

# IMPIANTO FOTOVOLTAICO EG MARCO POLO SRL E OPERE CONNESSE

POTENZA IMPIANTO 29.73 MWp - COMUNE DI CANARO (RO)

## Proponente

**EG MARCO POLO S.R.L.**

VIA DEI PELLEGRINI 22 – 20122 MILANO (MI) - P.IVA: 11769710960 – PEC: [egmarcopolo@pec.it](mailto:egmarcopolo@pec.it)



## Progettazione



**Ing. Alberto Rizzioli**

VIA R. ZANDONAI 4 – 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 – PEC: [incico@pec.it](mailto:incico@pec.it)

Tel.: +39 0532 202613 – email: [a.rizzioli@incico.com](mailto:a.rizzioli@incico.com)



## Collaboratori



**P.ind. Michele Lambertini**

VIA R. ZANDONAI 4 – 44124 - FERRARA (FE) - P.IVA: 00522150382 – PEC: [incico@pec.it](mailto:incico@pec.it)

Tel.: +39 0532 202613 – email: [m.lambertini@incico.com](mailto:m.lambertini@incico.com)

## Coordinamento progettuale



**SOLAR IT S.R.L.**

VIA ILARIA ALPI 4 – 46100 - MANTOVA (MN) - P.IVA: 02627240209 – PEC: [solarit@lamiapec.it](mailto:solarit@lamiapec.it)

Tel.: +390425 072 257 – email: [info@solaritglobal.com](mailto:info@solaritglobal.com)

## Titolo Elaborato

Relazione geologica e geotecnica preliminare – Inquadramento generale

LIVELLO PROGETTAZIONE	CODICE ELABORATO	FILE NAME	DATA
DEFINITIVO	PD_REL21.a	Relazione geologia	24/05/2022

## Revisioni

REV.	DATA	DESCRIZIONE	ESEGUITO	VERIFICATO	APPROVATO
0	21/11/21	EMISSIONE PER PERMITTING	MB	MB	EG
1	24/05/22	INCREMENTO POTENZA	TV	MLA	AFA



COMUNE DI CANARO (RO)  
REGIONE VENERO





**Studio Servizi Tecnici**  
Settore geologia e ambiente

**DOTT. GEOL. THOMAS VERONESE**

Via Roma, 10

44021 CODIGORO (Ferrara)

Tel e fax. 0533 / 713798 – cell. 335. 5240380

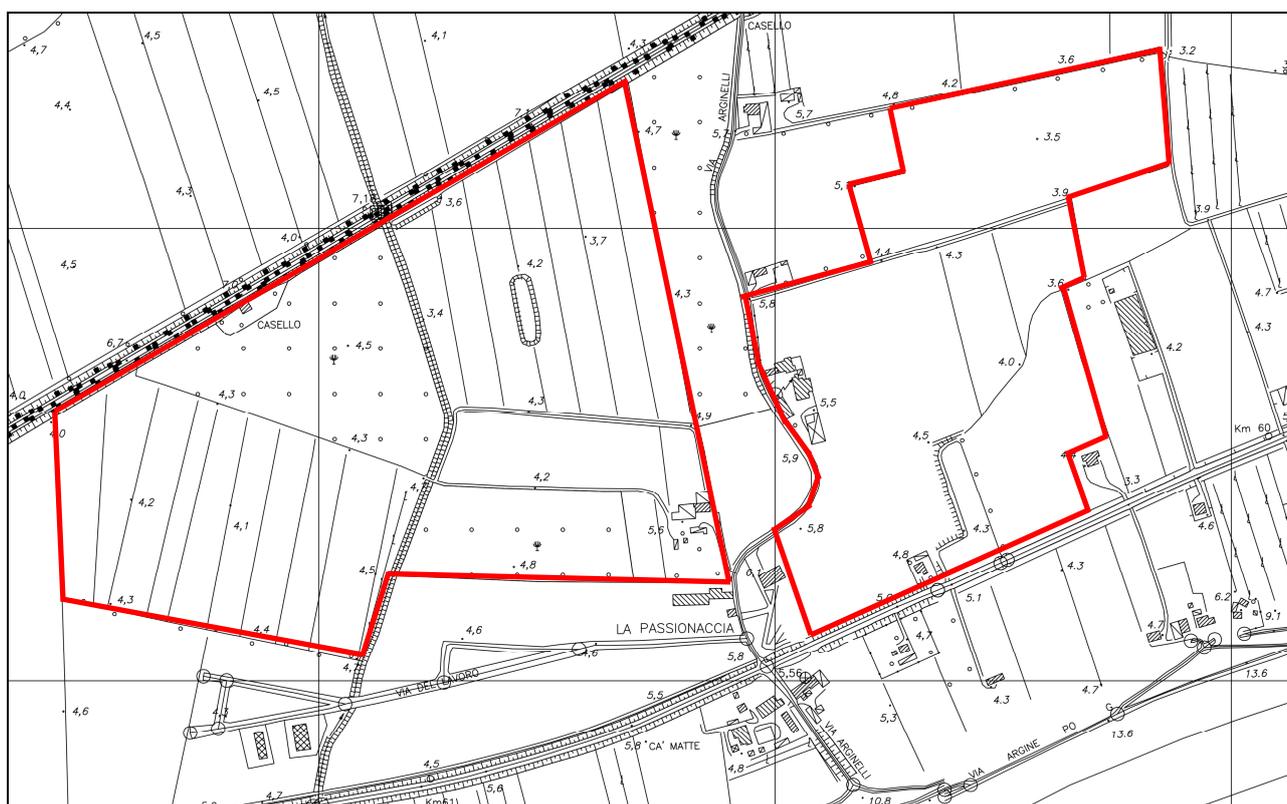
E-mail: t.veronese@studio-sst.it

**STUDIO DI FATTIBILITÀ**  
**MODELLAZIONE GEOLOGICA, SISMICA e IDROGEOLOGICA**

**COMUNE DI CANARO**

Provincia di Rovigo

Studio di fattibilità e progetto preliminare per la realizzazione di nuovi impianti  
fotovoltaici in Località Cà Matta a Canaro (Ro)



Committenti: **EG MARCO POLO S.R.L.**  
Sede in: via Dei Pellegrini 22  
20122 Milano (Mi)

09 giugno 2022

**Studio S.S.T. Settore geologia e ambiente**

Geotecnica; Studio terreni di fondazione; Rilevamento geologico; Rilievi topografici; Geofisica - Contributi allo Studio di Impatto Ambientale; Assistenza alle pubbliche amministrazioni negli studi di fattibilità e di realizzazione dei P.R.G., cimiteri, discariche, piani attività estrattive, studi di acquiferi per la tutela e per l'utilizzo di risorse idriche sotterranee; subirrigazioni.



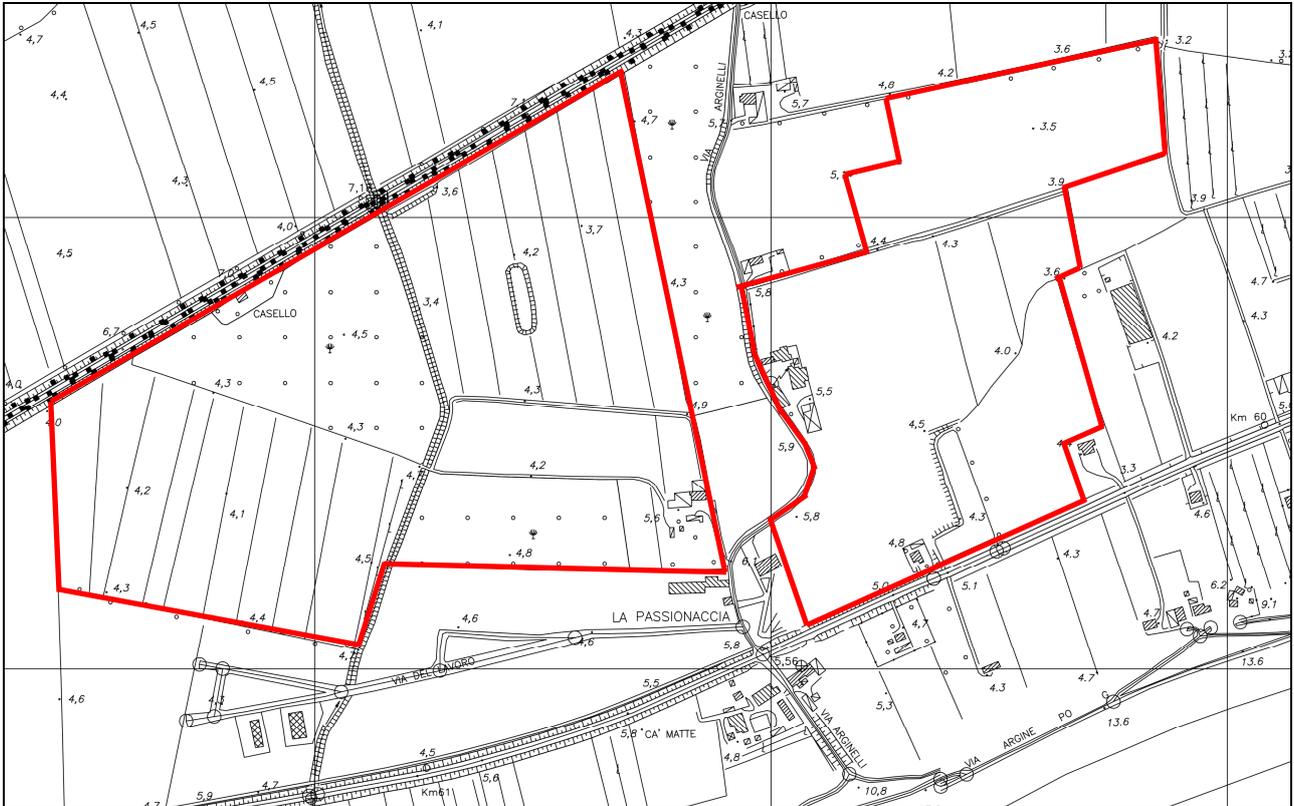
INDICE:

<b>1. PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>NORMATIVA E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>2. MODELLAZIONE GEOLOGICA .....</b>	<b>4</b>
2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA .....	4
2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI .....	9
2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI .....	18
2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI .....	20
<b>3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI .....</b>	<b>24</b>
3.1. DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA .....	24
<i>Categoria di suolo di fondazione.....</i>	<i>24</i>
<i>Parametri sismici secondo "D.M. 17 gennaio 2018" .....</i>	<i>29</i>
<i>Magnitudo di progetto .....</i>	<i>32</i>
3.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE.....	33
3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI NEI TERRENI GRANULARI .....	35
<b>4. MODELLAZIONE GEOTECNICA .....</b>	<b>36</b>
4.1. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO .....	39
<b>5. CONCLUSIONI .....</b>	<b>39</b>

## 1. PREMESSA

Su incarico della ditta EG Marco Polo s.r.l., con sede in via Dei Pellegrini 22, Milano (Mi), si redige lo studio di fattibilità per ricostruire la modellazione geologica, sismica e idrogeologica per il Progetto Preliminare di "realizzazione di nuovi impianti fotovoltaici" in Località Cà Matte a Canaro (Ro).

In **FIGURA 1.1** si riporta l'ubicazione dell'area di intervento.



**FIGURA 1.1** – Planimetria dell'area di intervento

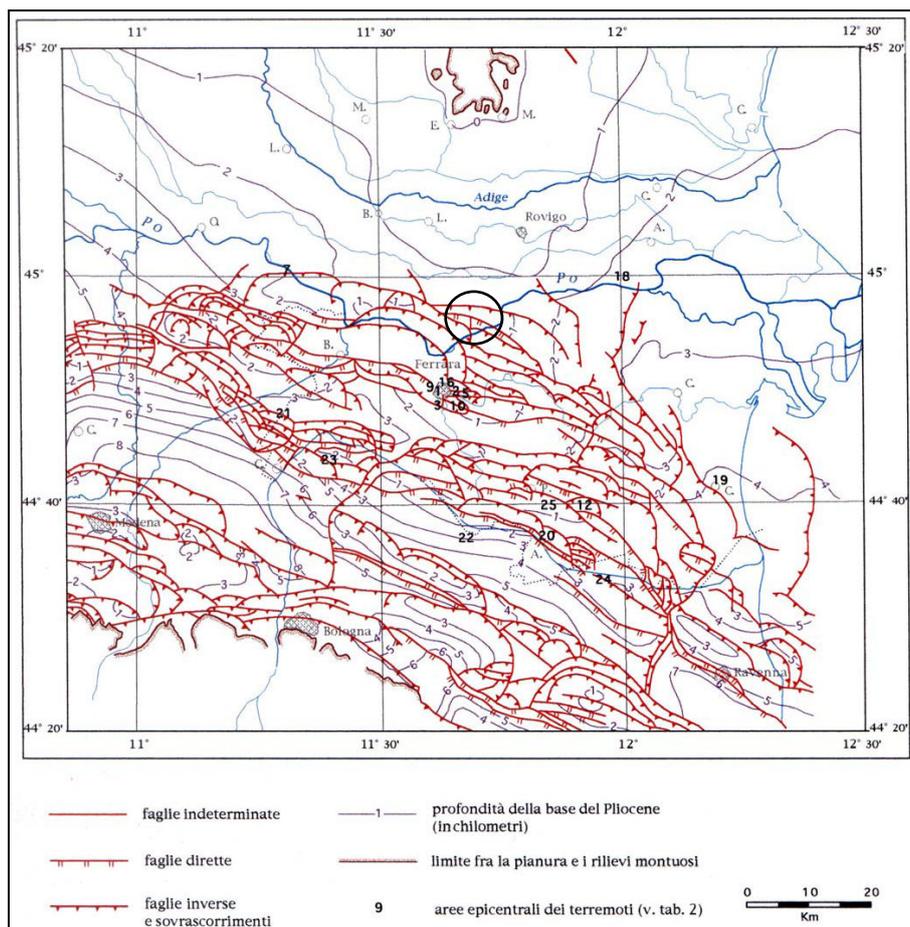
### **Normativa e Raccomandazioni di riferimento**

- Decreto del Ministro delle Infrastrutture 17 gennaio 2018 Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare n. 7/2019 del C.S.LL.PP.: Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni” di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 Gazzetta Ufficiale n. 35/2019 - 11 febbraio 2019.
- DGR Veneto n. 244 del 09/03/2021 "Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto, D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380, art. 83, comma 3;D.Lgs. 31 marzo 1998 n. 112, artt. 93 e 94 D.G.R./CR n.1 del 19/01/2021 (Bur n. 38 del 16/03/2021).
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)  
“Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche (giugno 1977).
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)  
“Raccomandazioni sui pali di fondazione (dicembre 1984)”.
- A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana)  
“Aspetti geotecnici nella progettazione in zona sismica (Edizione Provvisoria, marzo 2005)”.
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.  
Eurocode EC-7: Geotechnics, design – dicembre 1987.
- C.N.R. UNI Ente Nazionale Italiano di Unificazione.  
Eurocode EC-8: Design provisions for earthquake resistance of structures – ottobre 1994.

## 2. MODELLAZIONE GEOLOGICA

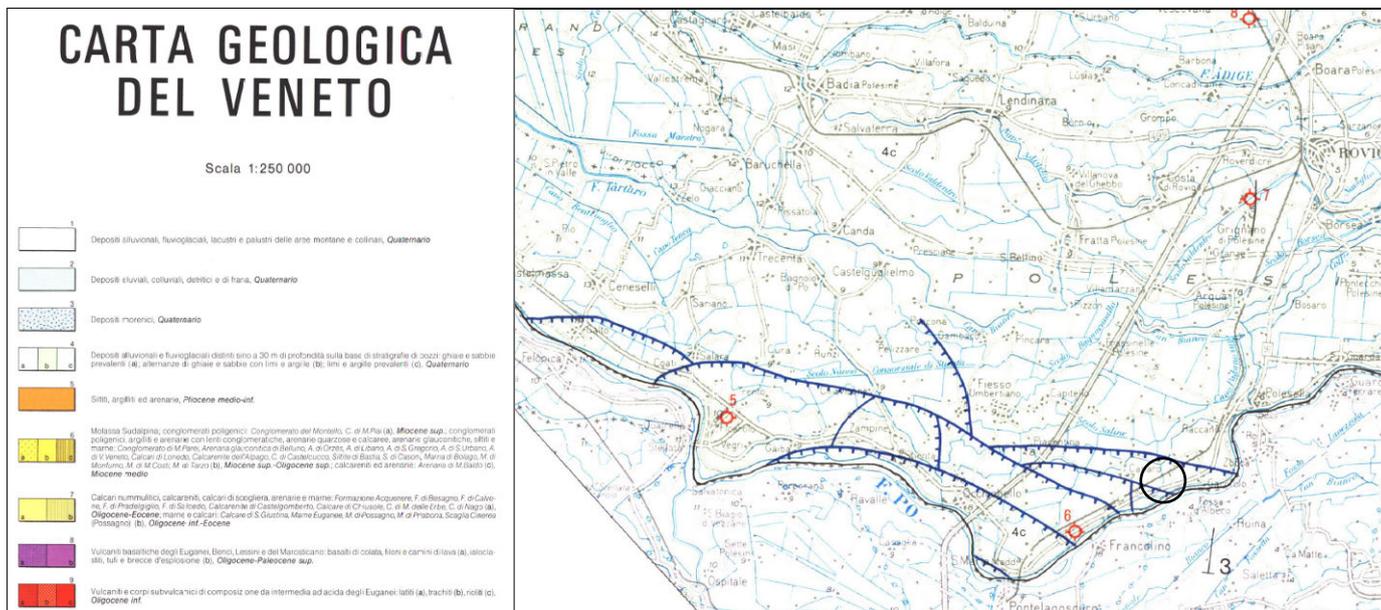
### 2.1. GEOLOGIA STRUTTURALE DELL'AREA

Nella **FIGURA 2.1** viene riportata la carta Strutturale della Pianura Padana, (R.E.R., 2004) con visibili le varie strutture sepolte e le faglie e sistemi trascorrenti attivi e non attivi, che sono all'origine della nuova attribuzione alla Zona sismica 3, in cui Canaro è stato inserito nella OPCM 3274/2003. Ora con la DGR n. 244 del 09/03/2021 il comune di Canaro è confermato in Zona 3. Successivamente, con la DGR Veneto n. 244 del 09/03/2021 "Aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche del Veneto, D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380, art. 83, comma 3; D.Lgs. 31 marzo 1998 n. 112, artt. 93 e 94 D.G.R./CR n.1 del 19/01/2021 (Bur n. 38 del 16/03/2021), questo comune è stato classificato in Zona sismica 3, pur non modificando le accelerazioni sismiche al bedrock sismico.



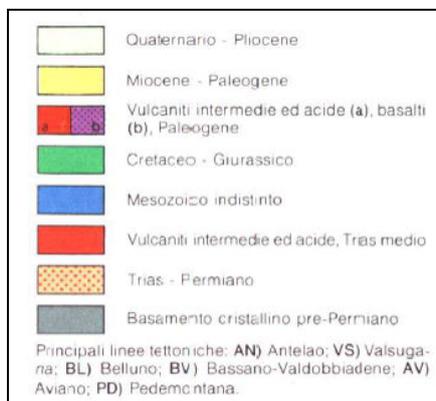
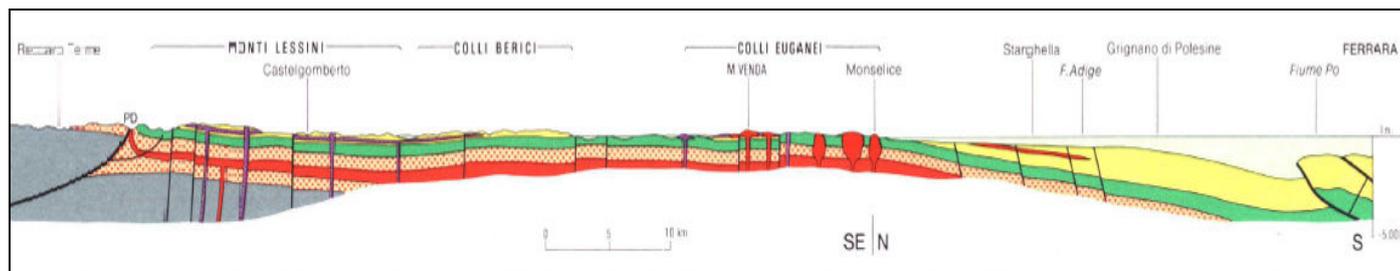
**FIGURA 2.1** – Carta strutturale della Pianura Padana (Pieri e Groppi, 1992)

Nella **FIGURA 2.2** uno stralcio della Carta Geologica del Veneto (Scala 1:250.000) che riporta in dettaglio la situazione strutturale della zona; dalla medesima carta emerge come il sito allo studio sia caratterizzato da depositi di tipo alluvionale (quaternario).



