



DICEMBRE 2023

GREEN FROGS CORREGGIO S.R.L.

IMPIANTO FOTOVOLTAICO

POTENZA NOMINALE 12,33 MWp

COMUNE DI CORREGGIO (RE)

Montagna

**ISTANZA DI VERIFICA DI
ASSOGGETTABILITA' A VIA – L.R.
4/2018**

**RELAZIONE GEOLOGICA E
GEOTECNICA**

Progettisti (o coordinamento)

Ing. Laura Maria Conti n. ordine Ing. Pavia 1726

Arch. Sara Zucca (coordinamento)

Codice elaborato

3162_5891_CO_VVIA_R04_Rev0_Relazione geologica e geotecnica

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
3162_5891_CO_VVIA_R04_Rev0_Relazione geologica e geotecnica	12/2023	Prima emissione	D.Gerosa	S.Zucca	L.Conti

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Maria Conti	Direzione Tecnica	Ordine Ing. Pavia 1726
Riccardo Festante	Responsabile commerciale	
Corrado Pluchino	Responsabile Tecnico Operativo	Ord. Ing. Milano A27174
Sara Zucca	Architetto - Project Manager	
Fabio Lassini	Ingegnere Idraulico	Ordine Ing. Milano A29719
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico	
Matthew Piscedda	Esperto in discipline elettriche	
Michele Dessì	Ingegnere Elettrico	
Lia Buvoli	Biologa	
Fabio Bonelli	Naturalista	
Andrea Mastio	Ingegnere Ambientale	
Damiano Collu	Ingegnere Ambientale	
Sergio Alifano	Architetto	
Stefano Adami	Ingegnere Ambientale	
Graziella Cusmano	Architetto	

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano

Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com





Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Stefano Corrù	Ingegnere civile strutturista	
Matteo Zagarola	Archeologo	
Alessandro Casalicchio	Ingegnere idraulico	
Daniele Gerosa	Geologo	
Federico Miscali	Tecnico Competente in Acustica	Ord. Ing. Prov. CA n. 5061 - ENTECA n. 4017

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano

Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com



INDICE

1. PREMESSA	5
SCOPO DEL DOCUMENTO	6
2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	7
2.1 INQUADRAMENTO DEL SITO	7
2.1.1 <i>Inquadramento Territoriale</i>	7
2.1.2 <i>Inquadramento Catastale</i>	11
2.1.3 <i>Inquadramento normativo</i>	12
2.1.4 <i>Dati generali del progetto</i>	14
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	15
4. SUCCESSIONE STRATIGRAFICA DEL PRIMO SOTTOSUOLO	21
5. INDAGINE GEOGNOSTICHE ESEGUITE	22
6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE	24
7. CARATTERISTICHE SISMICHE DEI TERRENI	26
7.1 ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI	29
8. CARATTERISTICHE GEOELETTRICHE DEL PRIMO SOTTOSUOLO	31
9. ALLEGATI-INDAGINI GEOGNOSTICHE	33

1. PREMESSA

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto solare fotovoltaico al suolo all'interno del territorio comunale di Correggio, in provincia di Reggio dell'Emilia (RE), di potenza nominale pari a 12,33 MW, su un'area catastale di circa 23,6 ettari.

La società proponente è la GREEN FROGS CORREGGIO s.r.l., con sede legale in via Fratelli Cairoli 2, 25122, Brescia (BS).

Il progetto risponde alla necessità di produrre energia rispettando, al contempo, l'esigenza, ormai da tempo sentita sia a livello nazionale sia internazionale, di una maggiore sostenibilità ambientale delle attività economiche. Nel caso specifico, si fa riferimento all'impiego privilegiato di risorse energetiche rinnovabili, ottenute mediante tecnologie produttive poco impattanti sull'ambiente, ovvero caratterizzate da emissioni contenute di inquinanti e calore.

Il D. Lgs. n. 199 dell'8 novembre 2021 “Attuazione della direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018, sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili”, con l'obiettivo di accelerare il percorso di crescita sostenibile del Paese, reca le disposizioni in materia di energia da fonti rinnovabili, in coerenza con gli obiettivi europei di decarbonizzazione del sistema energetico al 2030 e di completa decarbonizzazione al 2050.

Al fine, pertanto, di permettere alle regioni e Province Autonome l'individuazione delle aree idonee all'installazione della potenza eolica e fotovoltaica indicata nel PNIEC, il D. Lgs. 199/2021 fornisce le modalità per minimizzare il relativo impatto ambientale e la massima porzione di suolo occupabile dai suddetti impianti per unità di superficie, nonché dagli impianti a fonti rinnovabili di produzione di energia elettrica già installati e le superfici tecnicamente disponibili.

L'area su cui si prevede di installare il fotovoltaico risponde ai requisiti di cui all'art. 20 “Disciplina per l'individuazione di superfici e aree idonee per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili”, comma 8, lett. c-ter) punto 1, del summenzionato Decreto: trattasi infatti di area agricola, racchiusa in un perimetro i cui punti non distano più di 500 metri da zone a destinazione industriale, artigianale e commerciale. Inoltre, si evidenzia l'assenza di vincoli ai sensi della parte seconda del codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42.

I terreni non sono interessati da produzioni agricolo- alimentari di qualità (produzioni biologiche, produzioni D.O.P., I.G.P., S.T.G., D.O.C., D.O.C.G., produzioni tradizionali), ai sensi dei regg. (UE)848/2018, (UE)1151/2012, (UE)1308/2013.

Il progetto proposto ricade nella categoria di cui all'Allegato B della L.R. 4/2018 al punto B.2.8) “impianti industriali non termici per la produzione di energia, vapore e acqua calda di potenza complessiva superiore a 1 MW” e verrà pertanto sottoposto alla Verifica di Assoggettabilità a VIA, ai sensi dell'art. 5 della L.R. 4/2018, la quale recepisce le disposizioni del Testo Unico dell'Ambiente (punto 2 lettera b) dell'Allegato IV della parte seconda del D.Lgs. 152/2006.)

Il progetto verrà connesso alla rete MT (15 kV) di e-distribuzione secondo quanto previsto dal preventivo di connessione con codice di tracciabilità n. 380085917, attraverso la richiesta per lotto di impianti.

Il lotto sarà suddiviso in 2 impianti rispettivamente di potenza pari a 5255,32 kWp e 7077,42 kWp, pertanto è prevista la realizzazione di n. 2 cabine di consegna collegate in antenna da cabina primaria AT/MT CORREGGIO EST.

La proprietà presenterà a breve la domanda di Autorizzazione Unica per la realizzazione e l'esercizio dell'impianto fotovoltaico e delle opere connesse, ai sensi del D.Lgs. 387/2003 “Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità”, al fine di mantenere la validità del preventivo di connessione che, ai sensi dell'art.9.3 dell'Allegato A della TICA (Deliberazione 23 luglio 2008 – ARG/elt 99/08 – Testo integrato delle condizioni tecniche ed economiche per la connessione alle reti elettriche con obbligo di connessione di terzi degli impianti di produzione di energia elettrica – Testo Integrato

delle Connessioni Attive), prevede che entro 90 (novanta) giorni lavorativi, per connessioni in media tensione, dalla data di accettazione del preventivo per la connessione, il richiedente è tenuto a presentare la richiesta di avvio del procedimento autorizzativo unico comprensiva di tutta la documentazione necessaria, ivi compreso il progetto dell'impianto di rete per la connessione e degli eventuali interventi sulla rete esistente (ove previsti) validato dal gestore di rete.

SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo del presente Studio è la caratterizzazione preliminare, da un punto di vista geologico, geotecnico e sismico, dei terreni destinati ad accogliere le aree del Parco FV.

Nei capitoli seguenti si illustreranno, dopo un breve inquadramento geologico, geomorfologico ed idrogeologico, le indagini geognostiche realizzate e si procederà ad una caratterizzazione geotecnica e sismica preliminare dei terreni che costituiscono il sottosuolo delle aree in esame. La presente relazione è stata redatta in conformità al D.M. 17.01.2018 (“Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni”).

Per una completa descrizione del progetto in oggetto si rimanda alla relazione tecnica generale (rif. doc. 3162_5891_CO_VVIA_R02_Rev0).

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

2.1 INQUADRAMENTO DEL SITO

2.1.1 Inquadramento Territoriale

Il progetto in esame è ubicato nel comune di Correggio, in provincia di Reggio Emilia (RE), a circa 1,5 km dal centro abitato.

L'area di progetto si trova in agro comunale, a ridosso della zona industriale di Correggio, presenta un'estensione complessiva catastale pari a 23,6 ettari. L'immagine seguente mostra la localizzazione su base ortofoto delle opere di progetto:

