



RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE STAZIONI ELETTRICHE RTN E UTENTE E RACCORDI ALLA RTN

SOMMARIO

| | | |
|------------|--|-----------|
| 1.0 | INTRODUZIONE..... | 3 |
| 1.1 | SCOPO DEL DOCUMENTO..... | 3 |
| 1.2 | REGIME VINCOLISTICO..... | 8 |
| 1.3 | UBICAZIONE DELL'AREA DI PROGETTO..... | 11 |
| 2.0 | ANALISI GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA | 12 |
| 2.1 | GEOLOGIA GENERALE E LOCALE..... | 12 |
| 2.2 | GEOMORFOLOGIA..... | 16 |
| 2.3 | IDROGEOLOGIA..... | 16 |
| 3.0 | ANALISI GEOTECNICA | 17 |
| 3.1 | INDAGINI PREGRESSE..... | 18 |
| 4.0 | ANALISI SISMICA..... | 23 |
| 4.1 | INQUADRAMENTO MACROSISMICO | 23 |
| 4.2 | FAGLIE E TETTONICA | 23 |
| 4.3 | MICROZONAZIONE SISMICA..... | 24 |
| 4.3.1 | Liquefazione dei terreni | 24 |
| 4.3.2 | Check list per il sito di interesse | 25 |
| 5.0 | CONCLUSIONI..... | 26 |
| 5.1 | STATO DEI LUOGHI..... | 26 |
| 5.1.1 | Geomorfologia | 26 |
| 5.1.2 | Faglie e tettonica | 26 |
| 5.2 | CARATTERIZZAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO..... | 26 |
| 5.3 | CONSIDERAZIONI FINALI | 27 |
| 6.0 | BIBLIOGRAFIA..... | 28 |

1.0 INTRODUZIONE

Il gruppo Enfinity, tramite le proprie società controllate, come di seguito indicato, ha in progetto la realizzazione di cinque impianti fotovoltaici, in Provincia di Ferrara - Regione Emilia-Romagna. Nel dettaglio, EG Dafne Srl è titolare di un progetto di impianto fotovoltaico ubicato nel Comune di Copparo (FE), EG Verde Srl di un impianto fotovoltaico ubicato nel Comune di Lajosanto (FE), EG Ambientale Srl, EG Flora Srl ed EG Sostenibilità Srl ciascuna di un diverso impianto fotovoltaico ubicato nel Comune di Codigoro (FE).

In base alle soluzioni di connessione alla rete elettrica nazionale ricevute dalle società sopra menzionate, le stesse condividono la necessità di autorizzare una nuova stazione RTN, che si conetterà in entra esci alla linea 380 kV Ravenna Canala - Porto Tolle, oltre che connettere per mezzo della sezione 132 kV, alimentata tramite due trasformazioni 380/132 kV, le linee 132 kV attualmente afferenti la CP Codigoro, la suddetta CP Codigoro in doppia antenna ed i summenzionati produttori per il tramite di una stazione di trasformazione MT/AT condivisa.

Per tale motivo, le suddette società saranno indicate nel seguito, nel complesso, quali **Proponente** ed i relativi progetti complessivamente quali **Progetto**.

Ogni impianto sarà costituito da diversi campi fotovoltaici (di seguito **Parchi FV**) ed opere di collegamento alla RTN (di seguito **opere di connessione**) costituite da:

- **Stazione MT/AT** in progetto, unitamente al cavidotto AT (nel complesso **Stazione Utente**) di connessione alla SE Terna di cui al punto successivo;
- Stazione Elettrica Terna 380/132 kV (di seguito **SE Terna**) in progetto;
- Raccordi 380 kV della SE Terna alla linea "Ravenna Canala – Porto Tolle" esistente e collegamenti 132 kV alle linee attualmente afferenti la CP Codigoro, e riconnessione di questa alla nuova SE Terna mediante due linee 132 kV (di seguito, nel complesso, i **Raccordi RTN**).

L'**iter** procedurale per l'ottenimento dei permessi alla realizzazione del progetto prevede la trasmissione, da parte del **Proponente**, di diversi elaborati ad Enti di competenza per l'acquisizione delle autorizzazioni. Tra i diversi studi da esibire, vi è anche il presente elaborato "Relazione geologica" (di seguito **studio**).

1.1 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente **studio** è redatto al fine di caratterizzare, da un punto di vista geologico, i terreni destinati ad accogliere la **Stazione Utente**, la **SE Terna ed i raccordi RTN**. La parametrizzazione degli orizzonti in sottosuolo è effettuata attraverso dati consultabili al sito web della Regione Emilia-Romagna, all'indirizzo <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it>, e studi riportati nella bibliografia in calce allo **studio**.

Accennando alla tipologia operativa (per i cui dettagli si rimanda agli elaborati di progetto), si riporta in estrema sintesi quanto segue.

Stazione Utente

La realizzazione della stazione utente "Punto di raccolta Canale Bastione" e del collegamento in cavo AT di questo alla SE 380/132 kV RTN Fiscaglia è prevista nel Comune di Fiscaglia (Provincia di Ferrara) nelle vicinanze della futura stazione di trasformazione della RTN 380/132 kV di Terna.

L'area sulla quale insisterà il punto di raccolta è di circa 10.211 m². Al termine dei lavori di costruzione sarà interamente recintata un'area di 2.294 m², come di seguito meglio descritto. L'area recintata potrà essere ampliata fino a raggiungere i 4.192 m² per accogliere fino ad ulteriori due stalli produttore, al fine di consentire

il pieno sfruttamento della portata del cavo AT comune.

Nel punto di raccolta sono previsti due diversi locali, uno per i produttori connessi al punto di raccolta ed uno dedicato al sistema di comando e controllo dello stallo arrivo linea 132 kV in cavo dalla SE Terna.

- **Fabbricato produttori**

L'edificio del fabbricato comandi di questo montante sarà formato da un corpo di dimensioni in pianta circa 32 x 5,5 m ed altezza fuori terra di circa 3,90 m. Esso sarà destinato a contenere i quadri di comando e controllo dello stallo AT/MT, gli apparati di telecontrollo sia del montante AT/MT che degli impianti di produzione, il quadro MT per la connessione dell'impianto di produzione al trasformatore AT/MT, i servizi ausiliari dello stallo (intesi come le batterie, i quadri BT in cc ed in ca, il trasformatore servizi ausiliari ed il gruppo elettrogeno d'emergenza), un locale dedicato al sistema di misura UTF, un locale di servizio per la manutenzione ed i servizi igienici. Saranno incluse le opere di finitura consone al tipo di locale, quali il pavimento flottante, il tinteggio dei locali, l'installazione dell'impiantistica per illuminazione, forza motrice, anti-intrusione, controllo e sorveglianza, rilevazione incendi, la posa della segnaletica di sicurezza prevista, unitamente ai presidi antincendio ed all'impianto idraulico/sanitario per i servizi igienici, a servizio dei quali verranno installati un serbatoio per lo stoccaggio dell'acqua e una fossa imhoff dimensionata in conformità alle normative vigenti. La superficie occupata sarà di circa 176 m² con un volume di circa 687 m³.

La costruzione potrà essere di tipo tradizionale, con struttura in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile, oppure di tipo prefabbricato (struttura portante costituita da pilastri prefabbricati in c.a.v., pannelli di tamponamento prefabbricati in c.a., finitura esterna con intonaci al quarzo o graniglia minerale). La copertura, a tetto piano, sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi saranno realizzati in alluminio anodizzato. Particolare cura sarà osservata ai fini dell'isolamento termico impiegando materiali isolanti idonei in funzione della zona climatica e dei valori minimi e massimi dei coefficienti volumici globali di dispersione termica, nel rispetto delle norme di cui alla Legge 9 Gennaio 1991, No. 10 e successivi regolamenti di attuazione.

- **Stallo linea in cavo AT comune**

Questo fabbricato, avente il fine di contenere soltanto le apparecchiature di comando dello stallo linea, e quindi privo dei locali di controllo della produzione, e del locale quadri MT, sarà di dimensioni ridotte: 5,5 x 6,6 m, per un'altezza fuori terra di 3,9 m. La superficie occupata sarà di 36,3 m² con un volume di circa 142 m³. Il fabbricato conterrà il quadro per l'alimentazione delle utenze ca e cc ed il quadro di protezione comando e controllo. È previsto un ulteriore locale da utilizzarsi come magazzino, atto anche ad essere utilizzato per l'alloggio di un gruppo elettrogeno di emergenza, qualora questo fosse inserito in sede di progettazione esecutiva.

La costruzione potrà essere o di tipo tradizionale con struttura in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile oppure di tipo prefabbricato (struttura portante costituita da pilastri prefabbricati in c.a.v., pannelli di tamponamento prefabbricati in c.a., finitura esterna con intonaci al quarzo o graniglia minerale). La copertura, a tetto piano, sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi saranno realizzati in alluminio anodizzato.

Il cavo AT interrato, della sezione di 1.600 mm² e di una lunghezza pari a 600 m circa, conatterà poi la Stazione AT/MT con la futura SE Terna.

SE Terna

La nuova stazione elettrica di trasformazione 380/132 kV Fiscaglia sarà, come anticipato, collegata in entrata mediante raccordi in semplice terna a 380 kV sull'esistente elettrodotto Ravenna Canala - Porto Tolle ed alle linee 132 kV afferenti alla CP Codigoro, a sua volta ricollegata in doppia antenna alla nuova SE RTN. Al fine di contenere al minimo le opere da realizzare e il loro impatto sul territorio, la stazione elettrica è stata prevista in un'area contraddistinta da adeguate caratteristiche orografiche e prossima all'esistente elettrodotto 380 kV ed alla CP Codigoro.

Nell'impianto è prevista la realizzazione dei seguenti edifici:

- Edificio Comandi e controllo:

L'edificio Comandi (documento 46469) sarà formato da un corpo di dimensioni in pianta di 20,00 x 11,80 m ed altezza fuori terra di 4,65 m (volume di circa 1.100 m³). L'edificio contiene i quadri di comando e controllo della stazione, gli apparati di teleoperazione e i vettori, gli uffici ed i servizi igienici per il personale di manutenzione, nonché un deposito. La costruzione sarà di tipo prefabbricato (struttura portante costituita da pilastri prefabbricati in c.a.v., pannelli di tamponamento prefabbricati in c.a., finitura esterna con intonaci al quarzo) o, dove ciò non fosse possibile, di tipo tradizionale con struttura in c.a. e tamponature in muratura di laterizio rivestite con intonaco di tipo civile. La copertura a tetto piano, sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi saranno realizzati in alluminio anodizzato naturale. Particolare cura sarà osservata ai fini dell'isolamento termico impiegando materiali isolanti idonei in funzione della zona climatica e dei valori minimi e massimi dei coefficienti volumici globali di dispersione termica, nel rispetto delle norme di cui alla Legge 373 del 4 Aprile 1976 e successivi aggiornamenti, nonché alla Legge 10 del 9 Gennaio 1991 e successivi regolamenti di attuazione.

