

Regione Emilia Romagna



Comune di Sant'Ilario d'Enza



Committente



ID Energy Group

**LILO SOLAR S.R.L.**

Viale Luca Gaurico 9/11, A, 4°  
00143 Roma, Italy  
P.IVA 16997861006



Titolo del Progetto:

# Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un parco agrivoltaico innovativo delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili denominato "Giambattista"

Documento: **Progetto di fattibilità tecnico-economica** ai sensi del D.lgs 36/23 Art. 41

N° Tavola: **EASR\_A**

Elaborato: **Relazione Geologica**

SCALA: -  
FOGLIO: 1 di 1  
FORMATO: A4

folder: - Nome File: EASR\_A\_Relazione Geologica

Progettazione:



**NEW DEVELOPMENTS**



ISO 9001  
BUREAU VERITAS  
Certification  
1838

**NEW DEVELOPMENTS srl**  
piazza Europa, 14 - 87100 Cosenza (CS)

Progettisti:




dott. Geol. Eugenio Martire

Rev:	Data Revisione:	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
00	27/11/2023	PRIMA EMISSIONE	New. Dev.	LS	LS

## INDICE DEI CONTENUTI

Premessa.....	3
1. Inquadramento Geografico .....	6
2. Inquadramento Geologico Generale .....	7
3. Caratteristiche Geolitologiche .....	8
4. Caratteristiche Geomorfologiche .....	9
5. Caratteristiche Idrologiche e Idrogeologiche .....	10
6. Vincoli Territoriali .....	12
7. Modello Geologico .....	14
8. Caratterizzazione Geotecnica.....	15
9. Sismicità dell’Area .....	16
10. Verifica Di Stabilità Del Pendio .....	28
Conclusioni.....	28
Elaborati Cartografici .....	29
Allegati .....	29

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 - Ubicazione del Comune di Sant’Ilario d’Enza su scala nazionale .....	6
Figura 2 - Reticolo idrografico principale del Nord Italia con evidenza del Torrente Enza .....	10
Figura 3 - Ubicazione prove in situ, su base C.T.R. (non in scala).....	14
Figura 4 - Rappresentazione grafica della storia sismica del Comune di Sant’Ilario d’Enza (RE) .....	17
Figura 5 - Zonazione Sismogenetica ZS9.....	18
Figura 6 - Valori di accelerazione orizzontale nelle zone sismiche.....	19
Figura 7 - Stralcio della mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio. I punti visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento a(g); probabilità di superamento del 10% in 50 anni .....	20
Figura 8 - Rappresentazione schematica del significato delle accelerazioni, delle classi di categoria di suolo e del fattore topografico (da Microsism - procedure automatiche di microzonazione sismica, Giulio Riga).....	21
Figura 9 - ZONA 1 Maglia sismica e Coordinate del sito di appartenenza dell’area Del parco fotovoltaico (dal software “Parametri sismici” - Geostru).....	24
Figura 10 - ZONA 2 Maglia sismica e Coordinate del sito di appartenenza dell’area della stazione elettrica (dal software “Parametri sismici” - Geostru).....	26

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Sono indicati i principali parametri climatici medi mensili (temperatura e mm di pioggia) di Reggio Emilia .....	11
Tabella 2 – Parametri geotecnici area stazione elettrica di trasformazione MT-AT e area impianto .....	15
Tabella 3 - Numero eventi sismici Comune di Sant’ilario d’Enza (RE) .....	16
Tabella 4 - Eventi sismici più significativi dal 1914 ad oggi .....	16
Tabella 5 - Categorie di sottosuolo.....	21
Tabella 6 - Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica.....	16
Tabella 7 - Categorie Topografiche.....	23
Tabella 8 - Valori del coefficiente di amplificazione topografica St .....	23
Tabella 9 - ZONA 1 Siti di Riferimento .....	25
Tabella 10 - ZONA 1 Parametri Sismici .....	25
Tabella 11 - ZONA 1 Coefficienti Sismici - Stabilità dei pendii.....	26
Tabella 12 – ZONA 2 Siti di Riferimento .....	25
Tabella 13 – ZONA 2 Parametri Sismici .....	27
Tabella 14 – ZONA 2 Coefficienti Sismici - Stabilità dei pendii.....	27

## Premessa

Su incarico della società New Developments s.r.l. con sede legale in Piazza Europa n° 14, Cosenza (CS) il sottoscritto geologo Eugenio Martire iscritto all'ordine dei Geologi della Calabria a partire dal Gennaio 2013 al n° 1129, ha effettuato uno studio GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-GEOTECNICO-SISMICO DI BASE, al fine di definire le condizioni di un'area interessata dal **“Progetto definitivo impianto agrivoltaico denominato “Giambattista”**” nel territorio comunale di Sant’Ilario d’Enza (RE).

In particolare nel territorio di S. Ilario d’Enza sarà ubicato l’intero impianto compreso lo sviluppo dell’elettrodotto interrato di vettoriamento MT e la stazione elettrica di trasformazione MT/AT. L’intervento è finalizzato alla produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile in accordo con la Strategia Energetica Nazionale (SEN) che pone un orizzonte di azioni da conseguire al 2030 mediante un percorso che è coerente anche con lo scenario a lungo termine del 2050 stabilito dalla Road Map Europea che prevede la riduzione di almeno l’80% delle emissioni rispetto al 1990.

Le finalità che si vogliono raggiungere con il presente studio si esplicano nella definizione geologica/geomorfologica, geotecnica e sismica del sito esaminato. A tal fine è stato predisposto, nell’area in esame, un programma di studi di ampiezza commisurata al contesto delle opere previste in progetto, costituito da:

- esame della cartografia ufficiale, unitamente a ricerche bibliografiche atte al reperimento di notizie (storiche, morfologiche, tettoniche, sismiche, idrologiche, idrogeologiche, ecc.) e dati tecnici riguardanti l’area in oggetto;
- caratterizzazione geologica ed esame delle condizioni geomorfologiche con il rilievo diretto di superficie esteso anche alle aree limitrofe per acquisire i dati necessari alla valutazione delle caratteristiche morfologiche, idrologiche, climatiche ed ambientali più evidenti, relative al territorio in oggetto.

Il modello geologico rilevato, gli studi e le analisi effettuate hanno consentito di definire:

### Il quadro geologico/geomorfologico:

L’inquadramento geologico, con riferimento alla bibliografia geologica esistente, alla cartografia acquisita, alle indagini stratigrafiche consultate e a quelle svolte ex-novo per questo studio, consente di definire i caratteri litostratigrafici, l’origine e la natura dei litotipi, lo stato di alterazione e di aggregazione, i caratteri strutturali generali, la descrizione dei lineamenti geomorfologici della zona in generale e infine la descrizione delle forme naturali ed antropiche e degli elementi morfo-strutturali significativi ai fini geomorfologici e sismici.

---

Il quadro geotecnico:

Il modello geologico/tecnico di riferimento ha altresì consentito di determinare gli spessori e le caratteristiche geotecniche dei terreni, di valutare l'effetto della presenza di falde idriche sotterranee che potrebbero influenzare la stabilità dell'area e dei futuri manufatti e infine di valutare gli eventuali processi morfologici e le azioni di dissesto potenziali o in atto nell'area in studio ed in quella circostante.

Il quadro sismico di riferimento:

La definizione del quadro sismico locale è connessa alla macrozonazione sismica dell'area attraverso l'individuazione della zona sismica del Comune in cui ricade l'intervento da realizzare, ai sensi dell'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 e alla caratterizzazione della pericolosità sismica dell'area mediante l'individuazione del parametro  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del terreno) e dell'intensità macrosismica  $I_{max}$ .

Lo studio è stato condotto secondo i dettami delle seguenti normative tecniche:

- *Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni", pubblicato sulla G.U. n. 29 del 4 febbraio 2008, suppl. ord. N.30, che entrano in vigore il 6 marzo 2008.*
- *Circolare Applicativa n° 617 del 02/02/2009 alle NTC/2008.*
- *Delibera Assemblea Legislativa n°112/2007 della Regione Emilia Romagna "Atto di Indirizzo e coordinamento tecnico" per gli studi di microzonazione sismica.*
- *Decreto Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, 14 settembre 2005 «Norme Tecniche per le costruzioni», pubblicato su S.O. n° 159 della G.U. n° 222 del 23 settembre 2005.*
- *Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica». (Ordinanza n. 3274), pubblicato su S.O. n° 72 della G.U. n° 105 dell'8 maggio 2003.*
- *Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 16 Gennaio 1996. «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche».*
- *Ministero dei Lavori Pubblici, Presidenza del Consiglio Superiore, Servizio Tecnico Centrale, Circolare n. 65/M.GG. 10 aprile 1997.«Istruzioni per l'applicazione delle «Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche»di cui al D.M. 16 gennaio 1996».*
- *Legge 2 febbraio 1974 n. 64 "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".*

- 
- *D.M. LL.PP. 11 marzo 1988. "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione."*
  - *D.M. LL.PP. 24 settembre 1988 n. 30483. "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione."*

Il risultato di tale studio, infine, è focalizzato alla definizione degli eventuali accorgimenti tecnici necessari al mantenimento di un equilibrio idrologico e morfologico accettabile tali da migliorare, o in ogni caso non aggravare, le condizioni di sicurezza del territorio e garantire per il progetto adeguati livelli di sicurezza.

## 1. Inquadramento Geografico

Il sito oggetto di studio è ubicato all'interno del territorio comunale di Sant'Ilario d'Enza (RE) che accoglie sia i pannelli fotovoltaici che la stazione elettrica di trasformazione MT-AT.

Sant'Ilario d'Enza sorge in piena Pianura Padana, lungo la Via Emilia, a 17 Km da Reggio Emilia e 14 da Parma; prende il nome dal **Torrente Enza** e vanta una popolazione di oltre 11.000 abitanti.

L'area oggetto di realizzazione del parco agrivoltaico si trova ad un'altitudine media di circa m 45 s.l.m. e le coordinate geografiche, nel sistema WGS84 nell'intorno del parco sono le seguenti:

- latitudine: 44.758763 N
- longitudine: 10.476050 E



Figura 1 - Ubicazione del Comune di Sant'Ilario d'Enza su scala nazionale

Per visionare la precisa ubicazione dei settori del parco agrivoltaico, è possibile consultare il *corpus* cartografico allegato alla presente relazione.

Dal punto di vista cartografico l'area impianto e la stazione elettrica di trasformazione MT-AT ricadono nel foglio **200022** denominato *GALLO* della Carta Tecnica Regionale CTR scala 1:5.000, mentre l'area della Stazione elettrica di E-DISTRIBUZIONE ricade nel foglio **200061** denominato *CALERNO*. L'intero parco agrivoltaico ricade nel FOGLIO **200** denominato *REGGIO NELL'EMILIA* per quanto concerne la carta geologica ISPRA redatta in scala 1:50.000.

## 2. Inquadramento Geologico Generale

L'area studiata ricade, dal punto di vista geologico e geomorfologico, nella media pianura; in tal senso si colloca all'interno dell'ampio bacino subsidente di età pliocenico-quadernaria rappresentato dalla Pianura Padana. Tale zona è caratterizzata in generale da depositi continentali di origine fluviale, ad assetto sub-orizzontale o debolmente inclinato verso Nord. Tali terreni, di età compresa tra il Pleistocene medio-superiore e l'Olocene, poggiano su un substrato costituito da formazioni marine (pre-Pleistocene medio) affioranti a sud, lungo il margine collinare. Per motivi strutturali le formazioni marine vengono ribassate e ricoperte dapprima dalle conoidi alluvionali dei corsi d'acqua appenninici e, procedendo verso Nord, dai termini limoso-argillosi di colmamento della pianura.

La pianura assume quindi un andamento morfologico uniformemente pianeggiante, litologicamente dominato dalla presenza di materiali prevalentemente fini e, in misura minore, da sabbie e ghiaie. La differenziazione litologica dei materiali presenti ovviamente risulta essere funzione delle variazioni di energia dei corsi d'acqua, oltre che dell'alternarsi di fasi erosive e di sedimentazione. In termini generali il passaggio tra i sedimenti più granulari ed i materiali limoso-argillosi tipici della bassa pianura coincide grossomodo con la Via Emilia, qualche centinaio di metri a Nord dal sito in esame.

Per quanto riguarda un inquadramento strutturale a più grande scala, si può asserire che l'assetto strutturale della Pianura Padana, noto attraverso lo studio dei dati derivanti dalle indagini profonde per ricerche idriche e di idrocarburi (sondaggi, indagini geofisiche), spinti sino ad alcuni chilometri di profondità, appare assai complesso e strettamente legato alle dinamiche evolutive della catena subalpina e di quella appenninica. In particolare la fascia posta tra la pianura e le prime colline dell'Appennino è stata ed è sede di intensi e complessi movimenti tettonici per la sua particolare posizione quasi "a cerniera" tra la catena appenninica in sollevamento e la pianura soggetta a subsidenza.

Lo stile tettonico compressivo ed il conseguente accorciamento crostale per convergenza e collisione tra la placca Europea e quella Africana è accompagnato, in quest'area, da un pattern deformativo e da un'attività sismica molto complessi. L'esplorazione geofisica effettuata per la ricerca di idrocarburi mostra che, dal punto di vista strutturale, la Pianura Padana a sud del Po è caratterizzata dalla presenza di faglie inverse e sovrascorrimenti sepolti nord-vergenti, associati ad anticlinali e costituenti i fronti più esterni della catena appenninica (Pieri e Groppi, 1975). A tal riguardo si possono distinguere due archi di pieghe principali, che da ovest verso est sono l'Arco delle Pieghe Emiliane e l'Arco delle Pieghe Ferraresi-Romagnole, ed un motivo strutturale sepolto di



pieghe pede-appenniniche che marca il margine pedemontano della Regione, delimitando la zona collinare in sollevamento dall'antistante pianura subsidente

### 3. Caratteristiche Geolitologiche

Le litologie affioranti presenti nell'area di studio sono di seguito elencate:

- **AES 7b, UNITA' DI VIGNOLA:** *Unità caratterizzata da depositi alluvionali terrazzati costituiti da ghiaie e ghiaie a matrice limoso-sabbiosa della conoide del Torrente Enza, che passano distalmente e lateralmente a limi e limi sabbiosi con rare ghiaie, di ambiente di inter-conoide e ancora più a valle a limi e limi argillosi di piana alluvionale ed in subordine da depositi del reticolo idrografico secondario, costituiti da lito-facies prevalentemente fini. Lo spessore è inferiore ai 15m. Si osservano orizzonti superficiali di colore da rosso bruno a bruno scuro. Età PLEISTOCENE SUP.*
- **AES 8 - SUBSISTEMA DI RAVENNA:** *Elemento sommitale di AES. Comprende in prevalenza limi, limi sabbiosi e limi argillosi, in subordine ghiaie e ghiaie sabbiose. Ambiente alluvionale. Orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Spessore massimo 15m. Età PLEISTOCENE SUP.- OLOCENE*

Per meglio comprendere gli spessori delle formazioni presenti nell'area esaminata, sono state prodotte n° 3 sezioni Geo-litologiche, realizzate in modo da abbracciare gran parte del parco fotovoltaico in progetto e la Stazione elettrica E-DISTRIBUZIONE.

Dalle risultanze delle prove penetrometriche dpm\_30 e delle prove simiche di tipo M.A.S.W. risulta evidente di come ci si trovi in presenza di un contesto sedimentario in cui le caratteristiche geotecniche dei terreni sono pressochè uniformi per i primi 5 metri di profondità dal piano campagna e successivamente migliorano man mano che si scende in profondità. Le diverse prove penetrometriche effettuate nell'area hanno portato a un rifiuto strumentale a circa 5 m di profondità e alla medesima profondità tutte le prove M.A.S.W. effettuate, hanno mostrato un aumento delle velocità. Analizzando lo spettro delle prove M.A.S.W. effettuate, è evidente di come ci si trovi in corrispondenza di terreni con velocità Vs decisamente inferiori a 800 m/s, a testimonianza del fatto che il substrato sismico non è rinvenibile nei primi 35 m di profondità dal piano campagna.

Il substrato di riferimento, per l'area esaminata, è rappresentato da:

- **AEI, SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE:** *Limi e limi argillosi prevalenti di colore grigio-azzurro, talora con screziature giallo-ocracee di ossidazione, con intercalazioni ghiaiose che, in corrispondenza dei paleo-apparati fluviali dell'Enza e del Parma possono diventare rilevanti. La formazione può raggiungere una potenza massima di circa 250 m. Età PLEISTOCENE MEDIO.*

Nel sito sono riportate n° 3 faglie dal catalogo Ithaca con cinematiso inverso, catalogate come potenzialmente attive e capaci. Si tratta della *faglia Gazzaro – Parma* lunga 12,6 km con ultima attività risalente fra 300.000 e 700.000 anni fa, della *faglia Sant'Ilario – Parma* lunga 12,4 km con ultima attività risalente al Pleistocene Superiore (tra 126.000 e 11.700 anni fa circa) e infine della *faglia Parma – Reggio* lunga 26,7 km con ultima attività risalente fra 300.000 e 700.000 anni fa.

## 4. Caratteristiche Geomorfologiche

Geomorfologicamente, a livello generale, l'area oggetto di studio si presenta totalmente pianeggiante (essendo appunto collocata in piena Pianura Padana) con pendenze massime di 1° e conseguente classificazione topografica del terreno: **T1**.

Per quanto concerne le quote altimetriche, la stazione elettrica E-DISTRIBUZIONE si trova a circa 54 m s.l.m. mentre i recinti più a nord si attestano a circa 42 m s.l.m. con una perdita di quota di circa 12 m lungo un tratto di oltre 2 km (distanza tra la stazione e i pannelli fotovoltaici più distanti da essa).

Per quanto riguarda i caratteri geomorfologici, è difficile trovare elementi di spicco in una pianura, le uniche forme degne di nota sono rappresentate da piccoli orli di scarpata dei canali ad uso irriguo che bordano tutti gli appezzamenti terrieri e sono molto diffusi nell'intera area; a tal riguardo, è stata prodotta una carta Geomorfologica in scala 1:5000 in cui sono evidenziati gli elementi geomorfologici più rilevanti.

## 5. Caratteristiche Idrologiche e Idrogeologiche

Il sistema idrografico dell'area in esame è costituito essenzialmente da numerose piccole aste idriche e da numerosissimi canali artificiali volti all'irrigazione dei campi presenti nella zona. Sia i canali naturali che quelli artificiali sono poco profondi e facilmente attraversabili anche a piedi; formano un reticolo piuttosto ordinato e abbracciano uniformemente tutta l'area di studio.

Il corso idrico più importante è rappresentato dal **Torrente Enza** che nasce sul crinale dell'appennino tosco-emiliano fra il Monte Palerà (1425 m s.l.m.) e la sella del Monte Giogo, poco distante dall'Alpe di Succiso, nel comune di Comano in Toscana; presenta una lunghezza di 112 km e confluisce nel Fiume Po. Il **Torrente Enza** dista circa 3,3 km rispetto al parco Agrivoltaico in direzione Ovest. Non si segnalano area a rischio inondazione per il parco Agrivoltaico in progetto.



*Figura 2 – Reticolo idrografico principale del Nord Italia con evidenza del Torrente Enza*

In allegato al presente studio, è stata prodotta la **Carta Idrogeologica** in scala 1: 5.000 in cui le unità litologiche presenti sono state classificate in base ai loro gradienti di permeabilità; si ricorda che generalmente i suoli permeabili sono ricchi di ciottoli o granuli sabbiosi, mentre i suoli impermeabili sono ricchi di particelle argillose e limose. Nell'area in esame sono state riscontrate due unità differenti:

### **LITOTIPI A PERMEABILITÀ BASSA**

Questa classe è identificabile con l'unità **AES 8 - SUBSISTEMA DI RAVENNA**.