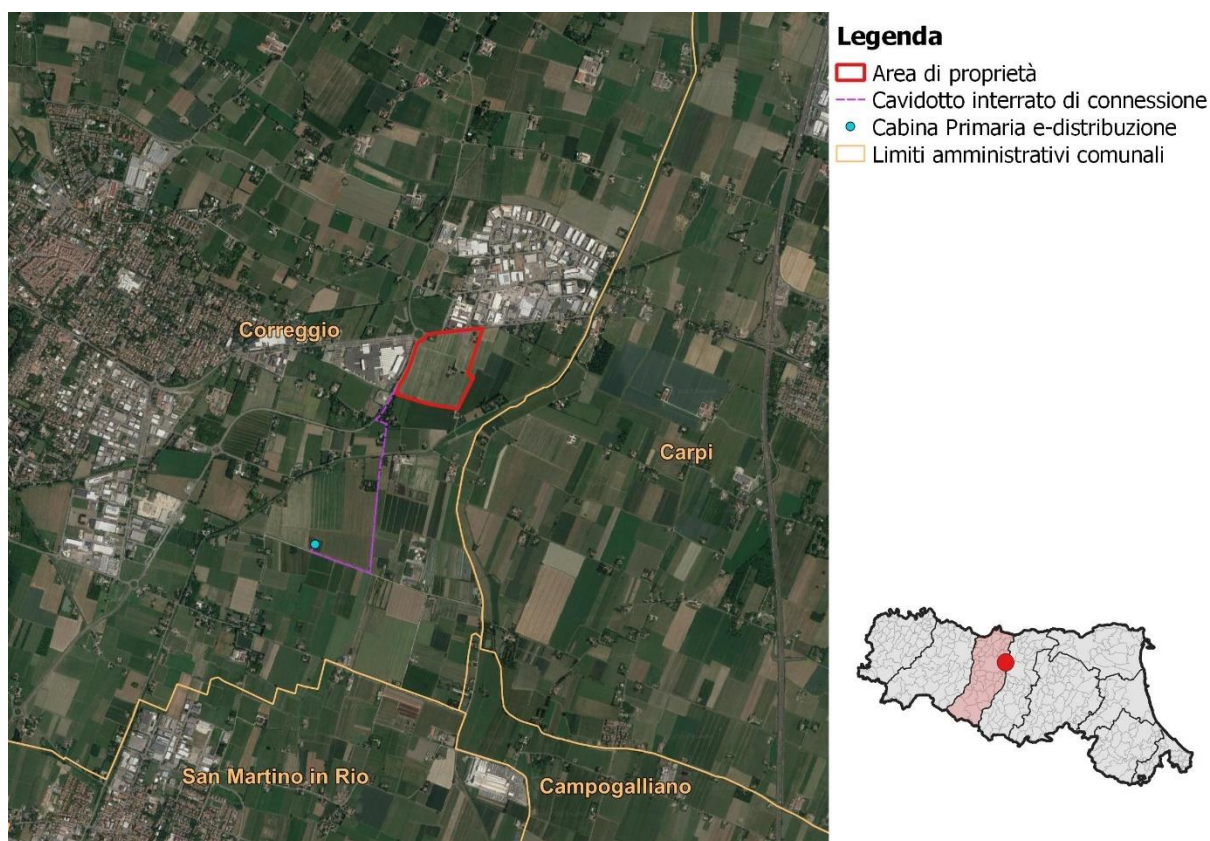


Figura 3.1: Localizzazione dell'impianto

La rete stradale, illustrata dalla figura successiva, che circonda l'area di progetto è costituita da:

- a nord, dalla via Carpi, anche SS468, strada su cui si attesta la zona industriale di Correggio e sulla quale si prevede l'accesso principale all'impianto fotovoltaico;
- a ovest la SS468, strada statale che collega Reggio Emilia con Mirabello, in provincia di Ferrara.

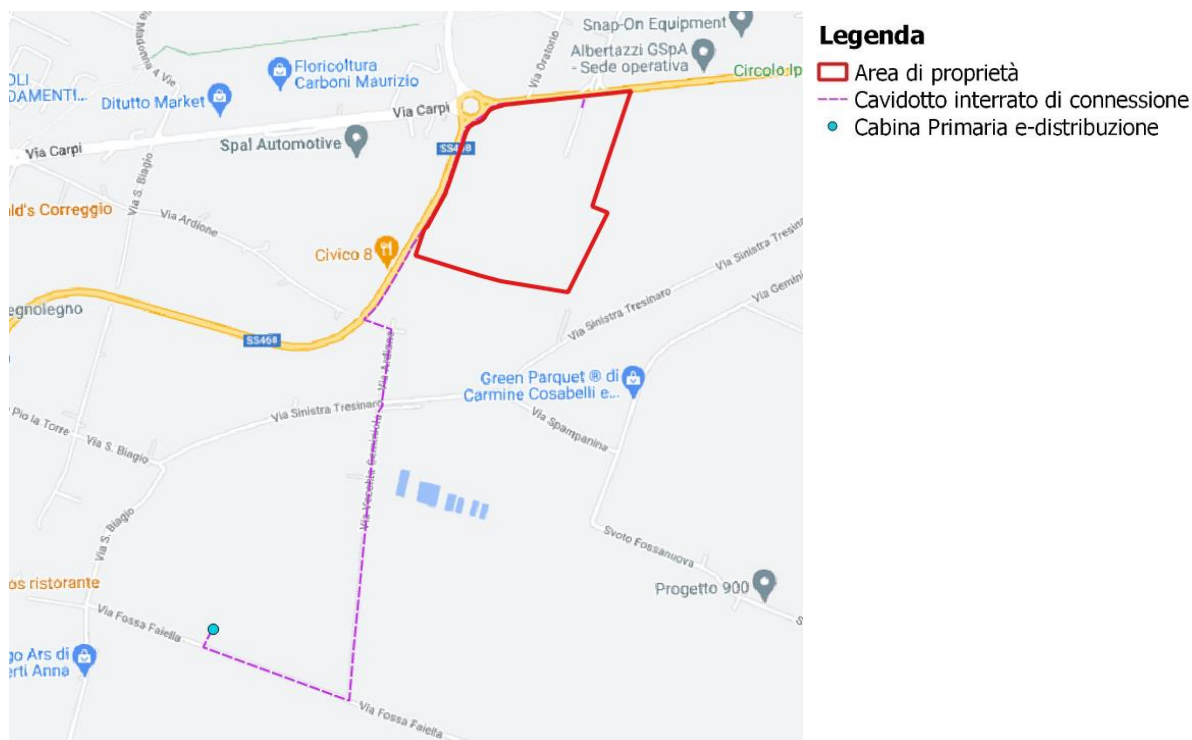


Figura 3.2: Principale viabilità della zona

Il cavidotto di connessione percorrerà la viabilità esistente collegando l’impianto alla Cabina primaria denominata CORREGGIO EST, sita in via Fossa Faiella, con un percorso lungo circa 2,7 km.

All’interno dell’area sono presenti alcuni fabbricati, che la proprietà intende acquisire. Il fotovoltaico si svilupperà intorno a questi ultimi garantendone le rispettive vie di accesso.

L’area risulta pianeggiante e attualmente impiegata per coltivazioni¹. Sono presenti delle alberature adiacenti ai fabbricati summenzionati, che verranno preservate in modo da limitare gli impatti dell’opera in progetto.

Di seguito si riportano alcune fotografie e i punti di presa prescelti.

¹ I terreni non sono interessati da produzioni agricolo- alimentari di qualità (produzioni biologiche, produzioni D.O.P., I.G.P., S.T.G., D.O.C., D.O.C.G., produzioni tradizionali), ai sensi dei regg. (UE)848/2018, (UE)1151/2012, (UE)1308/2013.

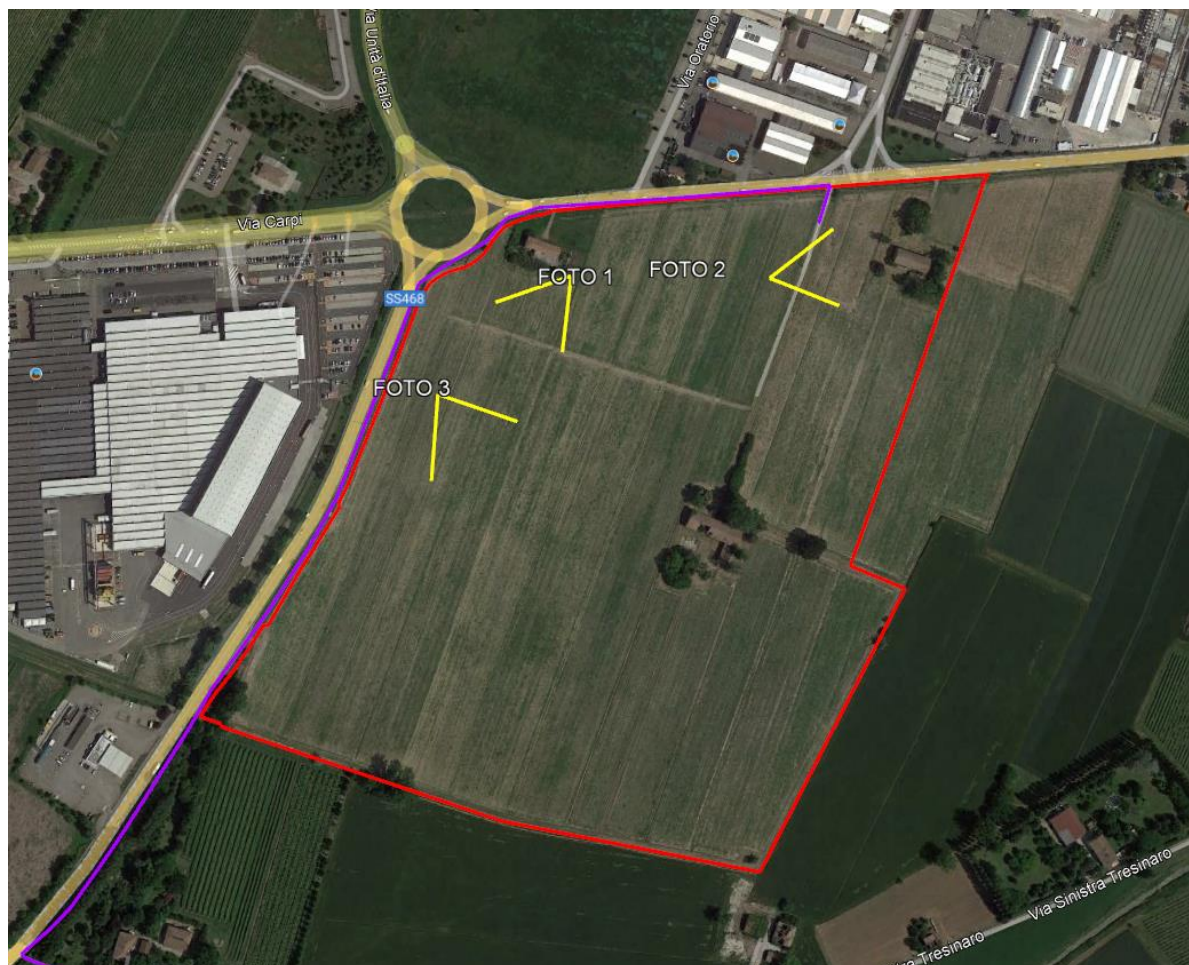


Figura 3.3: Punti di presa fotografica



Figura 3.4: Foto n.1



Figura 3.5: Foto n.2



Figura 3.6: Foto n.3

2.1.2 Inquadramento Catastale

Le aree oggetto di studio sono censite al catasto terreni del Comune di Correggio (RE). Si riporta di seguito l’elenco delle particelle contrattualizzate e l’inquadramento catastale del sito.