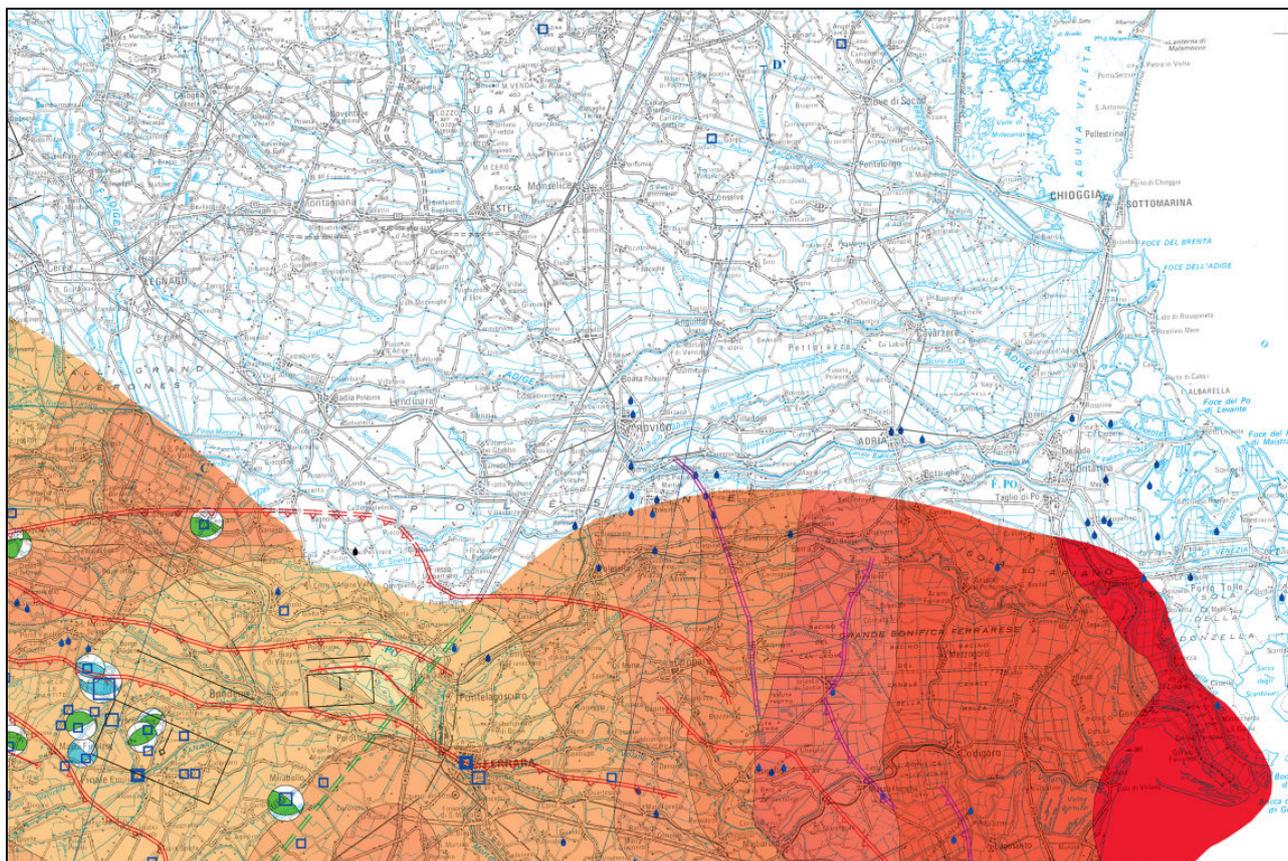
**FIGURA 2.2** – Carta Geologica del veneto (Fonte: [http://servizi regionali.org/prac/oggetti/1\\_0\\_geo\\_250.pdf](http://servizi regionali.org/prac/oggetti/1_0_geo_250.pdf))

Nella **FIGURA 2.3** si riporta una sezione (sez. 3) passante per Ferrara, il Fiume Po e Stanghella, l'area allo studio è ubicata poco più ad est.

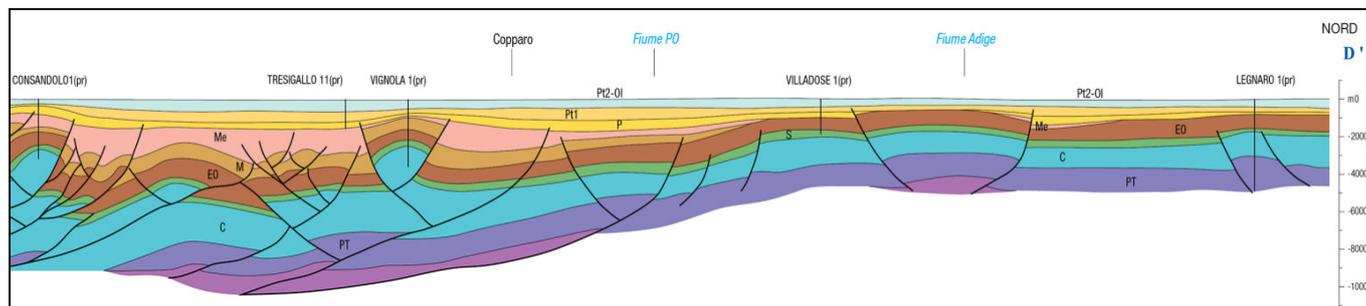


**FIGURA 2.3** – Sezione geologica (sez. 3) tratta dalla Carta Geologica della Regione Veneto (Fonte: [http://servizi regionali.org/prac/oggetti/1\\_0\\_geo\\_250.pdf](http://servizi regionali.org/prac/oggetti/1_0_geo_250.pdf))

Anche dalla carta sismotettonica della regione Emilia Romagna è presente una sezione geologica profonda passante per Rovigo (**FIGURA 2.4**). Se ne riporta in **FIGURA 2.5** lo stralcio da Consandolo (FE) fino a Legnaro (PD).

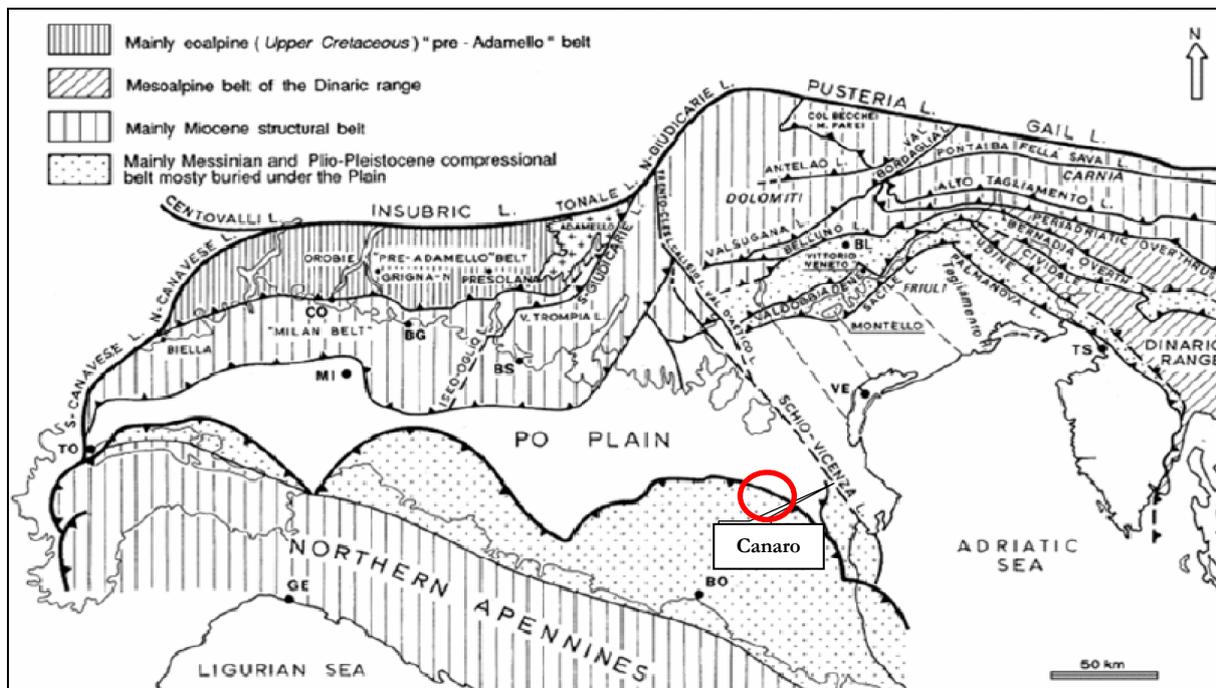


**FIGURA 2.4** - stralcio carta sismotettonica dell'Emilia Romagna con la sezione geologica passante per Rovigo



**FIGURA 2.5** - Sezione geologica profonda tra i 5000 e i 10000m

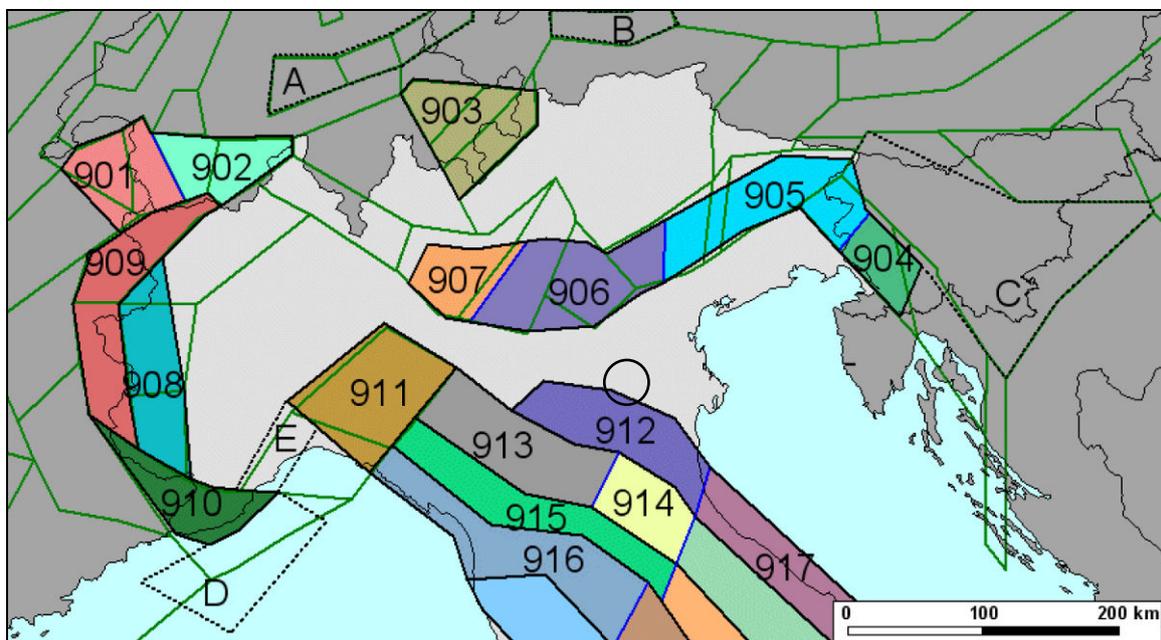
In **FIGURA 2.6** si riporta lo Schema strutturale dell'area subalpina e dell'avanfossa della Pianura padana con l'ubicazione di Canaro. L'area di pianura in cui è compresa l'area in esame appartiene dal punto di vista geologico all'avampaese intermedio tra i fronti dei rilievi appenninico e alpino, rispettivamente a Sud e a Nord. In particolare l'area giace sul fianco settentrionale della fossa padano-adriatica, avente una struttura a monoclinale immergente a sud, fino ad incontrare le pieghe sepolte denominate "Dorsale ferrarese" che rappresentano il fronte più settentrionale della catena appenninica.



**FIGURA 2.6** - Schema strutturale dell'area subalpina e dell'avanfossa della Pianura padana

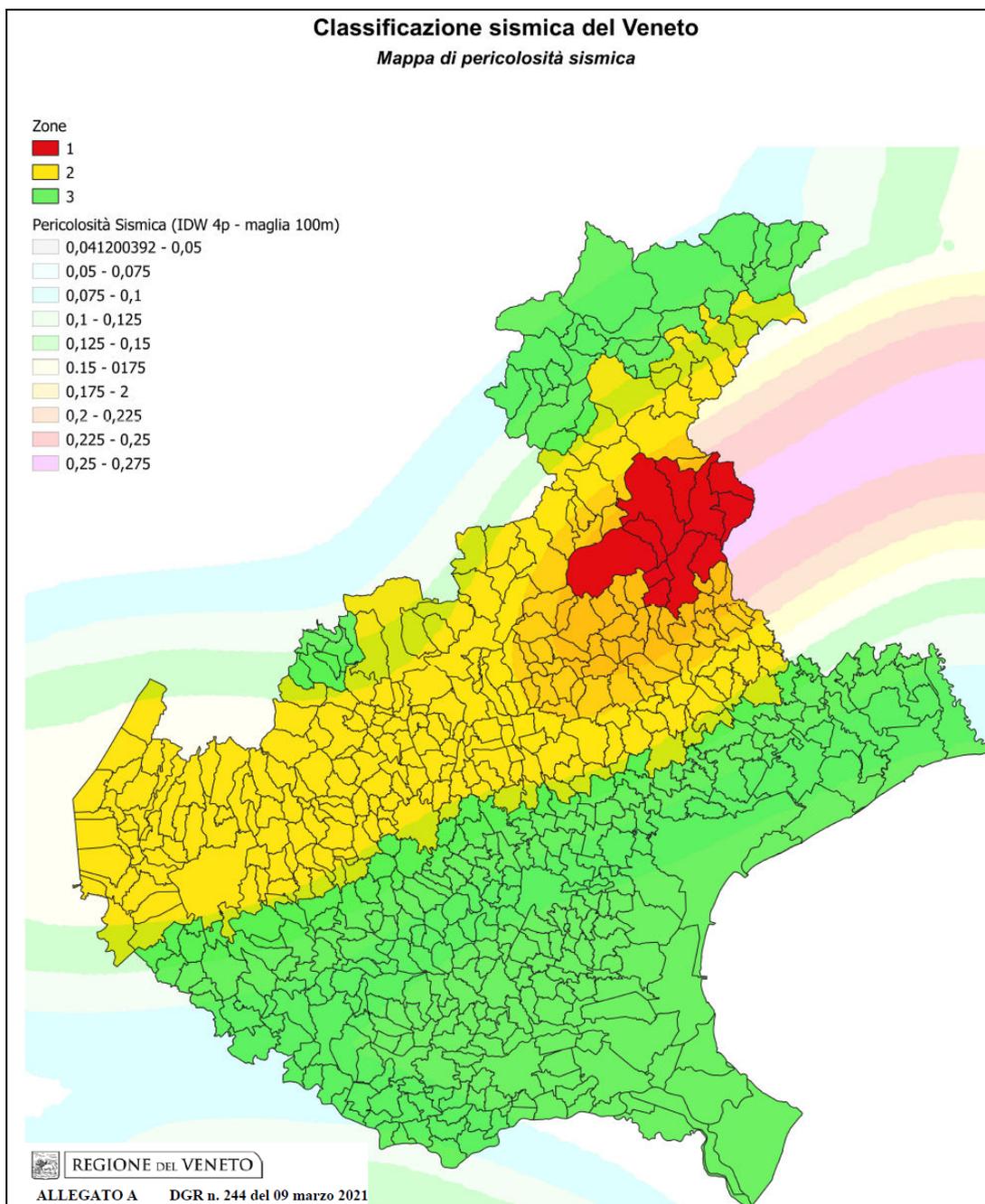
Si fa inoltre presente che il territorio comunale di Canaro in cui è ubicato il sito allo studio ricade al di fuori della zona sismogenetica 912 (**FIGURA 2.7**), infatti si può affermare che l'area in esame è al di fuori della Dorsale Ferrarese e dunque non è sede epicentrale di eventi sismici.

Di conseguenza in questa zona è previsto che si verifichino sismi con energie piuttosto limitate, di Magnitudo non superiori a 5,50.



**FIGURA 2.7** - Mappa delle aree sismogenetiche dell'Italia Settentrionale

Ora con la DGR n. 244 del 09/03/2021 (**FIGURA 2.8**) il comune di Canaro è diventato Zona 3, pur mantenendo inalterata la pericolosità sismica di base (PGA a Bedrock).



1. Ciascun comune è stato classificato mediante un valore di accelerazione massima del suolo ( $A_g$ ) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s30} > 800$  m/s, secondo lo schema seguente:

Tabella Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ )	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $A_g$ )
1	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g
4	$a_g \leq 0,05$ g	0,05 g

**FIGURA 2.8** - Nuova Classificazione sismica del Veneto

## 2.2. CARATTERI STRATIGRAFICI E LITOLOGICI

La formazione dell'ambiente, nella sua configurazione attuale, è relativamente recente e consegue a ripetute variazioni dei rapporti di equilibrio tra livello del mare, apporti solidi dei corsi d'acqua, entità di subsidenza e, non ultimo, l'intervento umano. Nell'attuale configurazione fisica del territorio sono riconoscibili le tracce sia della sua evoluzione naturale che quella operata dall'uomo.

Tra le più evidenti e più importanti nel disegnare l'assetto morfologico si possono elencare i paleoalvei, i conici di esondazione, i cordoni dunari testimoni della veloce progradazione verso est della linea di costa, ed infine si individuano quelle aree particolarmente depresse che erano sede di bacini palustri.

Per ogni struttura geomorfologica corrisponde, in linea di massima, una caratteristica classe litologica; la granulometria e la storia tensionale, strettamente legata alla storia geologica, ne condizionano le caratteristiche meccaniche ed idrauliche.

La topografia stessa dei nostri terreni è condizionata dalle strutture geomorfologiche.

Le strutture geomorfologiche sono molteplici ed oltre ad avere questa distribuzione così eterogenea in senso orizzontale sul territorio, ce l'hanno anche in senso verticale, cioè esistono nel sottosuolo strutture sepolte come possono essere depositi marini, deltizi, eolici, alluvionali, palustri, paleoalvei, ecc. con le tipiche caratteristiche granulometriche dei litotipi che costituiscono le strutture emerse che riconosciamo in campagna.

**Data l'urgenza e la modesta rilevanza dell'intervento, non in termini economici, ma in termini di interazione con il terreno di fondazione, il progettista strutturista, responsabile della progettazione delle indagini, come prescritto al paragrafo 6.2.2 delle NTC2018, propende di ricorrere ad indagini bibliografiche eseguite nell'intorno del sito allo studio, considerando che questa è una relazione per uno studio di fattibilità. Si rimanda alla fase della progettazione definitiva ed esecutiva l'esecuzione di idonee indagini geologiche, geotecniche e sismiche, per validare le assunzioni fatte in questa sede.**

### 6.2.2. INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA

Le indagini geotecniche devono essere programmate in funzione del tipo di opera e/o di intervento, devono riguardare il volume significativo e, in presenza di azioni sismiche, devono essere conformi a quanto prescritto ai §§ 3.2.2 e 7.11.2. Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso. Le indagini devono permettere la definizione dei modelli geotecnici di sottosuolo necessari alla progettazione. Della definizione del piano delle indagini, della caratterizzazione e della modellazione geotecnica è responsabile il progettista.

Ai fini dell'analisi quantitativa di uno specifico problema, per modello geotecnico di sottosuolo si intende uno schema rappresentativo del volume significativo di terreno, suddiviso in unità omogenee sotto il profilo fisico-meccanico, che devono essere caratterizzate con riferimento allo specifico problema geotecnico. Nel modello geotecnico di sottosuolo devono essere definiti il regime delle pressioni interstiziali e i valori caratteristici dei parametri geotecnici.

Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato. I valori caratteristici delle proprietà fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere dedotti dall'interpretazione dei risultati di specifiche prove di laboratorio su campioni rappresentativi di terreno e di prove e misure in sito.

Per gli ammassi rocciosi e per i terreni a struttura complessa, nella valutazione della resistenza caratteristica occorre tener conto della natura e delle caratteristiche geometriche e di resistenza delle discontinuità. Deve inoltre essere specificato se la resistenza caratteristica si riferisce alle discontinuità o all'ammasso roccioso.

