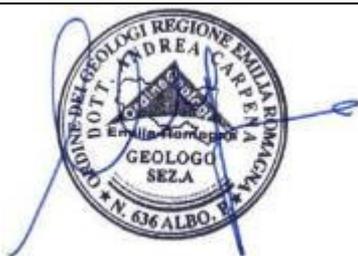


Impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare denominato “Armellino” avente potenza di picco 41,164 MWp e potenza in immissione 40 MW situato nei Comuni di Sale (AL) e Tortona (AL) con relative opere connesse nel Comune di Castelnuovo Scrivia (AL), in Provincia di Alessandria.

RELAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA SISMICA SSE



20/03/2024	00	Emissione finale	A. Carpena	A. Vaschetti	F. Boni Castagnetti
Data	Rev.	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato
Logo Committente e Denominazione Commerciale  Iren Green Generation Tech s.r.l.			ID Documento Committente CoD037_FV_BGR_00024 RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale Futuro Solare 1 S.r.L.			ID Documento Appaltatore 1905_Relazione geologica-geotecnica sismica impianto		

Sommario

1	INTRODUZIONE	3
2	INQUADRAMENTO TETTONICO - GEOLOGICO	6
2.1	Lineamenti tettonici generali	6
2.2	Inquadramento geologico locale	10
2.3	Successione stratigrafica locale	12
3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	14
3.1	Lineamenti geomorfologici.....	14
3.2	Pericolosità geomorfologica	14
4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	16
4.1	Idrogeologia locale.....	19
5	IDRAULICA	21
5.1	Rischio idraulico	23
6	ANALISI SISMICA	25
6.1	Zonazione sismogenetica	25
6.2	Sismicità di base.....	28
6.3	Classificazione regionale	30
6.4	Pericolosità sismica di base.....	31
7	ANALISI DEI MICROTREMORI.....	35
7.1	Descrizione del metodo.....	35
7.2	Strumentazione e criteri di acquisizione	35
7.3	Elaborazione dati.....	38
7.3.1	Elaborazione REMI1.....	38
7.4	Calcolo delle Vs30	40
8	CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	41
9	AZIONE SISMICA	42
10	INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA.....	48
10.1	Indagini geognostiche	48
10.2	Prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU.....	49
10.3	Assetto stratigrafico	53
10.4	Modello geotecnico.....	54
11	VERIFICA DELLA POSSIBILITA' DI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE.....	58
12	CONCLUSIONI	60

1 INTRODUZIONE



Figura 1: Ubicazione dell'area della sottostazione elettrica SSE e del cavidotto interrato di collegamento.

In questa sede viene redatto uno studio geologico-geomorfologico-idrogeologico-geotecnico e sismico a supporto del Progetto di realizzazione di una sottostazione elettrica utente dell'Impianto fotovoltaico "Armellino", ricadente nel settore settentrionale del comune di Castelnuovo Scrivia, nella provincia di Alessandria.

L'area interessata dall'intervento mostra una morfologia sub-pianeggiante e si estende per una superficie complessiva di circa 7.400 mq.

L'area destinata alla realizzazione della futura sottostazione elettrica è ubicata nel settore orientale della pianura alessandrina, collocandosi alla sinistra idrografica del Torrente Scrivia, a circa 1,2 km dall'alveo fluviale (Figura 1).

Le quote topografiche si aggirano intorno ai 79-80 m s.l.m.

Nelle seguenti figure viene mostrata la visione prospettica di un adeguato intorno dell'area di insediamento del futuro impianto fotovoltaico.

	ID Documento Committente	Pagina 4 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00



Figura 2: Foto prospettica area di studio da O verso E.

Lo studio è stato articolato attraverso lo sviluppo dei seguenti punti:

Relazione geologica – geomorfologica –idrogeologica - geotecnica – sismica.

Parametrizzazione geotecnica dei terreni desunta dall’extrapolazione dei dati ricavati da nr. 2 prove penetrometriche statiche con piezocono (**CPTU1 e CPTU2**), eseguite all’interno del futuro sedime dell’impianto fotovoltaico, spinte sino a disancoraggio del penetrometro.

Si evidenzia che le prove penetrometriche sono state eseguite fino alle profondità massime di 8.12 m (CPTU1) e 6.51 m (CPTU2); non è stato infatti possibile spingere l’indagine a profondità superiori in quanto il penetrometro si è disancorato a causa della scarsa resistenza del terreno superficiale.

Analisi della Risposta Sismica Locale (RSL); a tal fine, in data 4 marzo 2024, è stata eseguita una analisi dei microtremori con la metodologia **ReMi**. L’indagine è finalizzata al calcolo delle V_{seq} (valore medio delle velocità di taglio fino al *bedrock* sismico) e alla definizione del suolo di fondazione sulla base della classificazione sismica del territorio nazionale e del Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 (pubblicato sul supplemento ordinario nr. 42 della Gazzetta Ufficiale del 20 febbraio 2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”).

Azioni sismiche: definizione delle classi d’uso, coefficiente d’uso (C_u), periodo di riferimento V_R , definizione dei periodi di ritorno dell’azione sismica T_R , pericolosità sismica di sito e calcolo degli spettri di progetto delle componenti orizzontali e verticali (rif. NTC2018).

	ID Documento Committente	Pagina 5 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

La redazione del presente Studio geologico ha seguito i criteri imposti dalla Legislazione vigente di cui si riportano gli estremi:

- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri nr. 3274 del 20/03/2003 e successive modificazioni;
- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. nr. 7 del 17/01/2018;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) – Autorità di Bacino Po, approvato con D.P.C.M. 24/05/2001;
- Studio Geologico della Variante Generale al Piano Regolatore Generale Comunale vigente del Comune di Castelnuovo Scrivia, approvato con Deliberazione della Giunta Regionale 6 maggio 2013, n. 16-5753
- Norme AGI 1977 – Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche;
- Norme AGI 2005 – Aspetti Geotecnici della progettazione in zona sismica.

Il lavoro è stato completato dall'esame di ulteriori dati pubblicati quali:

- Carta Geologica del Piemonte - Progetto GeoPiemonte Map;
- Geologia e idrostratigrafia profonda della Pianura Padana Occidentale (A cura di A. Irace, P. Clemente, M. Natalicchio, L. Ossella, S. Trenkwalder, D. A. De Luca, P. Mosca, F. Piana, R. Polino & D. Violanti);
- Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 – Fogli 69 e 70 Asti-Alessandria.

2 INQUADRAMENTO TETTONICO - GEOLOGICO

2.1 Lineamenti tettonici generali

Il settore occidentale della Pianura Padana ed i suoi rilievi collinari sono localizzati in corrispondenza dell'attuale zona di giunzione strutturale tra i sistemi alpino ed appenninico; in questa regione, una potente successione sedimentaria, nota come Bacino Terziario Piemontese (BTP), è stata deposta nel Cenozoico durante l'evoluzione post-collisionale tra Europa ed Adria al di sopra di unità a diversa pertinenza paleogeografia.



Figura 3: Inquadramento geografico e geologico dei tre bacini sedimentari presenti nella pianura piemontese (LVV: Linea Villalvernia Varzi; ZSV: Zona Sestri Voltaggio; CT: Collina di Torino; M.to: Monferrato; AM: Alto Monferrato; BG: Borbera Grue; BTP: Bacino Terziario Piemontese).

Attualmente, differenti successioni di età oligocenico-miocenica, prevalentemente terrigene e di ambiente marino, sono esposte nel settore meridionale del Bacino Terziario Piemontese (suddiviso in Langhe, Alto Monferrato e Borbera-Grue) e a nord nella Collina di Torino e del Monferrato.

La prosecuzione laterale ed i rapporti geometrici e stratigrafici tra queste successioni sono mascherate dai depositi pliocenico-olocenici accumulati nei bacini di Savigliano ed Alessandria. A nord del sistema Collina di Torino-Monferrato il Bacino Padano identifica, a partire dall'Oligocene, un'avanfossa sviluppata su crosta insubrica in seguito alla propagazione di un sistema di fronti tettonici nord-vergenti posti sul lato meridionale e di un simmetrico sistema di fronti sud-vergenti posizionati sul lato settentrionale.

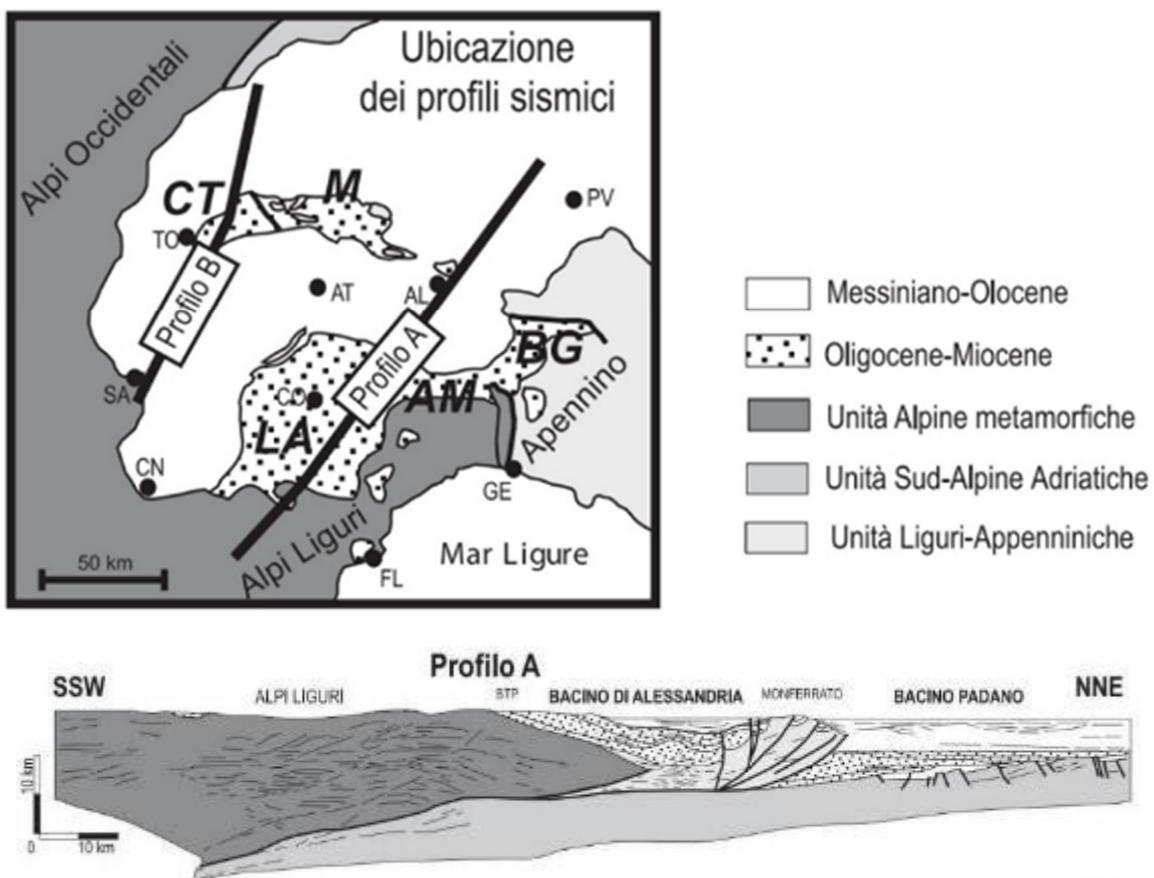


Figura 4: Profili geologici schematici dei principali elementi strutturali della Pianura Padana occidentale.

L'inquadramento generale rappresentato in Figura 3, unitamente all'analisi dei profili sismici della Figura 4, evidenzia, per entrambi i bacini sedimentari di Savigliano e di Alessandria, che le successioni a sud del sistema Collina di Torino-Monferrato ed i loro compositi substrati definiscono un bacino di piggy-back, sovrascorso verso nord sulle successioni terziarie del Bacino Padano.

In entrambi i bacini i depositi messiniano-olocenici definiscono sinclinali regionali, con spessori massimi di circa 2000 m per il Bacino di Savigliano e 2500 m per il Bacino di Alessandria, con spessori che tendono a diminuire progressivamente verso gli attuali margini e verso le aree di

affioramento; qui, le successioni (in gran parte di origine marina) mostrano importanti terminazioni erosionali e risultano *tiltate* verso la parte centrale dei bacini. Questa configurazione implica che gli originari margini deposizionali settentrionali e meridionali siano stati erosi durante fasi di sollevamento post-deposizionali.

Il Bacino di Savigliano ed il Bacino di Alessandria sono separati dalla zona di Asti, nella quale le successioni messiniano-oloceniche raggiungono spessori massimi dell'ordine di 700 m.

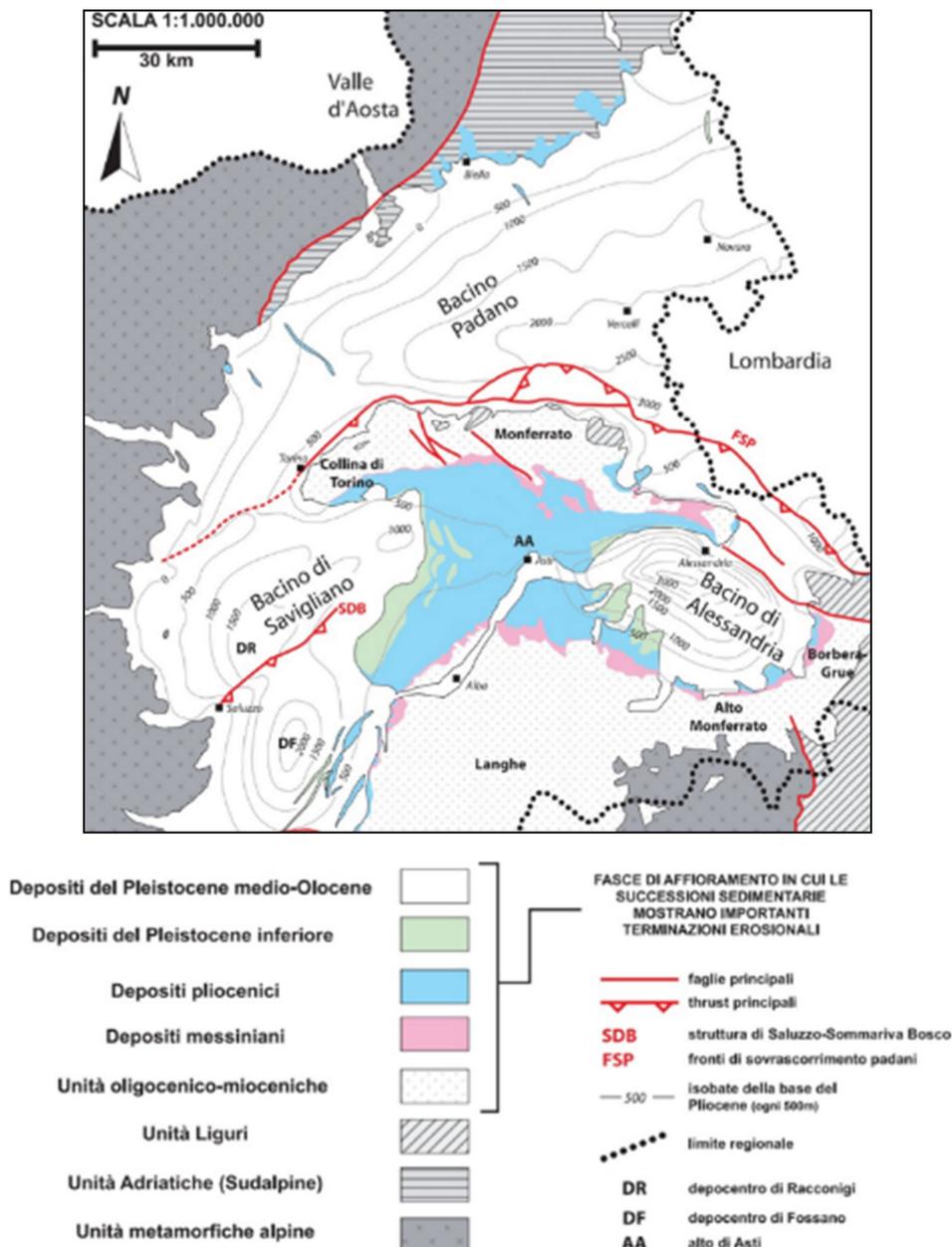
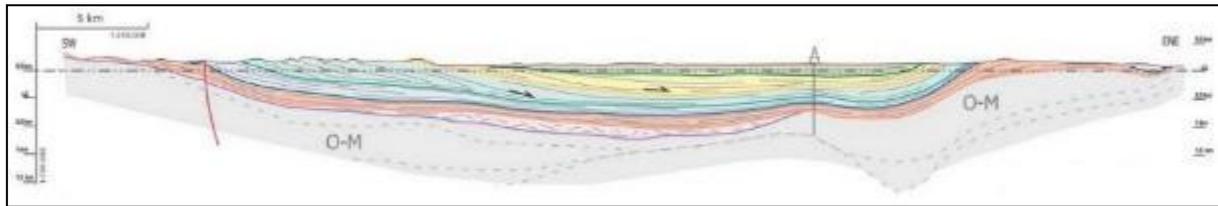


Figura 5: Schema geologico semplificato della Regione Piemonte (e relativa legenda), in cui sono rappresentate le unità metamorfiche della catena alpina, le unità Adriatiche (Subalpine), le unità Liguri-Appenniniche, le successioni oligocenico-mioceniche, plioceniche e quaternarie affioranti e i depocentri plio-quadernari sepolti (modificato da Bigi et al., 1990).

Nel Bacino di Alessandria le strutture dominanti sono rappresentate da sistemi di faglie inverse, thrust ed alti strutturali associati (Figura 6) presenti nel sottosuolo, sulla verticale di Quargnento e in corrispondenza della zona di “platea” presente fra Tortona e Montecastello. In particolare, in corrispondenza della zona di “platea”, le successioni del Messiniano (sintemi M1 ed M2) e del Pliocene inferiore (sistema P1) si chiudono verso NE alle spalle dei thrust nord-vergenti, mentre le successioni del Pliocene medio-Pleistocene (sintemi P2, P3 e Q1) sigillano le strutture, proseguono fisicamente al di sopra di queste, per aumentare di spessore verso nord nel Bacino Padano.



SINTEMI PRINCIPALI	BACINI SAVIGLIANO ALESSANDRIA	BACINO PADANO
PLEISTOCENE MEDIO-OLOCENE	Q2	Q2
PLEISTOCENE INFERIORE	Q1	Q1
PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE (?)	P3	P3
PLIOCENE INFERIORE-MEDIO	P2	P1-P2
PLIOCENE INFERIORE	P1	
MESSINIANO SUPERIORE	M2	
	M1	

Figura 6: Profilo geologico interpretativo, in cui vengono illustrati lo spessore, la geometria esterna e l'architettura interna dei sintemi riconosciuti nel Bacino di Alessandria. Questi profili derivano da un'analisi dettagliata delle successioni messiniano-quadernarie, basata su un'interpretazione più approfondita della sismica a riflessione di proprietà dell'ENI-Agip (2006).

La successione messiniano-quadernaria profonda del Bacino di Alessandria (così come quella del Bacino di Savigliano e del Bacino Padano, è stata suddivisa in 7 sintemi principali, delimitati da superfici di discontinuità regionali: sintemi M1 e M2 (Messiniano superiore), sintema P1 (Pliocene inferiore), sintema P2 (Pliocene inferiore-medio), sintema P3 (Pliocene medio-superiore), sintema Q1 (Pleistocene inferiore) e sintema Q2 (Pleistocene medio-Olocene). L'interpretazione che viene attribuita alle facies che costituiscono ogni singolo sintema riconosciuto e, a grande scala, la sovrapposizione verticale di questi sintemi, riflette un trend trasgressivo-regressivo, comune ai tre bacini; la fase trasgressiva è materializzata dal sintema M2. A partire dalla base del Pliocene incomincia la fase regressiva controllata, a grande scala, dal sollevamento dei margini dei bacini e da una contemporanea subsidenza nei settori depocentrali. In particolare, tale tendenza inizia con la deposizione dei sedimenti marini del Pliocene basale (P1). Essi sono seguiti da un prisma sedimentario progradante, costituito da depositi marino marginali e profondi e subordinatamente continentali, sviluppatosi nell'intervallo Pliocene inferiore-medio. Seguono infine successioni a carattere da aggradante a progradante, depostesi nell'intervallo Pliocene medio-Olocene, che materializzano il definitivo colmamento e la definitiva “continentalizzazione” dei bacini.

2.2 Inquadramento geologico locale

Il territorio in esame si sviluppa, per la parte ad ovest dell'asta del T. Scrivia, prevalentemente in zona di pianura. La zona collinare retrostante appartiene al complesso formazionale noto in letteratura con il termine "Sperone di Tortona", costituito dai "depositi marini" delle formazioni marnose arenacee del substrato roccioso, mentre la fascia pianeggiante rappresenta il complesso deposizionale legato alle varie fasi evolutive di alluvionamento del T. Scrivia, il cui insieme costituisce la cosiddetta copertura quaternaria.

Con riferimento alla carta delle isopache dei sedimenti alluvionali (De Luca et A. 1987) la potenza della copertura alluvionale presenta spessori variabili da 75 a 100 m (Figura 7).

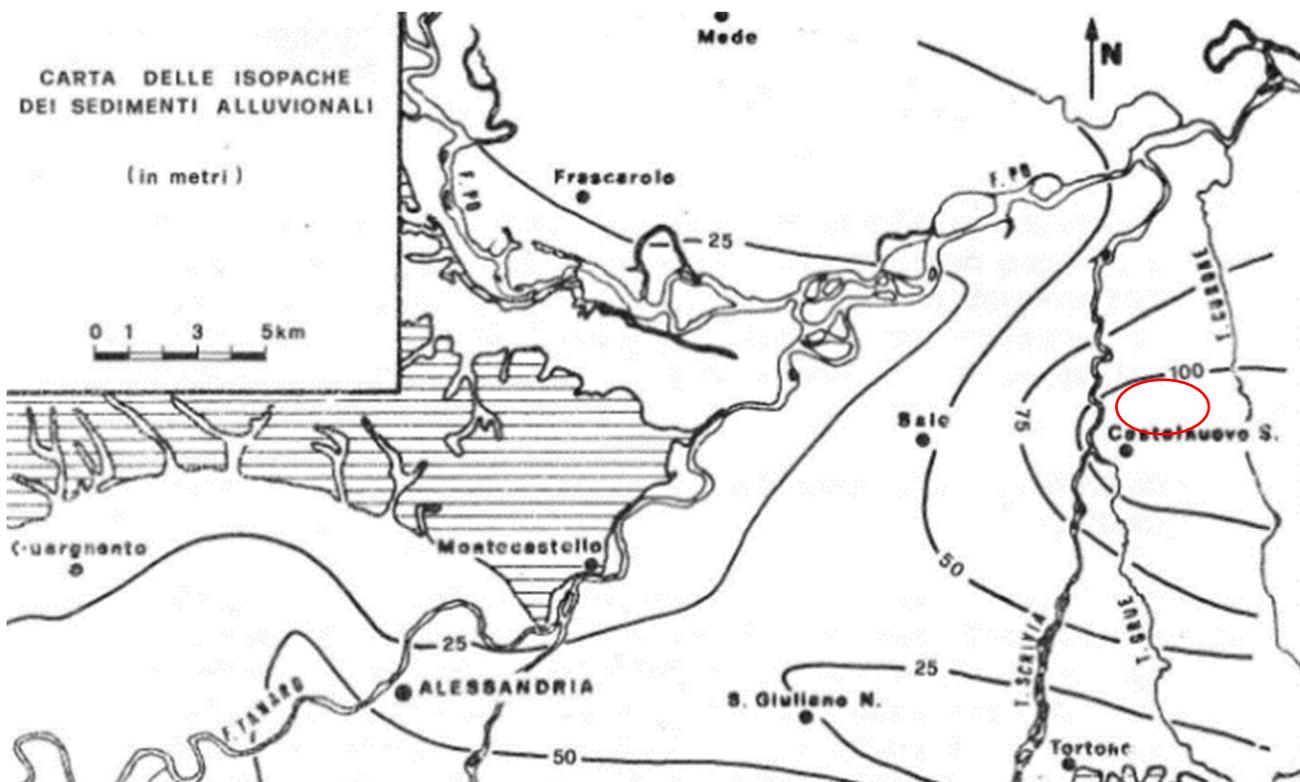


Figura 7: Carta delle isopache dei sedimenti alluvionali, estratto da "Studio idrogeologico della pianura Alessandrina" D. De Luca et A (1987).

Come evidenziato in Figura 8, estratta dalla Carta Geologica d'Italia, Foglio 70 "Alessandria", l'area in esame ricade all'interno di sedimenti di origine alluvionale, riconducibili alla formazione nota in letteratura come "alluvioni prevalentemente argillose della superficie principale della pianura a Sud del Po, attribuibili in parte alle alluvioni post-glaciali (a^{2-1}) e in parte al Fluviale recente (f13). Trattasi di sedimenti alluvionali tardo-pleistocenici del T. Scrivia, costituiti da alternanze di depositi pseudo ciottolosi con abbondante matrice limoso-argillosa e depositi di natura argillosa, argilloso-limosa e talora argilloso-sabbiosa.

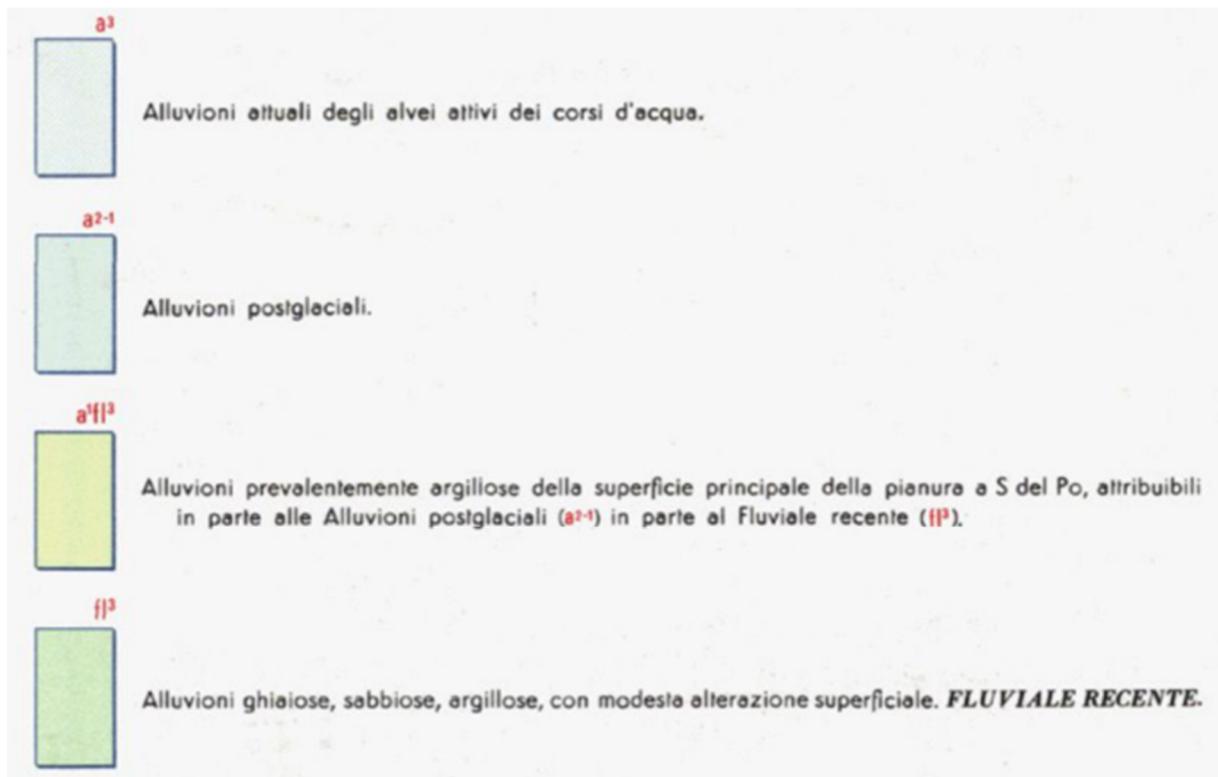


Figura 8: Stralcio della Carta Geologica d'Italia nell'immediato intorno dell'area di studio (da Carta Geologica d'Italia – Alessandria – Foglio 70).

2.3 Successione stratigrafica locale

Nell'immediato intorno dell'area di studio, nel corso degli anni sono stati eseguiti alcuni sondaggi/pozzi, dei quali è stato possibile reperire le stratigrafie nella banca dati geotecnica di Arpa Piemonte.

In particolare, sono disponibili n. 5 profili stratigrafici di pozzi idrici, identificati con le seguenti sigle: 106850 – 106609 – 106854 – 1002571 – 106610, la cui ubicazione è riportata in Figura 9.



Figura 9: Ubicazione dei sondaggi/pozzi, rappresentativi per l'area di studio.

Di seguito vengono riportati i profili stratigrafici dei pozzi, scaricabili dalla Banca Dati Geotecnica - Sondaggi geognostici, campioni di terreno e indagini geofisiche di ARPA Piemonte (<https://geoportale.arpa.piemonte.it/app/public/>), dai quali si evince una omogenea presenza di depositi prevalentemente argilloso limosi sino a profondità variabili da 7 a 12 m dal piano campagna. Al di sotto si rinvencono alternanza di depositi sabbioso ghiaiosi di spessore plurimetrico.

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
P1421	Castelnuovo Soriba	AL	Regione Lardasso
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
0/0/0	0/0/0	27,00	Dati pozzi nel territorio comunale *

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
106810	17,00	argilla
106820	27,00	ghiaia e sabbia

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
P1513	Castelnuovo Soriba	AL	Regione Lardasso
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
0/0/0	0/0/0	24,00	Dati pozzi nel territorio comunale *

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
105209	7,00	argilla
105809	8,00	ghiaia
105609	10,00	sabbia e ghiaia
105509	14,00	argilla
105800	16,00	ghiaietto
105209	20,00	argilla
105809	24,00	ghiaietto

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
02480	Castelnuovo Soriba	AL	Casa Carnovale
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
0/0/0	0/0/0	24,00	Dati pozzi nel territorio comunale *

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
106854	1,00	terreno vegetale
106854	4,00	limo argilloso
105254	7,40	argilla limosa
106854	11,80	sabbia debolmente limosa
106854	12,00	argilla consolidata
105254	24,00	ghiaia e ciottoli in matrice sabbiosa

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
P1519	Castelnuovo Soriba	AL	reg. capalata
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
		16,00	

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
10005710	9,00	terre argillose
10006710b	12,00	ghiaia e sabbia
10005710	16,00	ghiaia

Nome perforazione	Comune	Provincia	Località
P1179	Castelnuovo Soriba	AL	Carnovale in regione Borgarino
Data inizio perforazione	Data fine perforazione	Profondità (m)	Cantiere
0/0/0	0/0/0	30,00	Dati pozzi nel territorio comunale *

Codice perforazione	Profondità (m)	Descrizione
106610	10,00	argilla
106610	12,00	sabbia
106610	20,00	argilla
106610	30,00	sabbia mista a ghiaia

Figura 10: Profili stratigrafici pozzi, rappresentativi per l'area di studio.

	ID Documento Committente	Pagina 14 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

3.1 Lineamenti geomorfologici

Dal punto di vista geomorfologico, l'ambito territoriale in esame rappresenta il prodotto degli alluvionamenti pleistocenici ed olocenici principalmente del T. Scrivia e si presenta prevalentemente pianeggiante.

Il T. Scrivia, che scorre circa 1,2 km ad ovest rispetto al sito in esame, ha mutato nel tempo la direzione del proprio alveo, con ripetute migrazioni che l'hanno portato ad assumere l'attuale direzione S-N. La testimonianza di tali spostamenti è data da precisi elementi morfologici di superficie e da antichi alvei sepolti, evidenziati da locali concentrazioni di depositi più permeabili a granulometria decisamente grossolana.

3.2 Pericolosità geomorfologica

La Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica del P.R.G.C. relativa al Comune di Castelnuovo Scrivia individua nella Tavola 9N "Carta di sovrapposizione della perimetrazione urbanistica su cartografia di sintesi elaborata alla scala di piano" l'area della sottostazione MT/AT di progetto come "Classe III non differenziata – Aree in classe IIIa e IIIb con limitate aree in classe II attualmente non cartografate" (v. Figura 11), individuata come *la porzione nord orientale del territorio comunale interna alla FASCIA C del PSFF, mai interessate da eventi di piena*. Tale classe è normata dall'art.13 delle NTA, del quale si riporta a seguire l'estratto integrale.

Nelle aree comprese nella classe III non differenziata sono consentiti:

- demolizioni senza ricostruzioni;
- recupero di edifici esistenti senza aumento di superficie e volume;
- ristrutturazioni di qualsiasi tipo e manutenzione ordinaria o straordinaria;
- manutenzione, ampliamento o ristrutturazione delle infrastrutture pubbliche o di pubblico interesse;
- restauro, risanamento conservativo come definiti dall'art. 31 della L. 457/1978;
- le opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia comportanti anche aumento di superficie o volume interessanti edifici per attività agricola e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale;
- interventi di adeguamento igienico funzionale degli edifici esistenti, ove necessario, per il rispetto delle legislazioni in vigore anche in materia di sicurezza del lavoro connessi ad esigenze delle attività e degli usi in atto;

È vietata la realizzazione di piani interrati anche per gli eventuali edifici isolati esistenti per i quali non sono consentiti i cambi di destinazione d'uso.

Tutti gli interventi di nuova edificazione o di ampliamento dovranno essere corredati da relazione geologico tecnica e da opportune indagini idrogeologiche e geognostiche dirette di dettaglio ai sensi del D.M. 11-3-88, del D.M. 14-01-2008 (oggi NTC 2018) e da una valutazione idraulica volta a determinare, in fase progettuale, la quota del piano di calpestio.

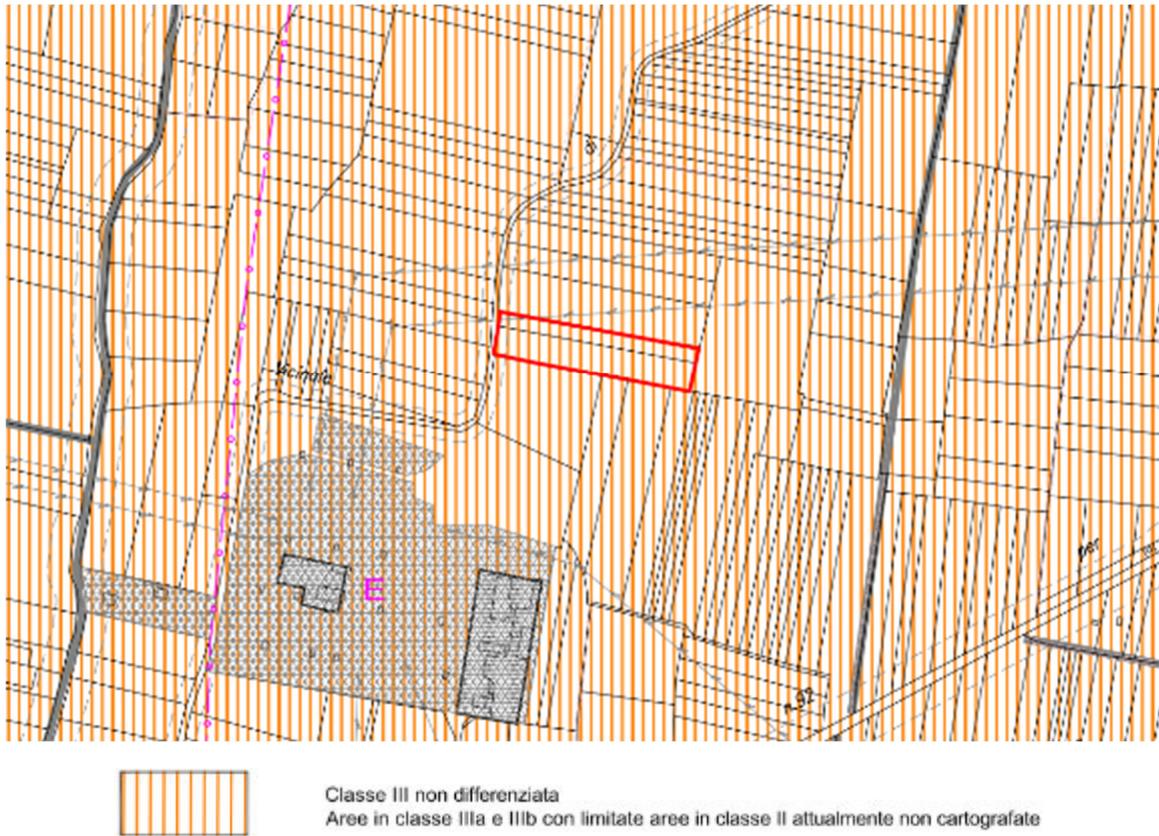


Figura 11: Dettaglio della Carta di sovrapposizione della perimetrazione urbanistica su cartografia di sintesi elaborata alla scala di piano - estratto da elaborato Tav. 9 Nord, del P.R.G.C., relativo al Comune di Castelnuovo Scrivia.

	ID Documento Committente	Pagina 16 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Sotto il profilo idrogeologico la Regione Piemonte può essere suddivisa in tre parti: il settore alpino, il settore collinare e la pianura.

Nel settore alpino, caratterizzato generalmente da rocce cristalline, con sistemi di fratturazione che consentono una limitata circolazione idrica, sono molto diffuse sorgenti con portate generalmente modeste (qualche litro al secondo) ma ottima qualità (acque oligominerali), che sgorgano direttamente dalla roccia fratturata o al contatto tra la copertura detritica e il substrato roccioso. Solo la presenza di rocce calcaree permette l'instaurarsi di circuiti carsici che danno luogo a emergenze che raggiungono le centinaia di litri al secondo, come ad esempio nel settore cuneese dell'arco alpino.

Nel settore collinare, sono presenti sia rocce essenzialmente impermeabili (depositi argilloso – marnoso – conglomeratici del Bacino Terziario Ligure Piemontese) o con locali circuiti idrici sotterranei lungo zone di fessurazione (evidenziati in superficie dalla presenza di vari sistemi di sorgenti), sia depositi sciolti (sabbie plioceniche) contenenti falde idriche di importanza locale e regionale.

Il settore di pianura, per dimensioni, caratteristiche strutturali dei materiali rocciosi e possibilità di ricarica, rappresenta il serbatoio idrico di gran lunga più importante della regione piemontese.

L'assetto geologico della pianura piemontese si presenta con il motivo di fondo tipico della Pianura Padana, ossia la sovrapposizione di una coltre alluvionale su di un substrato marino piegato e fagliato. Lo spessore di tale coltre è quindi in diretto rapporto con l'assetto morfostrutturale del substrato; presentando spessori variabili tra le centinaia di metri nella pianura cuneese e pochi metri lungo tutta la fascia che borda i rilievi collinari della Collina di Torino e del Monferrato tra Torino e Casale M.to. La Pianura Piemontese rappresenta un bacino idrogeologico di notevole potenzialità i cui acquiferi sono intensamente sfruttati fino ad una profondità massima di 200-300 m.

Uno studio nato dalla collaborazione tra il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Torino ed il CNR-IGG, ha consentito di ricostruire un modello geologico tridimensionale della struttura e della geometria degli acquiferi profondi permeati da acque dolci, presenti al di sotto di quelli attualmente captati; consentendo contestualmente l'individuazione della posizione e della geometria a scala regionale della superficie di separazione tra acque dolci e acque salmastre/salate profonde.

Gli acquiferi profondi della Regione Piemonte sono ospitati nelle successioni messiniano-quadernarie (considerate come riserva idrica di importanza strategica), che costituiscono il riempimento di tre principali bacini: il Bacino di Savigliano e il Bacino di Alessandria a sud e la terminazione occidentale del Bacino Padano, come già evidenziato nelle figure precedenti.

L'analisi idrogeologica, realizzata sulla base dei risultati derivanti dal modello geologico, ha permesso di individuare, all'interno delle successioni indagate, la distribuzione dei principali acquiferi, aquitardi ed aquicludi a scala regionale.

Il modello idrogeologico risultante si basa sull'identificazione all'interno delle successioni indagate di Gruppi Acquiferi A, B, C, D, E, F, G (Figura 12 e Figura 13). Con tale termine è stato definito ogni sintema caratterizzato da elementi giaciture e/o tessiture dei sedimenti (nonché grado di cementazione/compattazione) distinti e con caratteristiche omogenee nella risposta al flusso idrico nel modello idrogeologico generale. In particolar modo, è stato possibile osservare come i Gruppi

Acquiferi inferiori (E, F, G), legati a deposizione in ambiente in prevalenza marino, rappresentino sistemi acquiferi multifalda con setti a ridotta permeabilità di continuità plurichilometrica. I Gruppi Acquiferi sovrastanti (B, C, D), sviluppatasi contestualmente ad una tendenza regressiva, con passaggio da ambienti marini a continentali, presentano sistemi acquiferi multifalda caratterizzati da un'alternanza di acquiferi a granulometria relativamente più grossolana (sabbie e ghiaie) e aquitardi limoso-argillosi di ridotta continuità laterale (inferiore ai 2 km).