Tabella 3.1: Inquadramento catastale del sito

FOGLIO	PARTICELLE
57	276
58	1
	2
	29
	80
	165
	166
	167
	178
	276

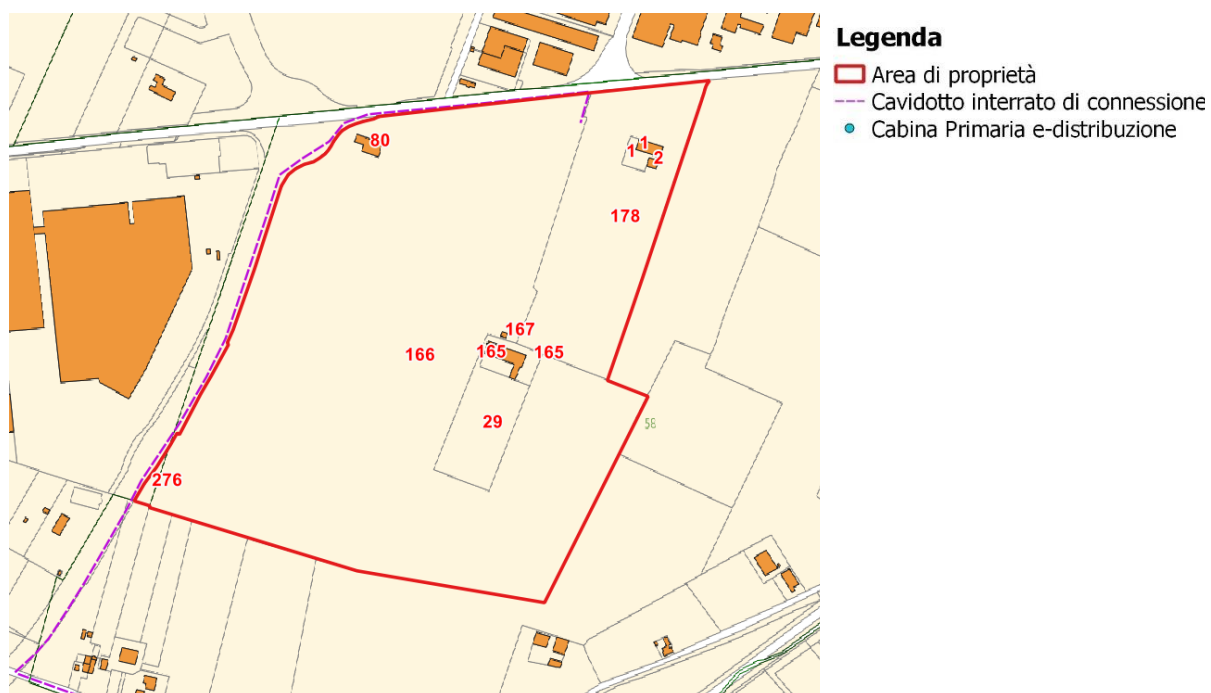


Figura 3.7: Inquadramento catastale

2.1.3 Inquadramento normativo

Il Decreto legislativo n. 199 dell'8 novembre 2021 dà attuazione alla Direttiva (UE) 2018/2001 del Parlamento europeo e del Consiglio, dell'11 dicembre 2018 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili ha l'obiettivo di accelerare il percorso di crescita sostenibile del Paese, recando disposizioni in materia di energia da fonti rinnovabili, in coerenza con gli obiettivi europei di decarbonizzazione del sistema energetico al 2030 e di completa decarbonizzazione al 2050. Il D.lgs. definisce gli strumenti, i meccanismi, gli incentivi e il quadro istituzionale, finanziario e giuridico, necessari per il raggiungimento degli obiettivi di incremento della quota di energia da fonti rinnovabili al 2030, in attuazione della direttiva (Ue) 2018/2001 e nel rispetto dei criteri fissati dalla legge 22 aprile 2021, n. 53.

L'art. 20 “Disciplina per l'individuazione di superfici e aree idonee per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili”, fornisce le indicazioni e disposizioni perché le Regioni si dotino quanto prima di un aggiornamento delle aree idonee/non idonee all'installazione degli impianti FER.

Si ribadisce inoltre che, in sede di individuazione delle superfici e delle aree idonee per l'installazione di impianti a fonti rinnovabili, devono essere rispettati i principi della minimizzazione degli impatti sull'ambiente, sul territorio, sul patrimonio culturale e sul paesaggio, fermo restando il vincolo del raggiungimento degli obiettivi di decarbonizzazione al 2030 e tenendo conto della sostenibilità dei costi correlati al raggiungimento di tale obiettivo.

Si riporta di seguito uno stralcio del comma 8, che elenca le aree da considerare come idonee:

*“8. Nelle more dell'individuazione delle aree idonee sulla base dei criteri e delle modalità stabiliti dai decreti di cui al comma 1, **sono considerate aree idonee**, ai fini di cui al comma 1 del presente articolo:*

[...]

*c-ter) **esclusivamente per gli impianti fotovoltaici**, anche con moduli a terra, e per gli impianti di produzione di biometano, in assenza di vincoli ai sensi della parte seconda del codice dei beni culturali e del paesaggio, di cui al decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42:*

- 1) le aree classificate agricole, racchiuse in un perimetro i cui punti distino non più di 500 metri da zone a destinazione industriale, artigianale e commerciale, compresi i siti di interesse nazionale, nonché le cave e le miniere;*

[...]

L'area di progetto è classificata come agricola (tipo E.1 da PRG comunale). L'immagine seguente riporta la localizzazione dell'area rispetto alle zone urbanistiche di tipo industriale perimetrate dal Comune di Correggio.

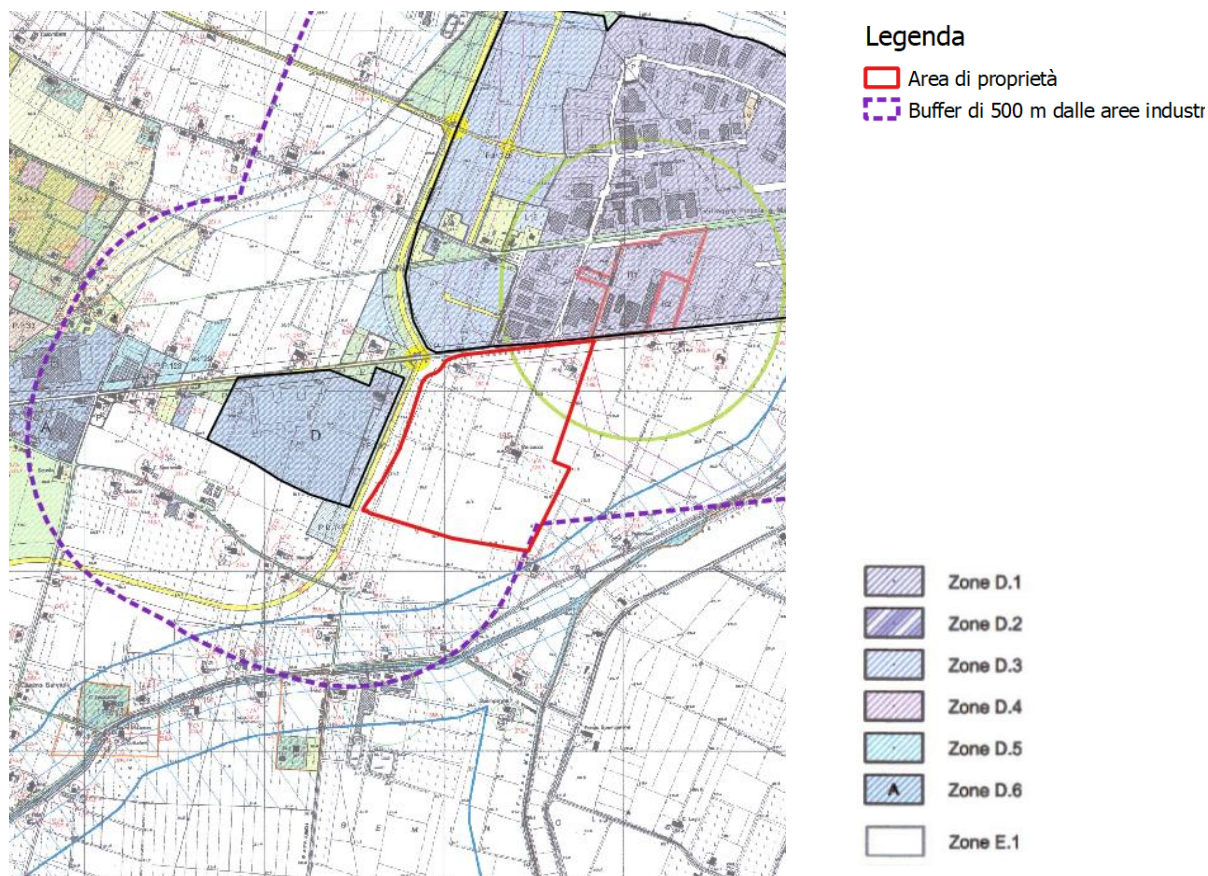


Figura 3.8: Stralcio tavola 2.4 PRG – Buffer dalle zone industriali

Per quanto sopra descritto, si ritengono le aree di interesse idonee all'installazione dell'impianto fotovoltaico, in quanto aree agricole distanti meno di 500 metri dal perimetro della zona industriale così come identificata e perimetrata dallo strumento urbanistico comunale vigente.