Queste formazioni, essendo costituite da depositi principalmente limosi o argillosi, o comunque da sedimenti finissimi e/o rocce lapidee poco fratturate, risultano caratterizzate da una scarsa permeabilità, con valori del coefficiente di permeabilità =  $K < 10^{-8}$ . La caratteristica principale dell'argilla è che la dimensione dei suoi pori è talmente piccola da non consentire il passaggio

dell'acqua che viene praticamente trattenuta per ritenzione; ne deriva una circolazione idrica nulla o comunque trascurabile che favorisce il ruscellamento superficiale.

### **LITOTIPI A PERMEABILITÀ MEDIA**

Questa classe è identificabile con l'unità **AES 7b** - UNITA' DI VIGNOLA.

Queste formazioni sono costituite da depositi sabbiosi fini o grossolani ma immersi in una matrice limosa/argillosa o a volte da depositi rocciosi fratturati e si presentano con valori del coefficiente di permeabilità  $10^{-5} < k \leq 10^{-8}$ . Si tratta, appunto, di una classe intermedia tra le unità molto permeabili e quelle poco permeabili.

Dalle indagini effettuate non è stata rilevata la presenza della falda freatica, però c'è da precisare che le prove sono state effettuate a fine estate 2023, in un periodo abbastanza siccitoso e comunque le aste del penetrometro non si sono spinte oltre i 6 m di profondità.

Lo scrivente ritiene opportuno evidenziare che la presenza di numerosi piccoli canali sia naturali che artificiali possa portare inesorabilmente a una risalita della falda freatica fino a quote prossime al piano campagna e di come la medio/scarsa permeabilità dei terreni in loco possa portare alla formazione di piccoli pantani durante periodi di piogge intense e ripetute.

Sono stati inoltre controllati tutti i pozzi censiti **ISPRA** e si precisa che nessuna opera prevista per la realizzazione del parco fotovoltaico è ubicata nel raggio di 200 m dai pozzi censiti.

Per quanto riguarda la piovosità, possiamo far riferimento ai dati del capoluogo di provincia REGGIO EMILIA; gli apporti maggiori derivano da correnti orientali e occidentali. La piovosità media annuale è di 70 mm di pioggia con una temperatura media del mese più freddo (gennaio) di 1,3 °C e del mese più caldo (luglio) di 24,0 °C.

*Tabella n° 1*

REGGIO NELL'EMILIA	Mesi											
	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic
T. max. media (°C)	4,2	7,2	12,8	17,2	22,3	26,8	29,6	28,8	24,2	17,5	10,5	5,5
T. min. media (°C)	-1,6	0,1	4,2	8,1	12,3	16,2	18,5	18,1	14,7	10,0	4,9	0,4
Precipitazioni (mm)	47	45	58	73	71	57	35	39	57	84	77	57

*Tabella n° 1 - Sono indicati i principali parametri climatici medi mensili (temperatura e mm di pioggia) di Reggio Emilia.*

## 6. Vincoli Territoriali

I vincoli territoriali che insistono su una determinata area, posso essere sia di natura idrogeologica (aree vincolate a causa di dissesti potenziali, quali frane o inondazioni) oppure di natura paesaggistica o archeologici. Generalmente quando si parla di vincoli idrogeologici entra in gioco il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico P.A.I. redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- La funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- La funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- La funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

Per il sito in esame, si fa riferimento al PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.) – AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO.

Per quanto riguarda, invece, i vincoli paesaggistici e archeologici, è stato consultato il Piano Territoriale Paesaggistico Regionale (P.T.P.R.). L'art. 64 della Legge regionale 21 dicembre 2017, n. 24, "Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio", in conformità al Codice dei beni culturali e del paesaggio e in continuità con la normativa regionale in materia, affida al Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR), quale parte tematica del Piano Territoriale Regionale, il compito di definire gli obiettivi e le politiche di tutela e valorizzazione del paesaggio, con riferimento all'intero territorio regionale, quale piano urbanistico-territoriale avente specifica considerazione dei valori paesaggistici, storico-testimoniali, culturali, naturali, morfologici ed estetici."

---

A supporto della presente relazione è stata prodotta la cartografia dei Vincoli, composta dalla “Carta dei vincoli PAI” in scala 1:15.000 e dalla “Carta dei vincoli P.T.P.R.” in scala 1:10.000.

L’area esaminata è esenta da Rischio P.A.I. mentre per quanto concerne il P.T.P.R., l’area della stazione elettrica E-DISTRIBUZIONE è classificata dagli art. 6 e 28, rispettivamente *Unita di paesaggio: Pianura parmense* e *Zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei: zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei*; mentre l’area dei pannelli fotovoltaici e della stazione elettrica di trasformazione MT-AT, oltre che dagli art. 6 e 28 è regolamentata anche dall’art. 19: *Zone di interesse paesaggistico: zone di particolare interesse paesaggistici*.

## 7. Modello Geologico

Per la definizione del modello geologico dell'area, sono state eseguite n°3 prove sismiche di tipo MASW e n° 3 prove penetrometriche DPM30 all'interno del sito in esame. La figura seguente indica l'ubicazione delle prove effettuate.



*Figura 3 - Ubicazione prove in situ, su base C.T.R. (non in scala).*

Tutte le informazioni sulle risultanze delle prove penetrometriche e sismiche effettuate in sito, è consultabile il **Report sulle indagini** allegato alla presente relazione.

In generale, si segnala la presenza per i primi 5 m di un deposito sedimentario omogeneo con caratteristiche geotecniche uguali per l'intera estensione del parco fotovoltaico.

Si tratta principalmente di limi e depositi fini o comunque di depositi grossolani ma sempre "matrice sostenuti" di chiara origine fluviale che presentano discrete caratteristiche geotecniche e medio/bassa permeabilità.

Sulla base delle indagini effettuate, dalla consultazione di carte tematiche e di referti bibliografici sui litotipi affioranti, è stato possibile produrre il seguente **Modello Geologico** del sito in esame:

- **Depositi sedimentari recenti** mediamente consistenti, con spessore di circa 5/6 m;
- **Depositi sedimentari recenti** da mediamente consistenti a consistenti, con spessori di circa 7/10 m;
- **Depositi sedimentari** consistenti, rinvenibili da circa 12/15 m di profondità dal piano campagna con spessori superiori a 20 m.

## 8. Caratterizzazione Geotecnica

Il modello geotecnico che qui si propone è un compendio di tutte le prove e le indagini storiche esaminate oltre che delle risultanze di quelle eseguite ex novo in situ. Nella tabella sono riportati i parametri geotecnici che meglio caratterizzano i terreni in loco ridotti cautelativamente del 10% rispetto alle risultanze delle prove penetrometriche dpm\_30 effettuate.

I parametri del secondo e del terzo strato non derivano dalle risultanze delle prove penetrometriche in quanto il rifiuto strumentale non ha consentito di investigare gli stessi a mezzo dpm\_30.

*Tabella 2 - Parametri geotecnici area stazione elettrica di trasformazione MT-AT e area impianto*

Strato	$\phi$ (°) Picco	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> ) Picco	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )
<b>Depositi sedimentari recenti</b> mediamente consistenti	24 – 25	0,15 – 0,20	1,60 - 1,65
<b>Depositi sedimentari recenti</b> Da mediamente consistenti a consistenti	26 – 28	0,20 – 0,25	1,70 - 1,85
<b>Depositi sedimentari</b> consistenti	28 – 30	0,25 – 0,35	1,90 - 2,00

Se dovesse essere necessario ricavare con assoluta certezza i parametri del secondo e del terzo strato, essi dovranno necessariamente essere ricavati in una fase successiva di progettazione mediante esecuzione di carotaggi con prelievo di campioni e analisi di laboratorio; quelli forniti nella tabella n°2 rappresentano una stima in base a correlazioni empiriche su indagini effettuate su litotipi simili; con le prove penetrometriche non è possibile fornire parametri geotecnici per strati presenti a profondità elevate (in questo caso, > 6 m), in quanto, il numero dei colpi di infissione delle aste graduate risulta influenzato dall'attrito e dalla coesione che il terreno esercita sul "pacco" di aste già infisso oltre che ovviamente influenzato dalla maggiore consistenza del secondo strato rispetto al primo.

Per quanto concerne la profondità di infissione dei tracker, preliminarmente è stata dimensionata nell'ordine di 1,5 – 2,5 m, e di conseguenza, nel primo strato di terreno; si rimanda a una fase successiva di progettazione per una valutazione più accurata allo scopo di garantire l'equilibrio statico del sistema compatibile con le caratteristiche geo-meccaniche del terreno. In base all'elaborazione delle varie prove penetrometriche eseguite, ad oggi non si rileva un differenza di caratteristiche geo-



meccaniche nell'intervallo tra 1,5 e 2,5 m rendendo superflua ogni congettura sull'eventuale vantaggio, in termini di stabilità del sistema, aumentando la profondità di infissione fino a 2,5 m; c'è da precisare, tuttavia, che dalle indagini sismiche effettuate si segnala un cambio nelle velocità Vs compreso tra 1,75 della Masw n°1 e 2,69 m di profondità della Masw n°3.

## 9. Sismicità dell'Area

La caratterizzazione sismica del sito è un elemento necessario ai fini della modellazione geologica e della progettazione geotecnica degli interventi.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), ha dato conto dei principali terremoti registrati dalle diverse fonti di carattere storiografico, letterario e naturalistico nella pubblicazione del **DBMI15** - Database Macrosismico Italiano 2015 v 4.0, di cui a seguire si riporta, un estratto degli eventi sismici più significativi per l'area, negli ultimi anni.

*Tabella 3 - Numero eventi sismici Comune di Sant'Ilario d'Enza (RE)*

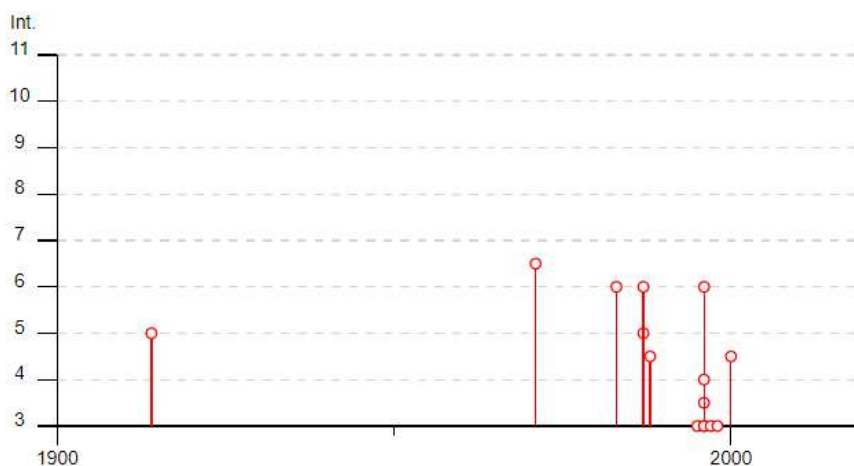
### Sant'Ilario d'Enza

PlaceID	IT_37898
Coordinate (lat, lon)	44.759, 10.450
Comune (ISTAT 2015)	Sant'Ilario d'Enza
Provincia	Reggio nell'Emilia
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	18

*Tabella 4 – Eventi sismici più significativi dal 1914 ad oggi*

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
6-7	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51
6	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
5	1987	04	24	02	30	2	Reggiano	54	6	4.64
6	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
4-5	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4	4.04
3	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
6	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	135	7	5.38
3-4	1996	10	26	04	56	5	Pianura emiliana	63	5-6	3.94
3	1996	10	26	06	50	2	Pianura emiliana	35	5-6	3.63
4	1996	11	25	19	47	5	Pianura emiliana	65	5-6	4.29
3	1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
3	1997	05	12	22	13	5	Pianura emiliana	56	4-5	3.68
3	1998	02	21	02	21	1	Pianura emiliana	104	5	3.93
4-5	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002	06	08	20	13	0	Frignano	115	4	4.23
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30

<b>Int.</b>	<i>Intensità macrosismica, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg</i>
<b>NMDP</b>	<i>Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto</i>
<b>Io</b>	<i>Intensità macrosismica epicentrale, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg</i>
<b>Mw</b>	<i>Magnitudo momento</i>



**Figura 4 - Rappresentazione grafica della storia sismica del Comune di Sant'Ilario d'Enza (RE)**

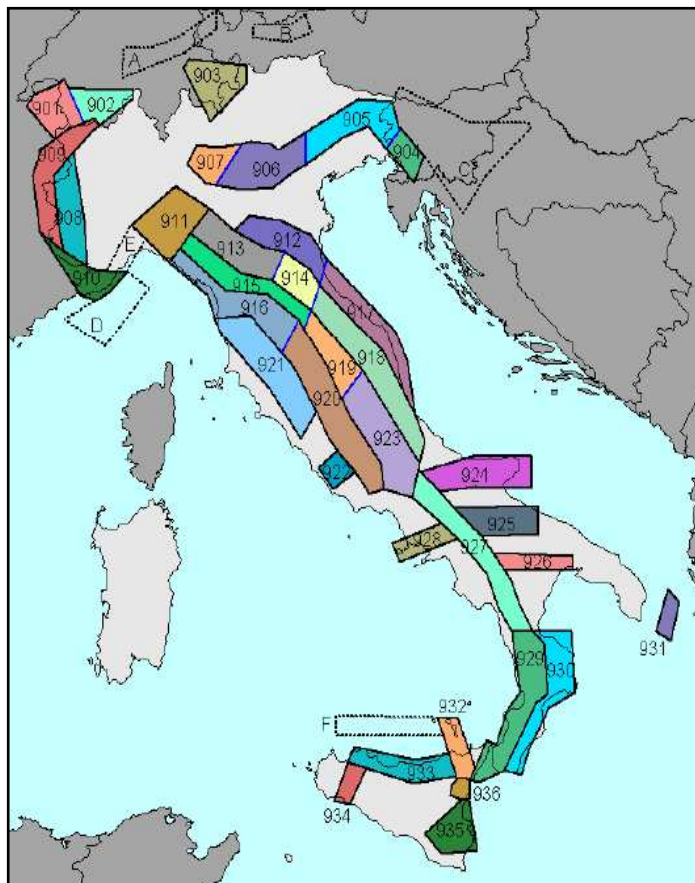
## **NORMATIVA SISMICA**

Per quanto attiene alla caratterizzazione sismica dell'area oggetto d'intervento, si fa riferimento al DM 17/01/2018, che riprende l'O.P.C.M. 3274/2003, che prevede la definizione di una pericolosità sismica di base, espressa in termini di accelerazione massima prevista su substrato di riferimento, su cui è stata creata una mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche. L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha promosso nel luglio del 2003 la redazione della mappa; in particolare è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9 (Meletti et al., 2008), a partire da un sostanziale ripensamento della precedente zonazione ZS4 (Meletti et al., 2000) alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni. La ZS9 è corredata, per ogni Zona Sismogenetica, da un meccanismo focale prevalente e da un valore di profondità media dei terremoti, determinati nella prospettiva di un loro utilizzo con le relazioni di attenuazione.

La zonazione sismogenetica ZS9 è il risultato di modifiche, accorpamenti ed elisioni delle numerose zone sismogenetiche della ZS4 e dell'introduzione di nuove zone.

Riassumendo, nella ZS9 le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche s'innestano sul quadro di evoluzione cinematica plio-quaternaria su cui si basava la ZS4. Tuttavia, l'elaborazione della ZS9 si

fonda su una base informativa decisamente più ricca e affidabile di quella disponibile all'epoca della prima realizzazione della ZS4.



**Figura 5 - Zonazione Sismogenetica ZS9**

La zonazione è costituita da 36 zone–sorgente, cui vanno aggiunte 6 zone–sorgente per le quali non è valutata però la pericolosità sismica.

Il territorio in oggetto ricade all'interno della zona 913 della zonazione sismogenetica ZS9.

L'O.P.C.M. 3274/2003 prevede anche una pericolosità dipendente dalle caratteristiche geologiche del sito, espressa secondo il concetto di categoria di suolo di fondazione, che a sua volta si basa sul concetto di  $V_{s,30}$ , ovvero di velocità equivalente delle onde S nei primi 30 m di spessore. Tale parametro è determinato tramite indagini geofisiche oppure tramite indagini geotecniche che forniscono il valore di  $N_{spt}$ .

In base alle Nuove norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018, emesse ai sensi delle leggi 05/11/1971 n. 1086, 02/02/1974 n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al D.P.R. 06/06/2001 n. 380, e all'art. 5 del decreto-legge 28/05/2004 n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004 n. 186 e ss. mm. ii, si definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in

termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso d’incendio, e di durabilità. Esse forniscono, quindi, i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.


In particolare, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l’elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La definizione di “pericolosità sismica di base” è espressa in termini di accelerazione orizzontale massima prevista su substrato di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (bedrock, suolo A), nonché in ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione in essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_vR$ , nel periodo di riferimento  $V_R$ .

Ai fini della suddetta normativa, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_vR$ , a partire dai seguenti valori dei parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_o$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La zona investigata ricade nell’ambito del territorio Comunale di Sant’Ilario d’Enza che, in base alla classificazione sismica nazionale (O.P.C.M. 2003), rientra in **zona 3**.

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ag/g]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag/g]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
 3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

*Figura 6 - Valori di accelerazione orizzontale nelle zone sismiche*

Sulla base della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, il territorio in questione si colloca in un’area in cui si possono verificare valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni, compresi tra 0.050 e 0.150 ag/g.

Si riporta il risultato della consultazione tramite il seguente link: <https://esse1-gis.mi.ingv.it/>, della mappa probabilistica della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa su una griglia regolare a passo 0.02°, relativamente al parametro dello scuotimento rappresentato da  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima del suolo).