Al top della successione è individuabile un acquifero superficiale monostrato in facies per lo più ghiaioso-sabbiosa, caratterizzato da una falda a superficie libera (Gruppo Acquifero A).

Scala cronostratigrafica	UNITA' AFFIORANTI	UNITA' SEPOLTE	SINTEMI	GRUPPI ACQUIFERI	ACQUIFERI
OLOCENE					
	DEPOSITI FLUVIALI E E FLUVIO-GLACIALI		Q2	A	libero
PLEISTOCENE	superiore				
	inferiore	"VILLAFRANCHIANO SUPERIORE"	Q1	B	multifalda discontinui
PLIOCENE	superiore	"VILLAFRANCHIANO INFERIORE"	P3	C	multifalda discontinui
	medio	"ASTIANO"			
	inferiore	"VILLAFR." "ASTIANO" "PIAC."	P2	D	multifalda discontinui
MIOCENE	superiore	"PIACENTIANO"	P1	E	multifalda continui
	Messiniano	CASSANO SPINOLA	M2	F	multifalda continui
	inferiore	CAOTTOCO VALLE VERSA	M1	G	multifalda continui

Figura 12: Schema riassuntivo dei Sintemi e dei Gruppi Acquiferi riconosciuti all'interno delle sequenze sedimentarie della Pianura Piemontese.

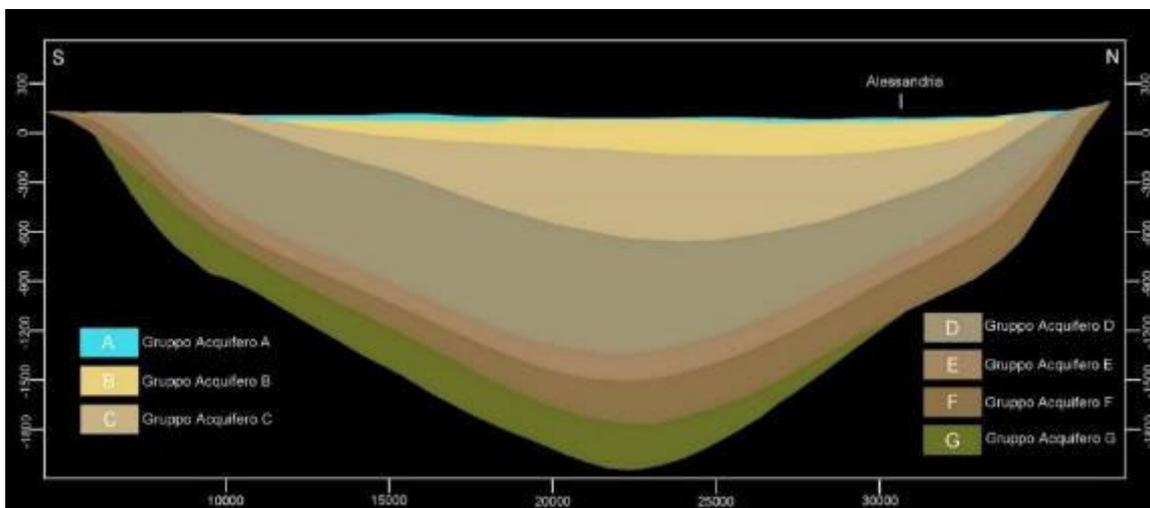


Figura 13: Sezione verticale ad andamento N-S rappresentativa della distribuzione dei Gruppi Acquiferi nel Bacino di Alessandria.

I grandi bacini sedimentari risultano caratterizzati, alla base delle loro successioni stratigrafiche, dalla presenza di acque ad elevata salinità di diversa origine, tra cui quella marina e quella continentale con arricchimento in sali durante il percorso. La Pianura Padana stessa presenta acque di fondo salate (Bellardone et al., 1987) a profondità variabili tra i 700 ed i 6000 m

Studi precedenti sulla distribuzione delle acque salate nel sottosuolo piemontese (Bortolami et al., 1982; Abatucci et al., 2005) hanno realizzato una prima ricostruzione dell'andamento della superficie di delimitazione tra queste e le acque dolci sovrastanti attraverso l'analisi di dati puntuali forniti da perforazioni a scopo petrolifero risalenti agli anni '70-'90 (AGIP, 1972; AGIP, 1994). In questo lavoro oltre ad utilizzare gli stessi dati puntuali dei precedenti studi, è stata realizzata un'analisi della distribuzione di acque salate mediante l'utilizzo di nuove informazioni derivanti dalla ricostruzione stratigrafica. In particolar modo è stato ricostruito l'andamento della superficie di separazione tra le acque dolci e le sottostanti acque a tenore salino superiore a 1 g/l (secondo l'approccio AGIP, 1972); queste ultime rappresentano sia le acque salate sia quelle salmastre che normalmente rappresentano una fascia di transizione tra acqua dolce e acqua salata s.s. L'individuazione della superficie suddetta, denominata interfaccia acqua dolce-acqua salmastra/salata, è avvenuta mediante la sua estrapolazione laterale a partire dai dati puntuali dei pozzi AGIP lungo le sezioni stratigrafiche, realizzate secondo criteri geometrici e litologici relativi a casistiche tipiche di distribuzione dell'interfaccia in Piemonte.

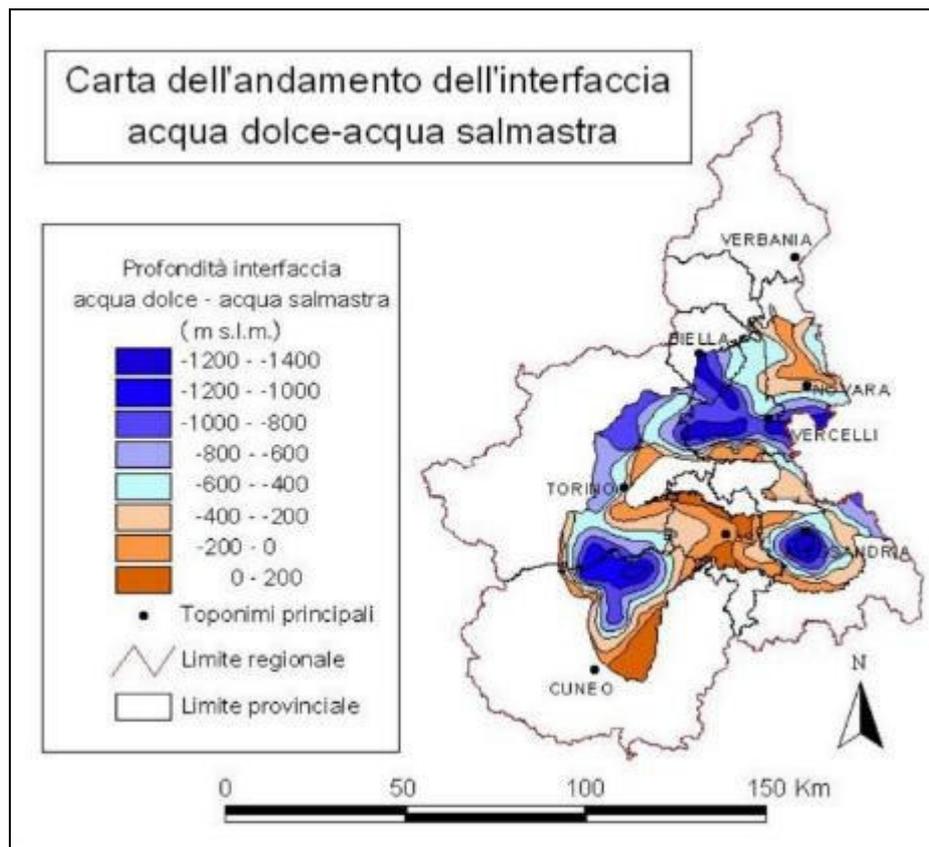


Figura 14: distribuzione spaziale dell'interfaccia acqua dolce-acqua salmastra/salata all'interno dei tre bacini sedimentari presenti nella pianura piemontese.

	ID Documento Committente	Pagina 19 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

Nella pianura piemontese l'interfaccia acqua dolce – acqua salmastra/salata si colloca prevalentemente all'interno di depositi fini di ambiente marino profondo, come osservato anche in tutto il resto della Pianura Padana (Coggiola et al., 1986) e la sua geometria, dipendendo da fattori litologici e strutturali, risulta trasversale rispetto alle superfici di separazione tra i Gruppi Acquiferi (Clemente et al., 2007a).

L'attuale geometria dell'interfaccia acqua dolce-acqua salmastra/salata rappresenta il risultato di una serie di processi intervenuti al momento della deposizione dei sintemi, quali la migrazione regressiva della linea di costa, il “flussaggio” ai margini dei bacini (in risposta al sollevamento e alla deformazione dei Gruppi Acquiferi) e la deformazione tettonica eterogenea.

Nel Bacino di Alessandria l'interfaccia si rinviene a profondità variabili tra i 100 e i 1200 m e nel Bacino Padano raggiunge profondità massime di 1400 m nelle porzioni centrali, mentre a sud appare molto superficiale (circa 50 m).

L'area di studio si colloca nel settore orientale del bacino di Alessandria, dove risulta evidente un assottigliamento del materiale alluvionale, considerando l'avvicinamento alla zona collinare denominata “Sperone di Tortona”, costituita esclusivamente da depositi marini sui quali i sedimenti alluvionali vanno a scomparire.

4.1 Idrogeologia locale

Nel territorio della Provincia di Alessandria la falda superficiale risulta influenzata dall'andamento della superficie topografica, di cui generalmente segue l'andamento, dalle caratteristiche litologiche dei terreni attraversati e, infine, dalla presenza dei corsi d'acqua che ne determinano le principali direzioni di flusso. Nella parte più settentrionale della provincia, il flusso idrico della falda superficiale ha direzione da ovest verso est e segue l'andamento del Fiume Po, che costituisce l'elemento drenante di tutta questa zona di pianura.

Nell'area di studio, allontanandosi dall'asta fluviale del Po, assume maggior importanza l'effetto drenante dovuto alla presenza del Torrente Scrivia.

Secondo quanto riportato nel Geoportale di ARPA Piemonte, la falda freatica superficiale, l'unica potenzialmente interagente con le opere dell'impianto fotovoltaico in progetto, presenta quote assolute di circa 73-74 m s.l.m., per una soggiacenza di circa 4-5 m da piano campagna e una direzione di deflusso delle acque sotterranee che degrada da SSE a NNO con un gradiente idraulico di circa 0,2 %.

Si evidenzia che, in relazione alle variabilità degli apporti idrici è possibile ipotizzare che il livello piezometrico possa subire variazioni stagionali significative, raggiungendo quote prossime al piano campagna.

NOTA: le prove penetrometriche spinte alla profondità massima di circa 8 metri dal piano campagna hanno rilevato presenza di acqua di falda alla profondità di circa 2 m dal p.c.

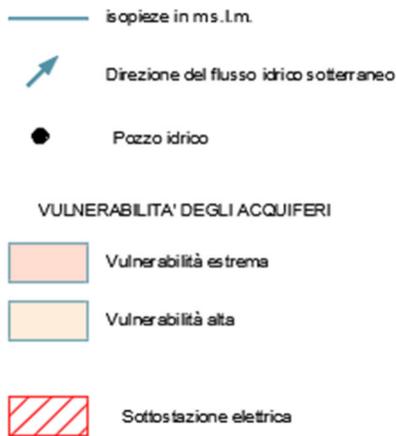
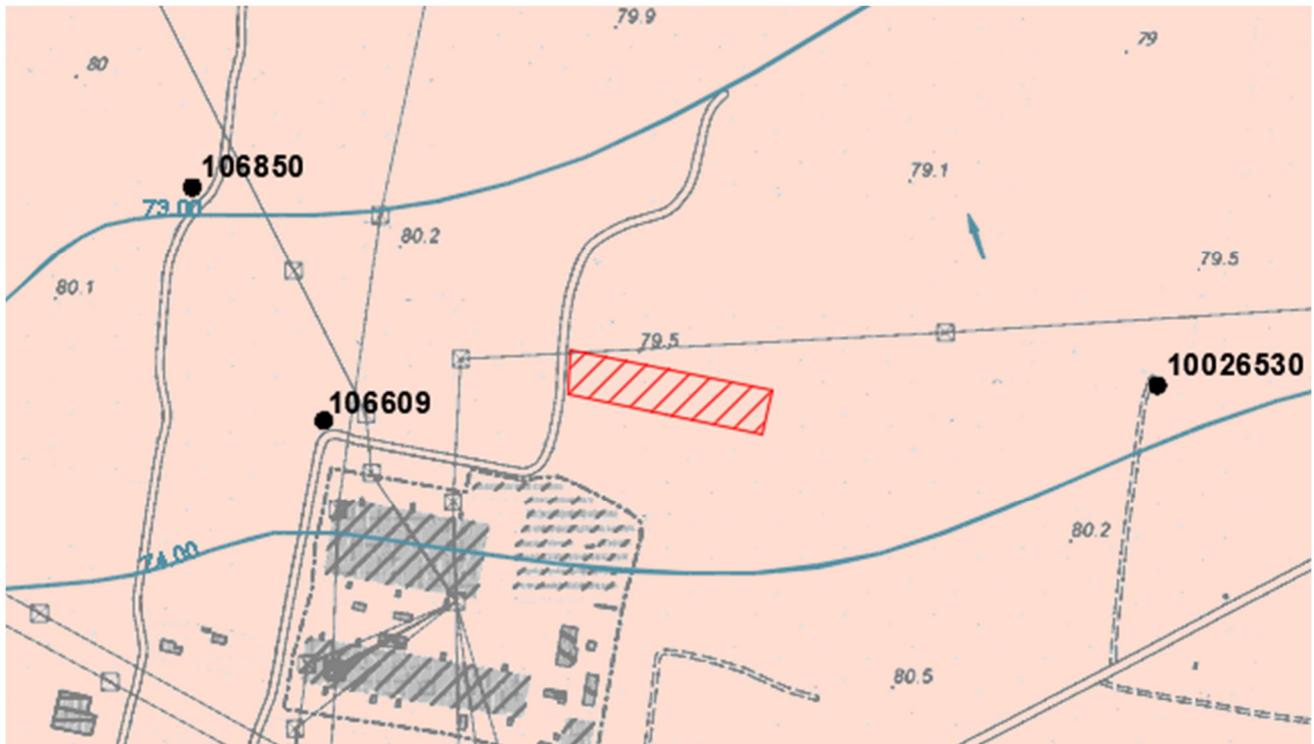


Figura 15: Stralcio ridisegnato della Carta idrogeologica e della vulnerabilità (fonte Geoportale di ARPA Piemonte)

5 IDRAULICA

L'area di studio appartiene al Distretto Idrografico del Fiume Po, costituente una macroarea che interessa il territorio di Liguria, Piemonte, Valle d'Aosta, Emilia – Romagna, Toscana, Lombardia, Provincia Autonoma di Trento, Marche, Veneto e si estende anche a porzioni di territorio francese e svizzero.

Nella seguente Figura 16, si riporta l'inquadramento fisiografico generale del territorio esaminato.

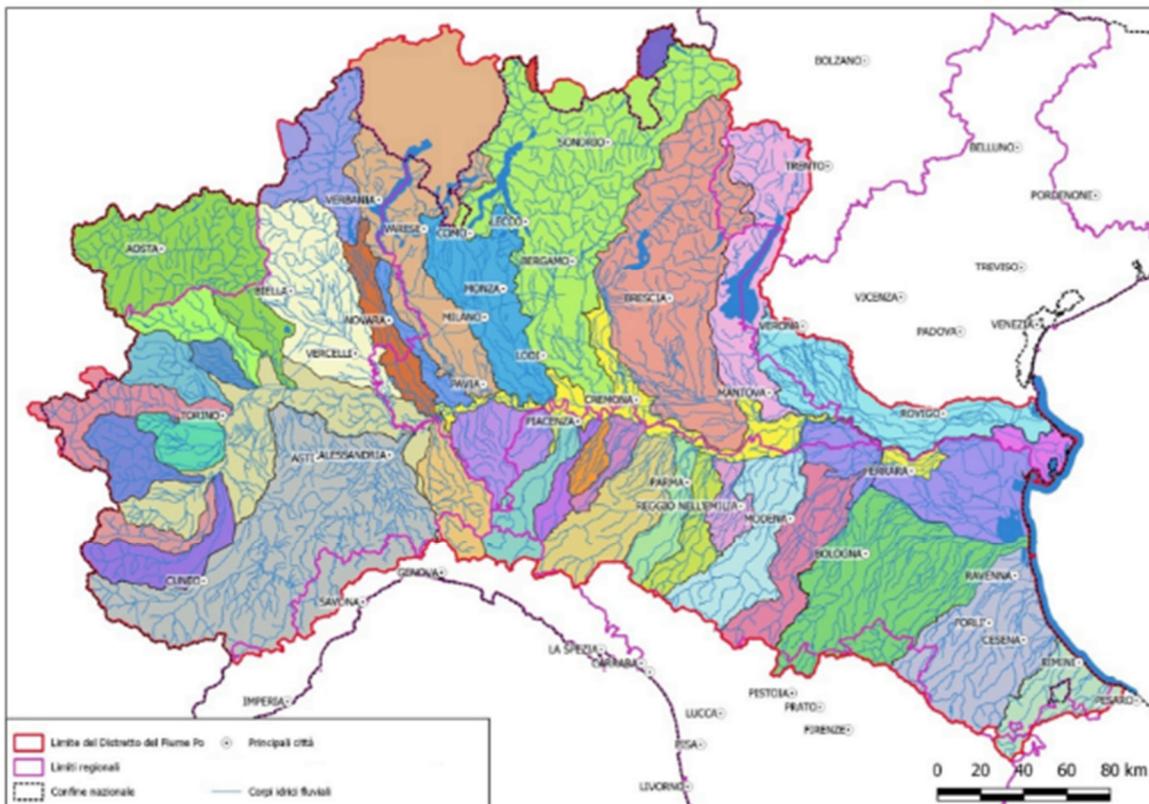


Figura 16: Stralcio della cartografia dei nuovi limiti del Bacino Idrografico del Fiume Po, con l'ubicazione dei principali sottobacini idrografici (rif. Autorità di Bacino Distrettuale del Fiume Po).

Entrando in un maggior grado di dettaglio, il sistema di corpi idrici ricadente all'interno del territorio regionale piemontese, viene analizzato nel "Piano Regionale di Tutela delle Acque della Regione Piemonte", aggiornato al 2021. All'interno di questo studio, il numero di corpi idrici viene implementato, rispetto ai circa 70 corsi d'acqua significativi del PTA 2007, arrivando ad un totale di 597 corpi idrici fluviali, ciascuno dei quali rappresentante un corso d'acqua o un tratto di corso d'acqua omogeneo, con bacino idrografico di superficie $> 10 \text{ km}^2$ (come previsto dalla normativa vigente).

L'area di studio all'interno del bacino denominato "Scriveria – Curone".

	ID Documento Committente	Pagina 22 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

Di seguito vengono fornite le principali caratteristiche relative ai principali corsi d'acqua e relativi bacini idrografici, limitrofi all'area di studio.

Il Torrente Scrivia scorre a circa 1,2 km ad est rispetto all'area di studio; Il bacino dello Scrivia ha una superficie complessiva di 1.237 km² (2% del bacino del Po) di cui il 77% in ambito montano. Lo Scrivia nasce nell'Appennino Ligure, presso Torrighia in provincia di Genova, e, dopo un iniziale andamento est-ovest fino a Busalla, assume la direzione SO-NE confluendo nel Po poco a monte di Voghera.

Il reticolo idrografico ha un basso grado di gerarchizzazione e una netta differenza di sviluppo areale tra il settore in destra e quello in sinistra orografica del bacino.

La valle dello Scrivia nel primo tratto è montuosa e assai incassata e costituisce una delle incisioni più notevoli del versante settentrionale dell'Appennino ligure. Lo Scrivia la percorre dapprima verso sud-ovest, bagnando Torrighia e Laccio, poi verso nord-ovest, passando per Montoggio e dirigendosi su Busalla. Da qui il torrente assume un andamento prevalentemente in direzione nord e, passando per Serravalle e Tortona, distendendosi in pianura in un ambiente dalle caratteristiche marcatamente padane, va a sfociare nel Po.

Lo Scrivia è caratterizzato da un regime pluviometrico di tipo sub-litoraneo appenninico con due massimi e due minimi; il massimo autunnale risulta più elevato di quello primaverile e il minimo estivo più contratto di quello invernale.

A completamento del quadro idrografico generale, si riscontra la presenza di un reticolo idrografico secondario costituito da rii, rogge canali che drenano le acque di ruscellamento superficiale per recapitarle principalmente nei fiumi principali, con andamento più o meno irregolare a seconda degli interventi di rettifica effettuati sul loro corso.

Essi costituiscono, insieme ai recenti canali derivatori, una importante rete di distribuzione di acque irrigue, assolvendo il compito di alimentare i fossi preposti all'irrigazione e di smaltire le acque in eccesso onde evitare i ristagni.

	ID Documento Committente	Pagina 23 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

5.1 Rischio idraulico

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (di seguito P.G.R.A.) è uno strumento di pianificazione previsto dalla Direttiva Europea n. 2007/60/CE (c.d. Direttiva Alluvioni) del 23/10/2007 che intende istituire “un quadro per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni, volto a ridurre le conseguenze negative per la salute umana, l’ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche [...]” (articolo 1). La citata Direttiva è stata recepita in Italia con D. Lgs. 49/2010 “Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni”.

Dopo un lungo iter, i P.G.R.A. (Distretto del Po, Distretto Appennino Settentrionale, Distretto Appennino Centrale) sono stati adottati entro i termini previsti dalla Direttiva Alluvioni (22/12/2015) dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali, per essere approvati in data 3/03/2016 con Deliberazione n. 2/2016 del Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del Po, in conformità agli artt. 7 e 8 della Direttiva 2007/60/CE, dell’art. 7 del D. Lgs. 49/2010 nonché dell’art. 4 del D. Lgs. 219/2010.

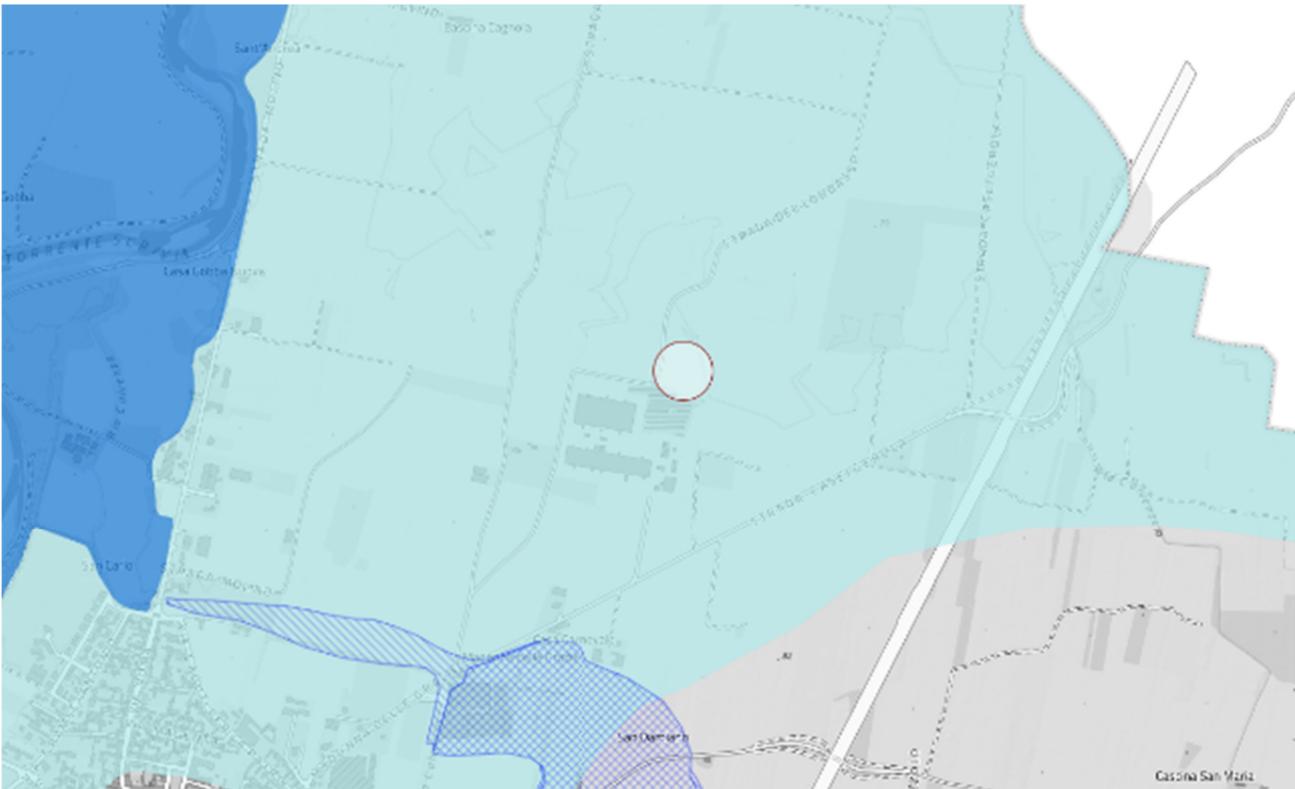
Il Piano si compone di una parte cartografica costituita dalle mappe di pericolosità e di rischio di alluvioni a scala di bacino, di una relazione generale comprensiva di allegati di approfondimento nonché del “Programma di Misure” relative alle fasi del ciclo di gestione del rischio di prevenzione e protezione ai sensi dell’art. 7, c. a) del D. Lgs. 49/2010 e di una sezione relativa alle misure di preparazione e ritorno alla normalità ed analisi (ex art. 7, c. b) del D. Lgs. 49/2010) a cura dell’Agenzia Regionale della Protezione Civile con il coordinamento del Dipartimento Nazionale di Protezione Civile.

Sulle Mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni (elaborate, approvate e pubblicate ai sensi dell’art. 6 del D. Lgs. 49/2010) si è basata la diagnosi di criticità condotta nel P.G.R.A. che definisce, “in linea generale per l’intero bacino del F. Po, la strategia per la riduzione del rischio alluvioni, la tutela della vita umana e del patrimonio economico, culturale ed ambientale esposto a tale rischio incardinandola su 5 obiettivi operativi, fra i quali sono compresi il miglioramento delle conoscenze riguardanti la pericolosità ed il rischio di alluvioni e la riduzione dell’esposizione al rischio che si dovrà raggiungere anche con azioni volte ad assicurare maggior spazio ai fiumi. [...] Il PGRA individua poi per le Aree a Rischio Significativo (ARS) raggruppate nei tre distinti livelli di gestione (distrettuale, regionale e locale) le azioni prioritarie per il raggiungimento degli obiettivi prefissati.” Per il Piano in esame è stata, inoltre, verificata la coerenza con la previgente pianificazione di bacino del F. Po per l’assetto idrogeologico (P.A.I. e P.A.I. Delta). Verificato che il P.G.R.A. “agisce in un’ottica di efficace coordinamento con il PAI e con la Pianificazione di emergenza della Protezione Civile”, si è palesata la necessità di procedere ad un aggiornamento degli elaborati della vigente pianificazione del P.A.I. e P.A.I. Delta non risultando sovrapponibili le aree allagabili rispetto alle Mappe redatte ai sensi del D. Lgs. 49/2010 oltre che mancanti quelle relative alle coste lacuali e marine e lungo i reticoli irrigui e di bonifica.

Lo strumento per la valutazione e la gestione del rischio è rappresentato dalle sopra citate mappe della pericolosità e del rischio di alluvioni (art. 6 D. Lgs. 49/2010; art. 6 Dir. 2007/60/CE).

Le Mappe della pericolosità riportano l’estensione potenziale delle inondazioni causate dai corsi d’acqua (naturali e artificiali), con riferimento a tre scenari (alluvioni rare, poco frequenti e frequenti) distinti con tonalità di blu, la cui intensità diminuisce con la diminuzione della frequenza di allagamento.

Dall'esame degli stralci della mappa di pericolosità del PGRA (cfr. Figura 17) si evince che l'area della sottostazione MT/AT in progetto ricade all'interno delle aree allagabili del Reticolo Principale (RP), nello specifico *probabilità di alluvioni bassa* (P1).



Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM), di pianura (RSP)

-  Probabilità di alluvioni elevata (tr. 10/20)
-  Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200)
-  Probabilità di alluvioni bassa (tr. 500)

Reticolo Principale fasciato (RP)

-  Probabilità di alluvioni elevata (tr. 10/20)
-  Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200)
-  Probabilità di alluvioni bassa (tr. 500)

Figura 17: Stralcio PGRA - Scenari di pericolosità (fonte: <https://www.geoportale.piemonte.it/visregpigo>)

6 ANALISI SISMICA

6.1 Zonazione sismogenetica

L'inquadramento macrosismico di riferimento si basa sulla zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS9, elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Tale zonazione, effettuata con lo scopo di creare una base per la stima della pericolosità sismica (*hazard*) del territorio nazionale, si fonda su un modello sismotettonico riferibile alla correlazione dei seguenti elementi:

1. Il modello strutturale 3D della penisola italiana e dei mari adiacenti;
2. la distribuzione spaziale dei terremoti storici e attuali per le diverse classi di magnitudo;
3. il modello cinematico dell'area mediterranea centrale, riferito agli ultimi 6 milioni di anni.

Per zone sorgente, o sismogenetiche, si intendono quelle aree che si possono considerare omogenee dal punto di vista geologico – strutturale e soprattutto cinematico.

Il modello sismogenetico usato in Italia [Meletti et al., 2004], introdotto appositamente per la redazione della mappa di pericolosità 2004, è la cosiddetta zonazione ZS9 per la quale il territorio italiano è stato suddiviso in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da "A" a "F" fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F) (Figura 29).

Per ogni zona sismogenetica è stata effettuata una stima della profondità media dei terremoti e del meccanismo di fagliazione prevalente. Si è valutato, inoltre, il grado di incertezza nella definizione dei limiti delle zone.

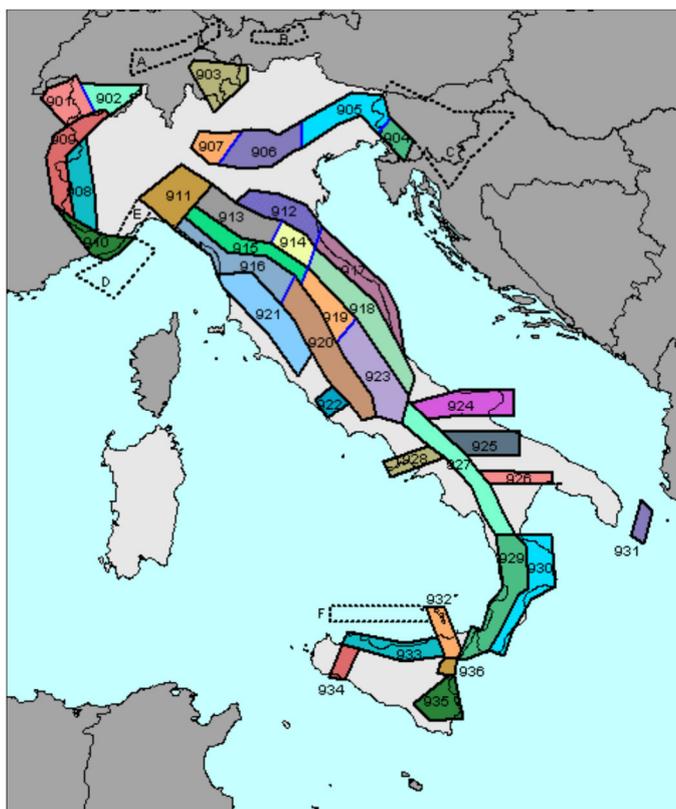


Figura 18: Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV).

L'area oggetto di studio (come l'intero territorio comunale di Tortona e Sale) ricade in corrispondenza del limite NO della zona sismogenetica definita con il codice 911 (Figura 18).

La Zona Sismogenetica 911 rappresenta la porzione più esterna ed occidentale della fascia in compressione dell'Appennino Settentrionale, caratterizzata dallo sprofondamento passivo della litosfera adriatica (placca tettonica "Adria") sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale (placca tettonica "Northern Apenninic Arc") con cinematismi attesi di sovrascorrimenti e faglie trascorrenti aventi assi SW-NE. I terremoti storici hanno raggiunto il valore massimo pari a $M_d = 4,1$; le zone ipocentrali si verificano generalmente a profondità comprese tra 8 e 12 Km con profondità efficace di 8 km; nella Zona Sismogenetica 911 si prevede, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{max} = 6,14$.

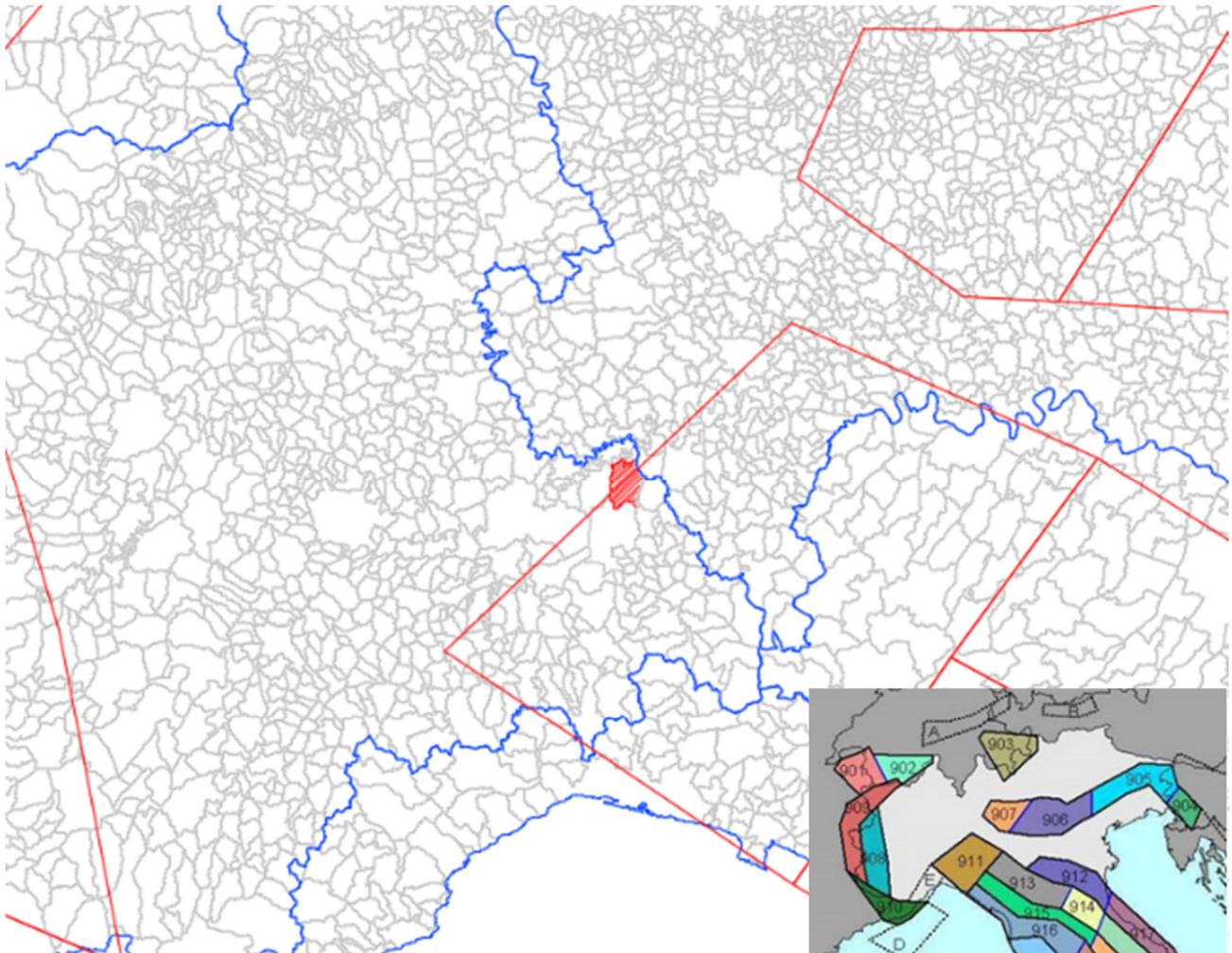


Figura 19: Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9

Il database DISS v. 3.3.0 (DISS Working Group, 2021) riporta la principale sorgente sismogenica composita che interessa il territorio della provincia di Alessandria, indicata con la sigla “ITCS180 - Eastern Monferrato” (Figura 21) e lungo la quale si concentrano i maggiori eventi sismici accaduti dell’area.

Si tratta di una porzione del fronte compressivo appartenente alla porzione orientale dell'Arco del Monferrato, che è uno dei fronti di spinta più esterni dell'Appennino Settentrionale a cui è associata una magnitudo massima pari a 6,4.

La profondità è indicata tra 1 e 8 km, mentre lo slip-rate è compreso tra circa 0.1 e 0.5 mm/anno.

In contrasto con l'assenza di sismicità evidenziata nei cataloghi italiani, la recente attività delle spinte dell'Arco del Monferrato è testimoniata dal controllo esercitato sullo sviluppo della rete idrografica della Pianura Padana occidentale, comprendente il corso del Po e Fiumi Tanaro, e deformazione dei sedimenti dei depositi più recenti.

Nell’area piemontese i cataloghi storici e strumentali riportano pochi terremoti moderati che hanno colpito l'arco del Monferrato. Gli eventi maggiori si sono verificati a sud-ovest di Torino, ai piedi delle Alpi, durante una sequenza sismica che includeva due scosse di Mw 5.6 e Mw 5.3 il 2 e il 16 aprile 1808 (CPTI15; Rovida et al., 2016).

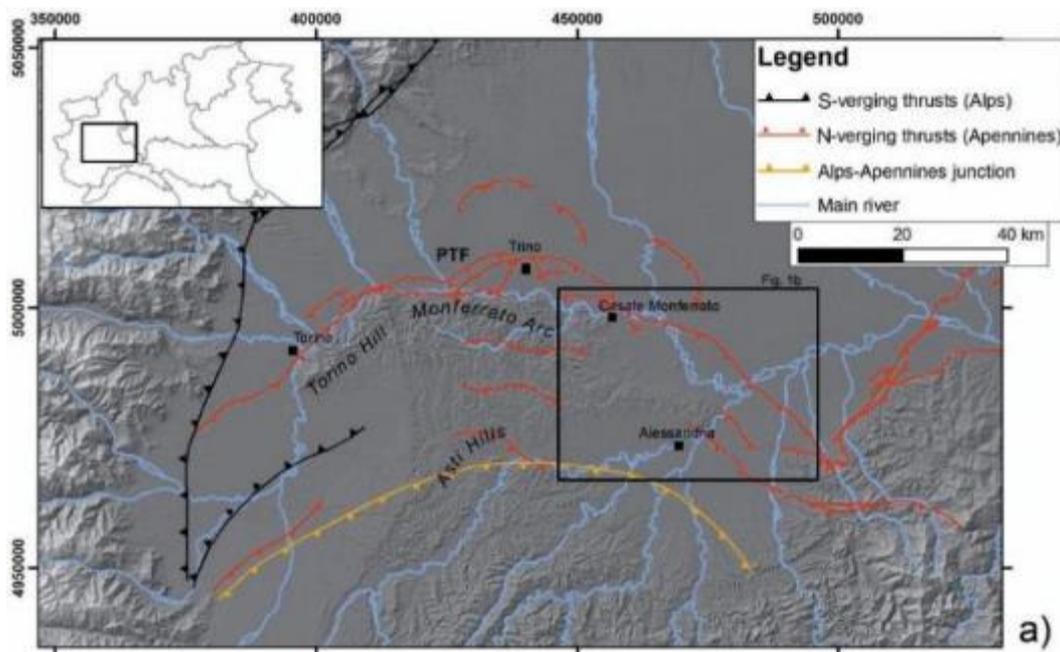


Figura 20: Mapa strutturale dell’arco del Monferrato



Figura 21: Strutture sismogenetiche nella fascia pedemontana adriatica (Rif. DISS – Database of Individual Seisogenic Source – Versione 3.3.0).

6.2 Sismicità di base

Le informazioni relative alla sismicità storica del Comune di Castelnuovo Scrivia sono state desunte dal Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani, redatto grazie all'INGV dal Gruppo di lavoro CPTI (CPTI-15 v.4.0), che elenca tutti i terremoti avvenuti dal 1000 al 2020.

Nella successiva Figura 20 e nella Tabella 1 sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale. Nella tabella sono indicate, oltre alla stessa intensità al sito (I_s), l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi), in cui si è verificato, l'intensità massima epicentrale in scala MCS (I_o), e la magnitudo momento (M_w).

Int. at place	Year	Mo	Da	EpicentralArea	LatDef	LonDef	DepDef	IoDef	MwDef
4	1901	1	23	Oltrepò Pavese	45,034	8,998		5	4,23
4-5	1913	12	7	Valle Scrivia	44,744	8,862		5	4,57
NF	1993	7	17	Liguria occidentale	44,199	8,245	12,4	5	4,34

Tabella 1: Sismicità storica nell'area di studio.