2.1.4 Dati generali del progetto

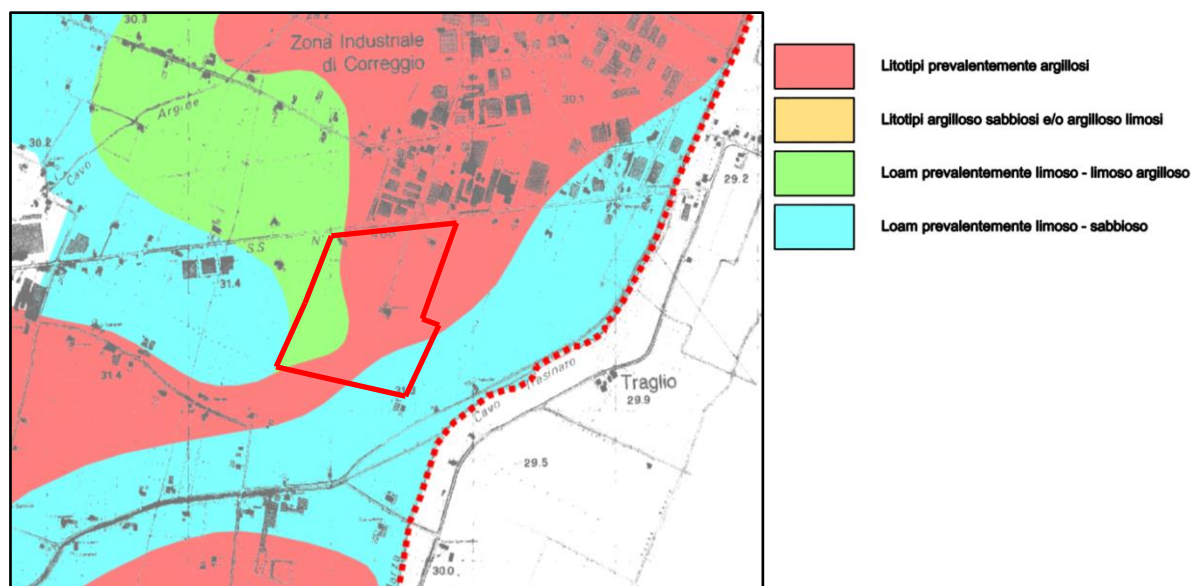
Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto di progetto.

Tabella 3.2: Dati di progetto

PARAMETRO	DESCRIZIONE	
Richiedente	GREEN FROGS CORREGGIO s.r.l.	
Luogo di installazione:	Correggio (RE)	
Denominazione impianto:	Correggio	
Potenza di picco (MW _p):	12,33 MWp	
Informazioni generali del sito:	Sito ben raggiungibile, caratterizzato da strade esistenti, idonee alle esigenze legate alla realizzazione dell'impianto e di facile accesso. La morfologia è regolare.	
Connessione:	Interfacciamento alla rete mediante soggetto privato nel rispetto delle norme CEI	
Tipo strutture di sostegno:	Strutture metalliche in acciaio zincato tipo Tracker infisse a terra su pali	
Inclinazione piano dei moduli (tilt):	+55°/-55°	
Pitch (m):	6	
Azimut di installazione:	0°	
Power station:	n. 8 power station	
Cabina di Consegna:	n. 2	
Rete di collegamento:	15 Kv	
Coordinate POD (punto di allaccio cavidotto MT):	Cabina 1.1	Cabina 1.2
	Altitudine media 29 m s.l.m. [WGS84/ UTM Zone 32N] X: 643727.66 m Y: 4958553.32 m	Altitudine media 29 m s.l.m. [WGS84/ UTM Zone 32N] X: 643720.59 m Y: 4958532.06 m

L'area oggetto della presente relazione appartiene geologicamente al grande bacino subsidente Plio-Quaternario della Pianura Padana, in un settore deposizionalmente influenzato dalle alluvioni del Fiume Po, da quelle dei corsi d'acqua appenninici principali quali i fiumi Secchia e Panaro.

La copertura alluvionale, pleistocenica ed olocenica, è costituita da una sequenza monotona di argille e limi con sottili e discontinue intercalazioni di sabbia medio-fine, sedi di acquiferi molto poveri. Il sottosuolo è dunque dominato da una sequenza di terreni fini limoso-argillosi che si ripetono in maniera omogenea che localmente presentano intercalazioni di terreni più grossolani, sabbiosi e sabbiosi limosi, di spessore decimetrico. La litologia superficiale del territorio in esame è prevalentemente una litologia dominata da litotipi fini quali argille e limi con relativi termini intermedi, come mostrato nella Carta delle litologia di superficie contenuta nel quadro conoscitivo del PSC (Figura 3.1).



Da un punto di vista strutturale, la Pianura reggiana, nella zona di Correggio é caratterizzata da una vasta struttura sinclinale sepolta nota in bibliografia come “Sinclinale di Bologna-Bomporto-Reggio Emilia”, con orientamento ENE-SSO, che trova presso Bomporto la sua massima depressione.

Il substrato, costituito da terreni marini, forma immediatamente a nord del territorio di San Prospero una particolare struttura tettonica attiva (anticlinale) che determina un inarcamento dei terreni (per piegamento) del substrato stesso, formando pertanto una specie di "collina sepolta".

Questa struttura tettonica attiva, nota con il nome di "Dorsale Ferrarese", continua verso W a Novi e Reggio e verso E a Ferrara e le Valli di Comacchio, ed è la responsabile degli eventi sismici del 20 e 29

maggio 2012, che hanno interessato la zona della bassa modenese e parzialmente anche quella reggiana.

L'area si presenta come sub-pianeggiante posta a una quota altimetrica di circa 30-31 m s.l.m., inserita in un contesto scarsamente edificato e priva di processi geomorfologici attivi di una certa entità (sito stabile). Come riportato nella Carta Geomorfologia, l'area in esame è interessata solo marginalmente (settore sud-est) dalla presenza di paleolvei.

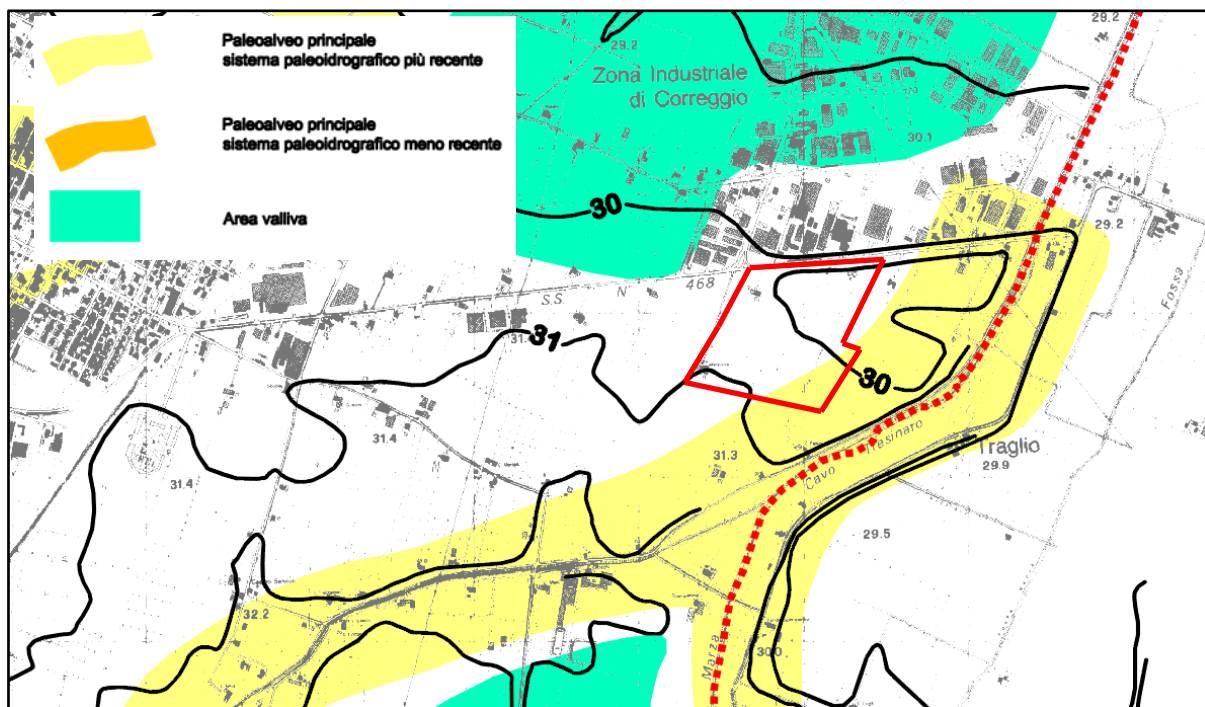


Figura 3.2: Estratto della Carta Geomorfologica con ubicazione dell'area in esame (Quadro conoscitivo del PSC).

Di seguito si riporta un estratto della Carta Geologico-tecnica dello studio di microzonazione sismica (2013), in cui si evidenzia che l'area in esame è costituita per la maggior parte da depositi limoso-argillosi (ML pi) e solo limitatamente da depositi sabbioso-limosi (SM es).

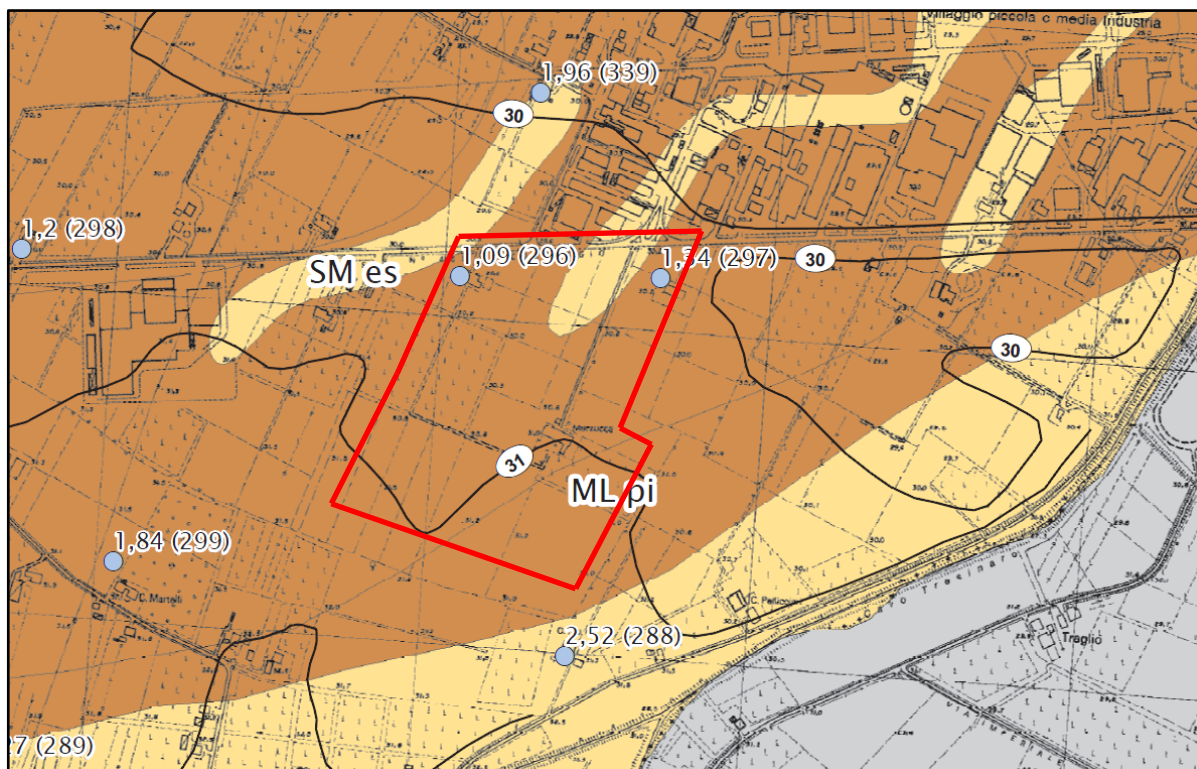


Figura 3.3: Estratto della Carta geologo-tecnica con ubicazione dell'area in esame (studio di MS).