Per la verifica delle condizioni di sicurezza e delle prestazioni di cui al successivo § 6.2.4, la scelta dei valori caratteristici delle quote piezometriche e delle pressioni interstiziali deve tenere conto della loro variabilità spaziale e temporale.

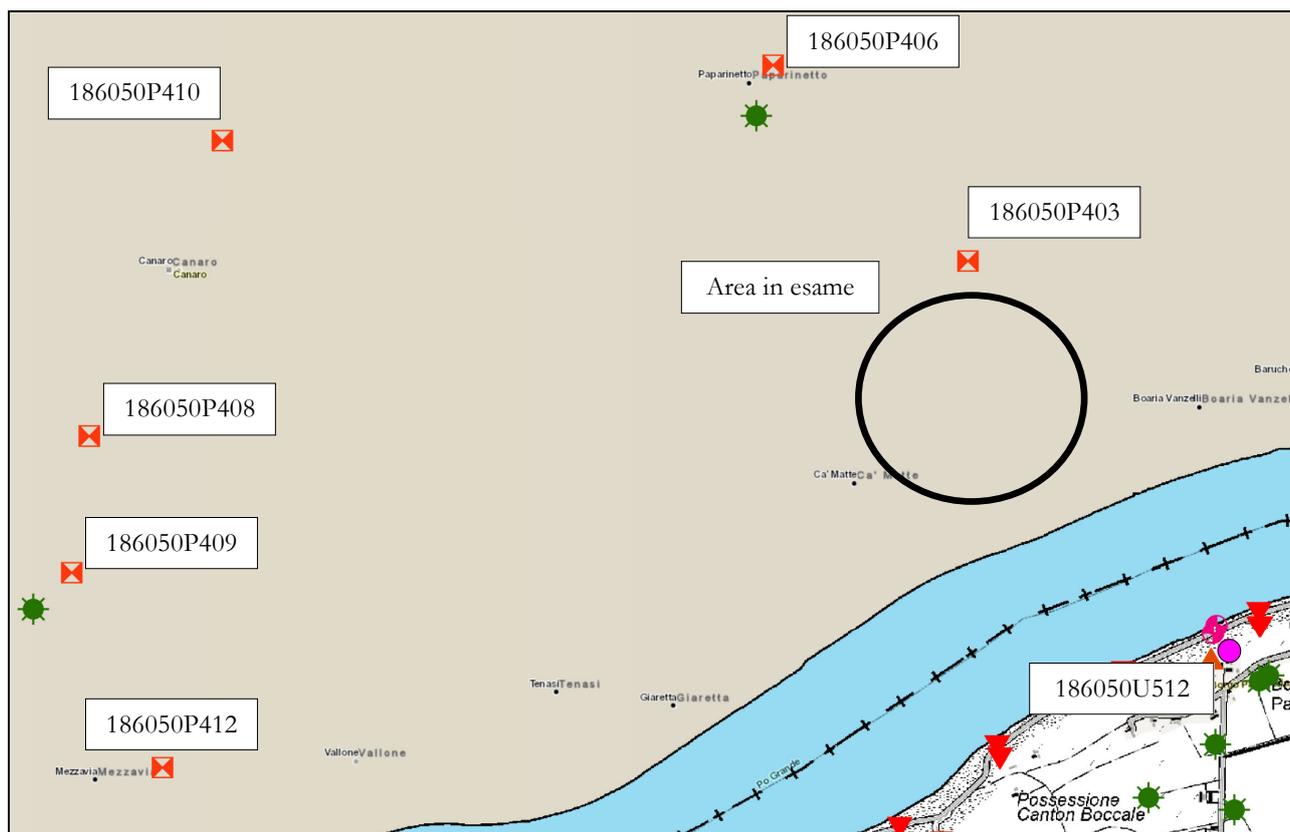
Le prove di laboratorio, sulle terre e sulle rocce, devono essere eseguite e certificate dai laboratori di prova di cui all'art. 59 del DPR 6 giugno 2001, n. 380. I laboratori su indicati fanno parte dell'elenco depositato presso il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata su preesistenti indagini e prove documentate, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali.

Per la validazione del modello geologico è stata presa in considerazione una campagna di indagine per la ricostruzione di un modello del terreno che permetta di definire al meglio la stratigrafia del sottosuolo dell'area in esame, consistente in indagini bibliografiche presenti nell'intorno dell'area.

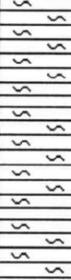
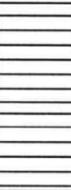
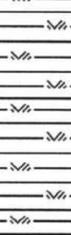
Vengono dunque considerati dei sondaggi a carotaggio continuo e una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU.

In **FIGURA 2.9** si riporta uno stralcio della C.T.R. e un ortofoto con l'ubicazione delle indagini bibliografiche prese in considerazione, presenti nell'intorno dell'area allo studio.



**FIGURA 2.9** - Stralcio di C.T.R. e ortofoto con l'ubicazione delle indagini presenti

Il punto investigato con il sondaggio S1 con rif. **186050P403** rileva:

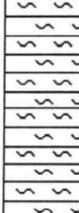
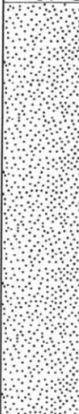
 <b>GEOHYDRODATA s. a. s.</b> sistemi e metodi per investigare il sottosuolo 45100 ROVIGO Via Porta a mare, 9 Tel. - Fax 0425 - 490494 C. F. e P. IVA 00923960298		Inizio Esecuzione 22/11/1997	Fine Esecuzione 22/11/1997	METODO PERFOR. a carotaggio continuo	SONDAGGIO 20									
		QUOTA 4.60 m.		ATTREZZO Sonda oleodinamica tipo DDGS120										
COMMITTENTE Amm.ne Comunale di CANARO				LOCALITA' CANARO										
CAMPIONI Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]			FOTO		Livello Acqua									
					Prof. Foro 3.40									
					Prof. Riv. 2.20									
					Assistente OPERATORE									
Data 16/12/97	Mt. p.c. 2.20													
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2		
	0.40					sabbia grigia								
1	1.60					argilla limosa nocciola								
2	2.40					argilla nocciola							2.20	
3	3.40					argilla torbosa grigia							3.00	
4														

Sondaggio 186050P403

Il punto investigato con il sondaggio S1 con rif. **186050P406** rileva:

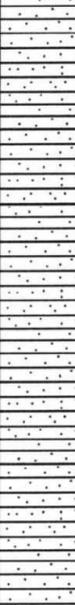
 <b>GEOHYDRODATA s.a.s.</b> sistemi e metodi per investigare il sottosuolo		Inizio Esecuzione 15/11/1997	Fine Esecuzione 15/11/1997	METODO PERFOR. a carotaggio continuo	SONDAGGIO 39
45100 ROVIGO Via Porta a mare, 9 Tel. - Fax 0425 - 490494 C. F. e P. IVA 00923960298		QUOTA 4.10 m.		ATTREZZO Sonda oleodinamica tipo DDGS120	
COMMITTENTE Amm.ne Comunale di CANARO				LOCALITA' CANARO - P.R.G. 1997 -	
CAMPIONI Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]			FOTO		Livello Acqua
					Prof. Foro
					Prof. Riv.
					Assistente
					OPERATORE
					Data 16/12/97
					Mt. p.c. 2.80
					3.40

MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2		
1	.90					limo argilloso marrone								
2	2.60					sabbia fine nocciola								
3	3.40					sabbia argillosa a tratti con r.v.								
4														

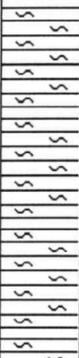
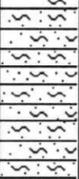
Sondaggio 186050P406

Il punto investigato con il sondaggio S1 con rif. **186050P410** rileva:

 <b>GEOHYDRODATA s.a.s.</b> sistemi e metodi per investigare il sottosuolo 45100 ROVIGO Via Porta a mare, 9 Tel. - Fax 0425 - 490494 C. F. e P. IVA 00923960298		Inizio Esecuzione 22/11/1997	Fine Esecuzione 22/11/1997	METODO PERFOR. a carotaggio continuo	SONDAGGIO <b>45</b>									
<b>QUOTA</b> 4.70 m.		<b>ATTREZZO</b> Sonda oleodinamica tipo DDGS120		<b>LOCALITA'</b> CANARO - P.R.G. 1997 -										
<b>COMMITTENTE</b> Amm.ne Comunale di CANARO				<b>CAMPIONI</b> Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI] Denison [D] Osterberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]										
<b>FOTO</b>		Livello Acqua		Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente								
Data 16/12/97		Mt. p.c. 1.90		3.40		OPERATORE								
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2		
1	.90					terreno di riporto								
2						argilla sabbiosa grigio scura						1.90		
3	3.40											3.00		
4														

*Sondaggio 186050P410*

Il punto investigato con il sondaggio S1 con rif. **186050P408** rileva:

 <b>GEOHYDRODATA s.a.s.</b> sistemi e metodi per investigare il sottosuolo		Inizio Esecuzione 15/11/1997	Fine Esecuzione 15/11/1997	METODO PERFOR. a carotaggio continuo	SONDAGGIO 41									
45100 ROVIGO Via Porta a mare, 9 Tel. - Fax 0425 - 490494 C. F. e P. IVA 00923960298		QUOTA 5.60 m.		ATTREZZO Sonda oleodinamica tipo DDGS120										
COMMITTENTE Amm.ne Comunale di CANARO				LOCALITA' CANARO - P.R.G. 1997 -										
CAMPIONI Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [RI] Denison [D] Ostemberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]			FOTO	Livello Acqua	Prof. Foro	Prof. Riv.	Assistente							
				Data 16/12/97	Mt. p.c. 2.30	3.40	OPERATORE							
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF		R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2	N1	N2	N3		
1						argilla limosa marrone								
2	1,50 2,20					limo sabbioso argilloso nocciola								
3	2,20 3,40					sabbia fine deb. limosa								
4														

*Sondaggio 186050P408*

Il punto investigato con il sondaggio S1 con rif. **186050P409** rileva:

<b>GHD</b> <b>GEOHYDRODATA s.a.s.</b> sistemi e metodi per investigare il sottosuolo		Inizio Esecuzione 22/11/1997	Fine Esecuzione 22/11/1997	METODO PERFOR. a carotaggio continuo	SONDAGGIO <b>44</b>									
45100 ROVIGO Via Porta a mare, 9 Tel. - Fax 0425 - 490494 C. F. e P. IVA 00923960298		QUOTA <b>5.00 m.</b>		ATTREZZO Sonda oleodinamica tipo DDGS120										
COMMITTENTE Amm.ne Comunale di CANARO				LOCALITA' CANARO - P.R.G. 1997 -										
CAMPIONI Carotiere Semplice [T1] Carotiere Doppio [T2] Rimaneggiati [R1] Denison [D] Ostemberg [OS] Shelby [SH] Indisturbati [IN]		FOTO		Livello Acqua	Prof. Foro	Prof. Riv.								
				Data 16/12/97	Mt. p.c. 2.43	3.40								
						Assistente								
						OPERATORE								
MT.	QUOTA DA P.C.	SIMBO LOGIA	CAMPIONI			DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	%	P.P.	T.V.	S.P.T.			Liv. acqua	Piezometro
			tipo	num	PROF					R.Q.D.	kg/cm2	kg/cm2		
	.50					argilla limosa grigia								
1	1.50					sabbia limoso argillosa								
2	2.10					argilla limosa nocciola								
3	3.40					sabbia fine nocciola						2.43		
4														

*Sondaggio 186050P409*

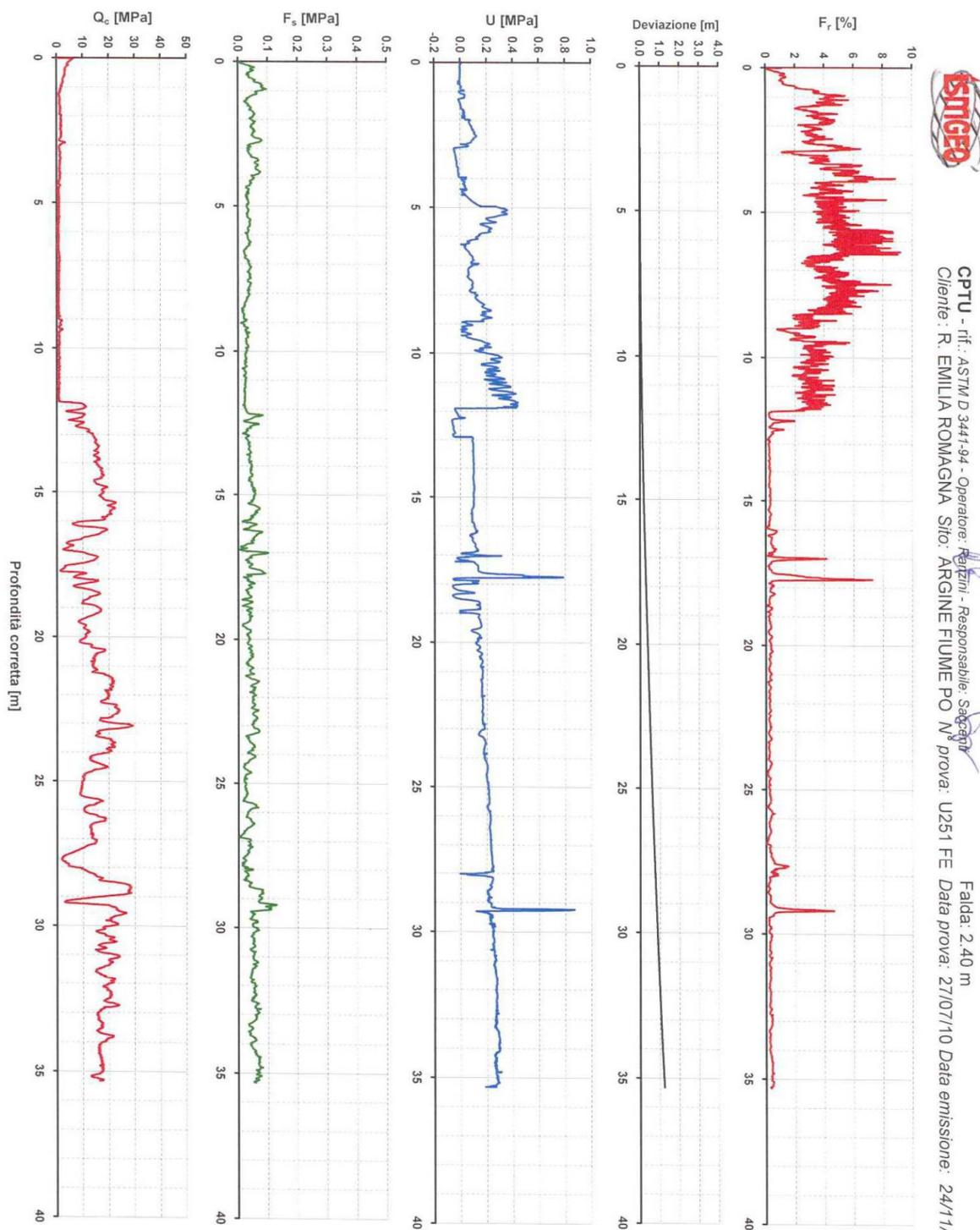
Il punto investigato con il sondaggio S1 con rif. **186050P412** rileva:

Data: 15.03.2017

COMMITTENTE: COMUNE DI CANARO		METODO DI PERFORAZIONE: CAROTAGGIO								
SONDAGGIO N°: 1		QUOTA INIZIO: P.C.		LOCALITA': SS 16 ADRIATICA - CANARO (RO)						
PROFON. mt	QUOTA	STRATIG.	CAMPIONE	PROF. CAMP.	DESCRIZIONE LITOLOGICA	% CAROT.	S.P.T.	POKET PENETR. Kg/cmq	VANE TEST Kg/cmq	FALDA
1					Da mt 0,00 a mt 1,00 terreno rimaneggiato, con inclusi vegetali e saltuaria presenza di frammenti di laterizi;					
2					da mt 1,00 a mt 4,00 limi argillosi debolmente sabbiosi di colore grigio nocciola;					
3					da mt 4,00 a mt 10,00 argille coese, debolmente limose di colore variabile tra il grigio chiaro e il grigio scuro.	90%				
4										
5										
6								1,70 1,60	0,60 0,60	
7										
8								1,70 2,20	0,70 0,90	
9				8,00 8,60						
10								1,10	0,50	

Sondaggio 186050P412

Il punto investigato con la prova penetrometrica statica CPTU con rif. 186050U512 rileva:



ISMGEO s.r.l. - Via Pastrengo, 9 - 24068 Seriate (BG) - tel: 035 303120 - fax: 035 290388 - Email: ismgeo@ismgeo.it

Concessione Ministeriale Decreto n° 55126 del 12 luglio 2006 - Settori A-B-C

### Diagramma di resistenza CPTU con rif. 186050U512

Le indagini geologiche presenti nell'intorno dell'area allo studio presentano una certa disomogeneità con terreni superficiali in prevalenza argilloso limosi e strati di sabbie e sabbie limose a varie profondità e con spessori diversi. Alcuni sondaggi presentano argille limose con sostanza organica e torba.

Il sito allo studio non può essere caratterizzato senza un'indagine puntuale data la disomogeneità riscontrata consultando i dati bibliografici attorno all'area allo studio.

### 2.3. CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Generalmente la formazione dei terreni in questa area è legata alla presenza di ambienti deposizionali fluviali del fiume Po.

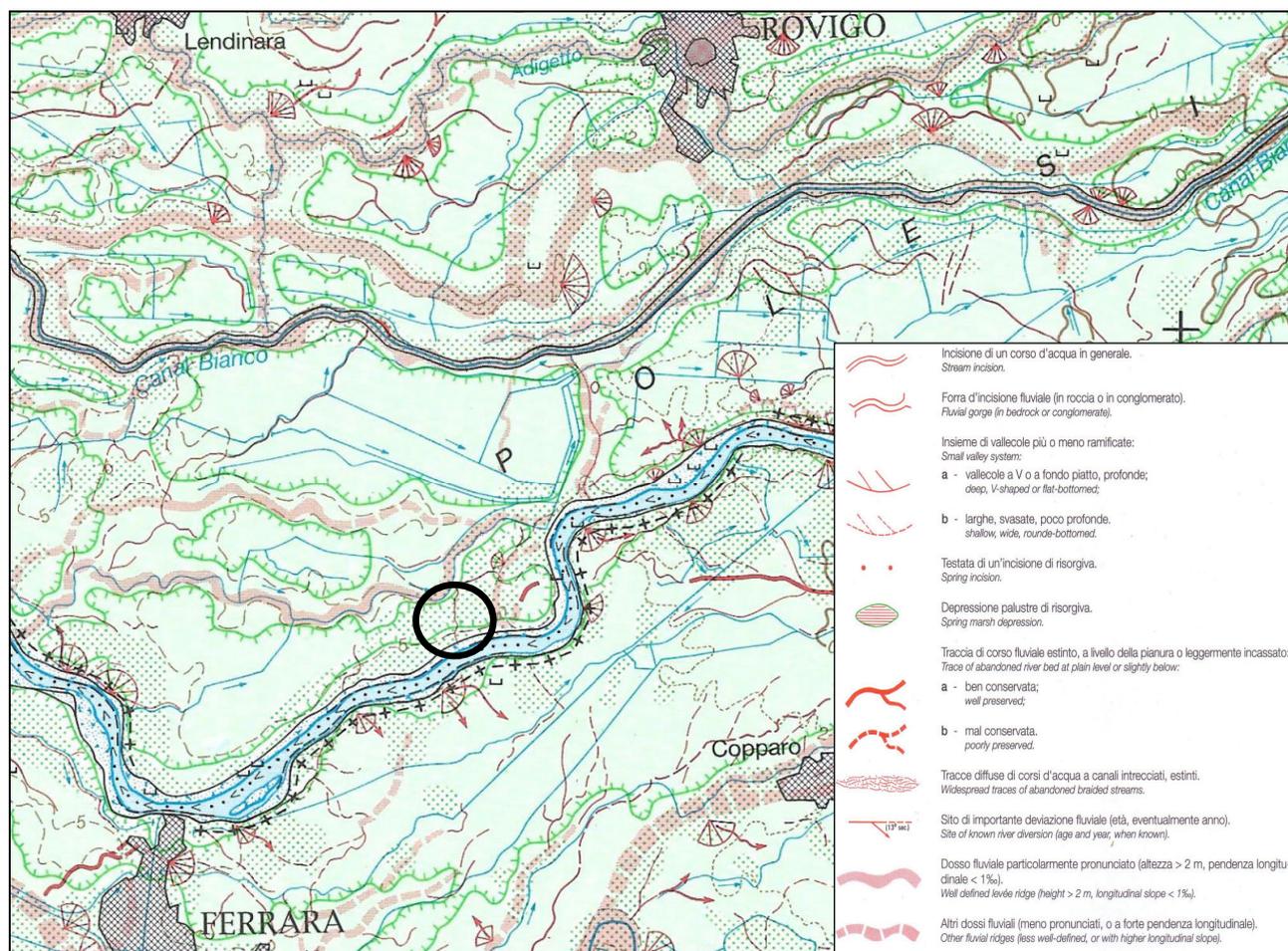
A ridosso e sopra i paleoalvei, prevalgono sedimenti di alta energia idrodinamica, caratterizzati da sabbie e limi; nelle aree più distanti, prevalgono invece sedimenti di bassa energia idrodinamica, quali argille e argille limose.