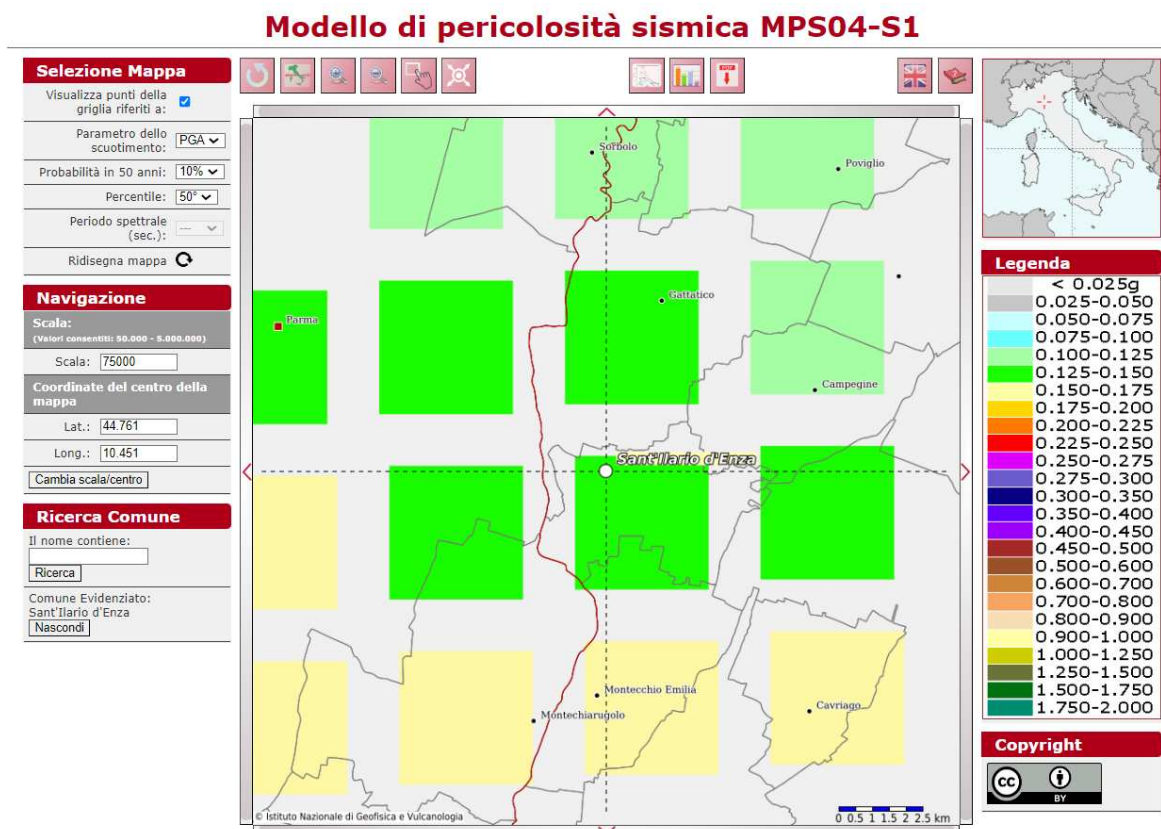


Figura 7 - Stralcio della mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio. I punti visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento  $a(g)$ ; probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

## **SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE ED EFFETTI DI SITO**

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi; in assenza di tali analisi, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, attraverso la misura delle Vs. In particolare, si valuta:

- **Effetti Stratigrafici** legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- **Effetti Topografici** legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle

caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffranto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

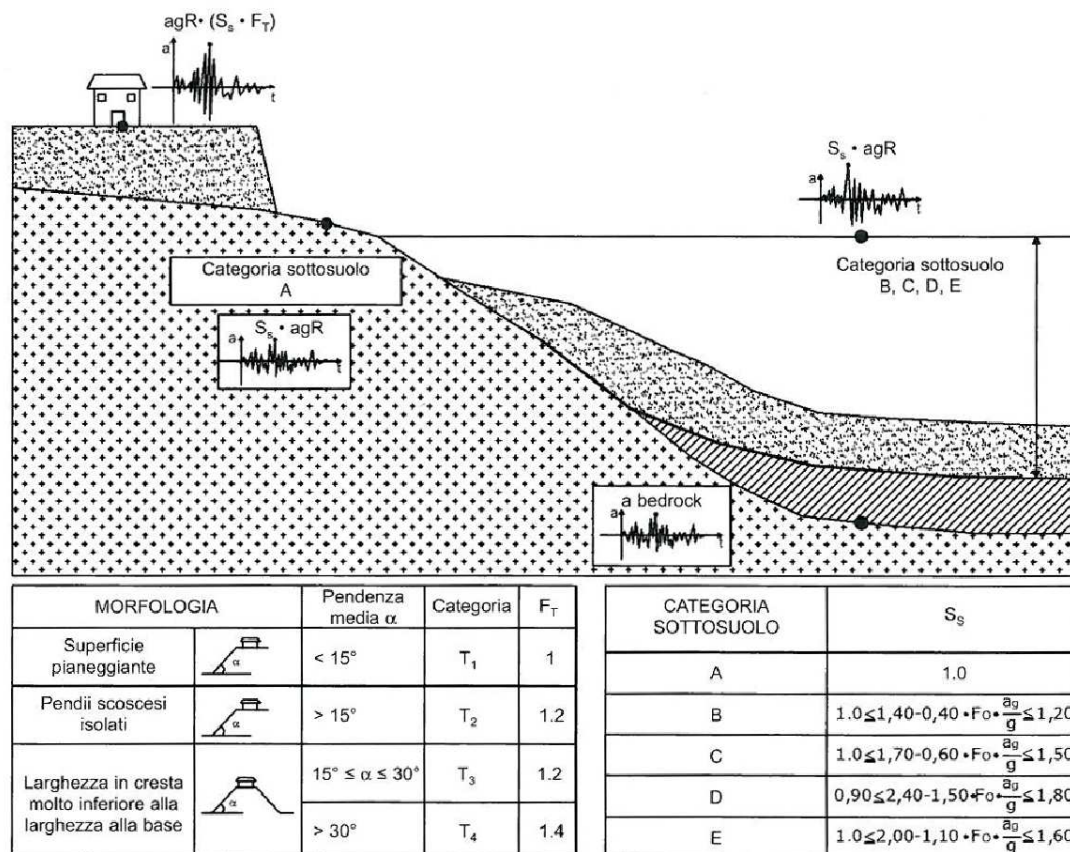


Figura 8 - Rappresentazione schematica del significato delle accelerazioni, delle classi di categoria di suolo e del fattore topografico (da Microsism - procedure automatiche di microzonazione sismica, Giulio Riga)

### Effetti stratigrafici

L'amplificazione stratigrafica è attesa su suoli di categoria diversa da A, caratterizzati da  $V_s < 800$  m/s e spessori  $>$  di 3 metri. Qualsiasi tipologia di suolo (roccia o deposito quaternario) che possiede  $V_s > 800$  m/s rientra, invece, nella categoria A ed è considerata bedrock sismico, quindi non in grado di generare amplificazione stratigrafica. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si individuano le seguenti categorie di sottosuolo:

Tabella 5 - Categorie di Sottosuolo

Categorie	Descrizione
-----------	-------------

A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  può essere calcolato in funzione dei valori di  $F_0$  e  $a_g/g$ , mediante le seguenti espressioni:

**Tabella 6 – Coefficiente di Amplificazione Stratigrafica**

Categoria	$S_s$
A	1
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_g/g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g/g \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_g/g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_g/g \leq 1,60$

nelle quali:

$F_0$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale; ha valore minimo pari a 2.2.

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima del terreno su sito di riferimento rigido orizzontale;

$g$  = accelerazione di gravità.

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), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

- $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

In base alle prospezioni sismiche effettuate, è scaturito un valore di  $V_{Seq}$  sempre compreso tra 360 e 800 m/s (con  $H=30.00$  m), pertanto, il terreno può essere classificato come di **Categoria B** per quanto riguarda i siti che ospiteranno l'intero impianto.

### Effetti topografici

La focalizzazione (o concentrazione) delle onde sismiche in corrispondenza di creste, cime o cigli di scarpata è il fenomeno che sta alla base della cosiddetta "amplificazione topografica". L'amplificazione topografica è massima in corrispondenza di linee di cresta/cigli di scarpata e poi decresce con modelli complessi allontanandoci da esse.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

**Tabella 7 - 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 $i > 30^\circ$

a cui corrispondono i seguenti valori del coefficiente topografico:

**Tabella 8 – Valori del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,00
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,20
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,20
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,40

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



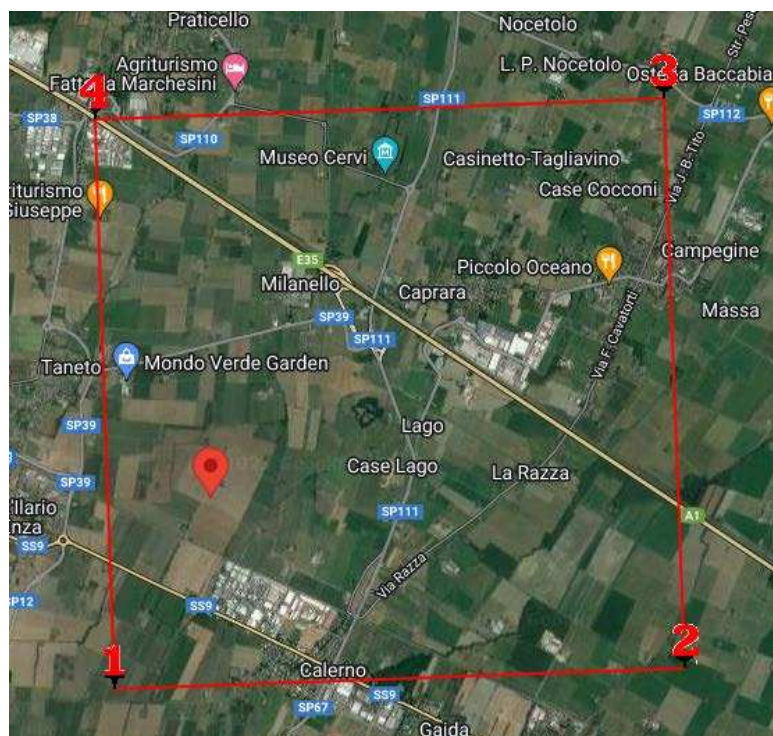
Geomorfologicamente l'area oggetto di studio si presenta pianeggiante con pendenze massime che arrivano a 1° circa e comunque mai superiori ai 15°, con conseguente classificazione topografica del terreno **T1**: "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ".

### **STIMA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA**

Ai fini della pericolosità sismica, il territorio su cui ricade l'intero impianto è stato suddiviso in 2 zone che presentano simili caratteristiche; la prima zona comprende l'area impianto e la Stazione Elettrica di trasformazione MT-AT, la seconda zona comprende la Stazione Elettrica di E-DISTRIBUZIONE. I valori dei parametri spettrali ai vari stati limiti sono stati determinati con GeoStru PS - <http://www.geostru.com/geoapp>.

#### **ZONA 1 (Area Impianto e Stazione Elettrica di trasformazione**

#### **MT-AT)**



WGS84: Lat 44.762256 - Lng 10.475444

ED50: Lat 44.763196 - Lng 10.476461

*Figura 9 - ZONA 1 Maglia sismica e Coordinate del sito di appartenenza dell'area del parco fotovoltaico (dal software "Parametri sismici" - Geostru)*

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

reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

**Vita nominale:** 50 [anni]

**Tipo di interpolazione:** Superficie rigata

**Tipo di elaborazione:** Stabilità dei pendii

*Tabella 9 - ZONA 1 Siti di Riferimento*

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	15608	44,746490	10,464690	2077,2
Sito 2	15609	44,748260	10,534960	4908,6
Sito 3	15387	44,798220	10,532480	5892,0
Sito 4	15386	44,796460	10,462170	3867,0

**Parametri sismici**

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

*Tabella 10 – ZONA 1 Parametri Sismici*

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,045	2,497	0,243
Danno (SLD)	63	50	0,056	2,512	0,260
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,138	2,438	0,290
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,178	2,414	0,300

**Tabella 21 – ZONA 1 Coefficienti Sismici - Stabilità dei pendii**

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,200	1,460	1,000	0,011	0,005	0,528	0,200
SLD	1,200	1,440	1,000	0,013	0,007	0,658	0,200
SLV	1,200	1,410	1,000	0,040	0,020	1,627	0,240
SLC	1,200	1,400	1,000	0,051	0,026	2,095	0,240

**ZONA 2 (Stazione Elettrica di E-DISTRIBUZIONE)**

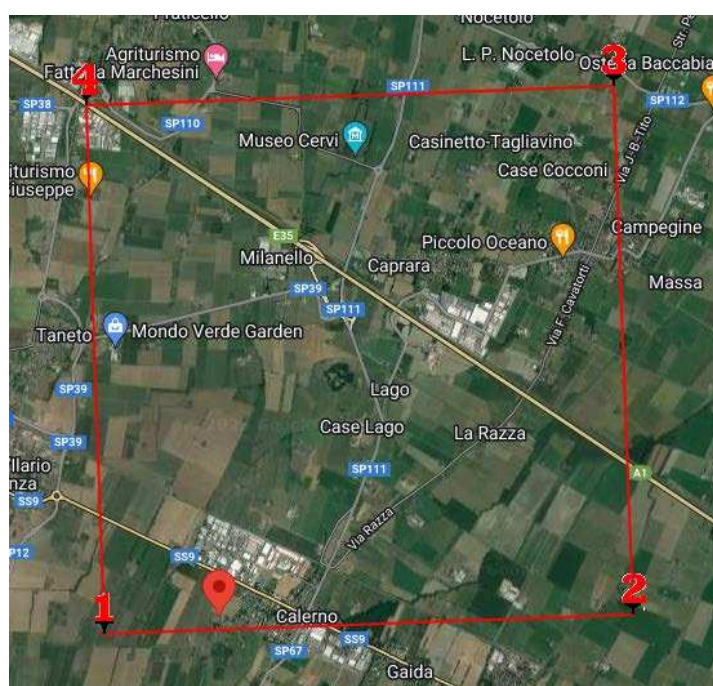


Figura 10 – ZONA 2 Maglia sismica e Coordinate del sito di appartenenza dell'area della stazione elettrica (dal software "Parametri sismici" - Geostru)

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

**Vita nominale:** 50 [anni]

**Tipo di interpolazione:** Superficie rigata

**Tipo di elaborazione:** Stabilità dei pendii

*Tabella 12 - ZONA 2 Siti di Riferimento*

	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	15608	44,746490	10,464690	1209,4
Sito 2	15609	44,748260	10,534960	4352,3
Sito 3	15387	44,798220	10,532480	6956,8
Sito 4	15386	44,796460	10,462170	5562,2

### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: B

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50 anni

Coefficiente cu: 1

*Tabella 13 - ZONA 2 Parametri Sismici*

	Prob. superamento [%]	Tr [anni]	ag [g]	Fo [-]	Tc* [s]
Operatività (SLO)	81	30	0,046	2,486	0,243
Danno (SLD)	63	50	0,057	2,509	0,261
Salvaguardia della vita (SLV)	10	475	0,144	2,423	0,287
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	975	0,185	2,403	0,297

*Tabella 14 - ZONA 2 Coefficienti Sismici - Stabilità dei pendii*

	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	Kh [-]	Kv [-]	Amax [m/s <sup>2</sup> ]	Beta [-]
SLO	1,200	1,460	1,000	0,011	0,006	0,540	0,200
SLD	1,200	1,440	1,000	0,014	0,007	0,672	0,200
SLV	1,200	1,410	1,000	0,041	0,021	1,690	0,240
SLC	1,200	1,400	1,000	0,053	0,027	2,172	0,240

## 10. Verifica Di Stabilità Del Pendio

Ricordando quanto detto nel paragrafo caratteristiche geomorfologiche al quale si rimanda esplicitamente, essendo i versanti in esame assoggettati alla categoria topografica T1 con pendenze medie decisamente inferiori ai 15° e generalmente favorevoli alla stabilità, non si è ritenuto necessario eseguire specifiche verifiche di stabilità dei pendii in quanto queste avrebbero fatto registrare valori del coefficiente di sicurezza decisamente superiori ai minimi previsti dalla normativa vigente per tutti i punti in cui verranno installati i pannelli fotovoltaici e per l'area della stazione di trasformazione MT-AT.

## Conclusioni

Il presente studio geologico è stato redatto, su incarico della società **New Developments s.r.l.**, al fine di definire le condizioni geolitologiche, geomorfologiche, idrologiche, geomeccaniche e sismologiche di un'area interessata dal "**Progetto definitivo impianto agrivoltaico denominato "Giambattista"**" nel territorio comunale di Sant'Ilario d'Enza (RE).

In considerazione delle finalità di progetto, si possono effettuare le seguenti considerazioni conclusive:

- Dal punto di vista geologico è possibile definire il seguente modello a partire dal piano campagna:
  - **Depositi sedimentari recenti** mediamente consistenti, con spessore di circa 5/6 m;
  - **Depositi sedimentari recenti** da mediamente consistenti a consistenti, con spessori di circa 7/10 m;
  - **Depositi sedimentari** consistenti, rinvenibili da circa 12/25 m di profondità dal piano campagna con spessori superiori a 15 m.
- Dal punto di vista geomorfologico, l'intera area è posta all'interno della Pianura Padana, praticamente pianeggiante con pendenze massime di circa 1° (Categoria Topografica T1).
- La cartografia P.A.I. BACINI REGIONALI DEL PO non annovera i siti che ospiteranno i pannelli fotovoltaici del parco e la Stazione elettrica di trasformazione MT-AT fra quelli a rischio idrogeologico-geomorfologico.
- Dal punto di vista idrogeologico il sistema idrografico è costituito principalmente da piccole aste di bassissimo grado gerarchico e da innumerevoli canali artificiali volti all'irrigazione dei campi; Il corso idrico di riferimento principale è il Torrente Enza che scorre a circa 3,3 km di distanza in direzione Ovest.

- Dal punto di vista geotecnico i parametri geotecnici utili ai fini della progettazione degli interventi in oggetto vengono elencati nel capitolo “caratterizzazione geotecnica”; non si segnalano orizzonti stratigrafici scadenti che necessitano di prescrizioni particolari sia per l’installazione dei pannelli fotovoltaici che per la realizzazione della stazione elettrica di trasformazione MT-AT.
- Dal punto di vista sismico, il territorio in esame ricade in una zona con accelerazione sismica su substrato di riferimento (bedrock, suolo A) compresa tra 0.125 e 0.150  $a_g/g$ , collocando il territorio comunale in “Zona Sismica 3”. Dalle risultanze delle prove M.A.S.W effettuate, la categoria del sottosuolo è riconducibile alla Classe B ( $V_{s_{eq}}$  compresi tra 180 e 360 m/s) sia per i siti che ospiteranno gli pannelli fotovoltaici che per il sito della Stazione Elettrica di trasformazione MT-AT.

In definitiva, si può asserire che il rischio per l’area interessata dall’intervento è sostanzialmente rappresentato dalla possibile formazione di pantani di acqua a seguito di eventi meteorici intensi a causa della natura poco permeabile dei terreni; si raccomanda, a tal riguardo, di rendere efficace il controllo, la regimazione e il disciplinamento delle acque di ruscellamento superficiale e d’infiltrazione, mediante specifiche opere di presidio idraulico (vespai, canalizzazioni, ecc) da estendere adeguatamente attorno all’area d’interesse, con il loro recapito fino agli elementi naturali e/o artificiali più vicini e sicuri.