Di seguito si riporta una sezione geologica di riferimento con orientazione N-S, ubicata in prossimità dell'area in oggetto (tratta dallo Studio di MS comunale), da cui si evince che la successione stratigrafica del sottosuolo risulta caratterizzata dalla presenza, fino ad una profondità di circa 30 m, di limi ed argille con locali sottili lenti limoso-sabbiose di spessore decimetrico.

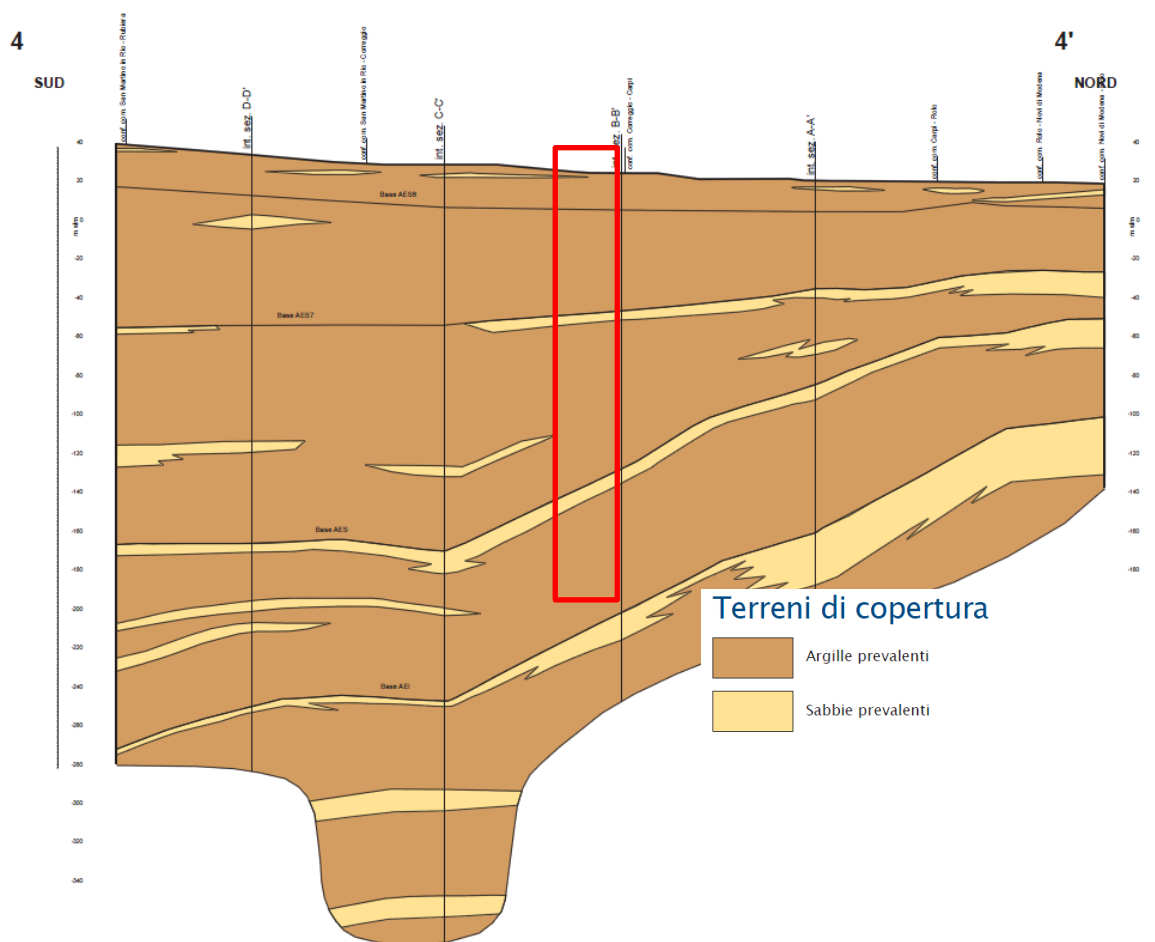


Figura 3.4: Sezione geologica di riferimento con orientazione N-S con ubicazione dell'area in esame (rettangolo rosso).

Gli aspetti idrogeologici rilevanti per il progetto in esame sono legati prevalentemente alla soggiacenza della falda freatica ed alle sue oscillazioni nel tempo.

Per quanto riguarda la valutazione delle caratteristiche e della profondità della prima falda, definita come falda freatica (cioè con un livello superiore libero di oscillare), si è fatto riferimento alla documentazione tecnica esistente

La zona in studio è caratterizzata da una falda freatica disposta in generale a profondità modesta dal piano di campagna; tale falda, così detta libera, è caratterizzata da bassi valori di trasmissività, da una variabilità del proprio livello in stretta relazione con gli apporti meteorici e con la rete di canalizzazione, essendo alimentata prevalentemente per infiltrazione superficiale.

Facendo riferimento alla Carta delle Isopieze del primo acquifero contenuta nello studio di MS, si ricava che la falda nell'area in esame è mediamente posta ad una profondità compresa tra 2 e 3 m dal piano campagna con variazioni stagionali valutabili nell'ordine di 1-2 metri.

E' possibile dunque con in certi periodi in seguito ad eventi meteorici prolungati, la superficie della falda possa raggiungere il p.c. attuale.

Tale dato risulta coerente con quanto misurato durante l'esecuzione delle indagini geognostiche (installazione tubo piezometrico temporaneo all'interno del foro della prova penetrometrica): la falda è stata rilevata ad una profondità di 2.2 m da p.c. (11 Dicembre 2023).

Si ricorda che la misura della profondità della falda è riferita alla data specifica in cui è stata effettuata e non sono state determinate le oscillazioni temporali del suo livello per le quali è necessario un monitoraggio periodico all'interno di un piezometro attrezzato, aspetto quest'ultimo da prendere in considerazione eventualmente nelle successive fasi progettuali/costruttive (di competenza dei progettisti).

Con riferimento al PTCF della Provincia di Reggio Emilia, nella Carta della Vulnerabilità naturale dell'acquifero superficiale, l'area in esame è caratterizzata da un grado di vulnerabilità Bassa, in rapporto principalmente alle caratteristiche litologiche ed alla capacità di attenuazione del suolo, presenti nell'area.

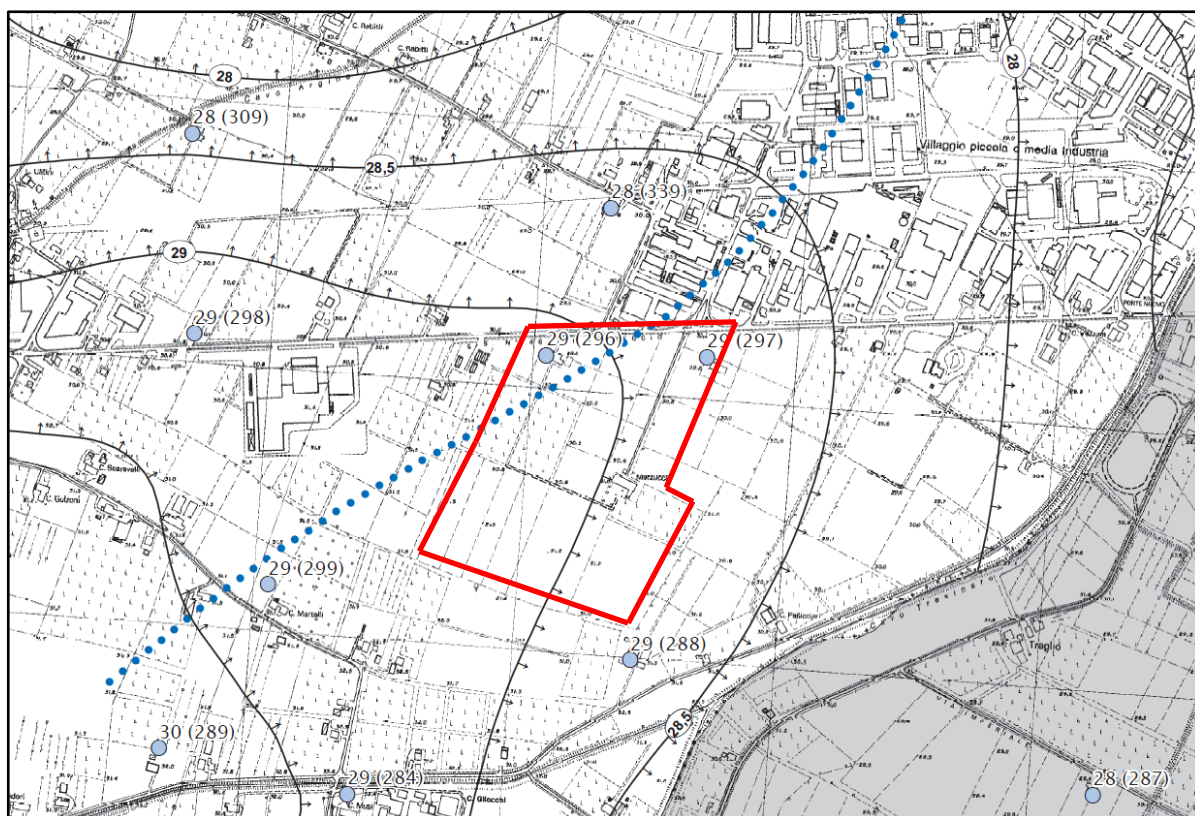


Figura 3.5: Estratto dalla Carta delle isopieze con ubicazione delle aree in oggetto (linea rossa).