L'area allo studio è costituita in prevalenza da sedimenti coesivi di basse energie idrodinamiche, talora possono essere presenti anche lenti di torbe ed argille organiche, intercalati a livelli sabbiosi.

Dunque il sito in esame è contraddistinto per lo più da litologie di ambienti deposizionali fluviali distali dovuti alla prossimità del fiume Po, con sedimenti di bassa energia idrodinamica.

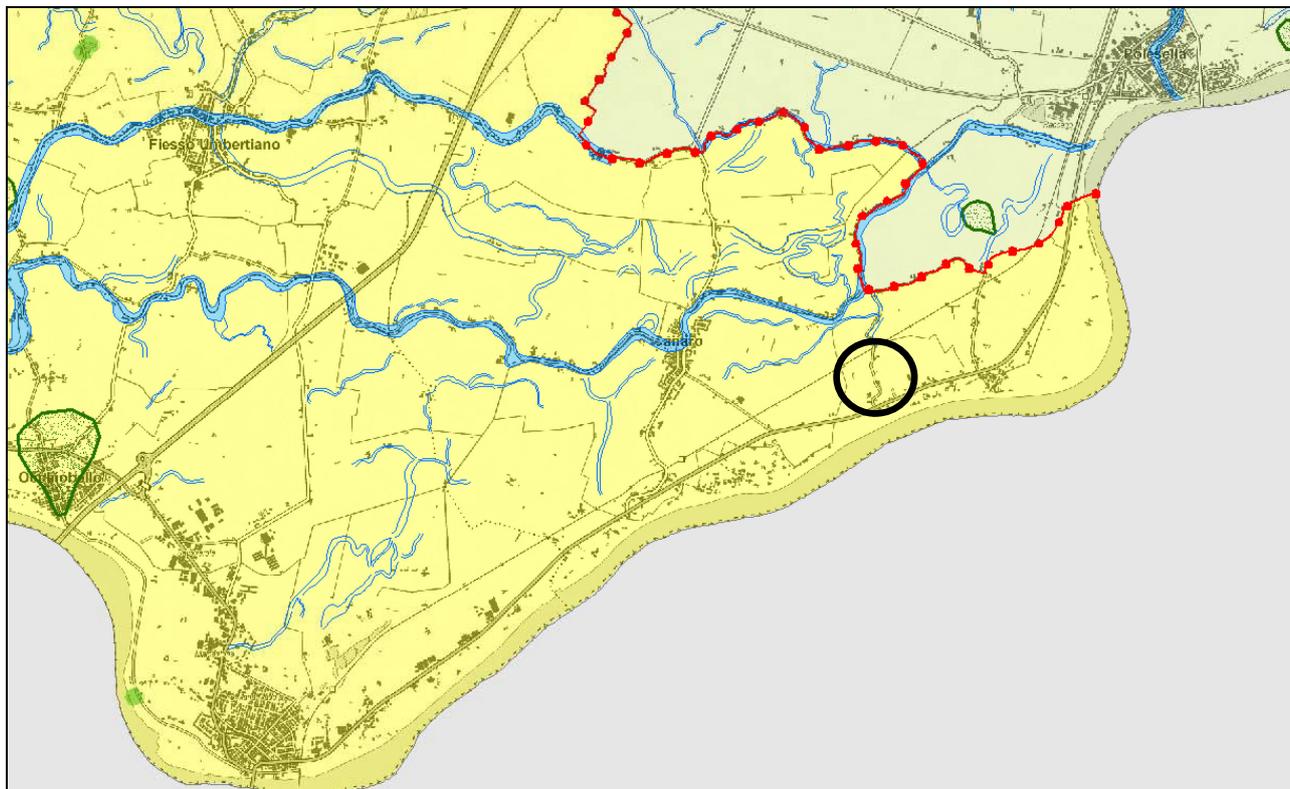
In **FIGURA 2.10** si riporta una zoomata della Carta Geomorfologia della Pianura padana del progetto MURST, dove si può notare come il sito allo studio sia ubicato su un'area caratterizzata da depositi fluviali della pianura alluvionale recente.

*Le litologie presenti non possono pertanto essere definite senza un'indagine puntuale, poiché sedimenti generalmente fini di esondazione fluviale, e sedimenti generalmente più grossolani di alveo, sono stati sovrapposti, rendendo possibile la presenza di sabbie, o limi, o argille, o torbe, o miscele binarie e ternarie degli stessi, senza il rispetto di regole fisse sulla loro presenza e sulla loro distribuzione geometrica.*



**FIGURA 2.10** – Zoomata della carta Geomorfologica della pianura padana con ubicazione area

Analizzando la **FIGURA 2.11**, che riporta una zoomata della Carta Geomorfologia del PTCP della Regione Veneto, si può notare come il sito allo studio sia ubicato su un'area caratterizzata da depositi fluviali della pianura alluvionale recente. La continuità di queste strutture geomorfologiche sono interrotte localmente dalla presenza di paleoalvei fluviali, che possono avere riempimento sia attivo che passivo.



**GEOMORFOLOGIA**

**Depositi alluvionali ed eolici**

-  Dosso
-  Ventaglio di esondazione
-  Paleoalveo (bordo)
-  Duna fossile

**Criticità geologiche**

-  Limite di zonizzazione sismica
-  Limite di area subsidente

**Linea di costa**

-  In arretramento
-  In avanzamento
-  Stabile

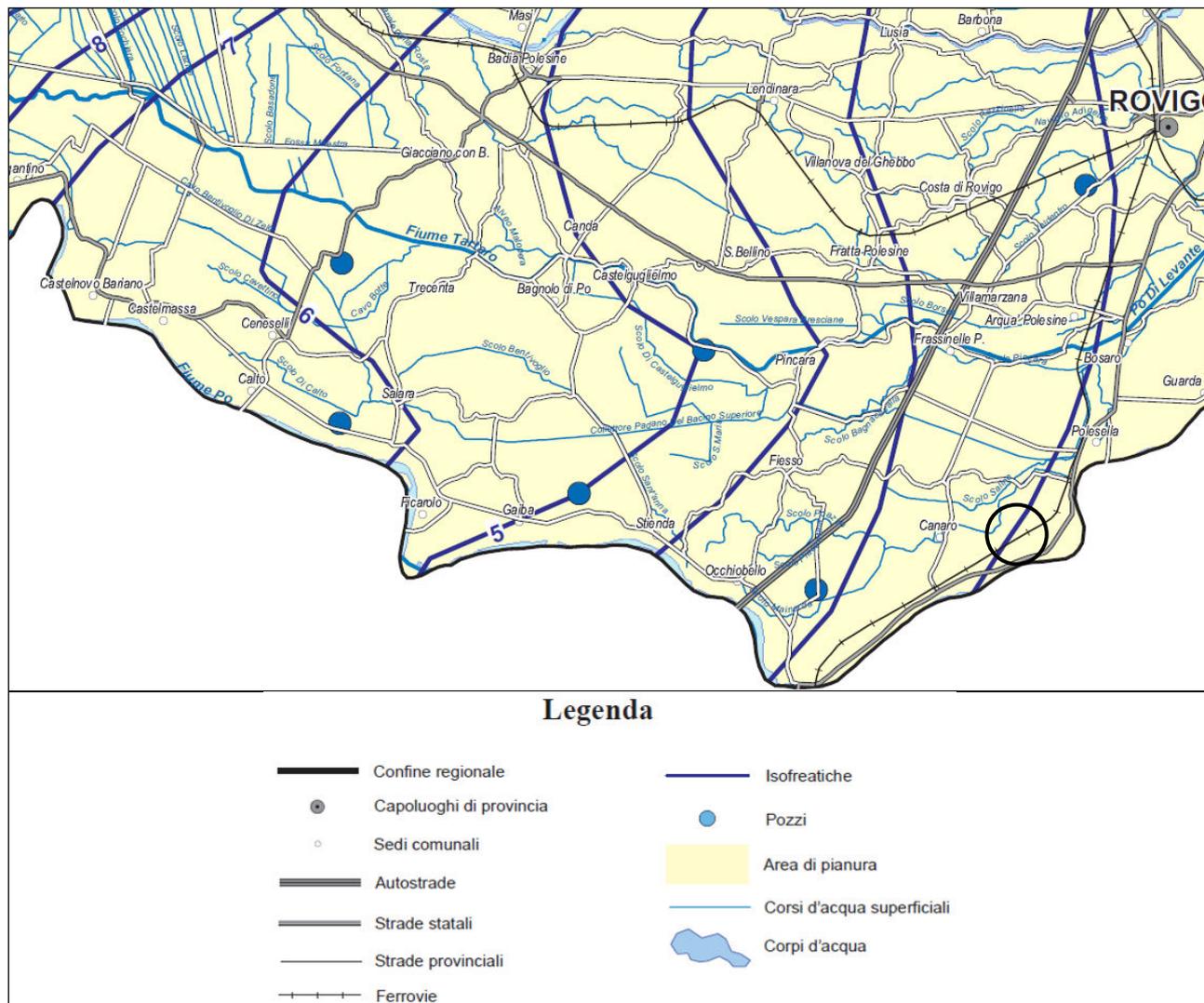
**Zonizzazione Sismica (O.P.C.M. 3274/2003)**

-  Zona 3
-  Zona 4

**FIGURA 2.11** – Zoomata della carta Geomorfologica del PTCP con ubicazione area

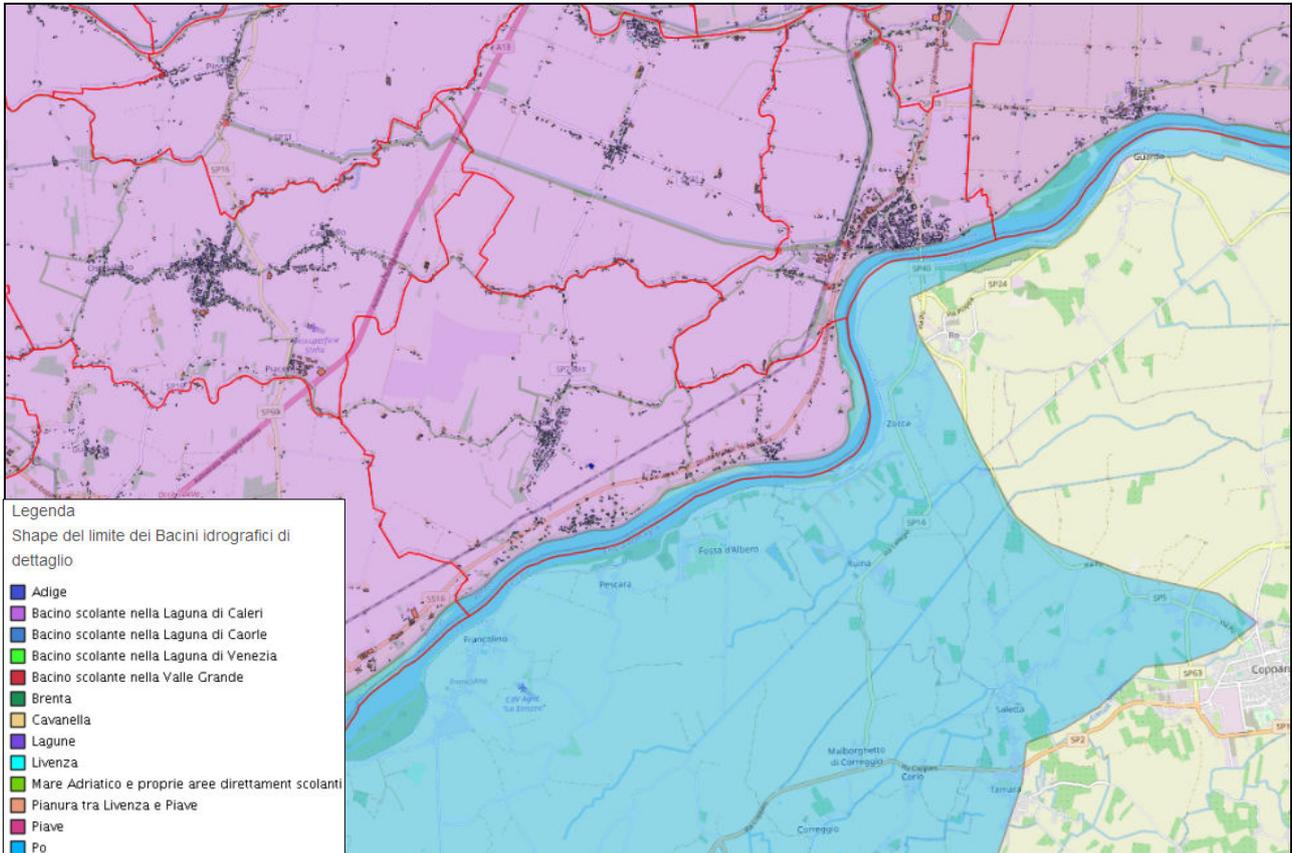
## 2.4. CARATTERI IDROGEOLOGICI

In **FIGURA 2.12** si riporta uno stralcio della Carta Idrogeologica di Pianura (tratto dal Piano di Attività estrattive, reperibile on-line) dove vengono evidenziati i tracciati dei canali che delimitano l'area in esame, l'andamento delle isofreatiche e i pozzi.



**FIGURA 2.12** – Carta idrogeologica di Pianura (Fonte: [http://servizi regionali.org/prac/oggetti/2\\_4\\_idrogeologia\\_250\\_cave.pdf](http://servizi regionali.org/prac/oggetti/2_4_idrogeologia_250_cave.pdf))

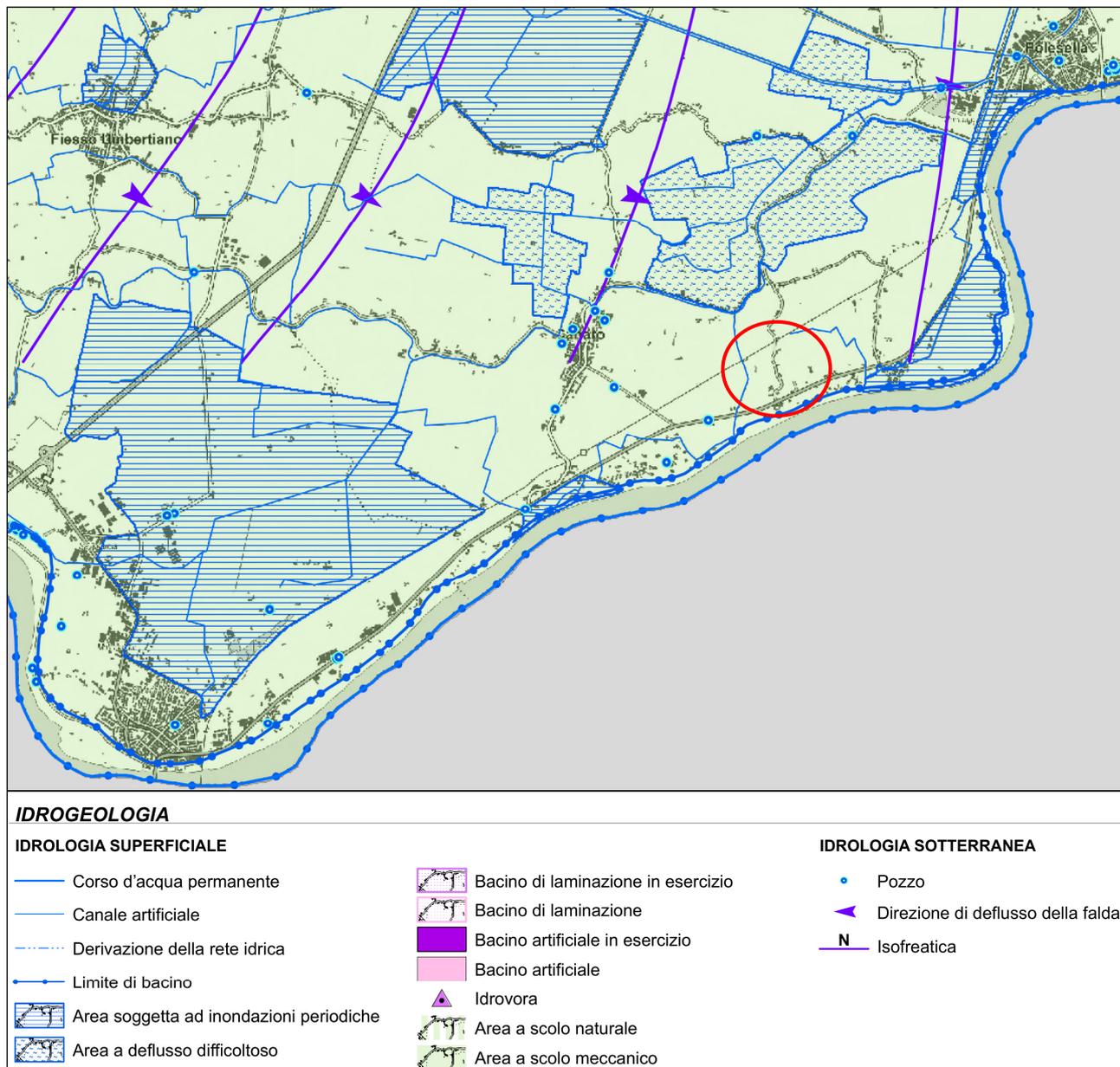
In **FIGURA 2.13** si riporta uno stralcio della carta dei Bacini idrografici di dettaglio, dal Geoportale dei dati Territoriali della regione Veneto, dove si può osservare che l'area fa parte del bacino scolante della Laguna di Caleri.



**FIGURA 2.13** – Carta dei Bacini idrografici di dettaglio

In **FIGURA 2.14** si riporta *La Carta dell'idrogeologia* del PTCP della Provincia di Rovigo, che mostra i tracciati dei canali presenti nell'area e le aree potenzialmente allagabili in seguito a piogge intense. La carta mostra come l'area in esame non è stata soggetta ad allagamenti persistenti.