- Edificio Servizi Ausiliari e Servizi Generali (SA e SG):

Nella stazione, alla sua massima estensione, sono previsti due edifici servizi ausiliari, aventi caratteristiche identiche.

L'edificio servizi ausiliari e servizi generali (documento 46468), sarà a pianta rettangolare, con dimensioni di 15,20 x 11,80 m ed altezza fuori terra di 4,65 m (volume di circa 835 m³). L'edificio ospiterà le batterie, i quadri MT e BT in cc e ca per l'alimentazione dei servizi ausiliari ed il gruppo elettrogeno d'emergenza. Per la tipologia costruttiva vale quanto descritto per l'edificio Comandi.

- Edificio magazzino

Nella stazione è previsto, come da standard Terna, la costruzione di un magazzino (documento 46467). L'edificio Magazzino sarà formato da un corpo di dimensioni in pianta 15,60 x 10,58 m ed altezza fuori terra di 6,40 m (volume di circa 1.046 m³). Per la tipologia costruttiva vale quanto descritto per l'edificio Comandi.

- Edificio per punti di consegna MT

Il punto di consegna MT (documento 46466) sarà destinato ad ospitare i quadri contenenti i Dispositivi Generali ed i quadri arrivo linea e dove si attesteranno le due linee a media tensione di alimentazione dei servizi ausiliari della stazione e le consegne dei sistemi di telecomunicazioni. Si prevede di realizzare un edificio costituito da tre manufatti prefabbricato delle dimensioni in pianta di:

- Cabina consegna MT1 con dimensioni 6,7 x 2,5 m con altezza 3,2 m costituito da n. 2 vani. Il primo a servizio del Distributore per la consegna della prima alimentazione MT ed il secondo come vano contatore;
- Cabina punto di consegna TERNA con dimensioni 7,58 x 2,5 m con altezza 3,2 m costituito da n. 3 vani. Due di essi conterranno le celle MT dei Dispositivi Generali per le alimentazioni MT, nell'altro vano verrà predisposto il punto di consegna dei servizi di telecomunicazione (TLC) necessaria alla tele conduzione

della Stazione.

- Cabina consegna MT2 circa 6,7 x 2,5 m con altezza 3,2 m analogamente alla Cabina consegna MT1 per la consegna dell'eventuale seconda alimentazione MT.

I locali dei punti di consegna saranno dotati di porte antisfondamento in vetroresina con apertura verso l'esterno rispetto alla stazione elettrica per quanto riguarda gli accessi ai fornitori dei servizi di energia elettrica e TLC.

- Chioschi per apparecchiature elettriche:
I chioschi (documento 46465) sono destinati ad ospitare i quadri di protezione, comando e controllo periferici; avranno pianta rettangolare con dimensioni esterne di 2,40 x 4,80 m ed altezza da terra di 3 m. Ogni chiosco avrà un volume di 35 m³. La struttura sarà di tipo prefabbricato con pennellature coibentate in lamiera zincata e preverniciata. La copertura a tetto piano sarà opportunamente coibentata ed impermeabilizzata. Gli infissi saranno realizzati in alluminio anodizzato naturale. Saranno presenti, nell'attuale configurazione dell'impianto, No. 12 chioschi, eventuali ulteriori 3 per la eventuale trasformazione a 36 kV ed un altro per il montante reattore 380 kV.
- Edificio quadri sezione 36 kV
Nel caso la stazione venga ampliata con questo livello di tensione, è prevista la realizzazione di un edificio atto ad ospitare i quadri della sezione 36 kV. L'edificio quadri sezione 36 kV sarà a pianta rettangolare, con dimensioni di 14,40 x 71,30 m ed altezza fuori terra di 7 m (volume fuori terra di circa 7.190 m³). La costruzione sarà dello stesso tipo dell'edificio Comandi, pertanto per la tipologia costruttiva vale quanto descritto per l'edificio Comandi.

Di seguito, alcuni tipici progettuali.

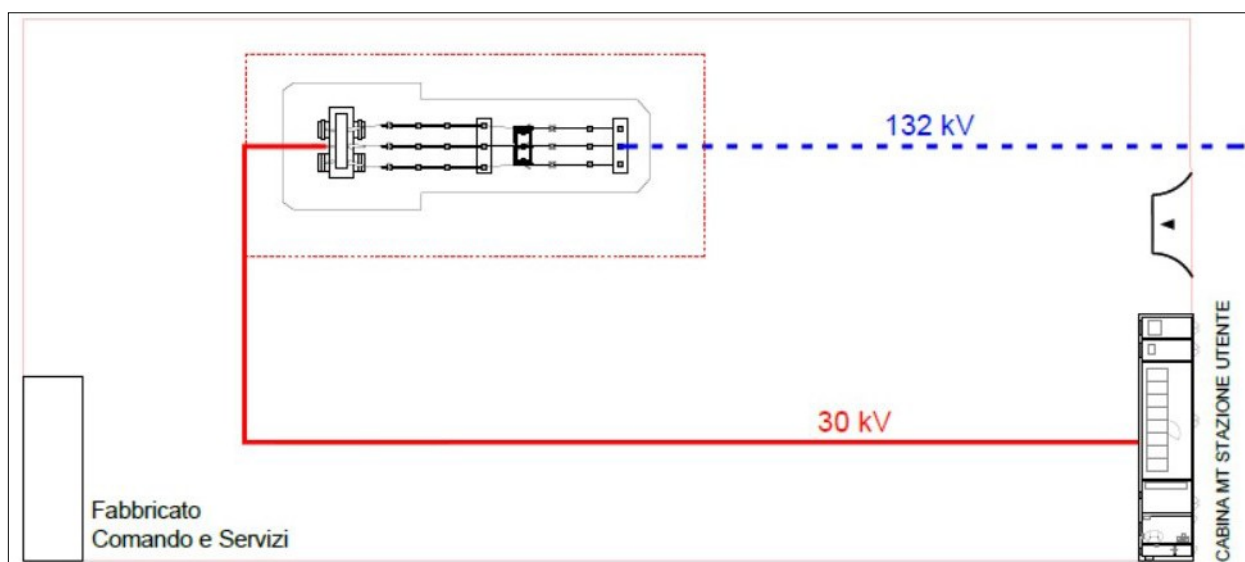


Figura 1-1: pianta Stazione Utente.

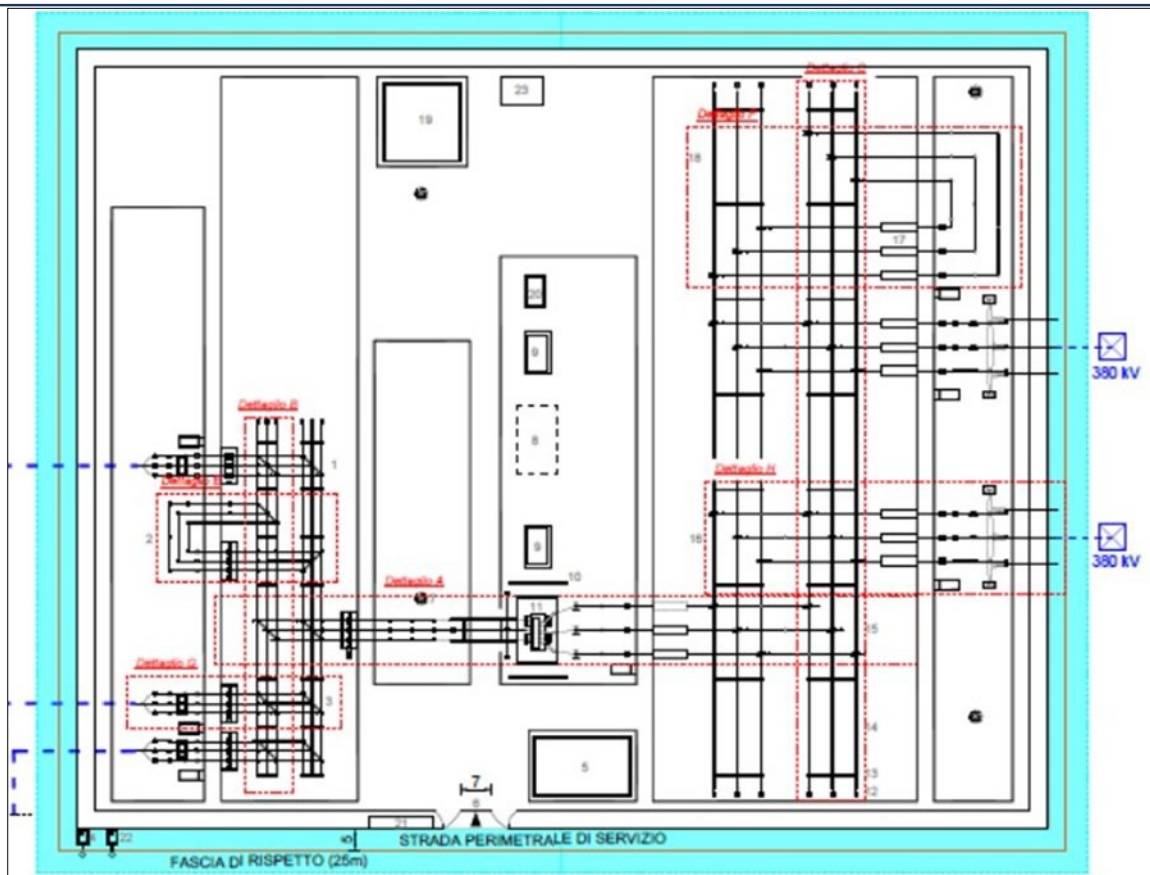


Figura 1-2: pianta SE Terna.

Raccordi alla RTN

I raccordi 380 kV tra la nuova stazione RTN e l'esistente elettrodotto avranno una lunghezza complessiva di circa 800 m e saranno realizzati in semplice terna. Detti raccordi sono descritti nell'apposita relazione, documento 46601 - Relazione tecnico illustrativa elettrodotti 380 kV.

I raccordi 132 kV tra la nuova stazione e gli esistenti elettrodotti provenienti da CP Ariano, CP Volania e CP Tresigallo avranno una lunghezza complessiva di circa 3,1 km e saranno realizzati in semplice terna. Di questa lunghezza, 1,6 km circa saranno realizzati in cavo AT interrato. Le due linee di collegamento della CP Codigoro alla SE Fiscaglia avranno lunghezza complessiva di 2,5 km circa e saranno realizzate in semplice terna. Di questa lunghezza, 250 m circa saranno realizzati in cavo, mentre circa 830 m saranno realizzati utilizzando tracciato esistente. Tutti questi collegamenti sono più approfonditamente descritti nell'apposita relazione, documento 46701 - Relazione tecnico illustrativa elettrodotti 132 kV.