Figura 3.6. Installazione piezometro temporaneo

4. SUCCESSIONE STRATIGRAFICA DEL PRIMO SOTTOSUOLO

Le caratteristiche litologiche preliminari del primo sottosuolo relative alle aree in esame sono state ricostruite in seguito all'esecuzione di n.1 sondaggio a percussione spinto fino a 3 m di profondità da p.c. (S1) ed eseguito infiggendo a percussione il tubo carotiere da 101 mm tramite penetrometro PAGANI.

Di seguito si riporta la successione stratigrafica rilevata:

Tabella 4.1: Successione stratigrafica

S1	
Profondità da p.c.	Litologia
0.0 - 0.4 m	Terreno vegetale limoso-argilloso, colore marrone
0.4 - 2.4 m	Limo sabbioso deb. argilloso, colore marroncino
2.4 - 3.0 m	Limo argilloso deb. sabbioso con screziature ocra, colore grigio-marroncino



Figura 4.1: Cassetta del sondaggio a percussione (S1)

5. INDAGINE GEOGNOSTICHE ESEGUITE

In base al contesto geologico sopra descritto ed alle caratteristiche progettuali e logistiche del sito, si è dimensionata, in accordo con i progettisti, una campagna di indagini geognostiche da cui ricavare gli elementi per una caratterizzazione geologico-tecnica e sismica preliminare dei terreni che costituiscono l'area in esame. La campagna è consistita nell'esecuzione di:

- N. 2 prove penetrometriche dinamiche (DP1-DP2) eseguite con penetrometro dinamico tipo PAGANI TG 63/100 kN (maglio da 73.5 kg) e spinte fino 10.2 m di profondità da p.c.;
- N. 1 stendimento sismico con la metodologia MASW (M1);
- N.1 Sondaggio a percussione (S1), spinto fino a 3.0 di profondità;
- N.1 stendimento di tomografia geoelettrica (ERT1).

Di seguito si mostra l'ubicazione delle indagini geognostiche effettuate, mentre nell'Allegato si riportano i risultati delle prove.

Le indagini geognostiche sono state effettuate alla quota dell'attuale p.c.: tale quota è stata assunta come quota di riferimento q.r.

La prova penetrometrica è stata eseguita con l'obiettivo di definire le caratteristiche meccaniche preliminare dei terreni, l'indagine geofisica MASW è stata eseguita per la caratterizzazione sismica dei terreni mentre la tomografia geoelettrica per determinare le caratteristiche geoelettriche del primo sottosuolo.



Figura 5.1: Indagini geognostiche: prova penetrometrica, prospezione geofisica MASW e tomografia geoelettrica



Figura 5.2: Ubicazione delle indagini geognostiche effettuate (immagine tratta da Google Map).

6. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE

Nel presente capitolo si riportano le informazioni relative alla caratterizzazione geologico-tecnica preliminare dei terreni che costituiscono l'area in oggetto.

Si ribadisce il carattere preliminare delle informazioni di seguito riportate che devono essere intese come indicative ed utili per un primo inquadramento delle problematiche geotecniche che interessano il sito in esame ed andranno necessariamente verificate/integrate in fase esecutiva della progettazione con una campagna di indagini geognostiche (sondaggi a carotaggio continuo con prove in foro e/o prove CPTU/CPTU) adeguatamente dimensionata (quantità e profondità di indagine).

Per la valutazione dei parametri geotecnici sono state utilizzate le più note e diffuse correlazioni basate sui valori di NSPT (conversione $NSPT = 1.25 \times NDP$, NDP = numero di colpi misurati dalla prova penetrometrica), confrontati con le litologie in esame e, ove possibile, si sono utilizzati diversi approcci, confrontandone criticamente i risultati.

I parametri geotecnici sono stati così definiti:

- Il peso di volume γ è stato assunto pari a 18 e 19 kN/m³ (limiti di variabilità indicati in letteratura tecnica – *Colombo et al 1996*);
- L'angolo di resistenza al ϕ' è stato ricavato utilizzando la correlazione di *De Mello* e successivamente confrontato con le correlazioni di *Wolff* (1989) e *Shioi&Fukuni* (JNR 1982);
- La coesione non drenata C_u è stata ricavata utilizzando la correlazione di TERZAGHI & PECK in funzione del valore di N_{SPT} ;
- Il modulo elastico $E'-E_0$ è stato definito utilizzando la correlazione proposta da *Bowles* (1998) per i litotipi argilloso-limosi.

Facendo riferimento a quanto riportato nel D.M. 17.01.2018, per ciascun strato che compone il modello geotecnico si sono riportati i valori caratteristici dei parametri geotecnici (γ , ϕ , C_u e $E-E_0$), calcolati come valore medio probabilistico della distribuzione dei valori ottenuti.

Sulla base di quanto precedentemente esposto, è possibile costruire il seguente modello geotecnico preliminare per l'area in esame.

Tabella 6.1: Valori caratteristici dei parametri geotecnici di ciascuna unità che compone il sottosuolo.:

Unità geotecnica	Litologia	Profondità da q.r.	γ [kN/m³]	D_r	ϕ [°]	C_u [kPa]	$E-E_o$ [MPa]
TV	Terreno vegetale	0.0-0.4 m	-	-	-	-	-
A	Limo sabbioso	0.4-2.4	18	20-40	25-27	-	6-10
B	Limo argilloso	2.4-6.0 m	19	-	23-25	30-50	3-5
C	Limo argilloso deb. sabbioso	6.0-10.2 m	19	-	27-29	80-120	6-10

Sulla base delle indagini geognostiche effettuate emerge che il sottosuolo è costituito da terreni con mediocri caratteristiche geotecniche fino a circa 6.0 m di profondità, da compressibili a molto compressibili se sottoposti a carichi e dunque potenzialmente contraddistinti da elevati valori dei cedimenti sia totali che differenziali. Tali aspetti andranno quantificati nella fase successiva della progettazione sulla base di una nuova campagna di indagini geognostiche.

Per i terreni che costituiscono il sottosuolo si è ipotizzato una coesione $c'=0$. Per definire in modo più affidabile le caratteristiche di deformabilità (breve e lungo periodo) dei terreni dell'unità B e C è necessario effettuare delle prove di laboratorio geotecnico (prove edometriche) su campioni indisturbati appositamente prelevati.

La litologia delle varie unità che costituiscono il modello geotecnico è stata ricavata fino a 3 m di profondità dalle informazioni derivanti dal sondaggio effettuato ed oltre tale profondità analizzando le caratteristiche geologiche medie dei depositi presenti nell'area e su informazioni stratigrafiche derivanti da indagini geognostiche pregresse (stratigrafie di sondaggi e prove CPT/CPTU) effettuate nei dintorni dell'area in esame, su terreni di analoga natura e genesi.

Si ricorda che la prova penetrometrica dinamica non consente la visione diretta del terreno per cui l'interpretazione stratigrafica e la definizione dei parametri geotecnici dei terreni indagati pur basandosi su formule empiriche ampiamente collaudate presentano sempre un certo grado d'incertezza e variabilità.

7. CARATTERISTICHE SISMICHE DEI TERRENI

Secondo la D.g.r. n. 1164 del 23/07/2018, il territorio comunale di Correggio appartiene alla zona sismica 3.

Facendo riferimento alla Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) allegata allo studio di MS comunale, il sito in esame rientra in diverse zone sia appartenenti alle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali (zona 2 e 3) che nelle zone suscettibili di instabilità (ZaLQ1 e cedimenti differenziali).

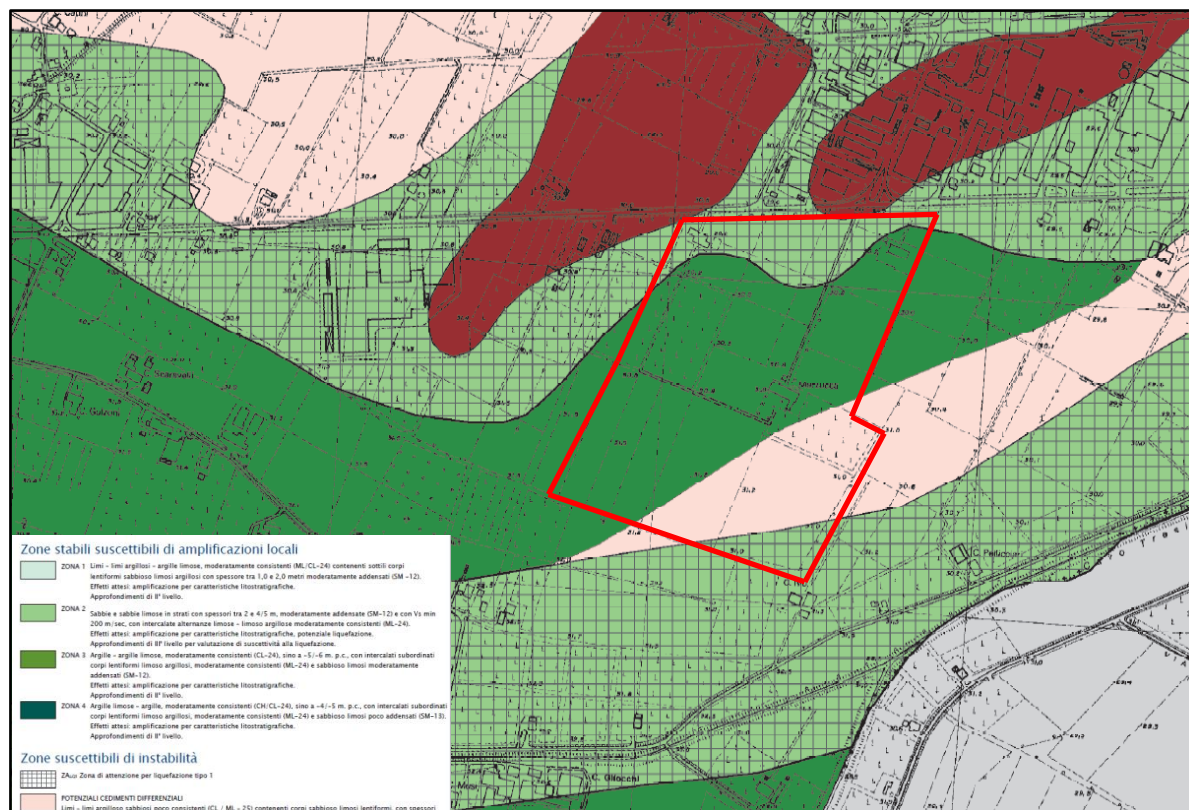


Figura 7.1: Estratto della carta delle aree suscettibili di effetti locali, con ubicazione delle aree in esame (linea rossa).