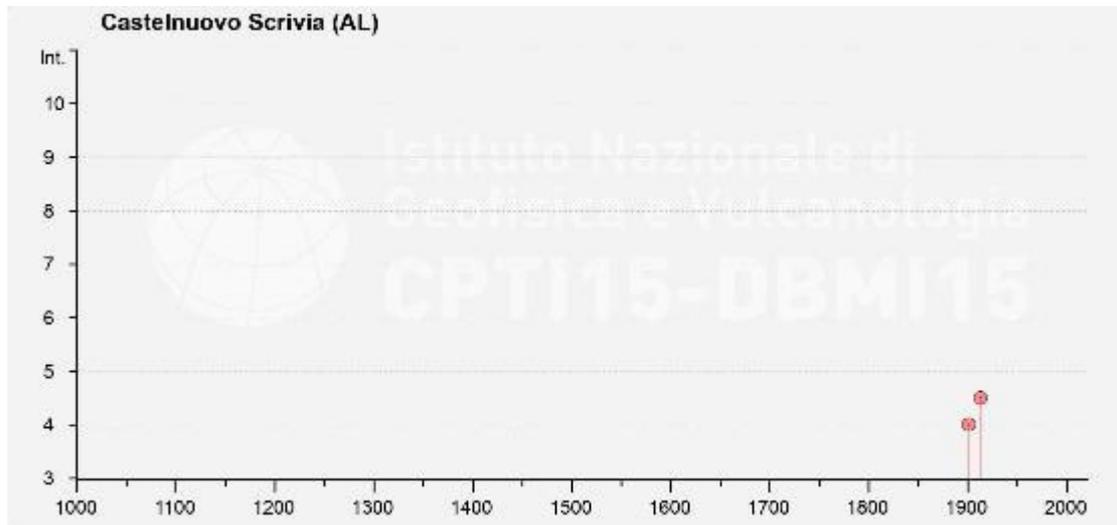


Figura 22: Sismicità storica nell'area di studio

6.3 Classificazione regionale

Sul B.U. n. 4 del 23 gennaio 2020 è stata pubblicata la D.G.R. n. 6 – 887 del 30.12.2019 “OPCM 3519/2006 - Presa d’atto ed approvazione dell’aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte”.

Secondo tale classificazione, il Comune di Castelnuovo Scrivia, all’interno del quale si trova l’area destinata alla realizzazione della nuova sottostazione elettrica, ricade in zona sismica 3.

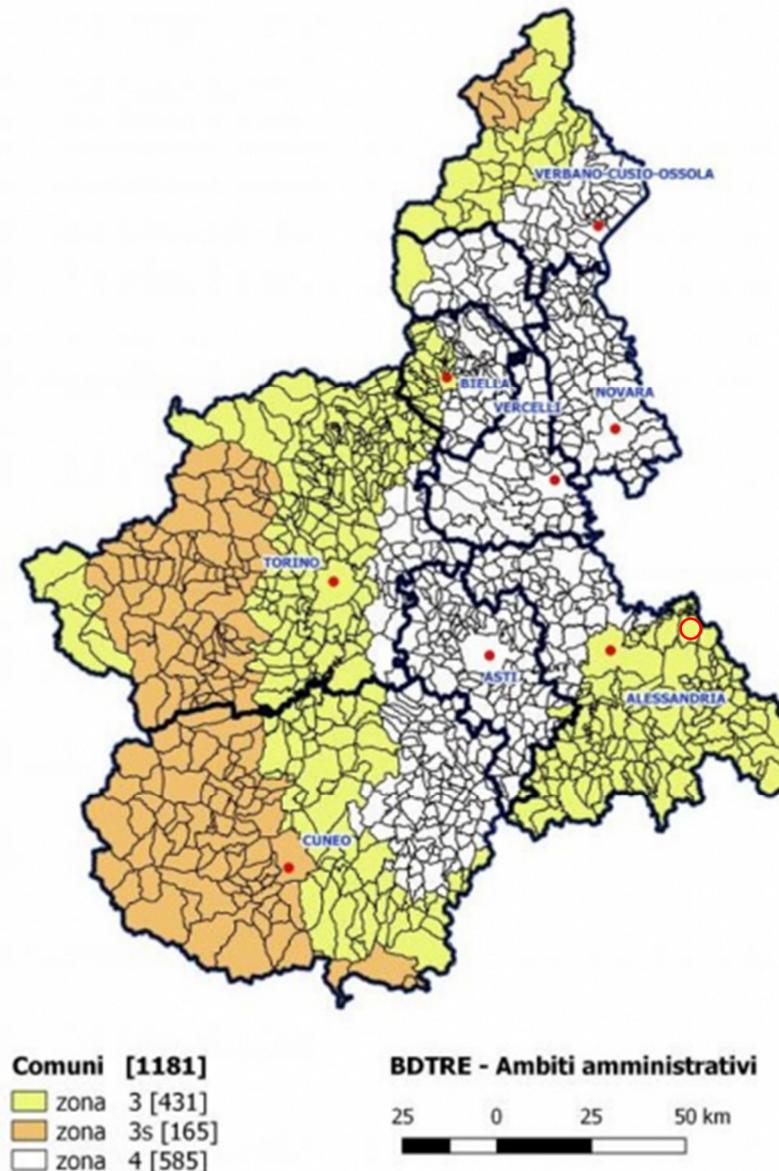


Figura 23: Classificazione sismica regionale

	ID Documento Committente	Pagina 31 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

6.4 Pericolosità sismica di base

La valutazione della Pericolosità sismica di un sito si realizza attraverso quattro diverse fasi:

- 1) Identificazione e caratterizzazione di tutte le sorgenti di eventi sismici in grado di produrre uno scuotimento significativo al sito. La caratterizzazione delle sorgenti include la definizione di ogni geometria di sorgente e relativo potenziale sismico.
- 2) Individuazione della distribuzione di probabilità dei terremoti o relazione di ricorrenza delle sorgenti considerate, che specifica il tasso medio di superamento di un terremoto di definita magnitudo.
- 3) Valutazione dello scuotimento del suolo prodotto dagli eventi sismici attraverso le relazioni di attenuazione.
- 4) Combinazione delle incertezze per ottenere la probabilità che un parametro descrittivo dello scuotimento del terreno sia superato in un determinato intervallo temporale.

L'analisi di pericolosità, definita anche PSHA (*Probabilistic Seismic Hazard Assessment*), necessita quindi di:

- Sorgenti sismogenetiche
- Cataloghi sismici (storici e/o strumentali)
- Relazioni di attenuazione

Gli effetti di tutti i terremoti di differente magnitudo, a differente distanza, in differenti zone sismogenetiche e a differente probabilità di occorrenza sono integrati nelle curve di pericolosità sismica che mostrano la probabilità di eccedenza di differenti valori di un dato parametro descrittivo dello scuotimento, ad esempio l'accelerazione, durante uno specificato periodo di tempo.

Nuove carte sulla pericolosità sismica sono state recentemente prodotte dall'Istituto Nazionale di geofisica e Vulcanologia (INGV); tale cartografia, realizzata per tutto il territorio italiano, si basano quindi su studi accurati che prevedono l'utilizzo dei dati contenuti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15 v.4.0), delle informazioni relative alla Zonazione Sismogenetica ZS9 e dei relativi modelli cinematici di sviluppo della tettonica crostale, ed infine di una serie relazioni di attenuazione stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo.

Il valore del parametro di scuotimento fornito dall'analisi di pericolosità sismica non corrisponde quindi ad un particolare evento ma, deve essere considerato come il prodotto, espresso in termini probabilistici, degli effetti combinati di tutti gli eventi di differente magnitudo e distanza rappresentativi dell'intera storia sismica dell'area in esame.

La carta di riferimento per valutazioni di pericolosità sismica è rappresentata dalla distribuzione probabilistica dell'accelerazione massima al suolo, definita PGA (*Peak Ground Acceleration*) ed espressa come frazione dell'accelerazione di gravità "g", pari a $9,81 \text{ m/sec}^2$.

La carta che riveste una particolare importanza dal punto di vista progettuale è quella in cui il valore di PGA è caratterizzato da tempi di ritorno di 475 anni, corrispondente ad una probabilità di accadimento del 10% in 50 anni (cfr. Figura 24).

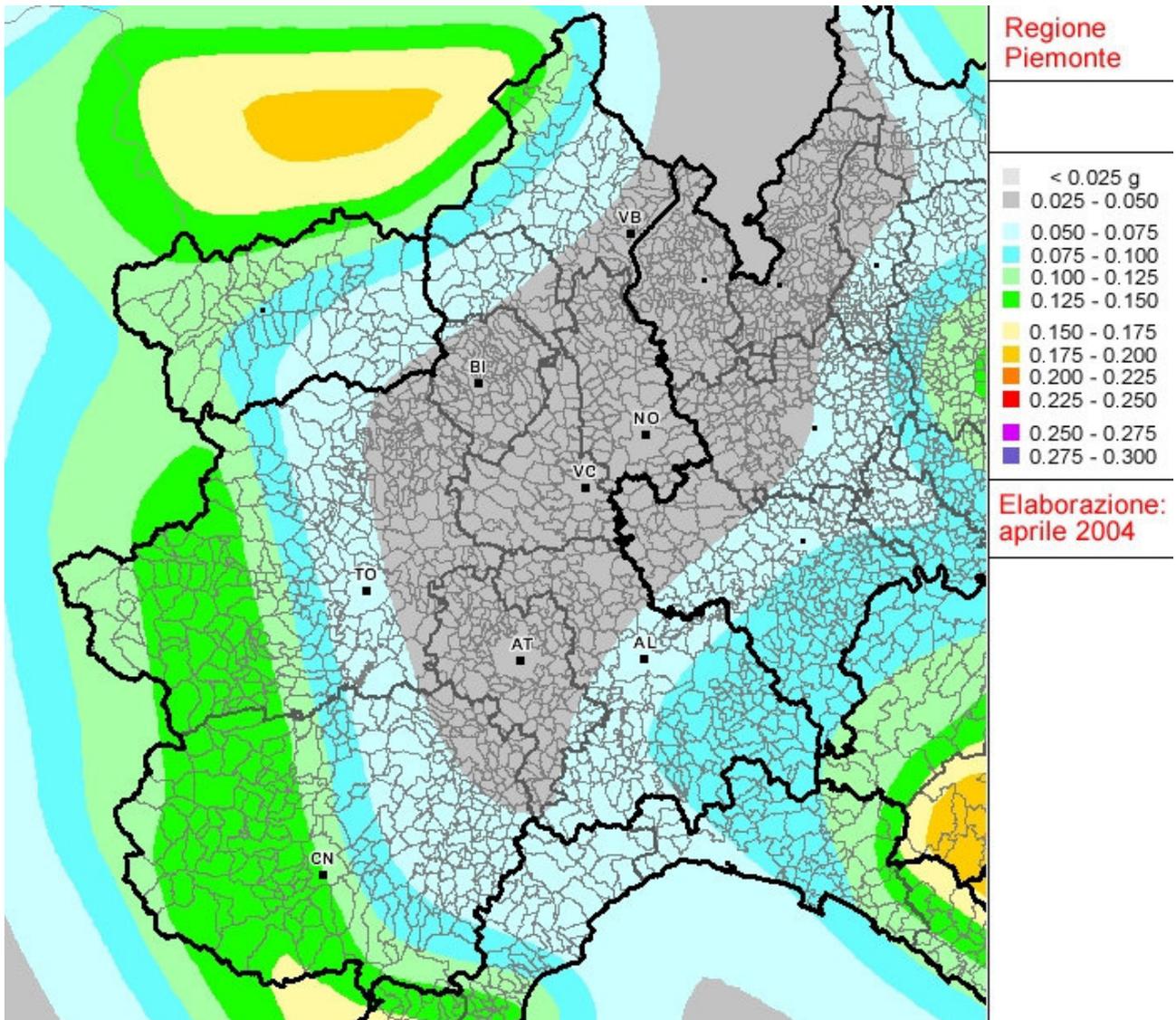


Figura 24: Mappa di pericolosità sismica della Regione Emilia-Romagna espressa in accelerazione massima riferita a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/sec; Cat. A) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/> (cfr. Figura 25).

Modello di pericolosità sismica MPS04-S1

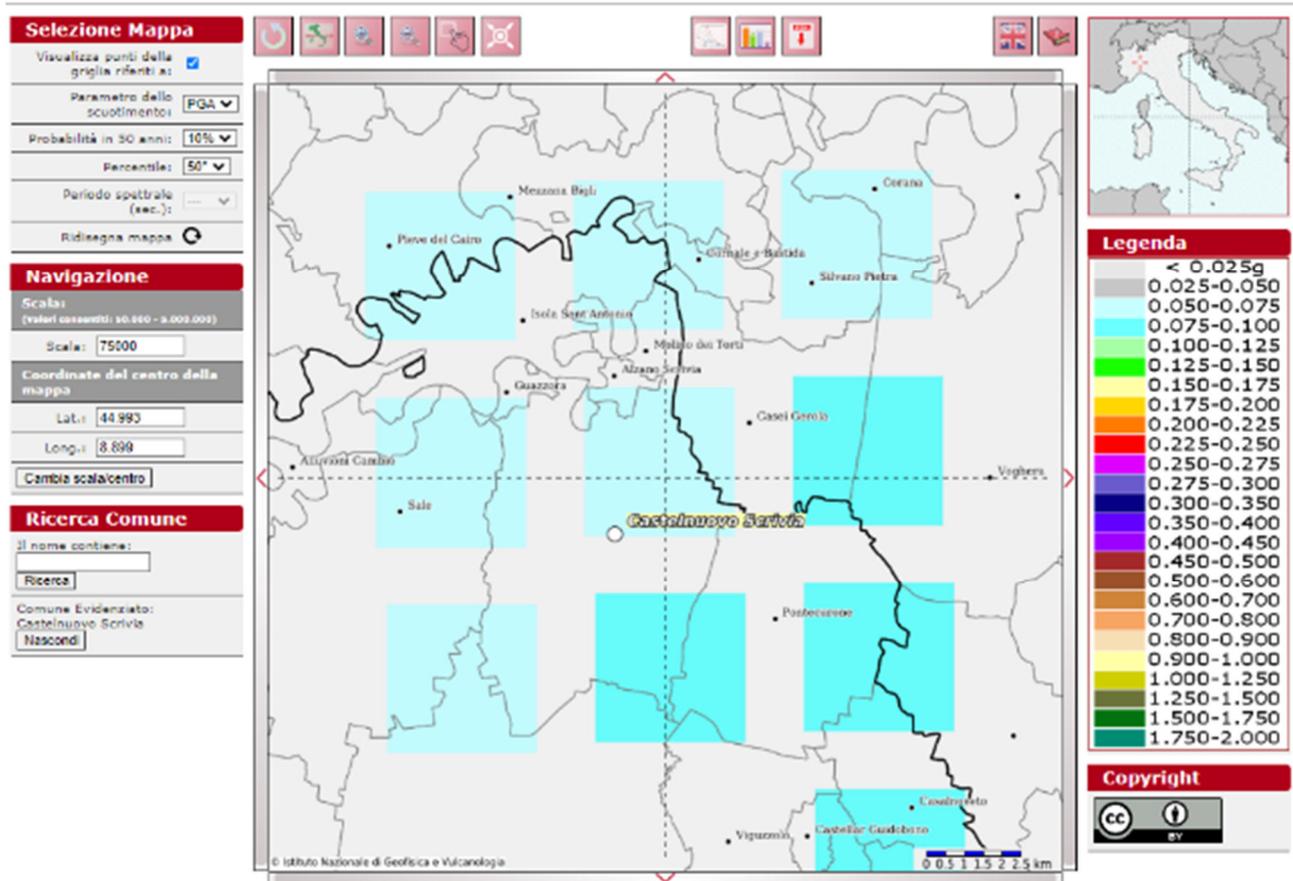


Figura 25: Mappa dell'accelerazione orizzontale massima del terreno (a_g) con tempi di ritorno di 475 anni.

Il sito, ricadente nel Comune di Castelnuovo Scivie, si trova in una zona al passaggio da nodi della griglia caratterizzati da valori di a_g compresi tra 0.050 e 0.075 per probabilità di superamento in 50 anni del 10 %

Occorre tuttavia sottolineare che i valori di accelerazione massima indicati sono riferiti a suoli rigidi ($V_s > 800$ m/sec; Cat. A); per tale motivo, le carte di pericolosità sismica non tengono conto dei possibili fenomeni di amplificazione dovuti a condizioni geologiche locali, che sono invece oggetto delle analisi di risposta sismica locale (RSL).

Sulla base della documentazione allegata al Nuovo Testo Unico 2018, si riportano di seguito i valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* (sito riferiti) per i periodi di ritorno T_R di riferimento, dove:

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

Al fine di definire la Magnitudo (M) di riferimento, ci si è riferiti ai metodi di “disaggregazione sismica del terremoto di progetto”, desunta dal sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.

La disaggregazione della pericolosità sismica consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l’evento, di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio, che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

Per il terremoto di progetto, l’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) fornisce tali valori e anche i valori medi.

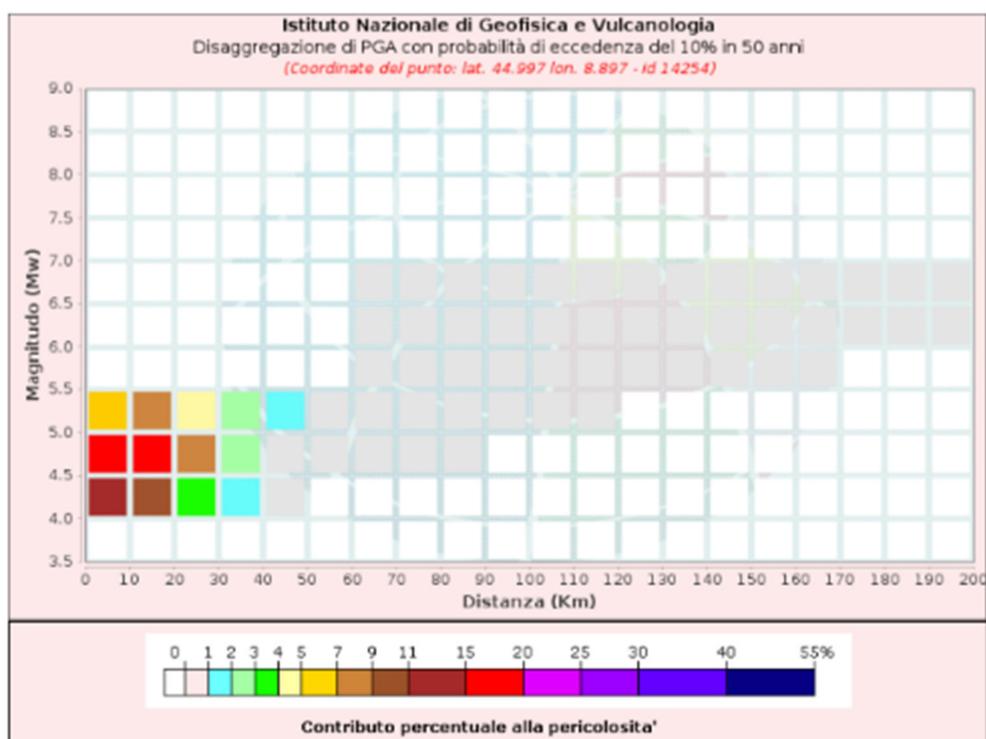


Figura 26: Disaggregazione del terremoto di progetto

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.77	17.7	0.634

Figura 27: Valori medi del terremoto di progetto

Dall’esame dei grafici sopra riportati risulta che il contributo percentuale massimo alla pericolosità è fornito da terremoti con magnitudo compresa tra 4,5 - 5,0 e da una distanza $R \leq 20$ Km. I valori medi sono invece caratterizzati da una magnitudo $M=4,77$.

	ID Documento Committente	Pagina 35 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

7 ANALISI DEI MICROTREMORI

7.1 Descrizione del metodo

La determinazione delle Vs risulta essere fondamentale per la definizione della categoria di sottosuolo, secondo l'inquadramento della normativa tecnica in materia di progettazione antisismica (NTC 2018).

Per tale valutazione, oltre alla sismica in foro (downhole e crosshole) ed alla sismica di superficie (rifrazione e riflessione ad onde S) metodi alternativi di modellazione del sottosuolo basati sull'analisi delle onde superficiali (Rayleigh) hanno assunto importanza progressivamente crescente negli ultimi anni.

Tra le varie tecniche disponibili, l'analisi dei microtremori risulta essere particolarmente soddisfacente sia dal punto di vista dei risultati che dal punto di vista economico, essendo realizzabile con procedure operative molto simili a quelle impiegate per la sismica di superficie convenzionale. Nel caso specifico, i tempi di registrazione dei files sismici devono essere necessariamente più lunghi, generalmente non inferiori ai 15 secondi.

Le geometrie e la strumentazione di acquisizione devono essere in grado di fornire informazioni sulle onde di superficie internamente ad una banda di frequenza che va dai 2 ai 40 Hz circa.

L'elaborazione del segnale consiste nel trasformare le registrazioni effettuate in spettri bidimensionali di tipo "slowness-frequency" che permettono, attraverso un *picking* manuale, la definizione di una curva di dispersione caratteristica del moto sismico in superficie, strettamente correlata ai valori Vs relativi ai terreni prossimi alla superficie.

L'inversione di questa curva consente di ricostruire l'andamento delle velocità delle onde S con la profondità, da cui poi risulta agevole determinare le Vs.

Il software con cui è stato realizzato questo tipo di elaborazione è denominato ReMi ed è prodotto dalla Optim LLC (Reno, Nevada, USA).

7.2 Strumentazione e criteri di acquisizione

L'acquisizione è stata realizzata mediante un sismografo a 24 canali denominato GEODE prodotto dalla GEOMETRICS Ltd, dotato di un convertitore analogico-digitale a 24 bit; il sistema è dotato di una dinamica (*dynamic range*) di ben 144 dB e di un'ampia banda di ingresso (da 1.75 Hz a 20 kHz). Queste caratteristiche, associate ad una bassissima distorsione (0.0005%), si traducono nella possibilità di riprodurre in modo estremamente accurato il segnale sismico, anche nelle componenti in frequenza più elevate. Tale strumento viene collegato ad un'unità centrale di controllo costituita da un normale notebook (nel nostro caso un PC portatile DELL modello Latitude ATG).

I sensori disposti sul terreno sono geofoni caratterizzati da una frequenza di smorzamento di 4.5 Hz. La geometria di acquisizione in campagna è stata realizzata mediante l'allineamento di nr. 24 geofoni con spaziatura costante pari a 5.0 metri.

I parametri di acquisizione, riportati di seguito, sono standard per tutti gli stendimenti:

intervallo di campionamento (*sample rate*) = 2 ms

tempo di registrazione (*record length*) = 32.768 s



Figura 28: Postazione di registrazione dati sismici: REMI 1



Figura 29: Panoramica stendimento REMI1

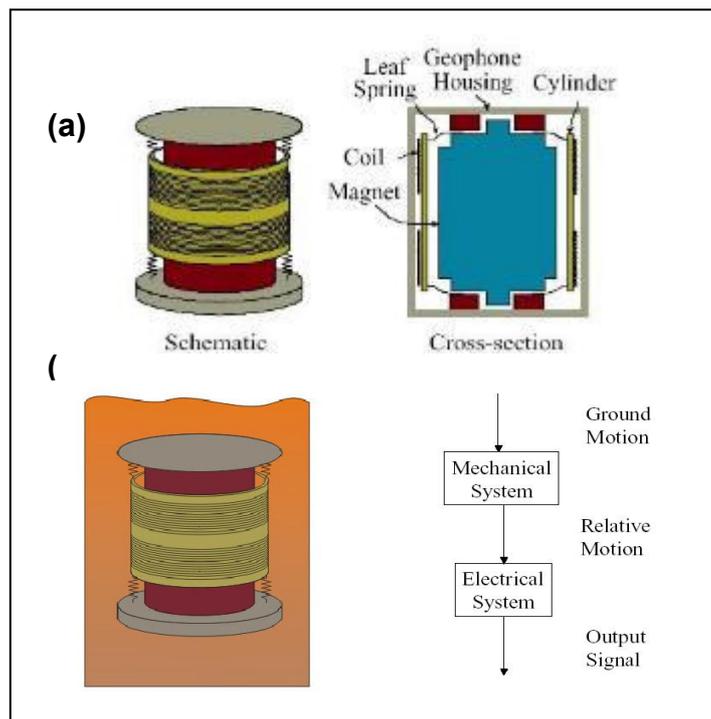


Figura 30: Schema funzionamento geofoni rilevatori e particolare fotografico.

7.3 Elaborazione dati

7.3.1 Elaborazione REMI1

I dati, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC e convertiti in un formato compatibile (SEGY) con il software **ReMi** impiegato per l'elaborazione.

Ciascuna delle registrazioni effettuate, è stata convertita in uno spettro *frequency-slowness*, sul quale è stata interpretata la curva di dispersione relative alle componenti in frequenza dei tremori alla quale è sottoposto il sottosuolo del sito in esame.

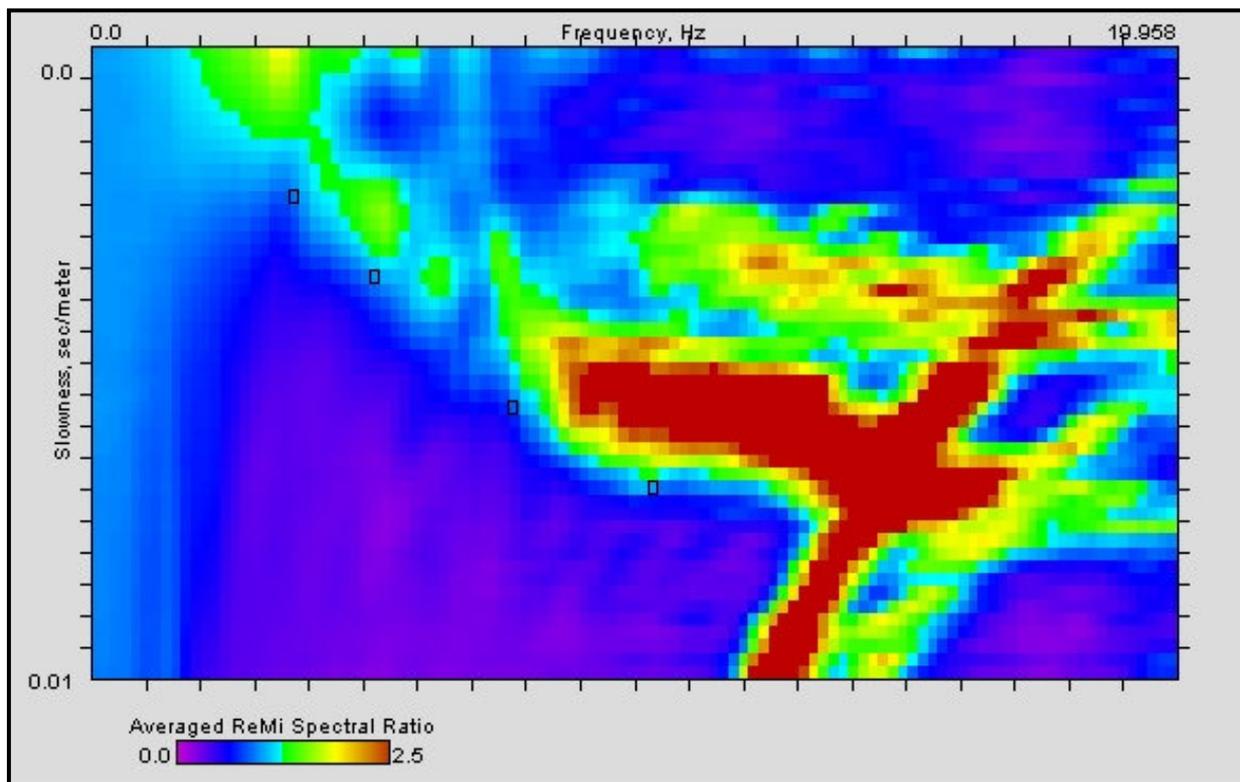


Figura 31: Grafico relativo allo spettro "frequency-slowness" e picking della curva di dispersione.

L'inversione della curva di dispersione ha consentito la valutazione dell'andamento delle Vs con buona affidabilità fino a 40 metri di profondità.

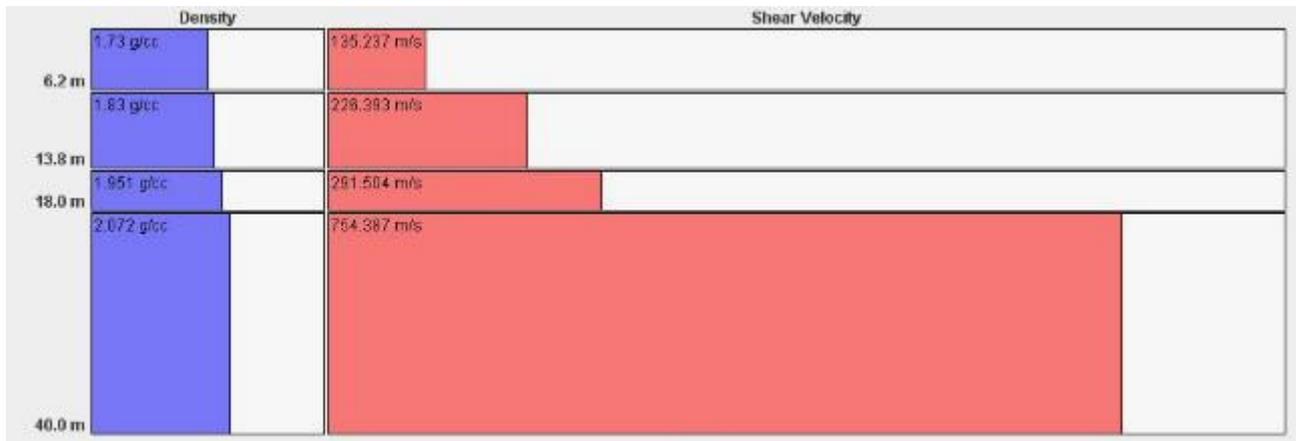
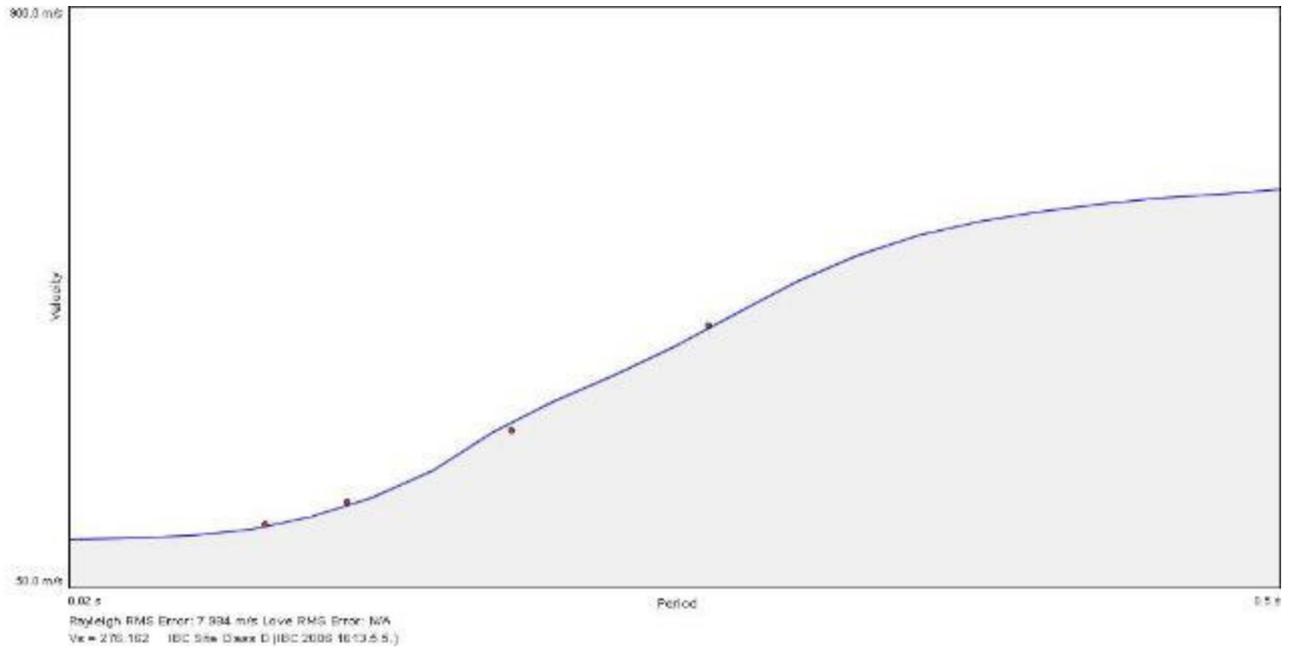


Figura 32: Grafici illustranti i risultati dell'inversione della curva di dispersione stimata.

7.4 Calcolo delle Vs30

Per il calcolo delle $V_{s,eq}$, sulla base dei dati ottenuti dalle indagini dei microtremori (ReMI), è stata impiegata la formula riportata nel D.M. del 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni” così di seguito enunciata:

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

dove h_i e V_i indicano lo spessore (in metri) e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato i -esimo per un totale di N strati.

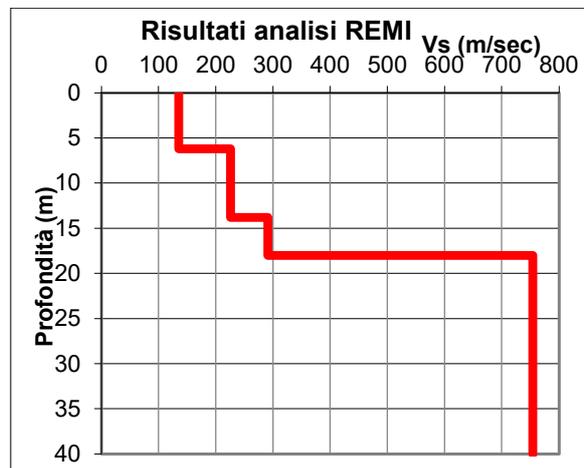


Figura 33: Andamento valori di Vs con la profondità

Strato (n)	Spessore (m)	Velocità (m/sec)
1	6	135
2	8	226
3	4	291
4	22	754

Tabella 2: Sismostrati individuati dalla prova ReMi

NOTA: per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro V_{s30} , ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. In tal caso è stato infatti considerato un $H=30$ metri.

Il valore di V_{seq} ricavato dalla prova ReMi è

$V_{seq} 273 \text{ m/sec}$

	ID Documento Committente	Pagina 41 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

8 CLASSIFICAZIONE SISMICA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

In applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) viene inoltre prevista la suddivisione dei suoli di fondazione nelle seguenti categorie:

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
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>

Figura 34: Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo delle NTC 2018

Sulla base delle analisi precedentemente descritte, per le quali le V_{seq} assumono un valore medio di **273 m/sec**, il suolo di fondazione dell'area di studio ricade nella categoria di tipo C.

Riassumendo, l'area di studio, facente parte del comune di Castelnuovo Scrivia (AL), ricade quindi nella Zona sismica 3 [come da Delibera di Giunta Regionale nr. 6-887 del 30 dicembre 2019] ed è caratterizzata da un suolo di tipo C.

	ID Documento Committente	Pagina 42 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

9 AZIONE SISMICA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento a degli stati limite, che possono verificarsi durante un determinato periodo di riferimento della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo, la vita nominale dell'opera, che congiuntamente alla classe d'uso, permette di determinare il **periodo di riferimento**;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, dopo aver definito le relative probabilità di superamento è possibile stabilire il **periodo di ritorno** associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la **pericolosità sismica di base per il sito** interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri (OPCM) 3519/2006.

Nel DM 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”, il periodo di riferimento – che non può essere inferiore a 35 anni – è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N * C_U$$

V_R = periodo di riferimento

V_N = vita nominale

C_U = coefficiente d'uso

La **vita nominale di un'opera strutturale** V_N , secondo le NTC 2018, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetti alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Su indicazione del progettista la Vita nominale dell'opera è di V_N 50 anni

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC 2018 prevedono quattro **classi d'uso** a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

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

	ID Documento Committente	Pagina 43 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

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

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Il valore di C_U varia a seconda della classe d'uso, come indicato nella seguente tabella:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0,7	1,0	1,5	2,0

Su indicazione del progettista, nel caso in esame viene presa in considerazione la classe d'uso IV a cui è associato il coefficiente d'uso $C_U = 2$.

Ricavati i valori di V_N e C_U , è possibile calcolare il periodo di riferimento V_R , che qui vale:

$$V_R = 50 * 2 = 100 \text{ anni.}$$

Le NTC 2018 prendono in considerazione 4 possibili **stati limite (SL)** individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono stati limite di esercizio (SLE) e due sono stati limite ultimi (SLU). *Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.*

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

	ID Documento Committente	Pagina 44 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Ad ogni stato limite è associata una **probabilità di superamento PVR**, ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di ag prefissata (ag = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	PVR = 81%
Stato limite di esercizio: danno	SLD	PVR = 63%
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	PVR = 10%
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	PVR = 5%

Fissati V_R e PVR associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il **periodo di ritorno dell'azione sismica T_R** , espresso in anni, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Poiché è $V_R = 100$ anni, il tempo di ritorno T_R sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$T_R = 60$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 101$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 949$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 1950$

Di seguito si riportano i valori dei parametri riferiti al punto d'indagine.

Stato limite	T_r [anni]	ag [g]	F0 [-]	T_c^* [s]
SLO	60	0,031	2,499	0,212
SLD	101	0,038	2,531	0,237
SLV	949	0,096	2,483	0,279
SLC	1950	0,126	2,479	0,282

	ID Documento Committente	Pagina 45 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

Come sopra detto, a questo punto è possibile definire la **pericolosità sismica di base per il sito** interessato alla realizzazione dell'opera. In particolare, il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalle particolari condizioni locali, cioè dalle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono. Per la singola opera o per il singolo sistema geotecnico la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce, a causa dei fattori anzidetti, rispetto a quello di un sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Per la definizione degli effetti sull'azione sismica legati alla stratigrafia si utilizza un approccio semplificato che si basa sulla definizione delle "categorie di sottosuolo".

Come riportato nel Capitolo 8, sulla base degli esiti dell'indagine ReMI ($V_{seq} = 273 \text{ m/sec}$), il suolo di fondazione dell'area di studio ricade nella categoria di **tipo C**.

Per quanto riguarda il contributo derivante dalla morfologia superficiale sull'azione sismica, nel caso in cui la topografia non presenti particolare complessità, è possibile adottare la seguente classificazione:

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

Trattandosi di zona pianeggiante e quindi con inclinazione media inferiore ai 15° , **l'area in oggetto ricade nella categoria T1**, a cui non è attribuibile alcun fenomeno di amplificazione sismica legato alle condizioni topografiche.

Dal punto di vista progettuale, lo spettro di risposta elastico in accelerazione riveste particolare importanza nella definizione delle azioni sismiche da adottare. Esso viene riferito ad uno smorzamento η convenzionale pari al 5% e la sua forma spettrale dipende dai fattori precedentemente citati (pericolosità di base a_g , stratigrafia, topografia, probabilità di superamento nel periodo di riferimento riferiti agli stati limite di progetto).

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Stati limite	c_u	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]	S_s [-]	C_c [-]	S_t [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,031	2,503	0,214	1,500	1,750	1,000	1,500	1,000	0,125	0,374	1,726
SLD	2	0,039	2,533	0,239	1,500	1,680	1,000	1,500	1,000	0,134	0,402	1,755
SLV	2	0,098	2,479	0,280	1,500	1,600	1,000	1,500	1,000	0,149	0,447	1,994
SLC	2	0,128	2,475	0,282	1,500	1,590	1,000	1,500	1,000	0,149	0,448	2,114

	ID Documento Committente	Pagina 46 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Stati limite	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
SLO	2	0,031	2,503	0,214	1,000	1,750	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLD	2	0,039	2,533	0,239	1,000	1,680	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLV	2	0,098	2,479	0,280	1,000	1,600	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000
SLC	2	0,128	2,475	0,282	1,000	1,590	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000

dove:

- S_s e C_c sono espressione dell'effetto di amplificazione stratigrafica e dipendono da F0 (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale), dal rapporto ag/g e da T_c* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale);
- S_T (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche: T1: S_T = 1.0; T2: S_T = 1.20; T3: S_T = 1.20; T4: S_T = 1.40.
- S è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica S_s e di amplificazione topografica S_T.

Espressioni dei parametri dipendenti:

$$S = S_s \cdot S_T$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \eta = 1/q$$

$$T_B = T_C / 3$$

$$T_C = C_c \cdot T_c^*$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6$$

Di seguito vengono riportati gli spettri in accelerazione orizzontale e gli spettri in accelerazione verticale relativi agli stati limite per l'area in esame.