1.2 REGIME VINCOLISTICO

Circa il quadro vincolistico sovraordinato all'area di intervento individuata per la realizzazione della **SE Terna**, dei **raccordi RTN** e della **Stazione Utente** si riporta quanto segue (**Tabella 1-1**):

| TIPOLOGIA VINCOLISTICA | P | A |
|---|---|---|
| PAI (Pericolosità da Frana) – Pericolosità molto elevata P4 | | |
| PAI (Pericolosità da Frana) – Pericolosità elevata P3 | | |
| PAI (Pericolosità da Frana) – Pericolosità media P2 | | |
| PAI (Pericolosità da Frana) – Pericolosità moderata P1 | | |
| PGRA – Pericolosità idraulica alta H | | |
| PGRA – Pericolosità idraulica media M | | |
| PGRA – Pericolosità idraulica bassa L | | |
| Vincolo Idrogeologico (RD3267/23) | | |
| SIC | | |
| ZPS | | |
| IBA | | |
| Beni Paesaggistici ex D.Lgs. 42/04 | | |

Tabella 1-1: P - vincolo presente; A - vincolo assente.

L'area in cui ricadono le opere in progetto (**Stazione utente, SE Terna e raccordi RTN**) è disciplinata dall'Autorità di Bacino del Fiume Po, UoM (Unit of Management)_IT_20181025 (di seguito AdB). La cartografia dell'AdB contempla sia mappe legate alla pericolosità (rischio) da frana (vale a dire legata a fenomeni di versante) sia alla pericolosità idraulica (fluviale).

All'indirizzo

http://www.pcn.minambiente.it/viewer/index.php?services=progetto_mappe_di_pericolosita_e_rischio_di_alluvioni, consultabile alla pagina web dell'AdB – Piano Gestione del rischio di alluvioni (di seguito PGRA), è presente la cartografia interattiva delle mappe di rischio idraulico legato alle alluvioni. Per l'area in cui rientrano le due stazioni, il PGRA indica una pericolosità idraulica di livello basso (L - low). Dato l'assetto morfologico, non esiste alcun tipo di pericolosità legata a fenomeni di versante. Ancora, le mappe dell'AdB "Tavole di delimitazione delle fasce fuviali" collocano la zona di intervento fra la fascia B e la fascia C (cfr. Quadro di unione - Fogli alla scala 1:25.000, FOGLIO 186 SEZ. I – Berra PO 02 – 1:25.000 e Fogli 185 sezioni II e III). Per quanto attiene al RD 3267/23, si fa riferimento alla cartografia del PRG di Codigoro.

In relazione al sistema delle Aree Naturali Protette (L. 394/91), Zone IBA, Zone Ramsar e siti appartenenti alla Rete Natura 2000, come evidenziato in Figura 1-3 e in Figura 1-4, si segnala che le stazioni elettriche (**SE Terna e Stazione Utente**) distano circa 200 m dal sito Rete Natura 2000 più prossimo identificato come ZPS - IT4060011 "Garzaia dello zuccherificio di Codigoro e Po di Volano", mentre sono molto lontane le Aree Naturali Protette. Si sottolinea inoltre che l'area ZPS - IT4060011 è però attraversata dalle linee elettriche in progetto in particolare i raccordi 132kV afferenti la CP 132 kV Codigoro.

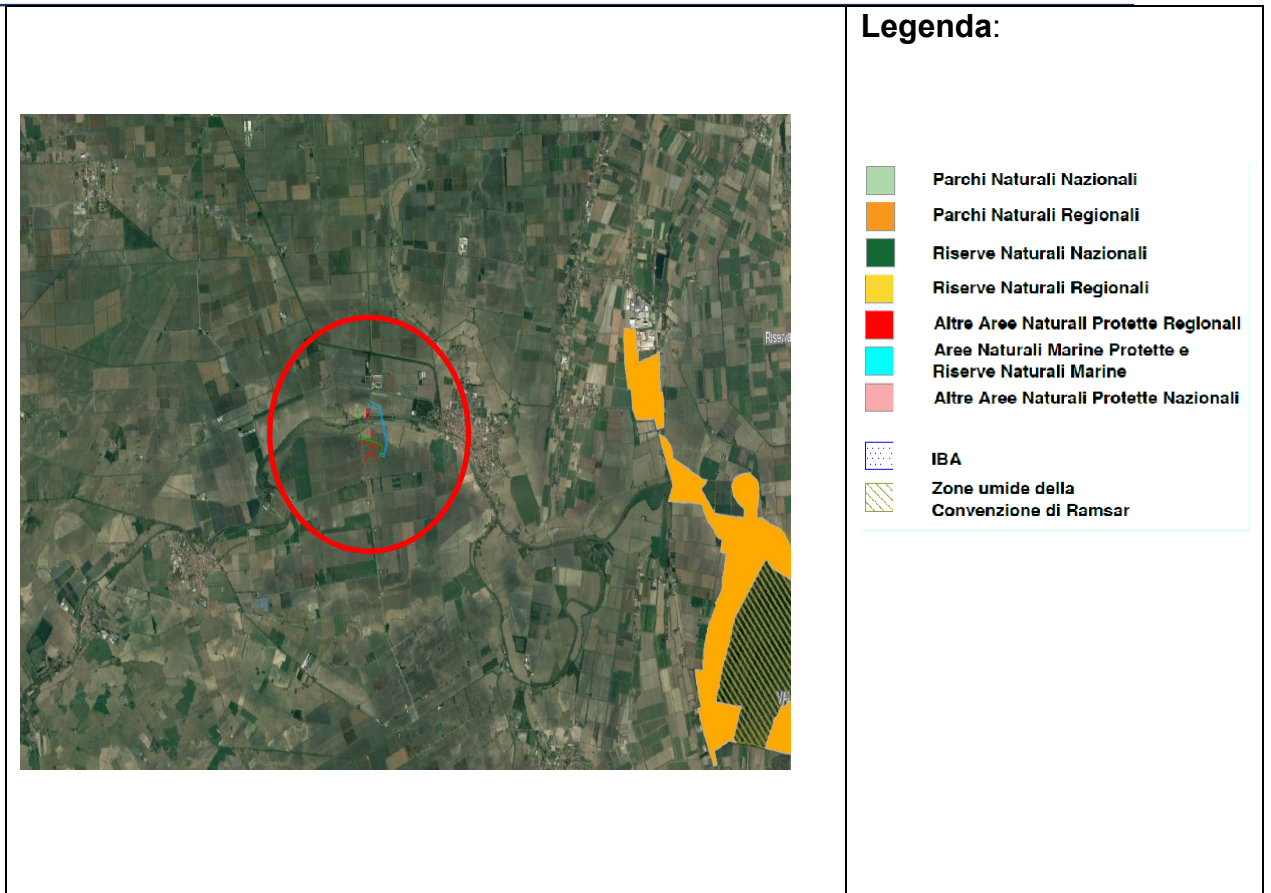


Figura 1-3: Aree Naturali Protette, IBA e Ramsar presenti nell'area

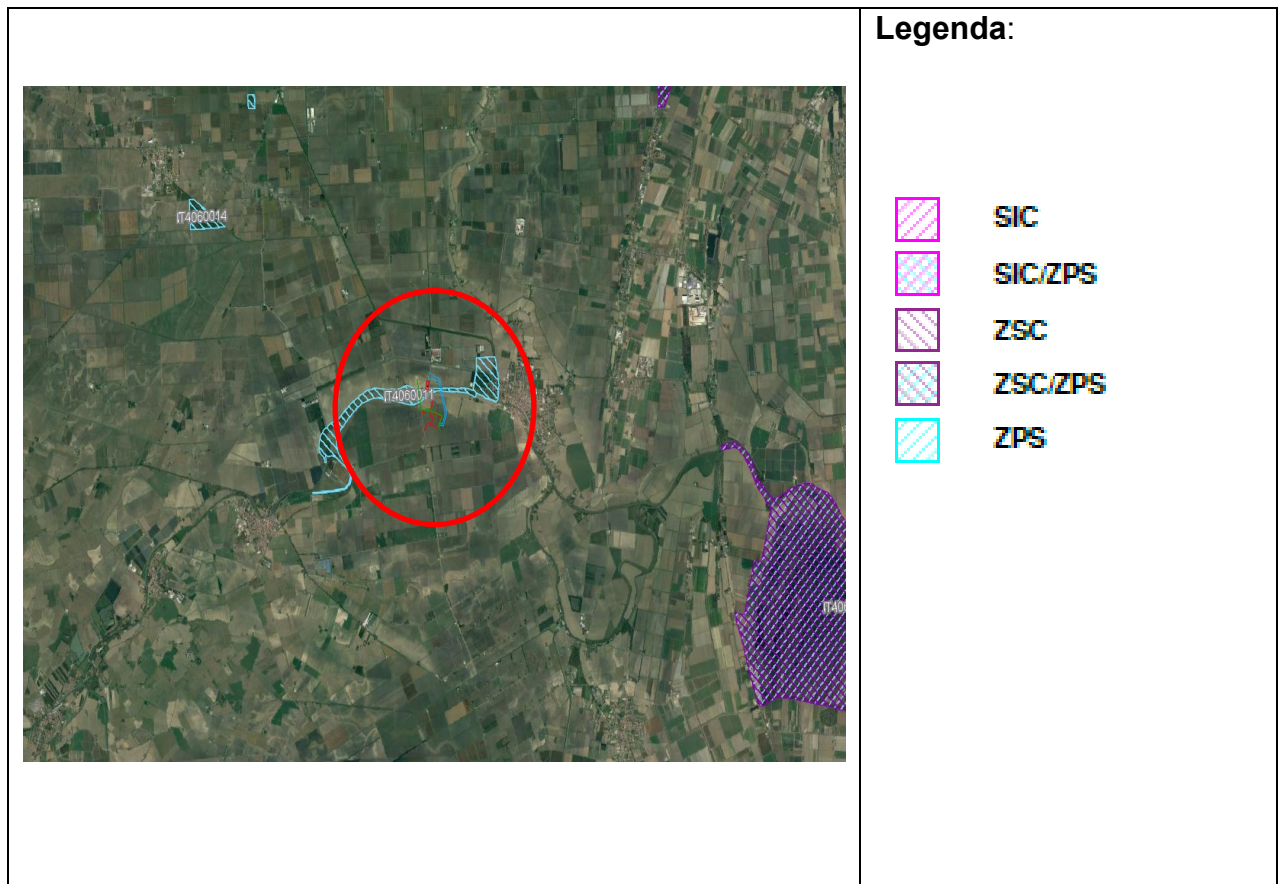


Figura 1-4: siti Rete Natura 2000 presenti nell'area

Per verificare l'eventuale interferenza con Beni Paesaggistici tutelati ai sensi del D.Lgs. 42/2004 sono stati consultati il PSC del Comune di Fiscaglia e del Comune di Codigoro, il Piano territoriale di coordinamento provinciale di Ferrara, il WebGIS del Patrimonio culturale dell'Emilia-Romagna e il SITAP del Ministero per i Beni e per le Attività Culturali.

Dalle verifiche effettuate, come evidenziato in Figura 1-5 (Stralcio PTCP) e in Figura 1-6 (Stralcio PSC), risulta che le attività in progetto sono prossime alle **fasce di rispetto dei corsi d'acqua vincolati** ai sensi dell'art. 142 comma 1 lett. c) D. Lgs. 42/2004).