Per la definizione delle caratteristiche sismiche preliminari dei terreni che costituiscono il sottosuolo dell'area in esame in grado di modificare, amplificando, la pericolosità sismica di base (PSB), si è proceduto ad effettuare n.1 stendimento sismico con la metodologia MASW (vedi curva di dispersione riportata in allegato).

Attraverso l'indagine geofisica si è ricostruito l'andamento con la profondità della velocità delle onde sismiche di taglio (o modello sismico monodimensionale), mostrato in figura:

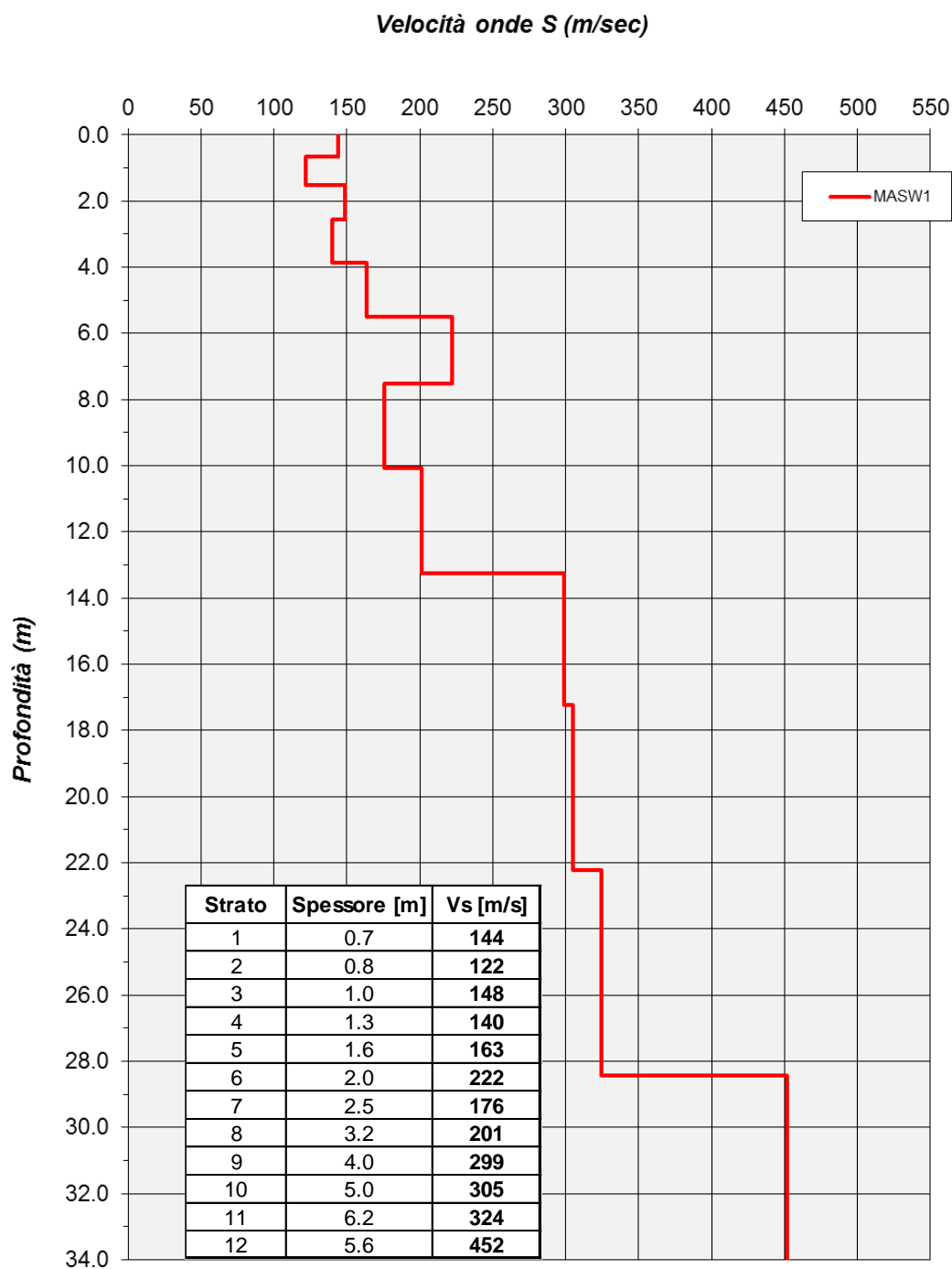


Figura 7.2: Andamento delle velocità delle onde S con la profondità ricavato dall'analisi della prova MASW.

A partire dal profilo Vs-profondità dell'area in esame, si ottengono i seguenti risultati:

Tabella 7.1: Categorie di sottosuolo (D.M. 17.01.2018).

QUOTA FONDAZIONI DA Q.R .	VS,EQ [M/S]	CATEGORIA SOTTOSUOLO
-0.0 m	231	C
-0.5 m	236	C
-1.0 m	241	C
-2.0 m	252	C

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

7.1 ANALISI DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

La liquefazione è un fenomeno associato alla perdita di resistenza al taglio o ad un accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni dinamiche (terremoti) che agiscono in condizioni non drenate.

L'analisi della suscettibilità alla liquefazione di un dato sito dipende da:

- caratteristiche dell'azione sismica (intensità e durata);
- proprietà geotecniche dei terreni;
- caratteristiche litologiche dei terreni e profondità della falda.

La liquefazione di un deposito è dunque il risultato dell'effetto combinato di due principali categorie di fattori: le condizioni del terreno (fattore predisponente) e la sismicità (fattore scatenante). Ai sensi delle NTC18 (Cap. 7.11.3.4.2) la verifica della liquefazione può essere omessa qualora si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di campo libero) $<0.10g$;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1n} > 180$;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura 12 nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

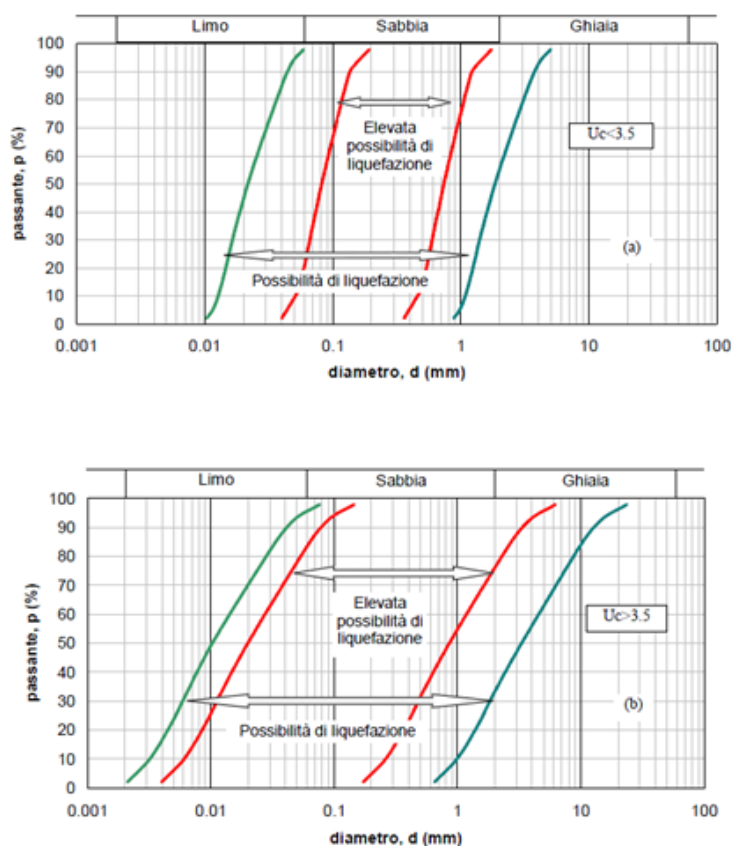


Figura 7.3: Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni a granulometria uniforme (a) ed estesa (b).:

Per l'area in esame risulta:

- Accelerazione massima orizzontale $a_{max}=0.225g$ ($a_{max}=a_g \cdot S$ – condizione SLV, VR=50 anni, categoria sottosuolo = C, categoria topografica=T1);
- Magnitudo di riferimento MW=6.14 (zona sismogenetica 912 “Dorsale-Ferrarese”);
- Falda di calcolo (m di profondità da p.c.) = 2.0 m.
- Terreni saturi del sottosuolo = prevalentemente limi-argillosi.

Sulla base delle caratteristiche litologiche medie dei terreni che costituiscono il sottosuolo delle aree in esame, si può ipotizzare che il rischio di liquefazione in condizioni sismiche sia molto basso/trascurabile così come indicato anche nello studio di MS (figura 12): tuttavia tale aspetto andrà verificato puntualmente tramite l'esecuzione di apposite prove CPTU applicando i metodi semplificati basati sul rapporto CRR/CSR.