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

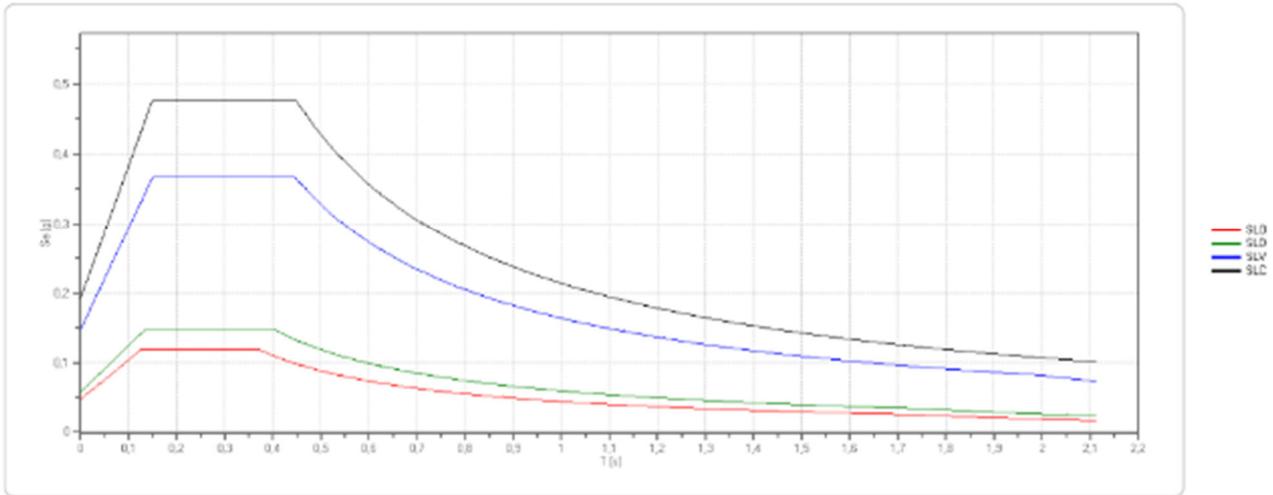


Figura 35: Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali.

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

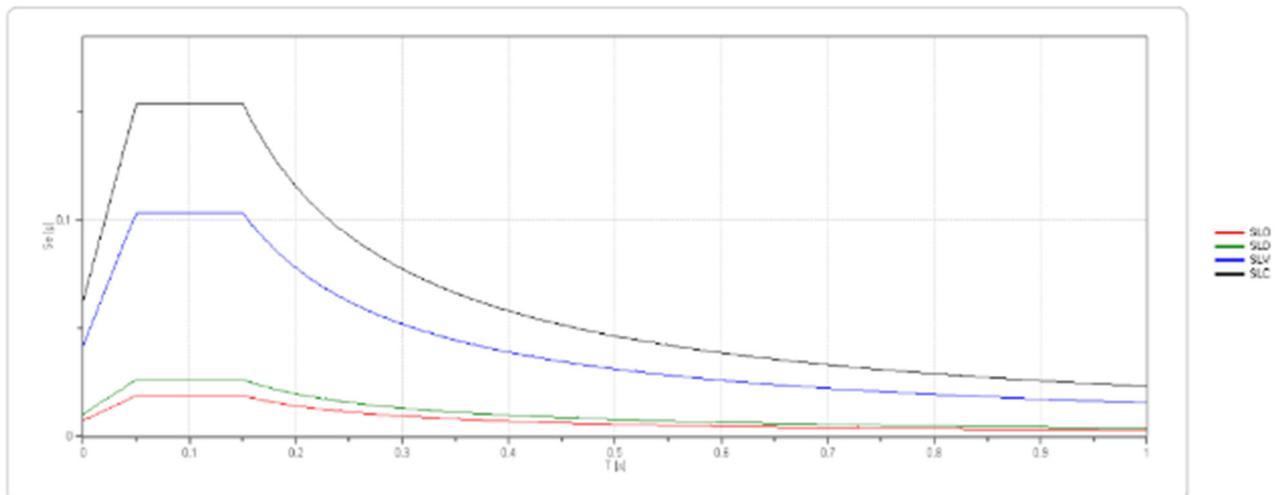


Figura 36: Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali.

10 INDAGINI GEOGNOSTICHE E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

10.1 Indagini geognostiche

In data 6 marzo 2024 sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU).

Si evidenzia che le prove penetrometriche sono state eseguite fino alle profondità massime di 8.12 m (CPTU1) e 6.51 m (CPTU2); non è stato infatti possibile spingere l'indagine a profondità superiori in quanto il penetrometro si è disancorato a causa della scarsa resistenza del terreno superficiale.

Si evidenzia che la prova CPTU1 ha comunque registrato un picco di resistenza alla profondità di circa 8 m dal p.c., mostrando valori compatibili con la presenza di uno strato granulare addensato, che risulta coerente con la presenza di uno strato ghiaioso sabbioso, evidenziato anche nel profilo stratigrafico del pozzo identificato con il codice 106609 adiacente all'area in esame (fonte: Banca Dati Geotecnica - Sondaggi geognostici, campioni di terreno e indagini geofisiche di ARPA Piemonte).



perforazione	Profondità (m)	Descrizione
06609	7.00	argilla
06609	8.00	ghiaia
06609	10.00	sabbia e ghiaia
06609	14.00	argilla
06609	18.00	ghiaietto
06609	20.00	argilla
06609	24.00	ghiaietto

Figura 37: Ubicazione e assetto stratigrafico pozzo 106609

	ID Documento Committente	Pagina 49 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

10.2 Prove penetrometriche statiche con piezocono CPTU

La prova C.P.T.U. consiste nell'infingere nel terreno una punta strumentata elettricamente e dotata di un sensore per la misura della pressione dell'acqua nei pori del terreno (piezocono), ad una velocità costante di avanzamento pari a 2 cm/s, per mezzo di un dispositivo di spinta munito di un sistema automatico di acquisizione dati. Utilizzando il piezocono per prove CPTU è possibile acquisire ad ogni centimetro di profondità, durante il movimento continuo di spinta, i seguenti parametri principali:

- q_c = resistenza di punta
- f_s = attrito laterale
- U = pressione interstiziale

Le prove penetrometriche sono state eseguite secondo la seguente normativa e specifica di riferimento:

- ISSMFE Technical committee on penetration testing (1988) – Cone Penetration Test (CPT): International Reference Test Procedure;
- UNI EN 1997-2 (2007) – Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica. Parte 2. Indagini e prove nel sottosuolo [EN 1997-2 – Eurocode 7 – Geotechnical Design – Part 2: Ground investigation and Testing]
- ISO 24476-1 – Geotechnical investigation and testing – Field Testing – Part 1: Electrical cone and piezocone penetration test.

Per l'esecuzione delle indagini si è utilizzato un penetrometro statico tipo Pagani TG 63-200, fornito delle seguenti componenti: e connessioni elettriche:

- TGAS-08 – Il sistema di acquisizione;
- ENCODER – Misura la profondità e la velocità di infissione;
- POWER SUPPLY – Il sistema viene alimentato elettricamente dalla batteria del penetrometro, tramite una presa montata di serie;
- ROD ADAPTER – Collega meccanicamente il piezocono alle aste di spinta;
- GPS-GPRS ANTENNA – Permette di acquisire le coordinate GPS e di inviare le prove tramite la rete GSM;
- CPTU-ACQ SOFTWARE – Installato su di un notebook permette di importare i test dal sistema TGAS-08.



Figura 38: Strumentazione utilizzata per la prova CPTU

	ID Documento Committente	Pagina 50 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

Le caratteristiche del piezocono sono le seguenti:

Canali di misura:		Dimensioni:	
Resistenza di punta (qc):	50; 100 MPa	Angolo di apertura cono:	60°
Attrito laterale (fs):	1,6 MPa (titanio)	Diametro:	36 mm
Pressione nei pori (U):	2,5 MPa	Sezione di spinta:	10 cm ²
Inclinazione:	0 – 20°	Superficie laterale:	150 cm ²
Tip area factor (a):	0,80	Peso:	2,1 kg
Sleeve area factor (b):	0	Lunghezza:	413 mm

Tabella 3: Caratteristiche del piezocono Pagani

La prova è stata eseguita secondo le procedure standard, ovvero attraverso l'infissione della punta (piezocono) a velocità costante di 2 cm/s, e registrazione dei valori della resistenza alla punta qc e dell'attrito laterale fs locale ogni centimetro. Tramite il piezocono, opportunamente saturato a grasso di litio prima dello svolgimento della prova, è stato possibile acquisire un terzo parametro cioè la pressione neutrale dell'acqua del terreno attraversato; quindi, sono state effettuate prove di dissipazione della sovrappressione indotta dalla penetrazione, registrando contemporaneamente la variazione di tale pressione nel tempo sino ad annullare il 60% della stessa oppure se quest'ultima non viene raggiunta.

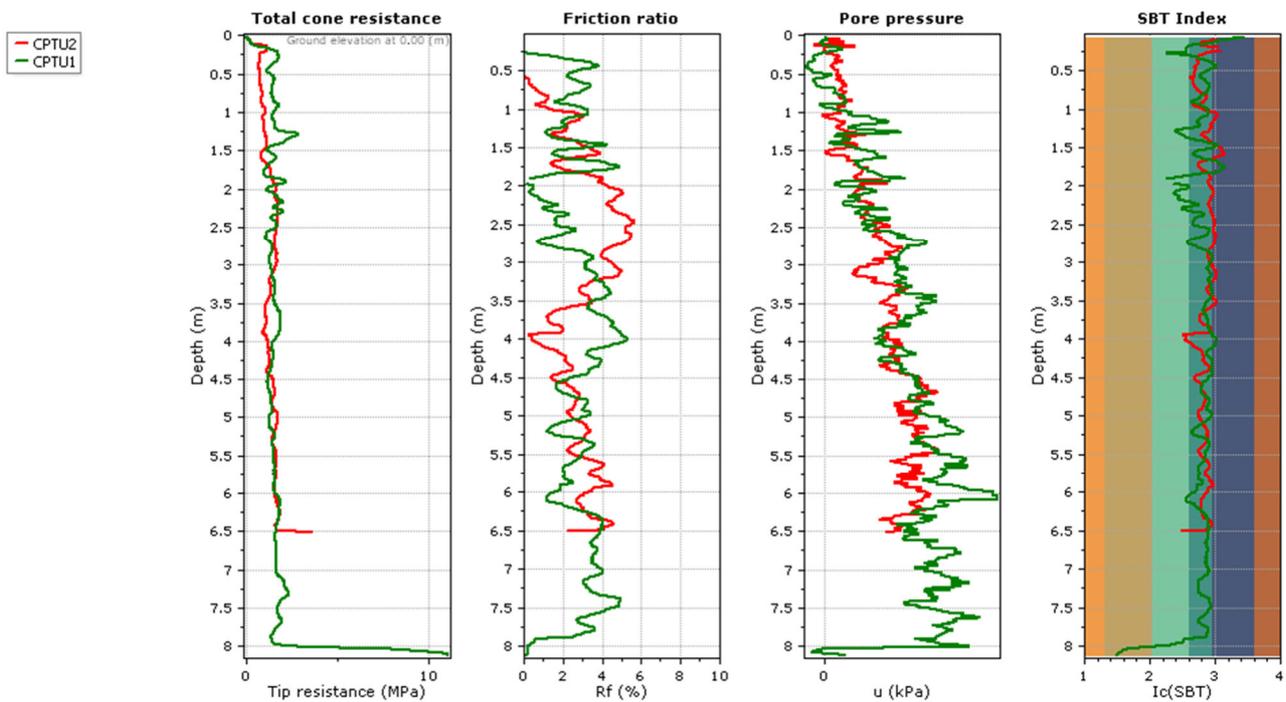
L'inclinazione dello strumento durante l'avanzamento nel sottosuolo viene determinata per mezzo di inclinometri.

L'acquisizione e la restituzione dei dati è fornita tramite un sistema analogico digitale munito di "encoder" di sincronizzazione con l'avanzamento delle aste nel terreno, di registratore grafico di qc, fs, u, incl. di registratore grafico della variazione nel tempo della pressione interstiziale, per le prove di dissipazione.

Nel diagramma penetrometrico definitivo sono state riportate le curve di:

- qc (Rp): resistenza alla punta;
- fs: resistenza laterale;
- U: pressione neutrale;
- fs/qc: rapporto di frizione;
- inclinazione;
- grafici di dissipazione.

Complessivamente sono state realizzate n. 2 prove CPTU dalla Ditta specializzata Soil System di Piacenza, spinte sino al disancoraggio del penetrometro.



Nota: L'elaborazione delle prove penetrometriche statiche con piezocono è riportata in **Allegato 01**.



Figura 39: Postazione CPTU1



Figura 40: Postazione CPTU2

	ID Documento Committente	Pagina 53 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

10.3 Assetto stratigrafico

Le indagini eseguite, unitamente ai dati bibliografici in nostro possesso, hanno mostrato una situazione litologica caratterizzata sostanzialmente da nr. 6 livelli con proprietà geomeccaniche relativamente omogenee.

Nel dettaglio è stata riconosciuta la seguente stratigrafia schematica:

Livello 0: si tratta di terreno in prevalenza vegetale/humifero di natura limoso argillosa e limoso sabbiosa, che si estende dal piano campagna sino ad una profondità massima di circa 0,5 – 0,7 metri. È caratterizzato da una resistenza media alla punta R_p compresa fra 0,3 e 1,8 MPa. Si evidenzia che in corrispondenza delle fondazioni superficiali dei cabinati, andrà prevista la rimozione dello strato vegetale, con successivo riempimento in misto stabilizzato adeguatamente compattato, così da realizzare idoneo strato di posa per le fondazioni stesse.

Livello A: si tratta di terreno in prevalenza coesivo scarsamente consistente (argilla limosa e limi argillosi), che si estende sino a profondità variabile da circa 0,5 – 0,7 metri a circa 1,5 a 2,7 metri da piano campagna. È caratterizzato da una resistenza media alla punta R_p compresa fra 0,8 e 2,8 MPa.

Livello B: si tratta di terreno in prevalenza coesivo scarsamente consistente (argilla), che si estende sino a profondità variabile da circa 1,5 a 2,7 metri a circa 6 e 6,5 metri da piano campagna. È caratterizzato da una resistenza media alla punta R_p compresa fra 1 e 2 MPa.

Livello C: si tratta di terreno in prevalenza coesivo poco consistente (argilla e argilla debolmente limosa), che si estende a profondità variabile da circa 6 e 6,5 metri a circa 8 metri da piano campagna. È caratterizzato da una resistenza media alla punta R_p compresa fra 1,3 e 2,7 MPa.

Livello D: si tratta di terreno in prevalenza granulare ben addensato (ghiaie e sabbie ghiaiose), che si estende a profondità variabile da circa 8 metri sino ad almeno 10 metri da piano campagna. In corrispondenza del tetto di questo livello il penetrometro si è disancorato.

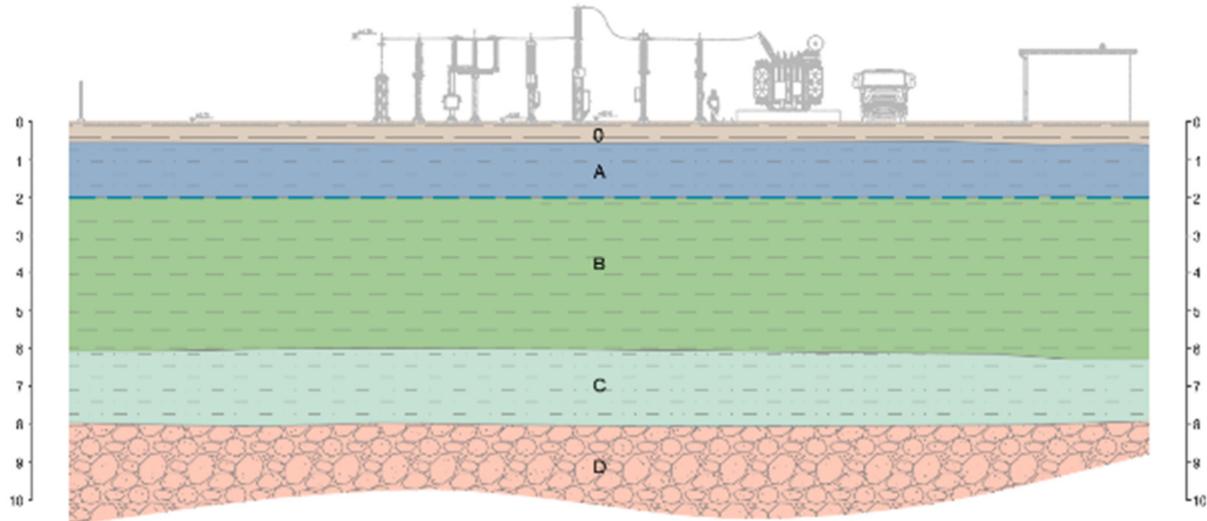


Figura 41: Assetto stratigrafico

10.4 Modello geotecnico

Sulla base delle considerazioni sopra riportate, sono qui di seguito indicati i parametri geotecnici caratteristici:

Livello 0 (da p.c. a 0,5 – 0,7 m da p.c.)

MATERIALE IN PREVALENZA VEGETALE/HUMIFERO

$$\gamma = 16 - 17,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_K = 17,0 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 25 - 70 \text{ kPa}$$

$$C_{u_k} = 45 \text{ kPa}$$

$$Med = 2,5 - 6 \text{ MPa}$$

$$Med_k = 3,3 \text{ MPa}$$

$$\phi' = 18,0 - 21$$

$$\phi_{k'} = 19,0$$

Livello A (da 0,5 – 0,7 m da p.c. a 1,7 - 2,5 m da p.c.)

MATERIALE COESIVO SCARSAMENTE CONSISTENTE

$$\gamma = 16 - 17,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_K = 17,0 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 45 - 90 \text{ kPa}$$

$$C_{u_k} = 60 \text{ kPa}$$

$$Med = 3,0 - 6,5 \text{ MPa}$$

$$Med_k = 4,2 \text{ MPa}$$

$$\phi' = 20,0 - 23$$

$$\phi_{k'} = 21,5$$

Livello B (da 1,7 - 2,5 m da p.c a 6 - 6,5 m da p.c.)

MATERIALE COESIVO POCO CONSISTENTE

$$\gamma = 16,5 - 18,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_K = 17,5 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 50 - 100 \text{ kPa}$$

$$C_{u_k} = 75 \text{ kPa}$$

$$Med = 3,2 - 6,6 \text{ MPa}$$

$$Med_k = 5,0 \text{ MPa}$$

$$\phi' = 20 - 23,0$$

$$\phi_{K'} = 21,5$$

Livello C (da 6 - 6,5 m da p.c a 8 m da p.c.)

MATERIALE COESIVO POCO CONSISTENTE

$$\gamma = 17,0 - 19,0 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_K = 18,5 \text{ kN/m}^3$$

$$C_u = 70 - 120 \text{ kPa}$$

$$C_{u_k} = 85 \text{ kPa}$$

$$Med = 4,5 - 7,0 \text{ MPa}$$

$$Med_k = 5,7 \text{ MPa}$$

$$\phi' = 21,0 - 24,0$$

$$\phi_{K'} = 22,5$$

Livello D (da 8 m da p.c. a 10 m da p.c.):

MATERIALE GRANULARE ADDENSATO

$$\gamma = 18 - 19,5 \text{ kN/m}^3$$

$$\gamma_K = 19,0 \text{ kN/m}^3$$

$$c' = 0 \text{ kPa}$$

$$c'_k = 0 \text{ kPa}$$

$$E = 10 - 20 \text{ MPa}$$

$$E_k = 16 \text{ MPa}$$

$$\phi' = 32 - 38^\circ$$

$$\phi_{K'} = 34^\circ$$

dove:

γ = peso di volume naturale del terreno;

C_u = coesione in termine di sforzi totali,

	ID Documento Committente	Pagina 56 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

c' = coesione in termini di sforzi efficaci,
 M_{ed} = modulo edometrico;
 E = modulo elastico
 ϕ' = angolo di attrito in termine di sforzi efficaci (valore stimato).

con il pedice “K” è indicato il valore caratteristico del parametro.

APPENDICE ALLA DETERMINAZIONE DEL COEFFICIENTE DI WINKLER

Dal punto di vista fisico, come risaputo, il mezzo alla Winkler può essere assimilato ad un letto di molle elastiche mutualmente indipendenti, o meglio ad un liquido di peso specifico k nel quale la fondazione galleggia.

In effetti il coefficiente di reazione del terreno è, per definizione, il rapporto fra carico e cedimento. In un terreno reale il cedimento dipende, oltre che dai valori del carico e dalle proprietà del terreno, anche dalla forma e dalle dimensioni della fondazione e dalla costituzione del sottosuolo.

È evidente quindi che il coefficiente di sottofondo K non è una proprietà solo ed esclusivamente del terreno e quindi appare discutibile fornire valori tipici per tipo di terreno.

Inoltre, la determinazione di K non è semplice in quanto spesso il terreno è stratificato, ha diversi spessori e perciò il valore del coefficiente di sottofondo dovrebbe, almeno, dipendere dallo spessore dello strato di terreno interessato dalle sollecitazioni e dalle sue caratteristiche. Maggiore è lo spessore, minore sarà il valore di K .

L'uso del metodo di Winkler, nelle applicazioni, richiede pertanto un'attenta valutazione di un appropriato valore di K da adottare, caso per caso, in funzione di fattori quali il modello del sottosuolo e la dimensione e forma della fondazione.

Fortunatamente, i risultati del calcolo, in termini di caratteristiche della sollecitazione, non sono molto sensibili ai valori di K ; pertanto, non è indispensabile una valutazione molto accurata del parametro, ma basta una stima ragionevole.

Detto questo, riportiamo qui di seguito un range ragionevolmente rappresentativo del coefficiente di sottofondo K (da tabella Pozzati) rispettivamente per:

Livello A: $K = 1 - 1,5 \text{ kg/cm}^3$

Livello B: $K = 1 - 2 \text{ kg/cm}^3$

Livello C: $K = 1 - 2 \text{ kg/cm}^3$

	ID Documento Committente	Pagina 57 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

Livello D: $K = 10 - 25 \text{ kg/cm}^3$

Nota: tali valori rappresentano valori puramente orientativi che potranno essere affinati e/o modificati, attraverso successive calcolazioni, da parte dello strutturista, in base all'effettivo stato tensionale della struttura stessa.

MODULO DI REAZIONE "VERTICALE" DEL TERRENO [WINKLER]

<i>NATURA DEL TERRENO</i>	<i>K (Kg/cm³)</i>
torba leggera.....	0.6 ~ 1.2
torba pesante.....	1.2 ~ 1.8
terra vegetale.....	1.0 ~ 1.5
depositi recenti.....	1.0 ~ 2.0
sabbia di mare, fina.....	1.5 ~ 2.0
sabbia poco coerente.....	2.0 ~ 4.0
terra molto umida.....	2.0 ~ 3.5
terra poco umida.....	3.0 ~ 6.0
terra secca.....	5.0 ~ 10.0
argilla con sabbia.....	8.0 ~ 10.0
argilla grassa.....	10.0 ~ 12.0
sabbia compatta.....	8.0 ~ 15.0
ghiaia con sabbia.....	10.0 ~ 25.0
ghiaia compatta.....	20.0 ~ 30.0

(Tabella dei Moduli di Winkler secondo POZZATI)

Figura 42: Tabella Moduli di Winkler [da Prof. Pozzati]

	ID Documento Committente	Pagina 58 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

11 VERIFICA DELLA POSSIBILITA' DI FENOMENI DI LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione interessa depositi sabbiosi e sabbioso-limosi saturi che durante e immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico subiscono una drastica riduzione della resistenza al taglio, a seguito della quale le condizioni di stabilità non sono più garantite e la massa di terreno interessata dal fenomeno comincia ad assestarsi fino a che la nuova configurazione del terreno non è compatibile con la diminuita resistenza al taglio. I parametri che governano il fenomeno sono rappresentati in generale da:

- condizioni di drenaggio e grado di saturazione del deposito;
- granulometria del deposito;
- stato di addensamento;
- intensità, forma spettrale e durata delle sollecitazioni cicliche;
- stato tensionale iniziale;
- storia tensionale e deformativa del deposito;
- fenomeni di aging.

Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione della riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali.

Nelle NTC 2018, la materia è trattata approfonditamente al punto 7.11.3.3, in cui si stabilisce che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- 2) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- 3) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 4) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 5) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 39(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 39(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

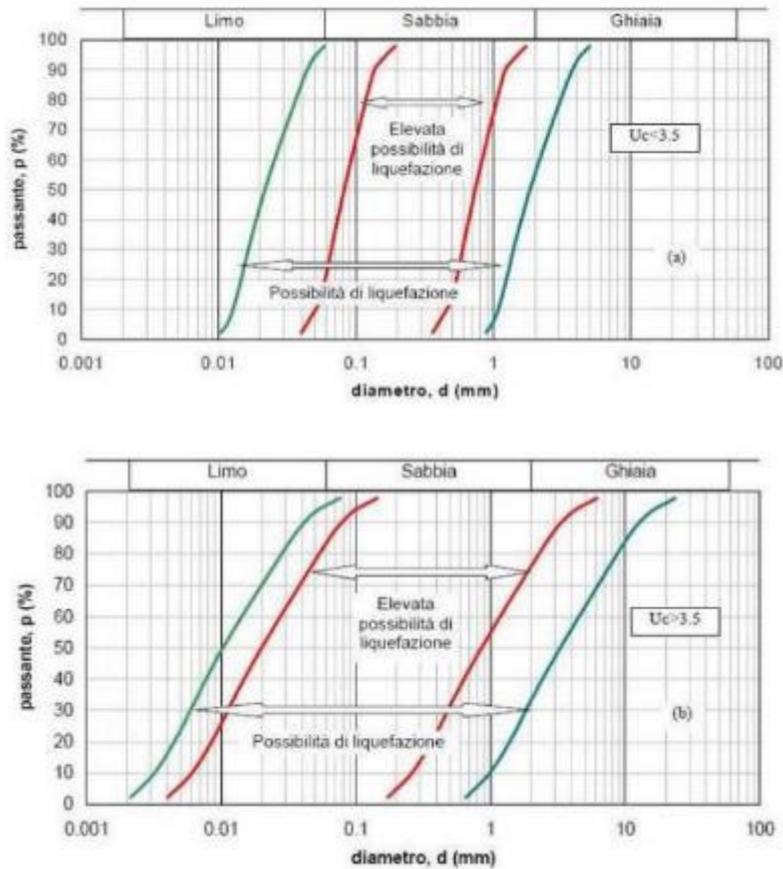


Figura 43: Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

In relazione all'assetto stratigrafico dei primi 15 metri di profondità, caratterizzato dalla presenza di depositi argillosi seguiti da ghiaie sabbiose prevalenti, i terreni relativi all'area in oggetto non sono suscettibili a liquefazione e la verifica può essere omessa.

	ID Documento Committente	Pagina 60 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

12 CONCLUSIONI

Sulla base dei dati raccolti, rilievi e dei calcoli effettuati e descritti nei capitoli precedenti, si possono trarre le seguenti conclusioni.

Nell'area in oggetto, i depositi affioranti sia in superficie che nel primo sottosuolo (circa 8 m da p.c.) sono costituiti da depositi coesivi scarsamente consistenti di natura prevalentemente argillosa, frutto degli alluvionamenti pleistocenici ed olocenici del T. Scrivia. Tali depositi sono ricoperti da un sottile strato vegetale di natura limoso argillosa o limoso sabbiosa, mentre alla base si ritrovano depositi alluvionali di natura granulare (sabbie e ghiaie) fino almeno 10-12 metri di profondità.

L'area di studio ricade all'interno di un contesto di pianura alluvionale essenzialmente stabile e consolidato, nel cui ambito non si sono rilevati fenomeni erosivi e/o d'evoluzione morfologica evidenti.

La Carta di Sintesi della Pericolosità Geomorfologica del P.R.G.C. relativa al Comune di Castelnuovo Scrivia individua nella Tavola 9N "Carta di sovrapposizione della perimetrazione urbanistica su cartografia di sintesi elaborata alla scala di piano" l'area della sottostazione MT/AT di progetto come "Classe III non differenziata – Aree in classe IIIa e IIIb con limitate aree in classe II attualmente non cartografate" (v. Figura 11), individuata come *la porzione nord orientale del territorio comunale interna alla FASCIA C del PSFF, mai interessate da eventi di piena*. Tale classe è normata dall'art.13 delle NTA.

Secondo quanto riportato nel Geoportale di ARPA Piemonte, la falda freatica superficiale, l'unica potenzialmente interagente con le opere dell'impianto fotovoltaico in progetto, presenta quote assolute di circa 73-74 m s.l.m., per una soggiacenza di circa 4-5 m da piano campagna e una direzione di deflusso delle acque sotterranee che degrada da SSE a NNO con un gradiente idraulico di circa 0,2 %.

Si evidenzia che, in relazione alle variabilità degli apporti idrici è possibile ipotizzare che il livello piezometrico possa subire variazioni stagionali significative, raggiungendo quote prossime al piano campagna.

Le prove penetrometriche spinte alla profondità massima di circa 8 metri dal piano campagna hanno rilevato presenza di acqua di falda a partire dalla profondità di circa 2 m dal p.c.

Sulla base di quanto riportato nella Mappa di pericolosità di alluvioni e degli elementi potenzialmente esposti, l'area di intervento ricade all'interno delle aree allagabili del Reticolo Principale (RP), nello specifico probabilità di alluvioni bassa (P1).

Considerando l'estensione dell'area, sono state eseguite nr. 2 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU), utilizzando, per tale tipologia d'indagine, un penetrometro cingolato Pagani TG 63-100 con spinta di 20 T.

	ID Documento Committente	Pagina 61 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

Le prove penetrometriche sono state eseguite fino alle profondità massime di 8.12 m (CPTU1) e 6.51 m (CPTU2); non è stato infatti possibile spingere l'indagine a profondità superiori in quanto il penetrometro si è disancorato a causa della scarsa resistenza del terreno superficiale.

Si evidenzia che la prova CPTU1 ha comunque registrato un picco di resistenza alla profondità di circa 8 m dal p.c., mostrando valori compatibili con la presenza di uno strato granulare addensato, che risulta coerente con la presenza di uno strato ghiaioso sabbioso, evidenziato anche nel profilo stratigrafico del pozzo identificato con il codice 106609 adiacente all'area in esame (fonte: Banca Dati Geotecnica - Sondaggi geognostici, campioni di terreno e indagini geofisiche di ARPA Piemonte).

Nel dettaglio è stata riconosciuta la seguente stratigrafia schematica:

Livello 0: si tratta di terreno in prevalenza vegetale/humifero di natura limoso argillosa e limoso sabbiosa, che si estende dal piano campagna sino ad una profondità massima di circa 0,5 – 0,7 metri. Si evidenzia che in corrispondenza delle fondazioni superficiali dei cabinati, andrà prevista la rimozione dello strato vegetale, con successivo riempimento in misto stabilizzato adeguatamente compattato, così da realizzare idoneo strato di posa per le fondazioni stesse.

Livello A: si tratta di terreno in prevalenza coesivo scarsamente consistente (argilla limosa e limi argillosi), che si estende sino a profondità variabile da circa 0,5 – 0,7 metri a circa 1,5 a 2,7 metri da piano campagna.

Livello B: si tratta di terreno in prevalenza coesivo scarsamente consistente (argilla), che si estende sino a profondità variabile da circa 1,5 a 2,7 metri a circa 6 e 6,5 metri da piano campagna.

Livello C: si tratta di terreno in prevalenza coesivo poco consistente (argilla e argilla debolmente limosa), che si estende a profondità variabile da circa 6 e 6,5 metri a circa 8 metri da piano campagna.

Livello D: si tratta di terreno in prevalenza granulare ben addensato (ghiaie e sabbie ghiaiose), che si estende a profondità variabile da circa 8 metri sino ad almeno 10 metri da piano campagna. In corrispondenza del tetto di questo livello il penetrometro si è disancorato.

Riportiamo qui di seguito una sintesi dei risultati emersi dalle analisi sismiche eseguite nell'area di studio (per maggiori dettagli si rimanda ai capitoli sismici della presente relazione).

L'area di studio, facente parte del comune di Castelnuovo Scivvia (AL), ricade quindi nella Zona sismica 3 [come da Delibera di Giunta Regionale nr. 6-887 del 30 dicembre 2019] ed è caratterizzata da un suolo di tipo C.

Sulla base degli esiti delle indagini ReMI (analisi dei microtremori), per i quali le V_{seq} (V_{s30}) assumono un valore medio di 273 m/sec, il suolo di fondazione dell'area di studio ricade nella categoria di tipo C.

In relazione all'assetto stratigrafico dei primi 15 metri di profondità, caratterizzato dalla presenza di depositi argillosi seguiti da ghiaie sabbiose prevalenti, i terreni relativi all'area in oggetto non sono suscettibili a liquefazione e la verifica può essere omessa.

	ID Documento Committente	Pagina 62 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024 RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	Numero Revisione
		00

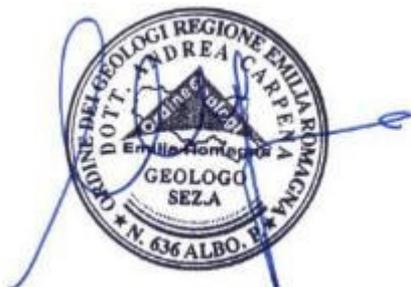
In sintesi, dal punto di vista geologico-sismico, a fronte di quanto appena sopra riportato ed argomentato, **l'area risulta idonea alla messa in opera delle opere previste.**

Resta altresì inteso che le strutture fondazionali impiegate per tali tipologie di infrastrutture, andranno adeguatamente dimensionate sulla base di circostanziate verifiche geotecniche del complesso terreno-fondazione

Amministratore Unico e Rappresentante Legale

Dott. Geol. Andrea Carpena

(iscrizione all'Albo dei Geologi della Regione Emilia-Romagna: 636)



GEOREFLEX S.r.l.

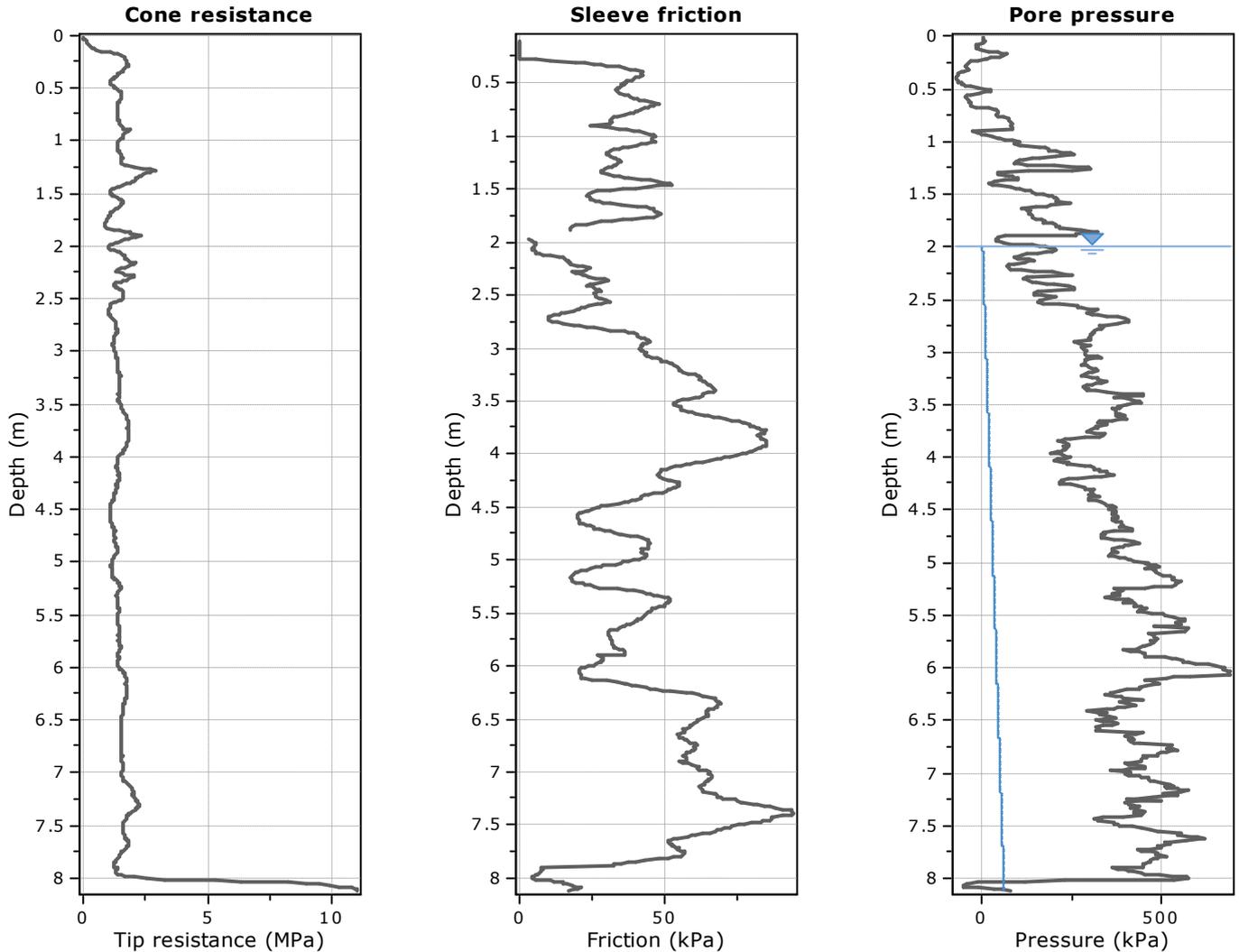
Sede legale: Via Fioruzzi n. 15 - 29100 Piacenza (PC)
 Capitale sociale Euro 30.000,00 i.v.
 Reg. Imprese PC n° 0116440333 - REA 131568
 c.f. 01164400333
 p.IVA 01164400333

	ID Documento Committente	Pagina 63 / 64
	CoD037_FV_BGR_00024	Numero Revisione
	RELAZIONE GEOLOGICA- GEOTECNICA SISMICA SSE	00

ALLEGATO 01

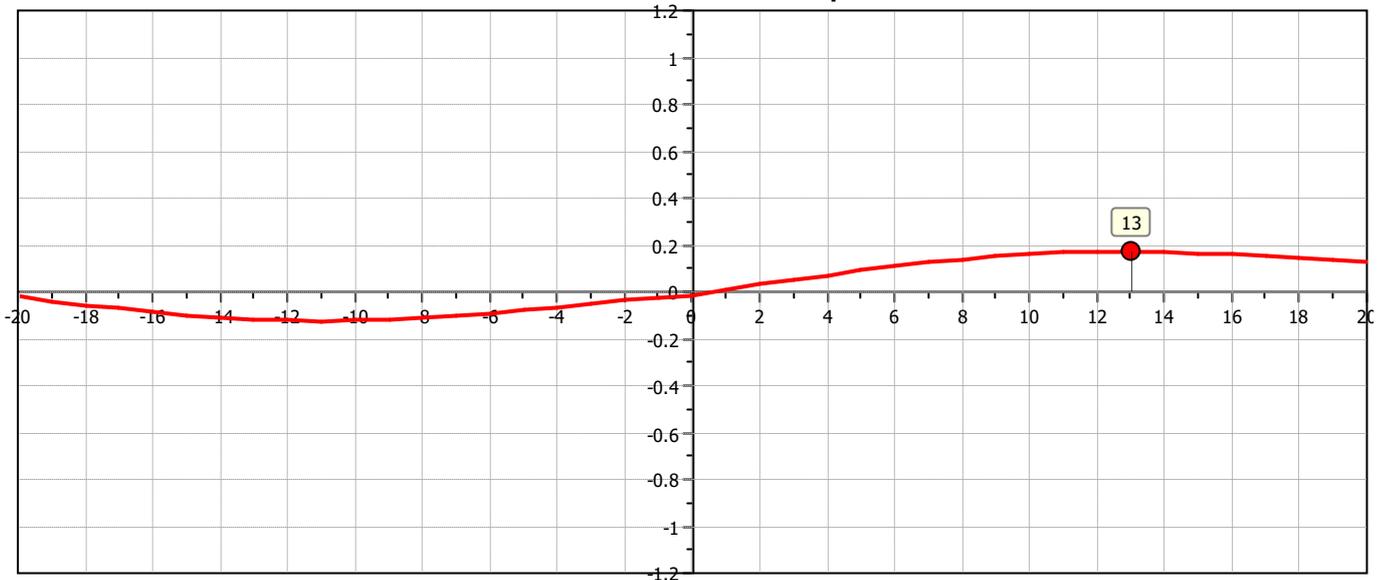
ELABORAZIONE PROVE PENETROMENTRICHE STATICHE

Project: Sottostazione elettrica
Location: Castelnuovo Scrivia (AL)