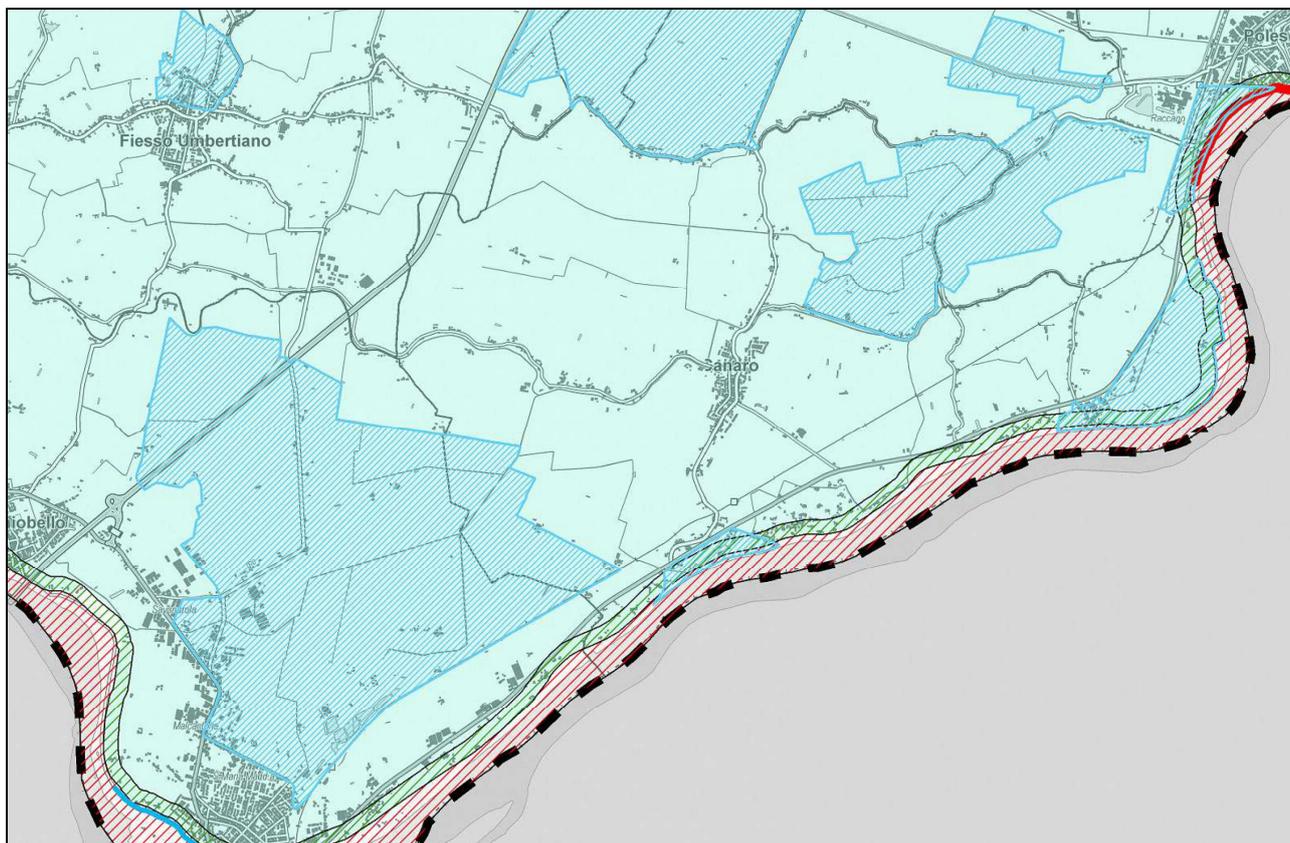
Nella carta sono presenti anche le isofreatiche (curve di uguale quota s.l.m. della superficie freatica) con la direzione di flusso della falda; nell'area allo studio la direzione di flusso è rivolta da ovest verso est.



**FIGURA 2.14** Carta idrogeologica (Fonte: PTCP Provincia di Rovigo)

In **FIGURA 2.15** si riporta *La Carta della sicurezza idraulica ed idrogeologica* del PTCP della Provincia di Rovigo, che mostra tutte le pericolosità del PAI Delta e i vincoli presenti.

Dalla carta si evince che il sito allo studio non presenta particolari pericolosità dal punto di vista idraulico ed idrogeologico.



**INDICAZIONI PERICOLOSITA'**

Progetto PAI Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Fissero Tartaro Canalbianco

- P1- Pericolosità moderata
- P2- Pericolosità media
- P3- Pericolosità elevata
- P1- Scolo meccanico

**CRITICITA'**

**Criticità del sistema arginale**

- Filtrazione o fontanazzo
- Erosione/frodo
- Argine non in quota
- Altra criticità
- Chiavica

**Altre criticità**

- Limite di risalita del cuneo salino
- Aree esondabili o a ristagno idrico

**VINCOLI DA PIANI STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)**

PAI DELTA- Autorità di Bacino nazionale del Fiume Po

- Fascia A - Fascia di deflusso della piena
- Fascia B - Fascia di esondazione
- Fascia C - Area di inondazione per piena catastrofica
- Canale consortile

PAI- Autorità di Bacino nazionale del Fiume Po

- Fascia A-B - Fascia dell'alveo in piena
- Fascia C1- Fascia di rispetto idraulico
- Fascia C2- Fascia di inondazione per tracimazione o rottura degli argini maestri

PAI- Autorità di Bacino Nazionale del Fiume Adige

- Tutela idraulica

**PRINCIPALI OPERE IDRAULICHE**

**Opere di difesa**

- Bacino di laminazione esistente
- Bacino di laminazione di progetto
- Bacino di laminazione in alveo
- Idrovora
- Opera di difesa a mare

**Altre opere**

- Bacino artificiale esistente
- Bacino artificiale di progetto
- Opera di sbarramento principale

**FIGURA 2.15-** Carta della sicurezza idraulica (Fonte: PTCP Provincia di Rovigo)

In **FIGURA 2.16** si riporta uno stralcio della tavola della Direttiva Alluvioni della Regione Veneto con la mappa della pericolosità e degli elementi esposti. L'area allo studio risulta ubicata in una fascia di pericolosità con scenari di evento rari.

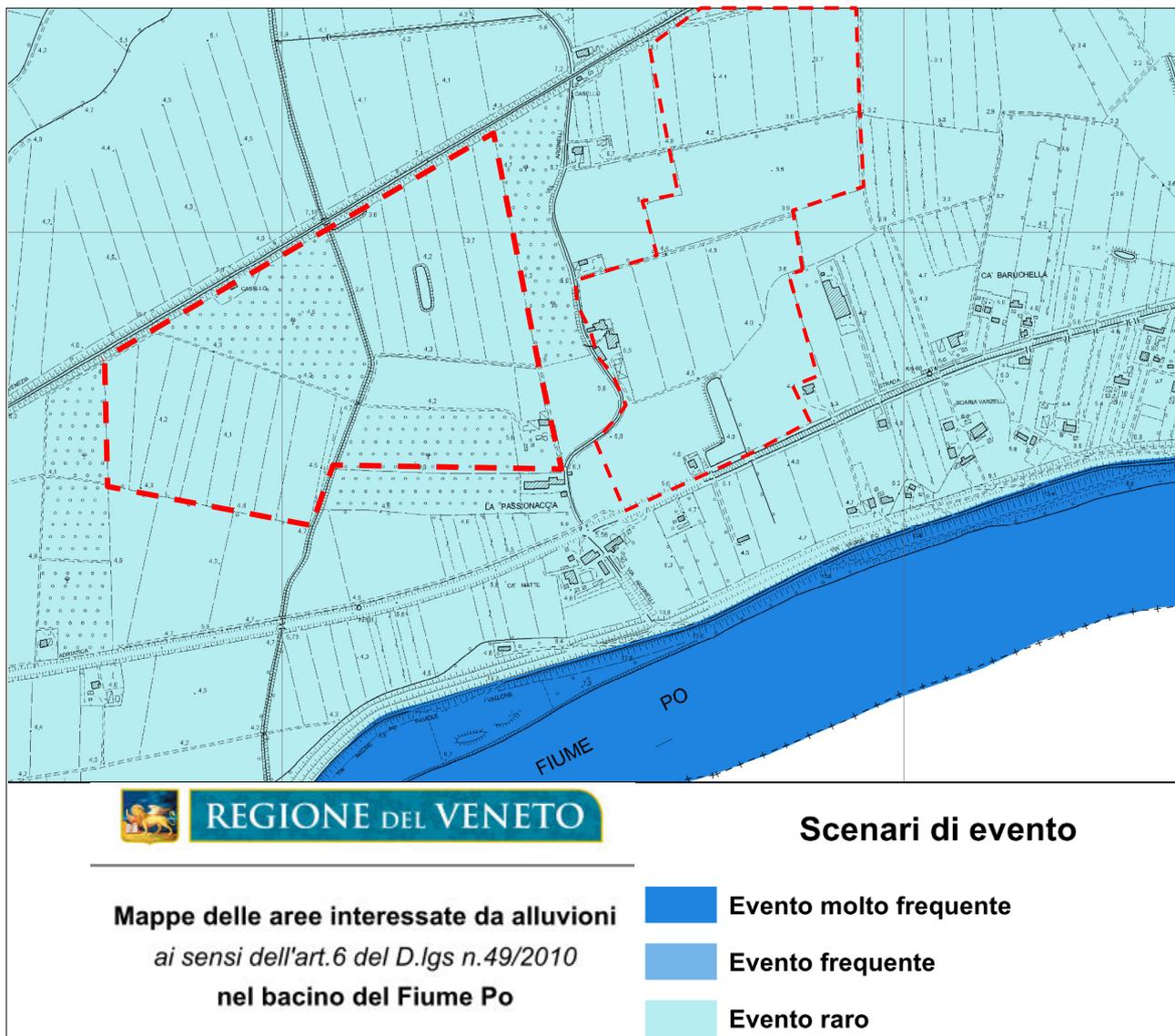


FIGURA 2.16 – Mappe delle aree interessate da alluvioni nel bacino del Fiume Po

### 3. DEFINIZIONE DEI PARAMETRI SISMICI

#### 3.1. DATI DI AUSILIO PER LA PROGETTAZIONE SISMICA

##### Categoria di suolo di fondazione

La categoria di suolo dipende dal valore di  $V_{s30}$ . Il parametro  $V_{s30}$  rappresenta la media ponderata dei valori delle velocità dell'onda di taglio "S" nei primi 30 m di sottosuolo indagato, matematicamente espressa da (eq. 1):

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

$V_{s30}$  : velocità media ponderata delle onde di taglio "S",

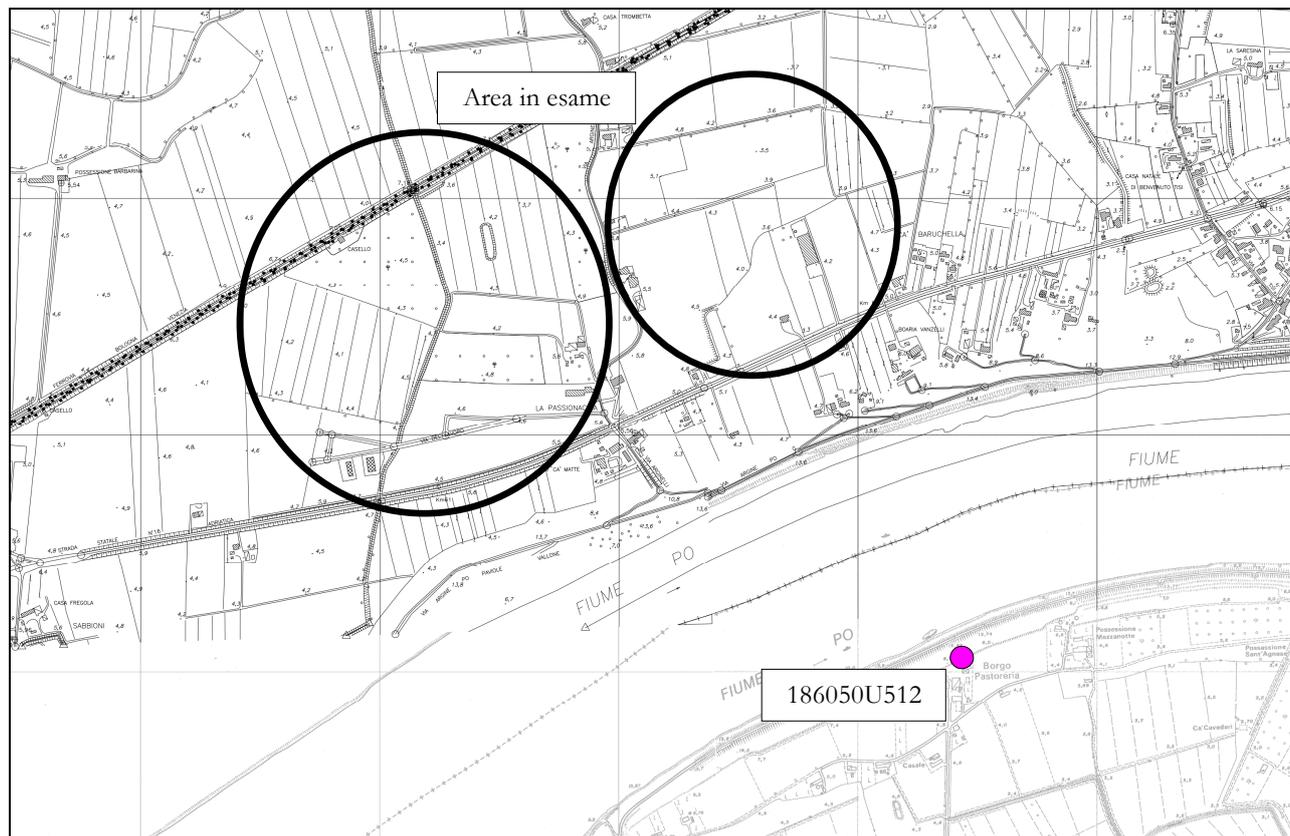
$h_i$  : spessore dello strato  $i$ -esimo,

$v_i$  : velocità delle onde di taglio "S" nello strato  $i$ -esimo.

Il valore di  $V_{s30}$  viene di seguito calcolato attraverso una correlazione empirica con una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU bibliografica con *ref. 186050U512*, che raggiunge la profondità di -35,30 m da p.c., eseguita nelle vicinanze dell'area allo studio subito a sud del fiume Po.

*Si ricorda che la  $V_{s30}$  va calcolata dal piano di posa della fondazione.*

In **FIGURA 3.1** è riportato uno stralcio della C.T.R. della provincia di Rovigo con l'ubicazione della prova penetrometrica statica con punta elettrica CPTU bibliografica con *ref. 186050U512*.



**FIGURA 3.1** – Stralcio di C.T.R. con ubicazione prova penetrometrica CPTU

In letteratura esistono numerose correlazioni empiriche tra le misure di  $q_c$  e di  $V_{s30}$  anche se il livello deformativo indotto nel terreno dalla penetrazione della punta penetrometrica provoca la rottura del materiale mentre le onde di taglio si propagano senza intaccare la struttura del terreno in condizioni di deformazioni praticamente elastiche.

La correlazione utilizzata è stata proposta da *Andrus et al. (2001)* ed utilizza valori di  $q_c$  e di  $V_{s30}$  normalizzati rispetto allo stato tensionale, in questa formula non viene tenuto conto dell'attrito laterale  $f_s$  e viene introdotto un coefficiente correttivo per l'età del deposito che viene indicato con ASF.

Questo coefficiente viene utilizzato per tenere conto delle diverse caratteristiche di deformabilità e tessitura dei terreni risalenti al periodo Pleistocenico rispetto ai più recenti depositi Olocenici.

La correlazione è la seguente:

$$V_{s1} = ASF \cdot A \cdot (q_{c1N})^\alpha$$

dove:

$$q_{c1N} = \left( \frac{q_c}{p_a} \right) \left( \frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.5} \quad \text{resistenza alla punta normalizzata alla tensione verticale;}$$

$$V_{s1} = V_s \left( \frac{p_a}{\sigma_v} \right)^{0.25} \quad \text{velocità corretta per tenere in conto lo stato tensionale verticale;}$$

**ASF** per depositi Olocenici = 1 (quali sono i depositi presenti nella pianura ferrarese alle profondità indagate) come suggerito da ANDRUS et al.;

A e  $\alpha$  sono coefficienti empirici da calibrare sulla base delle misure di  $q_c$  e di  $V_s$  disponibili;

$p_a$  = pressione atmosferica.

Nella **Tabella 3.1** sono riportati i coefficienti A e  $\alpha$ .

	Argilla	Limo	Sabbia
A	80.64	77.83	53.64
$\alpha$	0.28	0.24	0.33

**Tabella 3.1** – Coefficienti A (m/s) e  $\alpha$

dott. Geologo Thomas Veronese  
via Roma 10 - 44021 Codigoro FE

Località: \_\_Ruina (Fe)

CPT di riferimento: \_\_186050U512 Data esecuzione CPT: \_\_\_\_\_ #####

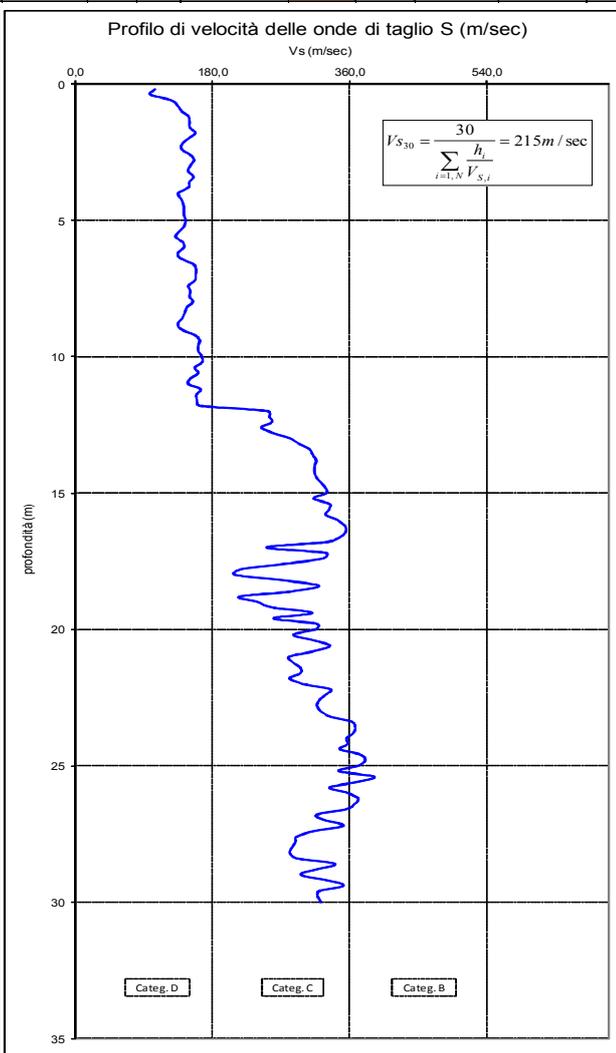
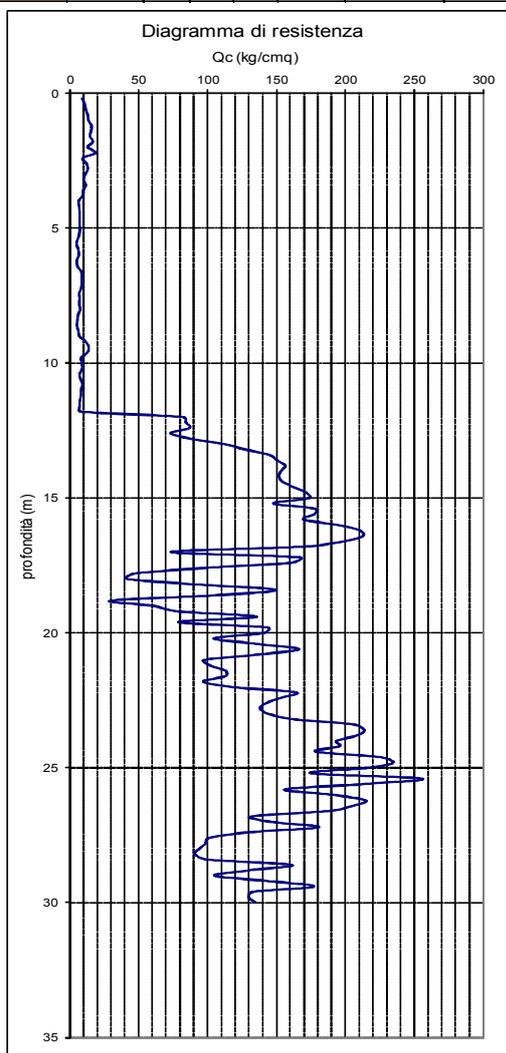
profondità prova  m