## Elaborati Cartografici

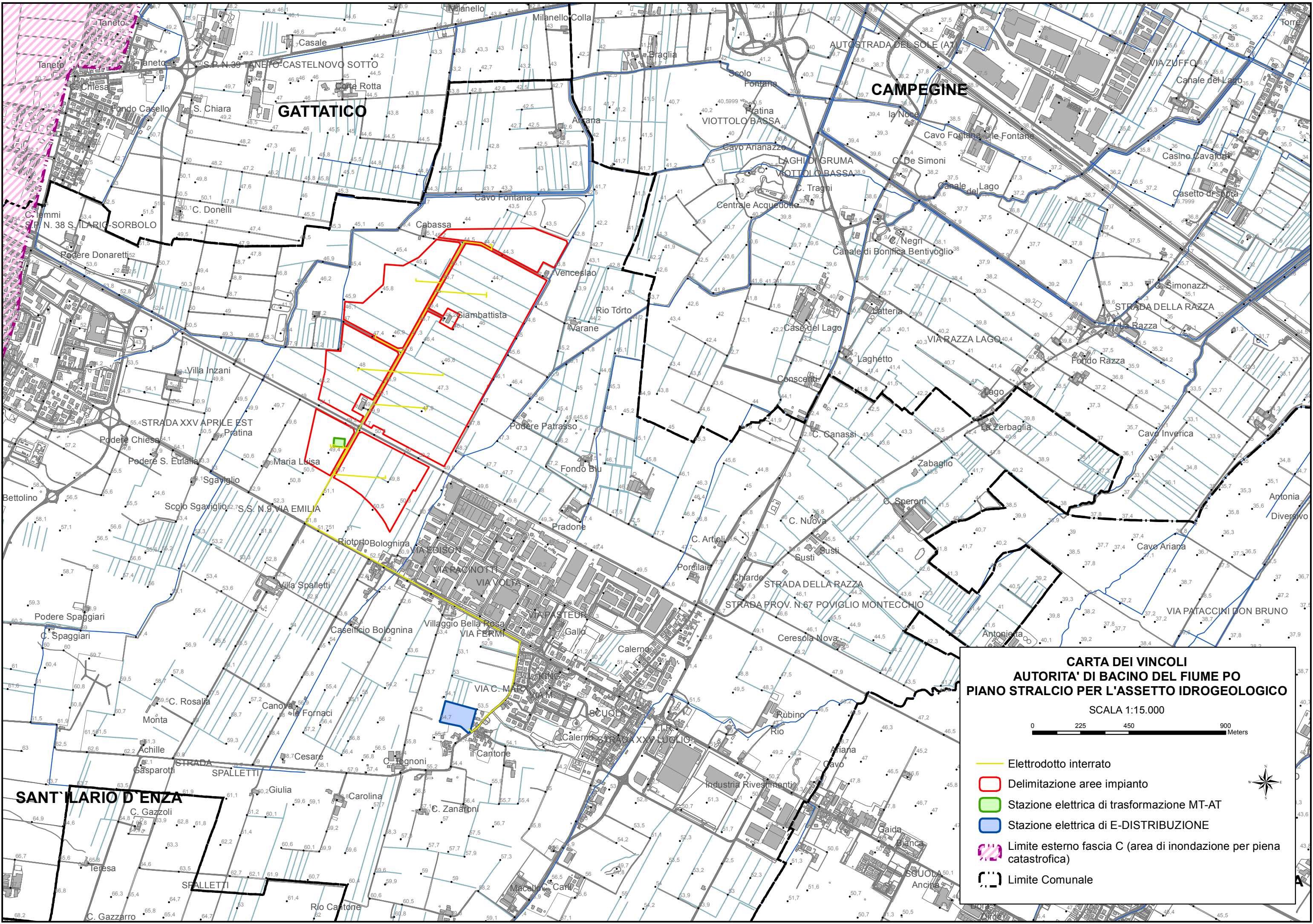
- ✓ Carta Geologica - scala 1:5.000
- ✓ Sezioni Geologiche – scala 1:3000
- ✓ Carta Geomorfologica - scala 1:5.000
- ✓ Carta Idrogeologica - scala 1:5.000

## Allegati

- ✓ CARTA DEI VINCOLI - Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.)  
Bacino del Fiume PO- scala 1:15.000;
- ✓ CARTA DEI VINCOLI - Piano Territoriale Paesistico Regionale (P.T.P.R.) - scala 1:10.000;
- ✓ Report sulle indagini.

OTTOBRE 2023







*Il geologo*  
Dott. Eugenio Martire

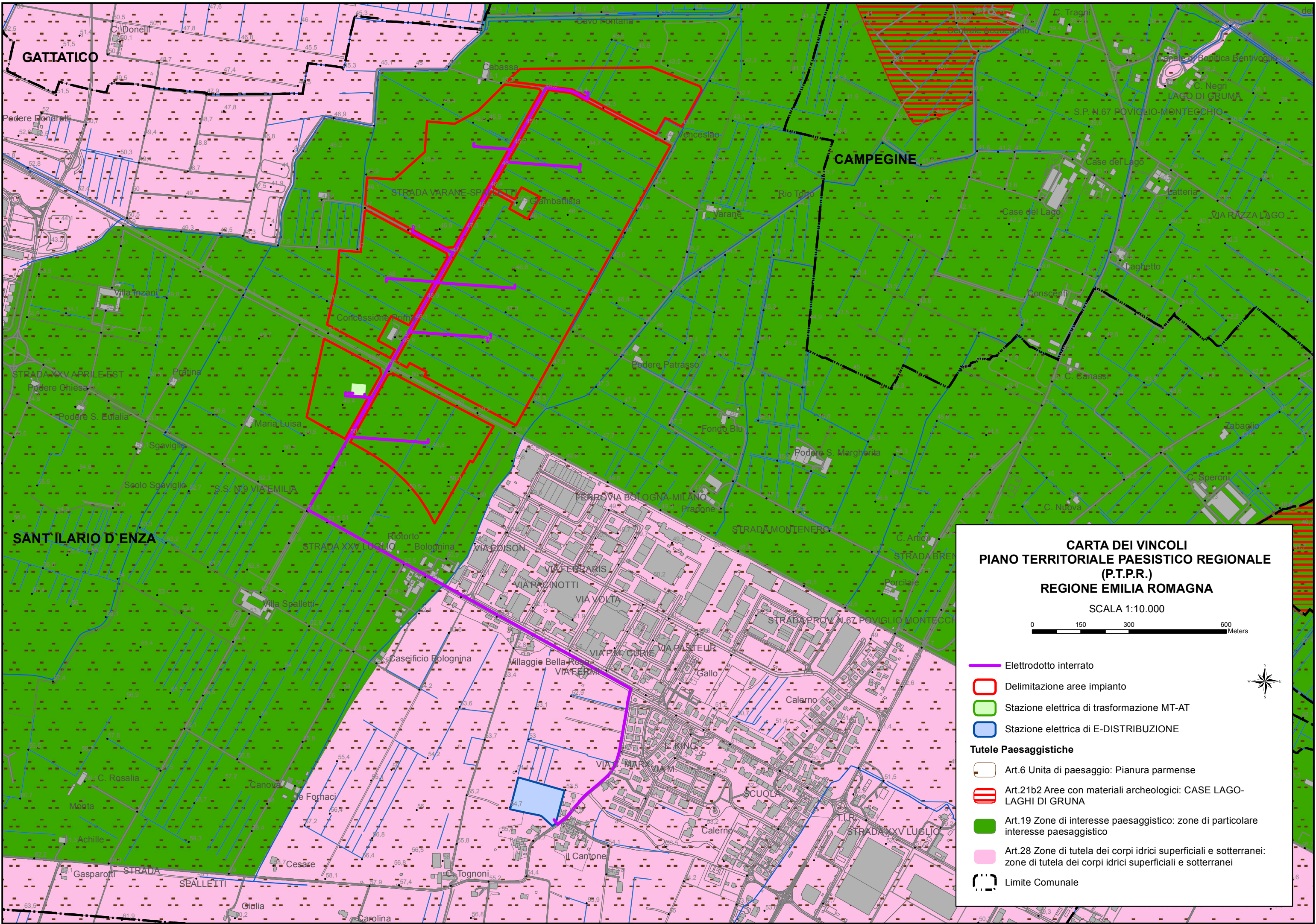


**CARTA DEI VINCOLI  
AUTORITA' DI BACINO DEL FIUME PO  
PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO**

SCALA 1:15.000

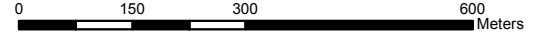



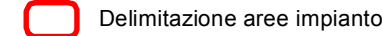
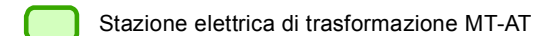

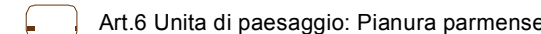
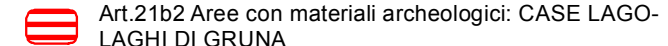
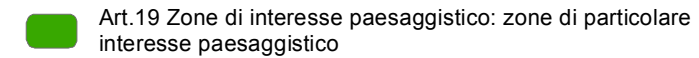
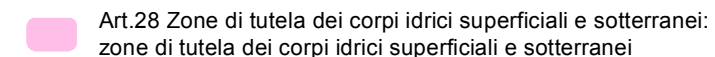
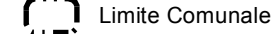
-  Elettrodotti interrati
-  Delimitazione aree impianto
-  Stazione elettrica di trasformazione MT-AT
-  Stazione elettrica di E-DISTRIBUZIONE
-  Limite esterno fascia C (area di inondazione per piena catastrofica)
-  Limite Comunale



**CARTA DEI VINCOLI  
PIANO TERRITORIALE PAESISTICO REGIONALE  
(P.T.P.R.)  
REGIONE EMILIA ROMAGNA**

SCALA 1:10.000



-  Elettrodotto interrato
  -  Delimitazione aree impianto
  -  Stazione elettrica di trasformazione MT-AT
  -  Stazione elettrica di E-DISTRIBUZIONE
- Tutele Paesaggistiche**
-  Art.6 Unità di paesaggio: Pianura parmense
  -  Art.21b2 Aree con materiali archeologici: CASE LAGO-LAGHI DI GRUNA
  -  Art.19 Zone di interesse paesaggistico: zone di particolare interesse paesaggistico
  -  Art.28 Zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei: zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei
  -  Limite Comunale



# Studio Geologico di **MARTIRE Eugenio**

Via UMBRIA 7

87046 MONTALTO UFFUGO (CS)

Tel. 3895566768 - [geologomartire84@pec.it](mailto:geologomartire84@pec.it)

**Geolo*i*Cal**  
www.geologicalaltervista.org

## OGGETTO

**Progetto definitivo impianto agrivoltaico  
denominato "Giambattista"**

## ELABORATO

**RELAZIONE TECNICA SULLE INDAGINI**

### COMMITTENTE:

New Developments S.r.l.

### LOCALITA' ESECUZIONE INDAGINI:

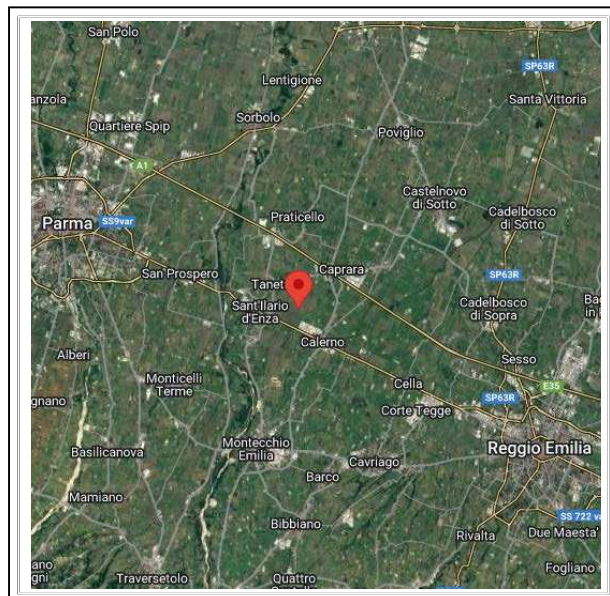
Sant'Ilario d'Enza (RE)

### DATA ESECUZIONE INDAGINI:

19 SETTEMBRE 2023

### IL TECNICO:

Dott. Geol. Eugenio MARTIRE



## INDICE

PREMESSA .....	2
DESCRIZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA .....	2
ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DPM_1 (P1) .....	8
ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DPM_2 (P2) .....	12
ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DPM_3 (P3) .....	16
DESCRIZIONE INDAGINE GEOFISICA MASW .....	20
ELABORAZIONE INDAGINE MASW_1 (M1) .....	22
ELABORAZIONE INDAGINE MASW_2 (M2) .....	28
ELABORAZIONE INDAGINE MASW_3 (M3) .....	34
REPERTORIO FOTOGRAFICO ED UBICAZIONE DELLE INDAGINI .....	39

### ALLEGATI

- Carta ubicazione indagini in scala 1:2.500

## Premessa

Su incarico della società **New Developments S.r.l.**, in riferimento al: **Progetto definitivo impianto agrivoltaico denominato "Giambattista"**, il sottoscritto Geologo Eugenio MARTIRE, ha eseguito in data 19/09/2023, una campagna di indagini geognostiche costituita da:

- n° 3 prove penetrometriche dinamiche DPM30 (P1÷P3);
- n° 3 prospezione sismica di tipo MASW (M1÷M3).

Le prove penetrometriche hanno consentito la determinazione della stratigrafia dei litotipi e la determinazione indiretta dei parametri geotecnici del sottosuolo.

La prospezione sismica di tipo MASW ha consentito di definire la velocità media delle onde S nei primi metri di profondità. La misura delle Vs è di fondamentale importanza per la caratterizzazione del sottosuolo di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05; D.M. 17 gennaio 2018).

Tutte le informazioni di natura tecnica relative alle indagini eseguite unitamente all'interpretazione litologica e stratigrafica non sono commentate nella presente relazione di sintesi.

## Descrizione prova penetrometrica dinamica

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'ingfiere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

**Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:**

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 30$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A = 10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 20$  kg, altezza di caduta  $H = 0.20$  m, avanzamento  $\delta = 10$  cm, punta conica ( $\alpha = 60-90^\circ$ ), diametro  $D = 35.7$  mm, area base cono  $A = 10$  cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;
- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)  
massa battente  $M = 73$  kg, altezza di caduta  $H = 0.75$  m, avanzamento  $\delta = 30$  cm, punta conica ( $\alpha = 60^\circ$ ), diametro  $D = 50.8$  mm, area base cono  $A = 20.27$  cm<sup>2</sup> rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)  
massa battente  $M = 63.5$  kg, altezza caduta  $H = 0.75$  m, avanzamento  $\delta = 20-30$  cm, punta conica conica ( $\alpha = 60^\circ-90^\circ$ ) diametro  $D = 50.5$  mm, area base cono  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

**Correlazione con N<sub>spt</sub>**

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N<sub>spt</sub> ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N<sub>spt</sub>. Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

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

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q<sub>spt</sub> è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui

- M = peso massa battente;
- M' = peso aste;
- H = altezza di caduta;
- A = area base punta conica;
- $\delta$  = passo di avanzamento.

**Valutazione resistenza dinamica alla punta R<sub>pd</sub>**

Formula Olandesi

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

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);  
e = infissione media per colpo ( $\delta/N$ );  
M = peso massa battente (altezza caduta H);  
P = peso totale aste e sistema battuta.

### Calcolo di $(N_1)_{60}$

$(N_1)_{60}$  è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = C_N \times N_{60} \text{ con } C_N = \sqrt{(Pa/\sigma'_{v0})} \quad C_N < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \times (ER/60) \times C_S \times C_T \times C_d$$

ER/60: Rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.  
 $C_S$ : Parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).  
 $C_d$ : Funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).  
 $C_T$ : Parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

### Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software.

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.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

### Valutazioni statistiche e correlazioni

#### Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

##### **Media**

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

##### **Media minima**

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

##### **Massimo**

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

##### **Minimo**

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Scarto quadratico medio**

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media deviata**

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media + s**

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Media - s**

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

**Distribuzione normale R.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove  $\sigma_{N_{spt}}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$

**Distribuzione normale R.N.C.**

Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove  $n$  è il numero di letture.

**Pressione ammissibile**

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immorsamento  $d = 1$  mt.

**Correlazioni geotecniche terreni incoerenti**

**Liquefazione**

Permette di calcolare utilizzando dati  $N_{spt}$  il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se  $N_{spt}$  dello strato considerato risulta inferiore a  $N_{spt}$  critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

**Correzione  $N_{spt}$  in presenza di falda**

$N_{spt}$  corretto =  $15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

**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  $D_r$  %.
- 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 NATIONALE 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
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

**Modulo Edometrico**

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buisman-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

**Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

**Peso di Volume Gamma**

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

**Peso di volume saturo**

- Terzaghi-Peck 1948-1967

**Modulo di poisson**

- Classificazione A.G.I.

**Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)**

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio  $\tau$  e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

**Velocità onde di taglio  $V_s$  (m/sec)**

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

**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 ( $K_0$ )**

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

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico ( $Q_c$ )**

- Robertson 1983  $Q_c$

## 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). *Cu min-max*.
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , 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, (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per **argille e limi argillosi** con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ .
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC.
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago). Coesione non drenata Cu (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 ( $Mo$ )**

- 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 - $Mo$  (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**

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

**Peso di volume saturo**

- Meyerhof ed altri.

**Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)**

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0.20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	35.68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2.9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0.761
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °



**Classificazione ISSMFE (1988) delle sonde Penetrometriche dinamiche**

Tipo	Sigla di riferimento	Peso della massa battente in Kg
Leggero	DPL (Light)	M<10
<b>Medio</b>	<b>DPM (Medium)</b>	<b>10&lt;M&lt;40</b>
Pesante	DPH (Heavy)	40<M<60
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	M>60

## Elaborazione Prova Penetrometrica DPM\_1 (P1)

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
 Profondità prova 4,90 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	10	0	0,857	28,61	33,40	1,43	1,67
0,20	9	0	0,855	25,69	30,06	1,28	1,50
0,30	9	0	0,853	25,63	30,06	1,28	1,50
0,40	9	0	0,851	25,57	30,06	1,28	1,50
0,50	9	0	0,849	25,51	30,06	1,28	1,50
0,60	8	0	0,847	22,63	26,72	1,13	1,34
0,70	8	0	0,845	22,58	26,72	1,13	1,34
0,80	8	0	0,843	22,53	26,72	1,13	1,34
0,90	8	0	0,842	21,33	25,35	1,07	1,27
1,00	7	0	0,840	18,63	22,18	0,93	1,11
1,10	9	0	0,838	23,90	28,52	1,20	1,43
1,20	10	0	0,836	26,50	31,69	1,33	1,58
1,30	11	0	0,835	29,09	34,86	1,45	1,74
1,40	12	0	0,833	31,67	38,03	1,58	1,90
1,50	9	0	0,831	23,71	28,52	1,19	1,43
1,60	9	0	0,830	23,66	28,52	1,18	1,43
1,70	10	0	0,828	26,24	31,69	1,31	1,58
1,80	10	0	0,826	26,19	31,69	1,31	1,58
1,90	12	0	0,825	29,84	36,18	1,49	1,81
2,00	15	0	0,773	34,97	45,23	1,75	2,26
2,10	11	0	0,822	27,25	33,17	1,36	1,66
2,20	12	0	0,820	29,67	36,18	1,48	1,81
2,30	11	0	0,819	27,15	33,17	1,36	1,66
2,40	11	0	0,817	27,10	33,17	1,36	1,66
2,50	11	0	0,816	27,05	33,17	1,35	1,66
2,60	10	0	0,814	24,55	30,15	1,23	1,51
2,70	13	0	0,763	29,90	39,20	1,49	1,96
2,80	14	0	0,761	32,14	42,21	1,61	2,11
2,90	14	0	0,760	30,60	40,26	1,53	2,01
3,00	14	0	0,759	30,54	40,26	1,53	2,01
3,10	15	0	0,757	32,66	43,13	1,63	2,16
3,20	16	0	0,756	34,78	46,01	1,74	2,30
3,30	17	0	0,755	36,89	48,88	1,84	2,44
3,40	10	0	0,803	23,10	28,75	1,16	1,44
3,50	10	0	0,802	23,06	28,75	1,15	1,44
3,60	9	0	0,801	20,73	25,88	1,04	1,29
3,70	9	0	0,800	20,69	25,88	1,03	1,29
3,80	9	0	0,798	20,66	25,88	1,03	1,29
3,90	9	0	0,797	19,72	24,73	0,99	1,24
4,00	9	0	0,796	19,69	24,73	0,98	1,24
4,10	9	0	0,795	19,66	24,73	0,98	1,24
4,20	9	0	0,794	19,63	24,73	0,98	1,24

4,30	10	0	0,793	21,78	27,48	1,09	1,37
4,40	15	0	0,741	30,56	41,22	1,53	2,06
4,50	14	0	0,740	28,48	38,47	1,42	1,92
4,60	15	0	0,739	30,47	41,22	1,52	2,06
4,70	12	0	0,788	25,99	32,98	1,30	1,65
4,80	33	0	0,637	57,78	90,69	2,89	4,53
4,90	55	0	0,586	84,82	144,74	4,24	7,24
Rifiuto Strumentale							

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P1

#### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	8,26	4,90	Shioi - Fukui (1982)	0,21

Coesione drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	C' (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	8,26	4,90	Sorensen & Okkels (2013)	0,02

#### TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	8,26	4,90	8,26	Meyerhof (1957)	55,85

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	8,26	4,90	8,26	Shioi-Fukuni (1982)	26,13