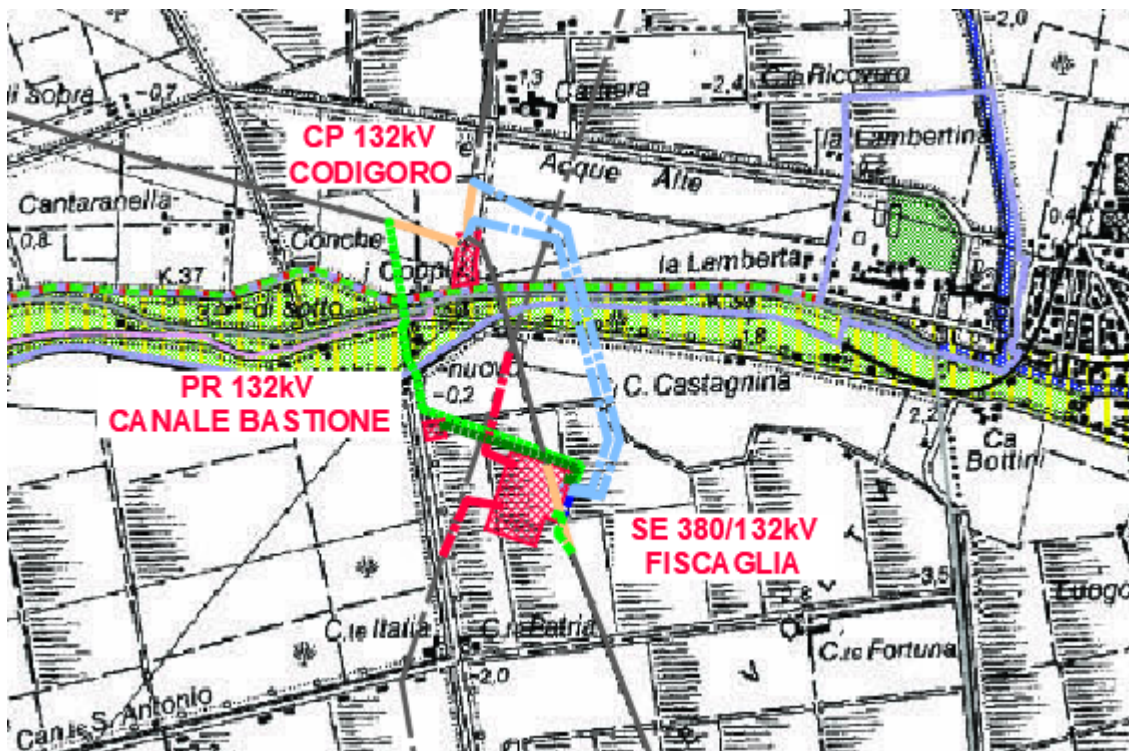


Figura 1-5: Stralcio Carta del Sistema Ambientale PTCP di Ferrara

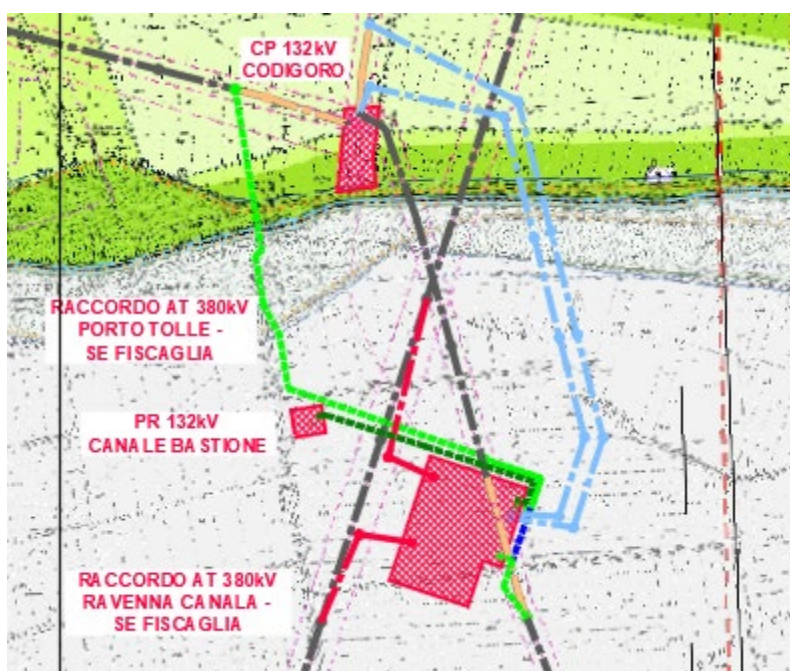


Figura 1-6: Stralcio Carta dei vincoli PSC di Codigoro

1.3 UBICAZIONE DELL'AREA DI PROGETTO

La progettazione delle opere oggetto del presente documento è stata sviluppata tenendo in considerazione un sistema di indicatori sociali, ambientali e territoriali, che hanno permesso di valutare gli effetti della pianificazione elettrica nell'ambito territoriale considerato, nel pieno rispetto degli obiettivi della salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità dell'ambiente, della protezione della salute umana e dell'utilizzazione accorta e razionale delle risorse naturali.

Per quel che riguarda la futura stazione elettrica Fiscaglia, nella posizione scelta, sorgerà su un'area agricola di circa 72.000 m², situata in prossimità della Via Canale Bastione, ad una quota altimetrica di -3 m slm. La nuova stazione interesserà - nella sua massima estensione un'area di circa 229 m x 314 m che verrà interamente recintata e sarà accessibile tramite un cancello carrabile ed un cancello pedonale posto in collegamento con la Via Castagnina del Comune di Fiscaglia.

Una nuova strada dalla summenzionata via pubblica consentirà l'accesso alla stazione stessa. La strada, opportunatamente rappresentata nel documento No. 46471, avrà una lunghezza di circa 700 m e si devierà dalla succitata strada pubblica prima dell'intersezione della stessa con la ferrovia Ferrara - Codigoro. Vi sarà una rampa, per raccordare la quota stradale al livello del terreno, più basso di circa 2,5 m, dopo la quale la strada correrà parallela al fosso di scolo esistente, minimizzando gli impatti sulle colture. Successivamente, dopo una leggera curva, la strada supererà il canale diversivo Tieni. In sede esecutiva tale attraversamento sarà progettato tenendo conto delle prescrizioni del Consorzio di Bonifica della Pianura Ferrarese, gestore dello stesso. Successivamente, la strada, senza ulteriori curve, raggiungerà l'ingresso della stazione elettrica.

Tra le possibili soluzioni di localizzazione del punto di raccolta invece è stato individuato il sito avente le migliori caratteristiche in ragione delle peculiarità dell'area sotto il profilo: i. della sua orografia; ii. della destinazione urbanistica e dei vincoli nel loro complesso; iii. della vicinanza alla futura SE 380/132 kV di Fiscaglia. Nei restanti documenti facente parte tale progettazione, è meglio individuabile la localizzazione dell'intervento, quali la Corografia in scala 1:25.000 (Documento No. 46431) e l'Ortofoto in scala 1:10.000 (Documento No. 46433).

L'individuazione del sito, ed il posizionamento della stazione nello stesso, risultano dai documenti allegati alla presente relazione.

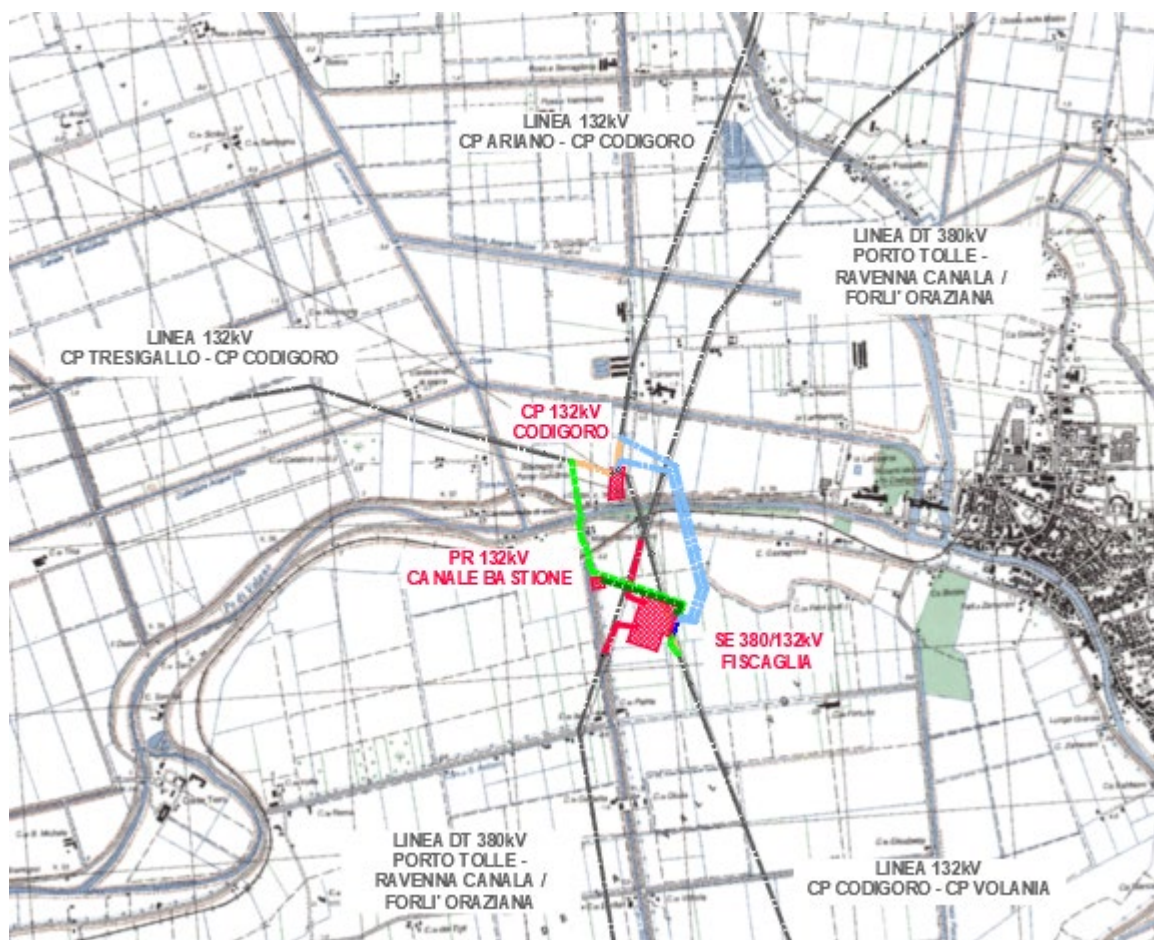


Figura 1-7: l'intero Progetto, fuori scala da originale su corografia 1:25.000.

