



CHIRON ENERGY
SPV25

Chiron Energy
SPV 25 S.r.l.
Via Bigli, 2 - 20121 Milano
P.IVA e C.F. 12456150965

CHIRON ENERGY SPV 25 S.r.l.

VIA BIGLI N. 2 - MILANO

C.F. e P.IVA 12456150965

Regione Emilia Romagna

Comune di Castel Maggiore

Città Metropolitana di Bologna

PROGETTO DEFINITIVO

Titolo:

Lotto di impianti di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica

"Castel Maggiore 1" - "Castel Maggiore 2" - "Castel Maggiore 3"

Via Stradellaccio snc

Oggetto:

RELAZIONE GEOLOGICA

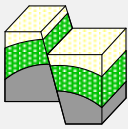
Num. Rif. Lista:

-

Codifica Elaborato:

R-GEO

Studio di progettazione:

**s.a.G.A.**
*studio associato di
geologia applicata*
via Aldo Moro 4- 12051 Alba (CN)
via Montevideo 2A int. A - 16129 Genova
Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811

Progettista:



Incarico professionale ricevuto dalla Chiron Energy Asset Management S.r.l., società facente parte del Gruppo Chiron Energy.

Cod. File:

-

Scala:

Formato:

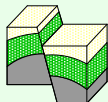
A4

Codice:

-

Rev.:

Rev.	Data	Descrizione revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
0	09/2024	prima emissione	S.A.G.A. STUDIO GEOLOGIA	M. Lano	G. Santus
1					
2					



SOMMARIO

0. UBICAZIONE DELL'INTERVENTO ED OBIETTIVI	3
<i>a) Caratteristiche generali dell'area ed interventi previsti</i>	<i>4</i>
1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	6
1.1 Situazione geologica generale	6
1.2 Situazione geomorfologica ed idrogeologica	8
2. CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO	14
2.1 Indagini in sito eseguite	14
2.2 Modello Stratigrafico del sottosuolo	16
2.3 Modello geotecnico del sottosuolo	17
2.4 Caratterizzazione sismica del sito	19
3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E INDICAZIONI PROGETTUALI	23
3.1 - Indicazioni Progettuali geologiche: Progettazione Esecutiva	23
<i>a) - Installazioni dei pannelli a terra</i>	<i>23</i>
<i>b) - Fabbricati tecnologici</i>	<i>24</i>

ALLEGATO 1

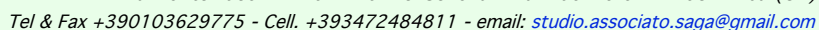
Elaborazione Prove penetrometriche

ALLEGATO 2

Indagine geofisica

ALLEGATO 3

Tavole Grafiche





Il presente rapporto costituisce la relazione riassuntiva ed esplicativa delle indagini svolte, con caratterizzazione geologica, idrogeologica e geotecnica dei terreni, base essenziale per la corretta esecuzione dei lavori d'approntamento del sito e per le scelte progettuali esecutive in merito agli interventi in progetto.

a) Caratteristiche generali dell'area ed interventi previsti

L'area interessata dal progetto si trova ad una quota s.l.m. compresa tra 28 e 25 m, nella porzione sud-orientale del territorio comunale di Castel Maggiore.

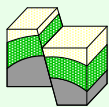
E' rappresentata da un lotto avente una superficie pari a circa 23,65 Ha, attualmente incolto e sub-pianeggiante - Figura 2.



Figura 2: Vista aerea dell'area d'interesse - Fonte Google Earth

Il progetto in esame prevede i seguenti interventi di interesse geologico - geotecnico:

- Realizzazione di impianto di produzione energia elettrica (3 lotti di produzione) con pannelli a terra sostenuti da strutture metalliche tubolari e realizzazione di cabine tecnologiche prefabbricate;



Gli interventi di cui sopra sono descritti in dettaglio all'interno degli elaborati progettuali a cura dello Studio Tecnico di Progettazione SOLUX Engineering Studio, in parte riportati nelle Tavole 1 e 2 in Allegato 3 alla presente Relazione.

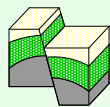
Nella Figura 3 seguente è mostrata una panoramica da E verso W dell'area d'intervento.



Figura 3: Vista da E verso W dell'area oggetto d'intervento

Considerate le condizioni geologico-stratigrafiche e geomorfologiche dell'area, la situazione morfologico-urbanistica, con particolare riferimento a dimensione e posizionamento delle opere in progetto, si è ritenuta necessaria la realizzazione ex novo di 7 prove penetrometriche dinamiche e l'esecuzione di un dettagliato rilevamento geologico nell'intorno significativo.

Per la caratterizzazione sismica del sottosuolo, è stata eseguita una prova geofisica combinata MASW-H/V.



1. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Per la caratterizzazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica dell'area sulla quale saranno realizzate le opere in progetto, si sono svolte le seguenti indagini:

- Rilevamento di dettaglio dell'area, estendendo le indagini ad un congruo intorno;
- Esame dei dati e delle pubblicazioni relative alla zona d'intervento;
- Esecuzione ex novo di 7 prove penetrometriche dinamiche medie e di prova Geofisica;

1.1 Situazione geologica generale

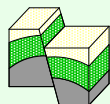
Il territorio di Castel Maggiore è situato a N rispetto alle prime fasce della *catena appenninica*; esse risultano impostate su Substrato Geologico *pliocenico* che al di sotto della zona d'intervento risulta ricoperto da uno strato di depositi alluvionali pari a circa 300 m di spessore.

Tali terreni alluvionali sono originati dall'erosione della *catena appenninica* in un ambiente oramai distale rispetto alla costa e quindi tipicamente continentale - *Sintema Emiliano Romagnolo Inferiore* (AEI); nell'area in oggetto tale Sintema è stato eroso e sostituito dai termini del *Sintema Emiliano Romagnolo Superiore* (AES) che nell'area è spesso circa 150 m, a sua volta il *Sintema AES* si divide in 8 membri.

Dal punto di vista lito-stratigrafico, l'area in oggetto è caratterizzata dalla presenza di *depositi alluvionali* appartenenti alla **Unità di Modena**, per l'appunto appartenenti al Sintema AES, i quali, nella zona d'intervento sono costituiti da limi sabbiosi, sabbie medio fini e da argille talvolta piuttosto consistenti. Non è stata registrata la presenza di ghiaie e ghiaie sabbiose sino alla profondità indagata.

Le indagini in sito mostrano una buona uniformità stratigrafica al di sotto dell'area d'intervento, nonostante la dimensioni piuttosto estese.

Nella Figura 4 alla seguente è rappresentato un estratto della Carta Geologica della Banca Dati Geologica regionale alla scala 1:25.000.



NOME	Subsintema di Ravenna
NOME_COMPLETO	Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna
TIPO	subsintema
DESCRIZIONE	Unità costituita da ghiaie sabbiose, sabbie e limi ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva; da limi, limi sabbiosi e limi argillosi, in contesti di piana inondabile; da alternanze di sabbie, limi ed argille, in contesti di piana deltizia; da sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale. Al tetto l'unità presenta spesso un suolo parzialmente decarbonatato non molto sviluppato di colore giallo-bruno
LEGENDA	AES8 - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna
ETA	Pleistocene sup. - Olocene
SIGLA_TESSITURA	SL
TESSITURA	sabbia limosa
DEPOSITO	deposito di canale, argine e rotta fluviale
SIGLA CARTA	AES8a
NOME	unità di Modena
NOME_COMPLETO	Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena
TIPO	unità
DESCRIZIONE	Unità costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose o da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva; da argille e limi, in contesti di piana inondabile; da alternanze di sabbie, limi ed argille, in contesti di piana deltizia; da sabbie prevalenti passanti ad argille e limi e localmente a sabbie ghiaiose, in contesti di piana litorale. Al tetto l'unità presenta localmente un suolo calcareo poco sviluppato di colore grigio-giallastro
LEGENDA	AES8a - Sintema emiliano-romagnolo superiore - Subsintema di Ravenna - unità di Modena
ETA	Olocene
SIGLA_TESSITURA	SL
TESSITURA	sabbia limosa
DEPOSITO	deposito di canale, argine e rotta fluviale

Figura 4: Estratto Carta Geologica scala 1:25.000 - Geoportale Regione Emilia Romagna



L'area in oggetto si trova a cavallo tra il passaggio dei due *membri* AES8 ed AES8a, facenti parte come anticipato del *Sistema Emiliano Romagnolo Superiore*.

L'esecuzione della prova MASW combinata H/V indica due primi strati di profondità complessiva poco superiore a 11 m con Vs pari a 130 e 190 m/s (che corrisponderebbe all'alternanza depositi limoso sabbiosi ed argillosi poco costipati) ed una successiva uniformità di risposta sino a circa 45 m di profondità con Vs di 265 m/s.

Nell'area in esame, le prove DPSH in sito eseguite confermano la presenza, per i primi 5-6 m, di depositi alluvionali costituiti da limi prevalentemente argillosi che sovrastano sabbie localmente ben addensate.

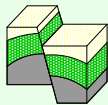
Indagini in sito svolte nell'areale circostante il sito d'intervento, visionate nella banca dati prospezioni del *Geoportale Emilia Romagna*, confermano la predominanza di termini argillosi anche a profondità più elevate (sino ad oltre 30 m), con intercalazioni di strati sabbiosi, sabbioso - limosi e la sostanziale assenza di strati significativi di ghiaie.

1.2 Situazione geomorfologica ed idrogeologica

a) Assetto geomorfologico

L'assetto geomorfologico dell'area è chiaramente influenzato dall'evoluzione quaternaria legata alle estese fasi deposizionali dei corsi d'acqua dominanti ed in particolare dall'evoluzione delle conoidi formate dai corso d'acqua principali quali il Fiume Reno.

Dal punto di vista litologico, come anticipato nel Paragrafo precedente, prevalgono i termini limoso-argillosi in relazione alle litologie dei terreni presenti nella fascia pedecollinare e del primo Appennino; nell'area in oggetto, le indagini in sito eseguite ex-novo ed i dati su indagini pregresse anche spinte a profondità superiori (30 mt) indicano l'assenza di lenti ghiaiose.



Tale aspetto si riverbera in superficie, per cui anche il terreno agrario è pressoché privo di componente lapidea, al netto di zone ove eventualmente sono stati dislocati inerti in passato.

La morfologia dell'areale è sub-pianeggiante con una leggera inclinazione da S verso N, coerentemente con la naturale pendenza molto lieve di scorrimento del reticolo idrografico.

La superficie destinata al nuovo impianto fotovoltaico presenta una sola delimitazione morfologica significativa; si tratta del rilevato dell'Autostrada A13 "Bologna - Padova", che sottende il Confine W dell'area.

Via Sammarina si sviluppa lungo i Confini S ed E, ma, sebbene in alcuni tratti è più elevata della quota di campagna dell'area, non rappresenta un ostacolo evidente come la A13. Analogo discorso per la Strada Stradellacio, che scorre lungo il Confine N e risulta significativamente più elevata verso la A13 in corrispondenza del cavalcavia.

Per il resto, l'area è tipicamente agricola con presenza di piccoli fossi di scolo interni ad andamento N-S collegati con i più grandi fossi perimetrali.

b) Rischio idraulico

L'area d'intervento si trova all'interno del Bacino del T. Navile, facente parte del più ampio bacino idrografico del Fiume Reno, normato dall'Autorità di Bacino del Reno con il relativo PAI ai sensi della L. 267/98 e s.m.i.

Nella Figura 5 alla pagina seguente è mostrato il Reticolo Idrografico principale, con in evidenza il tracciato del F. Reno, mentre nella Figura 6 è mostrata l'estensione del bacino idrografico del T. Navile nell'areale circostante la zona d'intervento.

Nell'immediato intorno del sito in oggetto, sono presenti alcuni canali consortili denominati "Diversivo Navile Savena" e "Scolo Carsè"; per ulteriori dettagli in merito si rimanda alla Relazione di Compatibilità Idraulica - Elaborato R_VCI.

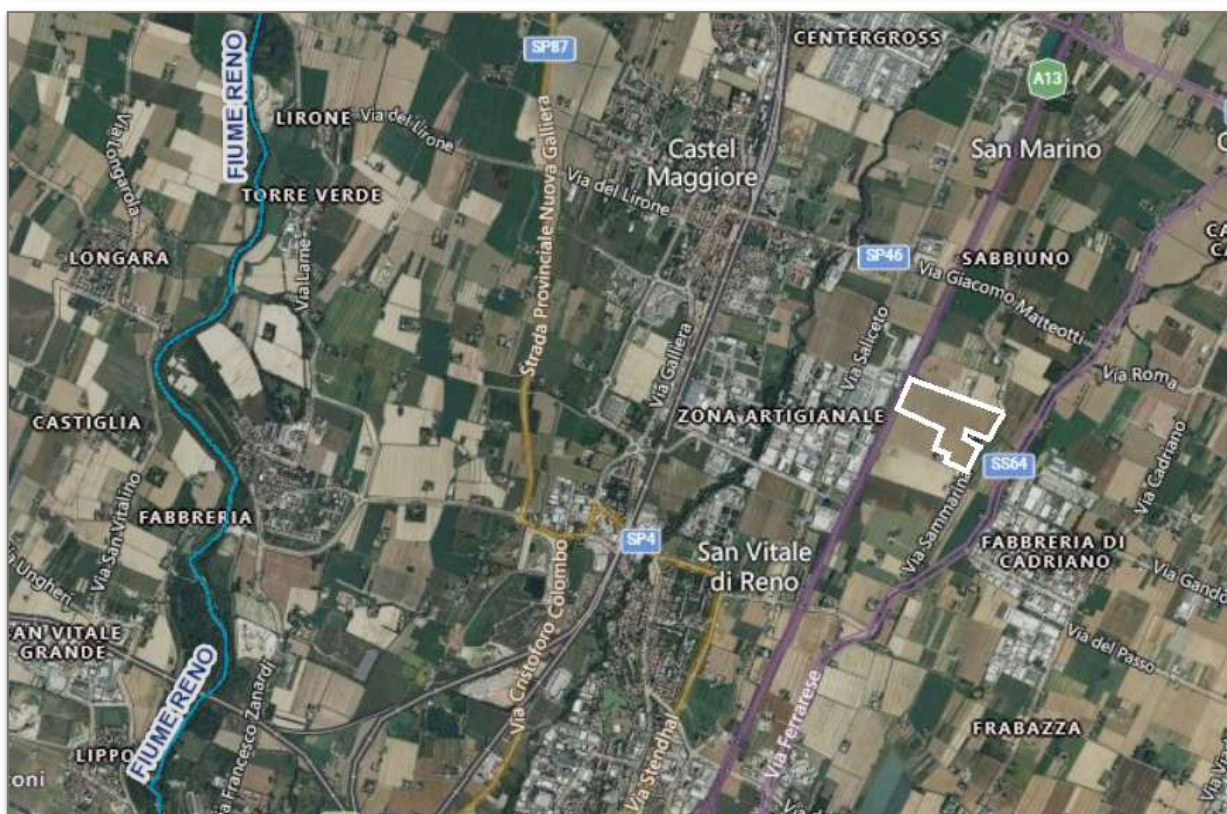
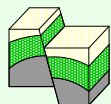


Figura 5: Bacino idrografico principale con posizione alveo Fiume Reno - Geoportale Emilia Romagna

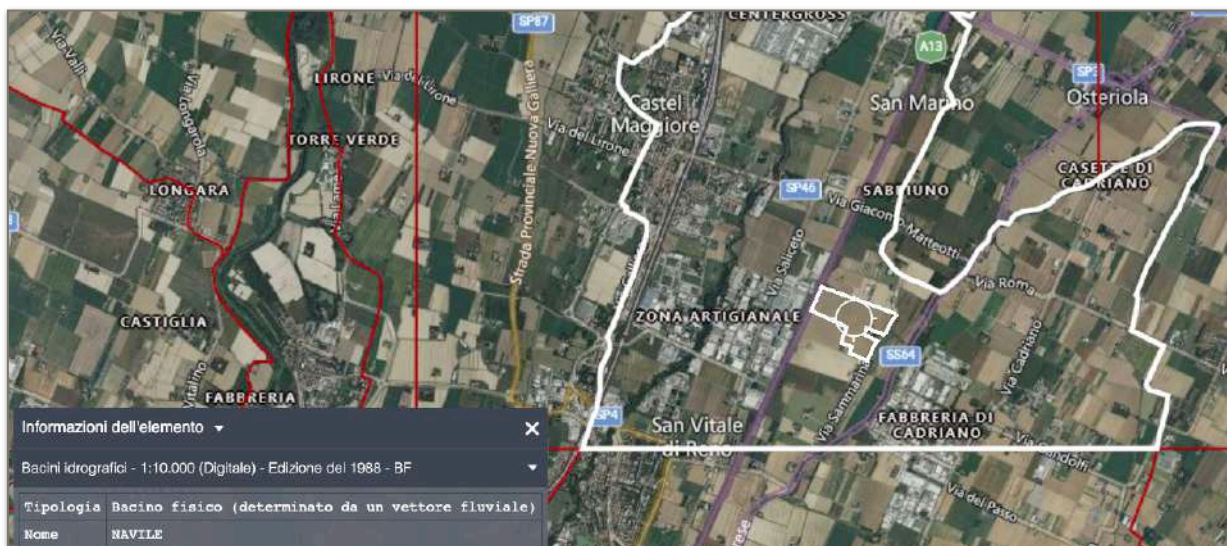


Figura 6: Corrispondenza al Bacino idrografico del T. Navile - Geoportale Emilia Romagna

Per quanto concerne il “**Rischio Idraulico**”, l’areale oggetto del PdB del F. Reno è normato dalla “**Variante di Coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) e i Piani Stralcio di Ba-**



cino”, che sostanzialmente ha adeguato gli scenari di potenziale alluvionamento previsti dal PGRA, sotto l’aspetto della cartografia e delle norme attuative.

• **Pericolosità per il reticolo idrografico principale**

Nella Figura 7 seguente è mostrato l’estratto della cartografia della Direttiva Alluvioni II Ciclo 2022 - PUOM_IT021 - Bacino del Reno per il Reticolo idrografico principale di pianura (RP); l’area in oggetto è soggetta a potenziale esondazione con “**Probabilità Poco Frequente - M - P2**” e tempo di ritorno $Tr =$ da 100 a 200 a.

Si tratta di uno scenario che indica il totale allagamento dell’area di impianto.



Figura 7: Estratto cartografia PGRA II ciclo - Reticolo Principale Pianura - servizio MOKA Regione Emilia Romagna

Tale classificazione nelle Norme Integrative della Variante di Coordinamento PGRA - PAI, corrisponde alle aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (P2).



