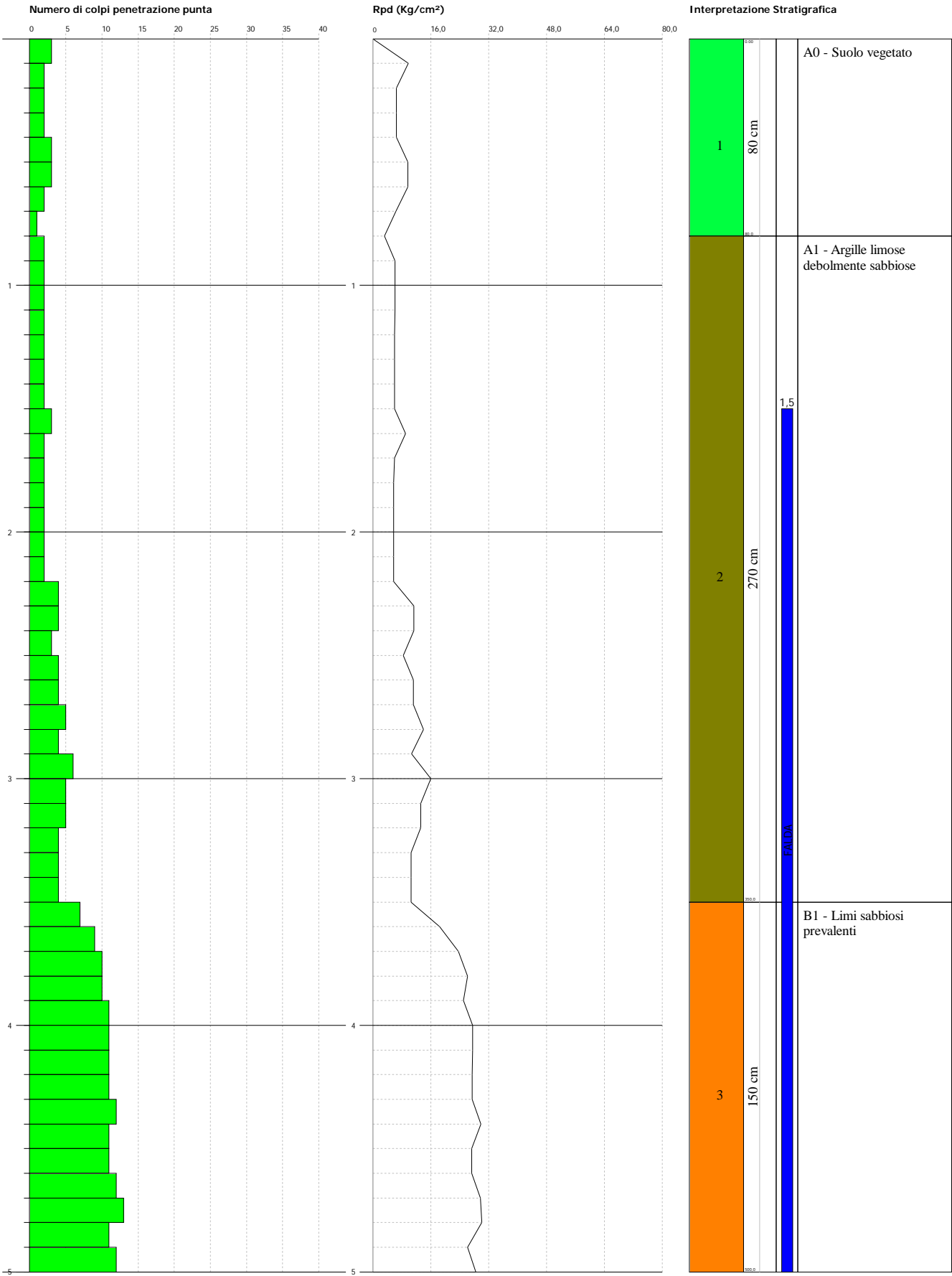
Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,10	1	0,857	3,24	3,78	0,16	0,19
0,20	2	0,855	6,46	7,56	0,32	0,38
0,30	2	0,853	6,44	7,56	0,32	0,38
0,40	2	0,851	6,43	7,56	0,32	0,38
0,50	1	0,849	3,21	3,78	0,16	0,19
0,60	3	0,847	9,60	11,33	0,48	0,57
0,70	2	0,845	6,39	7,56	0,32	0,38
0,80	1	0,843	3,19	3,78	0,16	0,19
0,90	2	0,842	6,05	7,19	0,30	0,36
1,00	3	0,840	9,06	10,79	0,45	0,54
1,10	4	0,838	12,06	14,39	0,60	0,72
1,20	3	0,836	9,02	10,79	0,45	0,54
1,30	2	0,835	6,00	7,19	0,30	0,36
1,40	3	0,833	8,99	10,79	0,45	0,54
1,50	3	0,831	8,97	10,79	0,45	0,54
1,60	3	0,830	8,95	10,79	0,45	0,54
1,70	3	0,828	8,93	10,79	0,45	0,54
1,80	2	0,826	5,94	7,19	0,30	0,36
1,90	2	0,825	5,66	6,86	0,28	0,34
2,00	2	0,823	5,65	6,86	0,28	0,34
2,10	3	0,822	8,46	10,30	0,42	0,51
2,20	2	0,820	5,63	6,86	0,28	0,34
2,30	3	0,819	8,43	10,30	0,42	0,51
2,40	2	0,817	5,61	6,86	0,28	0,34