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	8,26	4,90	8,26	Schmertmann (1978) Limi	71,97

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	8,26	4,90	8,26	Begemann (1974)	44,43

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	8,26	4,90	8,26	Meyerhof ed altri	1,67

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	8,26	4,90	8,26	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	8,26	4,90	8,26	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	8,26	4,90	8,26	Ohsaki (Sabbie pulite)	473,01

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	8,26	4,90	8,26	Navfac 1971-1982	1,73

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

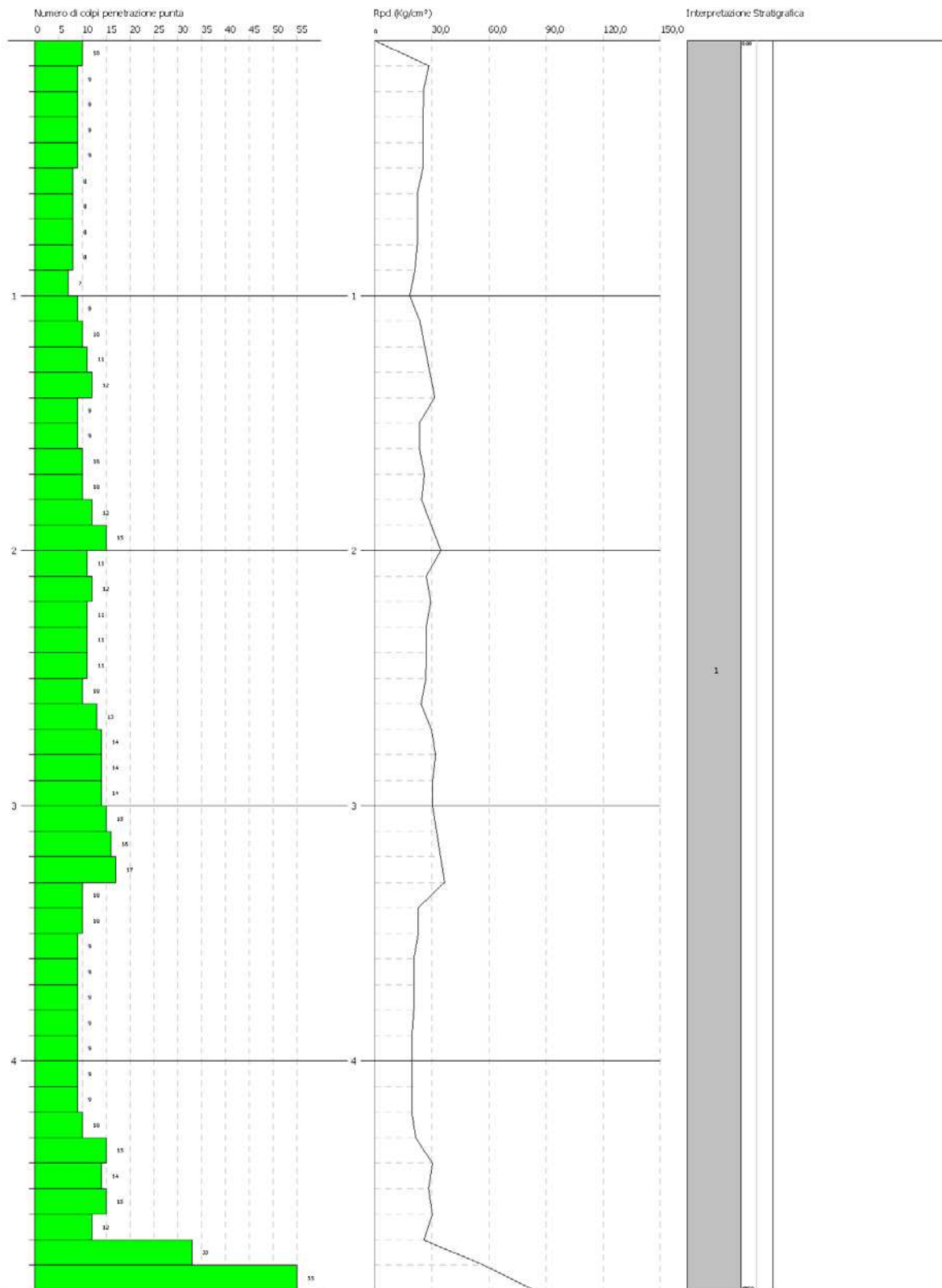
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	8,26	4,90	8,26	Robertson 1983	16,52

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P1  
 Strumento utilizzato... DPM (X,030 10) (Medium)

Consittente: NEWDEVELOPMENTS S.r.l  
 Cantiere:  
 Località: SANT'ILARIO D'ENZA - RE

Data:

Scala 1:21



## Elaborazione Prova Penetrometrica DPM\_2 (P2)

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
 Profondità prova 5,80 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	7	0	0,857	20,02	23,38	1,00	1,17
0,20	8	0	0,855	22,83	26,72	1,14	1,34
0,30	8	0	0,853	22,78	26,72	1,14	1,34
0,40	9	0	0,851	25,57	30,06	1,28	1,50
0,50	9	0	0,849	25,51	30,06	1,28	1,50
0,60	9	0	0,847	25,46	30,06	1,27	1,50
0,70	8	0	0,845	22,58	26,72	1,13	1,34
0,80	8	0	0,843	22,53	26,72	1,13	1,34
0,90	8	0	0,842	21,33	25,35	1,07	1,27
1,00	7	0	0,840	18,63	22,18	0,93	1,11
1,10	6	0	0,838	15,93	19,01	0,80	0,95
1,20	5	0	0,836	13,25	15,85	0,66	0,79
1,30	7	0	0,835	18,51	22,18	0,93	1,11
1,40	5	0	0,833	13,20	15,85	0,66	0,79
1,50	5	0	0,831	13,17	15,85	0,66	0,79
1,60	5	0	0,830	13,14	15,85	0,66	0,79
1,70	5	0	0,828	13,12	15,85	0,66	0,79
1,80	5	0	0,826	13,09	15,85	0,65	0,79
1,90	7	0	0,825	17,41	21,11	0,87	1,06
2,00	8	0	0,823	19,86	24,12	0,99	1,21
2,10	11	0	0,822	27,25	33,17	1,36	1,66
2,20	13	0	0,770	30,19	39,20	1,51	1,96
2,30	10	0	0,819	24,68	30,15	1,23	1,51
2,40	12	0	0,817	29,57	36,18	1,48	1,81
2,50	15	0	0,766	34,63	45,23	1,73	2,26
2,60	14	0	0,764	32,26	42,21	1,61	2,11
2,70	9	0	0,813	22,06	27,14	1,10	1,36
2,80	8	0	0,811	19,57	24,12	0,98	1,21
2,90	10	0	0,810	23,29	28,75	1,16	1,44
3,00	8	0	0,809	18,60	23,00	0,93	1,15
3,10	9	0	0,807	20,89	25,88	1,04	1,29
3,20	10	0	0,806	23,18	28,75	1,16	1,44
3,30	11	0	0,805	25,45	31,63	1,27	1,58
3,40	12	0	0,803	27,72	34,50	1,39	1,73
3,50	13	0	0,752	28,11	37,38	1,41	1,87
3,60	12	0	0,801	27,63	34,50	1,38	1,73
3,70	11	0	0,800	25,29	31,63	1,26	1,58
3,80	10	0	0,798	22,96	28,75	1,15	1,44
3,90	10	0	0,797	21,91	27,48	1,10	1,37
4,00	11	0	0,796	24,06	30,23	1,20	1,51
4,10	12	0	0,795	26,21	32,98	1,31	1,65
4,20	11	0	0,794	23,99	30,23	1,20	1,51
4,30	11	0	0,793	23,96	30,23	1,20	1,51
4,40	10	0	0,791	21,75	27,48	1,09	1,37
4,50	10	0	0,790	21,72	27,48	1,09	1,37

4,60	13	0	0,739	26,41	35,73	1,32	1,79
4,70	12	0	0,788	25,99	32,98	1,30	1,65
4,80	12	0	0,787	25,96	32,98	1,30	1,65
4,90	14	0	0,736	27,12	36,84	1,36	1,84
5,00	15	0	0,735	29,01	39,47	1,45	1,97
5,10	10	0	0,784	20,63	26,32	1,03	1,32
5,20	12	0	0,783	24,73	31,58	1,24	1,58
5,30	15	0	0,732	28,90	39,47	1,44	1,97
5,40	12	0	0,781	24,66	31,58	1,23	1,58
5,50	14	0	0,730	26,90	36,84	1,34	1,84
5,60	26	0	0,679	46,47	68,42	2,32	3,42
5,70	35	0	0,628	57,86	92,11	2,89	4,61
5,80	53	0	0,577	80,52	139,47	4,03	6,97
Rifiuto Strumentale							

## STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P2

### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	7,49	5,80	Shioi - Fukui (1982)	0,19

Coesione drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	C' (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	7,49	5,80	Sorensen & Okkels (2013)	0.02

### TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	7,49	5,80	7,49	Meyerhof (1957)	51,5

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	7,49	5,80	7,49	Shioi-Fukuni (1982)	25,6

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	7,49	5,80	7,49	Schmertmann (1978) Limi	65,24

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	7,49	5,80	7,49	Begemann (1974)	42,85

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	7,49	5,80	7,49	Meyerhof ed altri	1,64

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	7,49	5,80	7,49	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,90

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	7,49	5,80	7,49	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	7,49	5,80	7,49	Ohsaki (Sabbie pulite)	431,45

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	7,49	5,80	7,49	Navfac 1971-1982	1,55

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

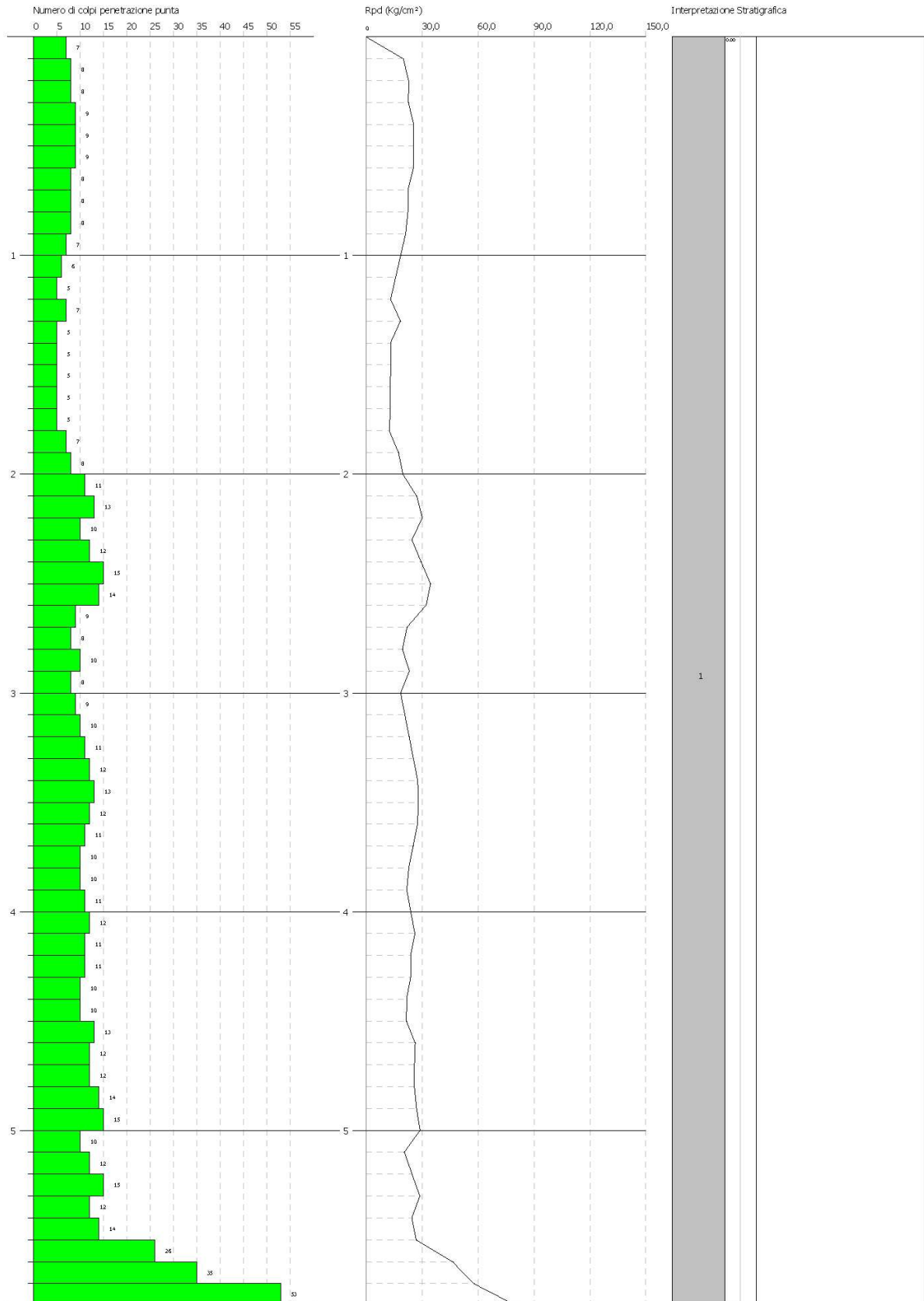
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	7,49	5,80	7,49	Robertson 1983	14,98

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P2  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: NEW DEVELOPMENTS S.r.l.  
Cantiere:  
Località: SANT'ILARIO D'ENZA - RE

Data:

Scala 1:24





## Elaborazione Prova Penetrometrica DPM\_3 (P3)

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
 Profondità prova 5,20 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0,10	10	0	0,857	28,61	33,40	1,43	1,67
0,20	10	0	0,855	28,54	33,40	1,43	1,67
0,30	9	0	0,853	25,63	30,06	1,28	1,50
0,40	9	0	0,851	25,57	30,06	1,28	1,50
0,50	9	0	0,849	25,51	30,06	1,28	1,50
0,60	9	0	0,847	25,46	30,06	1,27	1,50
0,70	9	0	0,845	25,40	30,06	1,27	1,50
0,80	9	0	0,843	25,35	30,06	1,27	1,50
0,90	8	0	0,842	21,33	25,35	1,07	1,27
1,00	10	0	0,840	26,61	31,69	1,33	1,58
1,10	10	0	0,838	26,56	31,69	1,33	1,58
1,20	11	0	0,836	29,15	34,86	1,46	1,74
1,30	12	0	0,835	31,74	38,03	1,59	1,90
1,40	9	0	0,833	23,75	28,52	1,19	1,43
1,50	8	0	0,831	21,07	25,35	1,05	1,27
1,60	10	0	0,830	26,29	31,69	1,31	1,58
1,70	12	0	0,828	31,48	38,03	1,57	1,90
1,80	11	0	0,826	28,81	34,86	1,44	1,74
1,90	9	0	0,825	22,38	27,14	1,12	1,36
2,00	9	0	0,823	22,34	27,14	1,12	1,36
2,10	9	0	0,822	22,30	27,14	1,11	1,36
2,20	10	0	0,820	24,73	30,15	1,24	1,51
2,30	14	0	0,769	32,44	42,21	1,62	2,11
2,40	12	0	0,817	29,57	36,18	1,48	1,81
2,50	12	0	0,816	29,51	36,18	1,48	1,81
2,60	15	0	0,764	34,56	45,23	1,73	2,26
2,70	14	0	0,763	32,20	42,21	1,61	2,11
2,80	14	0	0,761	32,14	42,21	1,61	2,11
2,90	9	0	0,810	20,96	25,88	1,05	1,29
3,00	9	0	0,809	20,93	25,88	1,05	1,29
3,10	8	0	0,807	18,57	23,00	0,93	1,15
3,20	8	0	0,806	18,54	23,00	0,93	1,15
3,30	10	0	0,805	23,14	28,75	1,16	1,44
3,40	7	0	0,803	16,17	20,13	0,81	1,01
3,50	8	0	0,802	18,45	23,00	0,92	1,15
3,60	12	0	0,801	27,63	34,50	1,38	1,73
3,70	12	0	0,800	27,59	34,50	1,38	1,73
3,80	12	0	0,798	27,55	34,50	1,38	1,73
3,90	10	0	0,797	21,91	27,48	1,10	1,37
4,00	11	0	0,796	24,06	30,23	1,20	1,51
4,10	13	0	0,745	26,61	35,73	1,33	1,79
4,20	15	0	0,744	30,66	41,22	1,53	2,06
4,30	14	0	0,743	28,57	38,47	1,43	1,92
4,40	19	0	0,741	38,71	52,21	1,94	2,61
4,50	20	0	0,740	40,69	54,96	2,03	2,75

4,60	15	0	0,739	30,47	41,22	1,52	2,06
4,70	14	0	0,738	28,40	38,47	1,42	1,92
4,80	16	0	0,737	32,41	43,97	1,62	2,20
4,90	16	0	0,736	30,99	42,11	1,55	2,11
5,00	12	0	0,785	24,79	31,58	1,24	1,58
5,10	39	0	0,584	59,94	102,63	3,00	5,13
5,20	58	0	0,583	88,98	152,63	4,45	7,63
Rifiuto Strumentale							

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA P3**

**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	8,57	5,20	Shioi - Fukui (1982)	0,21

Coesione drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	C' (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	8,57	5,20	Sorensen & Okkels (2013)	0,02

**TERRENI INCOERENTI**

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	8,57	5,20	8,57	Meyerhof (1957)	56,14

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	8,57	5,20	8,57	Shioi-Fukuni (1982)	26,34

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	8,57	5,20	8,57	Schmertmann (1978) Limi	74,68

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	8,57	5,20	8,57	Begemann (1974)	45,07

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	8,57	5,20	8,57	Meyerhof ed altri	1,68

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	8,57	5,20	8,57	Terzaghi-Peck 1948-1967	1,91

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	8,57	5,20	8,57	(A.G.I.)	0,34

Modulo di deformazione a taglio dinamico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	8,57	5,20	8,57	Ohsaki (Sabbie pulite)	489,68

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	8,57	5,20	8,57	Navfac 1971-1982	1,79