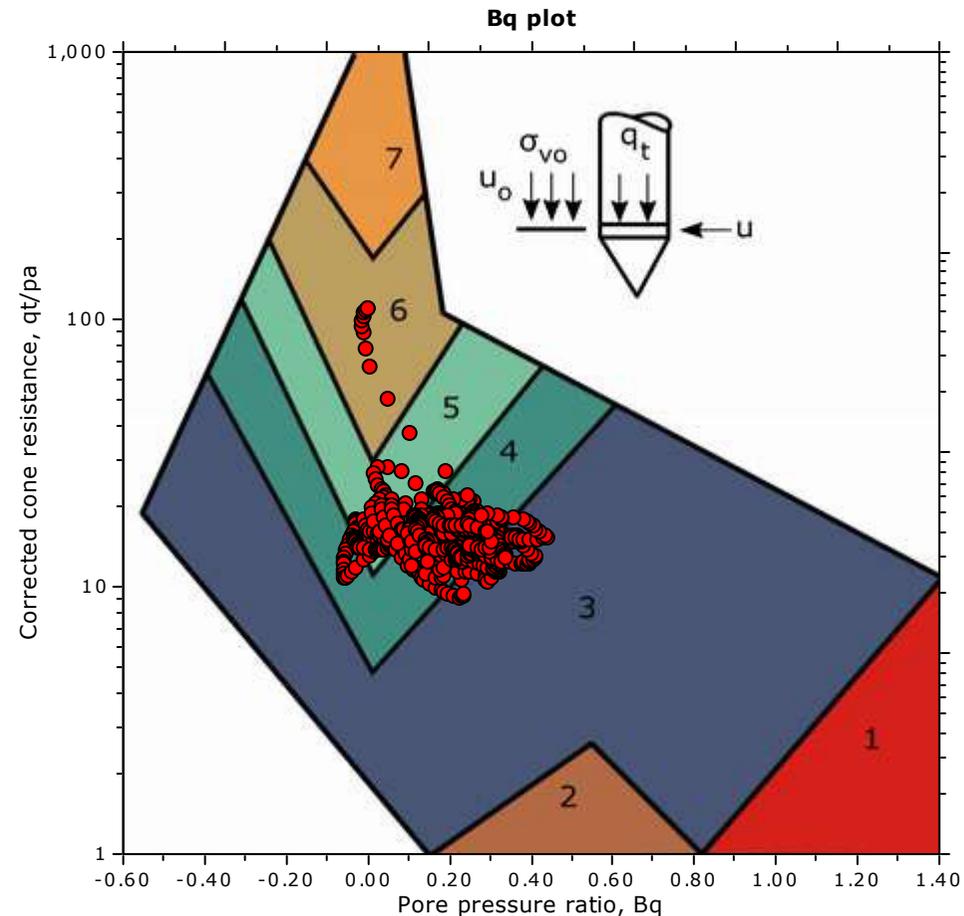
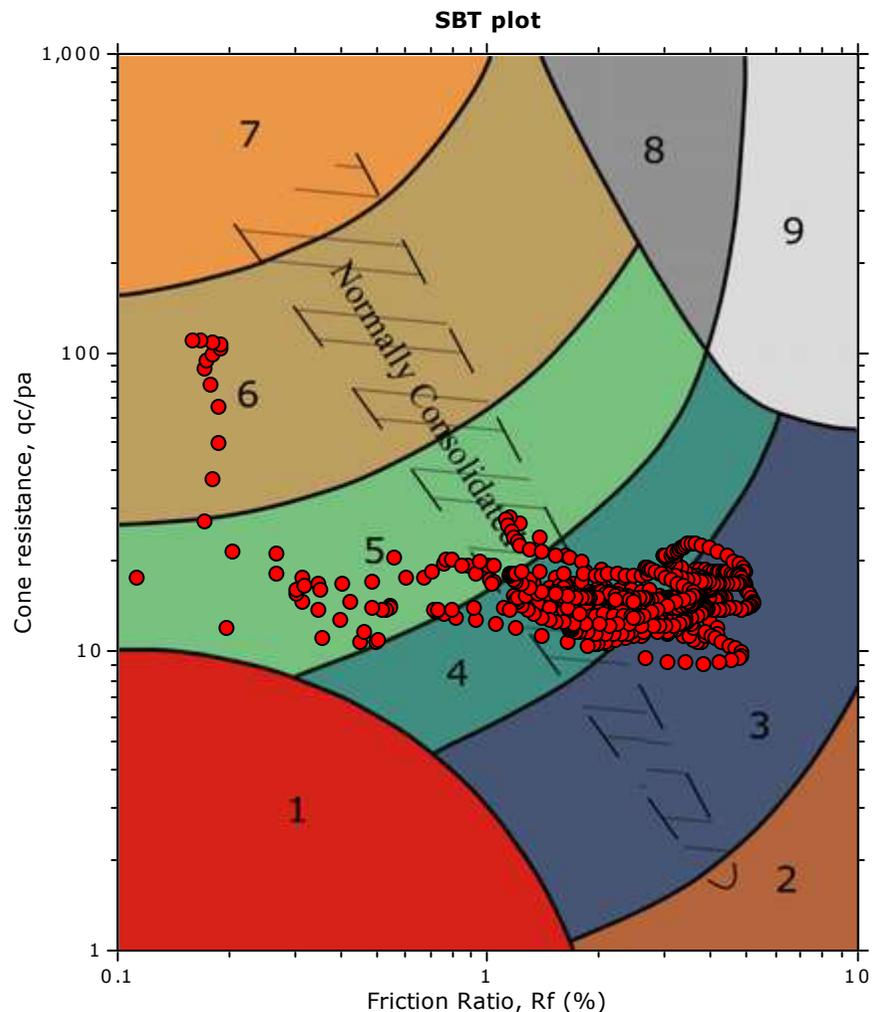


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between q_c & f_s



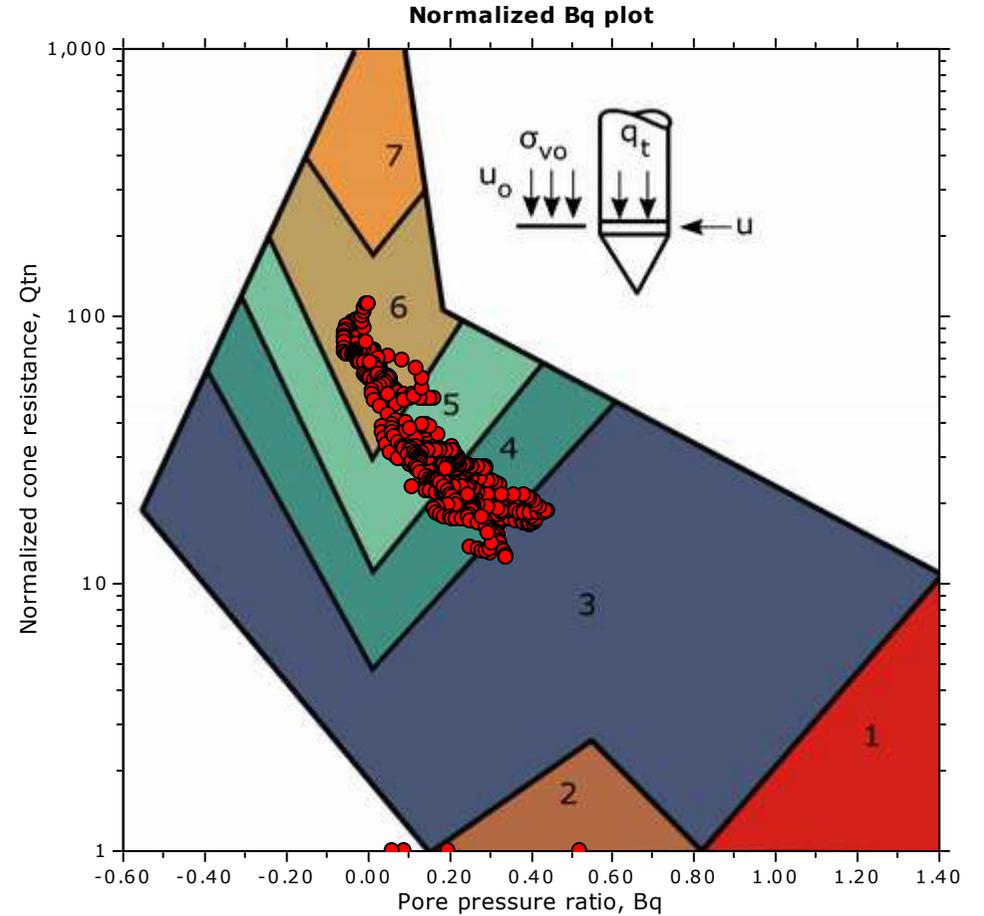
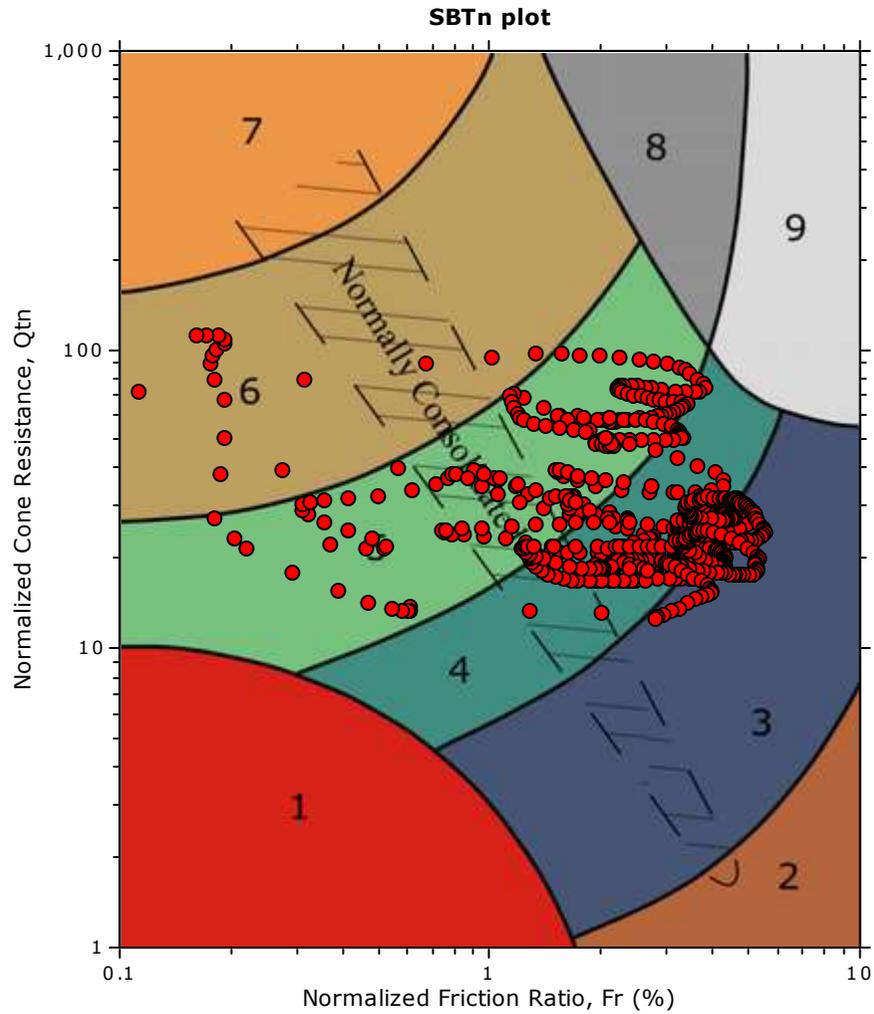
SBT - Bq plots



SBT legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

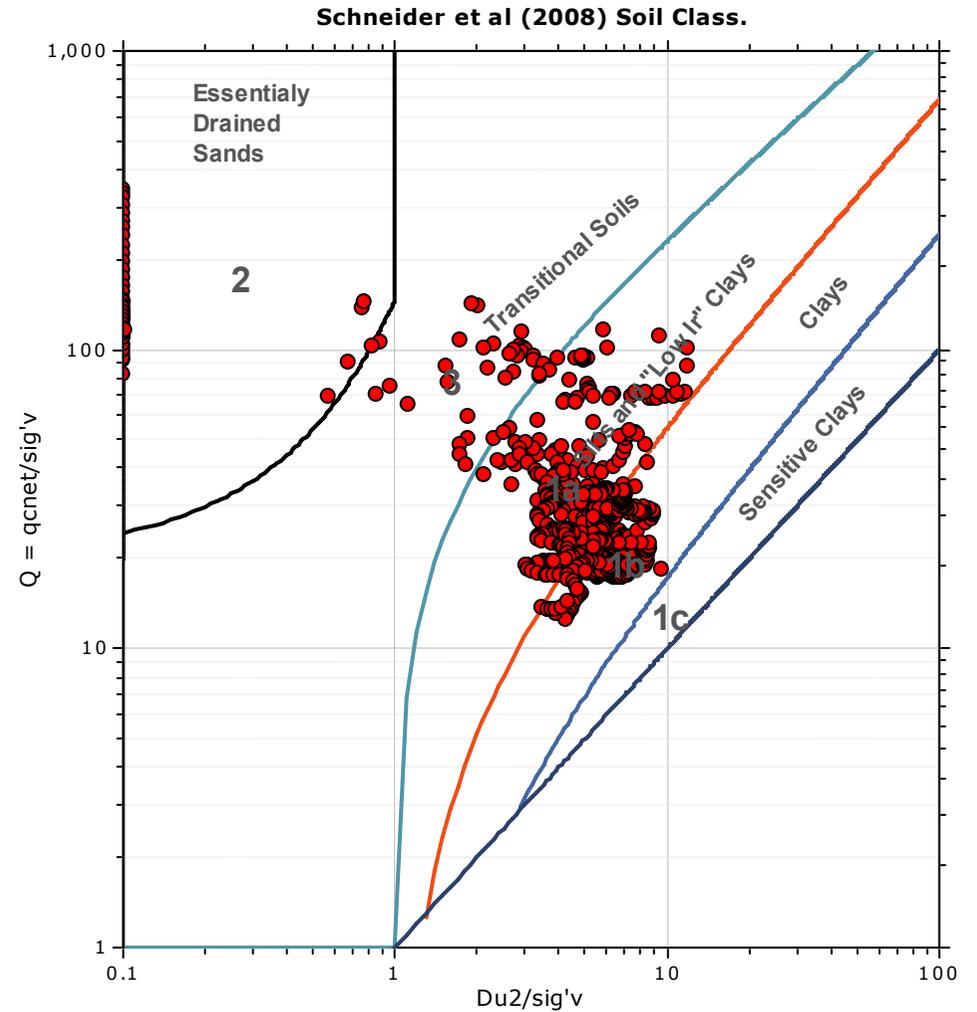
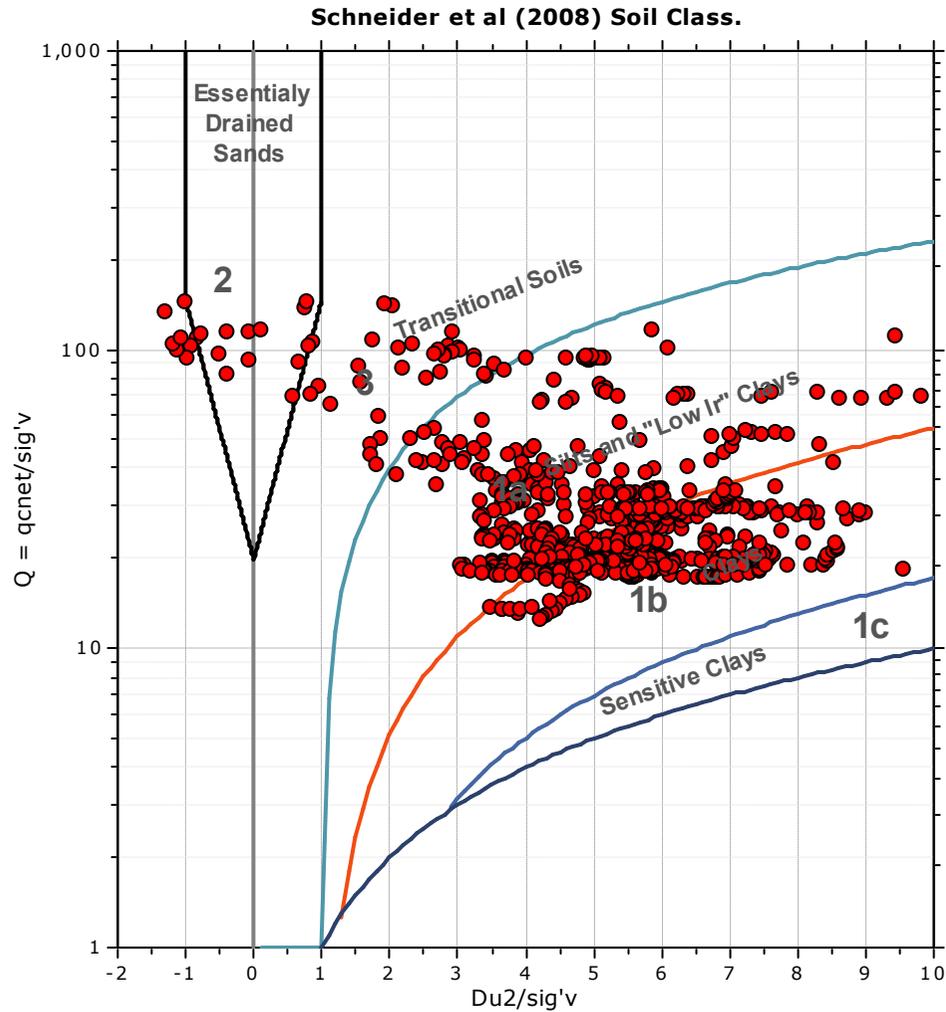
SBT - Bq plots (normalized)



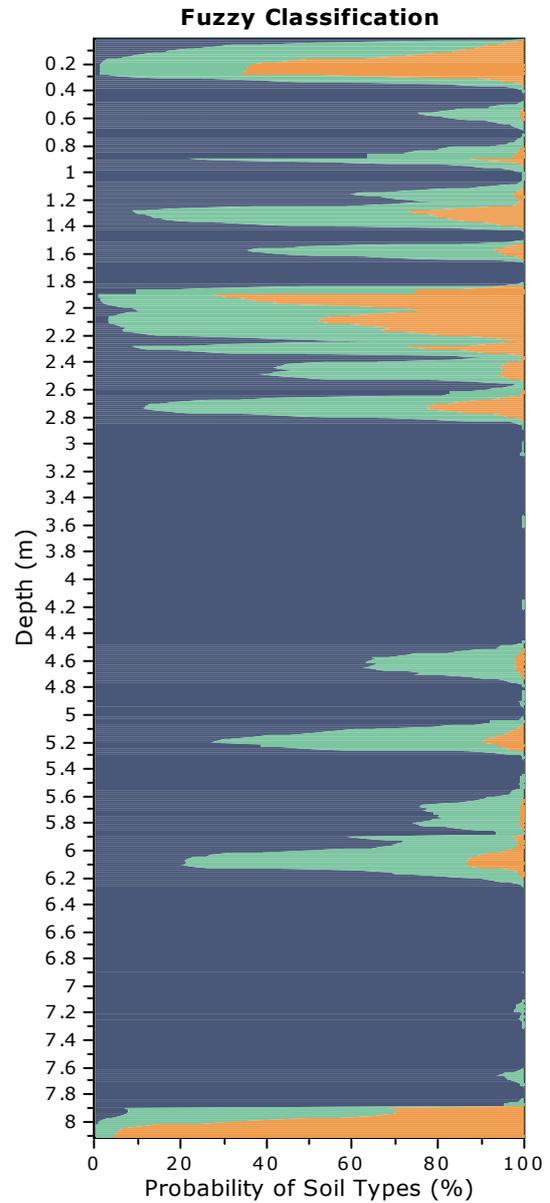
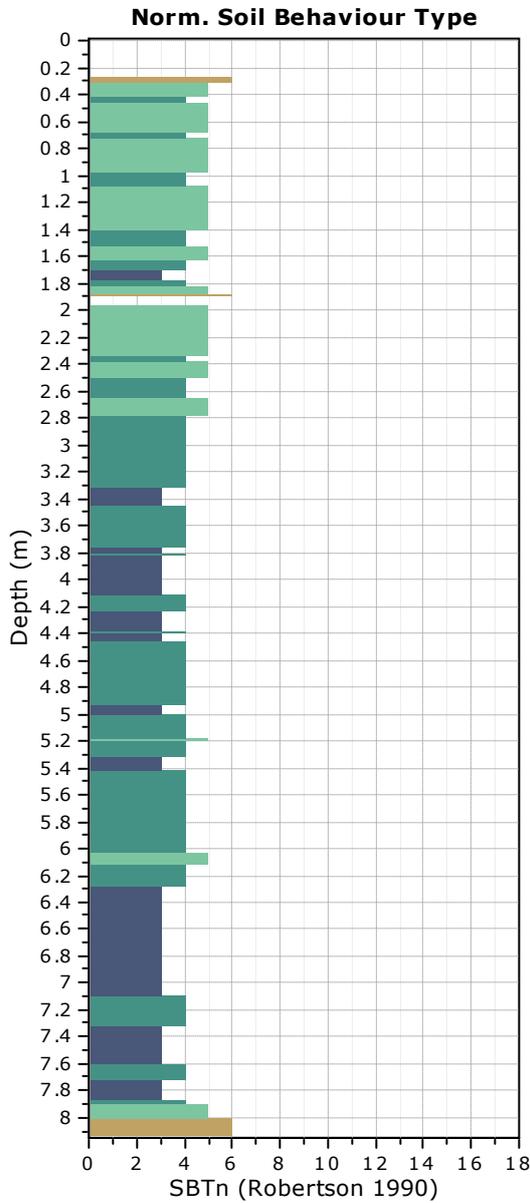
SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

Bq plots (Schneider)



Project: Sottostazione elettrica
Location: Castelnuovo Scrvia (AL)

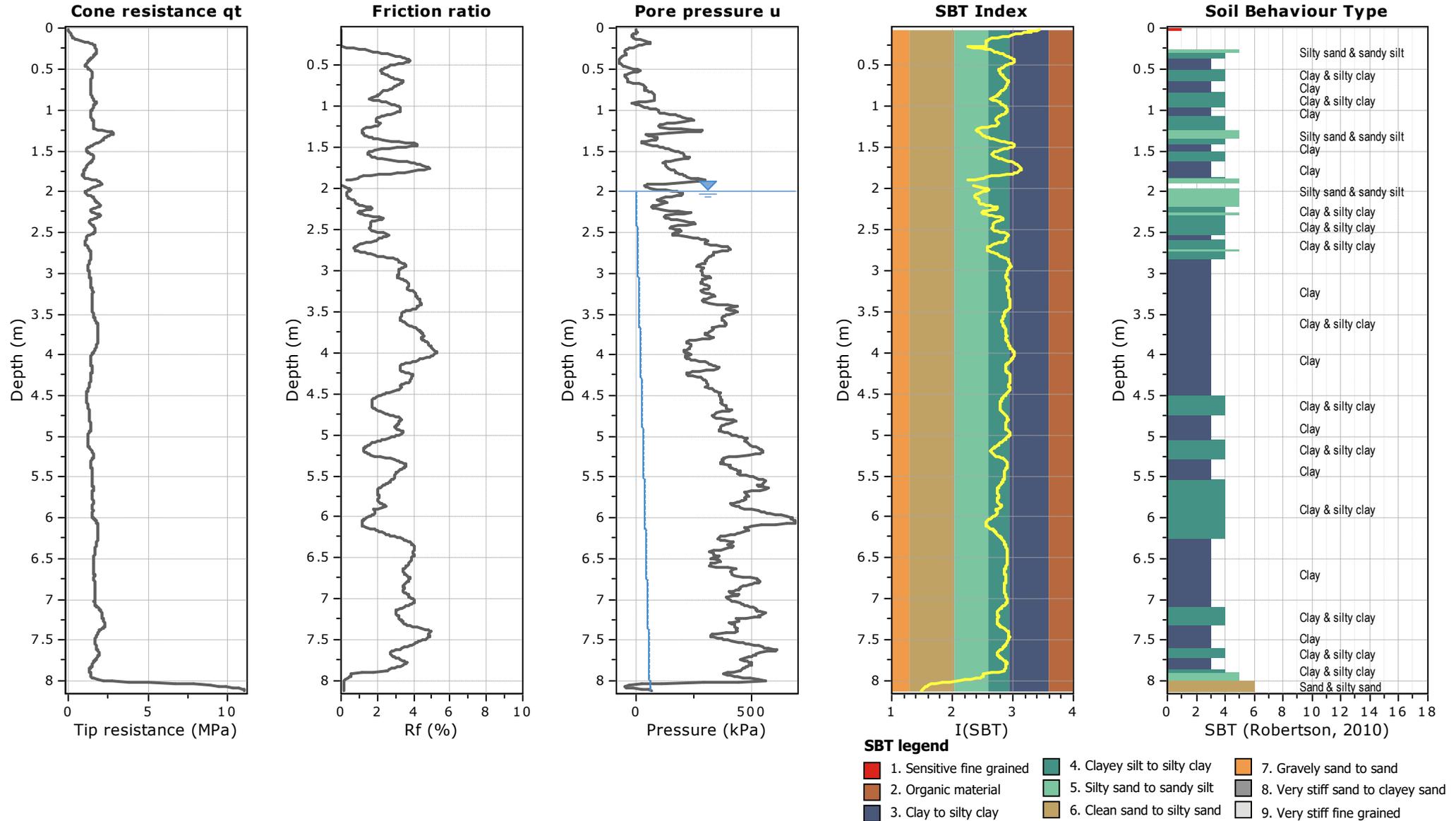


Fuzzy classification legend

- Highly probable clayey soil
- Highly probable mixture soil
- Highly probable sandy soil

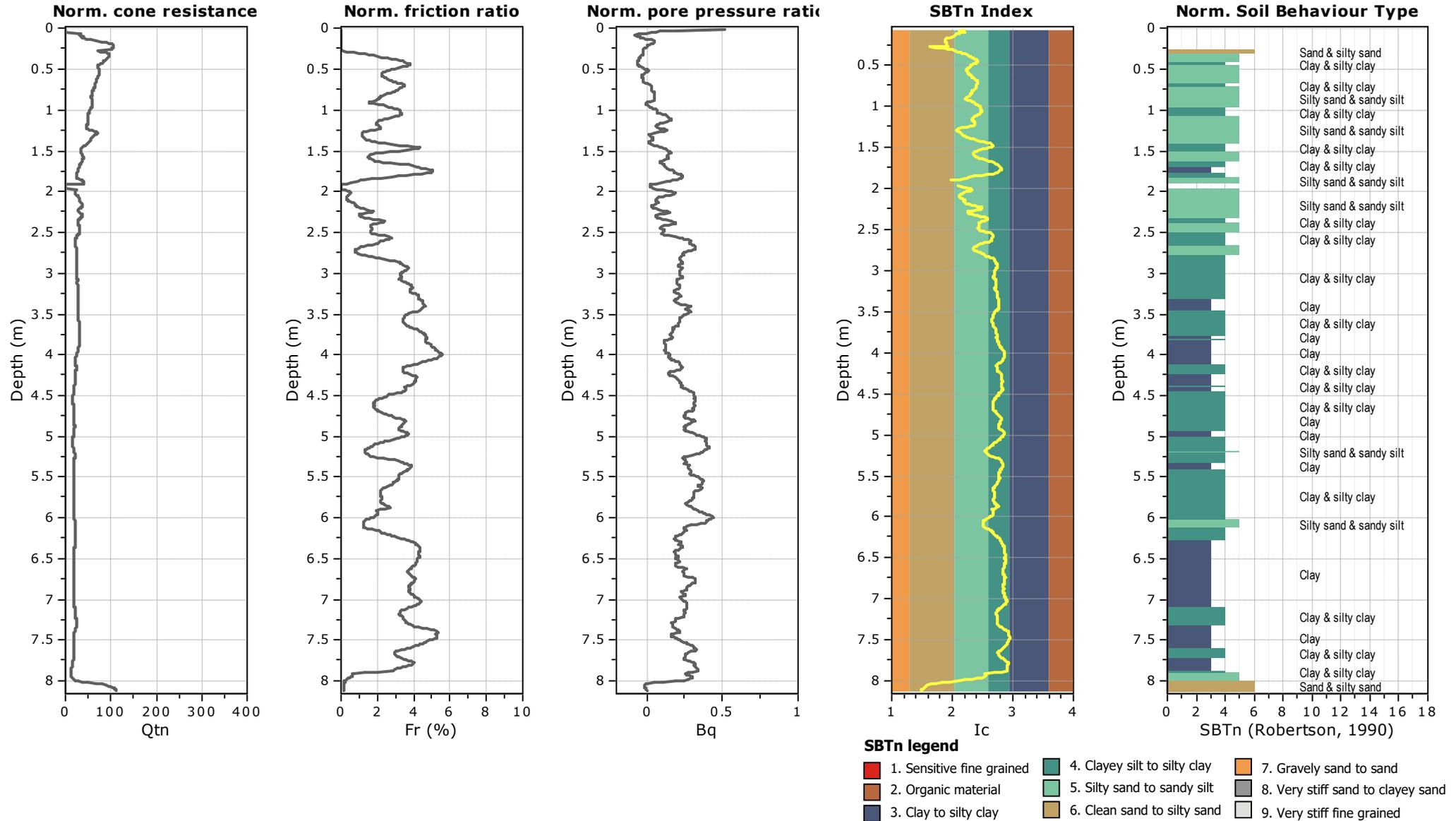
Project: Sottostazione elettrica

Location: Castelnovo Scrivia (AL)



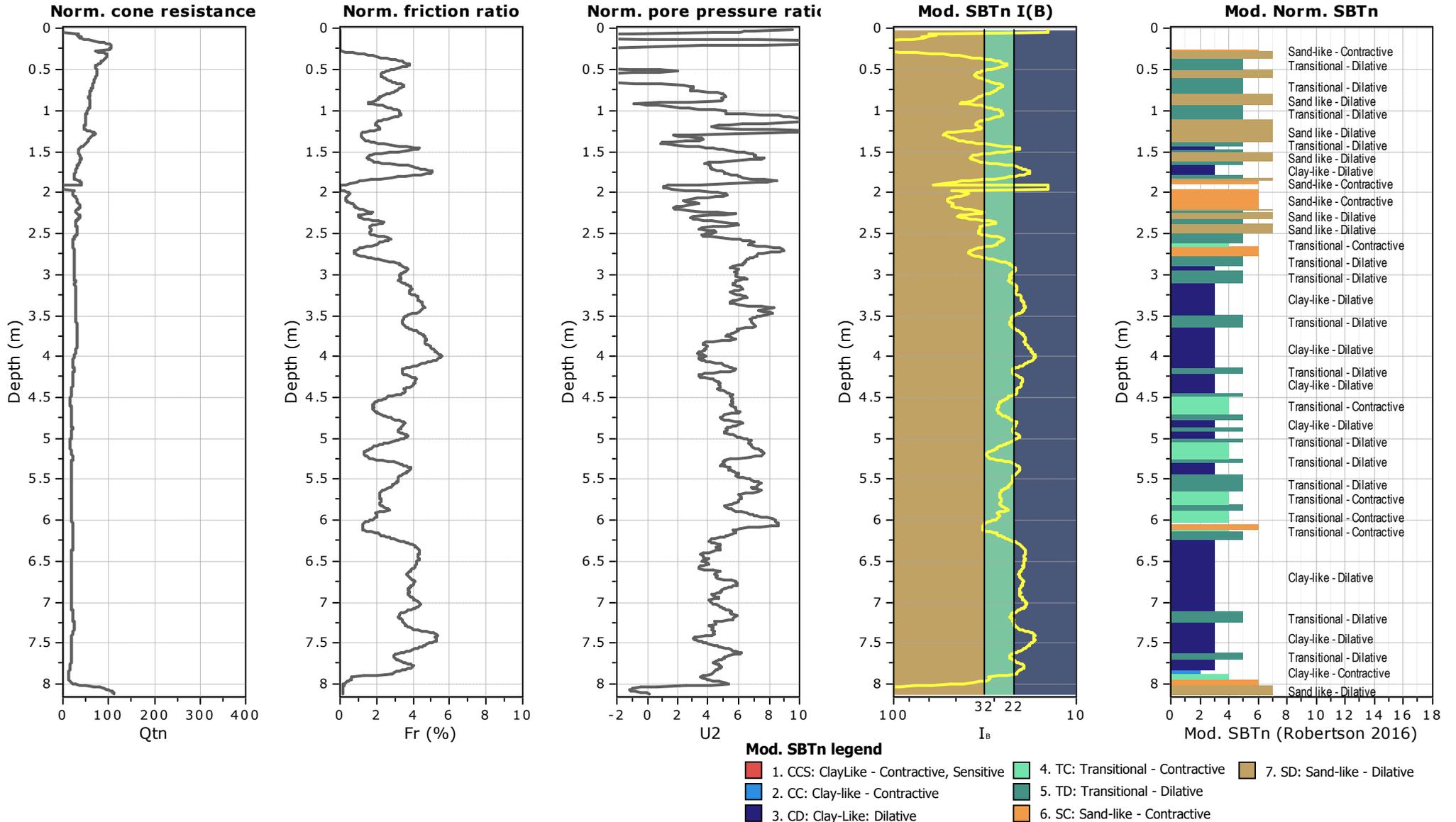
Project: Sottostazione elettrica

Location: Castelnovo Scrivia (AL)

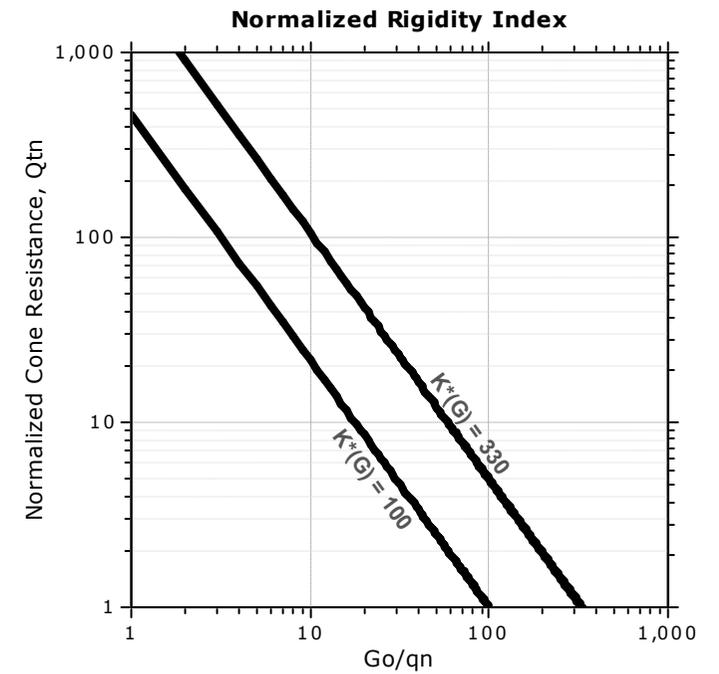
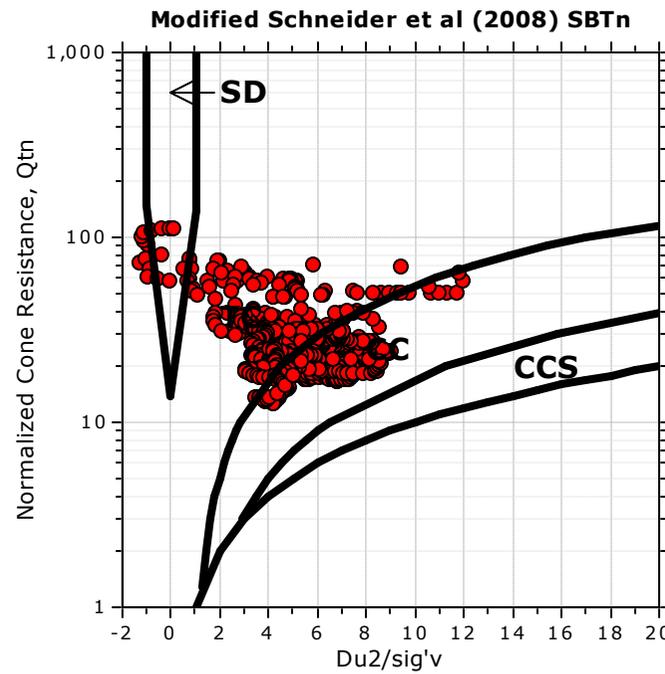
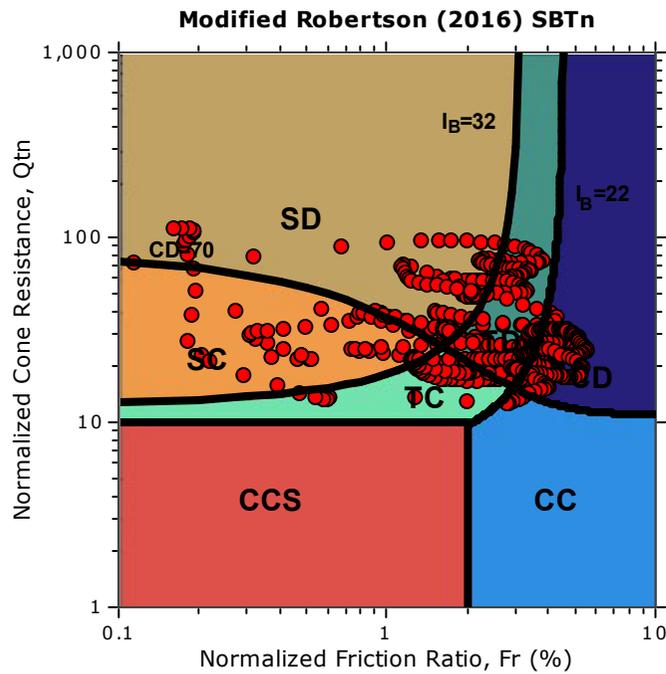


Project: Sottostazione elettrica

Location: Castelnovo Scrivia (AL)



Updated SBTn plots

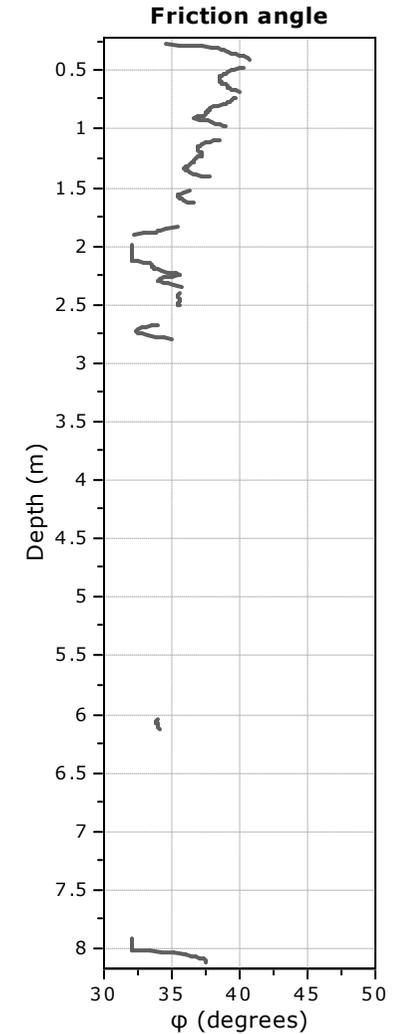
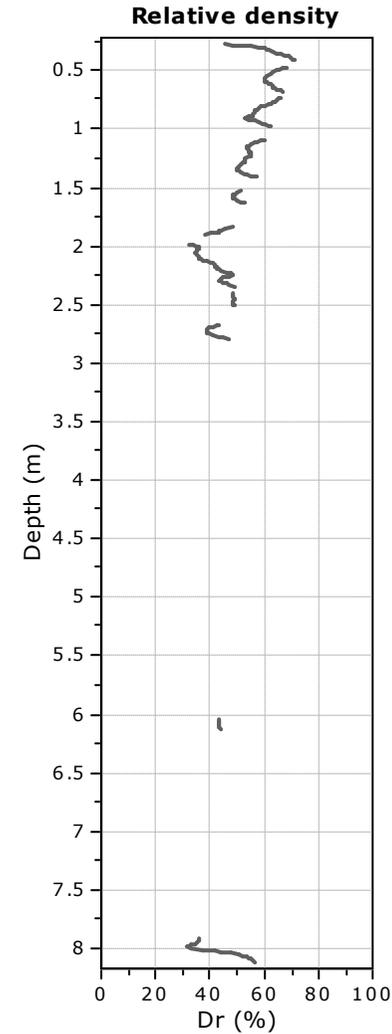
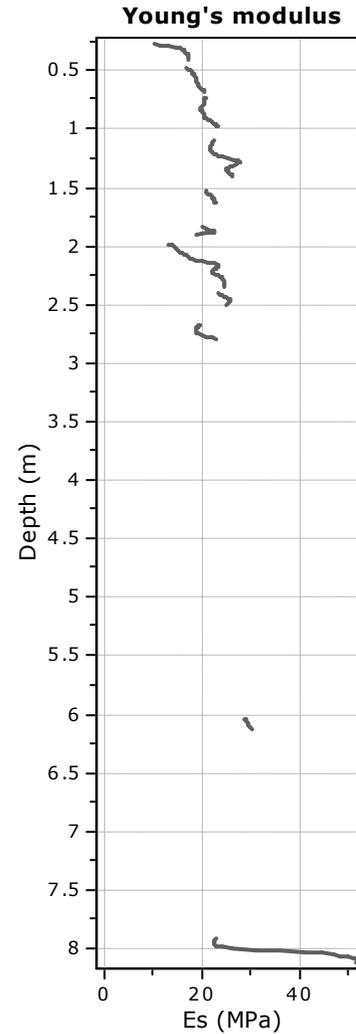
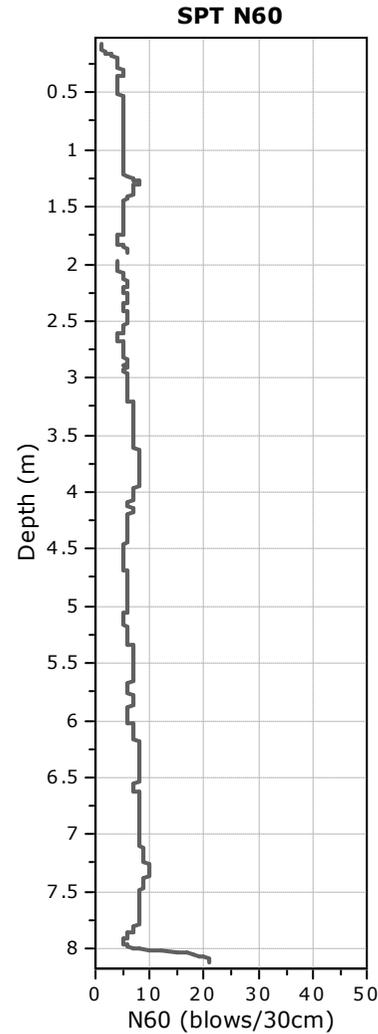
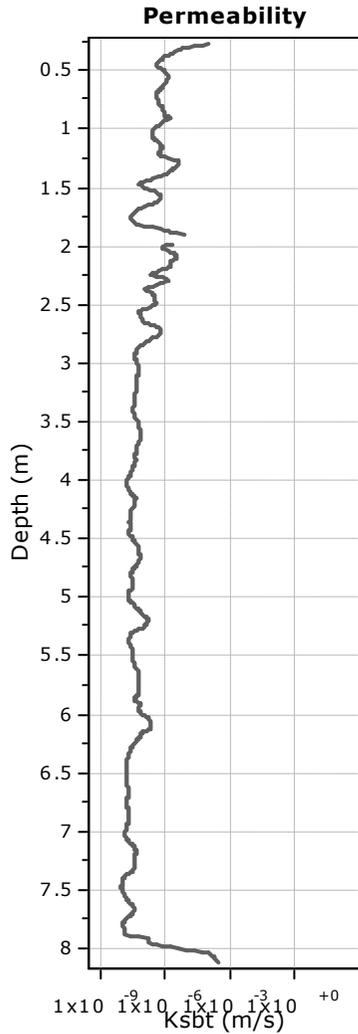