2,50	2	0,816	5,60	6,86	0,28	0,34
2,60	3	0,814	8,38	10,30	0,42	0,51
2,70	3	0,813	8,37	10,30	0,42	0,51
2,80	4	0,811	11,14	13,73	0,56	0,69
2,90	3	0,810	7,97	9,85	0,40	0,49
3,00	4	0,809	10,62	13,13	0,53	0,66
3,10	3	0,807	7,95	9,85	0,40	0,49
3,20	4	0,806	10,58	13,13	0,53	0,66
3,30	4	0,805	10,56	13,13	0,53	0,66
3,40	3	0,803	7,91	9,85	0,40	0,49
3,50	4	0,802	10,53	13,13	0,53	0,66
3,60	4	0,801	10,51	13,13	0,53	0,66
3,70	3	0,800	7,87	9,85	0,39	0,49
3,80	5	0,798	13,10	16,41	0,66	0,82
3,90	5	0,797	12,53	15,72	0,63	0,79
4,00	5	0,796	12,51	15,72	0,63	0,79
4,10	5	0,795	12,50	15,72	0,62	0,79
4,20	6	0,794	14,97	18,86	0,75	0,94
4,30	6	0,793	14,95	18,86	0,75	0,94
4,40	6	0,791	14,93	18,86	0,75	0,94
4,50	7	0,790	17,39	22,01	0,87	1,10
4,60	8	0,789	19,85	25,15	0,99	1,26
4,70	7	0,788	17,35	22,01	0,87	1,10
4,80	6	0,787	14,85	18,86	0,74	0,94
4,90	7	0,786	16,60	21,12	0,83	1,06
5,00	8	0,785	18,95	24,14	0,95	1,21