• **Pericolosità per il reticolo idrografico secondario**

Per quanto concerne gli effetti di pericolosità del Reticolo secondario di pianura (RSP), e nella fattispecie dei canali consortili e corsi d'acqua minori, le mappe di PGRA indicano una probabilità media (M-P2), analoga a quella del Reticolo Principale, come indicato nella Figura 8 seguente.

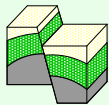


Figura 8: Estratto cartografia PGRA II ciclo - Reticolo Secondario Pianura - servizio MOKA Regione Emilia Romagna

Le Norme Integrative, all'Art. 32 citano quanto segue:

Nelle aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (P3) o poco frequenti (P2), le amministrazioni comunali, oltre a quanto stabilito dalle norme di cui ai precedenti Titoli del presente piano, nell'esercizio delle attribuzioni di propria competenza opereranno in riferimento alla strategia e ai contenuti del PGRA e, a tal fine, dovranno :

a) aggiornare i Piani di emergenza ai fini della Protezione Civile, conformemente a quanto indicato nelle linee guida nazionali e regionali, specificando lo scenario d'evento atteso e il modello d'intervento per ciò che concerne il rischio idraulico.



b) assicurare la congruenza dei propri strumenti urbanistici con il quadro della pericolosità d'inondazione caratterizzante le aree facenti parte del proprio territorio, valutando la sostenibilità delle previsioni relativamente al rischio idraulico, facendo riferimento alle possibili alternative localizzative e all'adozione di misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle persone esposte.

c) consentire, prevedere e/o promuovere, anche mediante meccanismi incentivanti, la realizzazione di interventi finalizzati alla riduzione della vulnerabilità alle inondazioni di edifici e infrastrutture.

c) **Assetto idrogeologico**

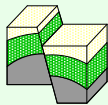
L'ambito di pianura nel quale si trova l'area in oggetto è caratterizzato da un sistema di acquiferi *multifalda* sovrapposti e separati, rappresentati da una prima falda freatica, generalmente soggetto a rischio inquinamento, che a seconda delle sotto-aree considerate può essere relativamente superficiale.

Ciò dipende dalla natura locale primi strati di sedimento al di sotto del piano campagna, dalla loro granulometria e distribuzione nel volume. Ove sono presenti livelli argillosi, è possibile che essi facciano da sostegno ad un acquifero freatico.

Più in profondità si ritrovano falde artesiane, isolate ed in pressione all'interno di termini grossolani, generalmente confinati tra depositi argillosi. In base a dati provenienti da pozzi presenti nell'area circostante, si presume la presenza di un primo acquifero artesiano a circa - 50 m di profondità.

In base alle litologie presenti e riscontrate dalle prove eseguite, si può associare ai terreni argillosi una permeabilità corrispondente ad un ordine di grandezza di $10^{-8} \div 10^{-9}$ m/s ed agli strati limoso-sabbiosi una conducibilità idraulica compresa tra $10^{-6} \div 10^{-7}$ m/s.

Le prove DPSH eseguite e spinte sino ad una profondità massima di 5,0 m dal p.c. hanno tutte registrato la presenza del primo acquifero freatico; esso si attesta a profondità comprese tra -1,8 e -2,6 m dal p.c..



2. CARATTERIZZAZIONE DEL SOTTOSUOLO

2.1 Indagini in sito eseguite

Lo scrivente ha eseguito ex novo 7 prove penetrometriche dinamiche super pesanti (DPSH). Le terebrazioni hanno permesso di ricostruire con precisione la stratigrafia del sottosuolo sino alla profondità indagata, che è stata tarata sulla scorta della tipologia di intervento previsto.

La profondità massima impostata per questa indagine è di - 5 m dal p.c. attuale, la quale è ritenuta esaustiva in merito alla tipologia di opere che saranno realizzate.

Lo strumento impiegato presenta le seguenti caratteristiche tecniche:

- Penetrometro dinamico modello: **DPSH TG 63-200 PAGANI**;
- Maglio a caduta libera di 63,5 Kg con altezza di caduta di 750 mm;
- Aste d'acciaio lunghe 1.000 mm del peso cadauna di Kg 6,31;
- Punta conica del diametro di 51 mm, angolo al vertice 90°, superficie 20,42 cmq;

Durante l'esecuzione della prova, si registra il numero dei colpi necessari alla penetrazione della punta conica e della colonna di aste per ogni intervallo di 10 cm.

L'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche è stata effettuata con il Software "Dynamic Probing" (GEOSTRU) e lo sviluppo statistico per la determinazione dei Parametri Geotecnici Caratteristici (con e senza resistenze compensate) è stato eseguito col software "CVSoil" (GEOSTRU).

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981)

Lo scrivente ha scelto, tra quelli disponibili nel software, i metodi di elaborazione dei singoli parametri più adatti per le caratteristiche granulometriche e litotecniche degli strati (Livelli) in cui è stato suddiviso il sottosuolo.



Correlazione con Nspt

Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \times N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \times H}{A \times \delta \times (M + M')}$$

in cui

M: peso massa battente.

M': peso aste.

H: altezza di caduta.

A: area base punta conica.

δ: passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd - Formula Olandesi

$$Rpd = \frac{M^2 \times H}{[A \times \delta \times (M + P)]} = \frac{M^2 \times H \times N}{[A \times \delta \times (M + P)]}$$

in cui:

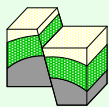
Rpd: resistenza dinamica punta (area A).

e: infissione media per colpo (δ/ N).

M: peso massa battente (altezza caduta H).

P: peso totale aste e sistema battuta.

Il “**Report**” riassuntivo delle prove penetrometriche dinamiche è raccolto nell'Allegato 1 al testo, in cui sono visibili la Stratigrafia delle indagini, la suddivisione del sottosuolo in “*orizzonti tipo*” e la metodologia di elaborazione dei parametri geotecnici caratteristici.



2.2 Modello Stratigrafico del sottosuolo

L'esecuzione delle Prove Penetrometriche ha permesso di ricavare con sufficiente dettaglio il “*Modello stratigrafico*” del sottosuolo al di sotto dell'area in esame.

Sono stati individuate, complessivamente 3 Unità Geotecniche distinte; la descrizione la seguente.

- **Livello Ta:** suolo agricolo da soffice a localmente addensato; presenza di componente organica;
- **Livello LAs:** limi argillosi con subordinata sabbia fine; materiali scadenti;
- **Livello S:** sabbie generalmente fini, con limo subordinato.

I livelli LAs e S possono risultare risultano *interdigitati* creando quindi una sovrapposizione con andamenti irregolari nello spessore e nella persistenza spaziale; Prove DPSH_5 e DPSH_6.

Nella Tabella 1 seguente, è riassunta la suddivisione degli *orizzonti tipo* in base ai quali sono stati elaborati i parametri geotecnici indice.

Tabella 1: Modello Stratigrafico del sottosuolo			
Origine dati	Livello Ta (terreno agricolo)	Livello LAs (limi argillosi deb sabbiosi)	Livello S (sabbie fini)
	(m)	(m)	(m)
Prova DPSH_1	0,0÷0,6	0,6÷3,2	3,2÷5,0
Prova DPSH_2	0,0÷0,6	0,6÷3,8	3,8÷5,0
Prova DPSH_3	0,0÷0,6	0,6÷3,4	3,4÷5,0
Prova DPSH_4	0,0÷0,4	0,4÷3,8	3,8÷5,0
Prova DPSH_5	0,0÷0,6	0,6÷1,8 2,2÷3,8	1,8÷2,2 3,8÷5,0
Prova DPSH_6	0,0÷0,8	0,8÷1,6 2,2÷3,8	1,6÷2,2 3,8÷5,0
Prova DPSH_7	0,0÷0,4	0,4÷3,0	3,0÷5,0



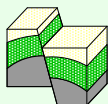
2.3 Modello geotecnico del sottosuolo

Nella *progettazione geotecnica* la scelta dei valori caratteristici dei parametri deriva da una stima cautelativa, effettuata dal progettista, del valore del parametro appropriato per lo stato limite considerato (NTC C6.2.1).

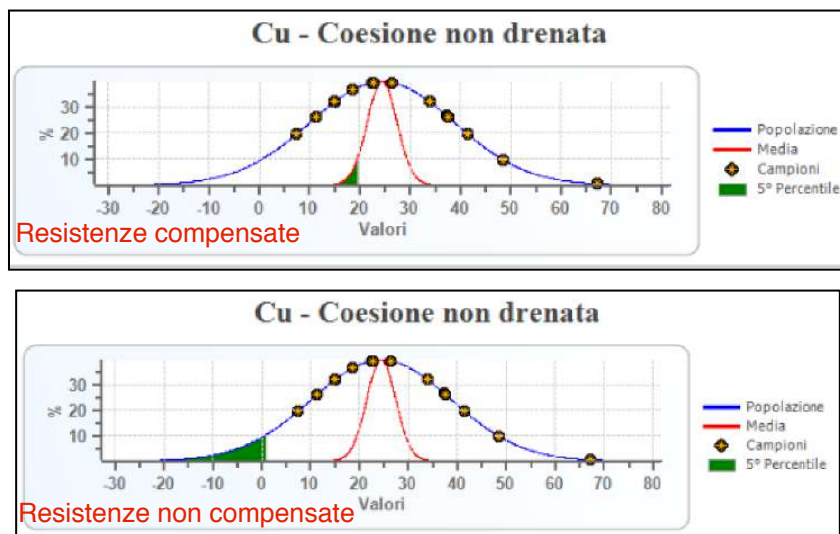
Appare giustificato *il riferimento a valori prossimi ai valori medi* quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti (“*Resistenze compensate*” -> p.es. fondazioni continue superficiali, pali per resistenza laterale, pendii e fronti di scavo, strutture rigide).

Al contrario, *valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici* appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità (“*Resistenze non compensate*” -> p.es. pali per portata alla punta, plinti e travi non collegati, verifiche a scorrimento, strutture non sufficientemente rigide).

Vengono quindi presentati *due valori caratteristici per ogni parametro geotecnico analizzato* (ad esclusione del Peso di Volume e del Peso di Volume Saturo, per i quali appare sufficiente riferirsi al valore prossimo a quello medio). **La differenza tra il calcolo dei parametri geotecnici per la situazione di resistenze compensate e non compensate sta nella scelta statistica che il software esegue:** nel primo caso (compensate -> grande volume di terreno interessato) l’elaborazione del 5° percentile riguarda solo valori prossimi a quelli medi. Nel secondo caso (non compensate -> poco terreno coinvolto) l’elaborazione del 5° percentile è effettuata su tutti i dati, comprendendo anche quelli distanti dalla media. Ne consegue che i parametri geotecnici in condizioni “non compensate” sono più bassi.

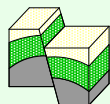


Nella Figura seguente è mostrato, a titolo di esempio, il grafico di riferimento della distribuzione statistica dal quale scaturiscono i due valori di cui sopra.



Per il terreno agricolo e le sabbie fini (Livello Ta, Livello S) è realistico imporre nullo il valore di coesione in condizioni drenate ($c' = 0$). Per terreni limoso-argillosi (Livello LAs) la coesione (drenata e non drenata) assume valenza geotecnica - Tabella 2 seguente.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO - PROVE DPM								
PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI - RESISTENZE NON COMPENSATE								
Livello	Gamma	Gamma Sat	phi	CU	c'	Ed	Ey	G
	kN/mc	kN/mc	°	kPa	kPa	Mpa	Mpa	Mpa
Ta	18,3	19,5	24,5	10,4	0,0	1,9	4,7	30
LAs	15,5	18,2	20,4	3,4	0,8	0,6	1,4	15
S	15,8	18,6	26,0	0,0	0,0	3,5	3,7	30
PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI - RESISTENZE COMPENSATE								
Livello	Gamma	Gamma Sat	phi	CU	c'	Ed	Ey	G
	kN/mc	kN/mc	°	kPa	kPa	Mpa	Mpa	Mpa
Ta	15,5	18,2	26,0	14,9	0,0	2,7	6,3	37
LAs	15,5	18,6	21,3	4,5	1,2	0,9	2,1	19
S	15,8	18,6	26,9	0,0	0,0	3,9	5,5	37
	Peso Volume	Peso Volume Sat	Angolo attrito	Coesione non dren	Coesione drenata	Modulo edometrico	Modulo Young	Modulo taglio din
Note: la coesione drenata (c') è una frazione di CU ricavata da dati in letteratura e risultati di prove di laboratorio su materiali analoghi								



2.4 Caratterizzazione sismica del sito

La DGR n. 1164 del 23/07/2018 ha aggiornato la classificazione sismica dei comuni dell'Emilia Romagna; essa indica che il Comune di Castel Maggiore ricade in **Zona Sismica 3** - Figura 11 pagina seguente - per cui si prevedono valori di accelerazione massima del suolo (A_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s, pari a:

$$0,05 < A_g \leq 0,15 \text{ g}$$

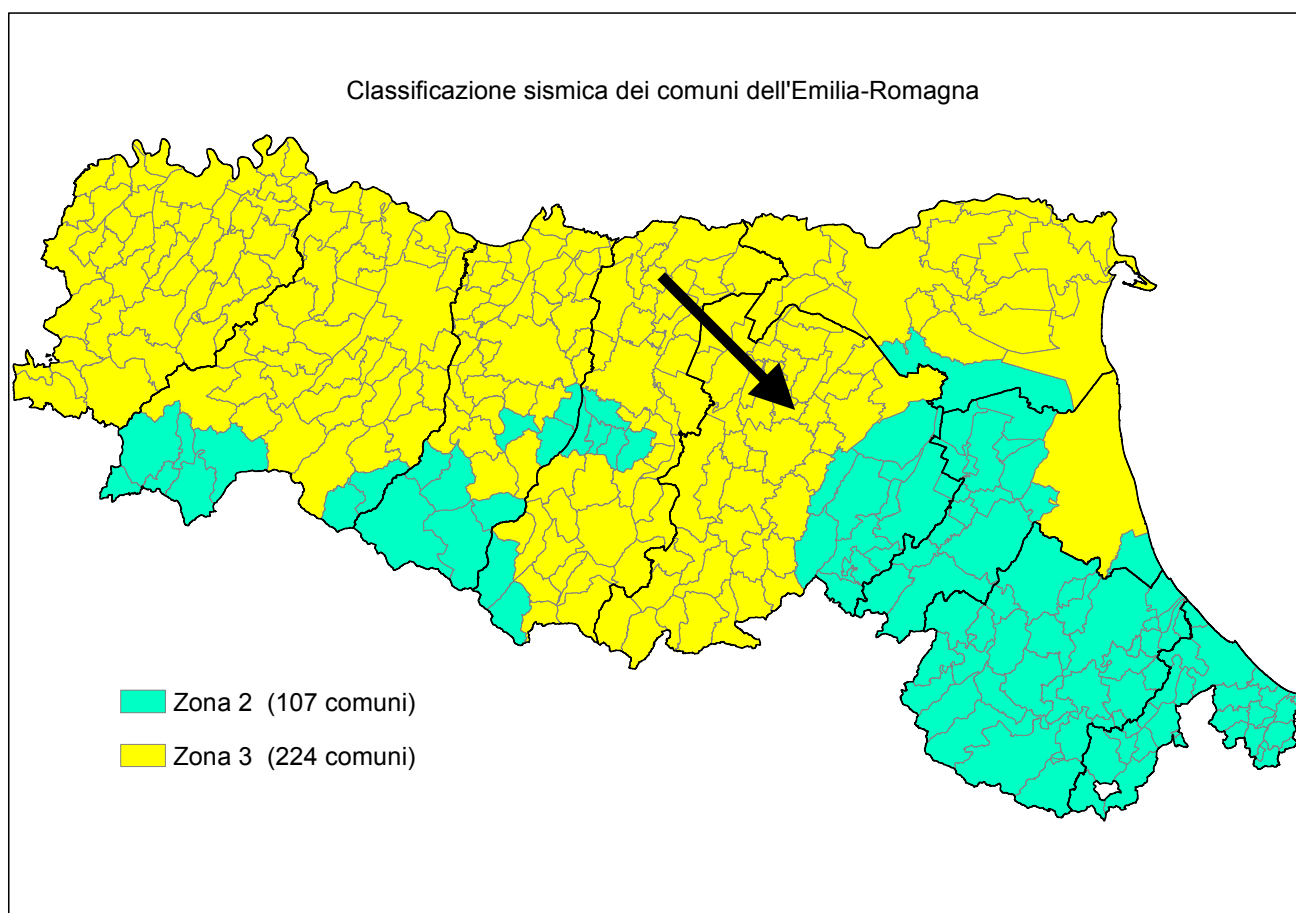


Figura 9: Classificazione sismica dei Comuni della Regione Emilia Romagna - Fonte Regione Emilia Romagna

In base a quanto riportato nella *Carta Sismotettonica* della Regione Emilia-Romagna, l'areale in cui si trova l'area in oggetto, è stato interessato da sismi di magnitudo compresa tra 4 e 5,5 gradi della scala Richter - Figura 10.