2.0 ANALISI GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA

2.1 GEOLOGIA GENERALE E LOCALE

In una visione di ampio respiro, il modello strutturale in cui si inserisce il contesto di studio è quello di una catena sepolta (con strutturazione dell'edificio a pieghe e sovrascorrimenti, *sensu* ORI, 1993), in cui terreni alluvionali, del Po, di età quaternaria si trovano in discordanza al di sopra di sedimenti continentali pleistocenici in *onlap* sul substrato marino del Pleistocene medio-Miocene (Foglio 77 "Comacchio" - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, 1967; ORI, *ibidem*; ARGNANI & GAMBERI, 1995; CARG, Foglio 148-149 "Chioggia-Malamocco"; CARG, Foglio 187 "Codigoro", 2009; GHIELMI *ET ALII*, 2009). Il quadro deformativo è di età neogenico-quaternaria ed caratterizzato dalla convergenza tra il fronte appenninico e quello sud-alpino orientale; quest'ultimo è svincolato cinematicamente, ad Ovest dal sistema Schio-Vicenza e ad Est da quello di Idrija (CARG, Foglio 148-149 "Chioggia-Malamocco"); in tale modello, la *Pianura veneto-friulana* e *padana* e la placca dell'alto Adriatico hanno rappresentato, dal tardo Cretaceo al Cenozoico, l'*avampaese* delle principali catene montuose collidenti alpino-appenniniche (DELLA VEDOVA *ET ALII*, 2006) e durante il Messiniano ed il Plio-Pleistocene dell'Appennino settentrionale (GHIELMI *ET ALII*, *ibidem*). Nel Foglio 77 "Comacchio" - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 (*ibidem*), i terreni quaternari (che vengono descritti come un complesso a strati ondulati) sono limitati a Sud dalla faglia di Sant'Alberto, ad andamento SE-NO, contro la quale si accavallano le pieghe del sottosuolo ravennate, e a Nord dal "muro" meridionale dell'*horst* di Adria, tra i fiumi Po e Adige, sul cui tetto le formazioni mioceniche si elevano fino a 100 m di profondità da piano campagna, mentre a Nord si abbassano ad oltre 2.000 m, e a Sud (vale a dire

nel sottosuolo dell'area di Comacchio) a circa 3.500 m; l'area di Comacchio coincide dunque con una parte di un *graben*. Dunque, la Pianura padana è legata ad una evoluzione tettonica durante la quale l'accumulo di depositi alluvionali e costieri durante il Quaternario è stato possibile solo grazie alla predominanza della subsidenza rispetto al sollevamento (subsidenza dell'avampaese deformato); più in particolare, l'andamento del limite tra aree collinari e pianura è spesso riconducibile alla presenza di singoli elementi tettonici, quali la Linea di Aviano, affiorante al piede dei colli di Asolo, del Montello e di Conegliano, e la sopracitata Schio–Vicenza, che costituisce il limite orientale dei Lessini; quest'ultima controlla anche la forma planimetrica complessiva dei Colli Berici e dei Colli Euganei, sia direttamente sia per l'azione di altre faglie a essa collegate, come quella detta della Riviera Berica al margine est del gruppo collinare.

Localmente, facendo riferimento a quanto riportato nel Foglio 187 “Codigoro” del progetto CARG (Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000), i terreni sui quali insistono le due stazioni sarebbero sostanziate da depositi quaternari continentali di canale distributore e di piana interdistributrice, costituiti da argille ed argille limose con intercalazioni di limi, argille organiche e torbe, contenenti sparsi bioclasti di molluschi continentali, talora resti legnosi anche abbondanti. Sono organizzati come corpi tabulari lateralmente molto estesi, con spessori fino a 15 m, deposti in piane inondabili, stagni e paludi dolci, sviluppate in aree depresse tra canali distributori. **Ciò è confermato sostanzialmente dalle indagini reperibili al link <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it>** della Regione Emilia Romagna, in particolare sondaggio 187S8 Codigoro (187130P510X come identificativo della Banca Dati Geognostici) e prove penetrometriche anch'esse limitrofe all'area di progetto della **Stazione Utente** e della **SE Terna e dei raccordi RTN**.

Di seguito, uno stralcio fuori scala dall'originale 1:50.000 proveniente dal Foglio 187 “Codigoro” (CARG, 2009).



Figura 2-1: stralcio fuori scala dall'1:50.000 originale del CARG. L'intero progetto sul contesto geologico (Fonte: https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/187_CODIGORO/Foglio.html).

SISTEMI DEPOSIZIONALI E LITOLOGICI

DEPOSITI DELTIZI E LITORALI

PIANA DELTIZIA



Sabbie di riempimento di canale distributore

Sabbie da medie a fini, prive di bioclasti, con laminazioni trattive. Strati amalgamati e mal definiti organizzati in sequenze positive (*fining upward*), formanti corpi nastriformi, a sezione lenticolare bic spessi fino ad oltre 10 m e larghi diverse centinaia di metri, che corrispondono a canali distributori del I. Le sabbie sono localmente ricoperte da argille e limi d'abbandono fluviale (es. Po di Volano).



Sabbie e limi di argine e rotta di canale distributore

Alternanze di sabbie da medie a finissime, spesso limose, talvolta ricche d'intraclasti argillosi, che lateralmente in alternanze limoso-argillose. Frammenti legnosi possono essere localmente abbondanti, sono normalmente assenti. Strati da sottili a medi, frequentemente gradati, con base netta ed erosiva, d eventi di tracimazione e rotta di canale distributore. Formano corpi a geometria nastriforme, spessi var



Argille, limi e torbe di piana interdistributrice dulciicola

Argille ed argille limose con intercalazioni di limi, argille organiche e torbe, particolarmente abbondanti in parte occidentale del foglio. Sparsi bioclasti di molluschi continentali, quali gasteropodi polmonati e lar chi d'acqua dolce (es. *Limnaea palustris*), talvolta resti legnosi, anche abbondanti. Strutture sedimentarie stratificazione sono frequentemente obliterate dall'intensa bioturbazione, altrove è preservata una fitta lina piano-parallela o sottili strati sabbioso-limosi gradati da tracimazione fluviale. Corpi tabulari lateralm estesi, con spessori fino a 15 m, depositi in piane inondabili, etagni e paludi dolci, sviluppate in aree de canali distributori.

FRONTE DELTIZIA E PIANA DI SABBIA



Sabbie di duna eolica

Sabbie fini molto ben cernite, prive di bioclasti, ad eccezione di sporadici gasteropodi polmonati. Si inclinano ad alto angolo a scala plurimetrica. Formano campi allungati prevalentemente dall'escavazione antropica, ma che talora conservano un'ottima espressione morfologica (morfo Italba-Massenzatica), con elevazioni residue dell'ordine dei 12 m. Morfologie e strutture registrano l'azione del Vento di Bora.



Sabbie di cordone litorale e spiaggia

Sabbie da medie a fini, ricche di bioclasti, in strati da sottili a medi, spesso amalgamati. Faune diversificate a molluschi e foraminiferi, spesso concentrate in strati da tempesta. Gradazioni dirette e onda o trattive. I corpi sabbiosi possono raggiungere lo spessore di 15 m e nella parte centrale del fo un'estesa piana di sabbia, marcata dalla successione di numerosissimi cordoni costieri arcuati. argille e limi, con base netta e spessori decimetrici. Le sabbie si sono sedimentate in ambienti di r spiaggia emersa e sommersa, scanno e bocca deltizia; i sedimenti fini in piccoli stagni salmas depressioni d'intercordone non cartografabili.



Argille e limi bioclastici di palude salmastra e laguna

Argille, argille limose e limi argillosi, talvolta arricchiti in sostanza organica, con subordinati strati sat gradati da rotta di canale distributore. Frequenti resti di molluschi in associazioni oligotipiche, (*Cerastoderma glaucum*). Strati da medi a sottilissimi, prevalentemente amalgamati dalla bioturbazio corpi con spessori fino a qualche metro, con base netta su sabbie costiere. Nella parte orientale del l limoso-sabbiose bioturbate, con faune più diversificate, spesso concentrate in strati da tempesta, c zioni di sabbie gradate di ventaglio da tempesta marina (*spill over fan*). Sedimenti depositi in ambie salmastra, bala interdistributrice e laguna, talvolta ancora soggetti ad un'attiva dinamica sedimenta (Goro).

SUCCESSIONE POST-EVAPORITICA DEL MARGINE PADANO-ADRIATICO

SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE

Il sistema AES coincide in affioramento con l'unità AES₈, descritta di seguito. Nel sottosuolo, è costituito da una successione di cinque cicli sedimentari trasgressivo-regressivi, corrispondenti alle più recenti fluttuazioni glacio-eustatiche. Ciascun ciclo è limitato alla base dalla brusca sovrapposizione trasgressiva di depositi marini o palustri su depositi continentali regressivi. I tre cicli più recenti corrispondono ai tre subsistemi (AES₆ - *Bazzano*, AES₇ - *Villa Verucchio*, AES₈ - *Ravenna*).

AES forma la porzione superiore del Supersistema Emiliano-Romagnolo che raggruppa sedimenti marini e continentali sovrapposti in discordanza su depositi marini d'età variabile dal Miocene al Pleistocene inferiore. Il Supersistema registra un'evoluzione globalmente regressiva, legata al riempimento del Bacino della Pianura Padana, a partire da circa 700.000 anni fa.

Spessore complessivo di AES fino ad oltre 350 m.

PLEISTOCENE MEDIO-OLOCENE (c.a. 400.000 anni B.P. - Attuale)

Pleistocene - Olocene



AES₈

Subsistema di Ravenna

Elemento sommitale di AES formato da argille, limi e sabbie, d'ambiente deltizio e marino. La base, non affiorante, è marcata dalla sovrapposizione in "onlap" di depositi trasgressivi di pianura alluvionale e costiera su una superficie di discordanza incisa in sabbie fluviali, deposte durante l'ultima fase singlaciale di stazionamento basso del livello marino ed appartenenti alla porzione superiore di AES₇. Il tetto di AES₈ coincide con l'attuale superficie topografica. AES₈ comprende un'unità di rango gerarchico inferiore (AES_{8a}), descritta nel paragrafo seguente. La parte affiorante di AES₈ registra l'evoluzione prevalentemente progrediente della linea di costa, attraverso gli ultimi 4000 anni circa.

Spessore da c.a. 20 a c.a. 40 m (aumenta da O ad E).

OLOCENE, da c.a. 10.000 anni B.P. all'Attuale (datazione ¹⁴C non cal.).



AES_{8a}

Unità di Modena

Porzione più recente di AES₈, formata da argille, limi e sabbie di ambiente deltizio. La base è data: (a) a E, da un'antica linea di riva netta e prevalentemente erosiva, (b) a O, dal contatto netto di sedimenti di pianura alluvionale e deltizia sulla superficie d'occupazione romana. Questo contatto corrisponde alla riorganizzazione idrografica, all'accelerazione dei processi sedimentari ed al cambiamento dei caratteri archeologici associati alla fine dell'Impero Romano. Nella parte occidentale del foglio, l'unità è formata da depositi di canale distributore e di piana interdistributrice, che possono preservare una buona espressione morfologica. Nella parte orientale, essa comprende depositi di fronte deltizia e spiaggia, in parte ancora in evoluzione deposizionale. Spessore compreso fra 0 e 25 m circa.

ETA: da c.a. 1.500 anni all'Attuale (datazione archeologica e da fonti storiche).