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

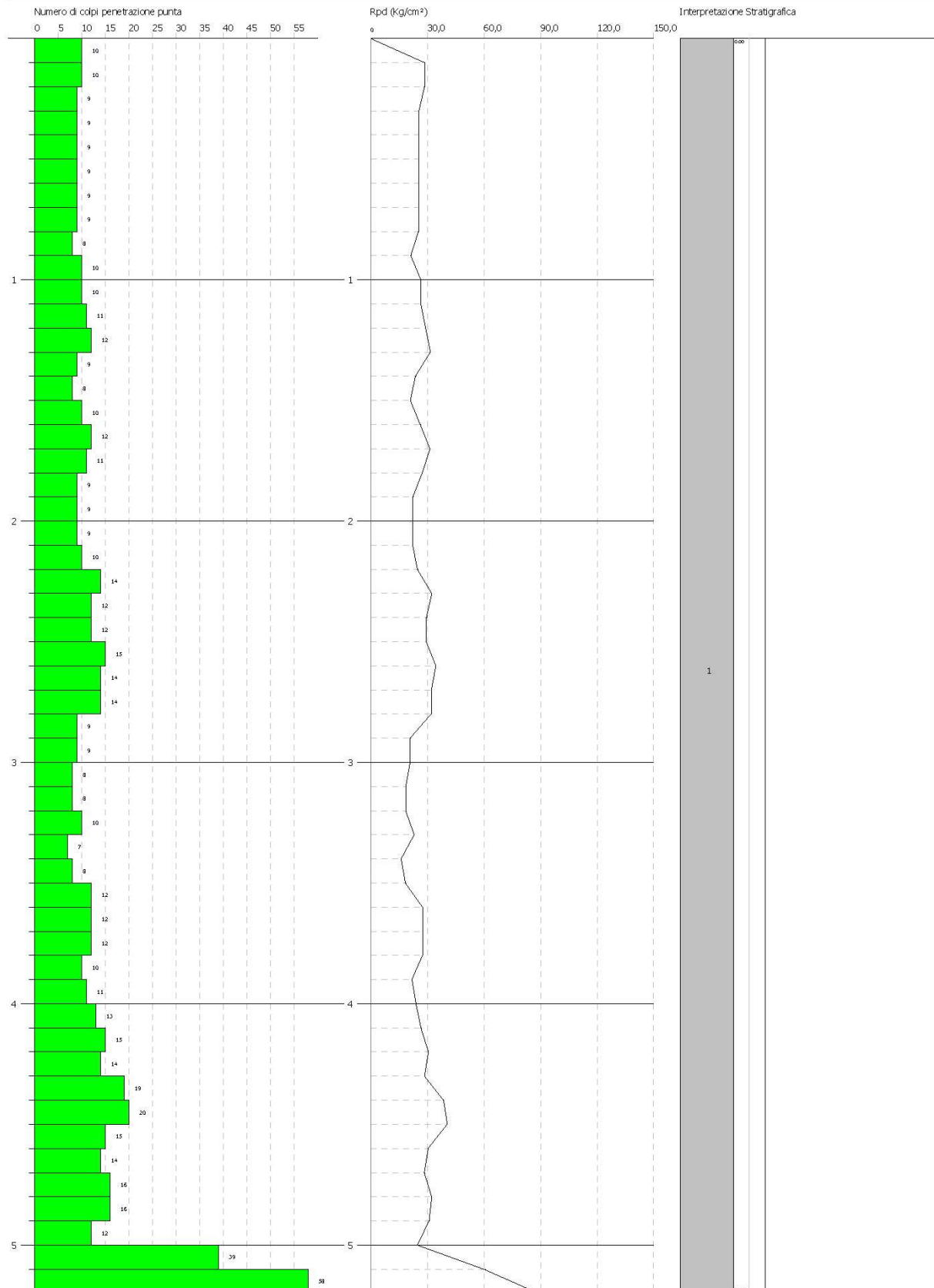
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	8,57	5,20	8,57	Robertson 1983	17,14

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3  
 Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: NEW DEVELOPMENTS S.r.l.  
 Cantiere:  
 Località: SANT'ILARIO D'ENZA - RE

Data:

Scala 1:22



## Descrizione indagine geofisica MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

### Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale**: onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale**: onda profonda di taglio;
- **L-Love**: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh**: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

### Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

### Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

### Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

### Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

### **Profondità di indagine**

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d’onda. Piccole lunghezze d’onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d’onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

### **Caratteristiche delle apparecchiature**

Per l’esecuzione dell’indagine di sismica, è stato impiegato il seguente sistema di acquisizione:

- Sismografo multicanale Doremi-Sara a 16 bit, rete differenziale RS232 half-duplex multipoint;
- Cavo modulare con 12 canali, 12 geofoni verticali da 4,5Hz, geofono start geospace da 10 Hz;
- Energizzatore costituito da massa battente di 6 Kg e da piastra in polimero;
- Prolunghe e materiale d’uso;
- Misure eseguite da un Geologo “Prospettore Geofisico”, coadiuvato da un “Aiuto Prospettore”;
- Durante i rilievi si è provveduto a controllare costantemente la qualità dei dati.

L’interpretazione dei dati è stata effettuata analiticamente e con calcolo automatico mediante software Easy MASW distribuito della Geostru Software, attraverso una procedura così descritta:

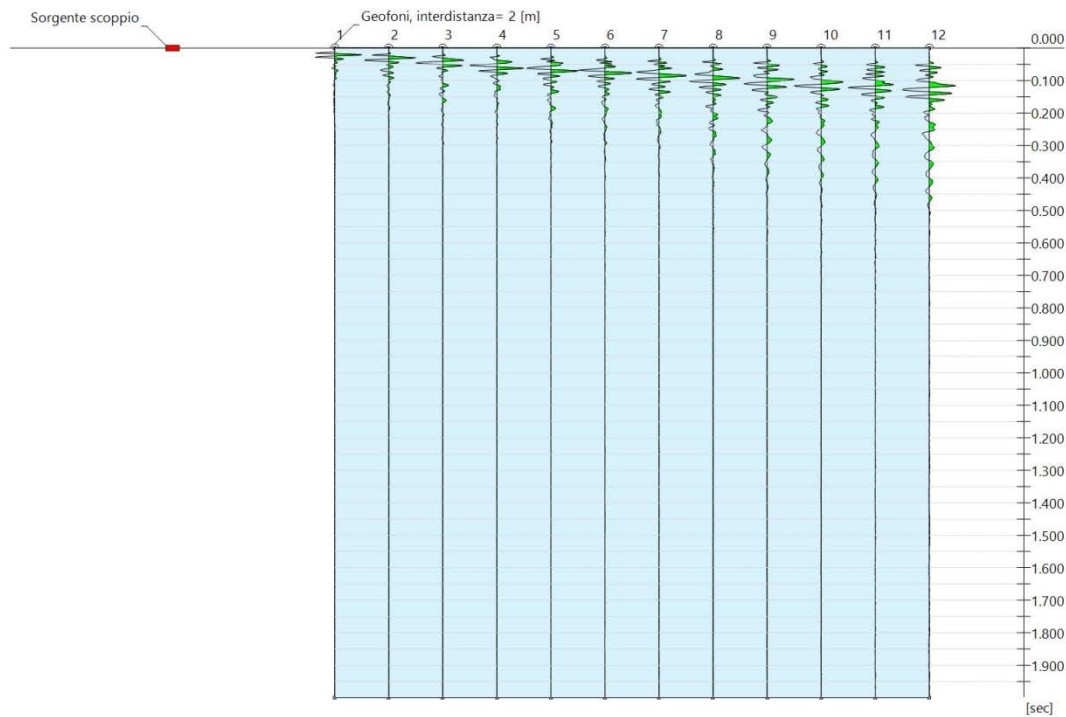
- ✓ Importazione delle tracce
- ✓ Analisi spettrale
- ✓ Inversione e sviluppo del profilo sismo-stratigrafico
- ✓ Calcolo  $V_{Seq}$  e categoria del sottosuolo

## Elaborazione Indagine MASW\_1 (M1)

### Dati generali

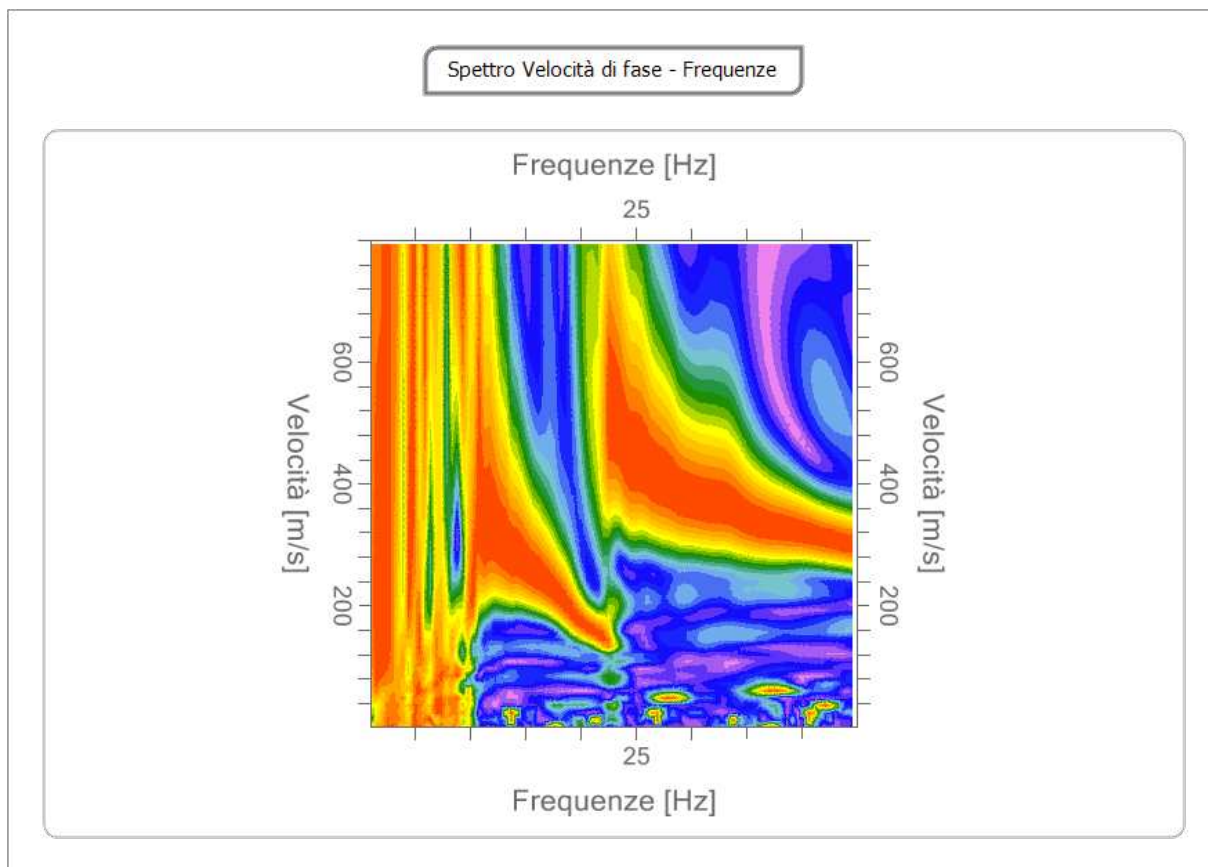
Profilo sismico MASW	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 m
Numero di scoppi	1
Durata	2000 msec
Campionamento	2 msec
Sistema di energizzazione	Massa battente

### Interpretazione



### Analisi spettrale

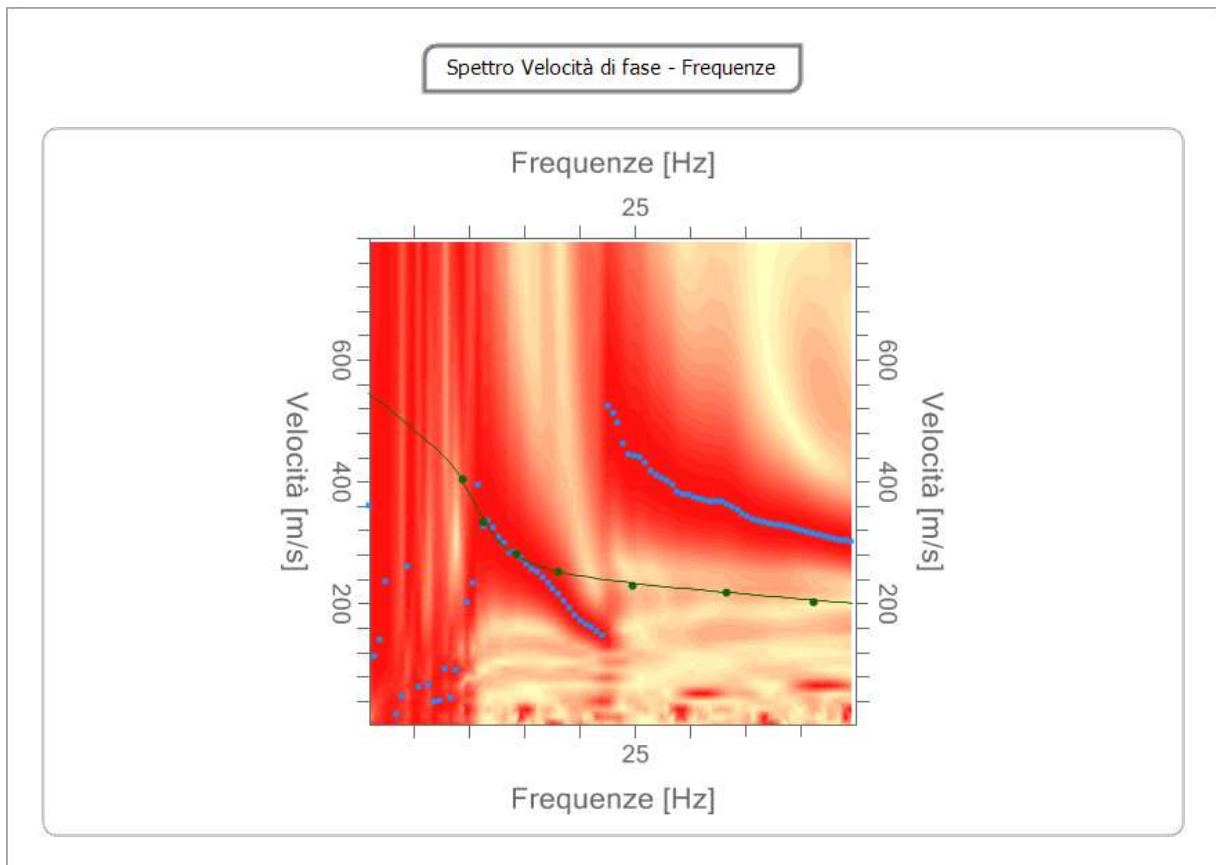
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	45
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



**Curva di dispersione**

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	9.5	404.1	0
2	11.4	334.1	0
3	14.3	281.0	0
4	18.0	252.0	0
5	24.8	230.3	0
6	33.3	218.3	0
7	41.1	201.4	0





### Inversione

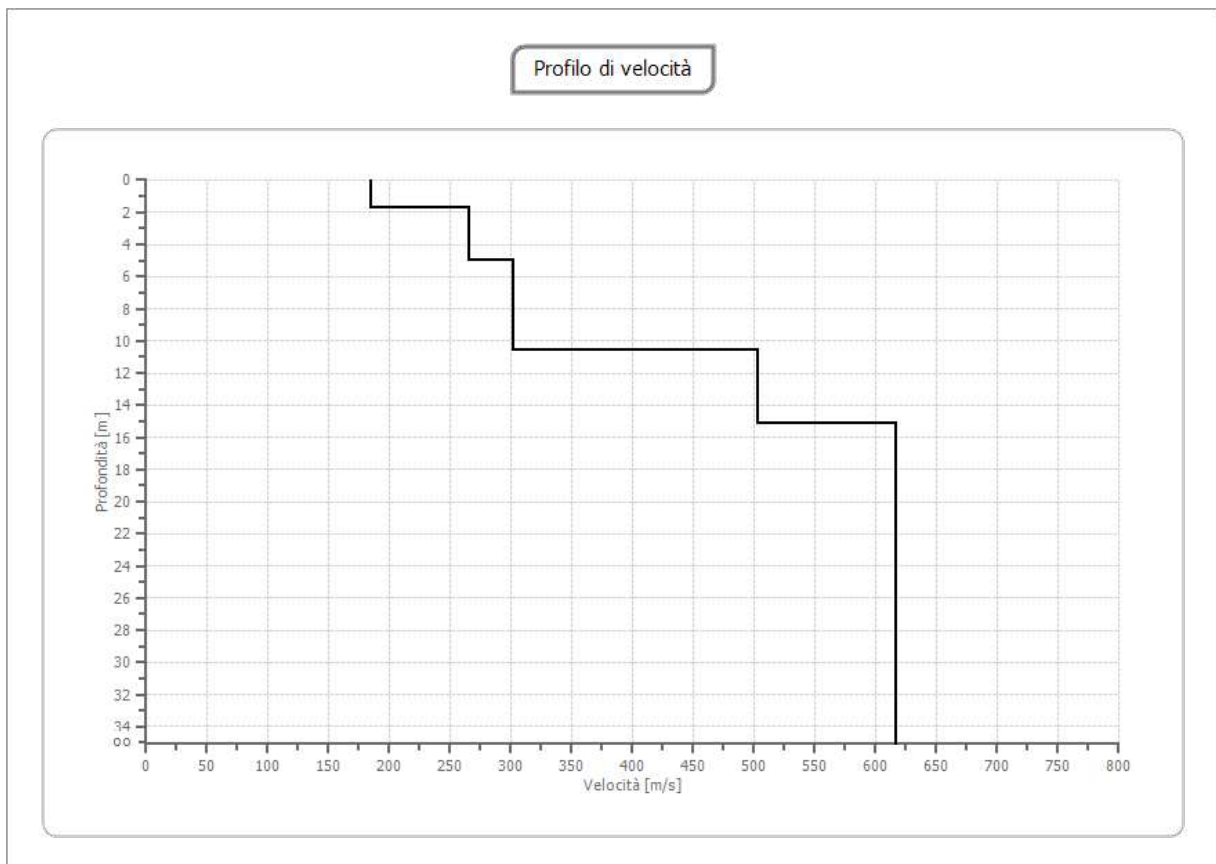
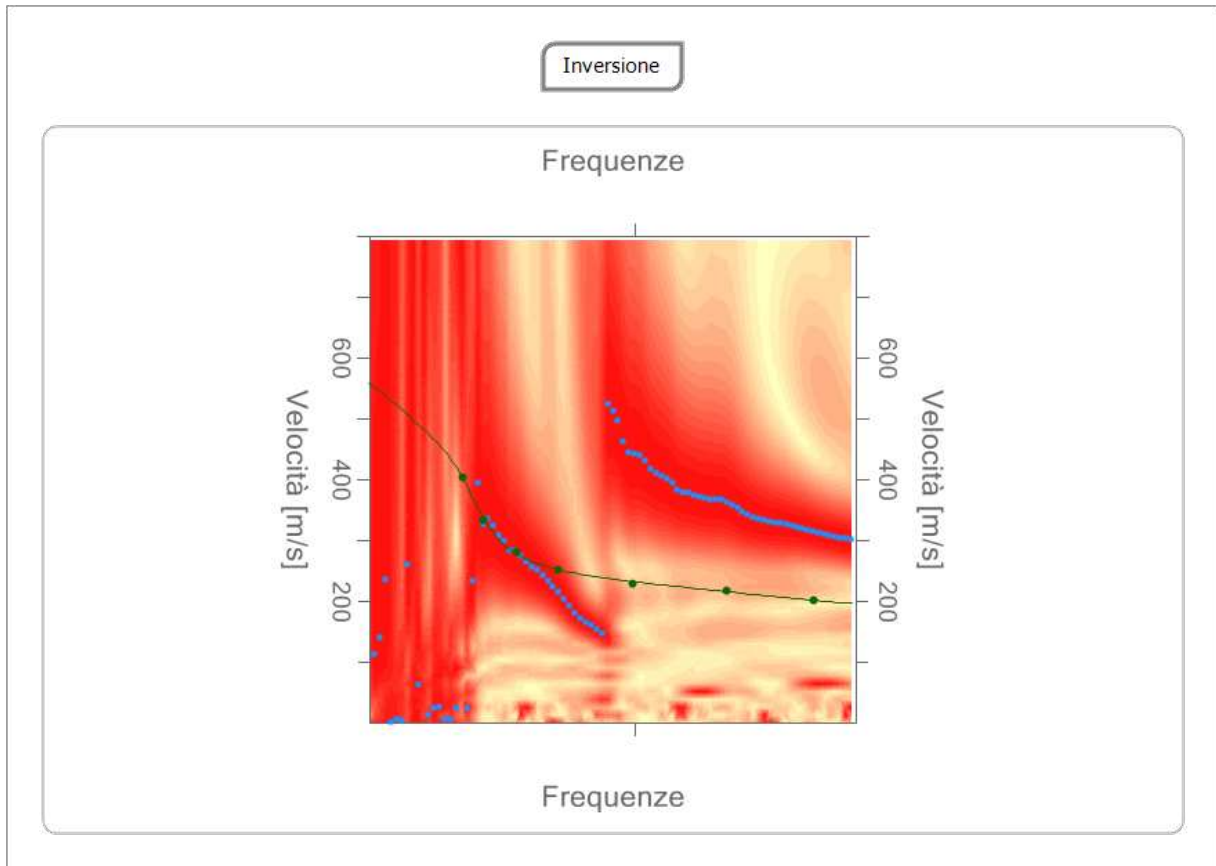
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.75	1.75	345.8	184.9
2	4.96	3.21	497.0	265.6
3	10.58	5.62	565.4	302.2
4	15.10	4.52	940.9	502.9
5	35.00	19.90	1153.6	616.6