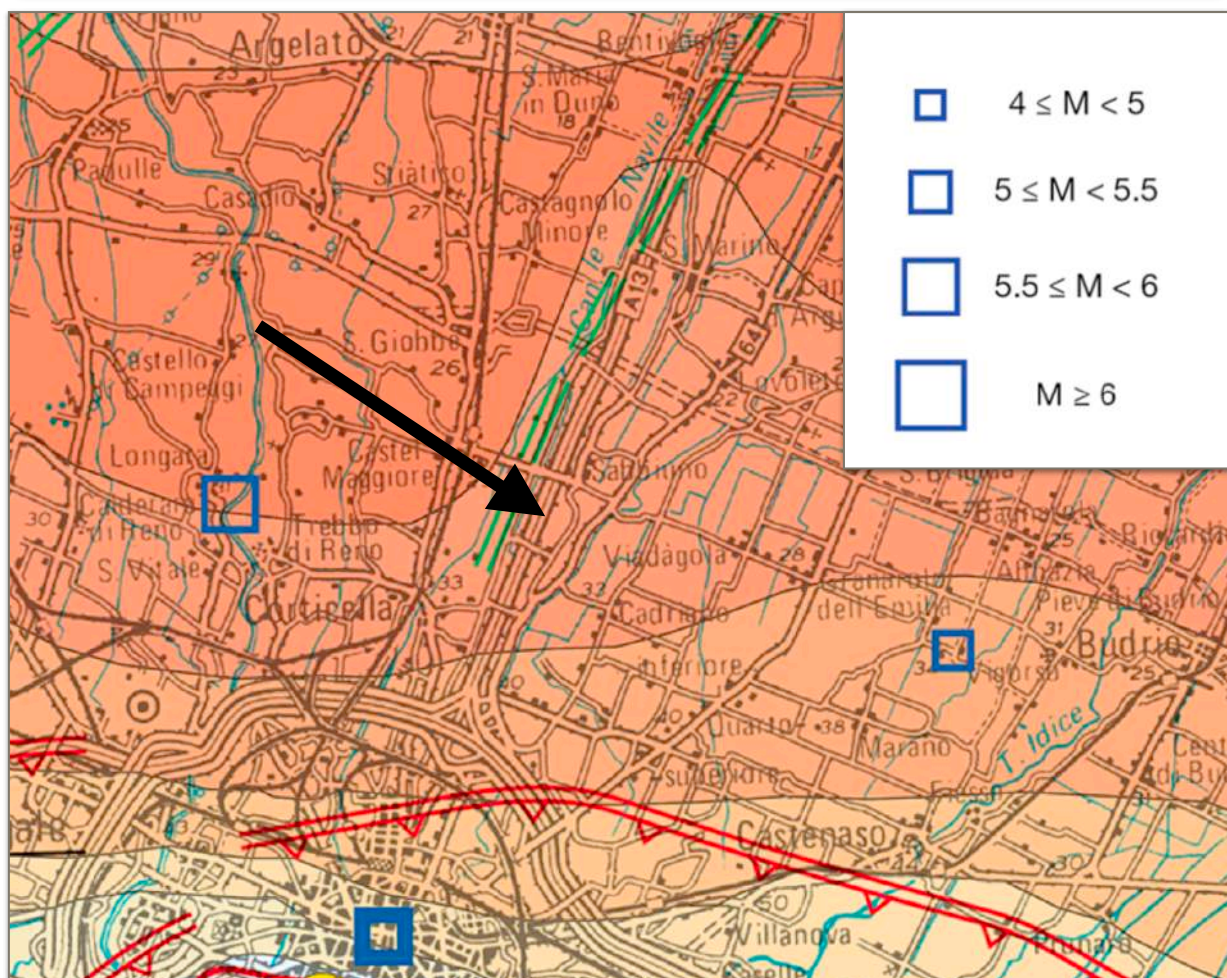
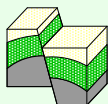


Figura 10: Estratto Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna - Fonte Regione Emilia Romagna

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, V_{s_eq} (in m/s), come specificato dalle NTC 2018.

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_{s30} (dove per termine “*Substrato*” si intende quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s).

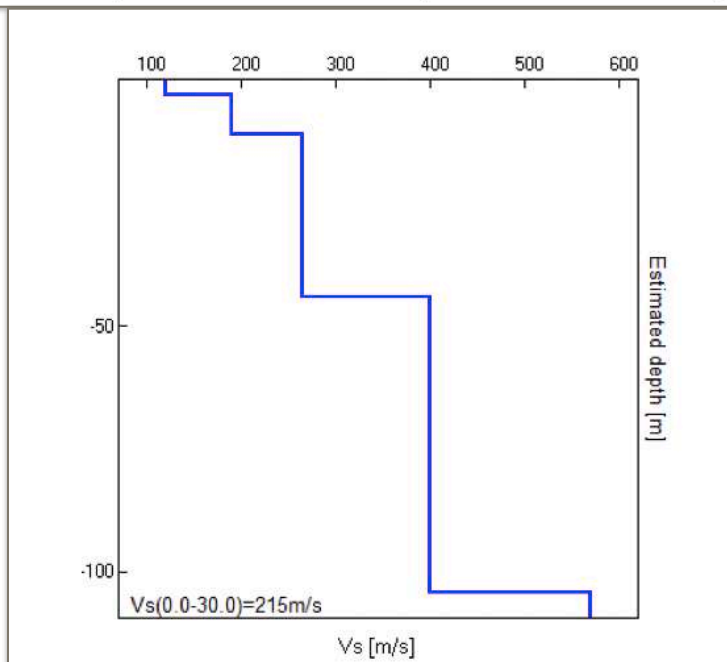
Nel caso in oggetto, sulla base dell’indagine sismica eseguita (indagine congiunta MASW ÷ H/V - Vedi Allegato 2 nel testo), non è riscontrabile un *bedrock* sismico (con $V_S > 800$ m/s) a profondità inferiori ai 30 m dal piano campagna.

I risultati delle prospezione sismica MASW + H/V indicano le seguenti velocità equivalenti del sottosuolo:



Metodo congiunto MASW+H/V -> $V_{s_eq} = V_{s30} = 215 \text{ m/s}$

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
3.20	3.20	120	0.40
11.20	8.00	190	0.40
44.20	33.00	265	0.35
104.20	60.00	400	0.35
inf.	inf.	570	0.35



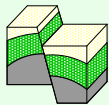
*Il sito è riconducibile alla **Categoria di sottosuolo C** (Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s).*

Per quanto concerne la *Categoria Topografica*, il terreno in esame risulta inserito nella **Categoria T1**. La *Classe d'Uso* dell'impianto in progetto è la **Classe 1**.

Per la stima della pericolosità sismica, si sono considerati i seguenti parametri d'ingresso:

Sito in oggetto:

- Lat.: 44.559827 (WGS84)
- Long.: 11.386282 (WGS84)
- Classe d'Uso: 1
- Vita Nominale: 50



Siti Riferimento:

- Sito 1 ID: 16509 Lat: 44,5662 Lon: 11,3858 Distanza: 618,774
- Sito 2 ID: 16510 Lat: 44,5675 Lon: 11,4559 Distanza: 5488,182
- Sito 3 ID: 16732 Lat: 44,5175 Lon: 11,4576 Distanza: 7361,767
- Sito 4 ID: 16731 Lat: 44,5163 Lon: 11,3875 Distanza: 4949,776

Parametri sismici:

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

ottenendo i seguenti valori di riferimento riassunti in Tabella 3 seguente:

Tabella 3 - Valori di Riferimento				
<i>Valori</i>	Operatività (SLO)	Danno (SLD)	Salvaguardia della vita (SLV)	Prevenzione dal Collasso (SLC)
Prob. Superamento (%)	81	63	10	5
Tr (anni)	30	35	332	682
ag (g)	0,051	0,055	0,146	0,193
Fo	2,475	2,480	2,430	2,435
Tc* (s)	0,259	0,263	0,291	0,293

con i quali si sono calcolati i seguenti coefficienti sismici (vedi Tabella 4 seguente).

Tabella 4 - Coefficienti sismici				
<i>Coef- fi- cien- te</i>	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss	1,500	1,500	1,490	1,420
Cc	1,640	1,630	1,580	1,570
St	1,000	1,000	1,000	1,000
Kh	0,015	0,016	0,052	0,066
Kv	0,008	0,008	0,026	0,033
A _{max}	0,755	0,806	2,127	2,686
Beta	0,200	0,200	0,240	0,240



3. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE E INDICAZIONI PROGETTUALI

In base all'indagine geologica di cui nei precedenti capitoli, le condizioni geologiche del sito sono le seguenti:

- Si prevede la realizzazione di impianto per la produzione di energia elettrica suddiviso in 3 lotti differenti, mediante l'installazione di pannelli fotovoltaici a terra e dei locali tecnologici accessori;
- Sono stati eseguiti Studi mirati alla caratterizzazione geotecnica e stratigrafica del sito, nonché un'indagine conoscitiva per la determinazione dell'idoneità geologica specifica del sito in oggetto in relazione alla tipologia ed alla dimensione dell'intervento;
- **Nel Capitolo 1**, è stata analizzata la situazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica generale dell'area, quella geologico-normativa, attestando la sussistenza delle condizioni di ***compatibilità geologico-normativa dell'intervento***;
- **Nel Capitolo 2**, sono stati riassunti gli esiti delle prove in sito realizzate da cui sono scaturiti i "Modelli" stratigrafico e geotecnico del sottosuolo, ai sensi del DM 17.01.18. E' il Paragrafo di riferimento per la **progettazione geotecnica** (verifiche strutturali Opera/Terreno di fondazione).

3.1 - Indicazioni Progettuali geologiche: Progettazione Esecutiva

a) - Installazioni dei pannelli a terra

Ogni singolo pannello avrà una "fondazione bipalo" costituita da pali di fondazione in acciaio zincato che saranno infissi nel terreno a percussione, mediante macchinari (battipalo). La tipologia fondazionale è quindi classificabile come di tipo "indiretto" su palo battuto o infisso.

In merito al tipo di sottosuolo che dovrà essere **raggiunto** ed all'interno del quel dovranno essere **immersati** i pali, sulla scorta delle indagini geognostiche eseguite, **si potrà adottare quale terreno di fondazione i Livello Ta o il sottostante Livello LAs.**



Per la lunghezza di immersione dei pali, si lascia piena facoltà al Tecnico Abilitato per le verifiche opere terreno, sulla scorta dei risultati delle indagini geologiche e di quanto riportato nel Capitolo 2 in merito alla caratterizzazione stratigrafica e geotecnica del sito ed in particolare della Tabella 2 di Pagina 18, che riassume i parametri geotecnici caratteristici.

b) - Fabbricati tecnologici

Si prevede la posa in opera di cabine prefabbricate in c.a.v. le quali insisteranno su apposita struttura di sottofondo debolmente armata. Tale struttura di fondazione insisterà a sua volta su strato di terreno stabilizzato e vibrocompattato in corrispondenza della strada di accesso all'area.

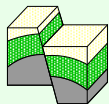
Per quanto concerne la “**progettazione geotecnica**” tenuto conto delle dimensioni ridotte delle strutture prefabbricate, dei bassi carichi previsti e della realizzazione del rilevato costituito da materiale grossolano vibrocompattato, si ritiene **non necessaria** l'adozione di fondazioni più profonde, attestando quindi la fattibilità geotecnica della fondazione a platea in cemento debolmente armato prevista nella Relazione Tecnica.

Il tutto, ovviamente, dovrà essere valicato analiticamente da Tecnico Abilitato per la verifica opera-terreno di fondazione.

Lo scrivente attesta le condizioni di fattibilità geologica dell'intervento in progetto, se rispettate le previsioni e le indicazioni di tipo geologico e progettuale previste dagli elaborati che lo compongono.

Alba, settembre 2024

(dott. geol. Marco Lano)



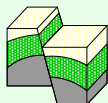
s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

ALLEGATO 1

Elaborazione prove penetrometriche



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

ELABORAZIONE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE

Committente: **CHIRON ENERGY SPV 25 s.r.l.**

Cantiere: **Lotti di impianti di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica**

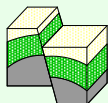
Località: **Via Stradellaccio snc - Comune di Castel Maggiore (BO)**



OPERATORE RESPONSABILE

dott. Geol. Marco Lano





Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPSH TG 63-200 PAGANI

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	63.5 Kg
Altezza di caduta libera	0.75 m
Peso sistema di battuta	0.63 Kg
Diametro punta conica	51.00 mm
Area di base punta	20.43 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	6.31 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.40 m
Avanzamento punta	0.20 m
Numero colpi per punta	N(20)
Coeff. Correlazione	1.47
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	90 °

METODOLOGIA

L'elaborazione delle prove penetrometriche dinamiche è stata effettuata con il Software "Dynamic Probing" (GEOSTRU) e lo sviluppo statistico per la determinazione dei Parametri Geotecnici Caratteristici (con e senza resistenze compensate) è stato eseguito col software "CVSoil" (GEOSTRU).

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini (1983) - Meyerhof (1956) - Desai (1968) - Borowczyk-Frankowsky (1981)

Lo scrivente ha scelto, tra quelli disponibili nel software, i metodi di elaborazione dei singoli parametri più adatti per le caratteristiche granulometriche e litotecniche degli strati (Livelli) in cui è stato suddiviso il sottosuolo.

Correlazione con N_{spt}

Il passaggio viene dato da:

$$NSPT = \beta_t \times N$$

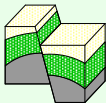
Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \times H}{A \times (M + M')}$$



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

in cui

M: peso massa battente.

M': peso aste.

H: altezza di caduta.

A: area base punta conica.

δ : passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd - Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \times H}{\left[A \times e \times (M + P) \right]} = \frac{M^2 \times H \times N}{\left[A \times \delta \times (M + P) \right]}$$

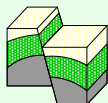
in cui:

Rpd: resistenza dinamica punta (area A).

e: infissione media per colpo (δ / N).

M: peso massa battente (altezza caduta H).

P: peso totale aste e sistema battuta.



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

ELABORAZIONE STRATIGRAFIA PROVE

PROVA P1

Strumento utilizzato...

DPSH TG 63-200 PAGANI

Prova eseguita in data

06/06/2024

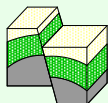
Profondità prova

5,00 mt

Falda:

- 1,80 m da p.c.

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)
0,20	5	0,855	4,40	5,15
0,40	4	0,851	3,51	4,12
0,60	3	0,847	2,40	2,84
0,80	1	0,843	0,80	0,95
1,00	1	0,840	0,79	0,95
1,20	2	0,836	1,58	1,89
1,40	1	0,833	0,79	0,95
1,60	2	0,830	1,45	1,75
1,80	1	0,826	0,72	0,87
2,00	2	0,823	1,44	1,75
2,20	1	0,820	0,72	0,87
2,40	1	0,817	0,71	0,87
2,60	1	0,814	0,66	0,81
2,80	1	0,811	0,66	0,81
3,00	1	0,809	0,66	0,81
3,20	1	0,806	0,65	0,81
3,40	3	0,803	1,96	2,44
3,60	3	0,801	1,82	2,28
3,80	4	0,798	2,42	3,03
4,00	3	0,796	1,81	2,28
4,20	6	0,794	3,61	4,55
4,40	5	0,791	3,00	3,79
4,60	3	0,789	1,69	2,13
4,80	4	0,787	2,24	2,85
5,00	3	0,785	1,68	2,13



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

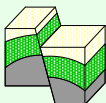
Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

SUDDIVISIONE SOTTOSUOLO IN “ORIZZONTI-TIPO”

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,6	3,50	3,48	4,65	1,46	5,11	Livello Ta: suolo agricolo da soffice a localmente addensato; presenza di componente organica
3,2	1,17	1,03	8,31	1,47	1,72	Livello LAs: limi argillosi con subordinata sabbia fine; materiali scadenti
5	3,78	2,83	-13,26	1,50	5,66	Livello S: sabbie generalmente fini, con limo subordinato



Esecuzione Prova P1 in data 06.06.2024



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

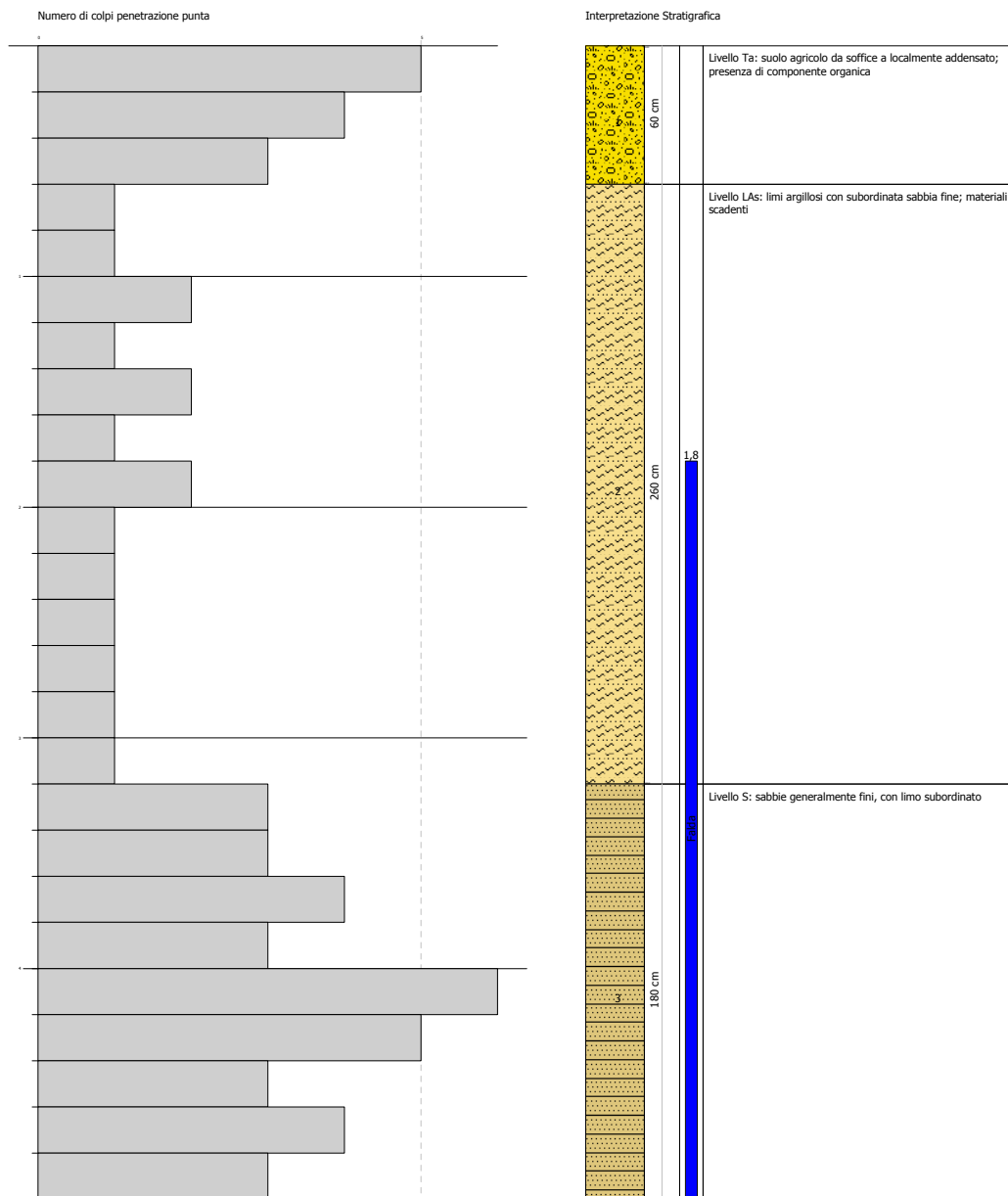
s.a.G.A. - Studio Associato di Geologia Applicata
Via Aldo Moro 4 - 12051 Alba (CN)
Via Montevideo 2A/A - 16129 Genova

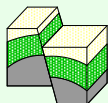
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Chiron Energy s.r.l.
Cantiere: Realizzazione lotti di impianti fotovoltaici
Località: Comune di Castel Maggiore (BO)

Data: 06/06/2024

Scala 1:23



**s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata**

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com**PROVA P2**

Strumento utilizzato...