Contatto stratigrafico



Traccia di canale minore in area interdistributrice



Traccia di canale lagunare



Ventaglio da rotta fluviale



Traccia di cordone litorale



Depressione generata dallo sfondamento di dune eoliche ad opera d'acque non incanalate (gorgo)



Ventaglio da sfondamento di dune eoliche da parte di acque non incanalate



I-V secolo



Cava attiva



Struttura antropica

Figura 2-2: legenda riferita alla precedente figura 2-1.

2.2 GEOMORFOLOGIA

In linea generale, i territori in cui si inseriscono le due stazioni in progetto sono caratterizzati da pendenze praticamente inesistenti, modellati sui depositi alluvionali quaternari ascrivibili al Fiume Po (e suoi canali distributori) che possiedono morfologia pianeggiante alla vista. Le aree, come definito anche dai piani di settore (in particolare mappe dell'AdB), possono subire alluvionamenti con tempi di ritorno piuttosto lunghi, per cui gli agenti morfologici sono pressoché totalmente legati alle acque dilavanti superficiali (fluviali e di pioggia) e ai processi antropici: l'Uomo, attraverso la pratica agricola, la realizzazione di canali artificiali con scopo soprattutto irriguo, la posa in opera di infrastrutture lineari e puntuali, l'inserimento nel territorio di strutture come abitazioni, opifici, altro, ha modificato l'aspetto superficiale del territorio, aggiungendo elementi non naturali al contesto primigenio. Tuttavia, l'assetto morfologico originario è rimasto il medesimo, conservando i tipici tratti di una bassa valle alluvionale, in prossimità della zona di sfocio, con topografia grosso modo piatta, talora al di sotto del livello medio del mare.

In dettaglio, le aree di progetto si trovano, complessivamente, a quote comprese tra gli 0,6 ed i - 2 m circa rispetto al livello del mare, muovendosi rispettivamente dalla zona meridionale a quella settentrionale dei lotti interessati. L'area presenta carattere pianeggiante ed è solcata da diversi canali naturali e antropici che drenano, in ultima analisi, nei fiumi Po e Po di Volano. **Circa i processi legati alla gravità**, non vi è alcun fenomeno agente. **Circa i processi legati alle acque di scorrimento superficiali**, gli elementi morfologici principali sono il Fiume Po e il Fiume Po di Volano, i quali scorrono rispettivamente svariati chilometri a Nord e circa 200 m Sud dell'area di interesse. Non hanno alcun tipo di influenza, in termini di erosione spondale o di fondo alveo, nei confronti delle aree che accoglieranno i **Stazione Utente e SE Terna ed i raccordi RTN**; l'unico processo che potrebbe interferire, con tempi di ritorno piuttosto lunghi in ragione della distanza per il Fiume Po e con tempi di ritorno più brevi per il Fiume Po di Volano, è quello alluvionale, attraverso l'allagamento. In ogni caso, si rammenta che per il PGRA la pericolosità legata alle alluvioni è di livello basso (*low*) per l'area di progetto delle stazioni. Su tutti i luoghi agisce il normale dilavamento superficiale dovuto alle precipitazioni e talora potrebbero verificarsi fenomeni di temporaneo impaludamento proprio in occasione di eventi meteorici particolarmente sfavorevoli. In via collaterale, **i processi legati all'uomo** sono piuttosto presenti: pratica agricola e insediamenti stabili sono gli elementi principali ai quali si affiancano canali realizzati soprattutto a scopi agricoli, infrastrutture lineari (viarie, energetiche, *lifelines*) e puntuali.

2.3 IDROGEOLOGIA

A grande scala, la pianura emiliano-romagnola costituisce la porzione meridionale della pianura padano-veneta, la più grande pianura alluvionale italiana ed una delle più grandi pianure alluvionali europee, e in tale contesto i principali gruppi acquiferi riconoscibili sono 3: Gruppo acquifero A, Gruppo acquifero B e Gruppo acquifero C, i primi due formati da depositi alluvionali ascrivibili, per l'area di interesse, al Fiume Po (SEVERI & BONZI, 2014). In particolare, il Gruppo acquifero A, nella piana deltizia del Po, contiene l'Acquifero freatico di pianura ed è sostanzialmente da estesi corpi di sedimenti prevalentemente fini (argille, limi e torbe) con frazione sabbiosa miscelata all'interno, talora in strati e lenti più omogenei, che contiene la falda. Il Gruppo acquifero B, più profondo, comprende per lo più lenti grossolane (sabbiose in prevalenza) contenute all'interno degli orizzonti più fini. Le informazioni contenute nel portale dell'ARPA Veneto, riferite alla zona di "Bassa pianura" (padana), concordano con quanto riportato da SEVERI & BONZI (*ibidem*): i depositi alluvionali ghiaiosi profondi (presenti con maggiori spessori man mano che ci si allontana dalla linea di costa e si procede verso la "media pianura" e poi "alta pianura") si assottigliano sempre più, fino ad esaurirsi nella bassa pianura; qui il sottosuolo è costituito da un'alternanza di materiali a granulometria fine (limi, argille e frazioni intermedie) con sabbie a variabile percentuale di materiali più fini (sabbie limose, sabbie debolmente limose, limi sabbiosi,

ecc.); gli acquiferi artesiani derivanti da questa struttura geologica sono caratterizzati da bassa permeabilità, e contengono falde con bassa potenzialità e ridotta estensione.

In dettaglio, in base a quanto indicato dalle prove CPTU reperibili alla suddetta banca dati geognostici, la falda non viene segnalata a svariate centinaia di metri ed oltre il chilometro di distanza dall'asse del Fiume Po di Volano. Tuttavia, come indicato da altre indagini penetrometriche collocate in relativa prossimità al Po di Volano (200-300 m come i terreni che accoglieranno le due stazioni) la falda è presente man mano che ci si avvicina al corso d'acqua. Per tale ragione, non si può escludere la presenza di falda ove sono ubicate le opere in progetto, con soggiacenza anche molto prossima al piano campagna. Ciò andrà valutato attentamente in fase esecutiva, attraverso indagini puntuali originali, anche per la valutazione di fenomeni di liquefazioni dei terreni.

3.0 ANALISI GEOTECNICA

I regolamenti cui fare riferimento per la redazione della relazione geologica in fase esecutiva, con particolare attenzione rivolta alle indagini *in situ* ed alla scelta dei valori caratteristici dei parametri geotecnici, sono sostanzialmente i seguenti (oltre eventuali regolamenti locali che recepiscono ed ampliano quanto sotto):

- D.M. LL.PP. del 11/03/1988 - Circolare Ministero LL.PP. n.30483 del 24/09/1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- D.M. 16 Gennaio 1996 - Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.
- Ordinanza P.C.M. n.3274 del 20.3.2003 - Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- D.M. 14 settembre 2005 - Norme Tecniche per le costruzioni”.
- Ordinanza P.C.M. n.3519 del 28.04.2006 – Criteri generali per l'identificazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone.
- D.M. 14 gennaio 2008 - Norme Tecniche per le costruzioni” (di seguito **norme**).
- Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti 02.02.2009, n.617 – Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 14.01.2008 (di seguito **circolare**).
- D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni” (di seguito **nuove norme**).
- Circolare Ministero Infrastrutture e Trasporti 21.01.2019, n.7 – Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 (di seguito **nuova circolare**).

Nel C 6.2.2 “Indagini, Caratterizzazione e modellazione geotecnica” della **circolare** si legge “... Le indagini geotecniche devono permettere un'adeguata caratterizzazione geotecnica del volume significativo di terreno, che è la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa. Il volume significativo ha forma ed estensione diverse a seconda del problema in esame e deve essere individuato caso per caso, in base alle caratteristiche dell'opera e alla natura e caratteristiche dei terreni ...”.

Ancora, nel C 6.2.2 della **circolare** (*idem* in **nuova circolare**), al punto *Valori caratteristici dei parametri geotecnici*, si legge “Nelle valutazioni ... dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle

porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità.”

Nella fattispecie, appare ragionevole considerare una elevata cubatura di terreno come volume significativo in sottosuolo (*sensu* AGI, 1977) riferibile al progetto nella sua totalità. Dunque, i valori caratteristici equivarranno ai valori medi desunti dalle varie indagini. Per i motivi sopra esposti, dovrà essere eseguita una adeguata campagna di indagini, in fase esecutiva, allo scopo di caratterizzare il volume di terreno significativo riferibile ai fabbricati e strumentazioni da posare in opera secondo quanto portato all’attenzione nei documenti di progetto.

Fatto salvo quanto finora riportato nel presente paragrafo, si scrivono sotto alcune caratteristiche degli orizzonti al di sotto del piano campagna, basate sulle indagini disponibili nella banca dati geognostici della Regione Emilia Romagna (di seguito **banca dati**).

3.1 INDAGINI PREGRESSE

Le verticali delle prove penetrometriche reperibili presso la **banca dati** (<https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it>) sono esposte in figura seguente. Altre prove penetrometriche dalla **banca dati** sono state effettuate subito ad Est del centro abitato di Codigoro.

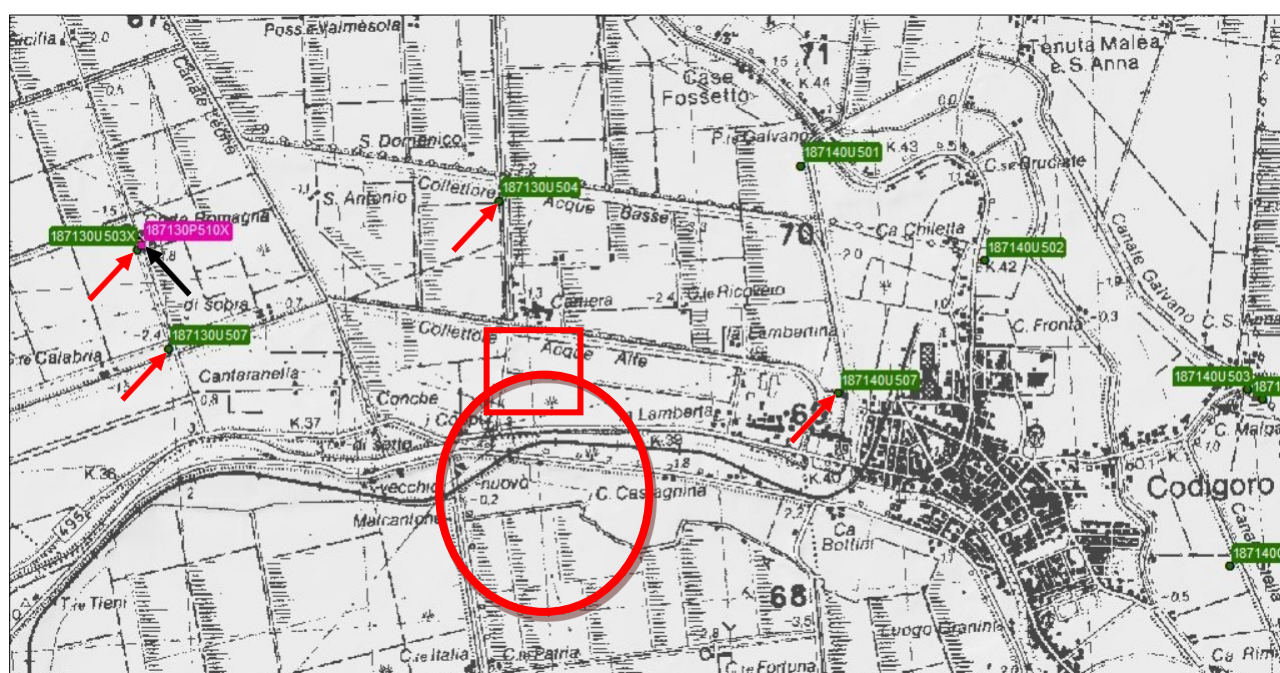


Figura 3-1: stralcio fuori scala (dalla mappa interattiva sul portale regionale) con indicazione delle indagini consultate (freccie in rosso per le CPTU e freccia in nero per il sondaggio geognostico 187130P510X). L’area all’interno del cerchio rosso racchiude le opere in progetto.