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: Società Land Live s.r.l.
Cantiere: Nuovo impianto fotovoltaico a terra
Località: Comune di Caorso (PC)

Data: 28/11/2024

Scala 1:22

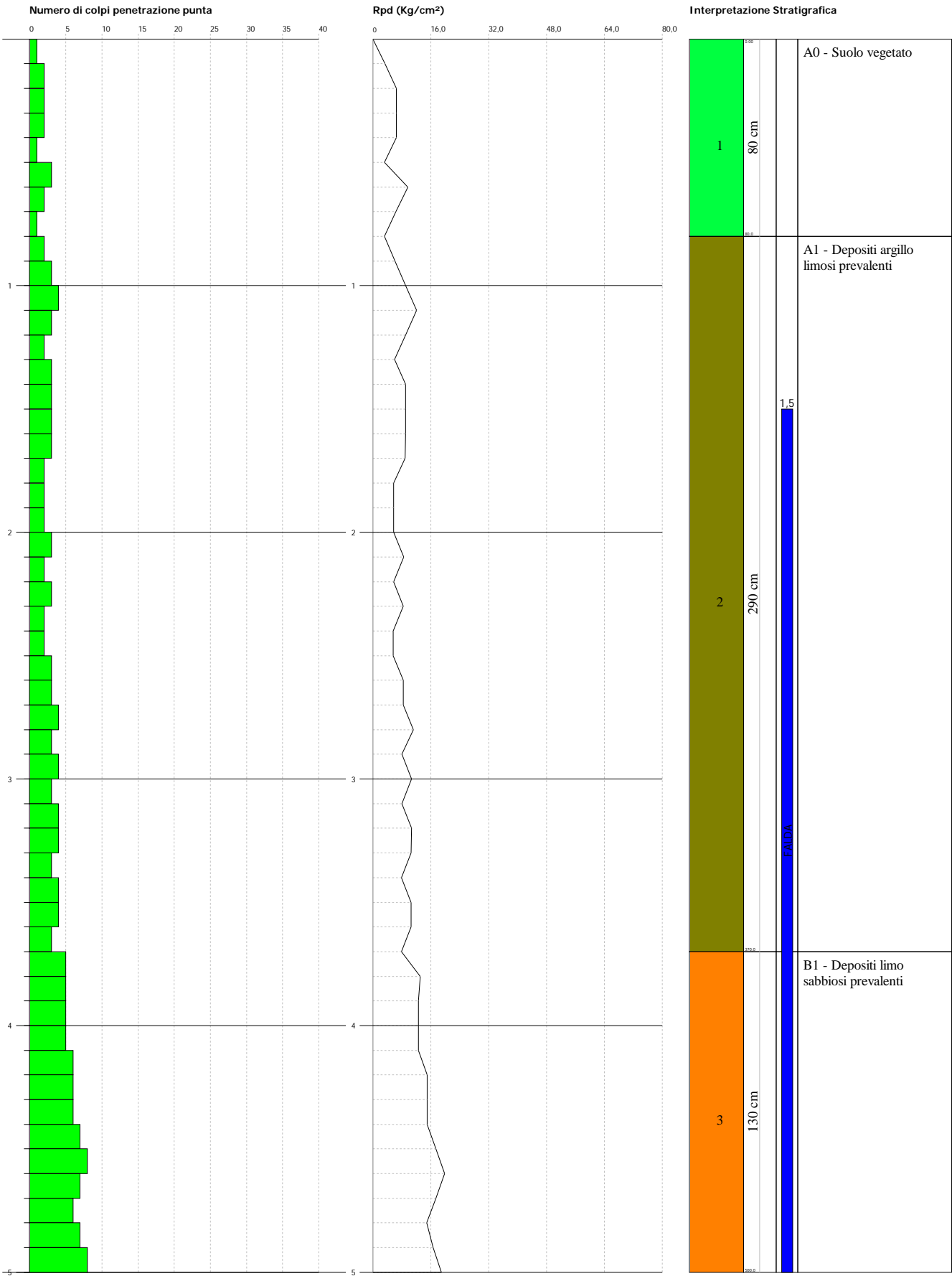


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DMP 3020 PAGANI

Committente: Società Land Live s.r.l.
Cantiere: Nuovo impianto fotovoltaico a terra
Località: Comune di Caorso (PC)

Data: 28/11/2024

Scala 1:22



*Provincia di Piacenza**Comune di Caorso*

ALLEGATO 3

CERTIFICATI STRATIGRAFICI POZZI

**1 pagina**


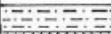

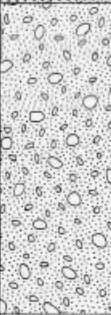
STRATIGRAFIA DEL TERRENO		Falde cattate
Indicare la natura dei terreni e le FALDE ACQUIFERE attraversati		
-da mt. <u>0</u> a mt. <u>2,5</u> <u>TERRA</u>		
-da mt. <u>2,5</u> a mt. <u>5</u> <u>ARGILLA</u>		
-da mt. <u>5</u> a mt. <u>15</u> <u>SABBIA</u>		
-da mt. <u>15</u> a mt. <u>20</u> <u>MISTO A GHIAIA</u>		
-da mt. _____ a mt. _____		
-da mt. _____ a mt. _____		
-da mt. _____ a mt. _____		
-da mt. _____ a mt. _____		

*Provincia di Piacenza**Comune di Caorso*

ALLEGATO 4

CERTIFICATI STRATIGRAFICI CAROTAGGI

**1 pagina**

Prof. (mt.)	Sondaggio 162150P408		Quota falda	
1		ARGILLA		
2				
3				
4		LIMO		
5		SABBIA		
6		GHIAIA		
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				