Prova eseguita in data

Profondità prova

Falda:

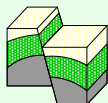
DPSH TG 63-200 PAGANI

06/06/2024

5,00 mt

-2,6 m da p.c.

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)
0,20	5	0,855	4,40	5,15
0,40	4	0,851	3,51	4,12
0,60	3	0,847	2,40	2,84
0,80	2	0,843	1,60	1,89
1,00	2	0,840	1,59	1,89
1,20	3	0,836	2,37	2,84
1,40	1	0,833	0,79	0,95
1,60	1	0,830	0,72	0,87
1,80	1	0,826	0,72	0,87
2,00	1	0,823	0,72	0,87
2,20	1	0,820	0,72	0,87
2,40	1	0,817	0,71	0,87
2,60	1	0,814	0,66	0,81
2,80	1	0,811	0,66	0,81
3,00	1	0,809	0,66	0,81
3,20	2	0,806	1,31	1,62
3,40	2	0,803	1,30	1,62
3,60	2	0,801	1,22	1,52
3,80	3	0,798	1,82	2,28
4,00	2	0,796	1,21	1,52
4,20	3	0,794	1,81	2,28
4,40	4	0,791	2,40	3,03
4,60	5	0,789	2,81	3,56
4,80	7	0,787	3,92	4,98
5,00	6	0,785	3,35	4,27



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

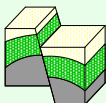
Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

SUDDIVISIONE SOTTOSUOLO IN “ORIZZONTI-TIPO”

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,6	4,00	4,04	4,74	1,46	5,84	Livello Ta: suolo agricolo da soffice a localmente addensato; presenza di componente organica
3,8	1,56	1,34	31,76	1,48	2,31	Livello LAs: limi argillosi con subordinata sabbia fine; materiali scadenti
5	4,50	3,27	53,05	1,50	6,74	Livello S: sabbie generalmente fini, con limo subordinato



Esecuzione Prova P2 in data 06.06.2024



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

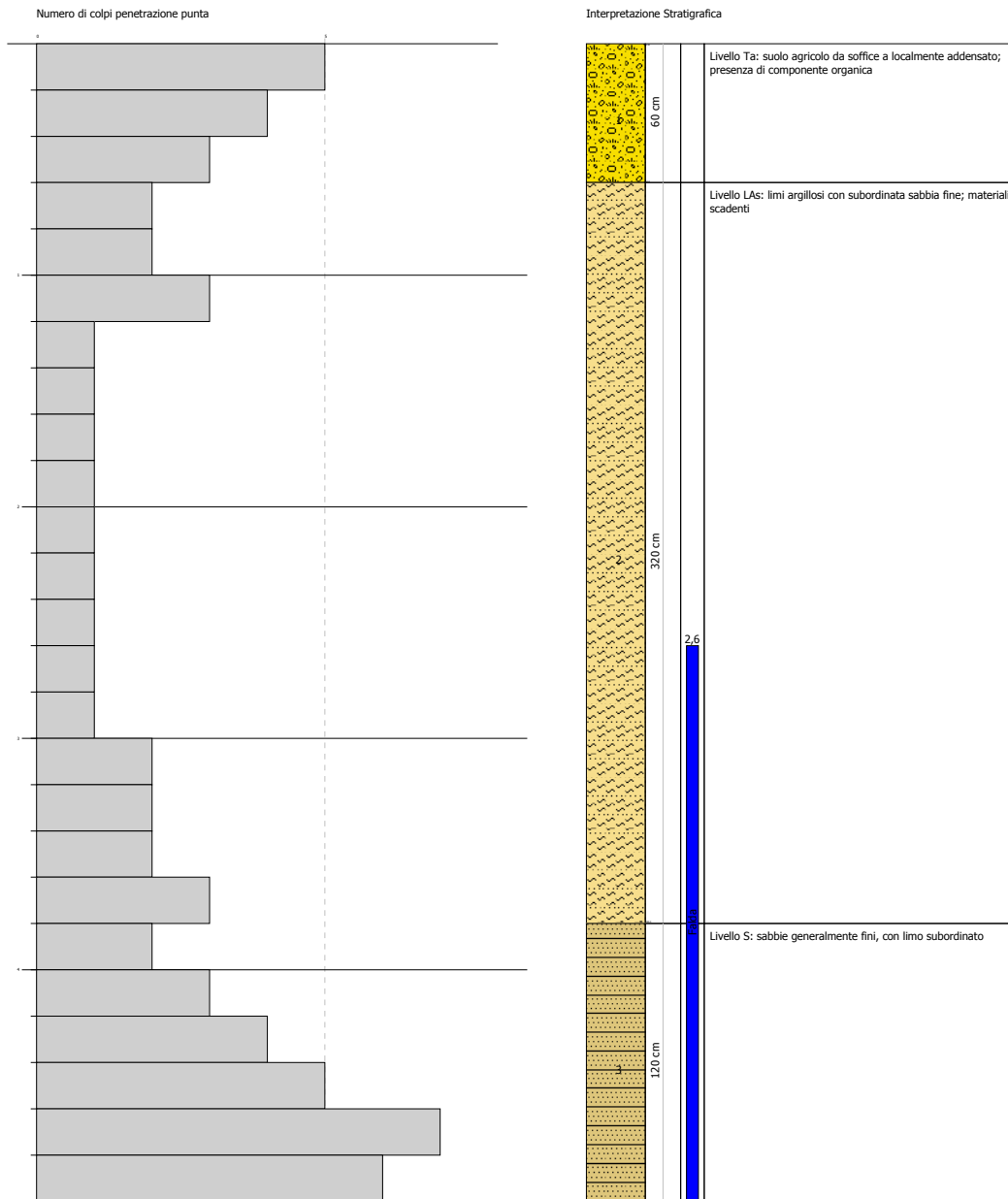
s.a.G.A. - Studio Associato di Geologia Applicata
Via Aldo Moro 4 - 12051 Alba (CN)
Via Montevideo 2A/A - 16129 Genova

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Chiron Energy s.r.l.
Cantiere: Realizzazione lotti di impianti fotovoltaici
Località: Comune di Castel Maggiore (BO)

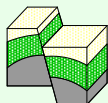
Data: 06/06/2024

Scale 1:23



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

**s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata**

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)
Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

PROVA P3

Strumento utilizzato...

Prova eseguita in data

Profondità prova

Falda:

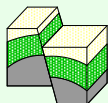
DPSH TG 63-200 PAGANI

06/06/2024

5,00 mt

- 2,2 m da p.c.

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)
0,20	7	0,855	6,16	7,21
0,40	7	0,851	6,14	7,21
0,60	6	0,847	4,81	5,67
0,80	3	0,843	2,39	2,84
1,00	2	0,840	1,59	1,89
1,20	3	0,836	2,37	2,84
1,40	2	0,833	1,58	1,89
1,60	1	0,830	0,72	0,87
1,80	2	0,826	1,44	1,75
2,00	1	0,823	0,72	0,87
2,20	1	0,820	0,72	0,87
2,40	1	0,817	0,71	0,87
2,60	1	0,814	0,66	0,81
2,80	1	0,811	0,66	0,81
3,00	2	0,809	1,31	1,62
3,20	3	0,806	1,96	2,44
3,40	3	0,803	1,96	2,44
3,60	5	0,801	3,04	3,79
3,80	4	0,798	2,42	3,03
4,00	5	0,796	3,02	3,79
4,20	6	0,794	3,61	4,55
4,40	4	0,791	2,40	3,03
4,60	5	0,789	2,81	3,56
4,80	5	0,787	2,80	3,56
5,00	7	0,785	3,91	4,98



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

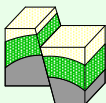
Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

SUDDIVISIONE SOTTOSUOLO IN “ORIZZONTI-TIPO”

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,6	6,67	6,70	5,06	1,46	9,74	Livello Ta: suolo agricolo da soffice a localmente addensato; presenza di componente organica
3,4	1,86	1,63	29,89	1,47	2,74	Livello LAs: limi argillosi con subordinata sabbia fine; materiali scadenti
5	5,12	3,79	35,11	1,50	7,67	Livello S: sabbie generalmente fini, con limo subordinato



Esecuzione Prova P3 in data 06.06.2024



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

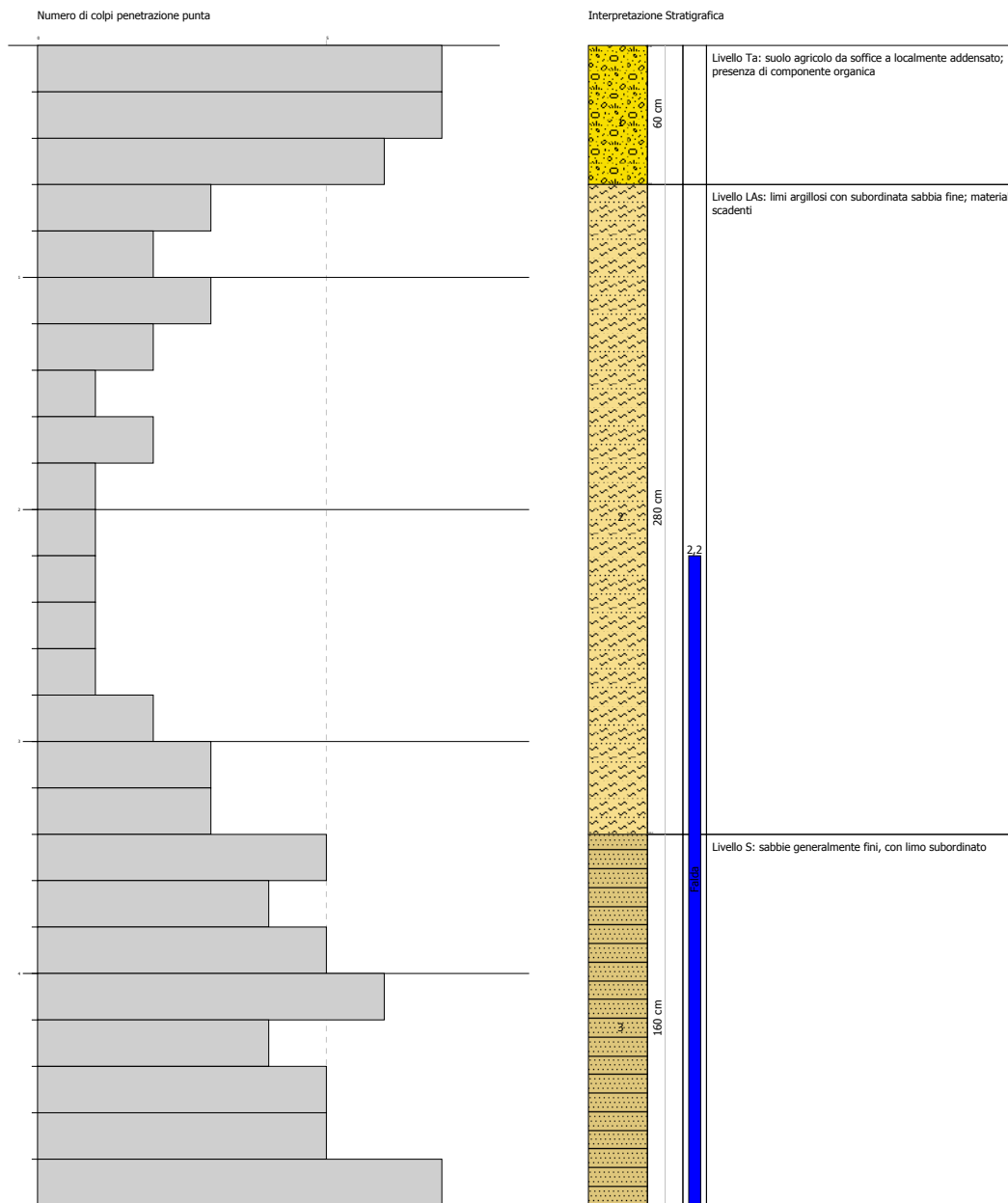
s.a.G.A. - Studio Associato di Geologia Applicata
Via Aldo Moro 4 - 12051 Alba (CN)
Via Montevideo 2A/A - 16129 Genova

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3
Strumento utilizzato... DPHS TG 63-200 PAGANI

Committente: Chiron Energy s.r.l.
Cantiere: Realizzazione lotti di impianti fotovoltaici
Località: Comune di Castel Maggiore (BO)

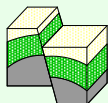
Data: 06/06/2024

Scala 1:23



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

**s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata***via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)**Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com***PROVA P4**

Strumento utilizzato...

Prova eseguita in data

Profondità prova

Falda:

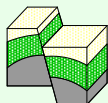
DPSH TG 63-200 PAGANI

06/06/2024

5,00 mt

- 2,2 m. Da p.c.

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)
0,20	8	0,855	7,04	8,24
0,40	4	0,851	3,51	4,12
0,60	2	0,847	1,60	1,89
0,80	2	0,843	1,60	1,89
1,00	2	0,840	1,59	1,89
1,20	1	0,836	0,79	0,95
1,40	1	0,833	0,79	0,95
1,60	2	0,830	1,45	1,75
1,80	1	0,826	0,72	0,87
2,00	1	0,823	0,72	0,87
2,20	1	0,820	0,72	0,87
2,40	1	0,817	0,71	0,87
2,60	1	0,814	0,66	0,81
2,80	1	0,811	0,66	0,81
3,00	1	0,809	0,66	0,81
3,20	2	0,806	1,31	1,62
3,40	3	0,803	1,96	2,44
3,60	3	0,801	1,82	2,28
3,80	4	0,798	2,42	3,03
4,00	4	0,796	2,42	3,03
4,20	5	0,794	3,01	3,79
4,40	4	0,791	2,40	3,03
4,60	5	0,789	2,81	3,56
4,80	6	0,787	3,36	4,27
5,00	7	0,785	3,91	4,98



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

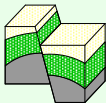
Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

SUDDIVISIONE SOTTOSUOLO IN “ORIZZONTI-TIPO”

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,4	6,00	6,18	3,31	1,46	8,76	Livello Ta: suolo agricolo da soffice a localmente addensato; presenza di componente organica
3,8	1,71	1,45	30,31	1,48	2,53	Livello LAs: limi argillosi con subordinata sabbia fine; materiali scadenti
5	5,17	3,78	39,47	1,50	7,74	Livello S: sabbie generalmente fini, con limo subordinato



Esecuzione Prova P4 in data 06.06.2024



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

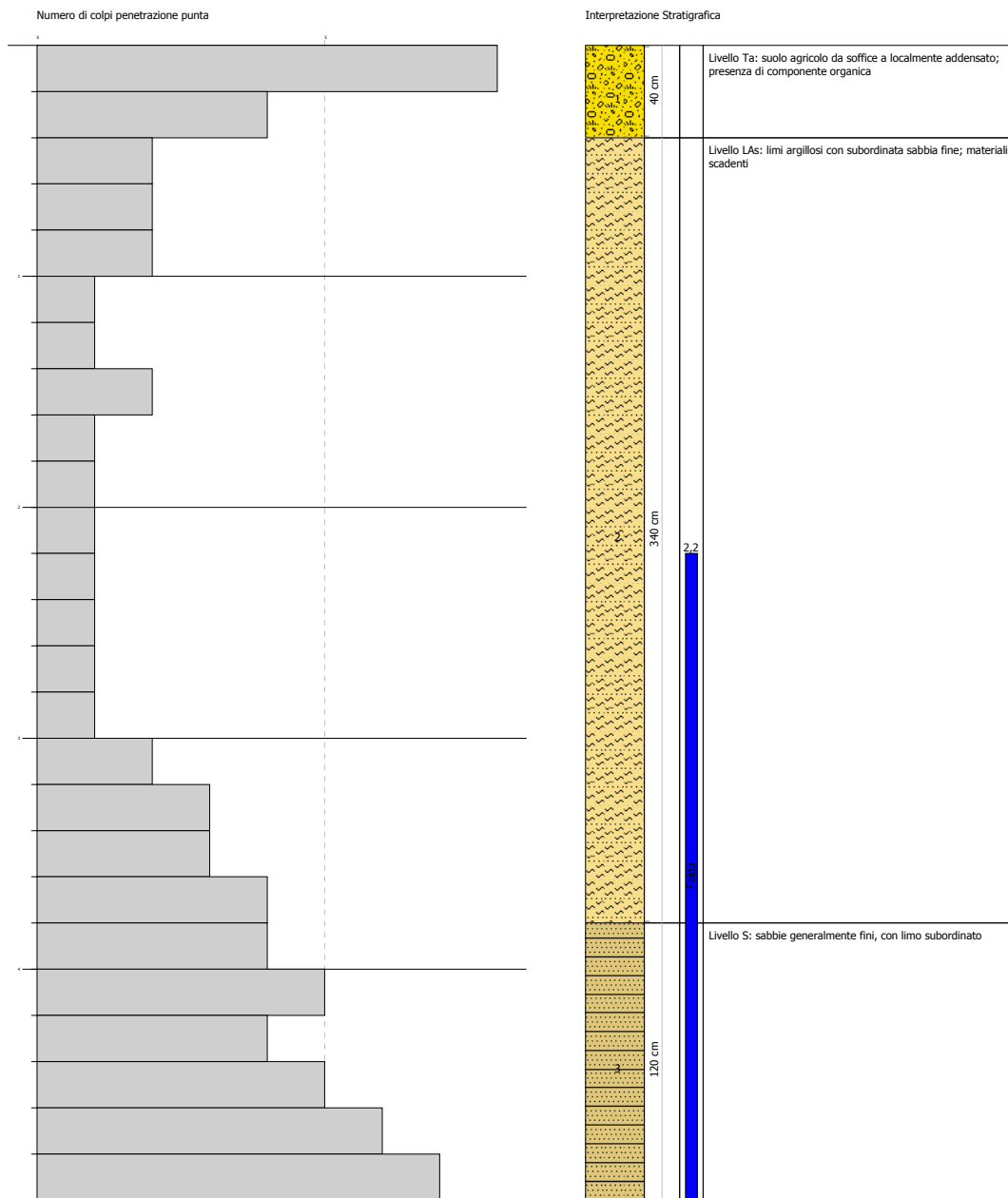
s.a.G.A. - Studio Associato di Geologia Applicata
Via Aldo Moro 4 - 12051 Alba (CN)
Via Montevideo 2A/A - 16129 Genova

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P4
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Chiron Energy s.r.l.
Cantiere: Realizzazione lotti di impianti fotovoltaici
Località: Comune di Castel Maggiore (BO)

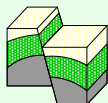
Data: 06/06/2024

Scala 1:23



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

**s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata**

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)
Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

PROVA P5

Strumento utilizzato...