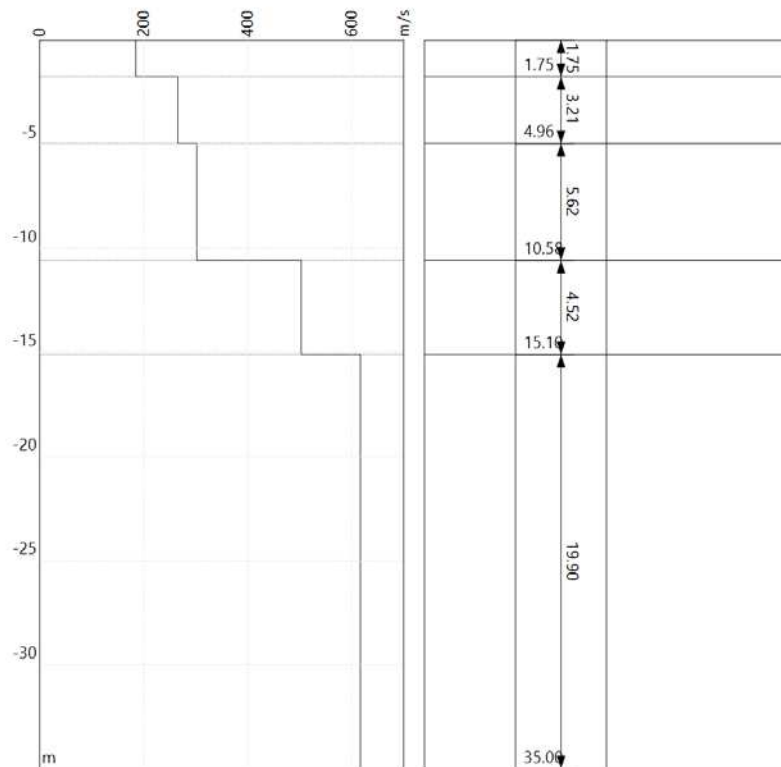
Percentuale di errore

0.004 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.007





### Risultati e Caratterizzazione del sottosuolo

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), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

- $h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b><math>V_{s,eq}</math> [m/sec] (H=30.00 m)</b>	409.23
<b>Categoria del suolo</b>	B

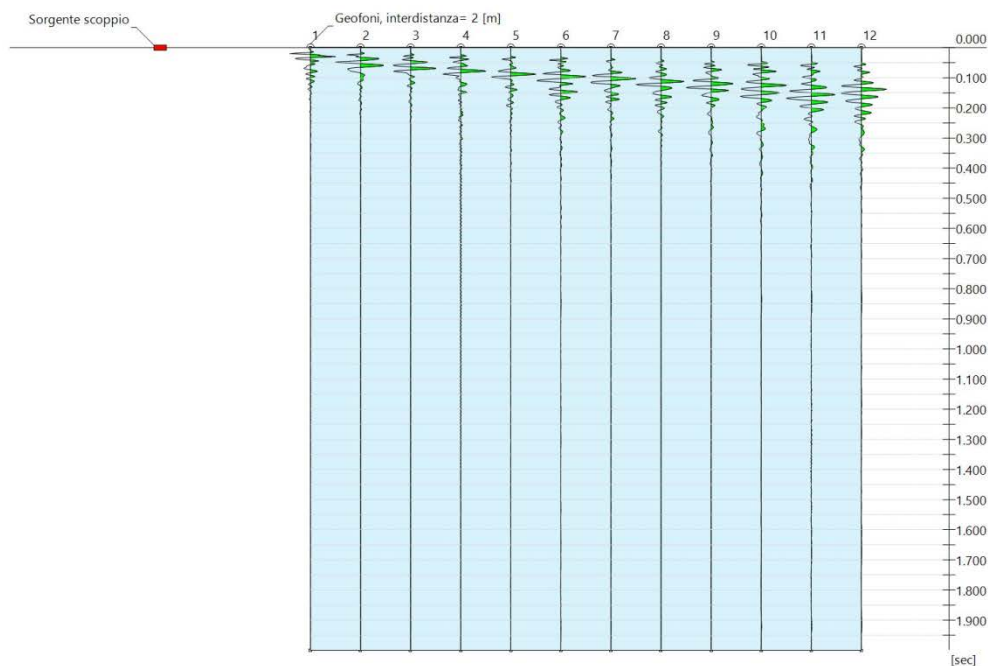
Categorie	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<b>Rocce tenere 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.</b>
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.

## Elaborazione Indagine MASW\_2 (M2)

### Dati generali

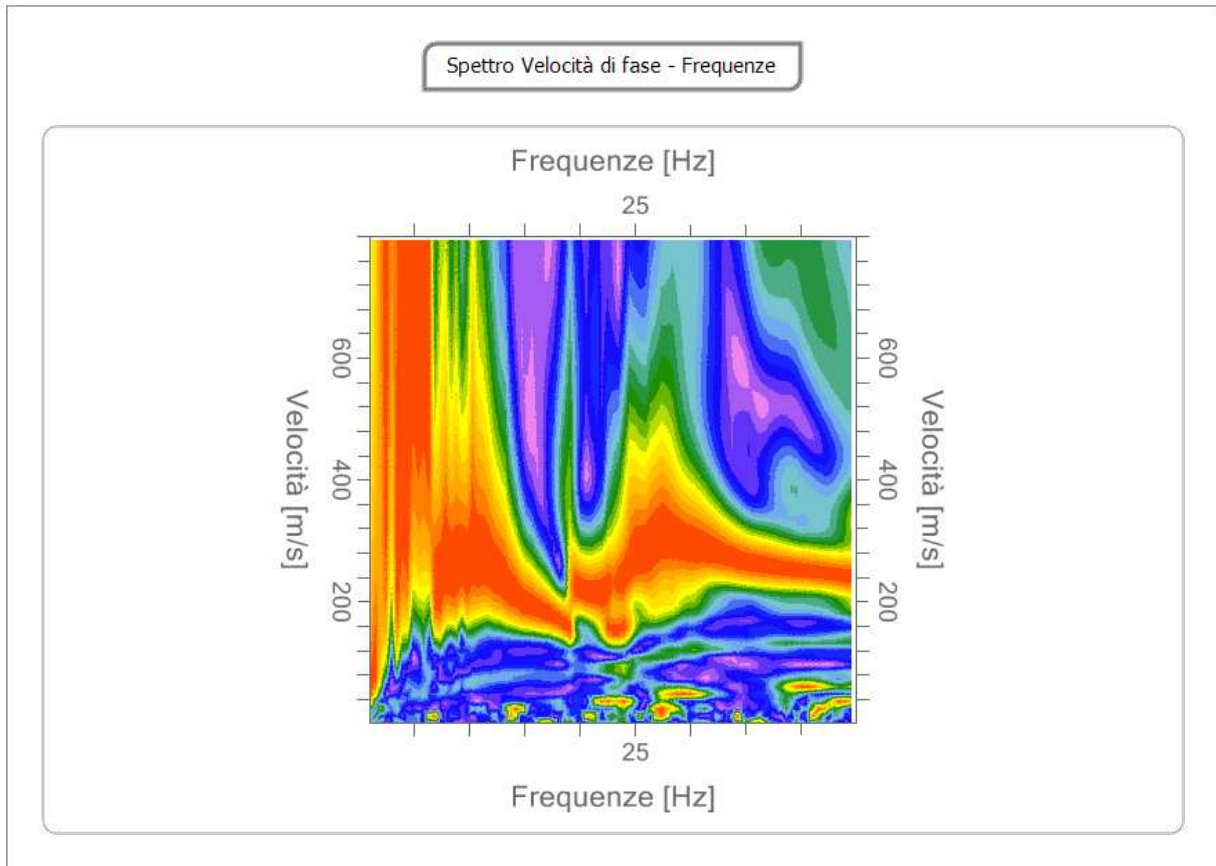
Profilo sismico MASW	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 m
Numero di scoppi	1
Durata	2000 msec
Campionamento	2 msec
Sistema di energizzazione	Massa battente

### Interpretazione



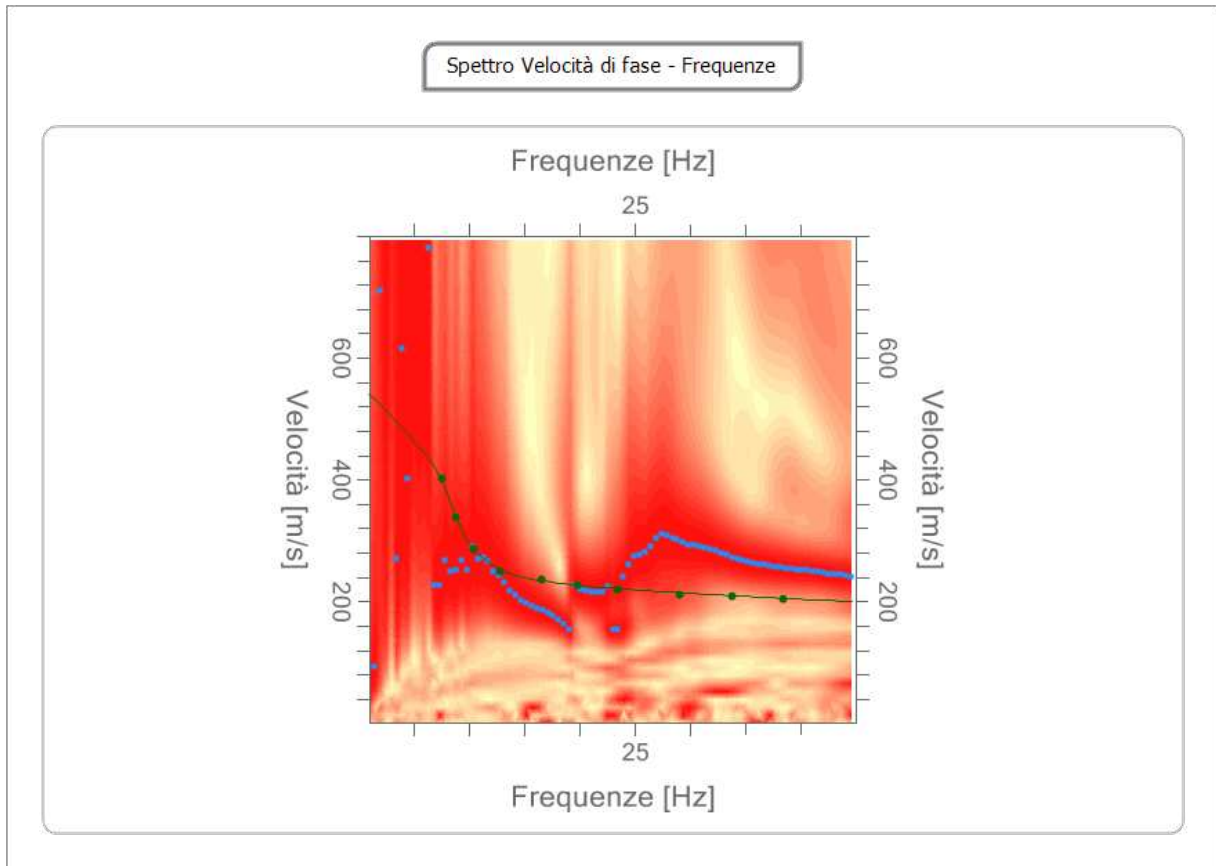
### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	45
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



**Curva di dispersione**

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	7.5	401.7	0
2	8.8	338.9	0
3	10.4	285.8	0
4	12.8	249.6	0
5	16.5	235.1	0
6	19.9	227.9	0
7	23.4	220.7	0
8	29.0	211.0	0
9	33.8	208.6	0
10	38.4	203.8	0



**Inversione**

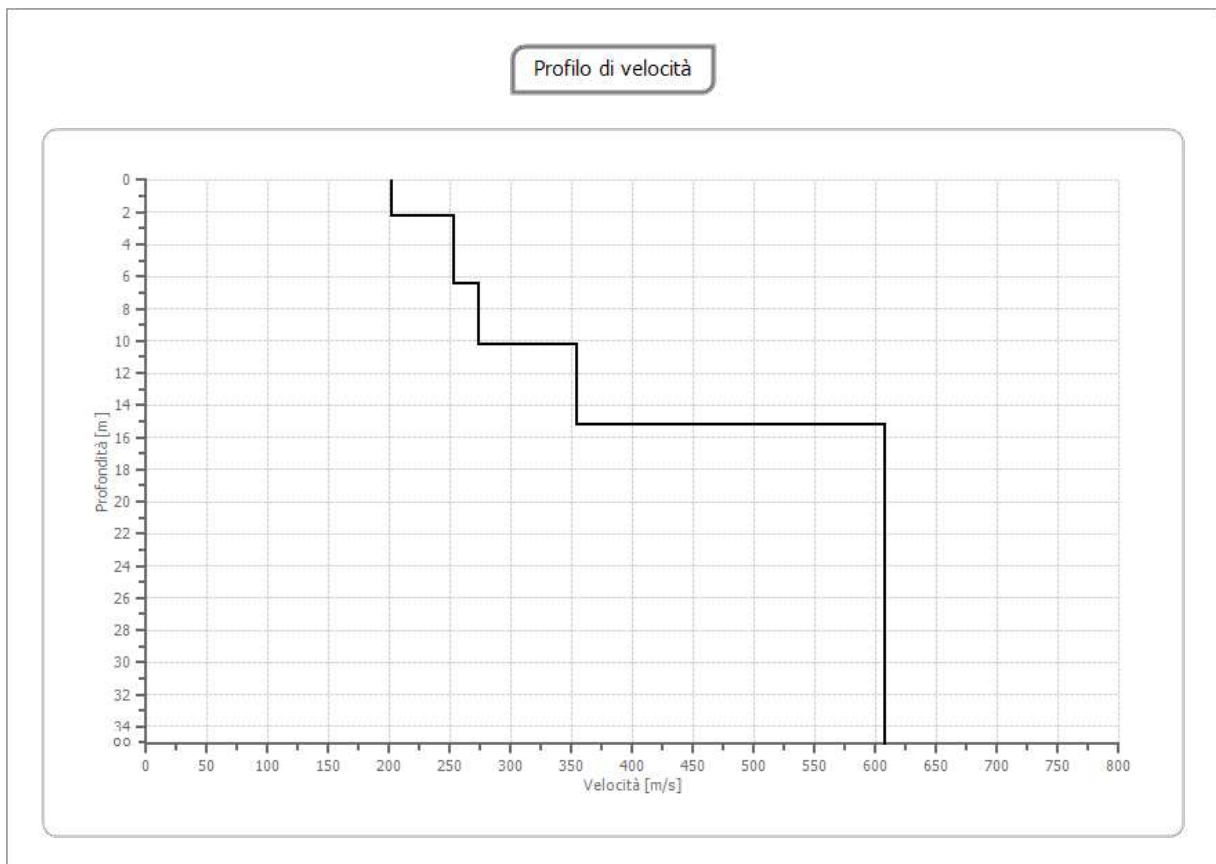
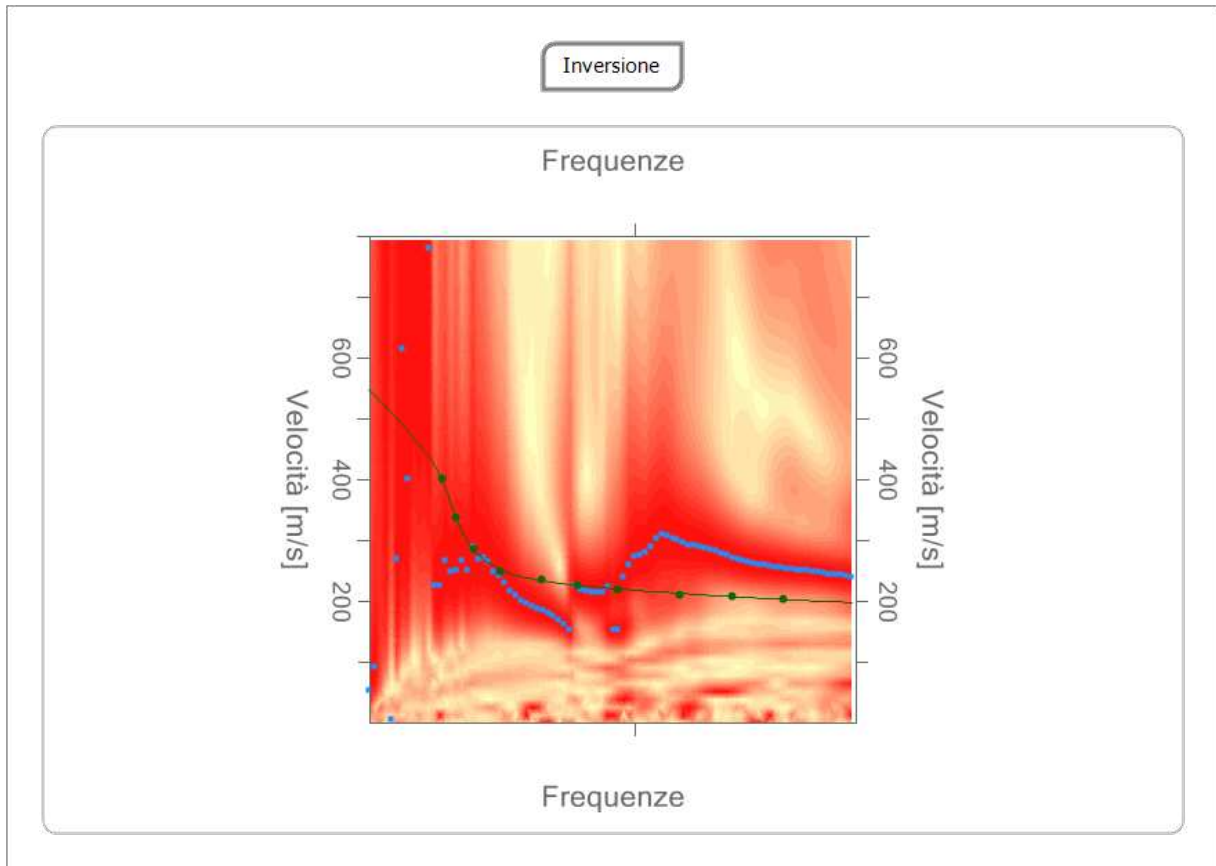
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.26	2.26	377.9	202.0
2	6.42	4.17	472.9	252.8
3	10.25	3.83	510.6	272.9
4	15.18	4.93	662.1	353.9
5	35.00	19.82	1135.5	606.9