Falda: 2,4 m

ANDRUS V<sub>s30</sub>  
215 m/sec

prf.	RP	RP/RL	Z1	Z2	ΔH	mezzo strat	litologia	qc(kg/cm2)	σ <sub>v</sub> '(kg/cm2)	A	α	VS30 normalizzata		VS30				
												V <sub>s1</sub>	V <sub>s2</sub>	ΔHV <sub>s1</sub>	σ <sub>v</sub> '(kg/cm2)	σ <sub>v</sub> '(kg/cm2)	H1 * V <sub>s1</sub>	
0,2	9	9	0	0,2	0,2	0,1	ARGILLA	9,3	0,037	80,64	0,28	238,6	104,7	0,00191	0,037	-0,15	20,9	
0,4	11	38	0,2	0,4	0,2	0,3	LIMO	11,1	0,074	77,83	0,24	189,5	98,8	0,00202	0,074	-0,096	19,8	
0,6	12	16	0,4	0,6	0,2	0,5	ARGILLA	11,9	0,111	80,64	0,28	219,3	126,6	0,00158	0,111	-0,042	25,3	
0,8	13	14	0,6	0,8	0,2	0,7	ARGILLA	13,2	0,148	80,64	0,28	217,0	134,6	0,00149	0,148	0,012	26,9	
1	14	17	0,8	1	0,2	0,9	ARGILLA	13,8	0,185	80,64	0,28	213,1	139,8	0,00143	0,185	0,066	28,0	
1,2	16	18	1	1,2	0,2	1,1	ARGILLA	16,1	0,222	80,64	0,28	216,7	148,7	0,00134	0,222	0,12	29,7	
1,4	16	18	1,2	1,4	0,2	1,3	ARGILLA	15,6	0,259	80,64	0,28	210,4	150,1	0,00133	0,259	0,174	30,0	
1,6	15	17	1,4	1,6	0,2	1,5	ARGILLA	15,0	0,296	80,64	0,28	204,0	150,4	0,00133	0,296	0,228	30,1	
1,8	17	14	1,6	1,8	0,2	1,7	ARGILLA	17,0	0,333	80,64	0,28	207,8	157,9	0,00127	0,333	0,282	31,6	
2	13	13	1,8	2	0,2	1,9	ARGILLA	13,2	0,37	80,64	0,28	191,1	149,0	0,00134	0,37	0,336	29,8	
2,2	19	28	2	2,2	0,2	2,1	LIMO	19,0	0,407	77,83	0,24	175,7	140,3	0,00143	0,407	0,39	28,1	
2,4	10	15	2,2	2,4	0,2	2,3	ARGILLA	9,9	0,444	80,64	0,28	171,5	140,0	0,00143	0,444	0,444	28,0	
2,6	12	12	2,4	2,6	0,2	2,5	ARGILLA	12,4	0,498	80,64	0,28	179,8	151,0	0,00132	0,481	0,498	30,2	
2,8	13	12	2,6	2,8	0,2	2,7	ARGILLA	13,3	0,552	80,64	0,28	180,9	156,0	0,00128	0,518	0,552	31,2	
3	11	10	2,8	3	0,2	2,9	ARGILLA	11,5	0,606	80,64	0,28	171,3	151,2	0,00132	0,555	0,606	30,2	
3,2	10	8	3	3,2	0,2	3,1	ARGILLA	10,3	0,66	80,64	0,28	164,4	148,2	0,00135	0,592	0,66	29,6	
3,4	12	13	3,2	3,4	0,2	3,3	ARGILLA	11,9	0,714	80,64	0,28	169,0	155,3	0,00129	0,629	0,714	31,1	
3,6	10	14	3,4	3,6	0,2	3,5	ARGILLA	10,2	0,768	80,64	0,28	160,2	149,9	0,00133	0,666	0,768	30,0	
3,8	10	16	3,6	3,8	0,2	3,7	ARGILLA	9,6	0,822	80,64	0,28	156,1	148,7	0,00135	0,703	0,822	29,7	
4	7	12	3,8	4	0,2	3,9	ARGILLA	6,7	0,876	80,64	0,28	139,8	135,2	0,00148	0,74	0,876	27,0	
4,2	7	13	4	4,2	0,2	4,1	ARGILLA	7,1	0,93	80,64	0,28	141,1	138,5	0,00144	0,777	0,93	27,7	
4,4	8	12	4,2	4,4	0,2	4,3	ARGILLA	7,6	0,984	80,64	0,28	142,4	141,9	0,00141	0,814	0,984	28,4	
4,6	8	13	4,4	4,6	0,2	4,5	ARGILLA	7,5	1,038	80,64	0,28	141,3	142,6	0,00140	0,851	1,038	28,5	
4,8	7	13	4,6	4,8	0,2	4,7	ARGILLA	7,4	1,092	80,64	0,28	139,7	142,8	0,00140	0,888	1,092	28,6	
5	8	12	4,8	5	0,2	4,9	ARGILLA	7,7	1,146	80,64	0,28	140,2	145,0	0,00138	0,925	1,146	29,0	
5,2	7	10	5	5,2	0,2	5,1	ARGILLA	7,3	1,2	80,64	0,28	137,3	143,7	0,00139	0,962	1,2	28,7	
5,4	6	10	5,2	5,4	0,2	5,3	ARGILLA	6,1	1,254	80,64	0,28	129,8	137,4	0,00146	0,999	1,254	27,5	
5,6	5	9	5,4	5,6	0,2	5,5	ARGILLA	5,2	1,308	80,64	0,28	122,9	131,5	0,00152	1,036	1,308	26,3	
5,8	7	11	5,6	5,8	0,2	5,7	ARGILLA	6,5	1,362	80,64	0,28	130,7	141,2	0,00142	1,073	1,362	28,2	
6	7	10	5,8	6	0,2	5,9	ARGILLA	6,7	1,416	80,64	0,28	131,0	142,9	0,00140	1,11	1,416	28,6	
6,2	5	11	6	6,2	0,2	6,1	ARGILLA	5,4	1,47	80,64	0,28	122,6	135,0	0,00148	1,147	1,47	27,0	
6,4	6	15	6,2	6,4	0,2	6,3	ARGILLA	5,8	1,524	80,64	0,28	124,3	138,1	0,00145	1,184	1,524	27,6	
6,6	9	17	6,4	6,6	0,2	6,5	ARGILLA	8,6	1,578	80,64	0,28	138,2	154,9	0,00129	1,221	1,578	31,0	
6,8	9	15	6,6	6,8	0,2	6,7	ARGILLA	9,3	1,632	80,64	0,28	140,5	158,8	0,00126	1,258	1,632	31,8	
7	9	12	6,8	7	0,2	6,9	ARGILLA	9,1	1,686	80,64	0,28	138,9	158,3	0,00126	1,295	1,686	31,7	
7,2	9	13	7	7,2	0,2	7,1	ARGILLA	8,7	1,74	80,64	0,28	136,9	157,2	0,00127	1,332	1,74	31,4	
7,4	7	10	7,2	7,4	0,2	7,3	ARGILLA	7,1	1,794	80,64	0,28	128,5	148,7	0,00135	1,369	1,794	29,7	
7,6	7	11	7,4	7,6	0,2	7,5	ARGILLA	7,4	1,848	80,64	0,28	129,8	151,4	0,00132	1,406	1,848	30,3	
7,8	7	10	7,6	7,8	0,2	7,7	ARGILLA	7,2	1,902	80,64	0,28	127,9	150,2	0,00133	1,443	1,902	30,0	
8	8	12	7,8	8	0,2	7,9	ARGILLA	7,8	1,956	80,64	0,28	130,7	154,6	0,00129	1,48	1,956	30,9	
8,2	6	11	8	8,2	0,2	8,1	ARGILLA	6,4	2,01	80,64	0,28	123,0	146,4	0,00137	1,517	2,01	29,3	
8,4	6	13	8,2	8,4	0,2	8,3	ARGILLA	6,0	2,064	80,64	0,28	120,1	144,0	0,00139	1,554	2,064	28,8	
8,6	5	16	8,4	8,6	0,2	8,5	ARGILLA	5,4	2,118	80,64	0,28	116,3	140,3	0,00143	1,591	2,118	28,1	
8,8	6	21	8,6	8,8	0,2	8,7	LIMO	6,5	2,172	77,83	0,24	111,1	134,8	0,00148	1,628	2,172	27,0	
9	7	20	8,8	9	0,2	8,9	LIMO	7,3	2,226	77,83	0,24	113,8	139,0	0,00144	1,665	2,226	27,8	
9,2	12	33	9	9,2	0,2	9,1	LIMO	11,7	2,28	77,83	0,24	127,2	156,4	0,00128	1,702	2,28	31,3	
9,4	14	30	9,2	9,4	0,2	9,3	LIMO	14,0	2,334	77,83	0,24	132,4	163,6	0,00122	1,739	2,334	32,7	
9,6	13	25	9,4	9,6	0,2	9,5	LIMO	13,1	2,388	77,83	0,24	130,0	161,6	0,00124	1,776	2,388	32,3	
9,8	8	15	9,6	9,8	0,2	9,7	ARGILLA	8,4	2,442	80,64	0,28	129,3	161,7	0,00124	1,813	2,442	32,3	
10	10	9	9,8	10	0,2	9,9	ARGILLA	9,2	2,496	80,64	0,28	132,2	166,2	0,00120	1,85	2,496	33,2	
10,2	9	17	10	10,2	0,2	10,1	ARGILLA	9,3	2,55	80,64	0,28	132,2	167,0	0,00120	1,887	2,55	33,4	
10,4	7	15	10,2	10,4	0,2	10,3	ARGILLA	7,4	2,604	80,64	0,28	123,7	157,1	0,00127	1,924	2,604	31,4	
10,6	8	17	10,4	10,6	0,2	10,5	ARGILLA	8,2	2,658	80,64	0,28	126,6	161,7	0,00124	1,961	2,658	32,3	
10,8	9	22	10,6	10,8	0,2	10,7	LIMO	9,4	2,712	77,83	0,24	118,4	151,9	0,00132	1,998	2,712	30,4	
11	8	20	10,8	11	0,2	10,9	LIMO	8,5	2,766	77,83	0,24	115,1	148,4	0,00135	2,035	2,766	29,7	
11,2	9	19	11	11,2	0,2	11,1	ARGILLA	8,5	2,82	80,64	0,28	127,1	164,7	0,00121	2,072	2,82	32,9	
11,4	7	18	11,2	11,4	0,2	11,3	ARGILLA	7,5	2,874	80,64	0,28	122,1	159,0	0,00126	2,109	2,874	31,8	
11,6	8	17	11,4	11,6	0,2	11,5	ARGILLA	7,6	2,928	80,64	0,28	122,3	160,0	0,00125	2,146	2,928	32,0	
11,8	8	19	11,6	11,8	0,2	11,7	ARGILLA	8,0	2,982	80,64	0,28	124,0	162,9	0,00123	2,183	2,982	32,6	
12	83	199	11,8	12	0,2	11,9	SABBIA	83,0	3,036	53,64	0,33	191,9	253,3	0,00079	2,22	3,036	50,7	
12,2	84	141	12	12,2	0,2	12,1	SABBIA	84,4	3,09	53,64	0,33	192,4	255,1	0,00078	2,257	3,09	51,0	
12,4	87	84	12,2	12,4	0,2	12,3	SABBIA	87,3	3,144	53,64	0,33	194,0	258,4	0,00077	2,294	3,144	51,7	
12,6	73	100	12,4	12,6	0,2	12,5	SABBIA	73,3	3,198	53,64	0,33	182,7	244,3	0,00082	2,331	3,198	48,9	
12,8	88	121	12,6	12,8	0,2	12,7	SABBIA	88,4	3,252	53,64	0,33	193,8	260,2	0,00077	2,368	3,252	52,0	
13	112	245	12,8	13	0,2	12,9	SABBIA	112,1	3,306	53,64	0,33	209,0	281,8	0,00071	2,405	3,306	56,4	
13,2	127	239	13	13,2	0,2	13,1	SABBIA	127,4	3,36	53,64	0,33	217,5	294,4	0,00068	2,442	3,36	58,9	
13,4	145	242	13,2	13,4	0,2	13,3	SABBIA	145,1	3,414	53,64	0,33	226,4	307,7	0,00065	2,479	3,414	61,5	
13,6	150	228	13,4	13,6	0,2	13,5	SABBIA	150,4	3,468	53,64	0,33	228,5	311,8	0,00064	2,516	3,468	62,4	
13,8	157	224	13,6	13,8	0,2	13,7	SABBIA	156,8	3,522	53,64	0,33	231,0	316,5	0,00063	2,553	3,522	63,3	
14	153	227	13,8	14	0,2	13,9	SABBIA	153,3	3,576	53,64	0,33	228,8	314,6	0,00064	2,59	3,576	62,9	
14,2	152	200	14	14,2	0,2	14,1	SABBIA	152,0	3,63	53,64	0,33	227,6	314,1	0,00064	2,627	3,63	62,8	
14,4	155	201	14,2	14,4	0,2	14,3	SABBIA	154,5	3,684	53,64	0,33	228,3	316,2	0,00063	2,6			

22,2	164	211	22	22,2	0,2	22,1	SABBIA	164,2	5,79	53,64	0,33	216,1	335,3	0,00060	4,107	5,79	67,1
22,4	154	194	22,2	22,4	0,2	22,3	SABBIA	154,1	5,844	53,64	0,33	211,3	328,6	0,00061	4,144	5,844	65,7
22,6	143	247	22,4	22,6	0,2	22,5	SABBIA	142,6	5,898	53,64	0,33	205,7	320,5	0,00062	4,181	5,898	64,1
22,8	198	196	22,6	22,8	0,2	22,7	SABBIA	138,3	5,952	53,64	0,33	203,3	317,5	0,00063	4,218	5,952	63,5
23	145	194	22,8	23	0,2	22,9	SABBIA	144,7	6,006	53,64	0,33	206,0	322,5	0,00062	4,255	6,006	64,5
23,2	162	246	23	23,2	0,2	23,1	SABBIA	162,4	6,06	53,64	0,33	213,7	335,3	0,00060	4,292	6,06	67,1
23,4	207	201	23,2	23,4	0,2	23,3	SABBIA	207,0	6,114	53,64	0,33	231,2	363,6	0,00055	4,329	6,114	72,7
23,6	214	234	23,4	23,6	0,2	23,5	SABBIA	214,0	6,168	53,64	0,33	233,4	367,9	0,00054	4,366	6,168	73,6
23,8	209	236	23,6	23,8	0,2	23,7	SABBIA	209,0	6,222	53,64	0,33	231,3	365,3	0,00055	4,403	6,222	73,1
24	194	206	23,8	24	0,2	23,9	SABBIA	193,6	6,276	53,64	0,33	225,2	356,4	0,00056	4,44	6,276	71,3
24,2	196	230	24	24,2	0,2	24,1	SABBIA	196,0	6,33	53,64	0,33	225,8	359,1	0,00056	4,477	6,33	71,6
24,4	179	192	24,2	24,4	0,2	24,3	SABBIA	178,6	6,384	53,64	0,33	218,7	347,6	0,00058	4,514	6,384	69,5
24,6	235	232	24,4	24,6	0,2	24,5	SABBIA	225,2	6,438	53,64	0,33	235,7	375,5	0,00053	4,551	6,438	75,1
24,8	235	250	24,6	24,8	0,2	24,7	SABBIA	235,0	6,492	53,64	0,33	238,7	381,1	0,00052	4,588	6,492	76,2
25	217	204	24,8	25	0,2	24,9	SABBIA	217,1	6,546	53,64	0,33	232,3	371,5	0,00054	4,625	6,546	74,3
25,2	175	186	25	25,2	0,2	25,1	SABBIA	175,0	6,6	53,64	0,33	216,0	346,2	0,00058	4,662	6,6	69,2
25,4	256	277	25,2	25,4	0,2	25,3	SABBIA	255,5	6,654	53,64	0,33	244,4	392,6	0,00051	4,699	6,654	78,5
25,6	185	184	25,4	25,6	0,2	25,5	SABBIA	214,8	6,708	53,64	0,33	230,5	371,0	0,00054	4,736	6,708	74,2
25,8	156	259	25,6	25,8	0,2	25,7	SABBIA	156,1	6,762	53,64	0,33	207,2	334,1	0,00060	4,773	6,762	66,8
26	191	270	25,8	26	0,2	25,9	SABBIA	190,9	6,816	53,64	0,33	221,1	357,3	0,00056	4,81	6,816	71,5
26,2	215	234	26	26,2	0,2	26,1	SABBIA	214,8	6,87	53,64	0,33	229,6	371,7	0,00054	4,847	6,87	74,3
26,4	206	269	26,2	26,4	0,2	26,3	SABBIA	206,4	6,924	53,64	0,33	226,3	367,1	0,00054	4,884	6,924	73,4
26,6	188	222	26,4	26,6	0,2	26,5	SABBIA	187,6	6,978	53,64	0,33	219,0	355,9	0,00056	4,921	6,978	71,2
26,8	132	177	26,6	26,8	0,2	26,7	SABBIA	132,1	7,032	53,64	0,33	194,8	317,2	0,00063	4,958	7,032	63,4
27	146	345	26,8	27	0,2	26,9	SABBIA	145,6	7,086	53,64	0,33	200,9	327,8	0,00061	4,995	7,086	65,6
27,2	181	395	27	27,2	0,2	27,1	SABBIA	180,9	7,14	53,64	0,33	215,6	352,4	0,00057	5,032	7,14	70,5
27,4	128	220	27,2	27,4	0,2	27,3	SABBIA	127,5	7,194	53,64	0,33	191,8	314,2	0,00064	5,069	7,194	62,8
27,6	101	255	27,4	27,6	0,2	27,5	SABBIA	101,0	7,248	53,64	0,33	177,4	291,1	0,00069	5,106	7,248	58,2
27,8	99	236	27,6	27,8	0,2	27,7	SABBIA	99,0	7,302	53,64	0,33	176,0	289,4	0,00069	5,143	7,302	57,9
28	94	221	27,8	28	0,2	27,9	SABBIA	94,2	7,356	53,64	0,33	172,9	284,8	0,00070	5,18	7,356	57,0
28,2	91	178	28	28,2	0,2	28,1	SABBIA	90,9	7,41	53,64	0,33	170,7	281,7	0,00071	5,217	7,41	56,3
28,4	100	253	28,2	28,4	0,2	28,3	SABBIA	99,7	7,464	53,64	0,33	175,8	290,6	0,00069	5,254	7,464	58,1
28,6	161	228	28,4	28,6	0,2	28,5	SABBIA	161,4	7,518	53,64	0,33	205,8	340,8	0,00059	5,291	7,518	68,2
28,8	130	136	28,6	28,8	0,2	28,7	SABBIA	129,7	7,572	53,64	0,33	191,3	317,3	0,00063	5,328	7,572	63,5
29	105	177	28,8	29	0,2	28,9	SABBIA	105,3	7,626	53,64	0,33	178,4	296,4	0,00067	5,365	7,626	59,3
29,2	145	246	29	29,2	0,2	29,1	SABBIA	145,0	7,68	53,64	0,33	198,0	329,6	0,00061	5,402	7,68	65,9
29,4	177	211	29,2	29,4	0,2	29,3	SABBIA	177,2	7,734	53,64	0,33	211,3	352,4	0,00057	5,439	7,734	70,5
29,6	132	206	29,4	29,6	0,2	29,5	SABBIA	132,3	7,788	53,64	0,33	191,7	320,2	0,00062	5,476	7,788	64,0
29,8	130	377	29,6	29,8	0,2	29,7	SABBIA	130,0	7,842	53,64	0,33	190,3	318,5	0,00063	5,513	7,842	63,7
30	135	608	29,8	30	0,2	29,9	SABBIA	135,0	7,896	53,64	0,33	192,5	322,7	0,00062	5,55	7,896	64,5



Il valore di  $V_{s30}$  calcolato risulta:  $V_{s30} = 215 \text{ m/s}$  e quindi la Categoria di suolo è C. Tale valore va assunto con uno scarto di  $\pm 10\%$ , come per tutti i metodi di acquisizione di tale parametro.

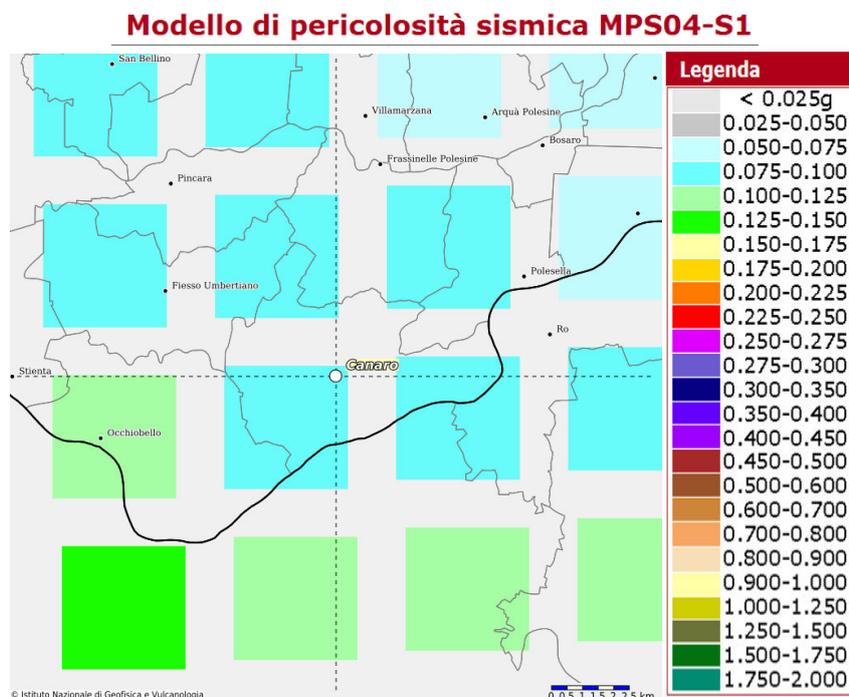
Considerando che la prova geologica a riferimento non è stata realizzata nell'area allo studio e a scopo cautelativo, in questa sede, verrà presa a riferimento una categoria di suolo di fondazione D

**Categoria di suolo di fondazione D**

Parametri sismici secondo "D.M. 17 gennaio 2018"

La classificazione sismica introdotta dall'OPCM 3519/2006, recepita dal D.M. 17/01/2018, attribuisce al comune di Canaro (Ro) una accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè per  $T=0$  e su suolo rigido ( $V_{S30}>800\text{m/sec}$ ), appartenente all'intervallo 0,075 – 0,100, con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni. Secondo il vigente D.M., gli spettri di risposta rappresentano delle componenti (orizzontale e verticale) delle azioni sismiche di progetto di un generico sito del territorio nazionale.