Prova eseguita in data

Profondità prova

Falda:

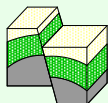
DPSH TG 63-200 PAGANI

06/06/2024

5,00 mt

- 2,0 m da p.c.

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)
0,20	8	0,855	7,04	8,24
0,40	5	0,851	4,38	5,15
0,60	5	0,847	4,01	4,73
0,80	3	0,843	2,39	2,84
1,00	2	0,840	1,59	1,89
1,20	1	0,836	0,79	0,95
1,40	1	0,833	0,79	0,95
1,60	2	0,830	1,45	1,75
1,80	2	0,826	1,44	1,75
2,00	4	0,823	2,88	3,50
2,20	3	0,820	2,15	2,62
2,40	1	0,817	0,71	0,87
2,60	1	0,814	0,66	0,81
2,80	1	0,811	0,66	0,81
3,00	1	0,809	0,66	0,81
3,20	1	0,806	0,65	0,81
3,40	1	0,803	0,65	0,81
3,60	1	0,801	0,61	0,76
3,80	1	0,798	0,61	0,76
4,00	3	0,796	1,81	2,28
4,20	3	0,794	1,81	2,28
4,40	4	0,791	2,40	3,03
4,60	8	0,789	4,49	5,69
4,80	8	0,787	4,48	5,69
5,00	8	0,785	4,47	5,69



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

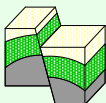
Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

SUDDIVISIONE SOTTOSUOLO IN “ORIZZONTI-TIPO”

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,6	6,00	6,04	4,97	1,46	8,76	Livello Ta: suolo agricolo da soffice a localmente addensato; presenza di componente organica
1,8	1,83	1,69	18,35	1,47	2,69	Livello LAs: limi argillosi con subordinata sabbia fine; materiali scadenti
2,2	3,50	3,06	26,77	1,47	5,15	Livello S: sabbie generalmente fini, con limo subordinato
3,8	1,00	0,81	16,96	1,48	1,48	Livello LAs: limi argillosi con subordinata sabbia fine; materiali scadenti
5	5,67	4,11	3,23	1,50	8,49	Livello S: sabbie generalmente fini, con limo subordinato



Esecuzione Prova P5 in data 06.06.2024



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

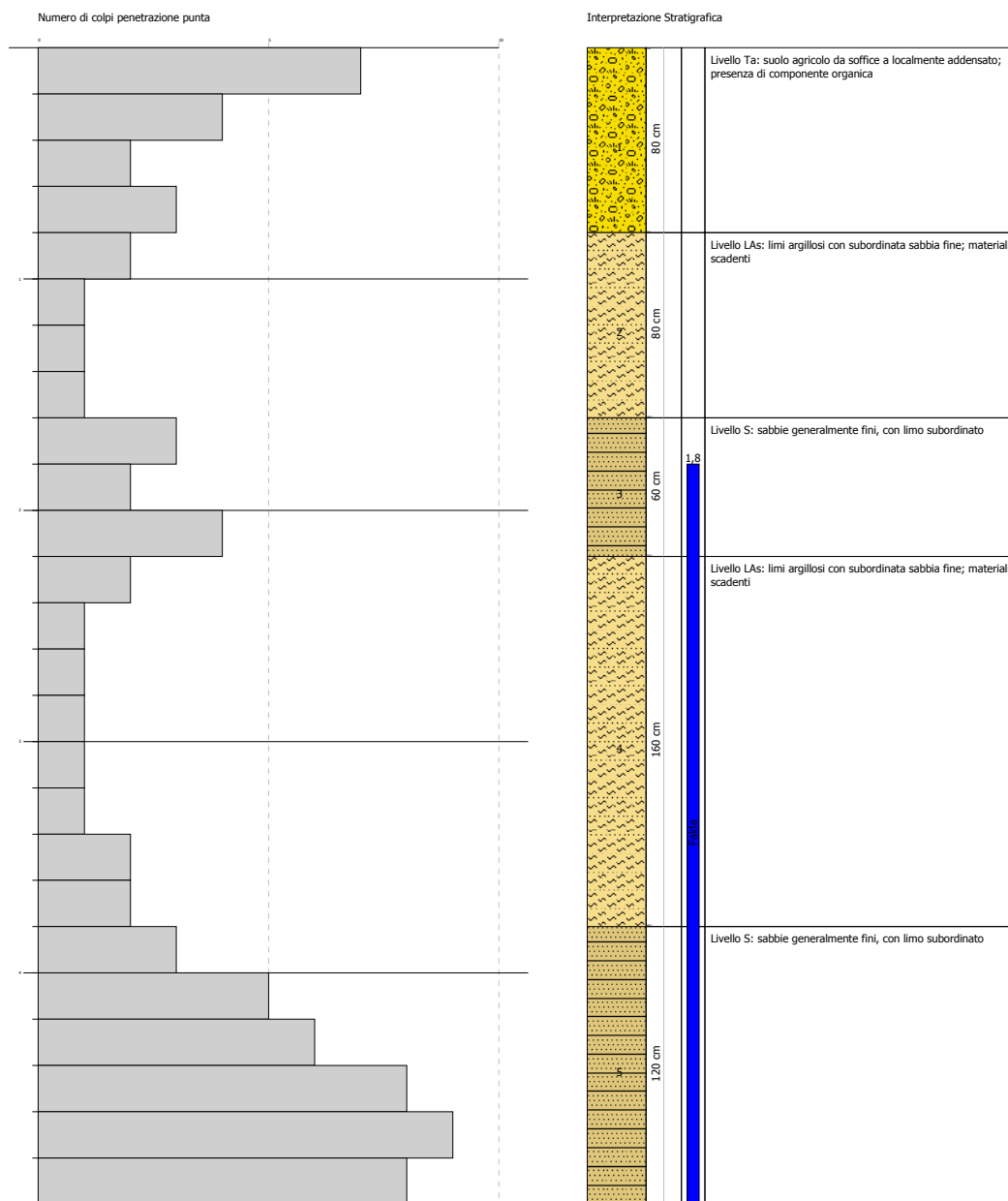
s.a.G.A. - Studio Associato di Geologia Applicata
Via Aldo Moro 4 - 12051 Alba (CN)
Via Montevideo 2A/A - 16129 Genova

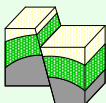
PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P.6
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Chiron Energy s.r.l.
Cantiere: Realizzazione lotti di impianti fotovoltaici
Località: Comune di Castel Maggiore (BO)

Data: 06/06/2024

Scale 1:23



**s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata**

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)
Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

PROVA P6

Strumento utilizzato...

Prova eseguita in data

Profondità prova

Falda:

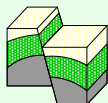
DPSH TG 63-200 PAGANI

22/05/2024

5,00 mt

- 1,8 m da p.c.

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)
0,20	7	0,855	6,16	7,21
0,40	4	0,851	3,51	4,12
0,60	2	0,847	1,60	1,89
0,80	3	0,843	2,39	2,84
1,00	2	0,840	1,59	1,89
1,20	1	0,836	0,79	0,95
1,40	1	0,833	0,79	0,95
1,60	1	0,830	0,72	0,87
1,80	3	0,826	2,17	2,62
2,00	2	0,823	1,44	1,75
2,20	4	0,820	2,87	3,50
2,40	2	0,817	1,43	1,75
2,60	1	0,814	0,66	0,81
2,80	1	0,811	0,66	0,81
3,00	1	0,809	0,66	0,81
3,20	1	0,806	0,65	0,81
3,40	1	0,803	0,65	0,81
3,60	2	0,801	1,22	1,52
3,80	2	0,798	1,21	1,52
4,00	3	0,796	1,81	2,28
4,20	5	0,794	3,01	3,79
4,40	6	0,791	3,60	4,55
4,60	8	0,789	4,49	5,69
4,80	9	0,787	5,04	6,40
5,00	8	0,785	4,47	5,69

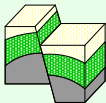


SUDDIVISIONE SOTTOSUOLO IN “ORIZZONTI-TIPO”

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,8	4,00	4,02	6,82	1,46	5,84	Livello Ta: suolo agricolo da soffice a localmente addensato; presenza di componente organica
1,6	1,25	1,16	19,30	1,47	1,84	Livello LAs: limi argillosi con subordinata sabbia fine; materiali scadenti
2,2	3,00	2,62	23,96	1,47	4,42	Livello S: sabbie generalmente fini, con limo subordinato
3,8	1,38	1,11	13,18	1,48	2,05	Livello LAs: limi argillosi con subordinata sabbia fine; materiali scadenti
5	6,50	4,73	-0,55	1,50	9,74	Livello S: sabbie generalmente fini, con limo subordinato



Esecuzione Prova P6 in data 06.06.2024



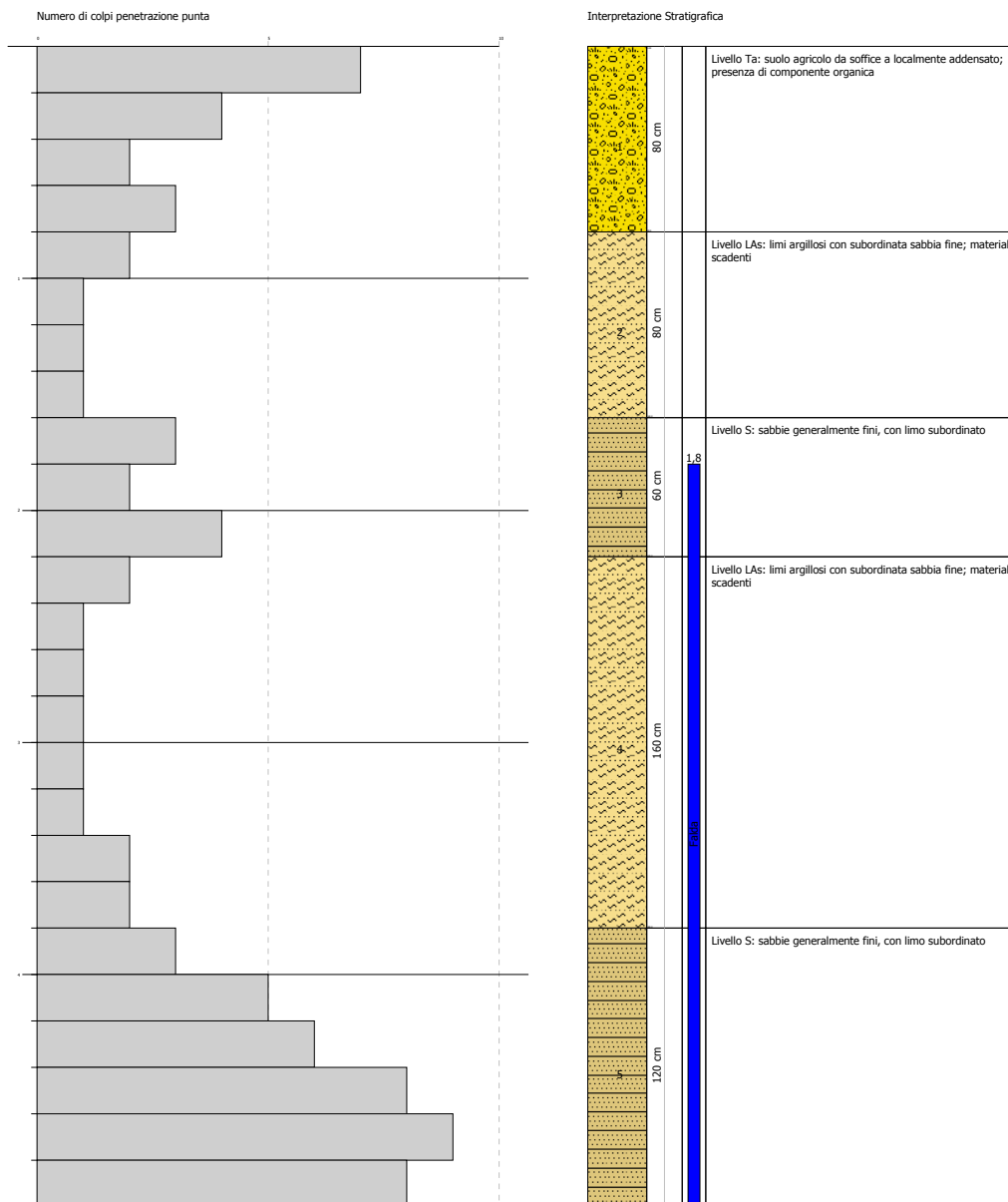
s.a.G.A. - Studio Associato di Geologia Applicata
Via Aldo Moro 4 - 12051 Alba (CN)
Via Montevideo 2A/A - 16129 Genova

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P.6
Strumento utilizzato... DPSH TG 63-200 PAGANI

Committente: Chiron Energy s.r.l.
Cantiere: Realizzazione lotti di impianti fotovoltaici
Località: Comune di Castel Maggiore (BO)

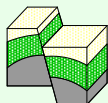
Data: 06/06/2024

Scala 1:23



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2

**s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata**

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)
Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

PROVA P7

Strumento utilizzato...

Prova eseguita in data

Profondità prova

Falda:

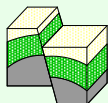
DPSH TG 63-200 PAGANI

06/06/2024

5,00 mt

- 1,8 m da p.c.

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)
0,20	6	0,855	5,28	6,18
0,40	3	0,851	2,63	3,09
0,60	3	0,847	2,40	2,84
0,80	3	0,843	2,39	2,84
1,00	2	0,840	1,59	1,89
1,20	3	0,836	2,37	2,84
1,40	2	0,833	1,58	1,89
1,60	1	0,830	0,72	0,87
1,80	1	0,826	0,72	0,87
2,00	1	0,823	0,72	0,87
2,20	1	0,820	0,72	0,87
2,40	2	0,817	1,43	1,75
2,60	3	0,814	1,98	2,44
2,80	3	0,811	1,98	2,44
3,00	3	0,809	1,97	2,44
3,20	5	0,806	3,27	4,06
3,40	3	0,803	1,96	2,44
3,60	6	0,801	3,65	4,55
3,80	6	0,798	3,63	4,55
4,00	5	0,796	3,02	3,79
4,20	9	0,794	5,42	6,83
4,40	5	0,791	3,00	3,79
4,60	5	0,789	2,81	3,56
4,80	5	0,787	2,80	3,56
5,00	6	0,785	3,35	4,27



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

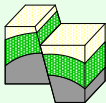
Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

SUDDIVISIONE SOTTOSUOLO IN “ORIZZONTI-TIPO”

Prof. Strato (m)	NPDM	Rd (Mpa)	Tensione efficace (KPa)	Coeff. di correlaz. con Nspt	Nspt	Descrizione
0,4	4,50	4,64	3,31	1,46	6,57	Livello Ta: suolo agricolo da soffice a localmente addensato; presenza di componente organica
3	2,15	1,91	25,24	1,47	3,16	Livello LAs: limi argillosi con subordinata sabbia fine; materiali scadenti
5	5,50	4,14	27,23	1,49	8,19	Livello S: sabbie generalmente fini, con limo subordinato



Esecuzione Prova P7 in data 06.06.2024



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

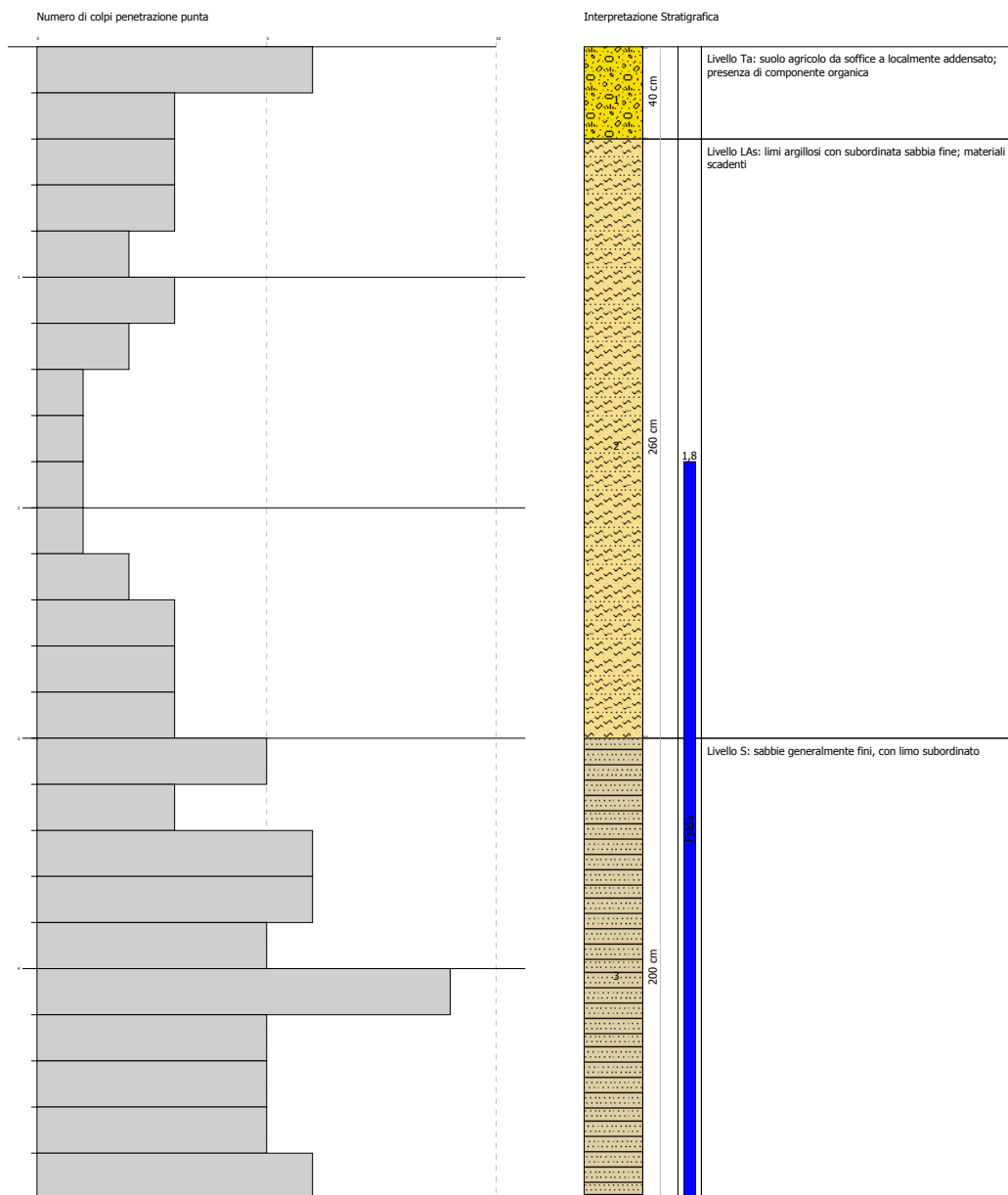
s.a.G.A. - Studio Associato di Geologia Applicata
Via Aldo Moro 4 - 12051 Alba (CN)
Via Montevideo 2A/A - 16129 Genova

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P7
Strumento utilizzato... DPH TG 63-200 PAGANI

Committente: Chiron Energy s.r.l.
Cantiere: Realizzazione lotti di impianti fotovoltaici
Località: Comune di Castel Maggiore (BO)

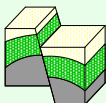
Data: 06/06/2024

Scale 1:23



SIGNATURE 1

SIGNATURE 2



ELABORAZIONE PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Nella progettazione geotecnica la scelta dei valori caratteristici dei parametri deriva da una stima cautelativa, effettuata dal progettista, del valore del parametro appropriato per lo stato limite considerato (NTC C6.2.1).