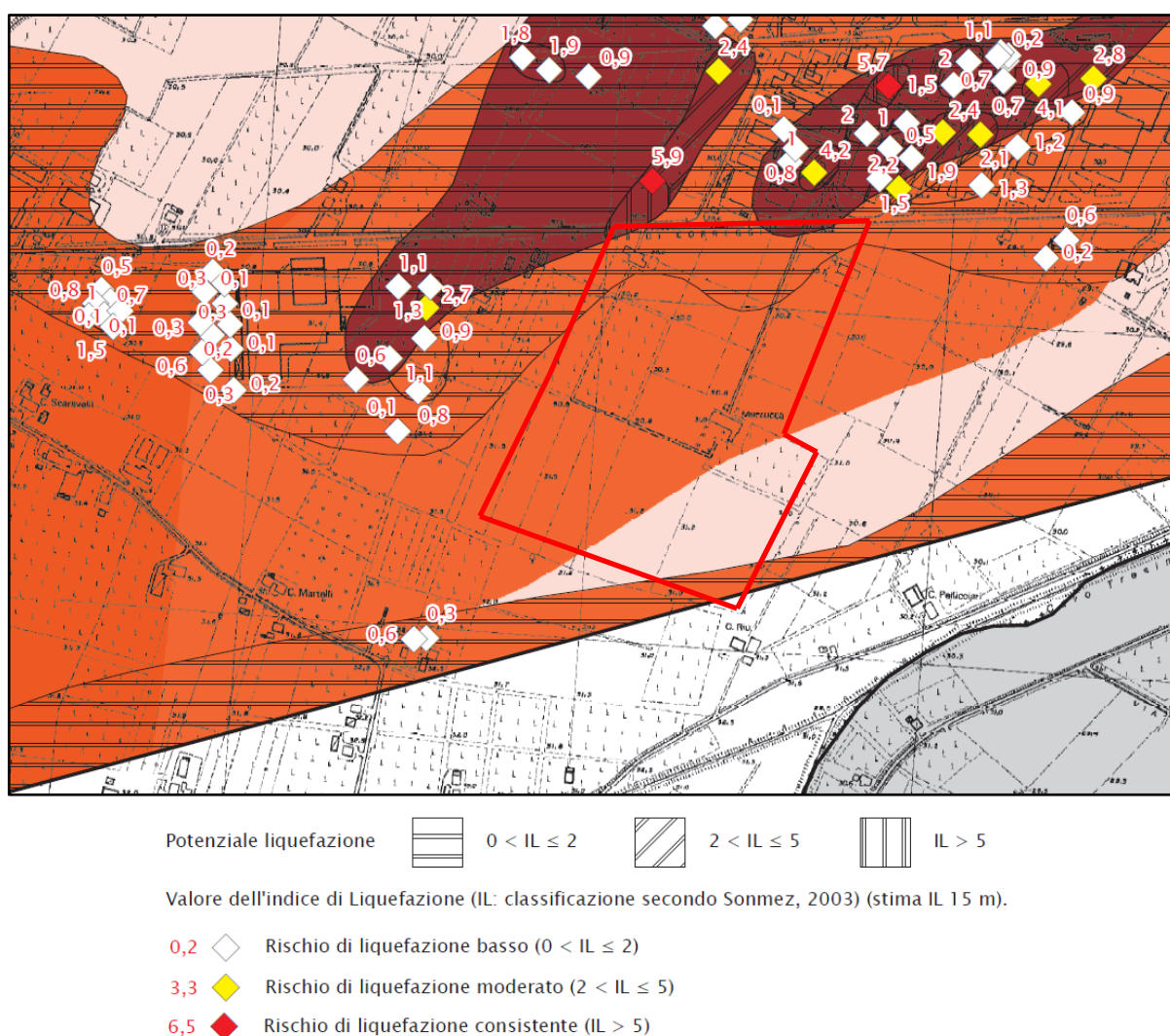


Figura 7.4: Valutazione del rischio di liquefazione – estratto dalle carte di MS – livello 3.

8. CARATTERISTICHE GEOELETTRICHE DEL PRIMO SOTTOSUOLO

Al fine determinare le caratteristiche geoelettriche del primo sottosuolo si è provveduto ad eseguire un profilo geoelettrico con elaborazione tomografica (ERT1). L'acquisizione dei dati è stata effettuata utilizzando un'apposita strumentazione in grado di acquisire 48 canali simultaneamente (Georesistimetro Syscal Pro Switch 48 della Iris Instruments).

La strumentazione permette di acquisire un elevato numero di combinazioni di quadripoli traslati automaticamente lungo il profilo secondo una sequenza opportunamente impostata dal software di gestione. Il profilo geoelettrico è stato acquisito sia in modalità tipo Dipolo-Dipolo (DD) che Wenner-Schlumberger (WS).

La sequenza di scansione degli elettrodi è stata preliminarmente fissata, via software, mediante l'elaborazione di una matrice di punti, stabilendo il passo ed il valore dei livelli di approfondimento, i quali vanno a definire la densità spaziale e, conseguentemente, la risoluzione verticale/orizzontale delle misure. Per ridurre gli effetti indotti dal rumore, sono state eseguite non meno di 6 iterazioni da cui è stato calcolato il valore medio e la deviazione standard.

La fase preliminare all'inizio della prova, consiste nella misura della resistenza di contatto per ciascun elettrodo, verificando in questo modo la corretta ubicazione di ciascun picchetto ed evitare misure con errori sistematici.

In assenza di disturbi superficiali, il georesistivimetro è in grado di fornire una buona mappatura dei valori di resistività nel sottosuolo correlabili a variazioni litologiche naturali e/o artificiali fino a profondità massime che dipendono dal metodo di misurazione utilizzato (polo-dipolo, dipolo-dipolo, Wenner, Schlumberger, etc...), dalla spaziatura degli elettrodi e dalla lunghezza della sezione.

Nella tabella di seguito si riassumono le caratteristiche geometriche della tomografia geoelettrica effettuata:

Tabella 8.1: Caratteristiche geometriche della tomografia geoelettrica

ID PROFILO	NUMERO ELETTRODI	SPAZIATURA ELETTRODI [M]	LUNGHEZZA TOTALE [M]	METODO
ERT1	48	1.0	47	DD+WS

L'elaborazione e l'interpretazione dei dati acquisiti è stata effettuata utilizzando il software RES2DINV della società Geotomo. Il programma di elaborazione permette la determinazione di una sezione di resistività bidimensionale del sottosuolo (sezione dal modello di inversione) dai dati acquisiti in campagna (pseudosezione di resistività apparente misurata).

Viene utilizzato un modello di inversione basato sul metodo dei minimi quadrati che, sfruttando un procedimento ad iterazioni successive, permette l'analisi di un elevato numero di punti e di elettrodi. L'elaborazione è necessaria, in quanto i valori di resistività ricavati in sito (resistività apparente) riproducono solo approssimativamente ed in modo distorto le condizioni reali del sottosuolo, fornendo il valore della resistività per ciascun punto investigato; questo valore puntuale viene interpolato rispetto a quelli circostanti mediante il procedimento d'inversione tomografico per ottenere informazioni bidimensionali. Il programma tramite la procedura di inversione elabora, a partire dalle resistività apparenti misurate, una sezione delle resistività reali. Prima di procedere con il processo di inversione si è effettuata un'accurata analisi dei dati tramite il filtraggio dei dati acquisiti (eliminazione dei dati con valori elevati dell'errore, di $V_p > 15V$ e resistività negative).

I risultati del processo di inversione tomografica vengono rappresentati sotto forma di una sezione 2D dei valori di resistività elettrica in Ωm con una scala colorimetrica che va dal blu (bassa resistività) al rosso-viola (media resistività).

Dall'osservazione della figura 12 si ricava che il sottosuolo indagato risulta costituito dalla sovrapposizione di due unità elettrostratigrafiche principali: la prima si sviluppa fino a circa 1.0-2.0 m di profondità e presenta valori di resistività medi (associabili a terreni asciutti limoso-sabbiosi), la seconda si sviluppa fino a circa 10 m di profondità e presenta valori di resistività medio-bassi associabili a terreni prevalentemente fini (limi-argillosi deb. sabbiosi) e saturi.

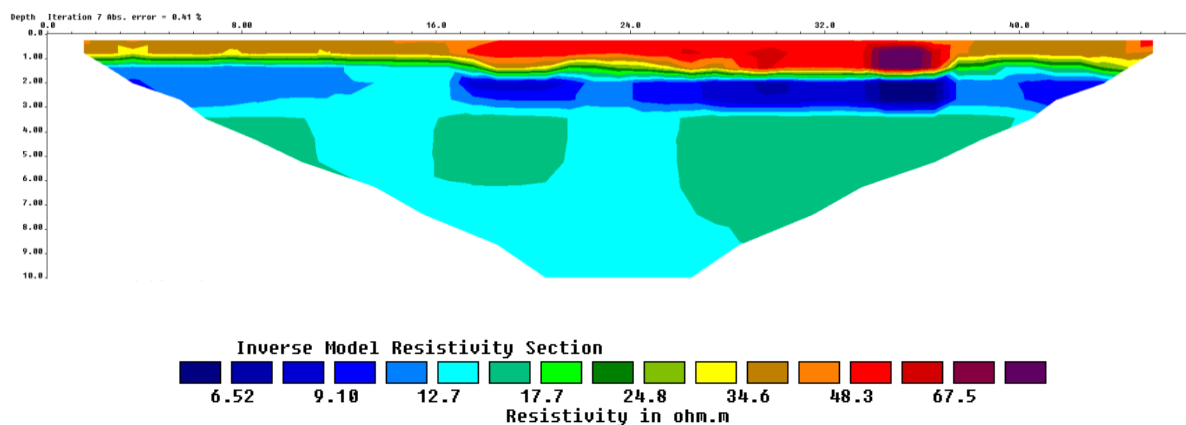


Figura 8.1: Sezione 2D elaborata dei valori di resistività - ERT1.

9. ALLEGATI-INDAGINI GEOGNOSTICHE

TABELLA PROVE PENETROMETRICHE

Profondità	DP1	DP2	Unità Geotec
m da p.c.	N. Colpi [N ₃₀]	N. Colpi [N ₃₀]	
0.3	5	3	TV
0.6	8	3	
0.9	8	3	A
1.2	8	5	
1.5	6	2	
1.8	7	4	
2.1	4	3	
2.4	3	6	
2.7	2	2	B
3.0	2	2	
3.3	1	2	
3.6	1	3	
3.9	3	4	
4.2	3	4	
4.5	4	4	
4.8	4	6	
5.1	6	6	
5.4	6	8	
5.7	8	12	
6.0	6	14	C
6.3	10	17	
6.6	10	14	
6.9	15	15	
7.2	15	17	
7.5	16	17	
7.8	16	13	
8.1	17	14	
8.4	20	14	
8.7	19	15	
9.0	19	16	
9.3	20	18	
9.6	20	21	
9.9	20	17	
10.2	19	20	

Profondità della falda = 2.4 m da p.c. (data rilievo 11/12/2023)

MASW M1 - CURVA DI DISPERSIONE e PICKING

Acq. attiva: 24 geofoni passo = 2.0 m, Sorgente = 6-10 m, $T_s = 1$ msec, $T_L = 2$ sec.

Acq. Passiva: 24 geofoni con interdistanza = 2.0 m, $T_s = 4$ msec, $T_L = 30$ sec

Elaborazione dati: SurfSeis 6.0 della Kansas University, Park C. B., 2019)