- CCS: Clay-like - Contractive - Sensitive
- CC: Clay-like - Contractive
- CD: Clay-like - Dilative
- TC: Transitional - Contractive
- TD: Transitional - Dilative
- SC: Sand-like - Contractive
- SD: Sand-like - Dilative

$K^*(G) > 330$: Soils with significant microstructure (e.g. age/cementation)

Project: Sottostazione elettrica

Location: Castelnovo Scrivia (AL)



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

SPT N_{60} : Based on I_c and q_t

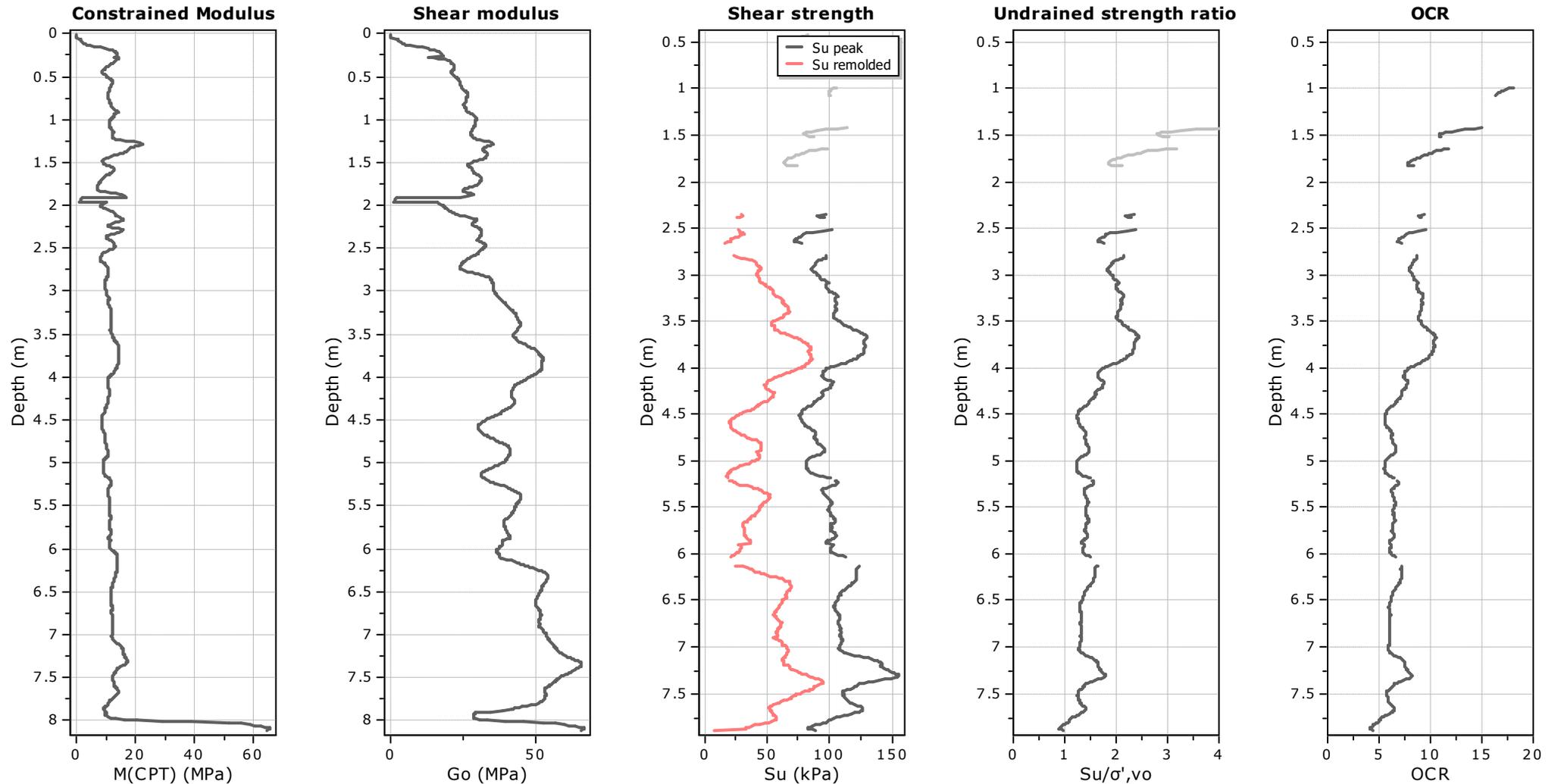
Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr} : 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

Project: Sottostazione elettrica

Location: Castelnovo Scrivia (AL)



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable *alpha* using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)

Go: Based on variable *alpha* using I_c (Robertson, 2009)

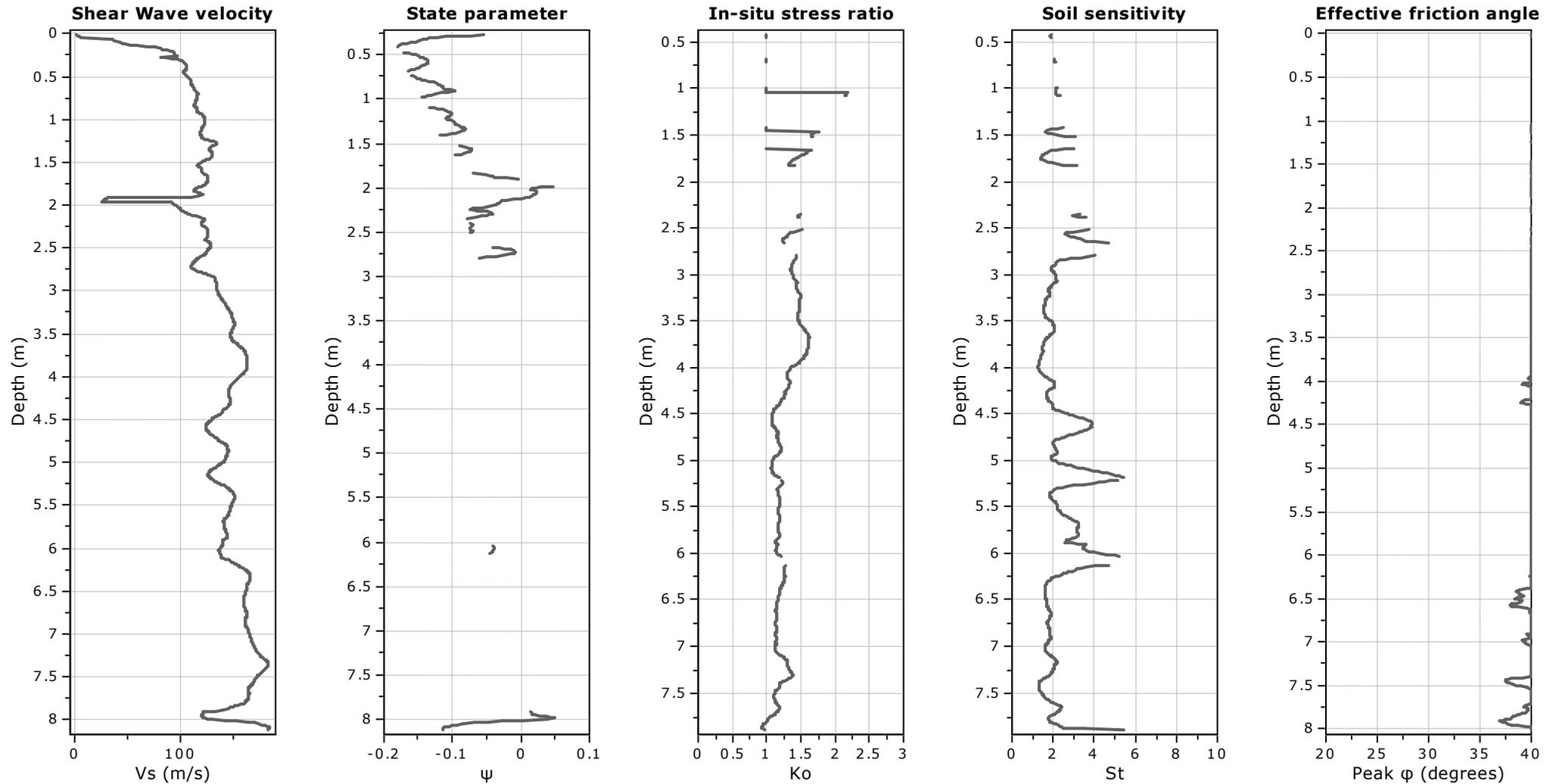
Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

● Flat Dilatometer Test data

Project: Sottostazione elettrica

Location: Castelnovo Scrivia (AL)

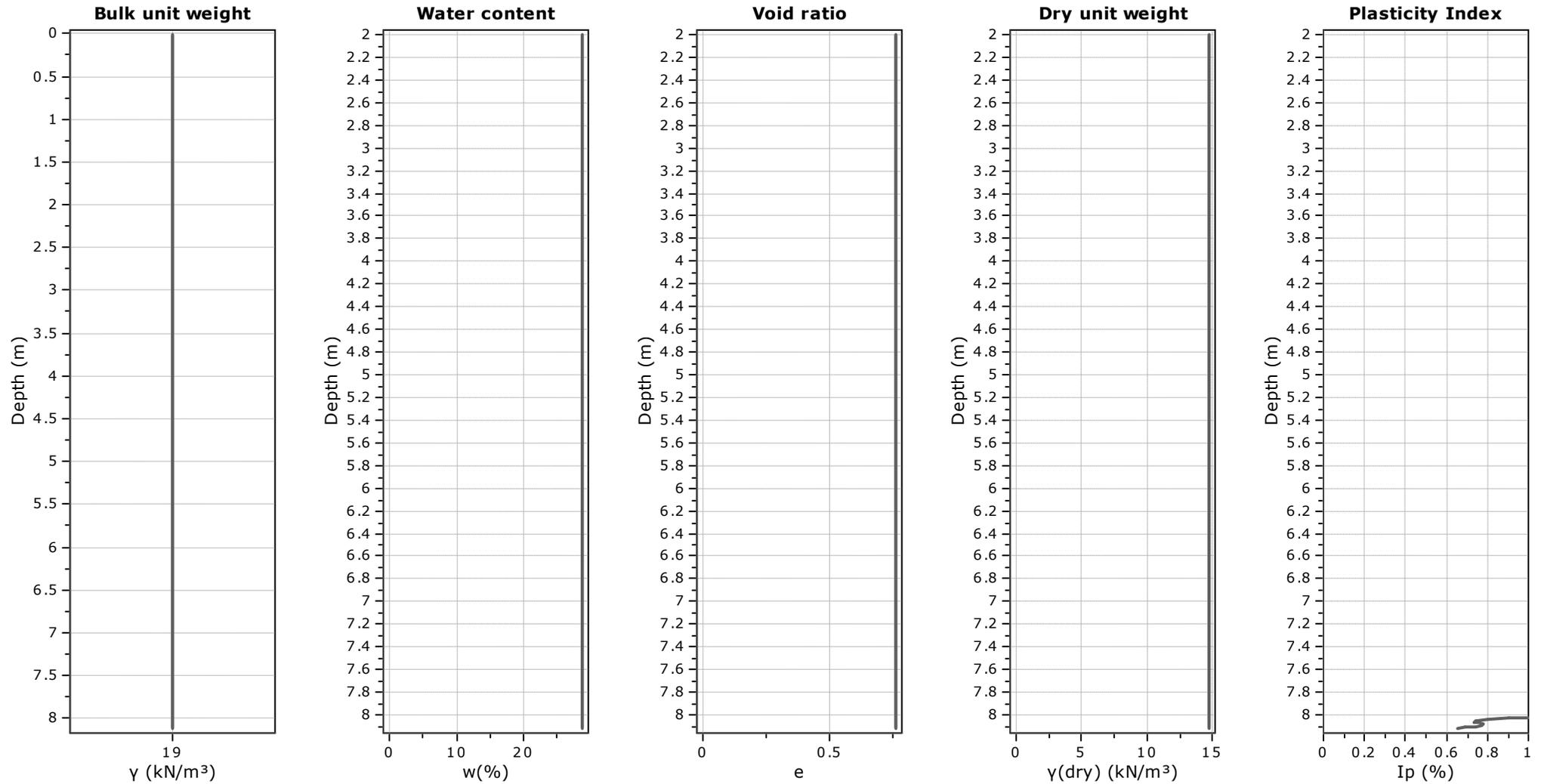


Calculation parameters

Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

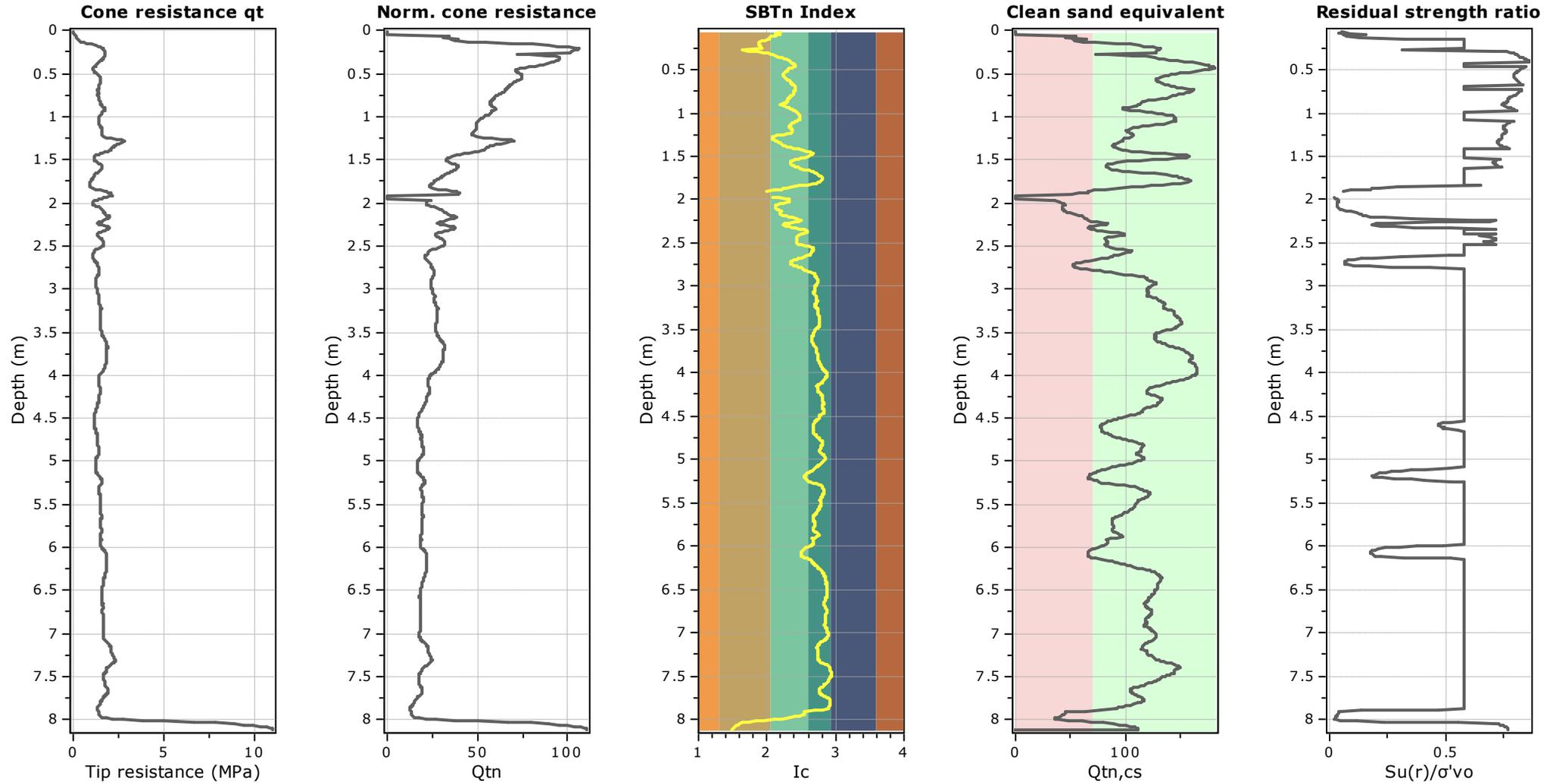
Project: Sottostazione elettrica

Location: Castelnovo Scrivia (AL)

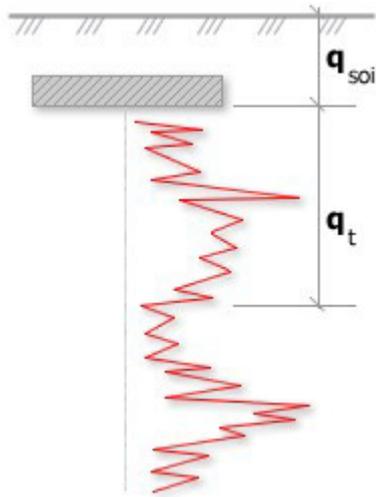


Project: Sottostazione elettrica

Location: Castelnovo Scrivia (AL)



Project: Sottostazione elettrica
Location: Castelnuovo Scrvia (AL)

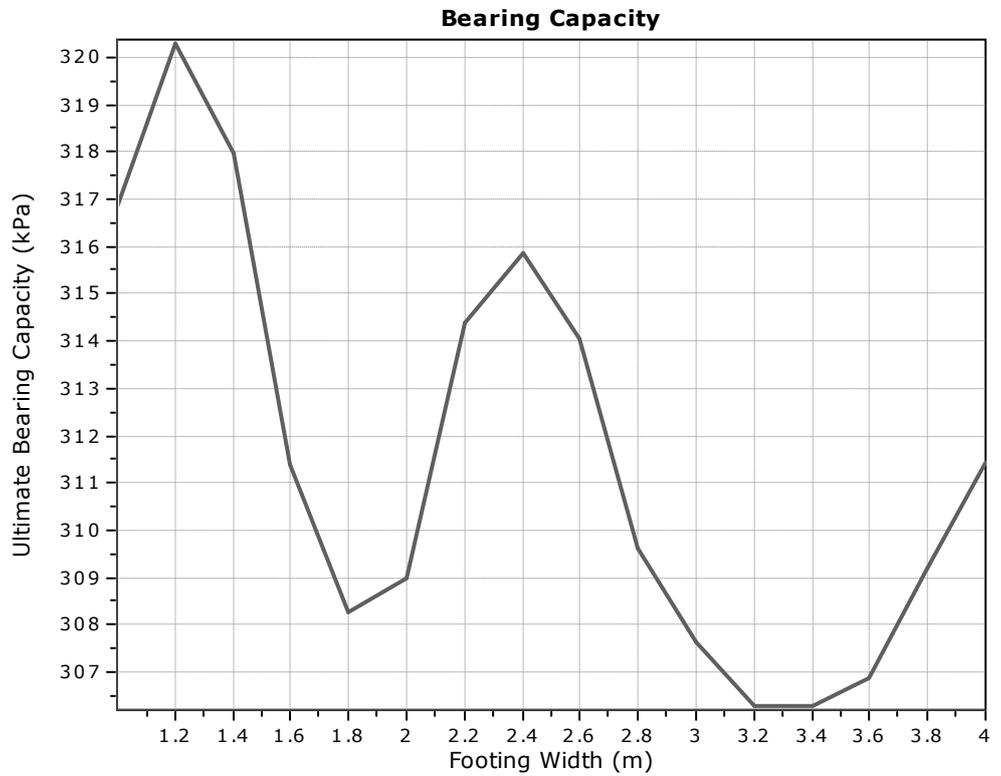


Bearing Capacity calculation is performed based on the formula:

$$Q_{ult} = R_k \times q_t + q_{soil}$$

where:

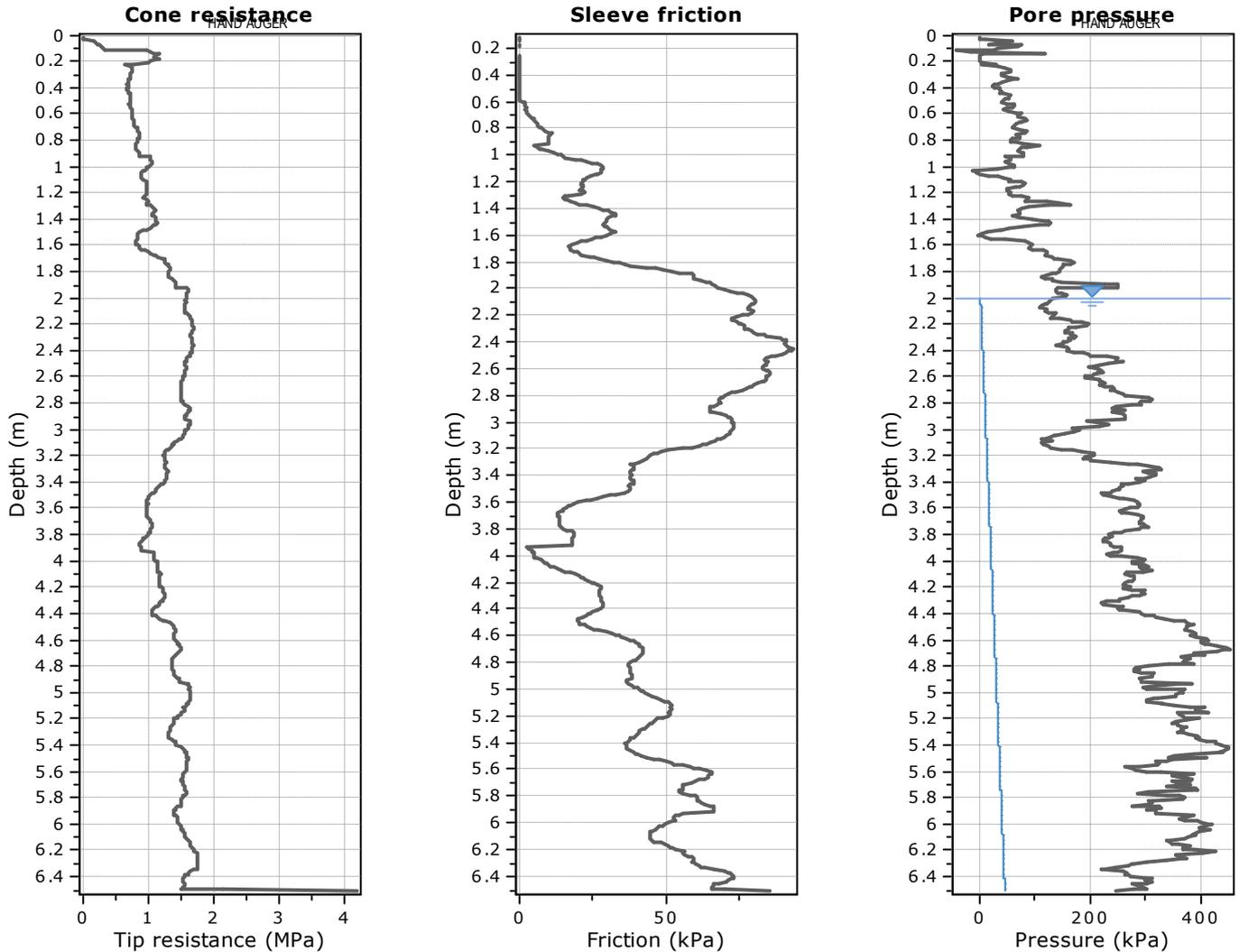
- R_k: Bearing capacity factor
- q_t: Average corrected cone resistance over calculation depth
- q_{soil}: Pressure applied by soil above footing



:: Tabular results ::

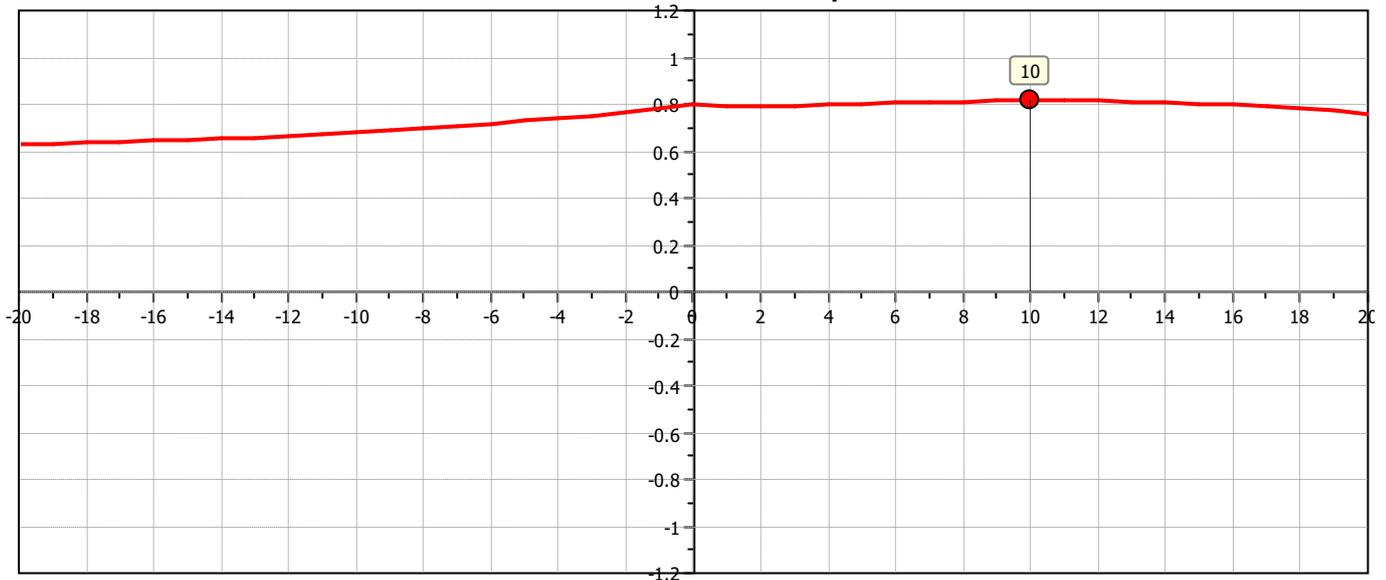
No	B (m)	Start Depth (m)	End Depth (m)	Ave. q _t (MPa)	R _k	Soil Press. (kPa)	Ult. bearing cap. (kPa)
1	1.00	0.50	2.00	1.54	0.20	9.50	316.85
2	1.20	0.50	2.30	1.55	0.20	9.50	320.30
3	1.40	0.50	2.60	1.54	0.20	9.50	317.97
4	1.60	0.50	2.90	1.51	0.20	9.50	311.40
5	1.80	0.50	3.20	1.49	0.20	9.50	308.28
6	2.00	0.50	3.50	1.50	0.20	9.50	309.01
7	2.20	0.50	3.80	1.52	0.20	9.50	314.40
8	2.40	0.50	4.10	1.53	0.20	9.50	315.88
9	2.60	0.50	4.40	1.52	0.20	9.50	314.07
10	2.80	0.50	4.70	1.50	0.20	9.50	309.61
11	3.00	0.50	5.00	1.49	0.20	9.50	307.63
12	3.20	0.50	5.30	1.48	0.20	9.50	306.28
13	3.40	0.50	5.60	1.48	0.20	9.50	306.30
14	3.60	0.50	5.90	1.49	0.20	9.50	306.89
15	3.80	0.50	6.20	1.50	0.20	9.50	309.20
16	4.00	0.50	6.50	1.51	0.20	9.50	311.43

Project: Sottostazione elettrica
Location: Castelnuovo Scrvia (AL)

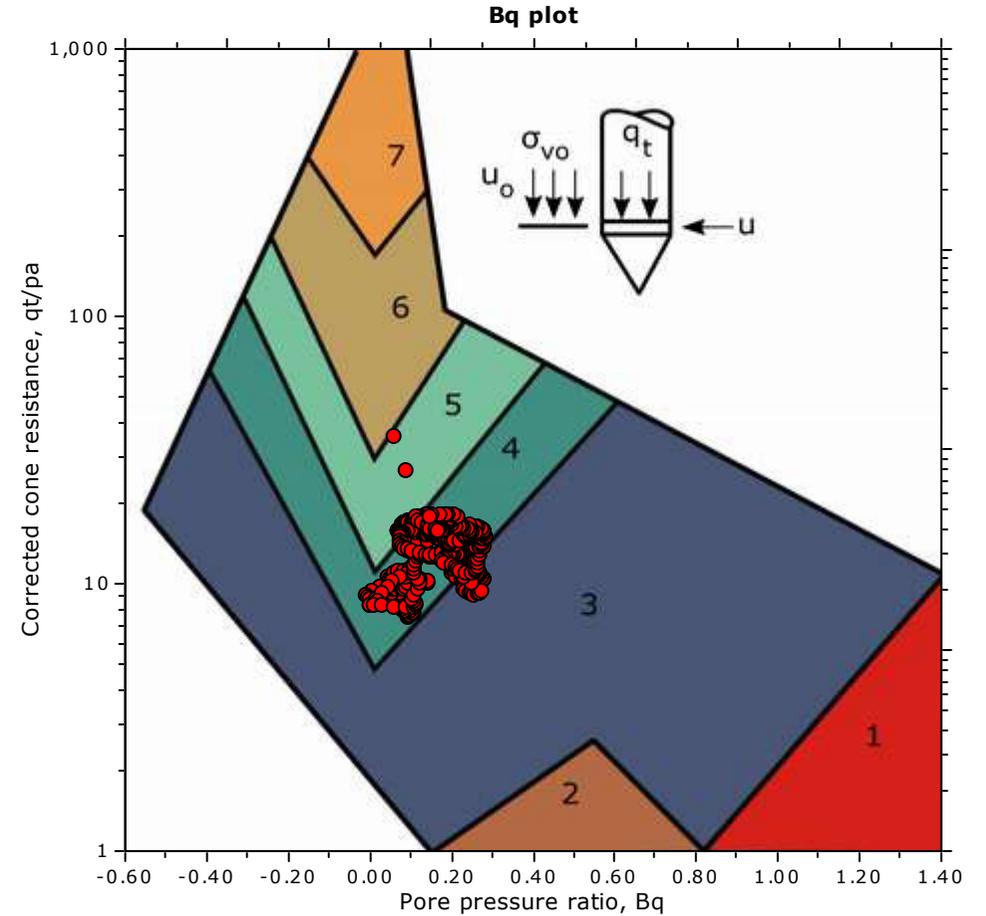
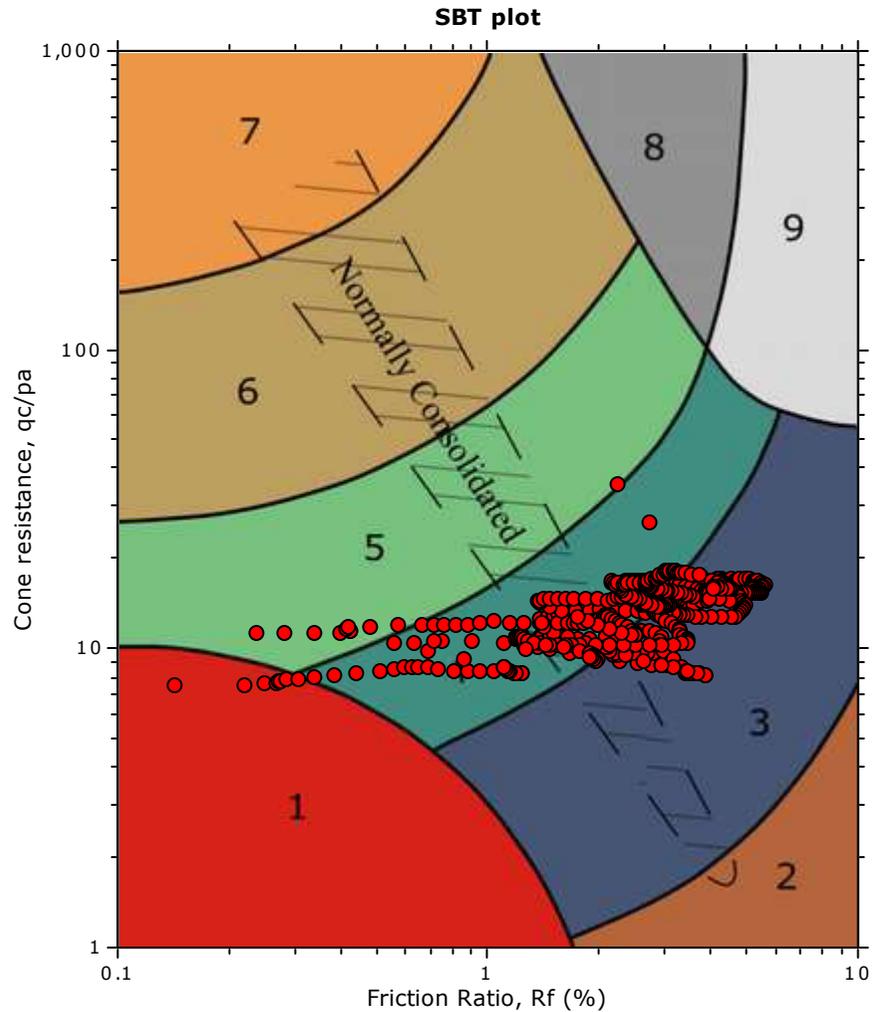


The plot below presents the cross correlation coefficient between the raw q_c and f_s values (as measured on the field). X axes presents the lag distance (one lag is the distance between two successive CPT measurements).