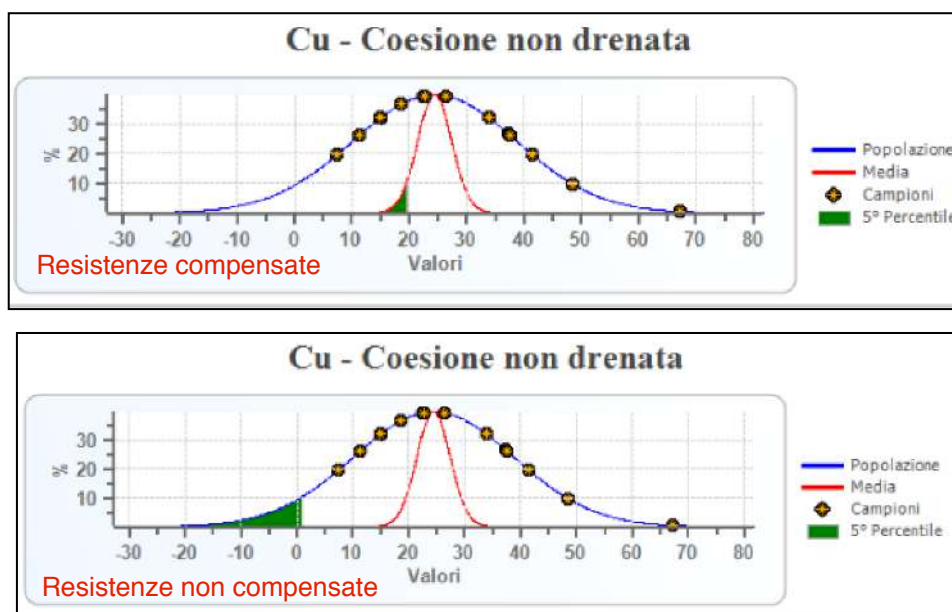
Appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti ("**Resistenze compensate**" -> p.es. fondazioni continue superficiali, pali per resistenza laterale, pendii e fronti di scavo, strutture rigide).

Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità ("**Resistenze non compensate**" -> p.es. pali per portata alla punta, plinti e travi non collegati, verifiche a scorrimento, strutture non sufficientemente rigide).

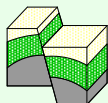
Vengono quindi presentati **due valori caratteristici per ogni parametro geotecnico analizzato** (ad esclusione del Peso di Volume e del Peso di Volume Saturo, per i quali appare sufficiente riferirsi al valore prossimo a quello medio). Entrambi i valori si riferiscono al 5° percentile, rispettivamente per l'intera "popolazione" dei valori acquisiti in campagna (condizioni di resistenze non compensate) e per i valori prossimi alla media (condizioni di resistenze compensate).

In questo modo si permette al Tecnico Progettista delle strutture di adottare i valori caratteristici del sottosuolo che più si adattano al tipo di condizione progettuale ipotizzata ed alla sua verifica.

Nella Figura seguente è mostrato il grafico di riferimento della distribuzione statistica dal quale scaturiscono i due valori di cui sopra.

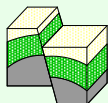


Distribuzione statistica dei valori nei casi di Resistenze compensate e Resistenze non compensate



La Tabella sottostante riassume i **Valori Caratteristici dei parametri geotecnici** per ogni singolo strato discretizzato **da utilizzare per la progettazione**. Nelle pagine seguenti sono indicate l'elaborazioni statistiche effettuate per ogni singolo strato.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL SOTTOSUOLO - PROVE DPM								
PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI - RESISTENZE NON COMPENSATE								
Livello	Gamma	Gamma Sat	phi	CU	c'	Ed	Ey	G
	kN/mc	kN/mc	°	kPa	kPa	Mpa	Mpa	Mpa
Ta	18,3	19,5	24,5	10,4	0,0	1,9	4,7	30
LAs	15,5	18,2	20,4	3,4	0,8	0,6	1,4	15
S	15,8	18,6	26,0	0,0	0,0	3,5	3,7	30
PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI - RESISTENZE COMPENSATE								
Livello	Gamma	Gamma Sat	phi	CU	c'	Ed	Ey	G
	kN/mc	kN/mc	°	kPa	kPa	Mpa	Mpa	Mpa
Ta	15,5	18,2	26,0	14,9	0,0	2,7	6,3	37
LAs	15,5	18,6	21,3	4,5	1,2	0,9	2,1	19
S	15,8	18,6	26,9	0,0	0,0	3,9	5,5	37
	Peso Volume	Peso Volume Sat	Angolo attrito	Coesione non dren	Coesione drenata	Modulo edometrico	Modulo Young	Modulo taglio din
Note: la coesione drenata (c') è una frazione di CU ricavata da dati in letteratura e risultati di prove di laboratorio su materiali analoghi								

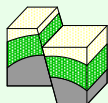


s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

TABULATI DI CALCOLO DEI PARAMETRI CARATTERISTICI
PER OGNI SINGOLO STRATO DIFFERENZIATO



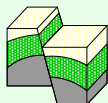
Livello Ta

Elenco delle misure

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di taglio [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]
1	25,11	12,55	2,30	33,21	5,73
2	25,81	14,32	2,63	36,03	9,55
3	28,96	23,83	4,38	49,25	8,59
4	28,24	21,48	3,94	46,16	8,59
5	28,24	21,48	3,94	46,16	5,73
6	25,81	14,32	2,63	36,03	6,44
7	26,46	16,08	2,96	38,72	6,78

Risultati elaborazione

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [Mpa]	Modulo di taglio [Mpa]	Modulo di Young [Mpa]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard		Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° Percentile		5° Percentile	5° Percentile	5° Percentile
Minimo	25,11	12,55	2,30	33,21	5,73
Massimo	28,96	23,83	4,38	49,25	9,55
Valore medio	26,95	17,72	3,25	40,79	7,44
Varianza	2,27	19,69	0,66	39,38	2,79
Dev. St.	0,57	1,68	0,31	2,37	0,68
Percentile	(5°) 24,47	(5°) 10,42	(5°) 1,91	(5°) 30,47	(5°) 4,69
Percentile media	(5°) 26,01	(5°) 14,96	(5°) 2,75	(5°) 36,89	(5°) 6,32
C.O.V.	0,06	0,25	0,25	0,15	0,22



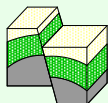
Livello LAs

Elenco delle misure

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di taglio [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]
1	20,87	4,22	0,77	17,07	3,20
2	21,80	5,69	1,04	20,45	2,27
3	22,40	6,67	1,23	22,69	2,69
4	22,11	6,18	1,14	21,61	2,48
5	22,33	6,57	1,21	22,44	2,64
6	20,44	3,63	0,67	15,58	1,45
7	21,07	4,51	0,83	17,79	1,80
8	21,40	5,00	0,92	19,01	2,01
9	22,95	7,75	1,42	24,76	3,10

Risultati elaborazione

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [Mpa]	Modulo di taglio [Mpa]	Modulo di Young [Mpa]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard		Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° Percentile		5° Percentile	5° Percentile	5° Percentile
Minimo	20,44	3,63	0,67	15,58	1,45
Massimo	22,95	7,75	1,42	24,76	3,20
Valore medio	21,71	5,58	1,03	20,16	2,40
Varianza	0,67	1,80	0,06	9,05	0,34
Dev. St.	0,27	0,45	0,08	1,00	0,19
Percentile	(5°) 20,36	(5°) 3,37	(5°) 0,62	(5°) 15,21	(5°) 1,45
Percentile media	(5°) 21,26	(5°) 4,84	(5°) 0,89	(5°) 18,51	(5°) 2,09
C.O.V.	0,04	0,24	0,24	0,15	0,24



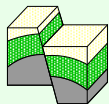
Livello S

Elenco delle misure

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di taglio [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]
1	26,73		3,83	35,35	4,44
2	27,27		4,05	39,33	5,29
3	27,72		4,24	42,56	6,02
4	27,75		4,25	42,80	6,07
5	26,48		3,73	33,37	6,06
6	28,11		4,40	45,29	9,99
7	26,10		3,58	30,39	5,20
8	28,68		4,66	49,25	7,64
9	27,97		4,34	44,30	6,43

Risultati elaborazione

	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione non drenata [kN/mq]	Modulo di compressibilità edometrica [Mpa]	Modulo di taglio [Mpa]	Modulo di Young [Mpa]
Tipo di elaborazione	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard	Distribuzione standard
Valore considerato	5° Percentile	5° Percentile	5° Percentile	5° Percentile	5° Percentile
Minimo	26,10	--	3,58	30,39	4,44
Massimo	28,68	--	4,66	49,25	9,99
Valore medio	27,42	--	4,12	40,29	6,35
Varianza	0,71	--	0,12	38,00	2,66
Dev. St.	0,28	--	0,12	2,05	0,54
Percentile	(5°) 26,04	--	(5°) 3,54	(5°) 30,15	(5°) 3,67
Percentile media	(5°) 26,96	--	(5°) 3,93	(5°) 36,91	(5°) 5,45
C.O.V.	0,03	--	0,09	0,15	0,26



s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

ALLEGATO 2

Elaborazione prove MASW e H/V

INDAGINE CONGIUNTA TRA METODO MASW E H/V

Per produrre un profilo sismo-stratigrafico con il metodo H/V è indispensabile conoscere la profondità del riflettore principale oppure il profilo V_s ottenuto dalla prova MASW.

Nel sito mostrato in Fig. 1 è stata eseguita un'indagine di sismica attiva (MASW) e passiva a stazione singola (HV).



Fig. 1. Localizzazione delle indagini sismiche.



Foto scattata vicino al geofono G1.



Foto scattata vicino al geofono G24.

Nella prova MASW, alla presenza di un riflettore importante caratterizzato da elevata rigidità, l'energia prodotta da una sorgente convenzionale superficiale rimane quasi tutta confinata nel mezzo tenero, rimanendo poca energia disponibile per caratterizzare le velocità di propagazione delle onde sismiche nel mezzo rigido.

Conseguentemente, l'analisi congiunta tra metodo MASW e H/V si rivela ideale, poiché la prova MASW fornisce il vincolo per la tecnica H/V, che permette di ottenere profili V_s a profondità maggiori di quelle raggiungibili con la sola MASW.

L'elaborazione è stata eseguita con il software *Grilla* della Moho s.r.l.

Metodo MASW

L'analisi multicanale delle onde sismiche superficiali (MASW) è consistita nella registrazione simultanea tramite 24 geofoni (frequenza propria di 4.5 Hz), distanziati di 2 m, di una vibrazione prodotta da una sorgente sismica impulsiva (martello da 10 kg), sistemata agli estremi dell'allineamento a 2 m di distanza dal ricevitore (vedere l'allegato per dettagli sui parametri utilizzati).

Figura 2 mostra i sismogrammi della componente verticale delle onde di Rayleigh.

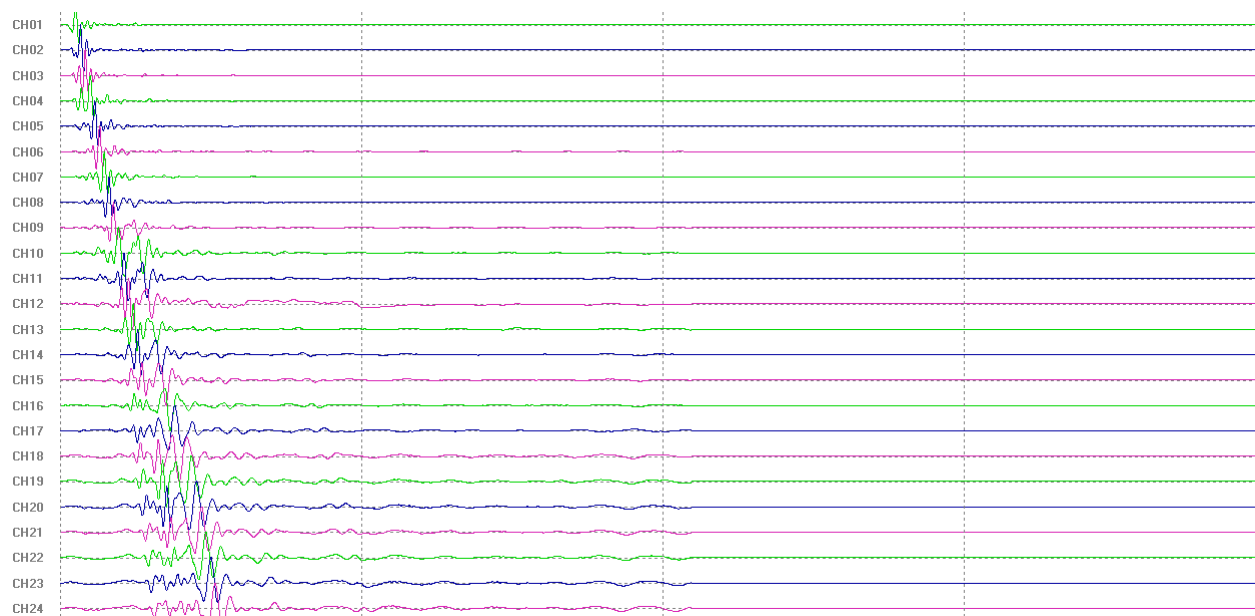


Fig. 2. Sismogrammi (in ordinata i canali e in ascissa il tempo in secondi – intervallo 1 s), sorgente sismica a 2 m dal geofono 1.

In Fig. 3 è mostrato lo spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh.

Il software preleva automaticamente l'ampiezza massima per ogni frequenza definendo la curva di dispersione.

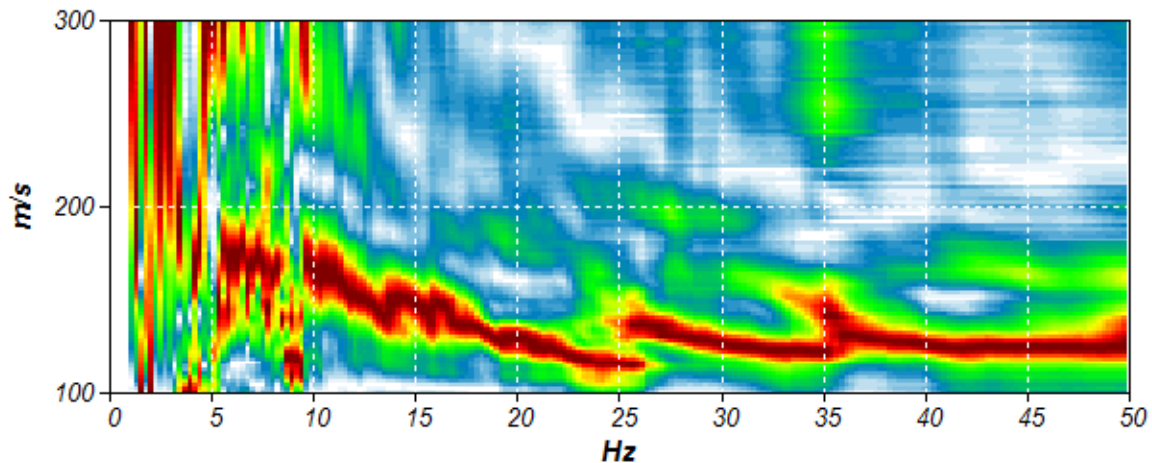


Fig. 3. Spettro di velocità di fase dell'onda di Rayleigh.

Metodo H/V

Si basa sullo studio dei rapporti di ampiezza che, nelle diverse frequenze di vibrazione (rapporti spettrali), esistono tra il rumore sismico ambientale (microtremore) misurato sul piano orizzontale (H) e quello lungo la verticale (V).

I risultati che si possono ottenere da un'indagine di questo tipo sono la velocità media delle onde di taglio calcolata tramite un codice di calcolo e la stratigrafia di massima del suolo.

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale modello Tromino@Zero della Moho s.r.l. È costituito essenzialmente da tre velocimetri orientati secondo le direzioni N-S, E-W e verticale, rispettivamente ortogonali tra loro. La strumentazione opera nell'intervallo di frequenze tra 0.1 e 128 Hz, consentendo di ottenere un'elevata risoluzione. I dati del moto del terreno, dopo essere stati amplificati e digitalizzati, vengono memorizzati su una memoria interna digitale.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

a) le curve H/V ricavate con i seguenti parametri:

- larghezza delle finestre d'analisi 20 s,
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale,
- rimozione nelle finestre di eventuali transienti ancora presenti.

b) le curve dello spettro di velocità delle tre componenti del moto, ottenute dopo analisi con gli stessi parametri del punto (a).

La scheda in esteso, secondo le linee guida del progetto europeo Sesame, è riportata in Allegato. I criteri di significatività consistono nella valutazione dell'attendibilità statistica della curva H/V e nella valutazione della chiarezza del picco H/V.

Le curve H/V sono curve sperimentali che rappresentano il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali (riferite alle componenti verticale e orizzontali del moto) in funzione della frequenza.

I picchi della curva H/V presenti a una data frequenza possono essere più o meno evidenti e interpretabili a seconda dell'entità del contrasto d'impedenza sismica tra il substrato rigido e lo strato più superficiale di copertura.

Risultato

L'analisi congiunta è mostrata in Fig. 4, dove sono riportati gli spettri di velocità di fase dell'onda di Rayleigh derivanti dalla prova MASW e la curva H/V1 sperimentale.

Usando un approccio di tipo diretto, basato sulla simulazione del campo di onde di superficie in sistemi a strati piani e paralleli, la sovrapposizione delle curve sperimentali, ottenute con le due prove (MASW e metodo H/V) con quella calcolata dal modello, ha fornito il profilo di V_s mostrato in Fig. 4c per il sito d'indagine.