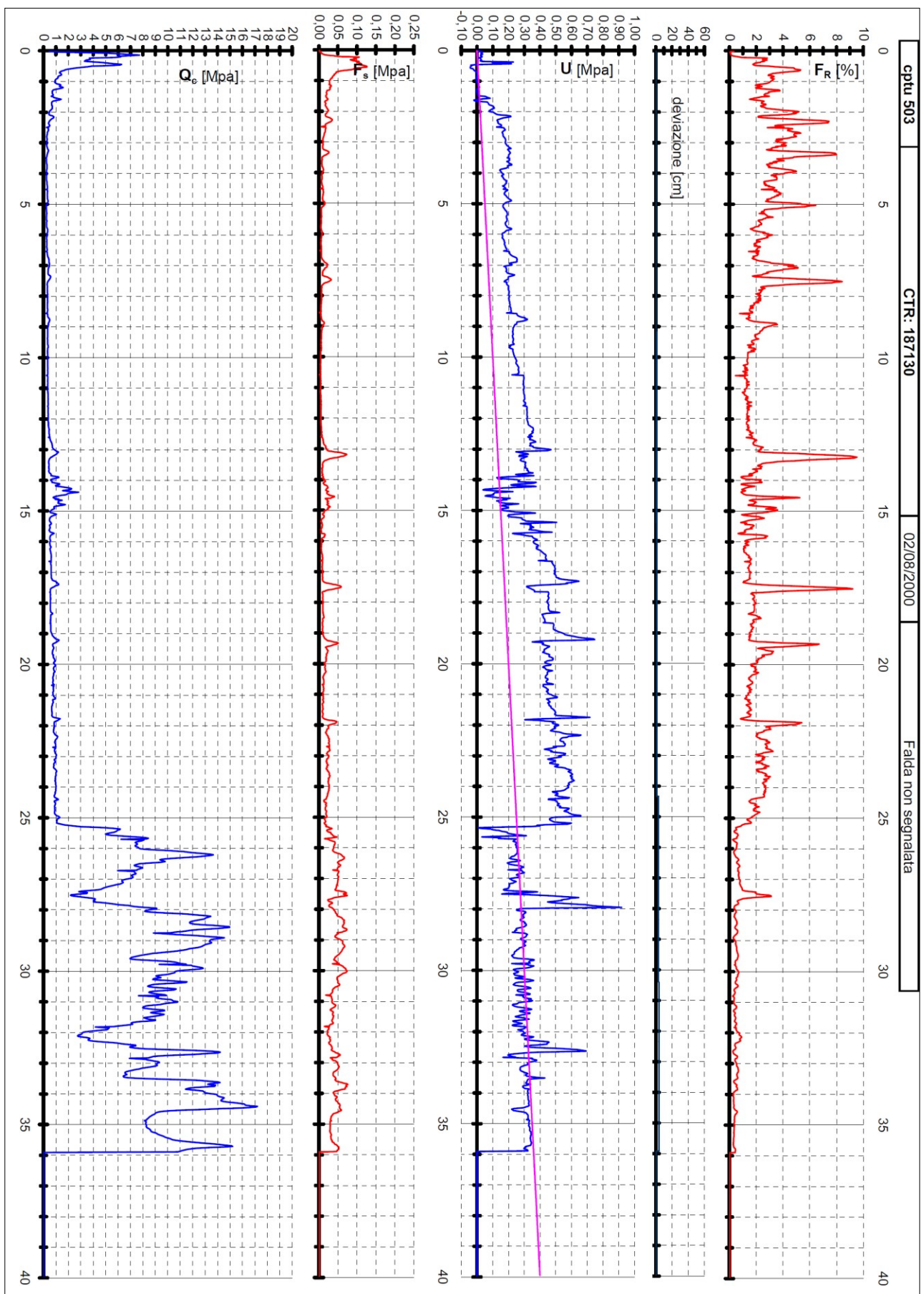
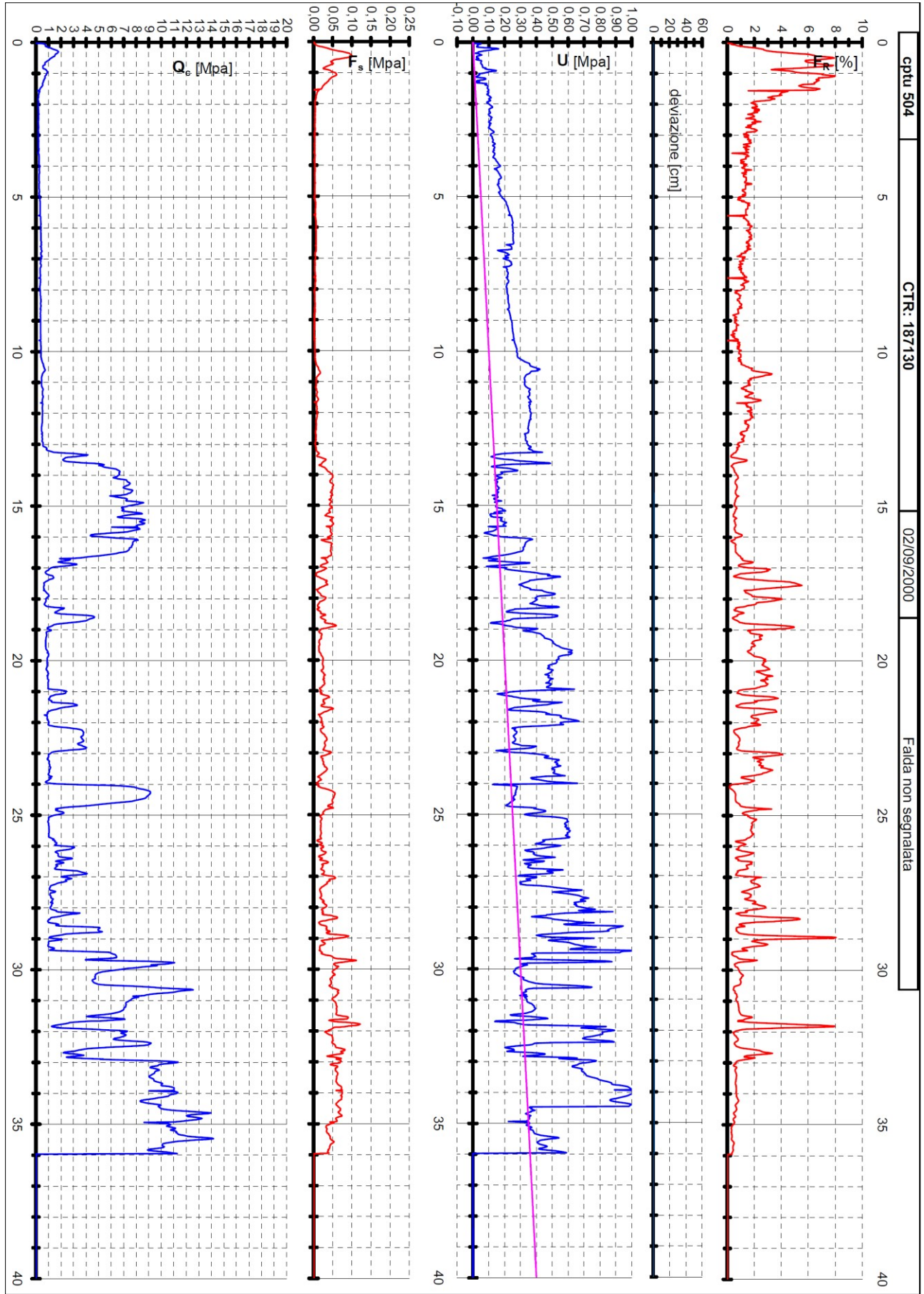
Di seguito, i rapporti di elaborazione delle suddette indagini, dai quali si può comprendere la scarsa qualità dei materiali presenti nell’area di interesse per il progetto, preceduti da un tratto superficiale del sondaggio geognostico sopra menzionato. Infatti, i bassi valori di resistenza alla punta Q_c dipingono un quadro in cui depositi fini, con consistenza molto bassa, si estendono fino ad una certa profondità per poi lasciare il posto a terreni che si fanno meno coesivi e con maggiore tenore in sabbia dalle caratteristiche nettamente migliori ma in generale non ancora buone. In particolare;