Cross correlation between q_c & f_s



SBT - Bq plots

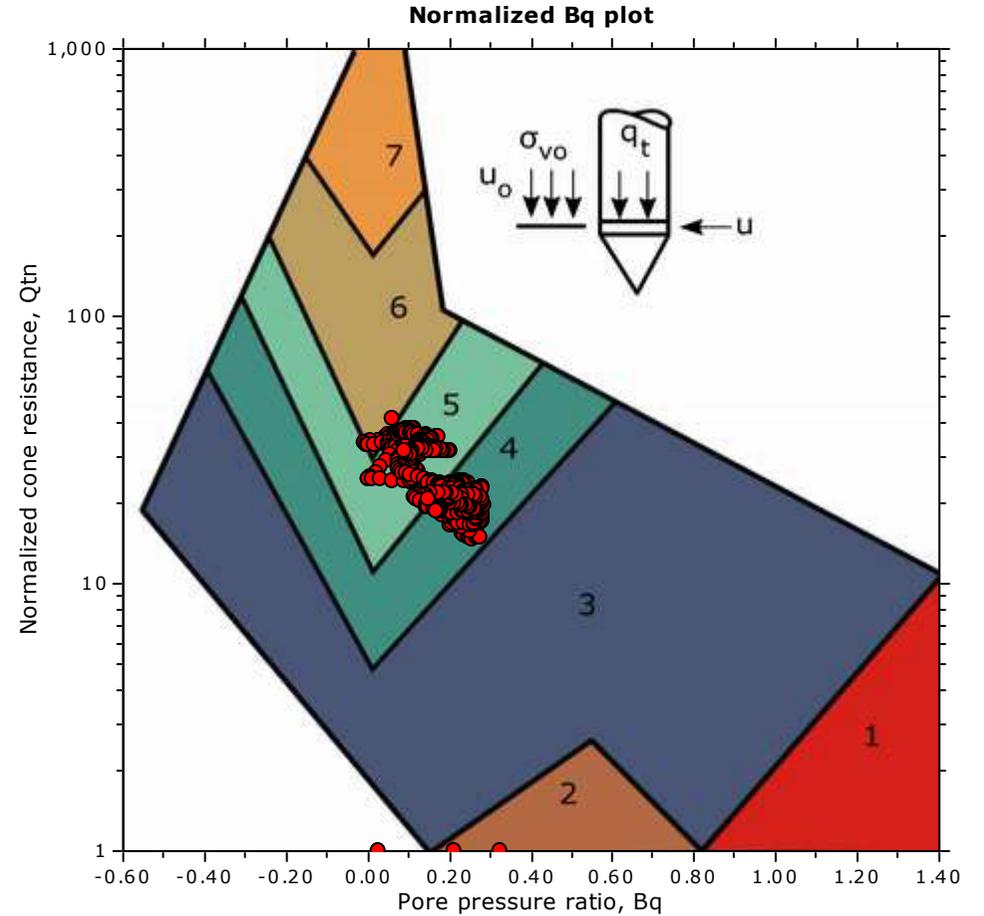
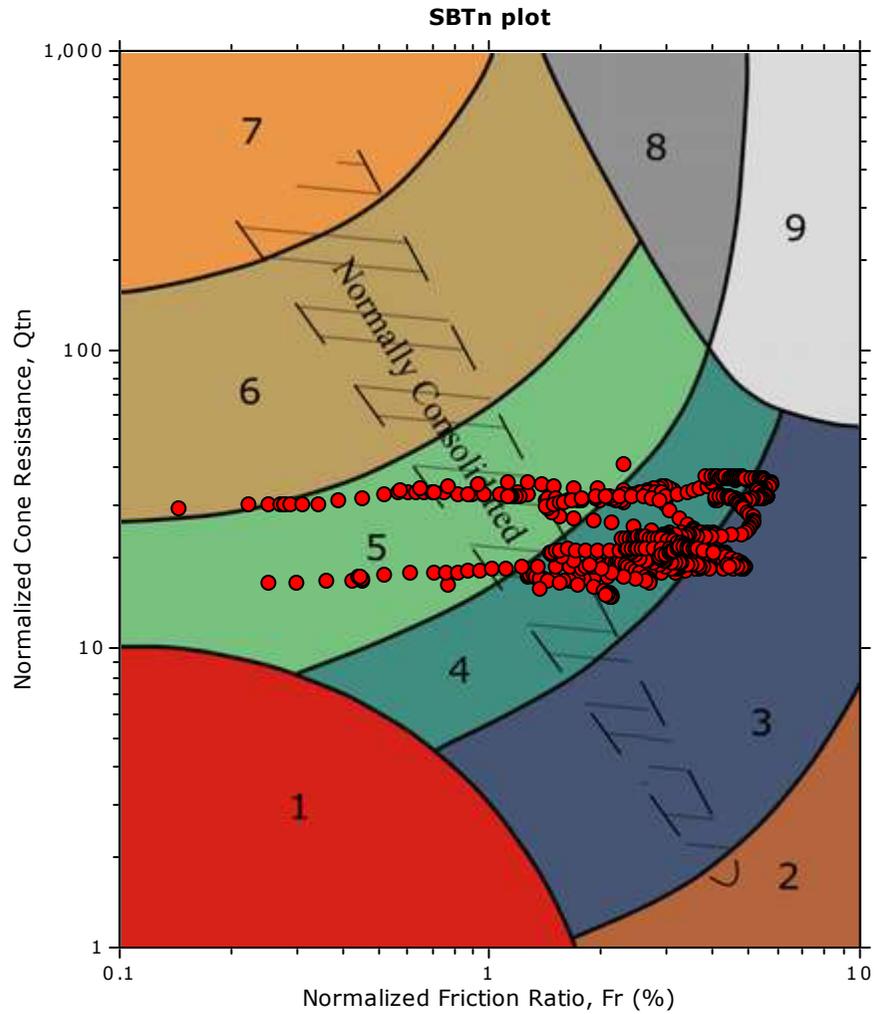


SBT legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

Project: Sottostazione elettrica
 Location: Castelnuovo Scrivia (AL)

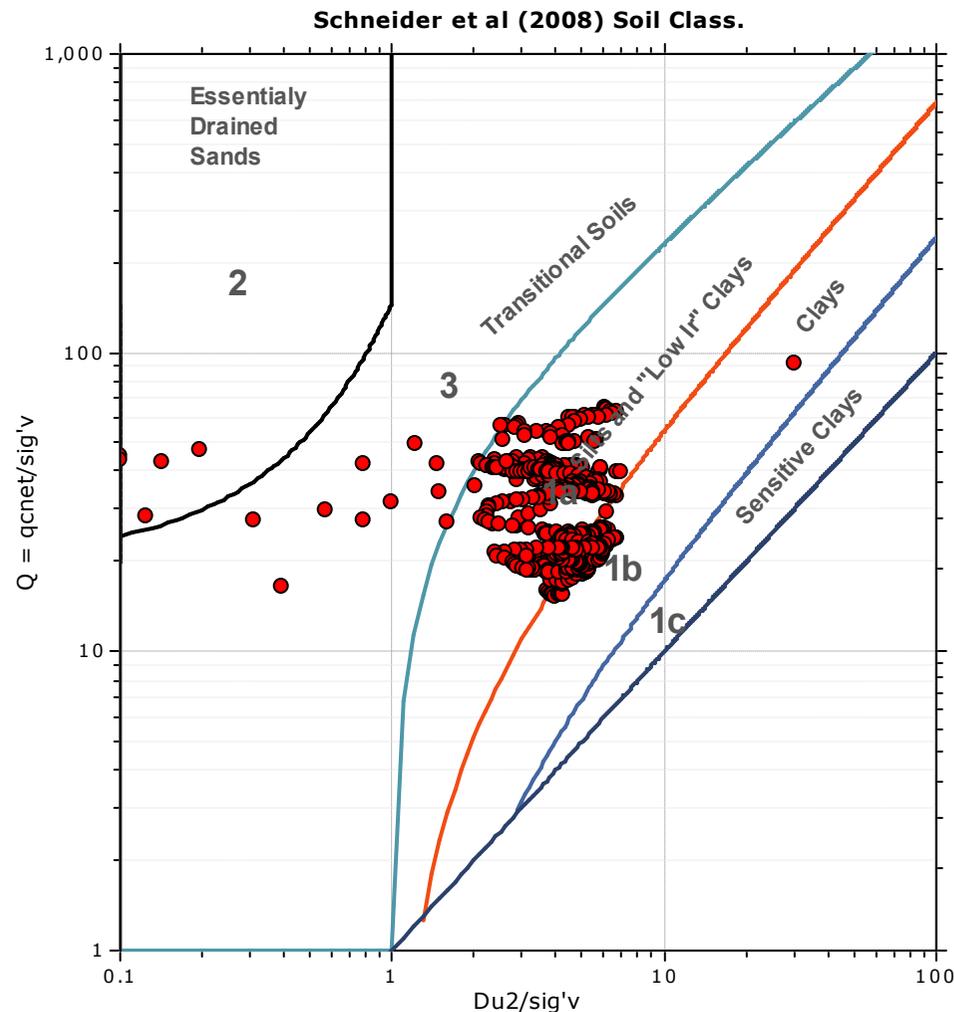
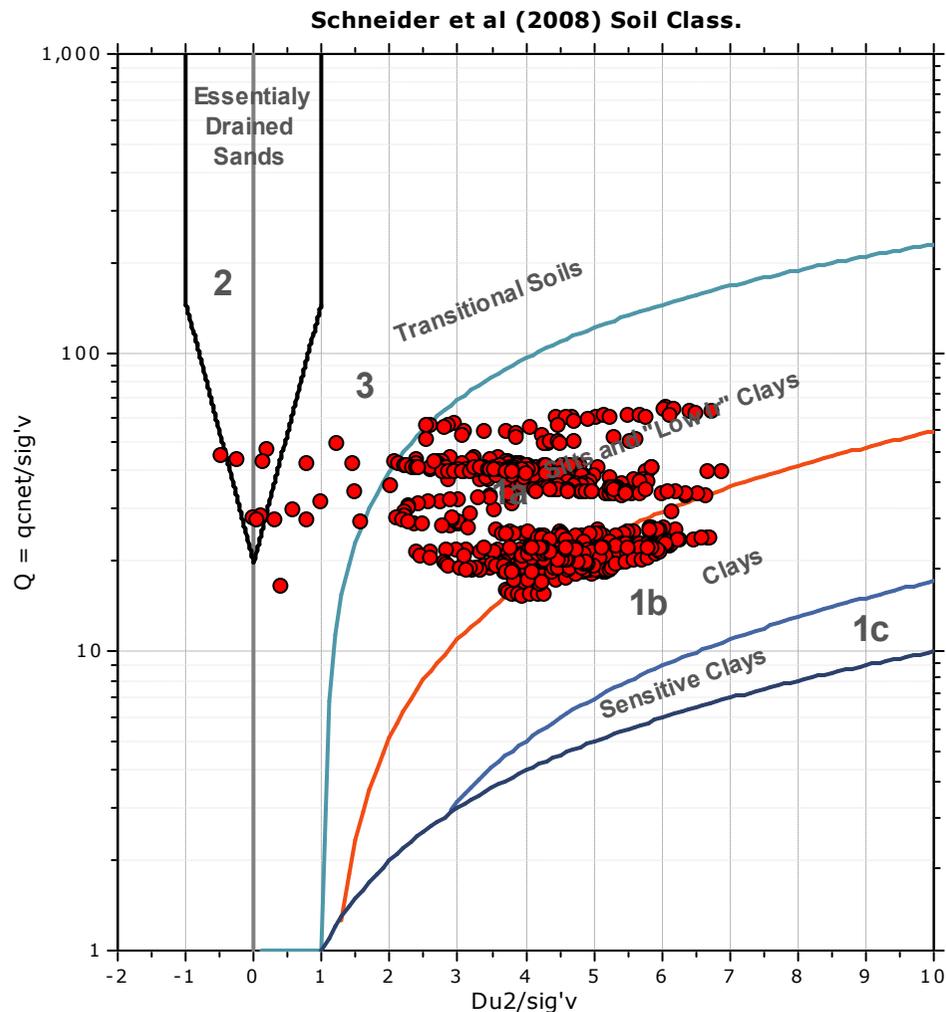
SBT - Bq plots (normalized)

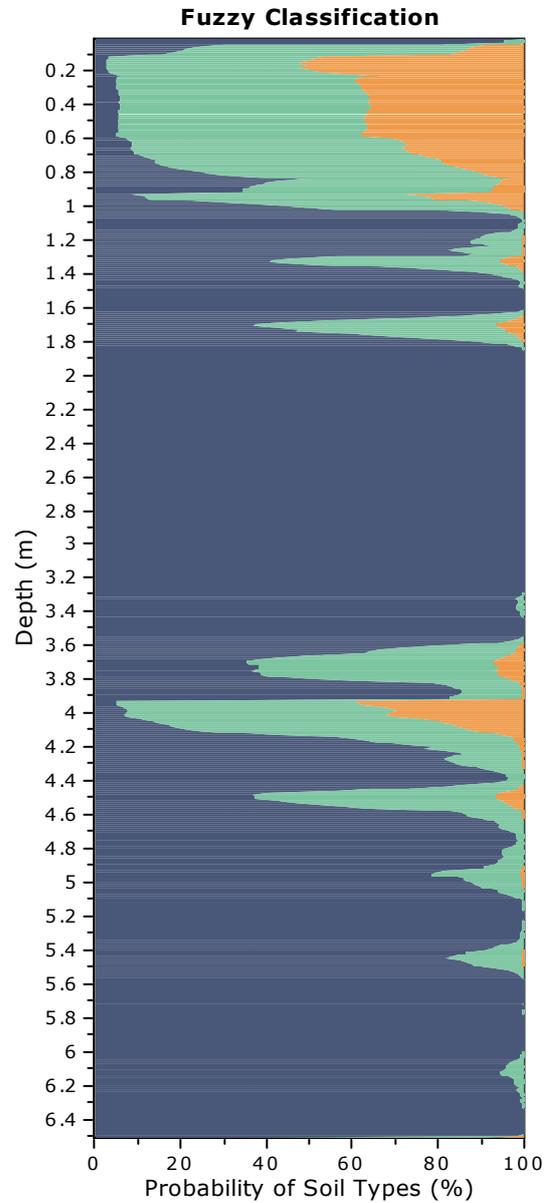
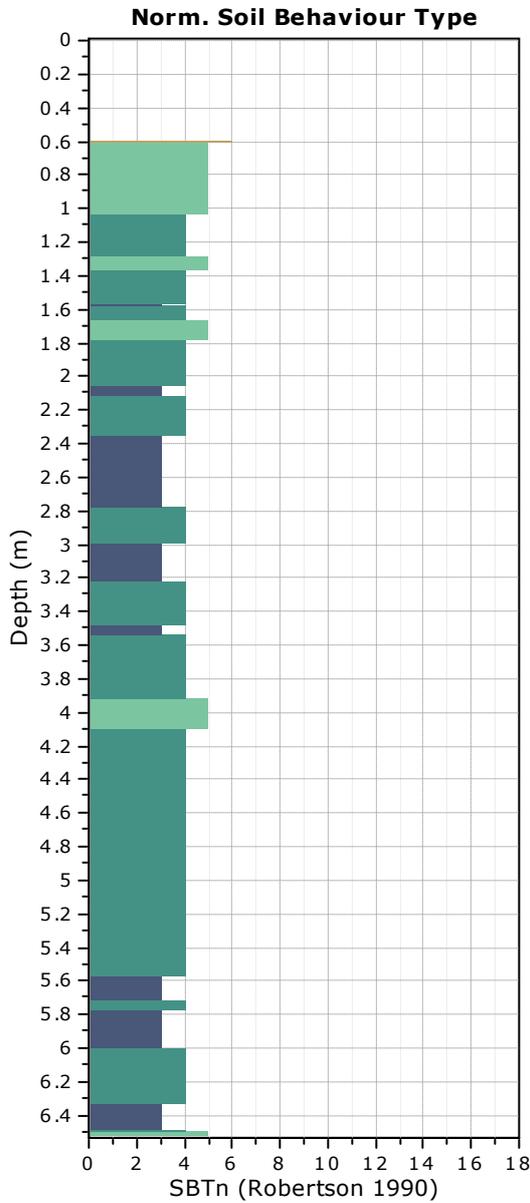


SBTn legend

- | | | |
|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Sensitive fine grained | 4. Clayey silt to silty clay | 7. Gravelly sand to sand |
| 2. Organic material | 5. Silty sand to sandy silt | 8. Very stiff sand to clayey sand |
| 3. Clay to silty clay | 6. Clean sand to silty sand | 9. Very stiff fine grained |

Bq plots (Schneider)

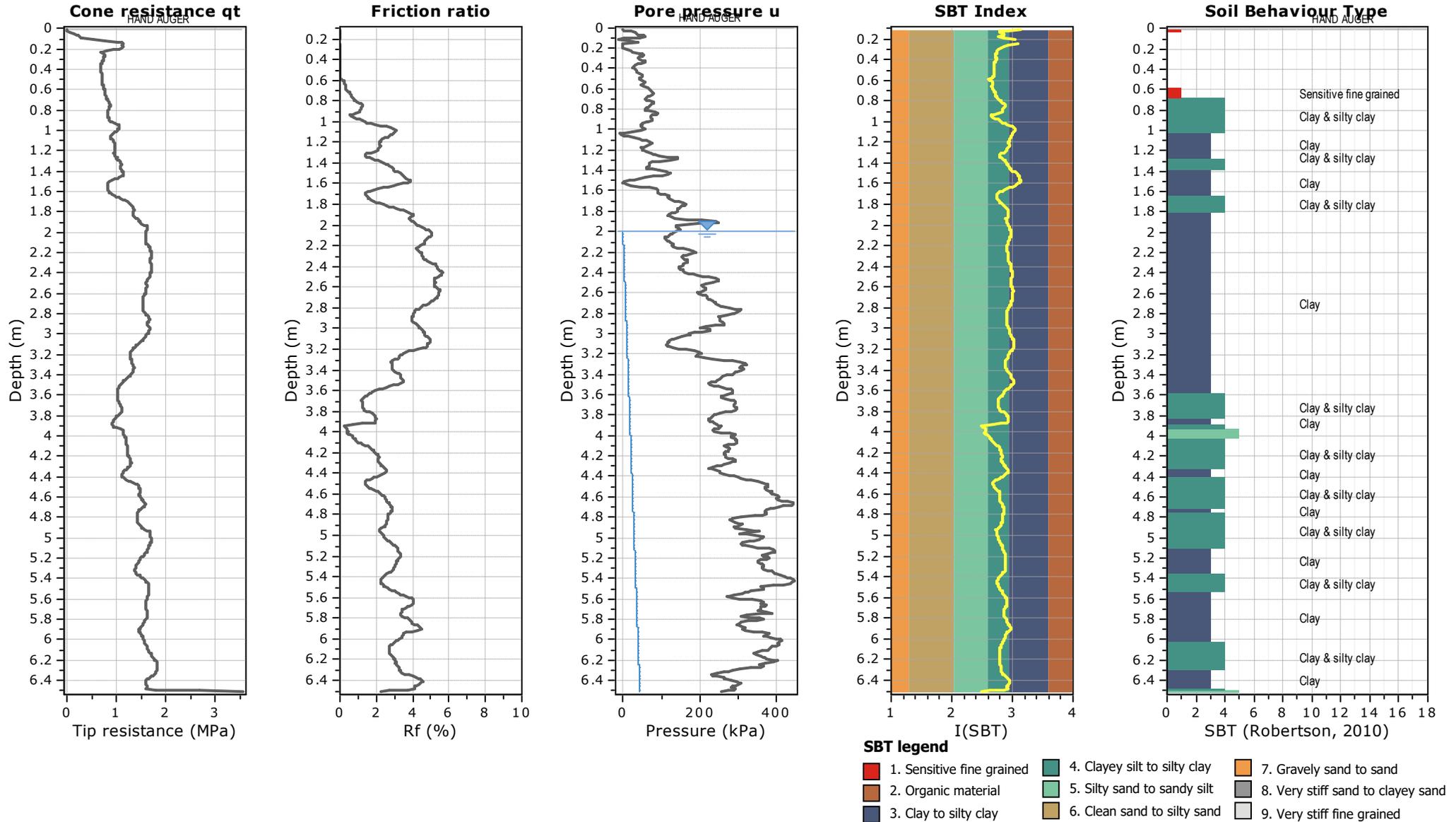




Fuzzy classification legend

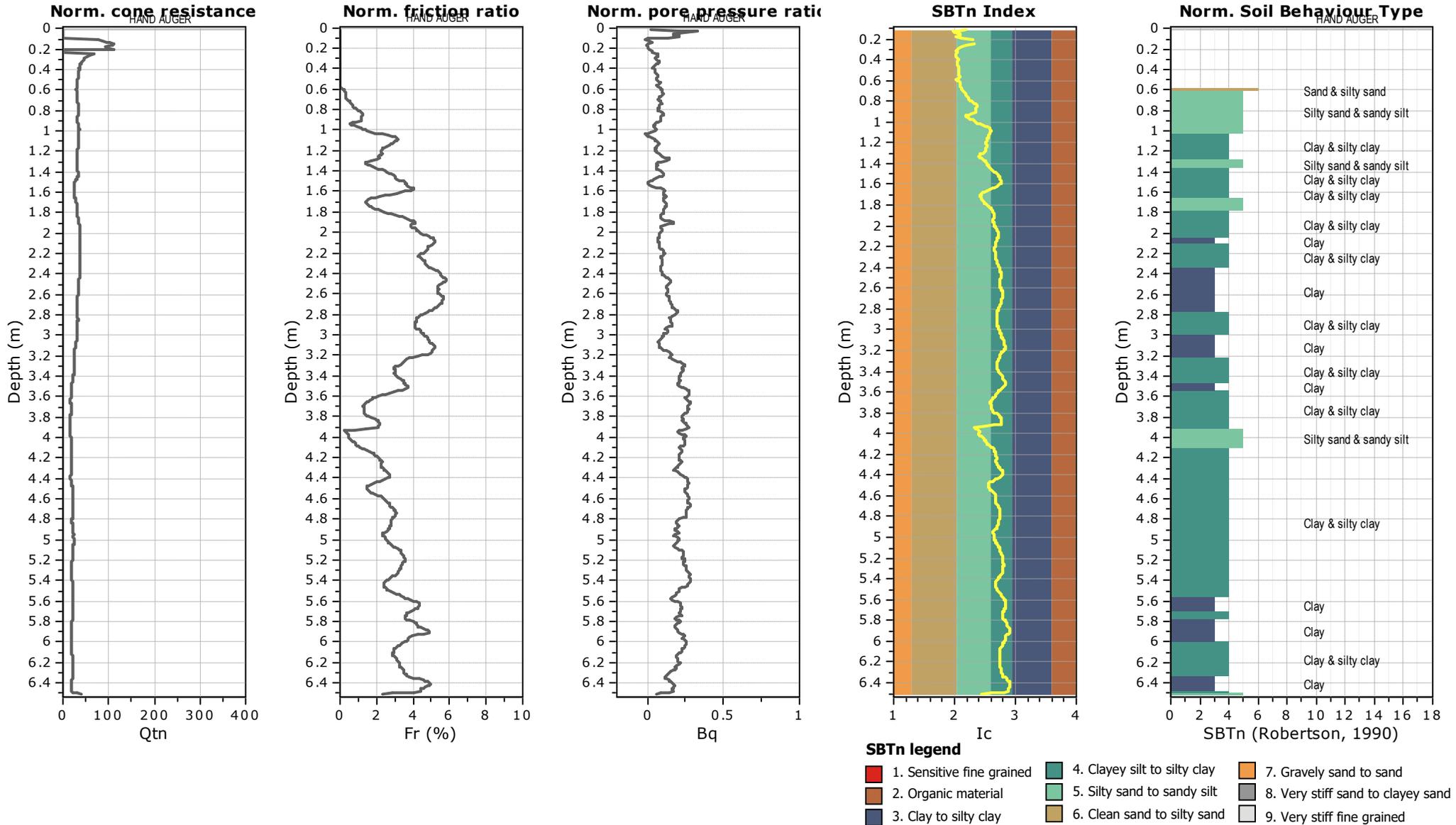
- Highly probable clayey soil
- Highly probable mixture soil
- Highly probable sandy soil

Project: Sottostazione elettrica
 Location: Castelnovo Scrivia (AL)



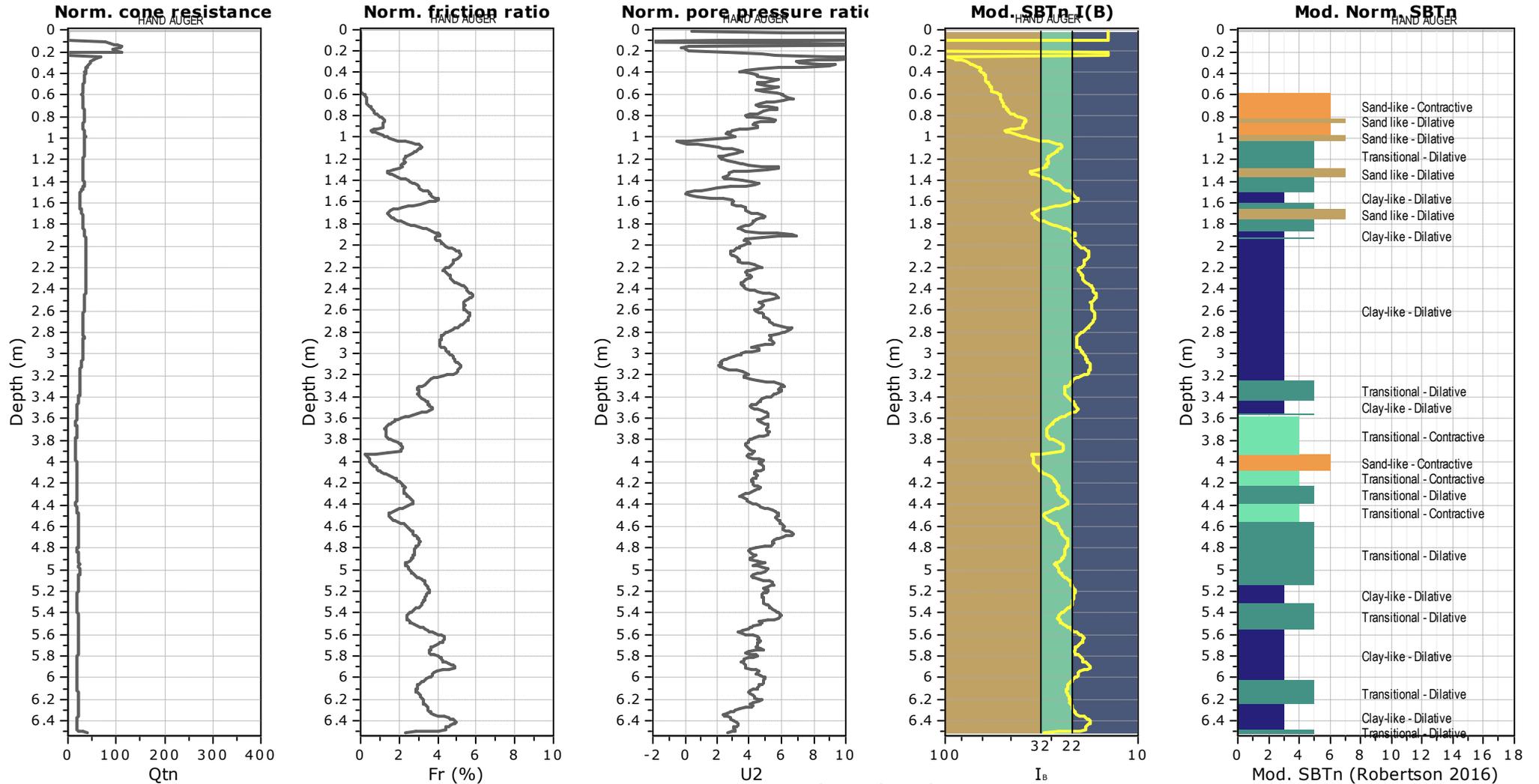
Project: Sottostazione elettrica

Location: Castelnovo Scrivia (AL)



Project: Sottostazione elettrica

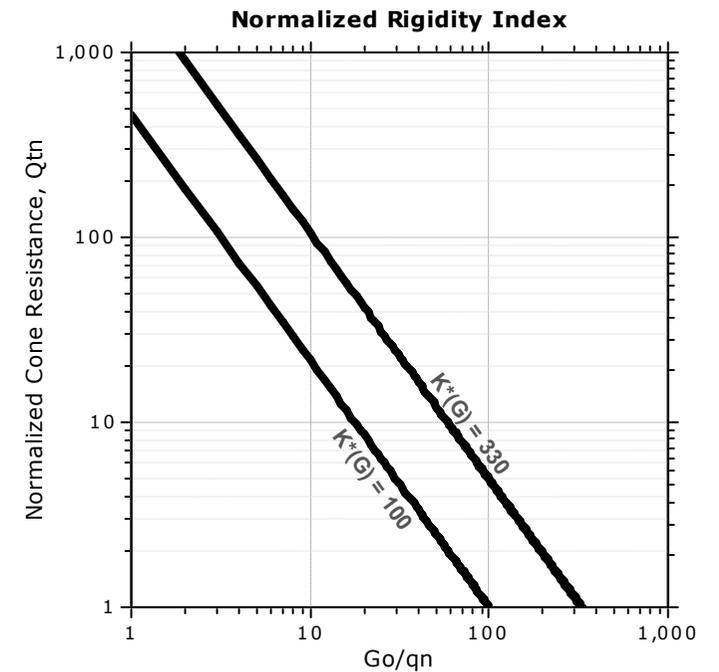
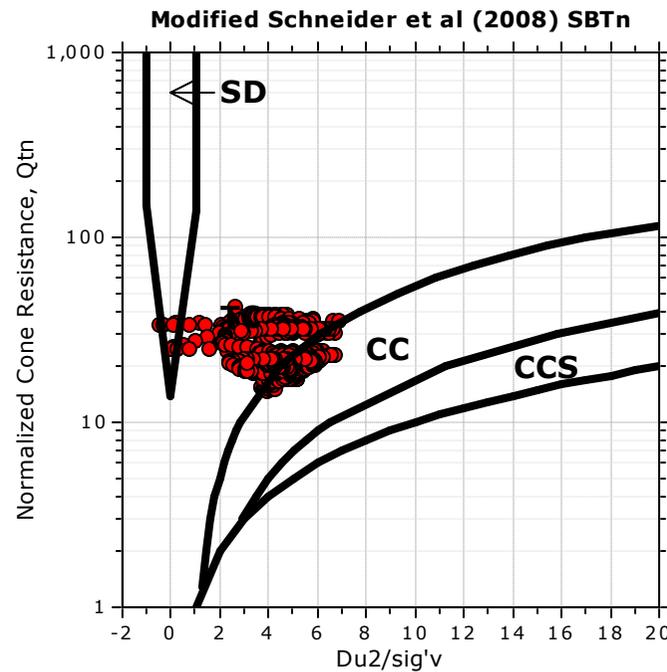
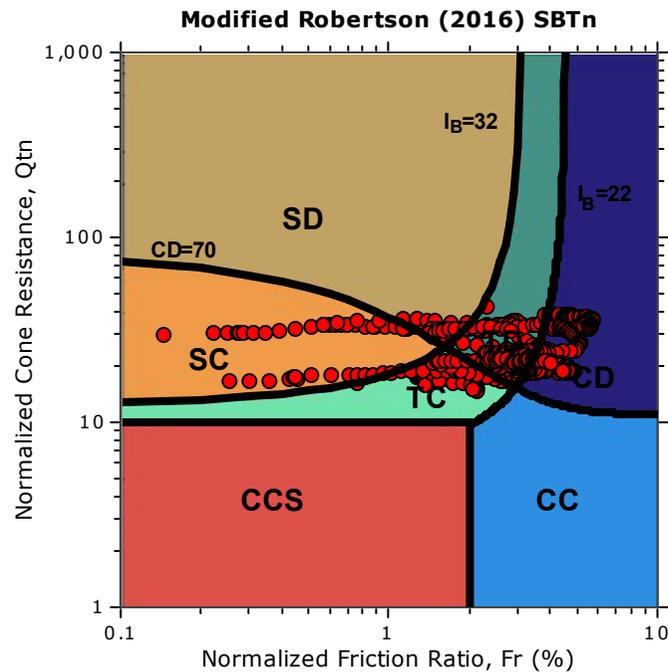
Location: Castelnovo Scrivia (AL)



Mod. SBTn legend

- 1. CCS: ClayLike - Contractive, Sensitive
- 2. CC: Clay-like - Contractive
- 3. CD: Clay-Like: Dilative
- 4. TC: Transitional - Contractive
- 5. TD: Transitional - Dilative
- 6. SC: Sand-like - Contractive
- 7. SD: Sand-like - Dilative

Updated SBTn plots

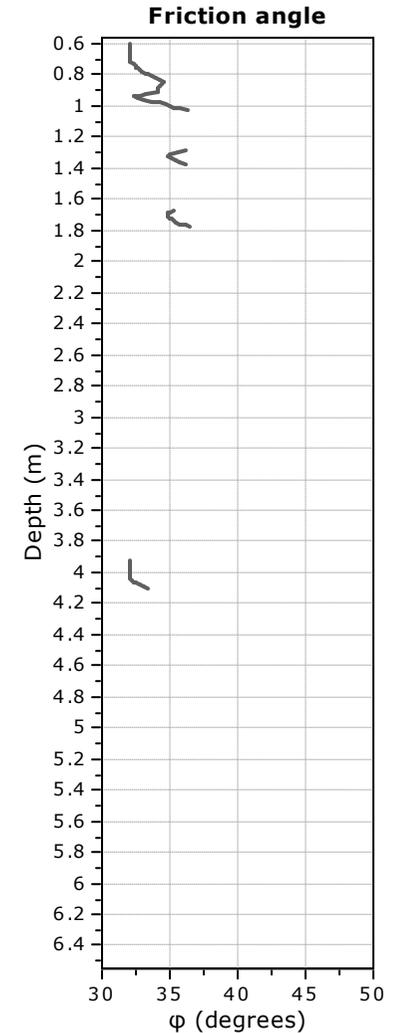
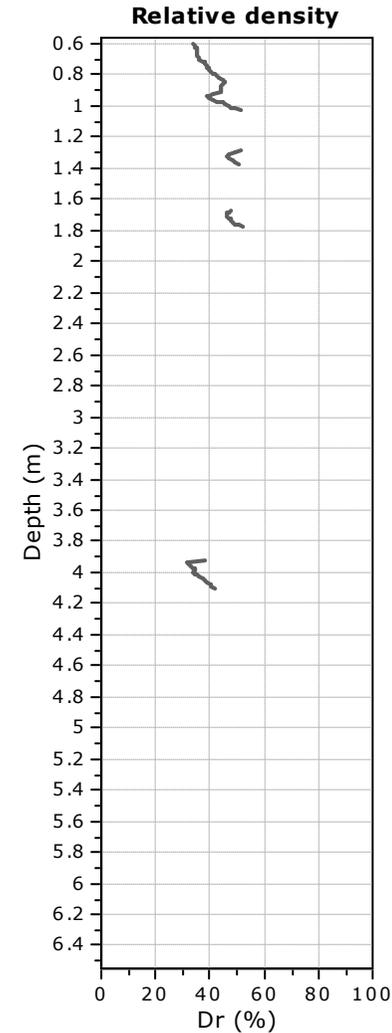
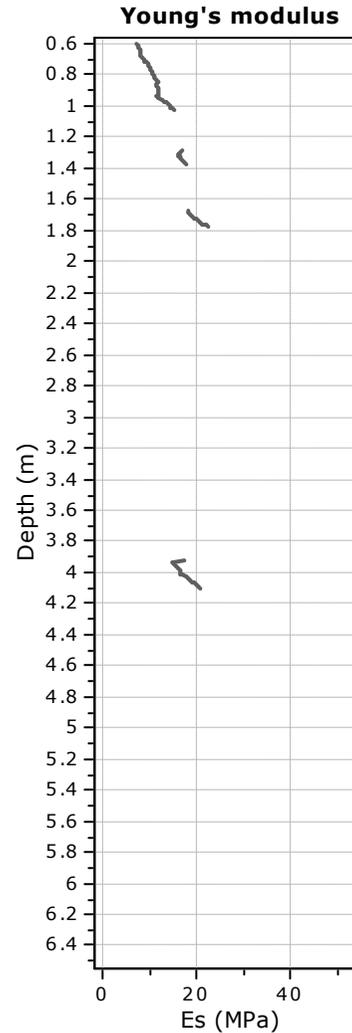
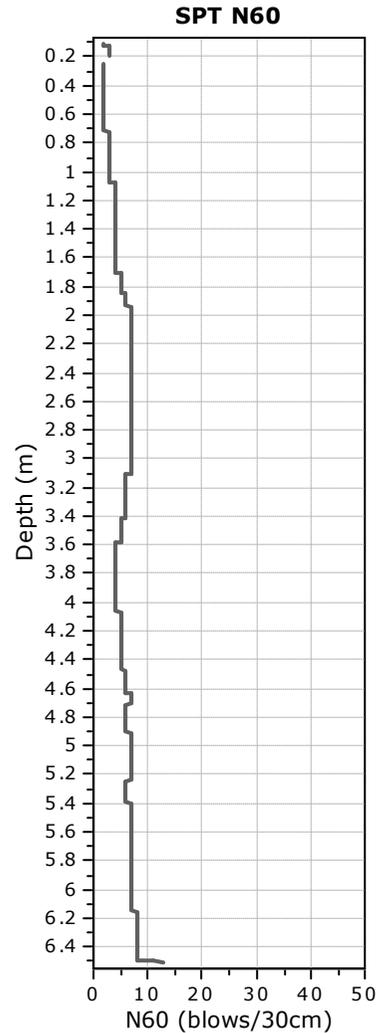
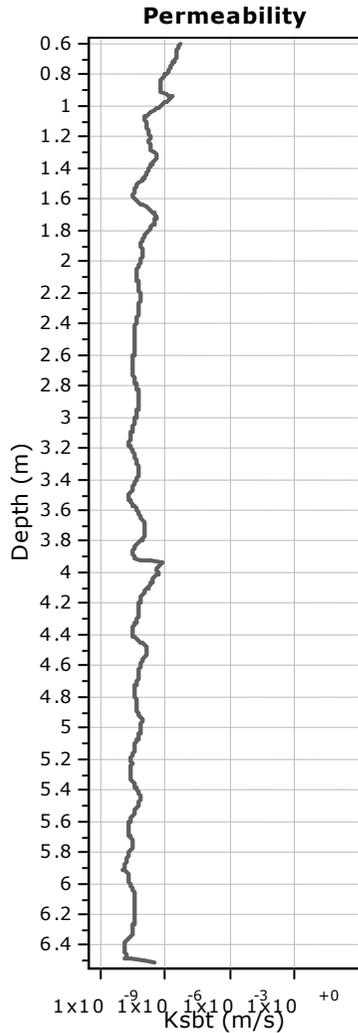


- CCS: Clay-like - Contractive - Sensitive
- CC: Clay-like - Contractive
- CD: Clay-like - Dilative
- TC: Transitional - Contractive
- TD: Transitional - Dilative
- SC: Sand-like - Contractive
- SD: Sand-like - Dilative

$K^*(G) > 330$: Soils with significant microstructure (e.g. age/cementation)

Project: Sottostazione elettrica

Location: Castelnovo Scrivia (AL)



Calculation parameters

Permeability: Based on SBT_n

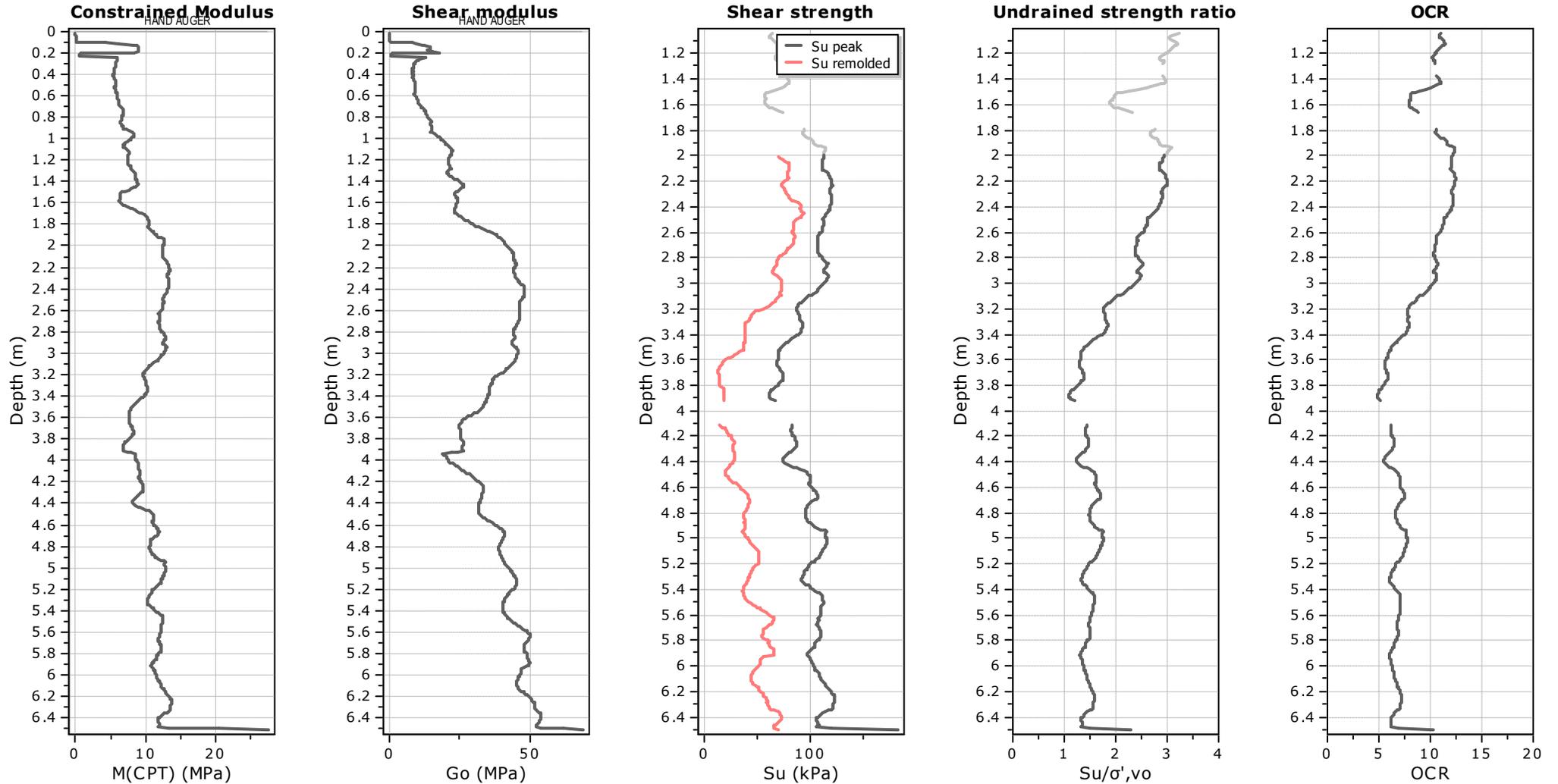
SPT N₆₀: Based on I_c and q_t

Young's modulus: Based on variable alpha using I_c (Robertson, 2009)

Relative density constant, C_{Dr}: 350.0

Phi: Based on Kulhawy & Mayne (1990)

Project: Sottostazione elettrica
 Location: Castelnovo Scrivia (AL)



Calculation parameters

Constrained modulus: Based on variable α using I_c and Q_{tn} (Robertson, 2009)

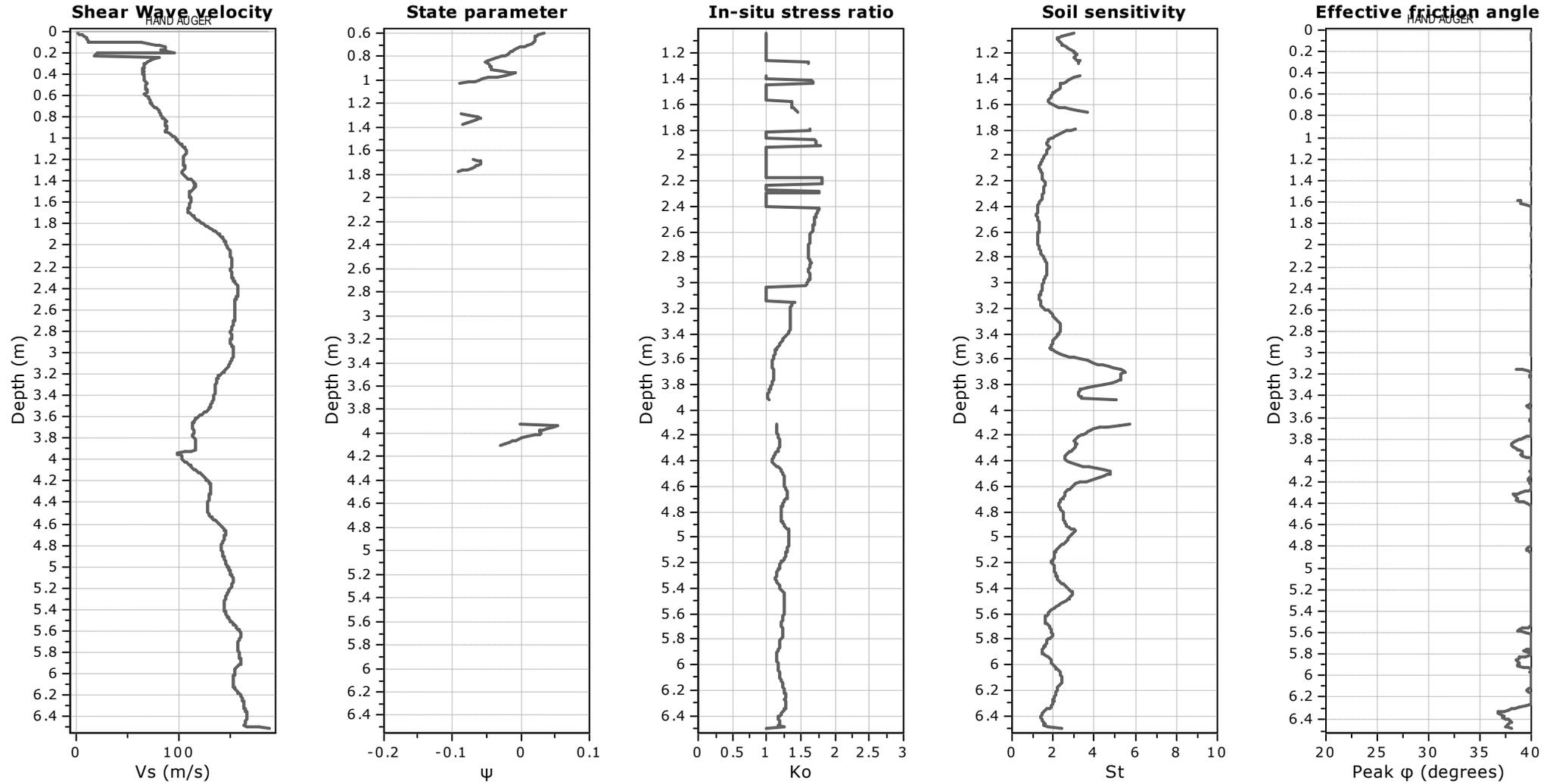
Go: Based on variable α using I_c (Robertson, 2009)