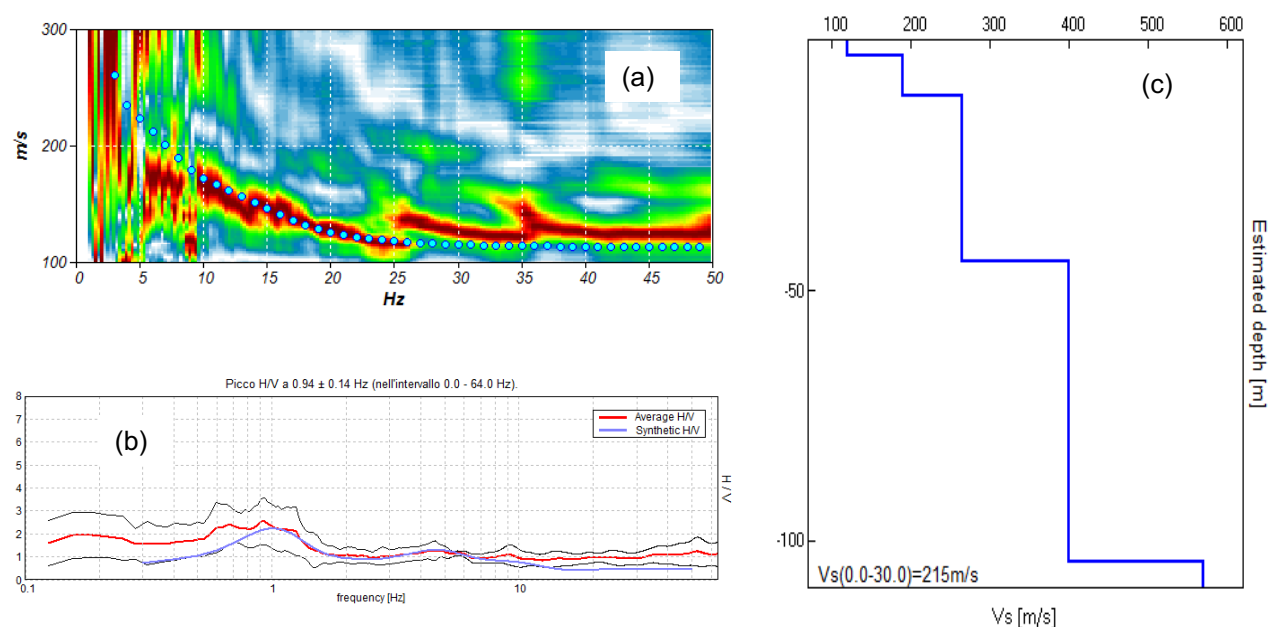


Fig. 4. (a) spettri di velocità dell'onda di Rayleigh e modo fondamentale della curva di dispersione teorica ottenuta dal modello di sottosuolo (c); (b) curva media H/V sperimentale (rosso) con deviazione standard (curva nera sottile) e sintetica (blu) calcolata dal modello di sottosuolo (c); (c) modello di sottosuolo in termini di V_s derivato dall'analisi congiunta della prova MASW e del metodo H/V.

MASW (file 1012.seg)

Inizio registrazione: 09/11/23 14:56:30 Fine registrazione: 09/11/23 14:56:32

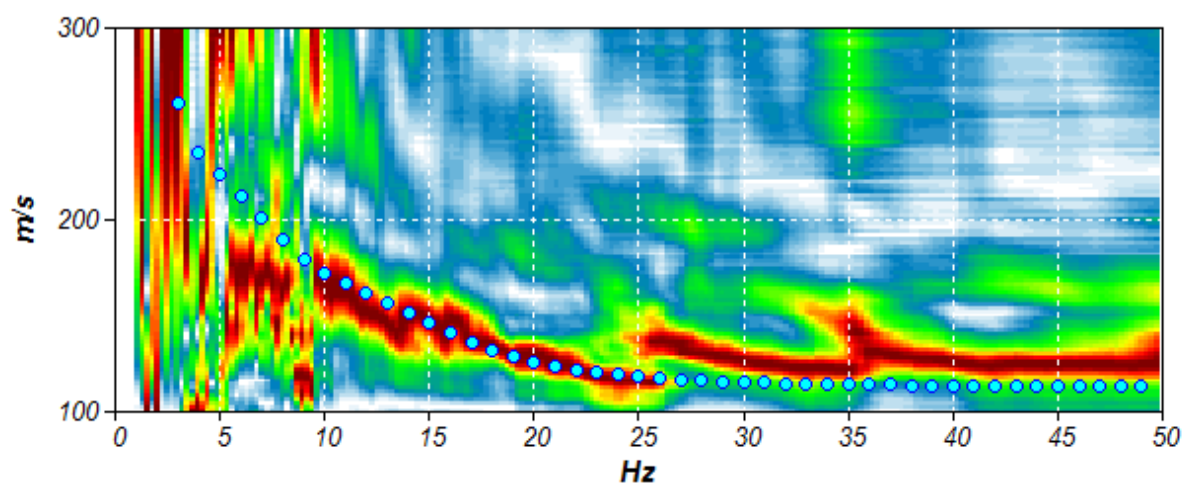
Durata registrazione: 0h00'02".

Freq. campionamento: 977 Hz

Nomi canali: CH01 ; CH02 ; CH03 ; CH04 ; CH05 ; CH06 ; CH07 ;
CH08 ; CH09 ; CH10 ; CH11 ; CH12 ; CH13 ; CH14 ; CH15 ;
CH16 ; CH17 ; CH18 ; CH19 ; CH20 ; CH21 ; CH22 ; CH23 ;
CH24

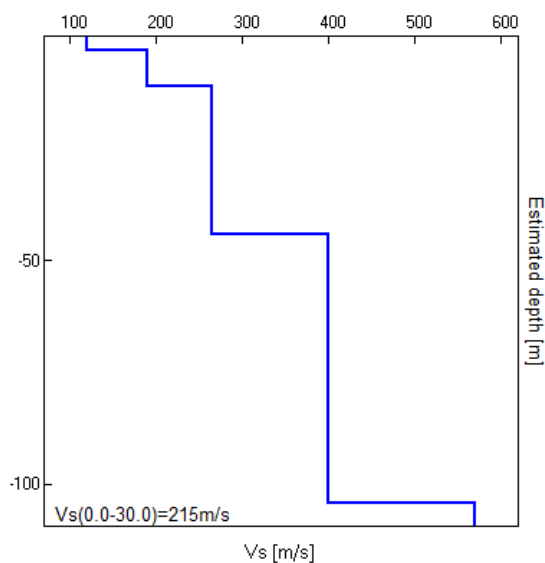
Array geometry (x): 0.0 2.0 4.0 6.0 8.0 10.0 12.0 14.0 16.0 18.0 20.0 22.0 24.0 26.0 28.0 30.0 32.0 34.0
36.0 38.0 40.0 42.0 44.0 46.0 m.

MODELLED RAYLEIGH WAVE PHASE VELOCITY DISPERSION CURVE



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
3.20	3.20	120	0.40
11.20	8.00	190	0.40
44.20	33.00	265	0.35
104.20	60.00	400	0.35
inf.	inf.	570	0.35

Vseq = 215 m/s



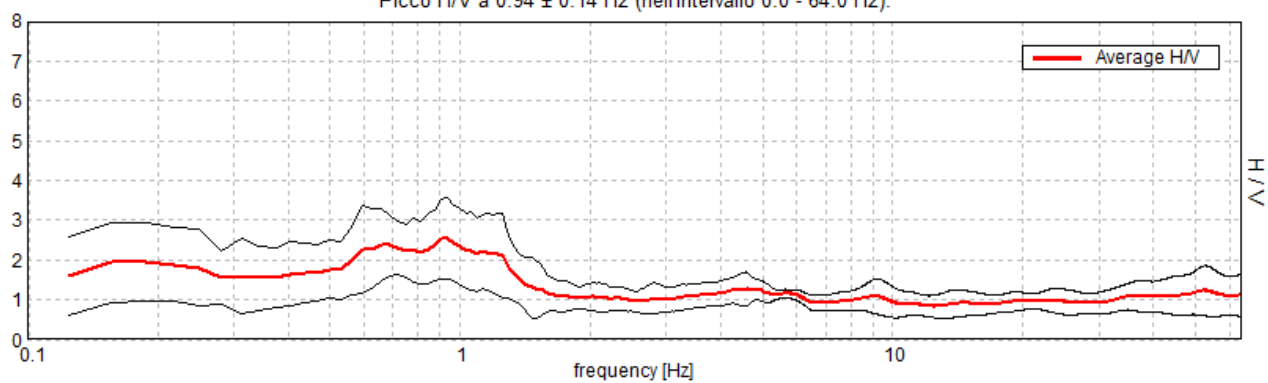
HV1



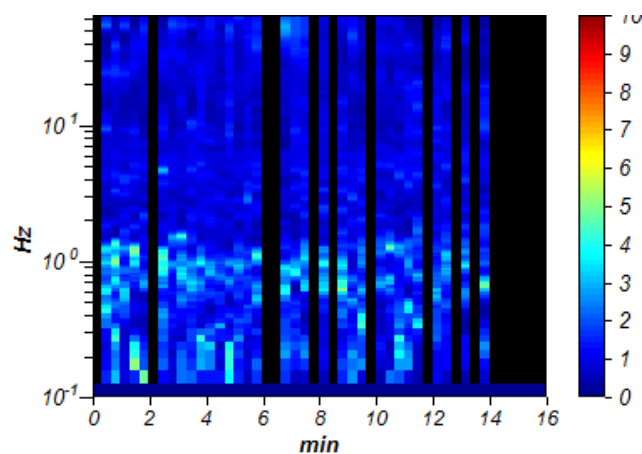
Inizio registrazione: 09/11/23 16:33:21 Fine registrazione: 09/11/23 16:49:20
Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN
Durata registrazione: 0h16'00". Analizzato 67% tracciato (selezione manuale)
Freq. campionamento: 128 Hz
Lunghezza finestre: 20 s
Tipo di lisciamento: Triangular window
Lisciamento: 10%

RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

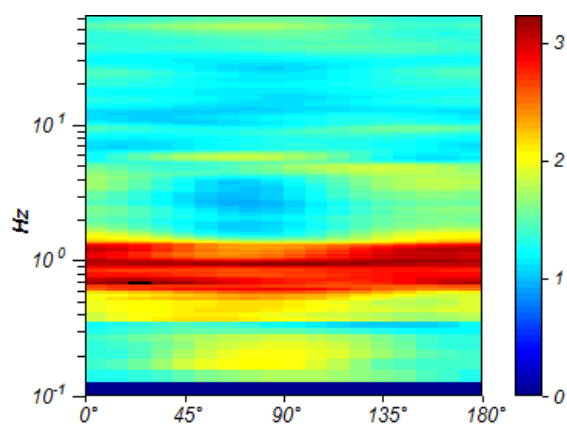
Picco H/V a 0.94 ± 0.14 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).



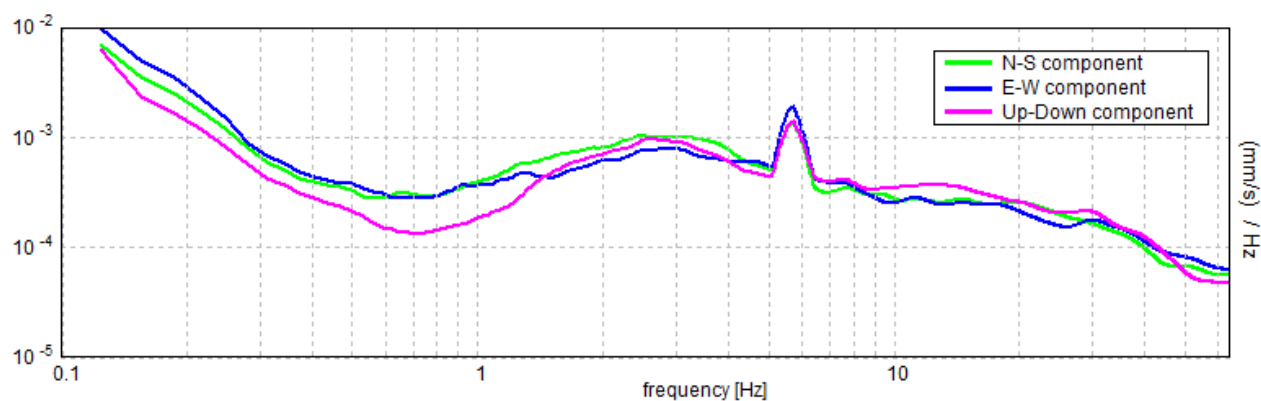
SERIE TEMPORALE H/V



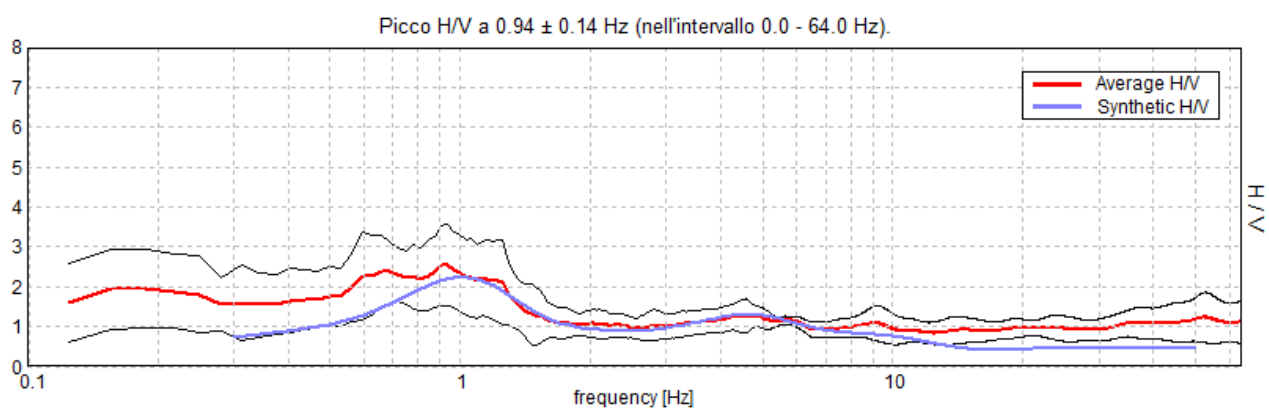
DIREZIONALITA' H/V



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



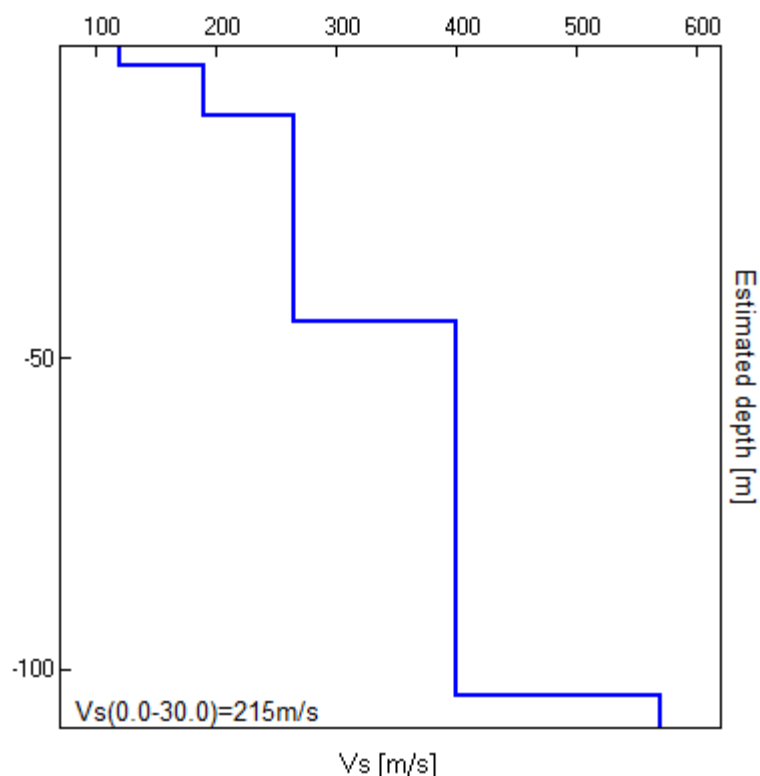
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Picco H/V a 0.94 ± 0.14 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
3.20	3.20	120	0.40
11.20	8.00	190	0.40
44.20	33.00	265	0.35
104.20	60.00	400	0.35
inf.	inf.	570	0.35

Vseq = 215 m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di *Grilla* prima di interpretare la tabella seguente].