In **FIGURA 3.2** si riporta un particolare della mappa di pericolosità sismica redatta dall'INGV, secondo la Tabella 1, allegata alle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008, recepito dal D.M. 2018.



**FIGURA 3.2** – Carta pericolosità sismica, da progetto DCP – INGV – S1. fonte: <http://esse1-gis.mi.ingv.it>

Per la scelta della strategia di progettazione, il progettista procede in funzione delle caratteristiche dell'opera progettata e definisce lo spettro di risposta. Ai fini della normativa, *le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:*

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

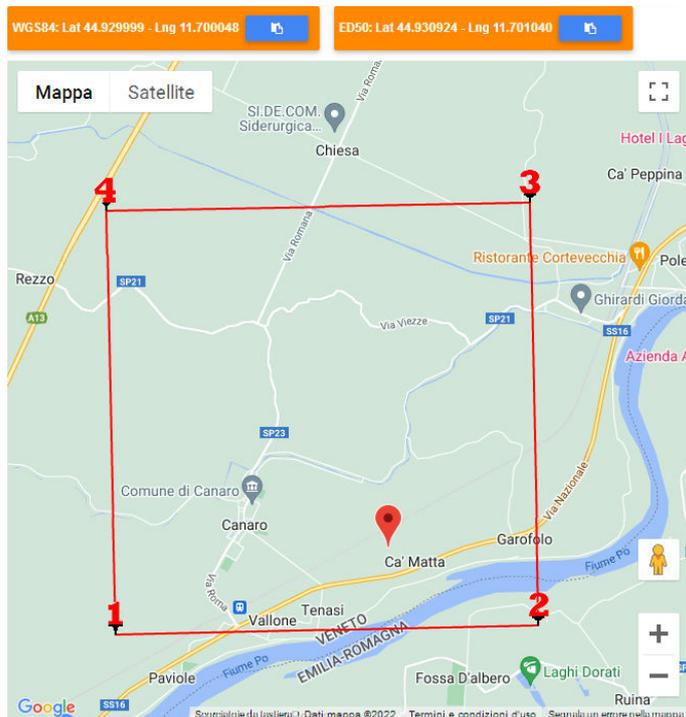
In allegato alla norma per tutti i siti italiani, sono forniti i valori di  $a_g$ ,  $F_o$  e  $T^*C$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

Nella **Tabella 3.2** tratta dalla normativa si riportano i valori di probabilità di superamento per i diversi stati limiti a cui si può spingere la progettazione.

Stati Limite		$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

**Tabella 3.2** - D.M. 17-01-2018 Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato

Di seguito si riportano i parametri sismici calcolati secondo un approccio “sito dipendente”. Come indicato nell’Allegato A del D.M. 14 gennaio 2008, recepito dal D.M. 2018, si possono ottenere i valori dei suddetti parametri spettrali ( $ag$ ,  $F_0$  e  $T^*c$ ) del sito in esame utilizzando come riferimento le informazioni disponibili nel reticolo di riferimento (**FIGURA 3.3**).



**FIGURA 3.3** – Vertici della griglia di riferimento

Si valutano i parametri spettrali  $ag$ ,  $F_0$  e  $T^*c$  per il sito di progetto (approccio “sito-dipendente”) a titolo esemplificativo considerando l’amplificazione stratigrafica e topografica (**T1**) (Cap. 3.2.3 del D.M. 2018) la categoria del sottosuolo (**D**) e la classe d’uso della costruzione (**I**) (Cap. 2.4.2 del D.M. 2018).

### Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii e fondazioni

Sito in esame.

latitudine: 44,930924

longitudine: 11,70104

Classe: 1

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1	ID: 14959	Lat: 44,9208	Lon: 11,6555	Distanza: 3755,950
Sito 2	ID: 14960	Lat: 44,9219	Lon: 11,7261	Distanza: 2212,641
Sito 3	ID: 14738	Lat: 44,9718	Lon: 11,7246	Distanza: 4912,318
Sito 4	ID: 14737	Lat: 44,9708	Lon: 11,6541	Distanza: 5771,385

Parametri sismici

Categoria sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 35anni

Coefficiente  $c_u$ : 0,7

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	30	[anni]
ag:	0,032	g
Fo:	2,547	
Tc*:	0,231	[s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	35	[anni]
ag:	0,034	g
Fo:	2,556	
Tc*:	0,243	[s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	332	[anni]
<b>ag:</b>	<b>0,079</b>	<b>g</b>
Fo:	2,568	
Tc*:	0,314	[s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	682	[anni]
ag:	0,103	g
Fo:	2,581	
Tc*:	0,316	[s]

Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii e fondazioni

SLO:

Ss:	1,800
Cc:	2,600
St:	1,000
Kh:	0,012
Kv:	0,006
Amax:	0,566
Beta:	0,200

SLD:

Ss:	1,800
Cc:	2,540
St:	1,000
Kh:	0,012
Kv:	0,006
Amax:	0,596
Beta:	0,200

SLV:

Ss:	1,800
Cc:	2,230
St:	1,000
Kh:	0,028

Kv: 0,014  
Amax: 1,395 (Amax/g=0,142)  
Beta: 0,200

SLC:

Ss: 1,800  
Cc: 2,220  
St: 1,000  
Kh: 0,044  
Kv: 0,022  
Amax: 1,817  
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50  
Geostru software - [www.geostru.com](http://www.geostru.com)

### Magnitudo di progetto

Nella **FIGURA 3.4** sono riportati i sismi che hanno colpito in un raggio di 30 km attorno al sito di intervento, tra la provincia di Ferrara e quella di Rovigo in tempi storici.

Interrogazione effettuata sui seguenti parametri:																													
Area circolare con centro C (44,96, 11,58) e raggio 30 km a partire dal 217/01/01 fino al 2002/12/31																													
N	Tr	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Rt	Np	Imx	Io	TI	Lat	Lon	TL	Maw	Daw	TW	Mas	Das	TS	Msp	Dsp	ZS9	TZ	Ncft	Nnt	Ncpt
51	DI	1234	3	20				FERRARA	DOM	5	70	70		44,836	11,618	A	5,17	0,30		4,80	0,45		4,99	0,42	912	G		860	51
66	DI	1285	12	13				FERRARA	DOM	2	70	65		44,836	11,618	A	5,03	0,33		4,60	0,49		4,80	0,45	912	G		861	66
131	DI	1410	5	9	22	30		FERRARA	DOM	3	65	65		44,836	11,618	A	5,03	0,33		4,60	0,49		4,80	0,45	912	G		863	131
139	CP	1425	8	10	19			FERRARA SUD	POS85			60		44,833	11,667		4,83	0,26		4,30	0,39		4,53	0,36	912	G		864	139
178	DI	1483	3	3	22			FERRARA	DOM	1	55	55		44,836	11,618	A	4,63	0,13		4,00	0,20		4,25	0,19	912	G		865	178
207	CP	1508	10	18	15			FERRARA SUD	POS85			60		44,833	11,667		4,83	0,26		4,30	0,39		4,53	0,36	912	G		866	207
257	DI	1561	11	24	1	25		Ferrara	CFTI	5	65	55	M	44,78	11,45	A	4,63	0,13		4,00	0,20		4,25	0,19	912	G	229	867	257
262	DI	1570	11	17	19	10		Ferrara	CFTI	60	80	75		44,82	11,63	A	5,48	0,11		5,27	0,17		5,43	0,16	912	G	231	868	262
266	DI	1574	3	17	3	40		FINALE EMILIA	DOM	4	70	70		44,833	11,294	A	5,12	0,22		4,73	0,33		4,92	0,31	912	G		869	266
416	DI	1695	2	28				FERRARA	DOM	1	55	55		44,836	11,618	A	4,63	0,13		4,00	0,20		4,25	0,19	912	G		871	416
521	DI	1743	5	29				FERRARA	DOM	1	65	65		44,836	11,618	A	5,03	0,33		4,60	0,49		4,80	0,45	912	G		872	521
654	DI	1787	7	16	10			Ferrara	CFTI	3	65	55	M	44,83	11,62	A	4,63	0,13		4,00	0,20		4,25	0,19	912	G	339	873	654
1482	CP	1908	6	28	3	19	58	FINALE EMILIA SUD	POS85			60		44,8	11,3		4,83	0,26		4,30	0,39		4,53	0,36	912	G		881	1482
1729	DI	1922	5	24	21	17		CENTO	DOM	6	45	35		44,862	11,517	A	4,50	0,14		3,81	0,21		4,07	0,19	912	G		883	1729
2094	DI	1956	2	20	1	29		ARGENTA	DOM	32	55	55		44,919	11,899	A	4,98	0,07		4,52	0,10		4,73	0,09				885	2094
2455	DI	1986	12	6	17	7	19	BONDENO	DOM	604	60	60		44,879	11,334	A	4,56	0,09		4,30	0,13		4,53	0,12	912	G		9019	2456

<b>Maw</b>	Magnitudo momento		--	
<b>Daw</b>	Errore associato alla stima di Maw		--	
<b>TW</b>	codice di determinazione di Maw	O valore osservato	--	
<b>Mas</b>	Magnitudo calcolata sulle onde di superficie	fino al 1980 coincide con Ma di CPTI99	<b>Ma</b>	Magnitudo media (calibrata a Ms)
<b>Das</b>	Errore associato alla stima di Mas	fino al 1980 coincide con Da di CPTI99	<b>Da</b>	Errore associato alla stima di Ma
<b>TS</b>	Codice di determinazione delle magnitudo per la zona etnea	En: valore per il calcolo del quale è stata usata la relazione Io/Mm di Azzaro e Barbano (1997)	--	
<b>Msp</b>	Magnitudo da utilizzare in combinazione con la relazione di attenuazione di Sabetta e Pugliese (1996)	per Ms>5.5: Msp=Ms per Ms<=5.5: Msp=(Ms+0.584)/1.079	--	
<b>Dsp</b>	Errore associato alla stima di Msp		--	
<b>ZS9</b>	Zona sorgente di ZS9 cui l'evento è assegnato		--	

**FIGURA 3.4** - Sismi che hanno colpito l'area in esame in un raggio di 30 km (Fonte: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI04>)

Come magnitudo massima attesa si adotterà il valore di:

**Magnitudo di progetto**  
**M = 6,14 Mw**

### 3.2. VERIFICA DELLA RESISTENZA ALLA LIQUEFAZIONE DELLE SABBIE

L'obiettivo della riduzione del rischio sismico passa anche per l'analisi delle componenti territoriali che possono innescare fenomeni negativamente impattanti con le strutture antropiche e la loro sicurezza. Vale comunque la pena evidenziare che laddove sono presenti i caratteri predisponenti, non è detto che si possano realizzare le condizioni di cause scatenanti; ovvero un terreno sabbioso può avere tutti i requisiti granulometrici e di addensamento per liquefarsi, ma nell'area non si verificherà un sisma con energia sufficiente ad indurre liquefazione.

In particolare vengono ritenuti motivi di esclusione dalla verifica a liquefazione, la verifica di almeno una di queste circostanze:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo di momento  $M_w$  inferiore a 6 e durata inferiore a 15 sec. ("La Liquefazione del terreno in condizioni sismiche" – Crespellani, Nardi, Simoncini – Zanichelli 1988).

2. **Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,1g;**

3. Accelerazioni massime al piano campagna in condizioni *free-field* minori di 0,15g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:

- frazione di fine, FC, superiore al 20%, con indice di plasticità  $PI > 10$ ;
- $FC \geq 35\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 20$ ;
- $FC \leq 5\%$  e resistenza  $(N_1)_{60} > 25$

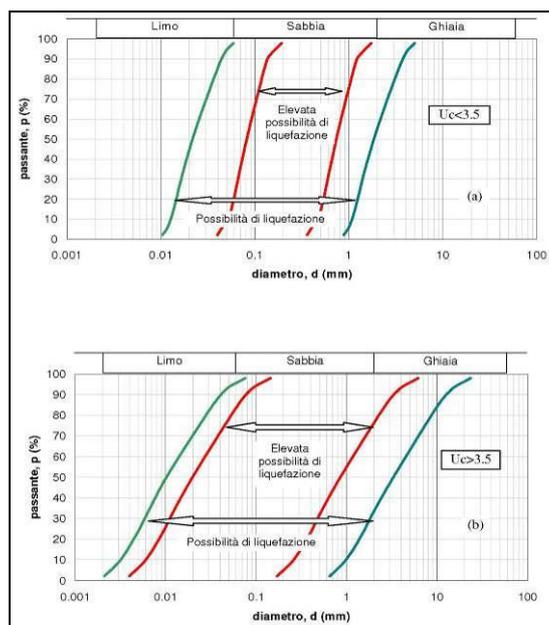
Dove  $(N_1)_{60}$  è il valore normalizzato della resistenza penetrometrica della prova SPT.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella **FIGURA 3.5** da distinguere i materiali in funzione del coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  o  $U_c > 3,5$ .

5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15m dal piano campagna.

6. Copertura di strati superficiali non liquefacibili con spessore maggiore di 3m, oppure con spessore maggiore di 5m per magnitudo maggiori di  $M > 7$ .

7. Un ulteriore motivo di esclusione dalla verifica di liquefazione è dato dal valore della **densità relativa**  $D_r$  del deposito. Gibbs ha eseguito diversi studi su risultati di vari autori stabilendo che una densità relativa pari a 70% è valore limite tra terreni liquefacibili e non liquefacibili (*Manuale di geotecnica per l'ingegneria civile* di Nunziante Marino, Maggioli Editore, 2006), di conseguenza tutti i terreni con  $D_r > 70\%$  vengono automaticamente esclusi dalla verifica alla liquefazione.



**FIGURA 3.5** - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno

Il D.M. 17/01/2018 ha riassunto in questi 4 punti i casi in cui non è prevista liquefazione:

7.11.3.4.2	Esclusione della verifica a liquefazione
La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:	
1.	accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2.	profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3.	depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e $q_{c1N}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4.	distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ .

Per la verifica della liquefazione delle sabbie è stato utilizzato un software di calcolo C-Liq che analizzando ogni strato da 2 cm individuato dalla prova CPTU, ne verifica la potenzialità di liquefazione.

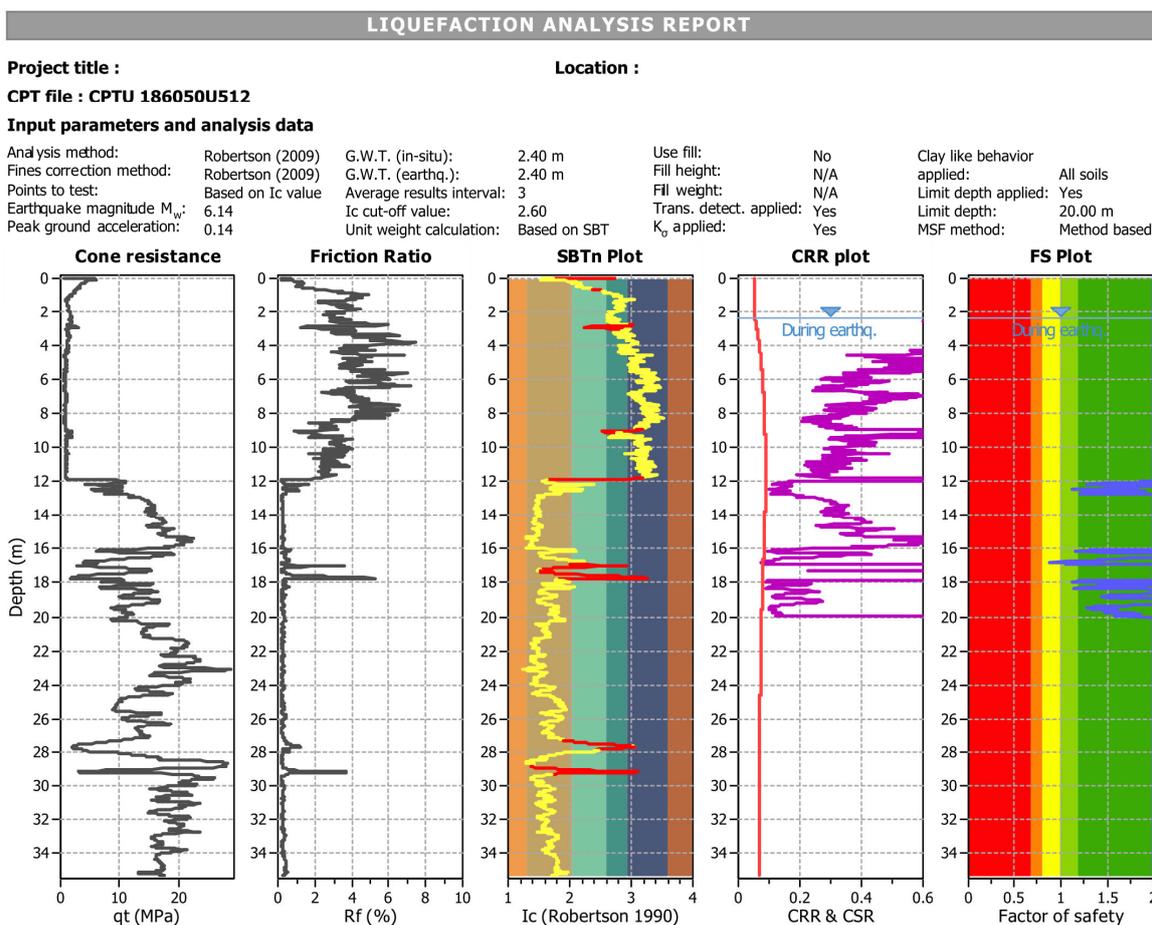
Ai fini del calcolo è stata considerata la prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU bibliografica con *ref. 186050U512*, che raggiunge la profondità di -35,30 m da p.c..

**Per questo calcolo si è considerata una magnitudo di 6,14 e un'accelerazione di progetto di 0,14g**

Utilizzando i dati di input (D.M. 17 gennaio 2018) visualizzati in **FIGURA 3.6**, se ne deduce che nell'area di studio il fenomeno della liquefazione non è un effetto di sito atteso.

**Dott. Geol.**  
**Thomas Veronese**  
**SST Studi Servizi Tecnici**

**Dott. Geol. Thomas Veronese**  
via Roma 10 - 44021 Codigoro FE  
tel/fax: 0533713798  
mail: thomas.veronese@tin.it



**FIGURA 3.6:** Dati di input e sintesi dell'analisi sulla liquefazione delle sabbie.

Per quantificare il tipo di ripercussioni sulle strutture costruite in un determinato sito, dal punto di vista ingegneristico, si ricorre al calcolo dell'indice del potenziale di liquefazione,  $I_L$ , definito dalla seguente relazione:

$$I_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz$$

in cui  $z$  è la profondità dal piano di campagna in metri e  $w(z)=10-0.5z$

Ad una quota  $z$  il fattore  $F(z)=F$  vale:

$$F = 1 - F_L \text{ se } F_L \leq 1.0$$

$$F = 0 \text{ se } F_L > 1.0$$

dove  $F_L$  è il fattore di sicurezza alla liquefazione alla quota considerata.

Con il software si calcola nei primi 20,00 m, il valore del potenziale di liquefazione per tutti gli strati incoerenti.

In base alla **Tabella 3.3** e **3.4** si può affermare dunque che i terreni in esame hanno un potenziale di liquefazione **nullo** ( $I_{PL} = 0,00$ ), se sollecitati da un sisma di  $M_w=6,14$  ed una accelerazione di  $0,14g$ .