Percentuale di errore

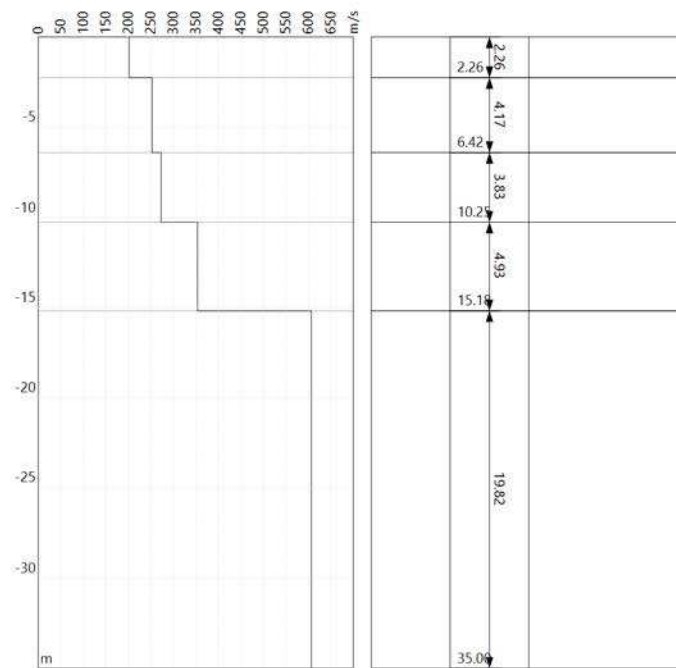
0.003 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.006







### Risultati e Caratterizzazione del sottosuolo

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), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

- $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b><math>V_{S,eq}</math> [m/sec] (H=30.00 m)</b>	374.88
<b>Categoria del suolo</b>	B

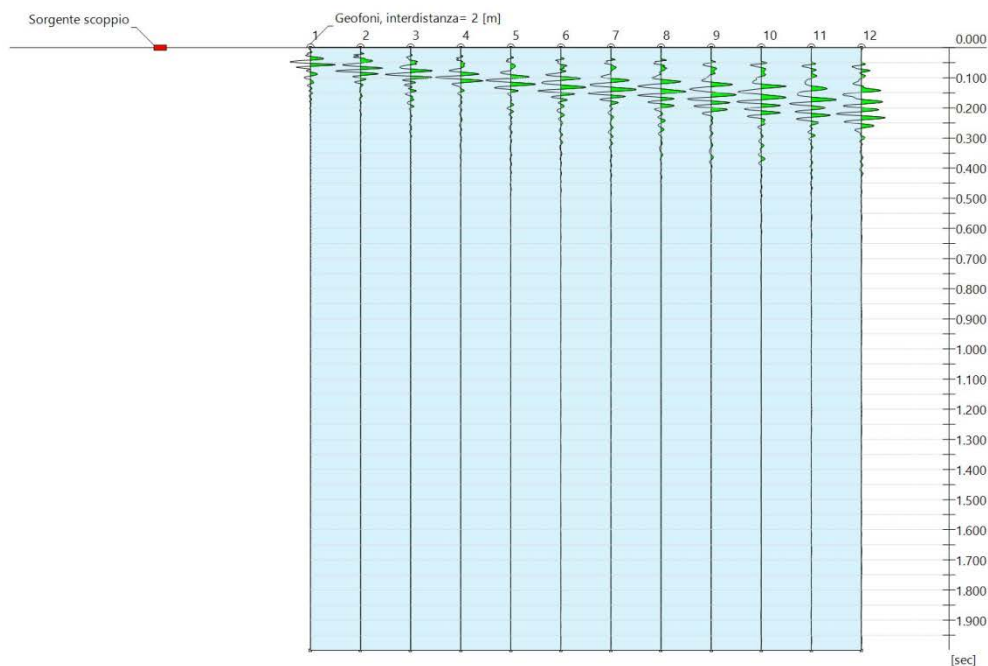
Categorie	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	<b>Rocce tenere 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.</b>
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.

## Elaborazione Indagine MASW\_3 (M3)

### Dati generali

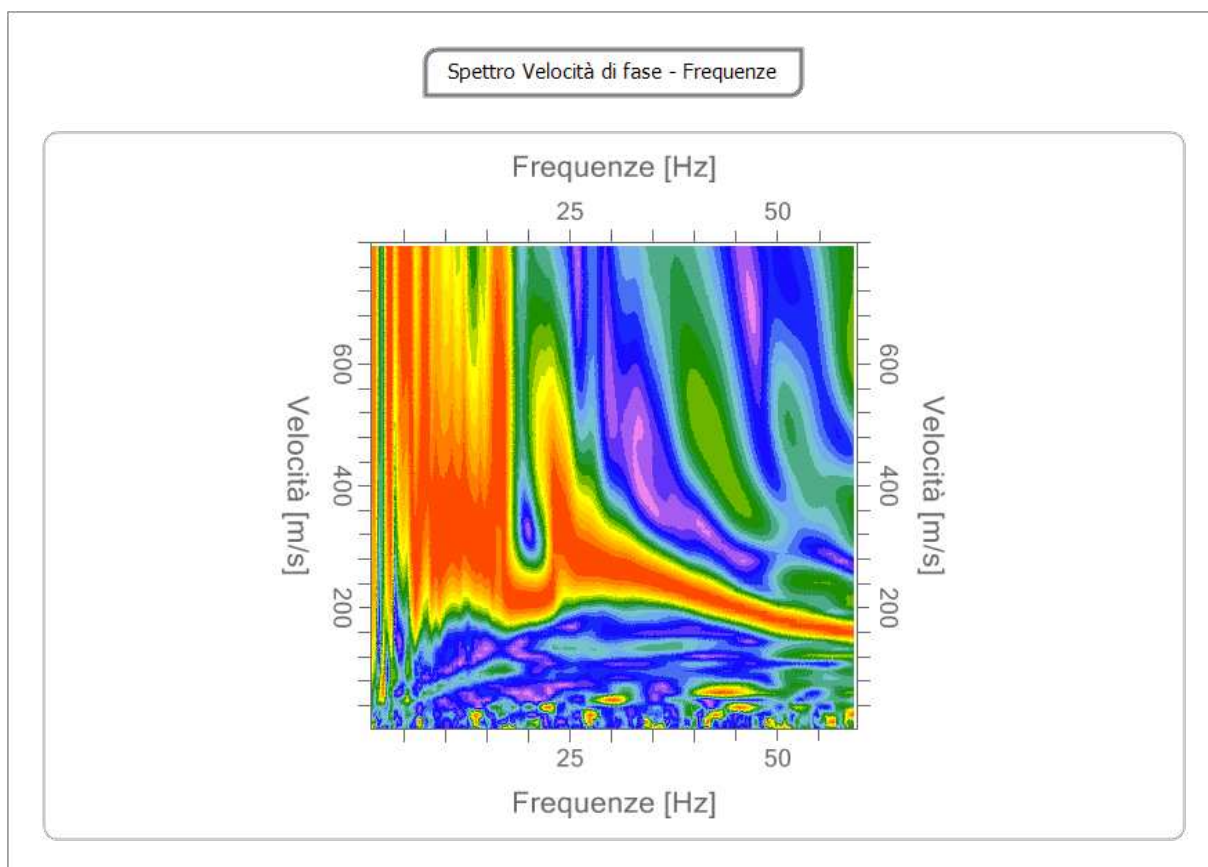
Profilo sismico MASW	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 m
Numero di scoppi	1
Durata	2000 msec
Campionamento	2 msec
Sistema di energizzazione	Massa battente

### Interpretazione



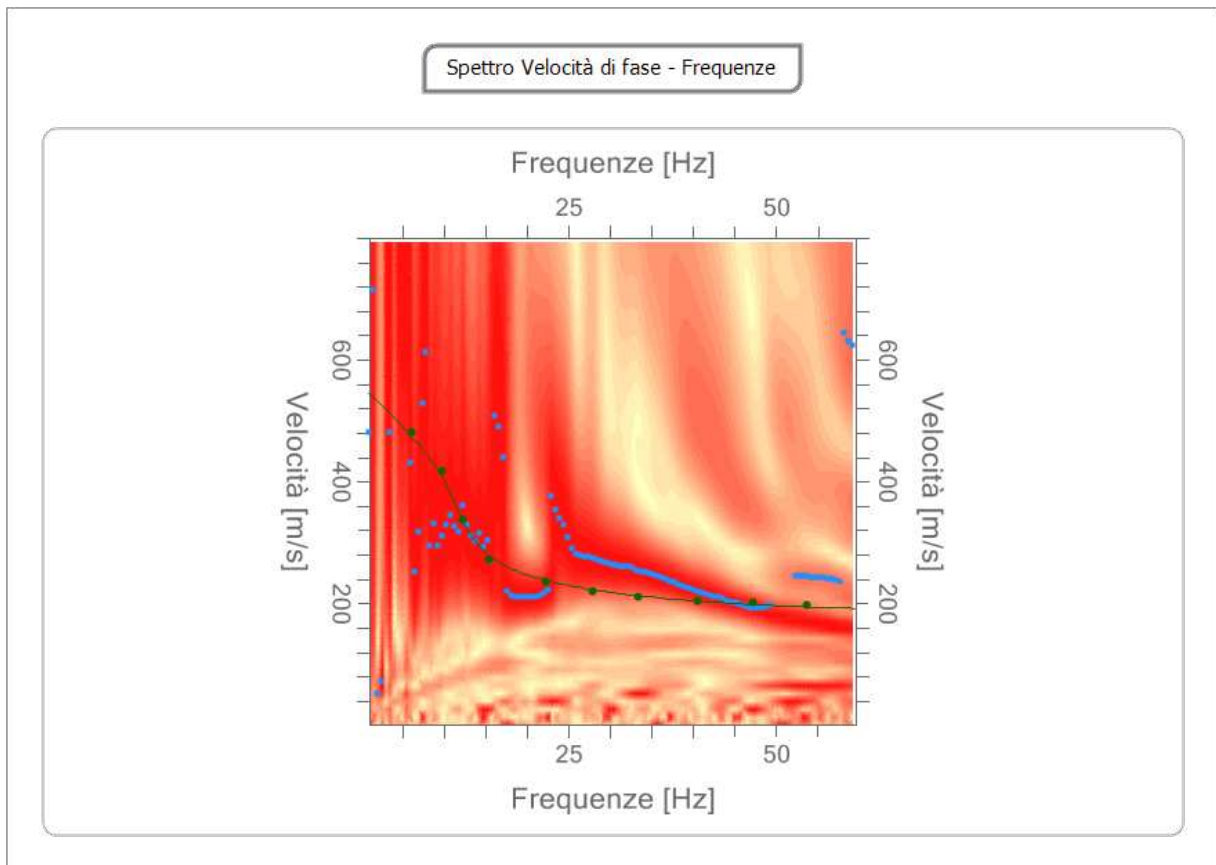
### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



**Curva di dispersione**

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	6.1	481.4	0
2	9.7	418.6	0
3	12.3	338.9	0
4	15.3	271.4	0
5	22.2	235.1	0
6	27.9	220.7	0
7	33.4	211.0	0
8	40.5	203.8	0
9	47.2	201.4	0
10	53.8	196.5	0



**Inversione**

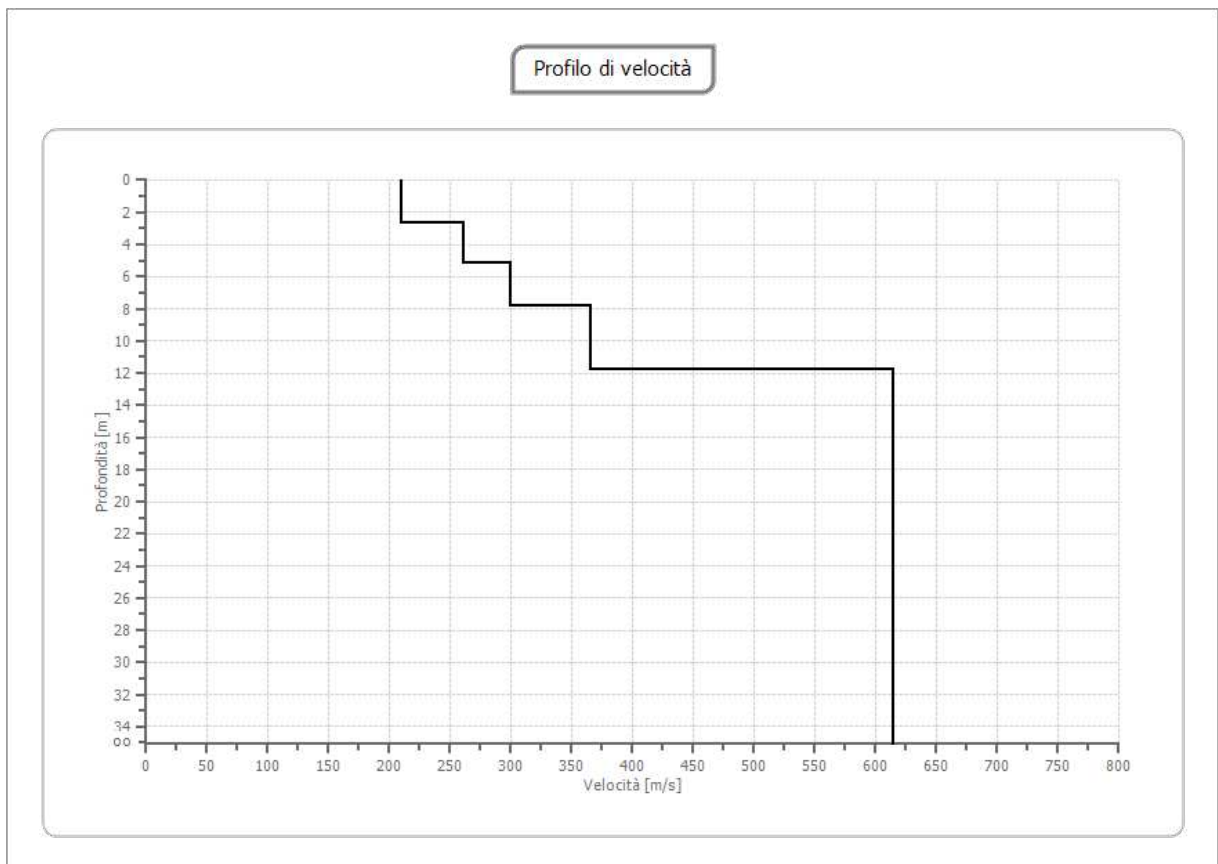
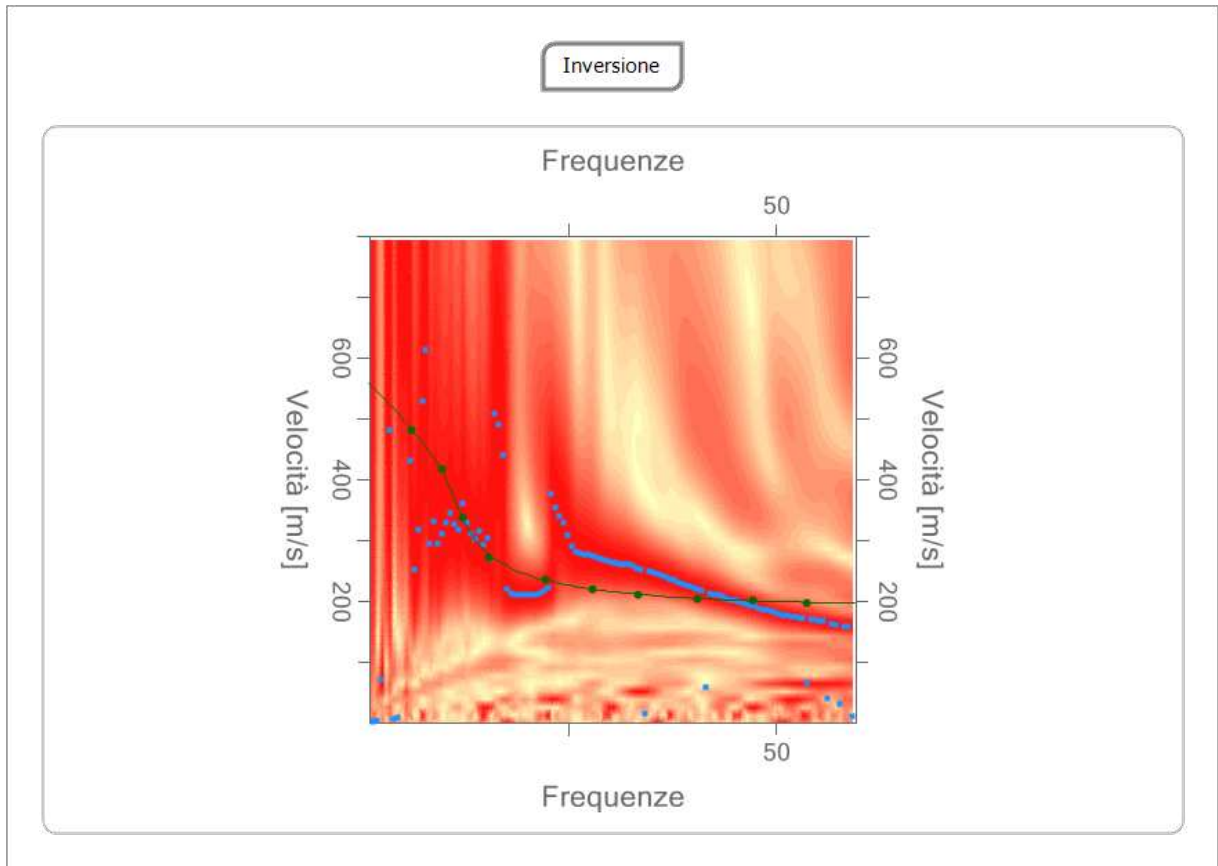
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.69	2.69	392.7	209.9
2	5.18	2.50	487.2	260.4
3	7.86	2.67	559.3	298.9
4	11.79	3.93	683.7	365.4
5	35.00	23.21	1148.8	614.1

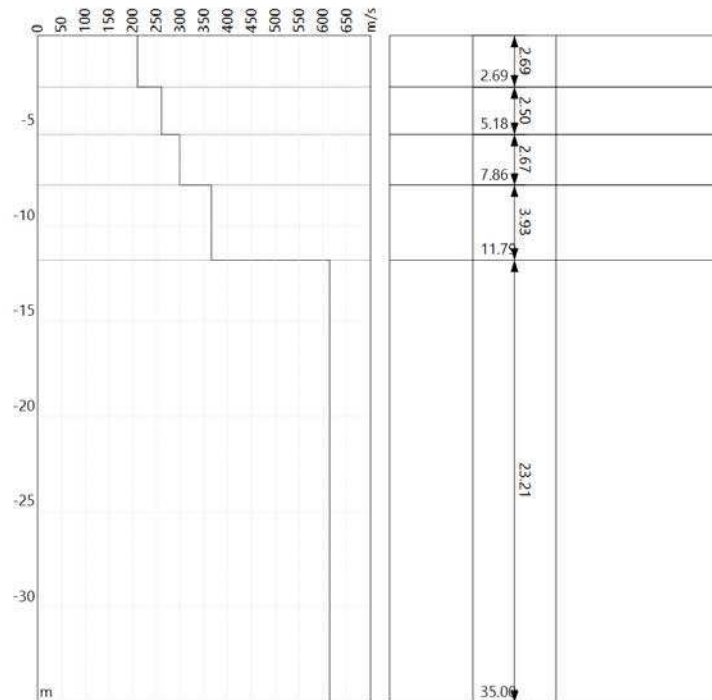
Percentuale di errore

0.007 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.009





### Risultati e Caratterizzazione del sottosuolo

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), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Dove:

- $h_i$  spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

<b>Profondità piano di posa [m]</b>	0.00
<b><math>V_{S,eq}</math> [m/sec] (H=30.00 m)</b>	418.17
<b>Categoria del suolo</b>	B

Categorie	Descrizione
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>B</b>	<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.</b>
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.

## Repertorio fotografico ed ubicazione delle indagini



Foto prova DPM\_1 (P1)





**Foto prova DPM\_2 (P2)**



**Foto prova DPM\_3 (P3)**



**Foto prova Masw\_1 (M1)**



**Foto prova Masw\_2 (M2)**



**Foto prova Masw\_3 (M3)**

SETTEMBRE 2023

**Il tecnico**

*Eugen Montecchi*