Picco H/V a 0.94 ± 0.14 Hz (nell'intervallo 0.0 - 64.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$0.94 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$600.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 46	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

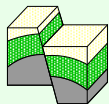
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$			NO
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.5 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.55 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.14884 < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.13954 < 0.14063$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$1.032 < 2.0$	OK	

L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$

A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$					
Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



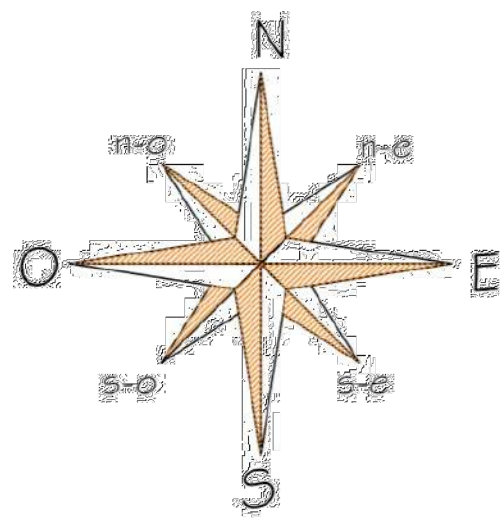
s.a.G.A. studio associato di Geologia Applicata

via Montevideo 2A int. A 16129 Genova - via Aldo Moro 4 12051 Alba (CN)

Tel & Fax +390103629775 - Cell. +393472484811 - email: studio.associato.saga@gmail.com

ALLEGATO 3

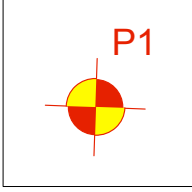
Tavole grafiche



DATI TECNICI LOTTO DI IMPIANTI FOTOVOLTAICI	
Potenza nominale totale = 23.996,70 kW	
IMPIANTO FV "CASTEL MAGGIORE 1" (POTENZA 8.009,82 kWp)	
N.489 STRINGHE DA 26 MODULI	
N.12.714 MODULI MONOCRISTALLINI DA 630Wp	
N.25 CONVERTITORI CC/CA (INVERTER)	
IMPIANTO FV "CASTEL MAGGIORE 2" (POTENZA 7.993,44 kWp)	
N.488 STRINGHE DA 26 MODULI	
N.12.688 MODULI MONOCRISTALLINI DA 630Wp	
N.25 CONVERTITORI CC/CA (INVERTER)	
IMPIANTO FV "CASTEL MAGGIORE 3" (POTENZA 7.993,44 kWp)	
N.488 STRINGHE DA 26 MODULI	
N.12.688 MODULI MONOCRISTALLINI DA 630Wp	
N.25 CONVERTITORI CC/CA (INVERTER)	

SEGNO	LEGENDA/SIMBOLI
	Accesso all'impianto fotovoltaico
	Limite di proprietà
	Recinzione con rete metallica plastificata a pali infissi al suolo
	Limite area di installazione moduli
	Opere di mitigazione perimetrali a basso fusto
	Aberatura esistente
	Moduli fotovoltaici su pali infissi al suolo
	Fascia di rispetto stradale
	Fascia di rispetto di 4m per future linee elettriche spostate
	Linea aerea elettrica da spostare
	Linea telecomunicazioni Aerea
	Linea telecomunicazioni interrata
	Recinzione esistente
	Manufatto Enel esistente
	Fascia di rispetto per futuro ampliamento autostrada
	Fossì di scavo esistenti da mantenere
	Viabilità interna all'impianto da realizzare in misto granulare
	Area in disponibilità del proponente non interessata dall'impianto fotovoltaico
	Stabilimenti industriali
	Buffer 500m da stabilimenti industriali

Indagini geognostiche eseguite



Ubicazione delle prove penetrometriche dinamiche DPSH



Prova MASW-H/V per la caratterizzazione sismica del sottosuolo



CHIRON ENERGY SPV 25 S.r.l.
Chiron Energy
SPV 25 S.r.l.
Via Bigli, 2 - 20121 Milano
P.IVA e C.F. 12456150965

VIA BIGLI N. 2 - MILANO
C.F. e P.IVA 12456150965

Regione Emilia Romagna
Comune di Castel Maggiore
Città Metropolitana di Bologna
PROGETTO DEFINITIVO

Titolo: Lotto di impianti di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica
"Castel Maggiore 1" - "Castel Maggiore 2" - "Castel Maggiore 3"
Via Stradellaccio SNC

Oggetto: TAVOLA 1: Planimetria di progetto con ubicazione delle indagini geotecniche eseguite

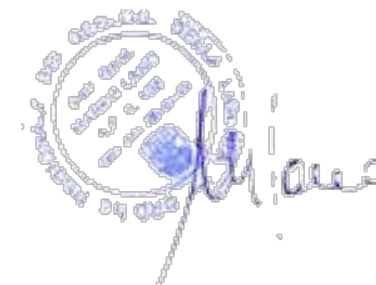
Num. R.F. LINEA: -
Codifica Elaborato: R GEO.T1

Studio di progettazione:



s.a.g.A.
studio associato di
geologia applicata
via Aldo Moro 4 - 12051 Alba (CN)
via Montevideo 2A int. A - 16129 Genova
Tel & fax +390102029711 - e-mail: info@sagaitalia.it

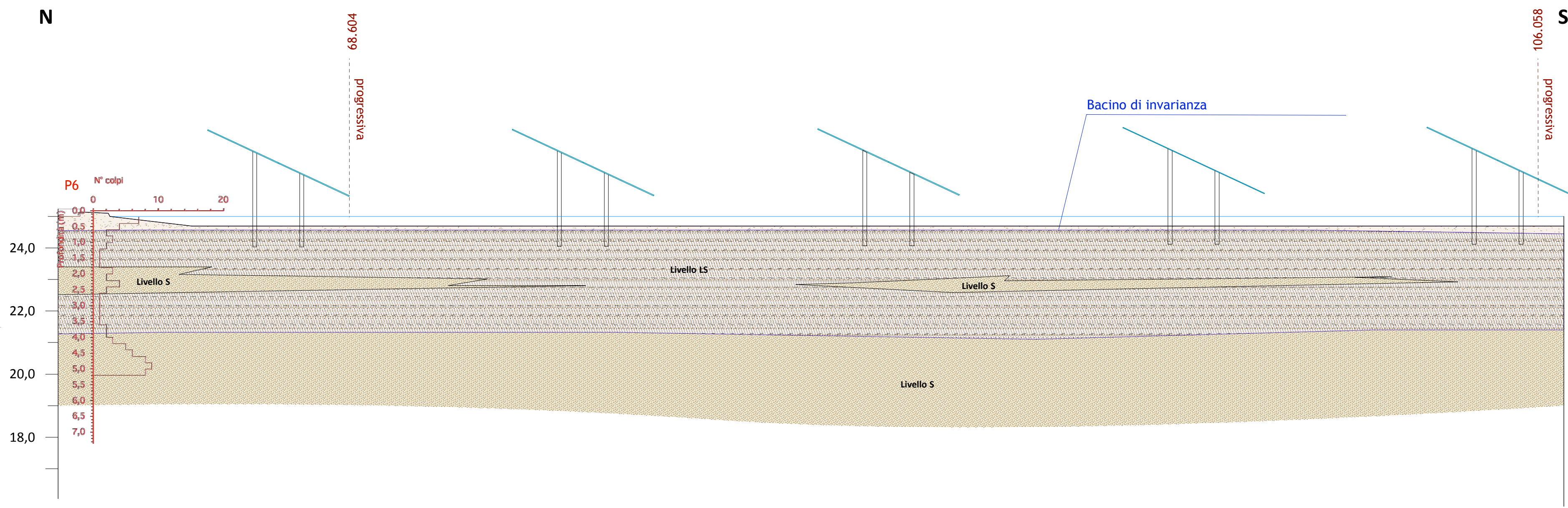
Progettista:



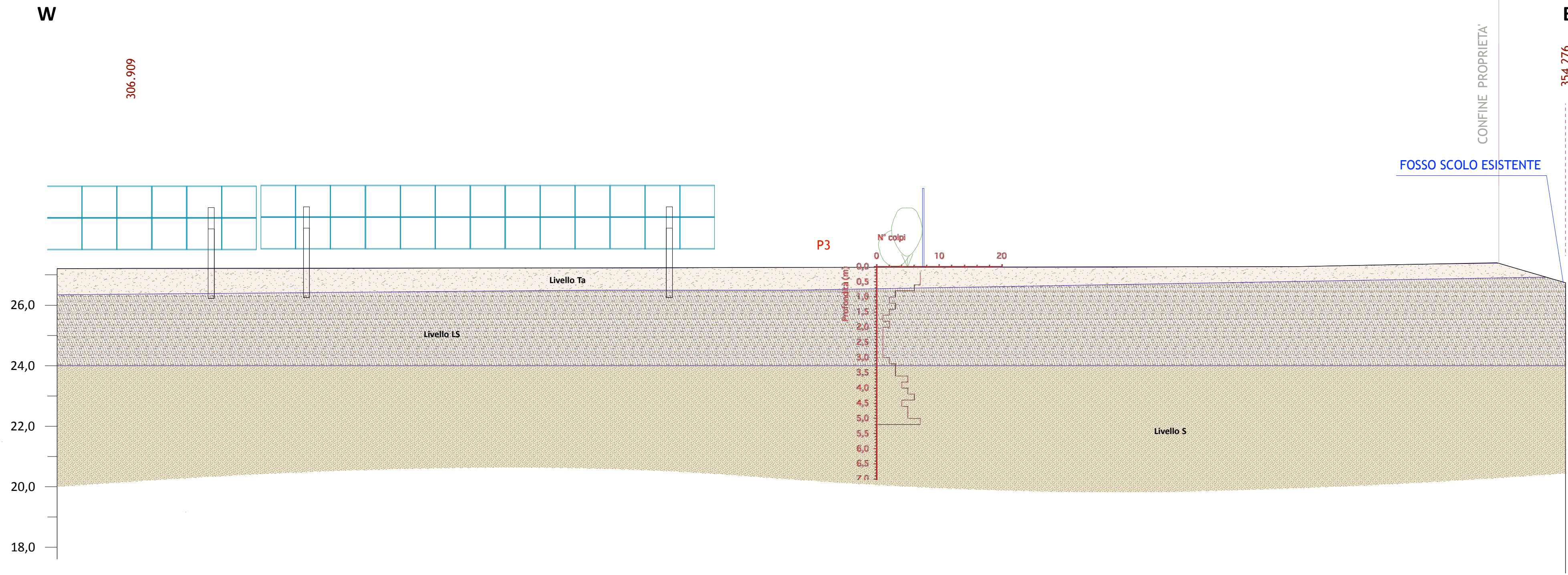
Incarico professionale riservato dalla Chiron Energy Asset Management S.r.l., società controllata dal Gruppo Chiron Energy

Rev.	Data	Descrizione revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	09/2024	prima emissione	SAG A STUDIO GEOLOGIA	M. Lupo	G. Sentus
1					
2					

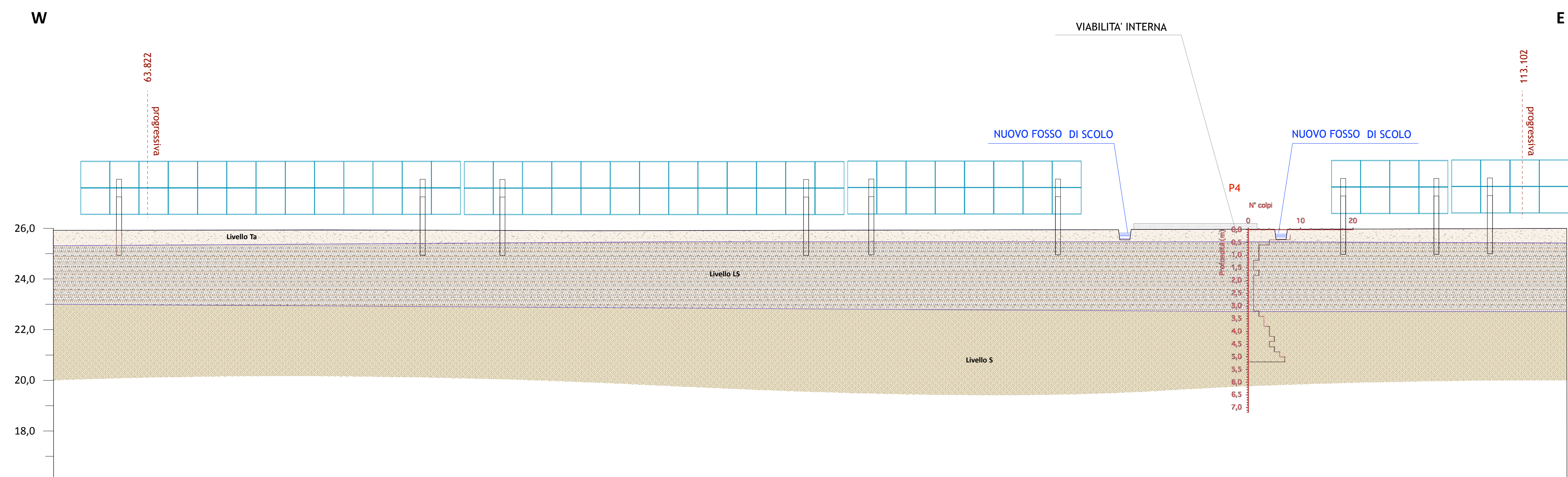
SEZIONE D-D'



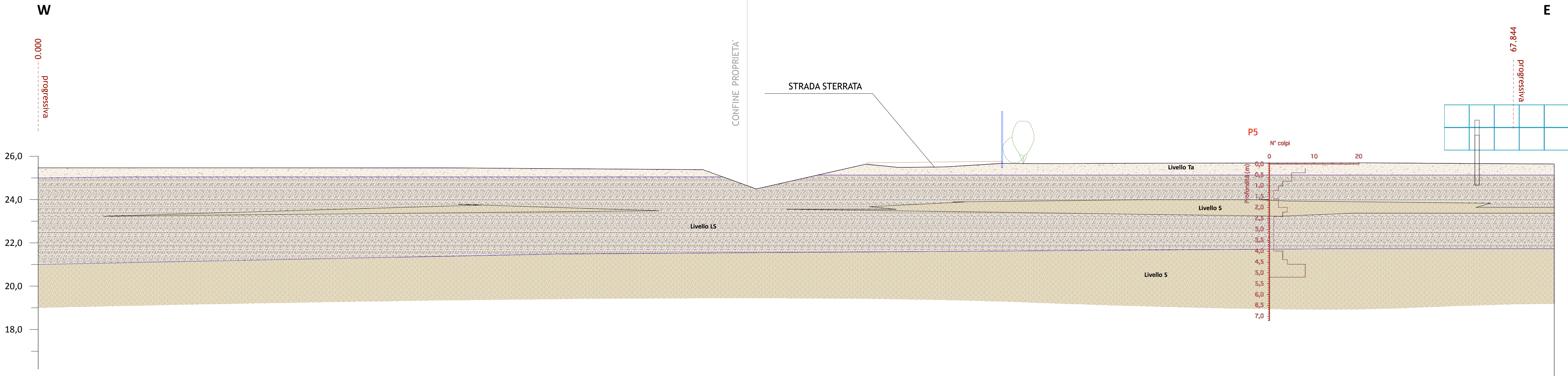
SEZIONE C-C'



SEZIONE B-B'



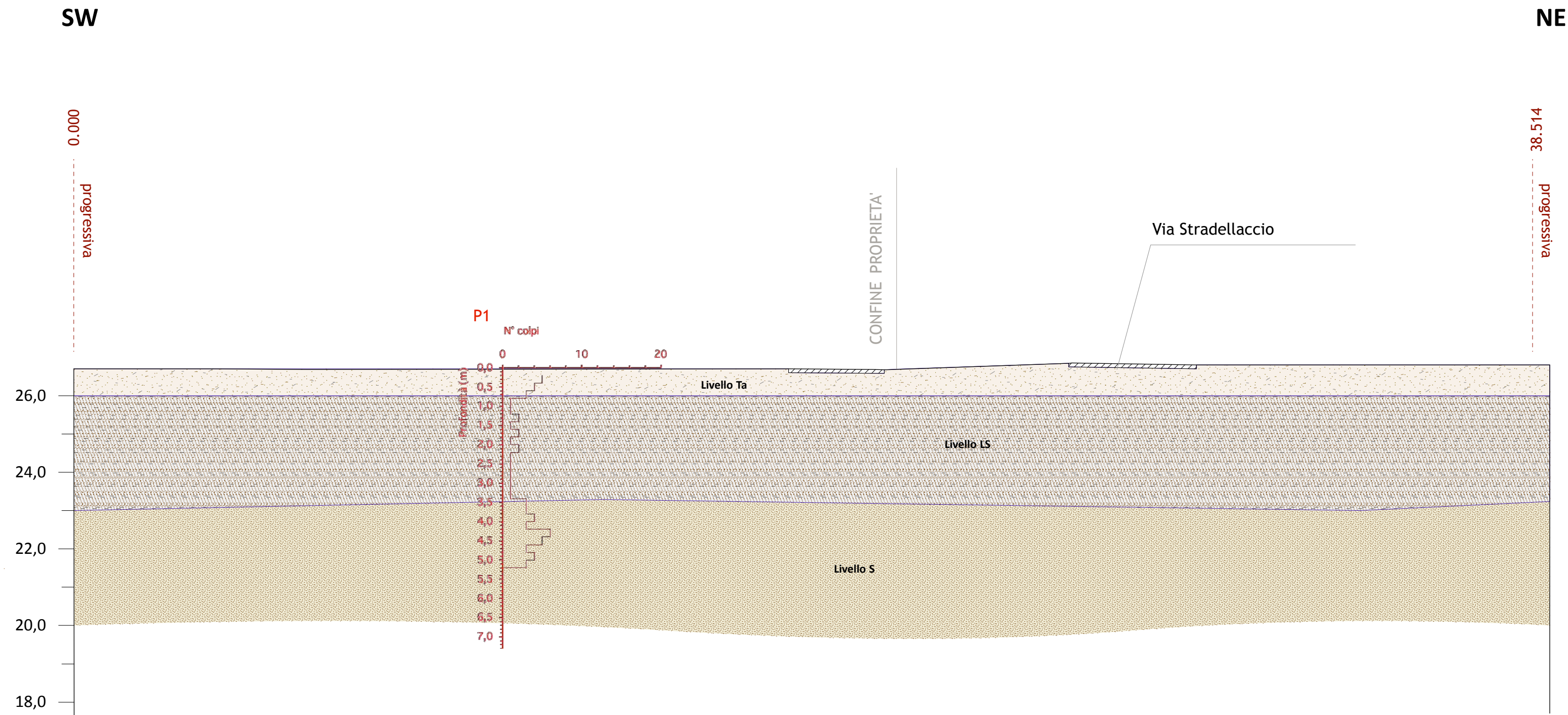
SEZIONE A-A'



Legenda

- Livello Ta:** Suolo agrario da soffice a localmente addensato, con presenza significativa di componente organica
 - Livello LAs:** Limi argillosi con subordinata sabbia fine; materiali generalmente scadenti
 - Livello S:** Sabbie, generalmente fini con rare passate grossolane e presenza di limo subordinato
- Grafico NColpi-Profondità delle prove penetrometriche dinamiche eseguite

SEZIONE F-F'



CHIRON ENERGY CHIRON Energy SPV 25 S.r.l.
Via Bigli, 2 - 20121 Milano
P.IVA e C.F. 12456150965

Regione Emilia Romagna
Comune di Castel Maggiore
Città Metropolitana di Bologna

PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO: Lotto di impianti di produzione di energia elettrica da fonte fotovoltaica
"Castel Maggiore 1" - "Castel Maggiore 2" - "Castel Maggiore 3"
Via Stradellaccio snc

OGGETTO: TAVOLA 2: Sezioni geologiche interpretative
Cod. File: -
Scala: 1:1.000
Formato: A0
Codice: -
Rev: -

s.s.g.a.
studio associato di
geologia applicata
via Aldo Moro 4 - 12051 Alba (CN)
via Montebello 24, int. 4 - 11020 Genova
Tel & Fax +390103829775 - Cal. +393472484811

Progettista:
Incarico professionale ricevuto dalla Chiron Energy Asset Management S.r.l., società facente parte del Gruppo Chiron Energy.

Rev.	Data	Descrizione revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
0	09/2024	prima emissione	S.A.G.A. STUDIO GEOLOGIA	M. Lano	G. Semus
1					
2					