Potenziale Liquefazione $I_{PL}$	Classificazione
$I_{PL} = 0$	<i>Non liquefacibile</i>
$0 < I_{PL} \leq 2$	<i>Basso</i>
$2 < I_{PL} \leq 5$	<i>Moderato</i>
$5 < I_{PL} \leq 15$	<i>Alto</i>
$I_{PL} \geq 15$	<i>Molto Alto</i>

**Tabella 3.3** – Classificazione indice potenziale liquefazione

Prova	Potenziale Liquefazione $I_{PL}$
CPTU1	0,00

**Tabella 3.4** – Indice potenziale liquefazione

### 3.3. CALCOLO CEDIMENTI POSTSISMICI NEI TERRENI GRANULARI

Dell'elaborazione completa dei cedimenti post sismici si riporta solo il risultato finale; sono stati stimati i cedimenti postsismici nei banchi sabbiosi rilevati con la prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU bibliografica con *rif. 186050U512*, che raggiunge la profondità di -35,30 m da p.c..

Dalle elaborazioni informatiche, si ricava che con una Magnitudo di  $6,14$  e P.G.A. di  $0,14g$ , nessuno dei livelli ha il fattore di resistenza alla liquefazione inferiore a  $1,00$ , non determinando cedimenti post sismici nei terreni granulari (**Tabella 3.5**).

Prova	Cedimenti postsismici (cm)
CPTU1	0,00

**Tabella 3.5** – Cedimenti post-sismici

#### 4. MODELLAZIONE GEOTECNICA

Uno dei motivi di pericolosità geologica del territorio, deriva in questi luoghi, dall'interazione tra opere di fondazione e terreni compressibili, su cui le costruzioni in elevazione possono creare condizioni di instabilità del complesso opera-terreno.

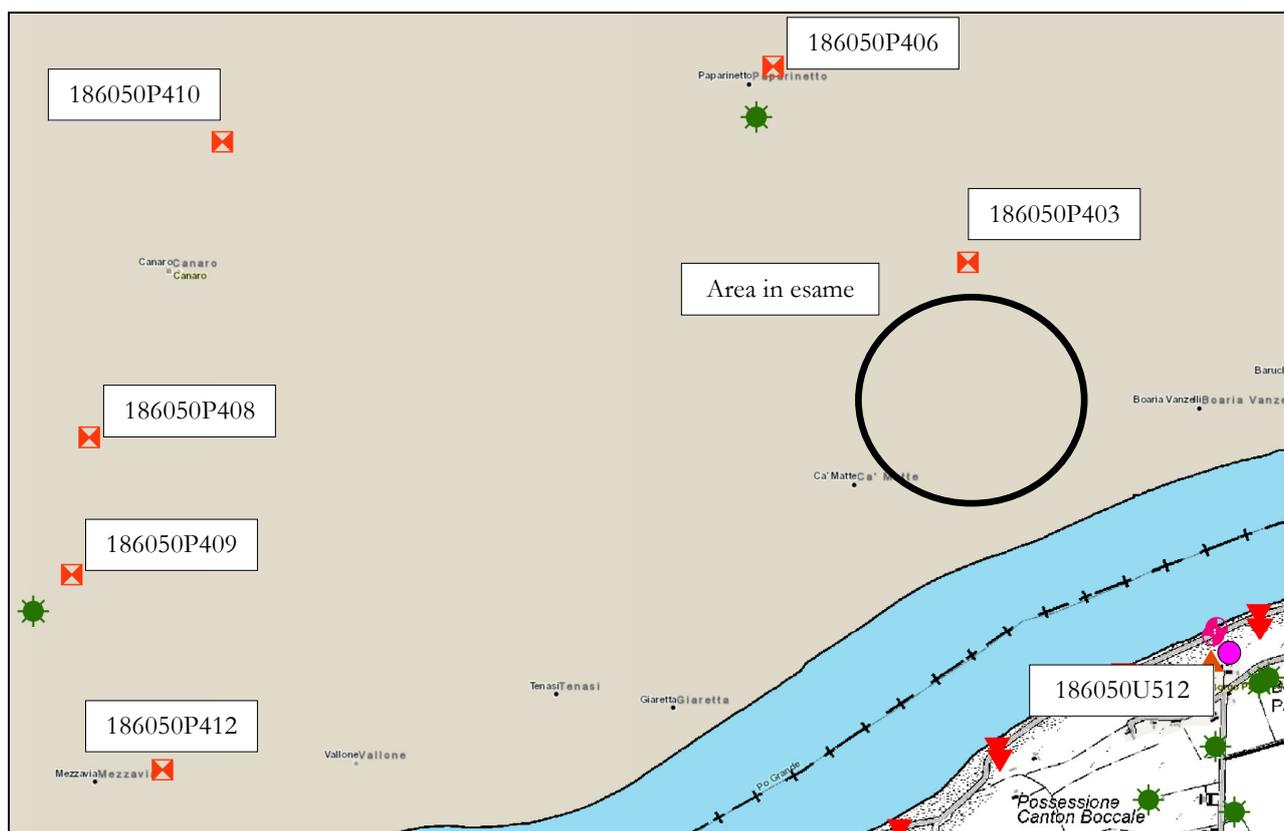
Si rende quindi necessario fare alcune valutazioni per verificare le caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione, utilizzando in via indicativa, i dati derivabili dalle indagini specifiche eseguite per la modellazione geologica.

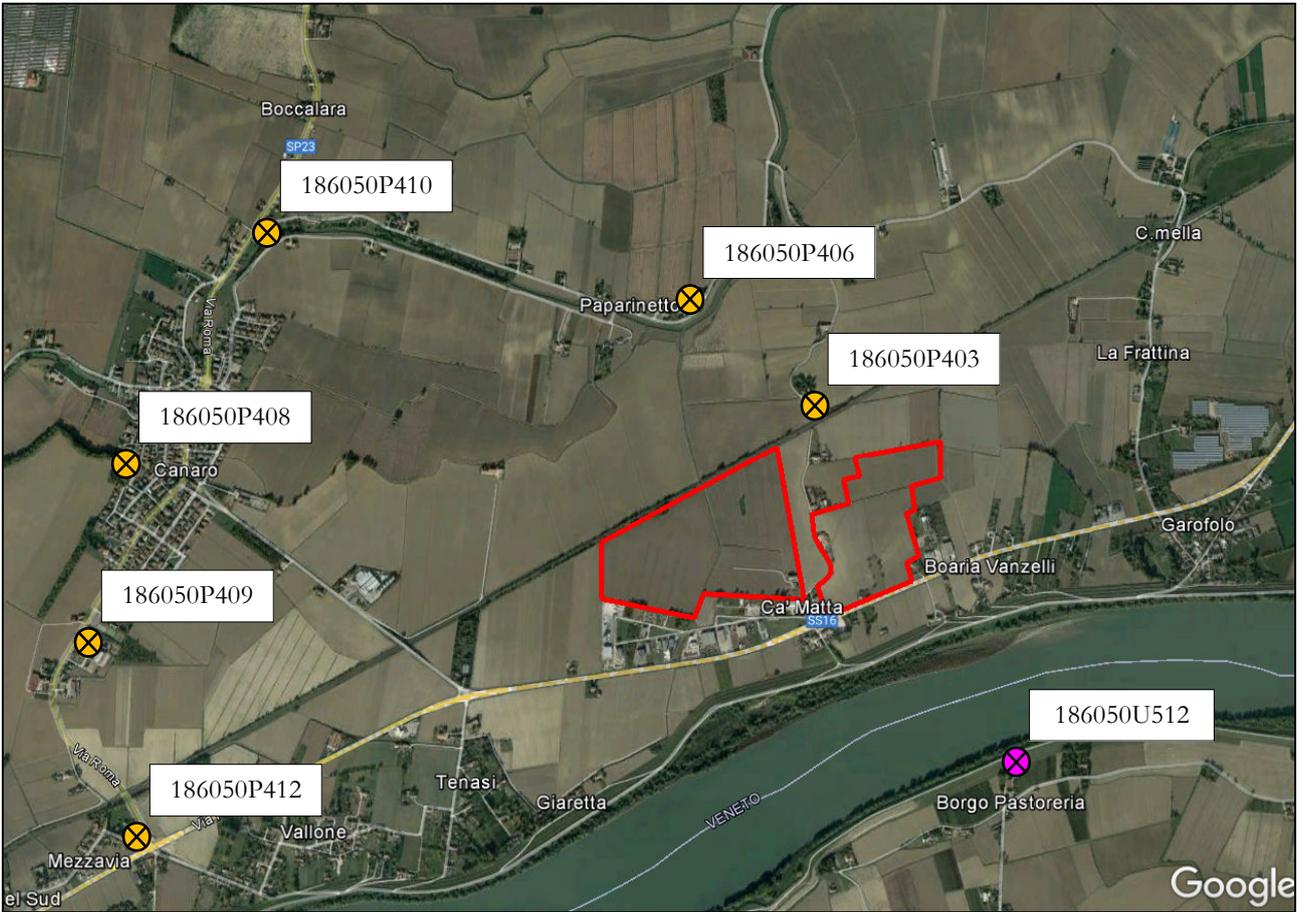
**Trattandosi per ora di studio di fattibilità, si opta in accordo con la richiesta dei progettisti, di redigere una relazione geologica basata sulle indagini esistenti in zona, con le quali si può fare una caratterizzazione di massima del sito. E' ovvio che in fase di progettazione definitiva occorrerà fare approfondimenti di indagini, per validare le assunzioni qui fatte.**

Per ipotizzare il modello geologico si sono recuperate delle indagini presenti in banca dati regionale e nella banca dati dello scrivente.

Vengono considerati dei sondaggi a carotaggio continuo e una prova penetrometrica statica con punta elettrica e piezocono CPTU.

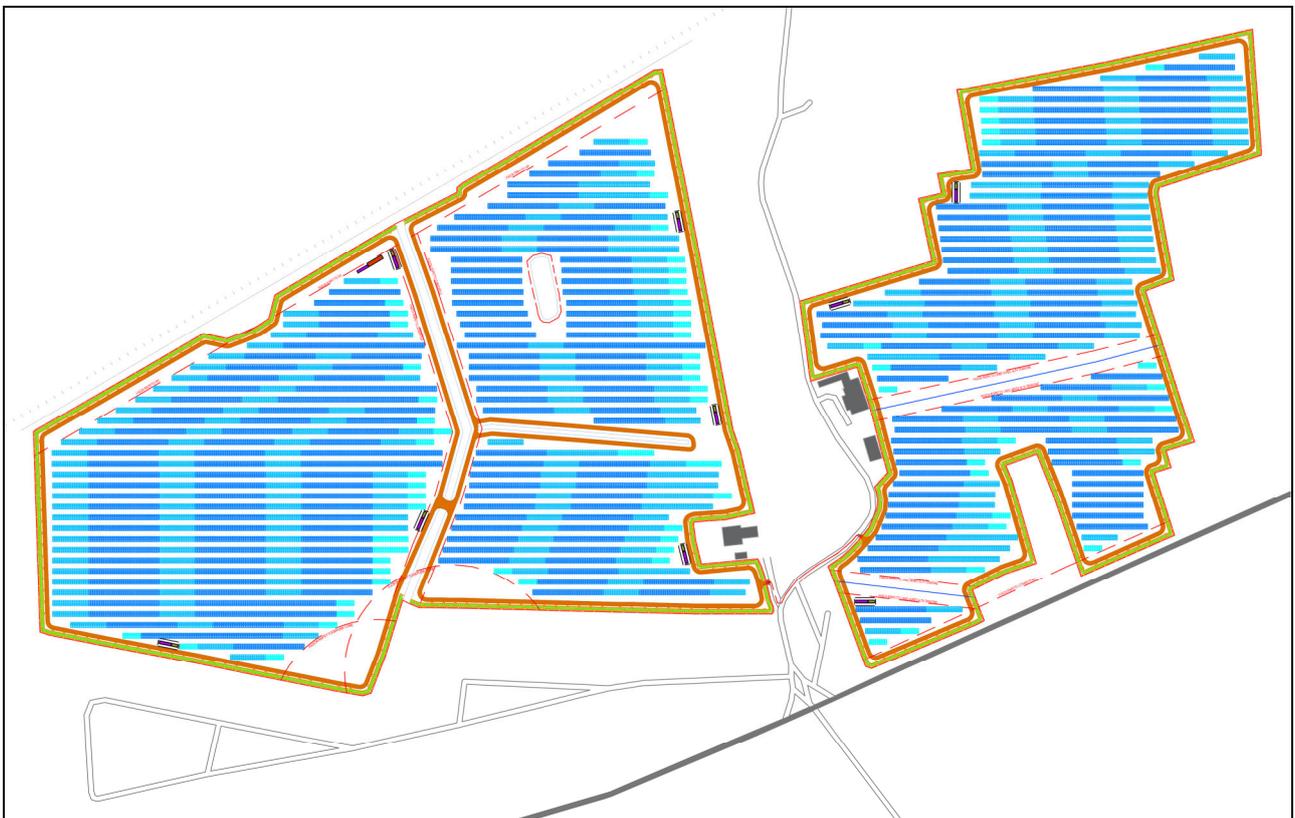
In **FIGURA 4.1** si riporta uno stralcio della C.T.R. e un ortofoto con l'ubicazione delle indagini bibliografiche prese in considerazione, presenti nell'intorno dell'area allo studio.





**FIGURA 4.1** - Stralcio di C.T.R. e ortofoto con l'ubicazione delle indagini presenti

In **FIGURA 4.2** si riporta uno stralcio progettuale con il Layout del campo di pannelli fotovoltaici e i particolari strutturali con i moduli fotovoltaici.



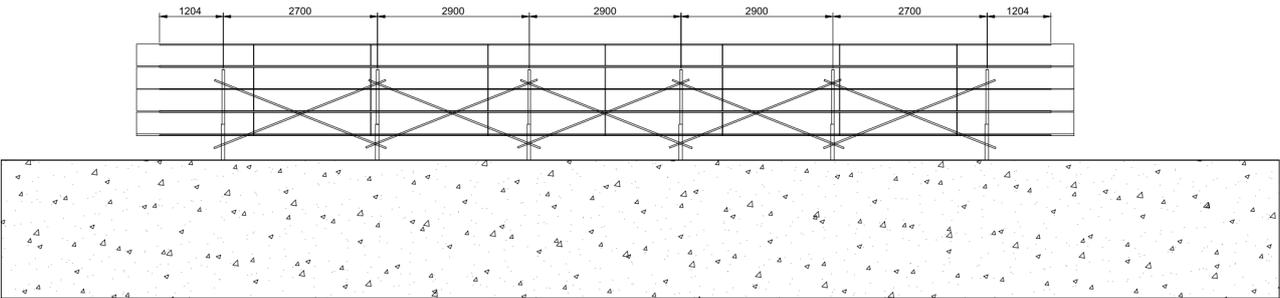
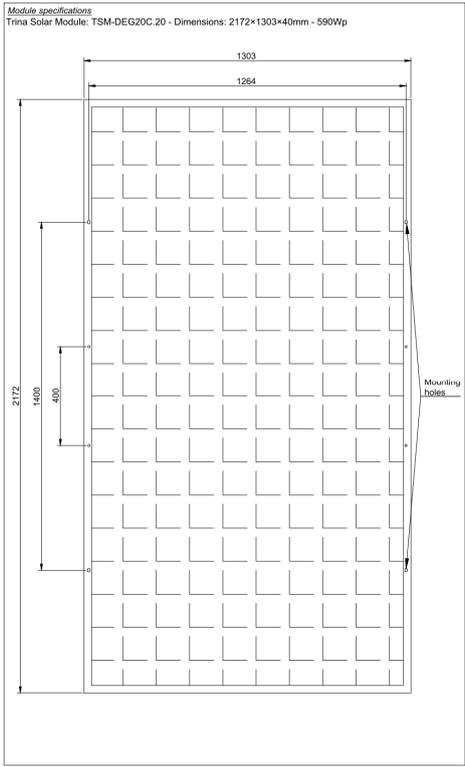
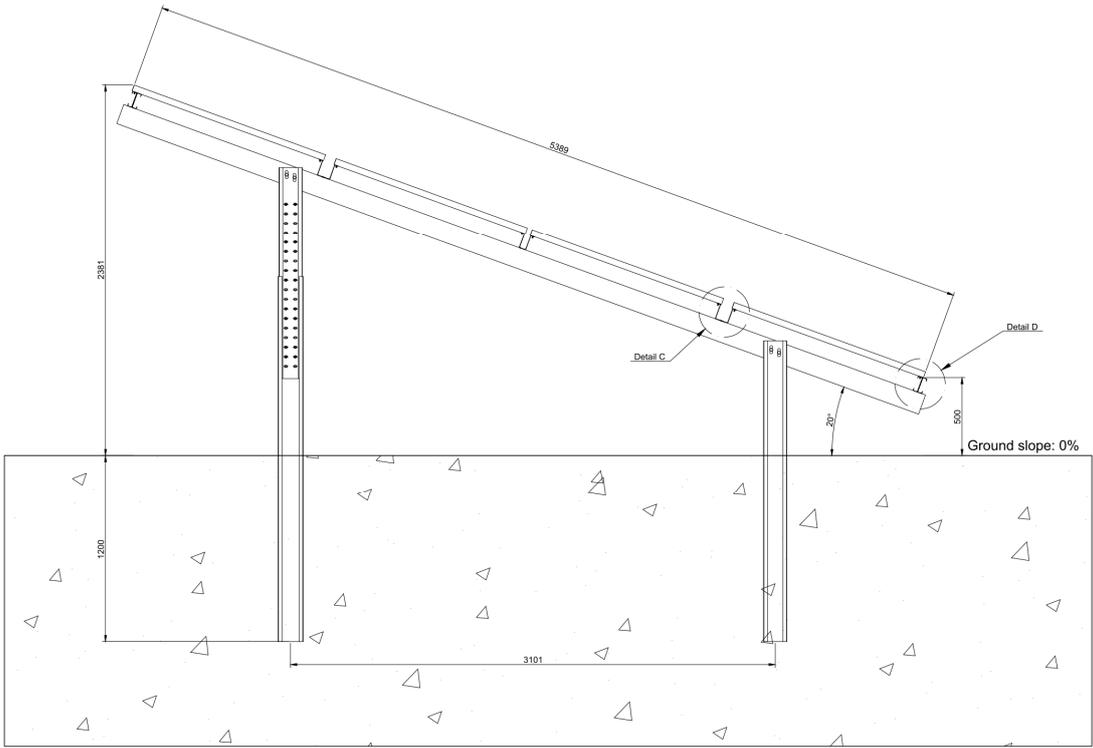


FIGURA 4.2 – Layout di progetto e particolare strutturale modulo fotovoltaico

#### 4.1. MODELLO GEOTECNICO DEL SOTTOSUOLO

Vista la variabilità riscontrata con le indagini bibliografiche al contorno, non si possono determinare a priori i parametri geotecnici del terreno interessato dal campo di pannelli fotovoltaici. Quello che emerge dall'analisi dei dati disponibili, è comunque che vi è piena compatibilità tra le caratteristiche di tutti i terreni rilevati nei primi metri di terreno con l'idea progettuale del campo di pannelli fotovoltaici.

In fase esecutiva verranno eseguite le indagini per la parametrizzazione dei terreni che saranno interessati dalle fondazioni di sostegno dei pannelli.

#### 5. CONCLUSIONI

- Dal punto di vista **geologico e geotecnico** vi è compatibilità tra i terreni e il progetto in corso di studio di fattibilità. L'interazione di opere come queste, dal punto di vista geotecnico, è molto modesta e facilmente affrontabile e risolvibile. Quindi la fattibilità è certa. In fase di progettazione definitiva ed esecutiva andranno fatte le idonee indagini per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione.

- Dal punto di vista **sismico**, non sono attesi effetti di sito che possano compromettere l'instabilità dei terreni di fondazione (verrà poi definita l'amplificazione stratigrafica a seguito di apposite indagini per la misura della Vs30); la liquefazione delle sabbie non è attesa, anche se ci fossero sabbie nei primi 20m, in quanto le energie sismiche attese sono limitate e le resistenze alle sollecitazioni di taglio ciclico indotte dal sisma sono maggiori delle azioni attese per eventi con tempi di ritorno di 475 anni. . Quindi la fattibilità è certa. In fase di progettazione definitiva ed esecutiva andranno fatte le idonee indagini per la caratterizzazione sismica dei terreni di fondazione e la valutazione numerica degli effetti di sito (amplificazione stratigrafica, liquefazione delle sabbie).

- Dal punto di vista della **pericolosità idraulica** le mappe derivate dagli studi della Direttiva Alluvioni, indicano che le aree si collocano in una fascia dove sono attesi eventi rari (tempi di ritorno molto maggiori di 200 anni). Qui tutto dipende dalla tenuta degli argini del fiume Po. Quindi la fattibilità è certa, ma dipende fortemente dall'efficienza dell'apparato arginale del fiume Po.

Codigoro, li 09/06/2022

Dott. Geologo Thomas Veronese  