Undrained shear strength cone factor for clays, N_{kt} : 14

OCR factor for clays, N_{kt} : 0.33

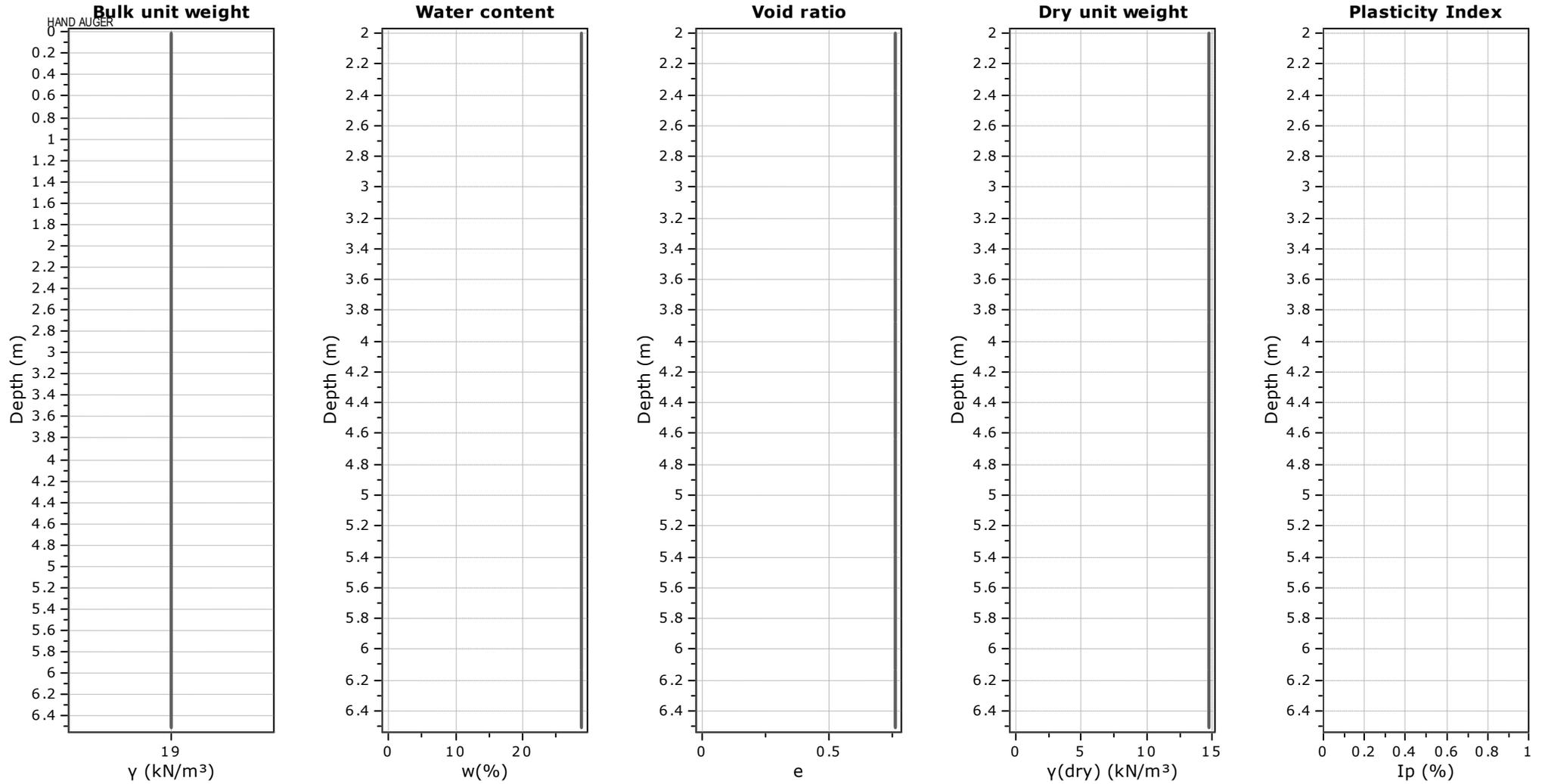
● Flat Dilatometer Test data

Project: Sottostazione elettrica
Location: Castelnovo Scrivia (AL)



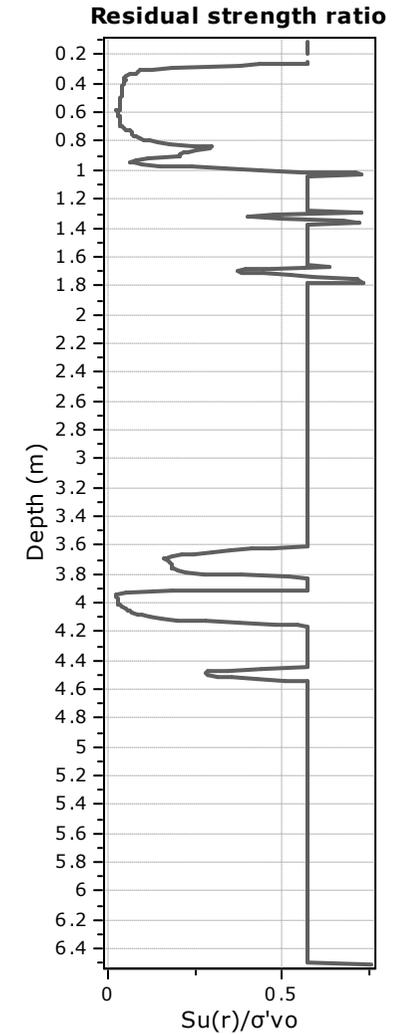
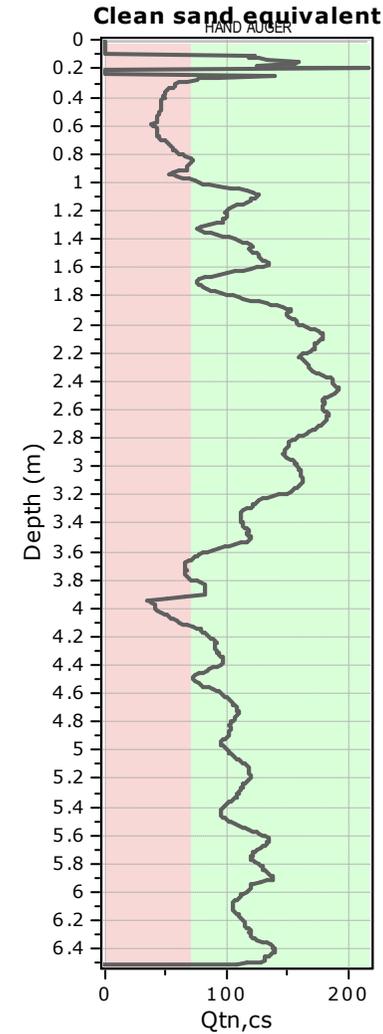
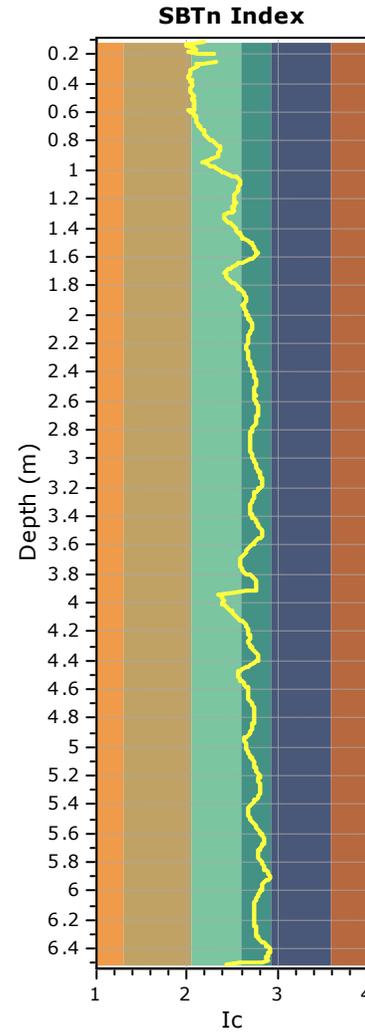
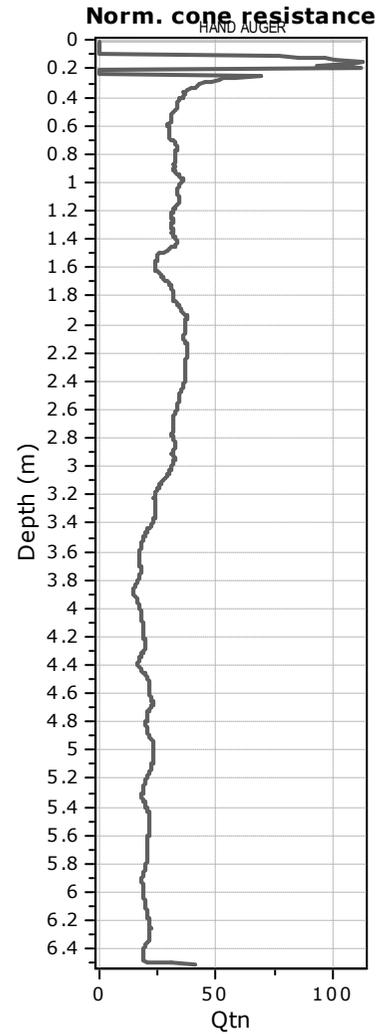
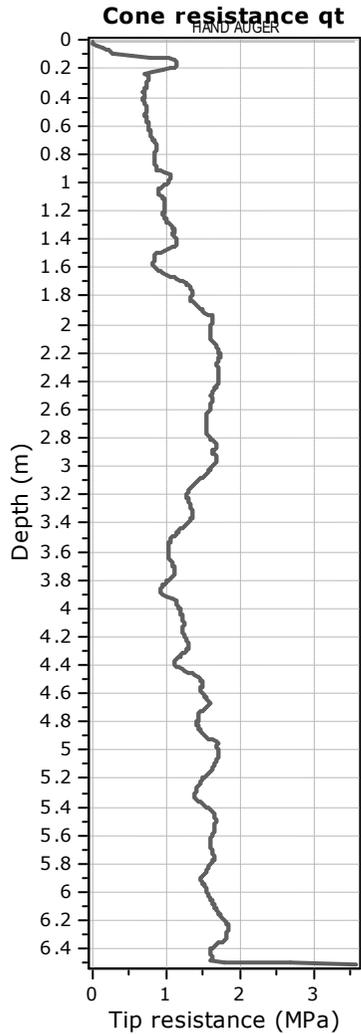
Calculation parameters
Soil Sensitivity factor, N_s : 7.00

Project: Sottostazione elettrica
Location: Castelnovo Scrivia (AL)

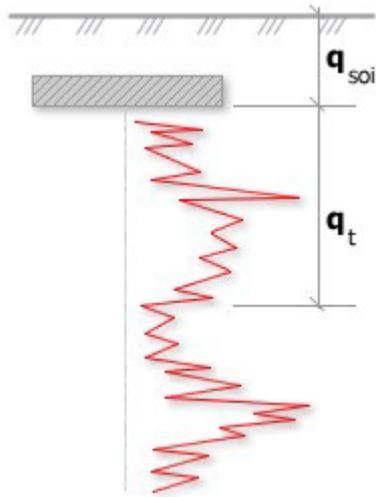


Project: Sottostazione elettrica

Location: Castelnovo Scrivia (AL)



Project: Sottostazione elettrica
Location: Castelnuovo Scrivia (AL)

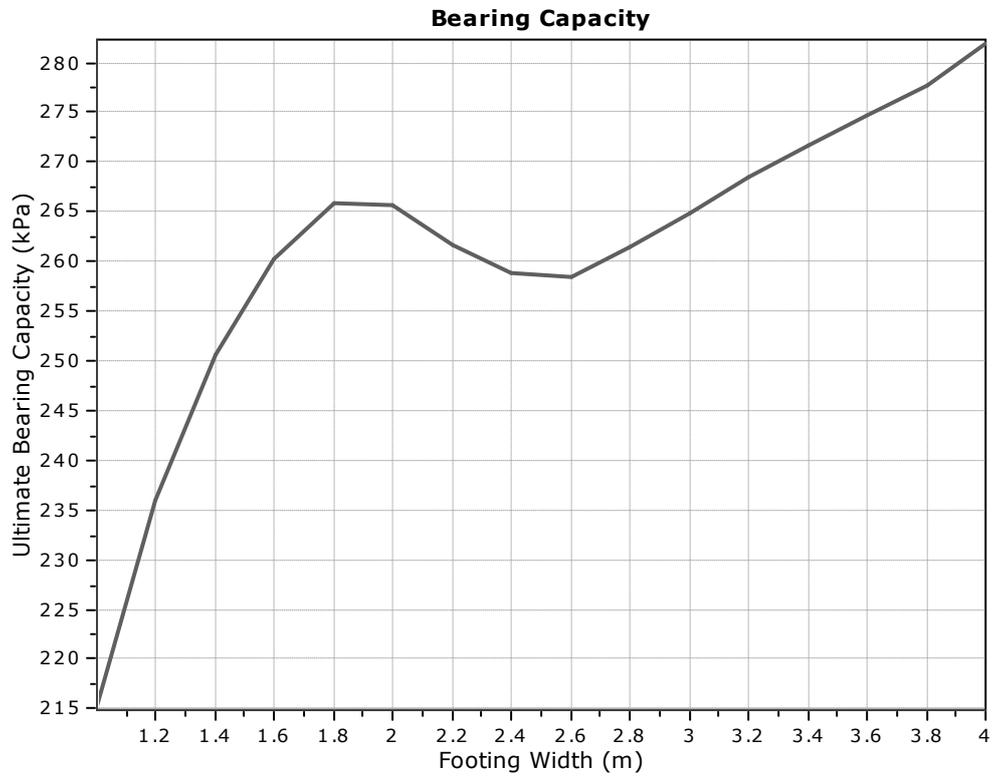


Bearing Capacity calculation is performed based on the formula:

$$Q_{ult} = R_k \times q_t + q_{soil}$$

where:

- R_k: Bearing capacity factor
- q_t: Average corrected cone resistance over calculation depth
- q_{soil}: Pressure applied by soil above footing

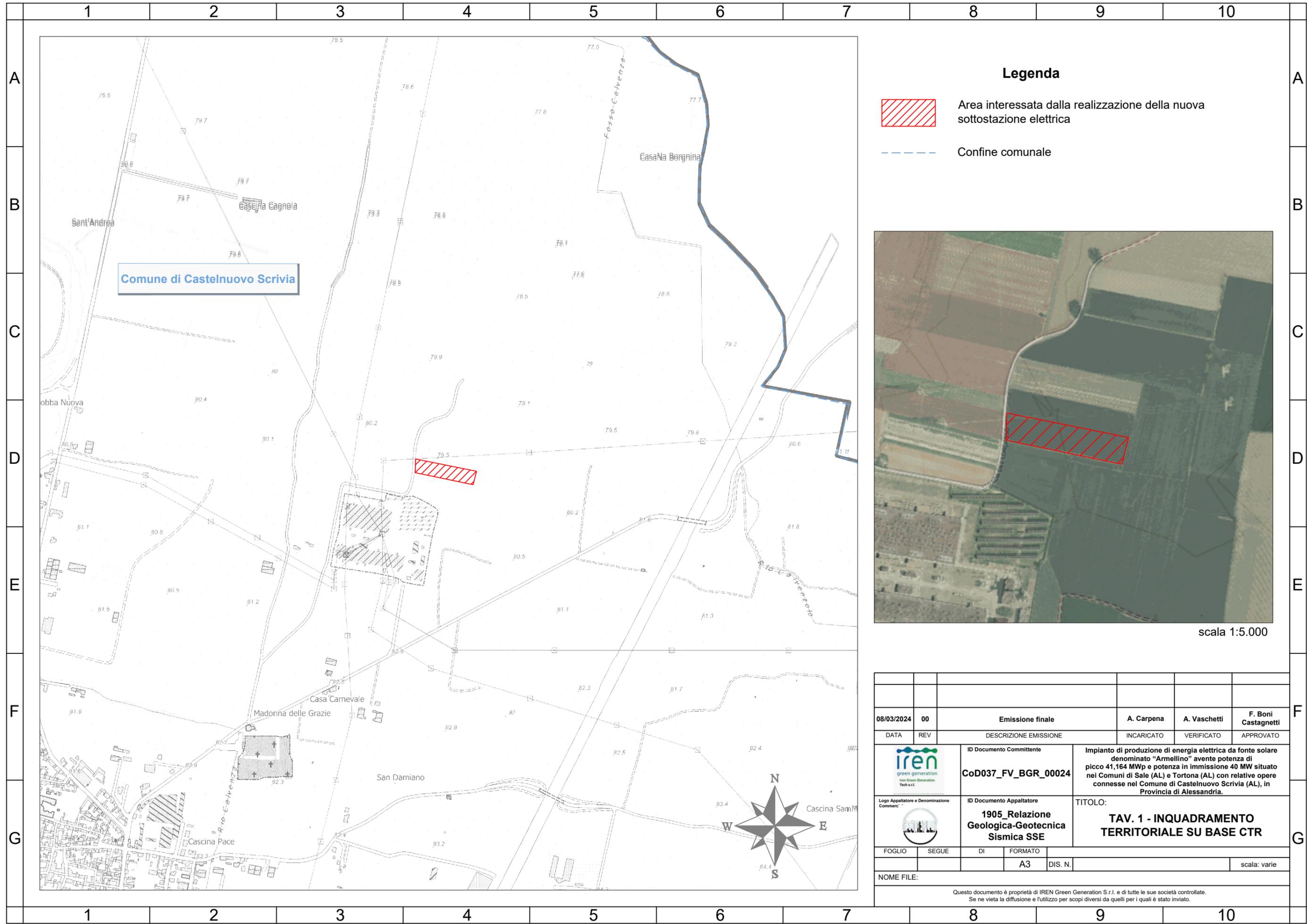


:: Tabular results ::

No	B (m)	Start Depth (m)	End Depth (m)	Ave. q _t (MPa)	R _k	Soil Press. (kPa)	Ult. bearing cap. (kPa)
1	1.00	0.50	2.00	1.03	0.20	9.50	215.27
2	1.20	0.50	2.30	1.13	0.20	9.50	236.01
3	1.40	0.50	2.60	1.21	0.20	9.50	250.53
4	1.60	0.50	2.90	1.25	0.20	9.50	260.30
5	1.80	0.50	3.20	1.28	0.20	9.50	265.93
6	2.00	0.50	3.50	1.28	0.20	9.50	265.71
7	2.20	0.50	3.80	1.26	0.20	9.50	261.72
8	2.40	0.50	4.10	1.25	0.20	9.50	258.85
9	2.60	0.50	4.40	1.25	0.20	9.50	258.51
10	2.80	0.50	4.70	1.26	0.20	9.50	261.40
11	3.00	0.50	5.00	1.28	0.20	9.50	264.86
12	3.20	0.50	5.30	1.29	0.20	9.50	268.46
13	3.40	0.50	5.60	1.31	0.20	9.50	271.72
14	3.60	0.50	5.90	1.33	0.20	9.50	274.78
15	3.80	0.50	6.20	1.34	0.20	9.50	277.78
16	4.00	0.50	6.50	1.36	0.20	9.50	281.93

ALLEGATO 02

CARTOGRAFIA



Comune di Castelnuovo Scrvia

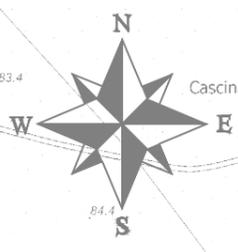
Legenda

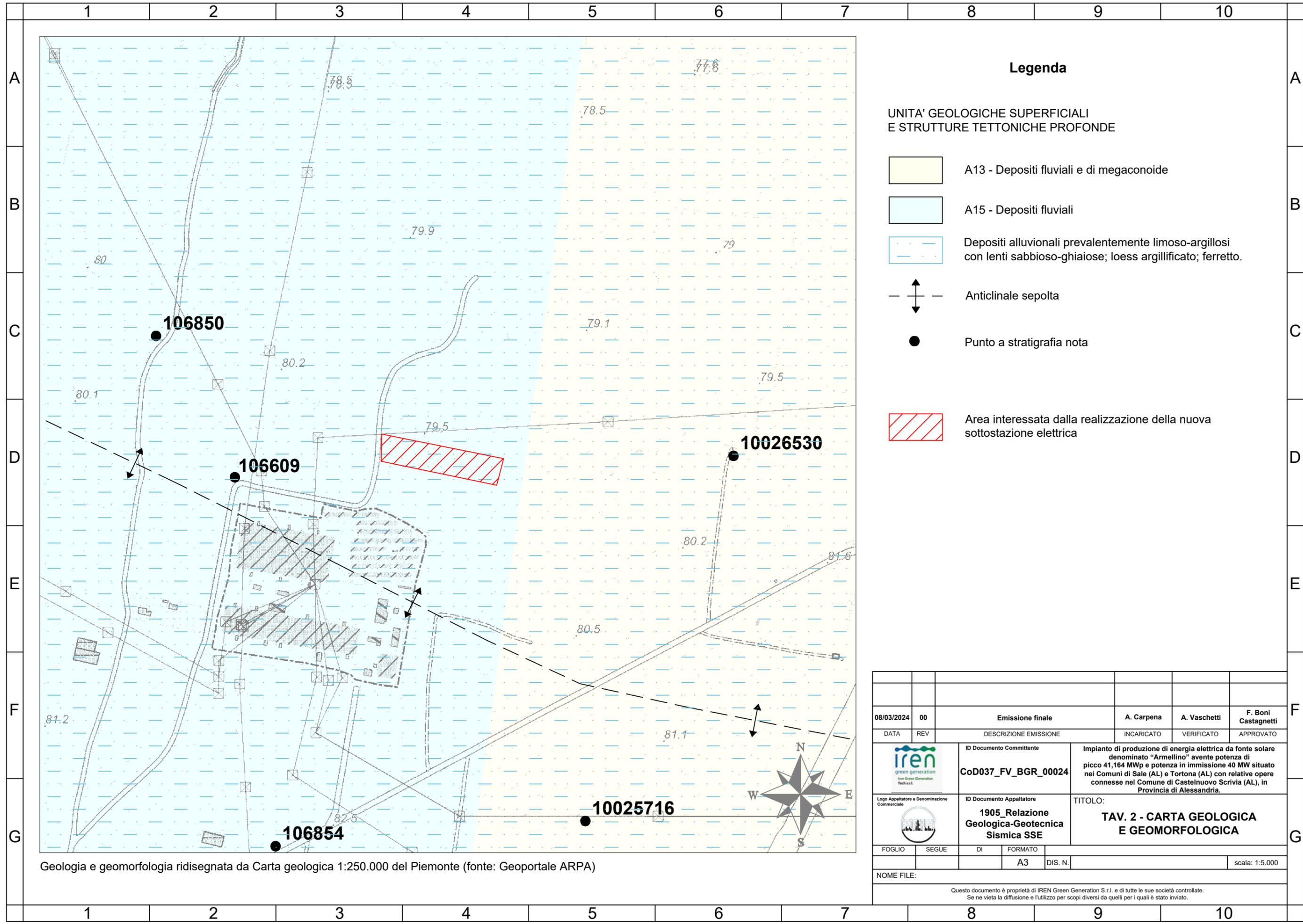
-  Area interessata dalla realizzazione della nuova sottostazione elettrica
-  Confine comunale



scala 1:5.000

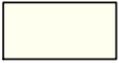
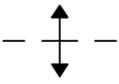
08/03/2024		00		Emissione finale		A. Carpena		A. Vaschetti		F. Boni Castagnetti	
DATA	REV	DESCRIZIONE EMISSIONE				INCARICATO	VERIFICATO	APPROVATO			
		ID Documento Committente		Impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare denominato "Armellino" avente potenza di picco 41,164 MWp e potenza in immissione 40 MW situato nei Comuni di Sale (AL) e Tortona (AL) con relative opere connesse nel Comune di Castelnuovo Scrvia (AL), in Provincia di Alessandria.							
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale 		ID Documento Appaltatore		1905_Relazione Geologica-Geotecnica Sismica SSE		TITOLO: TAV. 1 - INQUADRAMENTO TERRITORIALE SU BASE CTR					
FOGLIO	SEGUE	DI	FORMATO	DIS. N.		scala: varie					
NOME FILE:											
Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate. Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.											



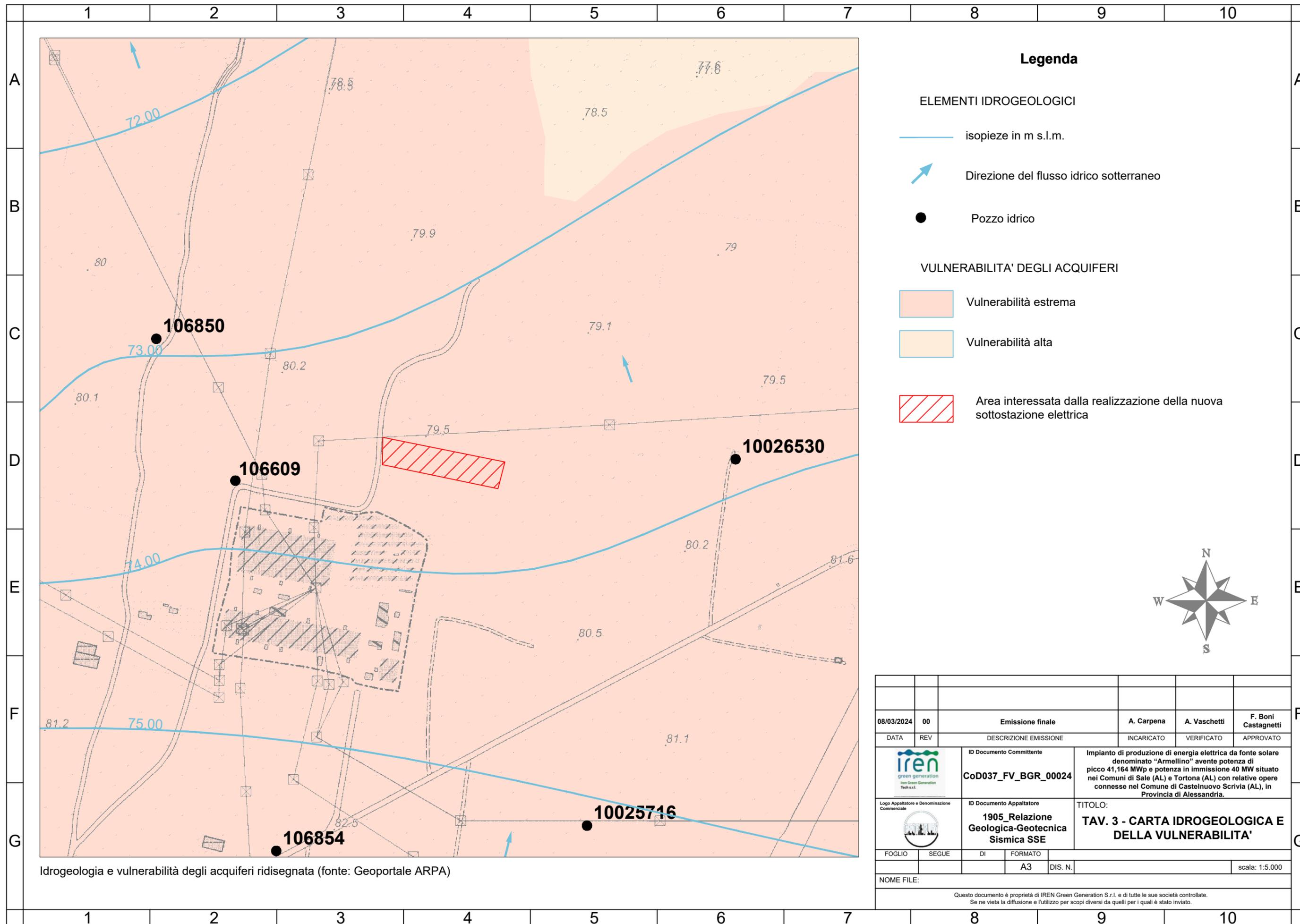


Legenda

UNITA' GEOLOGICHE SUPERFICIALI
E STRUTTURE TETTONICHE PROFONDE

-  A13 - Depositi fluviali e di megaconoide
-  A15 - Depositi fluviali
-  Depositi alluvionali prevalentemente limoso-argillosi con lenti sabbioso-ghiaiose; loess argillificato; ferretto.
-  Anticlinali sepolte
-  Punto a stratigrafia nota
-  Area interessata dalla realizzazione della nuova sottostazione elettrica

08/03/2024		00		Emissione finale		A. Carpena		A. Vaschetti		F. Boni Castagnetti	
DATA	REV	DESCRIZIONE EMISSIONE				INCARICATO	VERIFICATO	APPROVATO			
		ID Documento Committente		Impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare denominato "Armellino" avente potenza di picco 41,164 MWp e potenza in immissione 40 MW situato nei Comuni di Sale (AL) e Tortona (AL) con relative opere connesse nel Comune di Castelnuovo Scrivia (AL), in Provincia di Alessandria.							
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale		ID Documento Appaltatore		TITOLO:							
		1905_Relazione Geologica-Geotecnica Sismica SSE		TAV. 2 - CARTA GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA							
FOGLIO	SEGUE	DI	FORMATO	DIS. N.				scala: 1:5.000			
NOME FILE:											
Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate. Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.											



Legenda

ELEMENTI IDROGEOLOGICI

-  isopieze in m s.l.m.
-  Direzione del flusso idrico sotterraneo
-  Pozzo idrico

VULNERABILITA' DEGLI ACQUIFERI

-  Vulnerabilità estrema
-  Vulnerabilità alta
-  Area interessata dalla realizzazione della nuova sottostazione elettrica



Idrogeologia e vulnerabilità degli acquiferi ridisegnata (fonte: Geoportale ARPA)

08/03/2024		00		Emissione finale		A. Carpena		A. Vaschetti		F. Boni Castagnetti	
DATA	REV	DESCRIZIONE EMISSIONE				INCARICATO	VERIFICATO	APPROVATO			
		ID Documento Committente		Impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare denominato "Armellino" avente potenza di picco 41,164 MWp e potenza in immissione 40 MW situato nei Comuni di Sale (AL) e Tortona (AL) con relative opere connesse nel Comune di Castelnuovo Scrivia (AL), in Provincia di Alessandria.							
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale 		ID Documento Appaltatore		1905_Relazione Geologica-Geotecnica Sismica SSE		TITOLO: TAV. 3 - CARTA IDROGEOLOGICA E DELLA VULNERABILITA'					
FOGLIO	SEGUE	DI	FORMATO	DIS. N.				scala: 1:5.000			
NOME FILE:											
Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate. Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.											

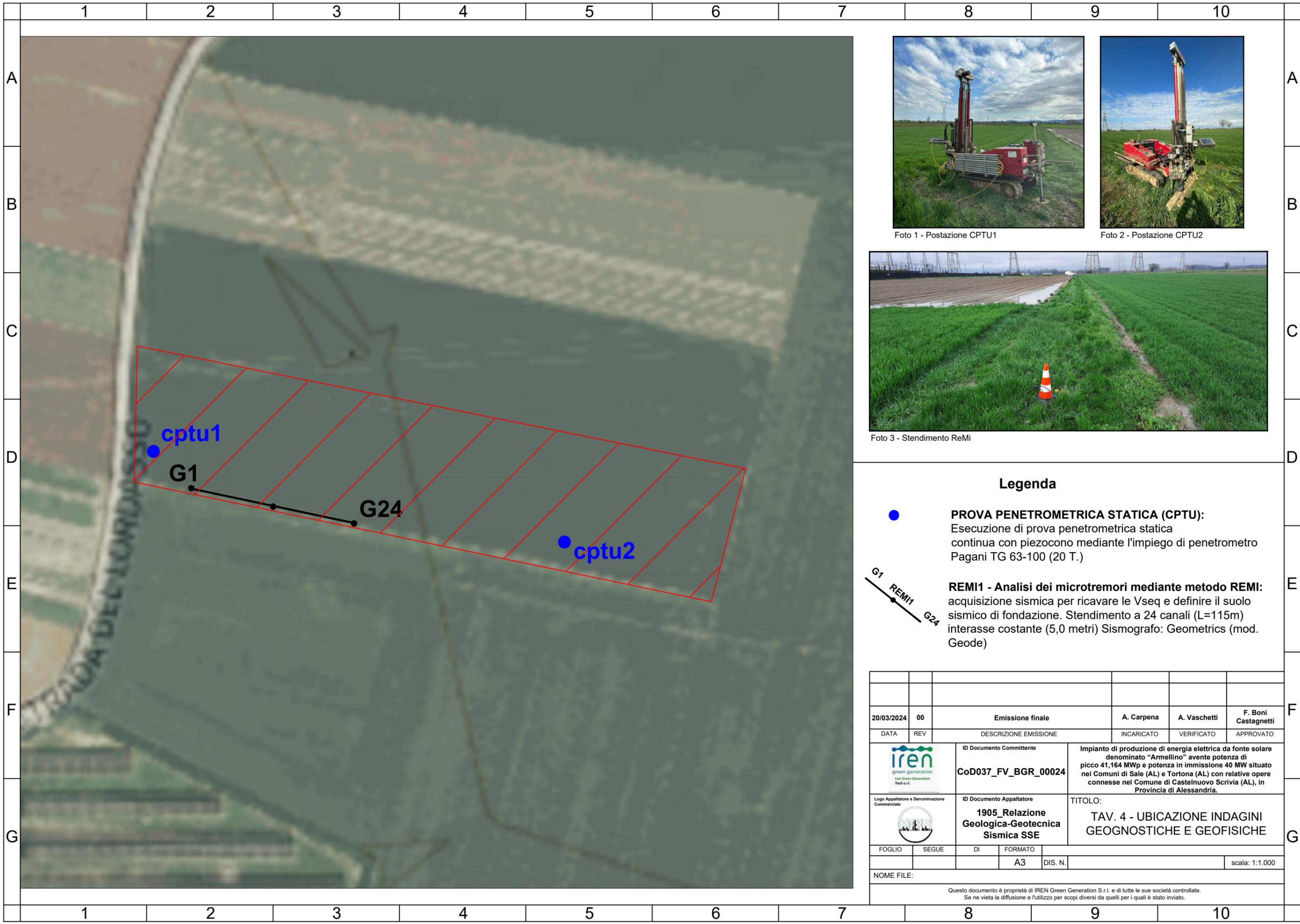


Foto 1 - Postazione CPTU1



Foto 2 - Postazione CPTU2

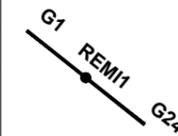


Foto 3 - Stendimento ReMi

Legenda



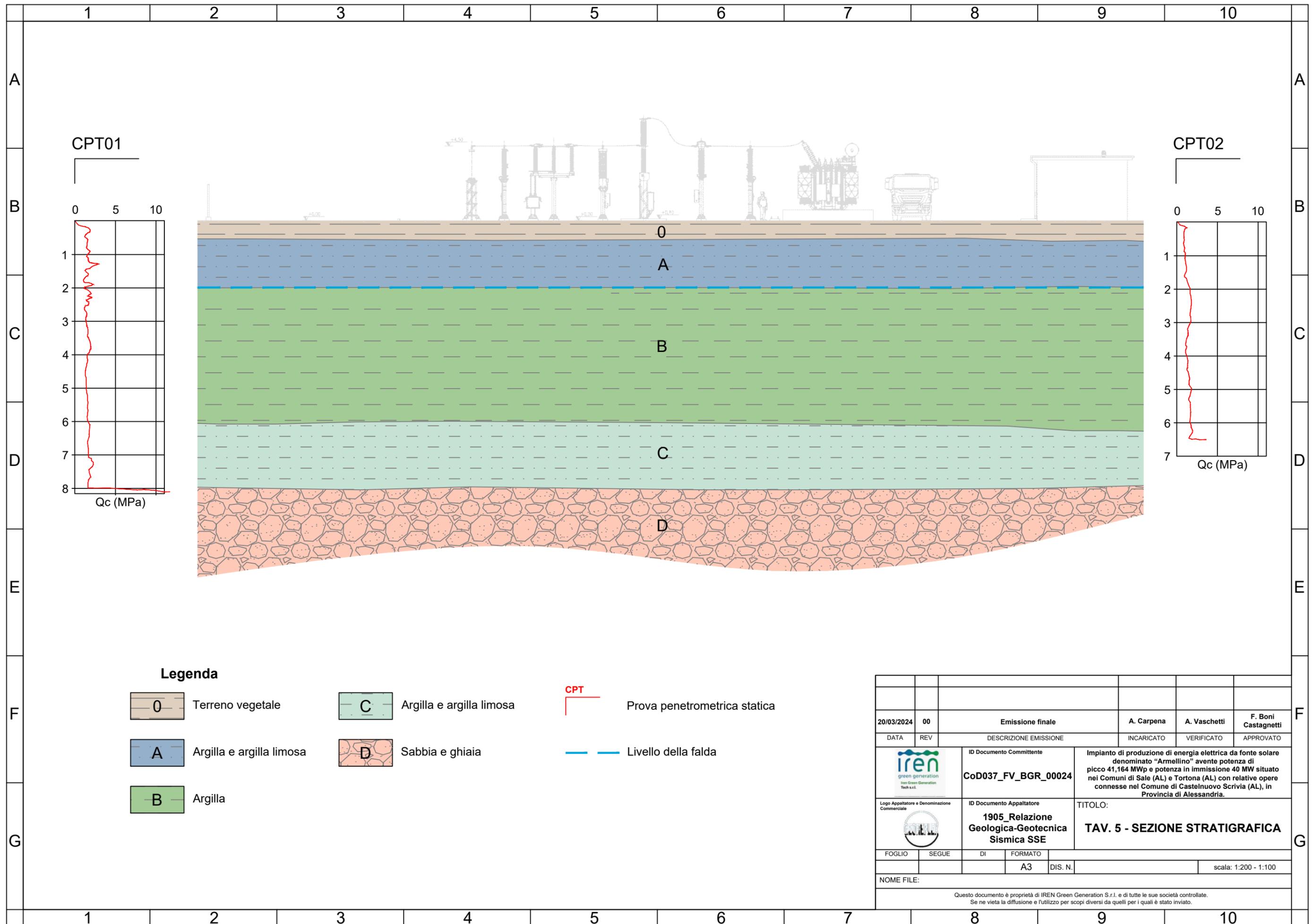
PROVA PENETROMETRICA STATICA (CPTU):
Esecuzione di prova penetrometrica statica continua con piezocono mediante l'impiego di penetrometro Pagani TG 63-100 (20 T.)



REMI1 - Analisi dei microtremori mediante metodo REMI:
acquisizione sismica per ricavare le Vseq e definire il suolo sismico di fondazione. Stendimento a 24 canali (L=115m) interasse costante (5,0 metri) Sismografo: Geometrics (mod. Geode)

20/03/2024	00	Emissione finale	A. Carpena	A. Vaschetti	F. Boni Castagnetti
DATA	REV	DESCRIZIONE EMISSIONE	INCARICATO	VERIFICATO	APPROVATO
		ID Documento Committente CoD037_FV_BGR_00024	Impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare denominato "Armellino" avente potenza di picco 41,164 MWp e potenza in immissione 40 MW situato nei Comuni di Sale (AL) e Tortona (AL) con relative opere connesse nel Comune di Castelnuovo Scrivia (AL), in Provincia di Alessandria.		
Logo Appaltatore e Denominazione Commerciale 		ID Documento Appaltatore 1905_Relazione Geologica-Geotecnica Sismica SSE	TITOLO: TAV. 4 - UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE		
FOGLIO	SEGUE	DI	FORMATO		
			A3	DIS. N.	scala: 1:1.000
NOME FILE:					

Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate. Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.



Legenda

- 0** Terreno vegetale

A Argilla e argilla limosa

B Argilla
- C** Argilla e argilla limosa

D Sabbia e ghiaia

- CPT** Prova penetrometrica statica
- — — Livello della falda

20/03/2024	00	Emissione finale	A. Carpena	A. Vaschetti	F. Boni Castagnetti
DATA	REV	DESCRIZIONE EMISSIONE	INCARICATO	VERIFICATO	APPROVATO
		ID Documento Committente	Impianto di produzione di energia elettrica da fonte solare denominato "Armellino" avente potenza di picco 41,164 MWp e potenza in immissione 40 MW situato nei Comuni di Sale (AL) e Tortona (AL) con relative opere connesse nel Comune di Castelnuovo Scrivia (AL), in Provincia di Alessandria.		
		ID Documento Appaltatore	TITOLO:		
		1905_Relazione Geologica-Geotecnica Sismica SSE	TAV. 5 - SEZIONE STRATIGRAFICA		
FOGLIO	SEGUE	DI	FORMATO		
			A3	DIS. N.	scala: 1:200 - 1:100
NOME FILE:					
Questo documento è proprietà di IREN Green Generation S.r.l. e di tutte le sue società controllate. Se ne vieta la diffusione e l'utilizzo per scopi diversi da quelli per i quali è stato inviato.					