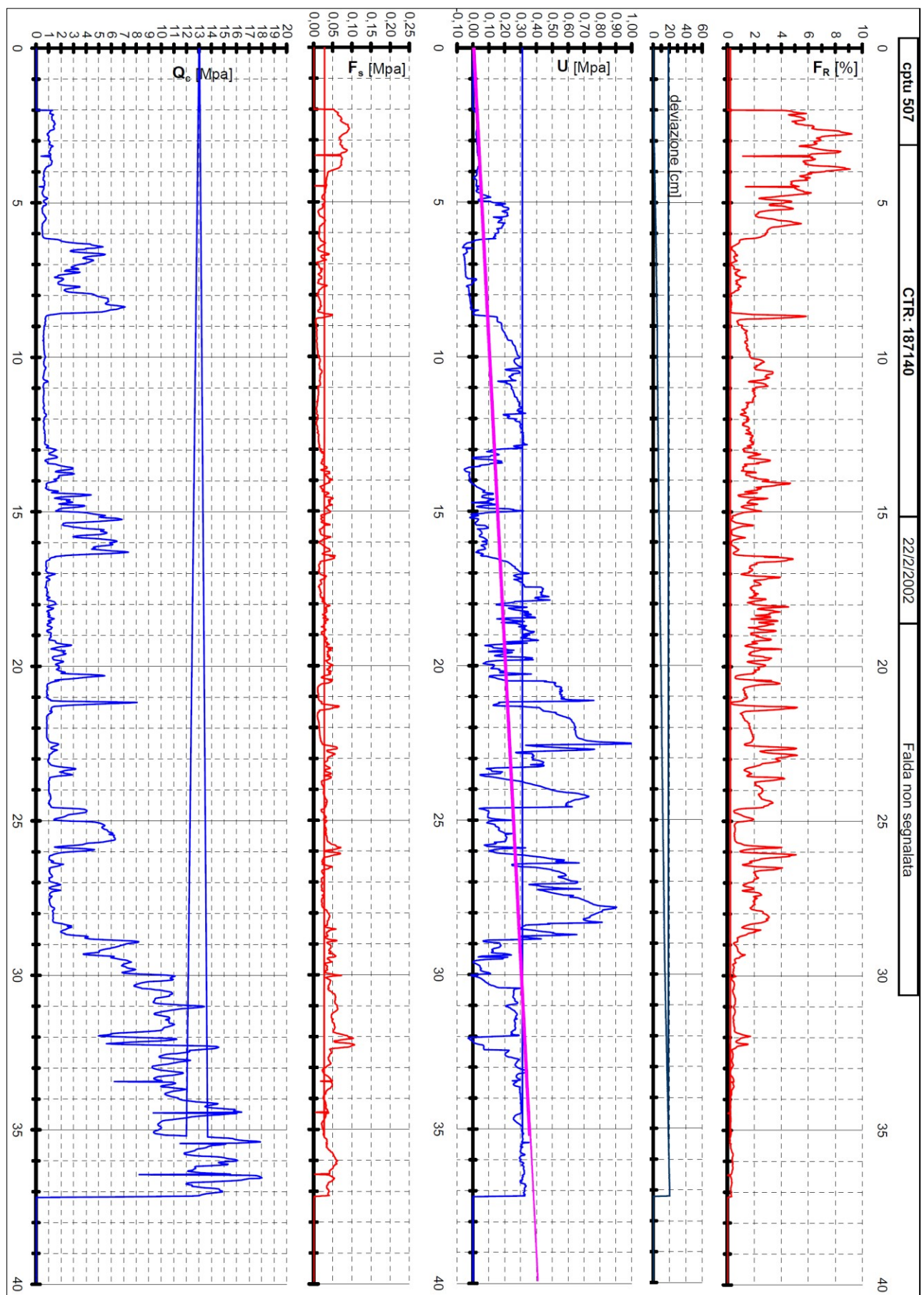
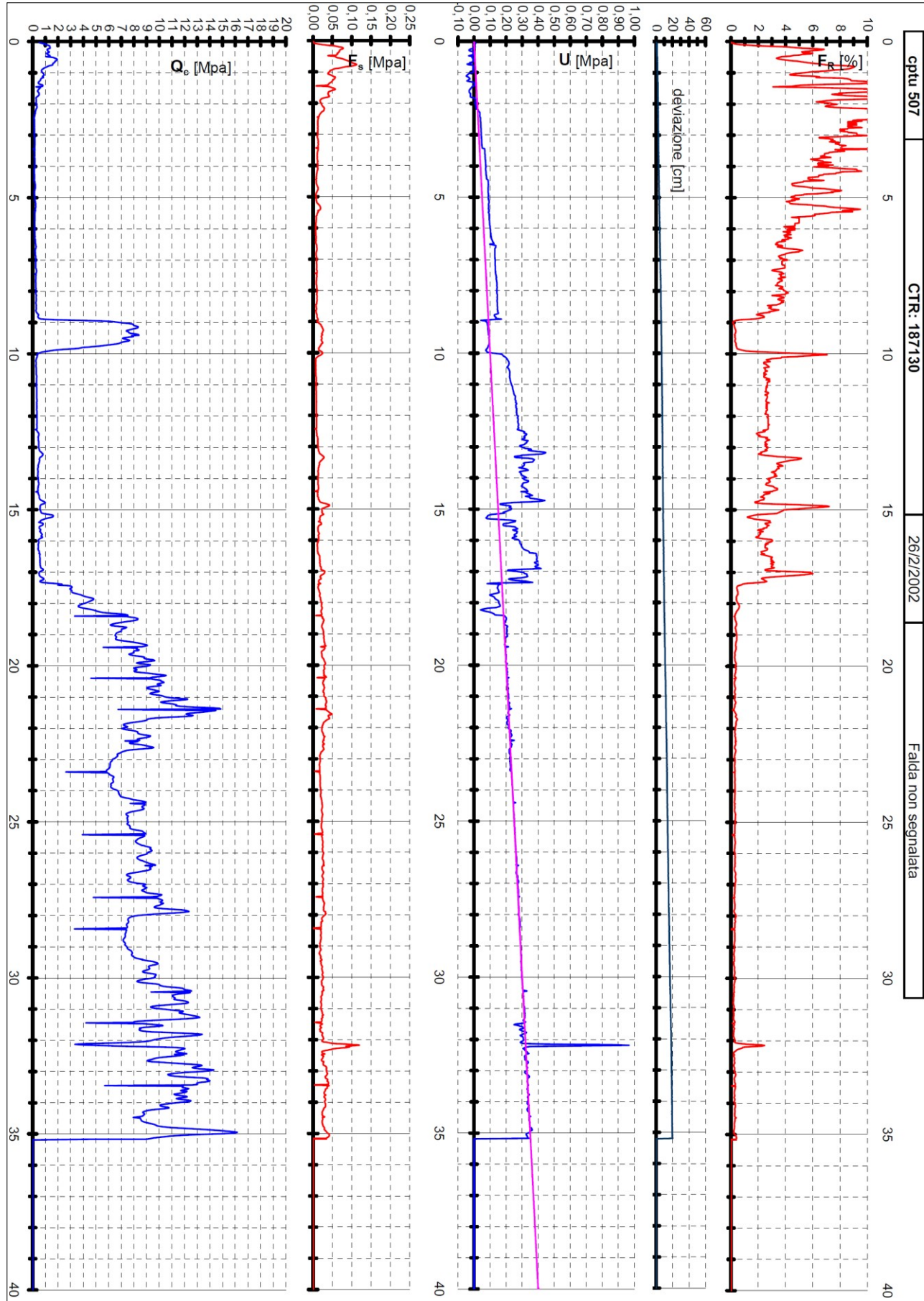
- fino ad almeno 21 metri di profondità dal piano campagna, il sondaggio riporta la presenza di terreni in prevalenza coesivi, comprendenti argille e torbe, limi, fino a depositi leggermente sabbiosi tra le quote di -7 e $-12,5$ m circa da pc;

-
- le indagini penetrometriche con piezocono confermano in maniera indiretta la presenza di depositi mediamente molto fini, dalle proprietà fisico-meccaniche piuttosto scadenti, fino alla quota di circa 20 ÷ 25 m di profondità, con resistenza alla penetrazione di punta Q_c che varia tra 0 e 1 Mpa, con picchi fino a circa 8 Mpa più o meno isolati che testimoniano intervalli più consistenti;
 - in base ad altre indagini, condotte a distanze di pochi chilometri, a questi scarsi valori di Q_c corrispondono scarsi valori di coesione totale C_u , che per molti intervalli è inferiore al chilogrammo per centimetro quadrato;
 - in base alle medesime indagini, gli angoli di attrito interno negli intervalli più incoerenti (con maggiore frazione sabbiosa) raggiungono talora i 40° circa;
 - questi elevati valori di angolo di attrito potrebbero essere dovuti a problematiche operative e non rappresentare in maniera veritiera gli attriti interni degli orizzonti litologici.

La profondità del volume significativo da considerare è circa 18 m al minimo (seguendo le indicazioni AGI, riprese in sostanza dalle **norme**) qualora si adottassero fondazioni superficiali: lato “corto” in pianta di lunghezza maggiore tra quelli delle opere da realizzare, vale a dire *Edificio dei Servizi Ausiliari* (18 x 18 m). Di seguito, le elaborazioni delle indagini ubicate in figura precedente. Si rammenta quindi la necessità di effettuare una adeguata campagna di indagini in fase esecutiva, per la caratterizzazione del volume significativo di terreno in sottosuolo. Ciò in ragione non solo dell’ottenimento di parametri utili alla progettazione per il caso statico ma soprattutto per il caso dinamico (sisma) e per la valutazione dei cedimenti da liquefazione.

| PROFONDITA' | PROFILLO COLONNARE | INTERPRETAZIONE AMBIENTALE | UNITA' STRATIGRAFICHE | PROFONDITA' | LITOLOGIE PER BANCA DATI | PROFONDITA' STRATI (B.D.) | DESCRIZIONE PER BANCA DATI | STRATIFICAZIONE E STRUTTURE SEDIMENTARIE | COLORE (MUNSELL CHARTS) | CaCO ₃ | ORIZZONTI PEDOLOGICI | FIGURE | TIPO EVOLUTIVO | PENETROMETRO TASCABILE (kg/cm ²) | VANE TEST (kg/cm ²) | PROVE IN SITO | CAMPIONI | PROFONDITA' | AVANZAMENTO | MODALITA' DI PERFORAZIONE | TIPO FANGO | RIVESTIMENTO PROVVISORIO | NOTE | COMPLETAMENTO | CASSA | RECUPERO % MANOVRA | PROFONDITA' |
|-------------|--------------------|----------------------------|-----------------------|-------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|--|-------------------------|-------------------|----------------------|--------|----------------|--|---------------------------------|---------------|----------|-------------|-------------|---------------------------|------------|--------------------------|------|---------------|-------|--------------------|-------------|
| 0 | | | | 0 | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | 0 |
| 0.5 | | | | 0.5 | | 0.5 | | | | | | | | | | | | 0.5 | | | | | | | | | 0.5 |
| 1 | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | 1 |
| 1.5 | | | | 1.5 | | 1.5 | | | | | | | | | | | | 1.5 | | | | | | | | | 1.5 |
| 2 | | | | 2 | | 2 | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | 2 |
| 2.5 | | | | 2.5 | | 2.5 | | | | | | | | | | | | 2.5 | | | | | | | | | 2.5 |
| 3 | | | | 3 | | 3 | | | | | | | | | | | | 3 | | | | | | | | | 3 |
| 3.5 | | | | 3.5 | | 3.5 | | | | | | | | | | | | 3.5 | | | | | | | | | 3.5 |
| 4 | | | | 4 | | 4 | | | | | | | | | | | | 4 | | | | | | | | | 4 |
| 4.5 | | | | 4.5 | | 4.5 | | | | | | | | | | | | 4.5 | | | | | | | | | 4.5 |
| 5 | | | | 5 | | 5 | | | | | | | | | | | | 5 | | | | | | | | | 5 |
| 5.5 | | | | 5.5 | | 5.5 | | | | | | | | | | | | 5.5 | | | | | | | | | 5.5 |
| 6 | | | | 6 | | 6 | | | | | | | | | | | | 6 | | | | | | | | | 6 |
| 6.5 | | | | 6.5 | | 6.5 | | | | | | | | | | | | 6.5 | | | | | | | | | 6.5 |
| 7 | | | | 7 | | 7 | | | | | | | | | | | | 7 | | | | | | | | | 7 |
| 7.5 | | | | 7.5 | | 7.5 | | | | | | | | | | | | 7.5 | | | | | | | | | 7.5 |
| 8 | | | | 8 | | 8 | | | | | | | | | | | | 8 | | | | | | | | | 8 |
| 8.5 | | | | 8.5 | | 8.5 | | | | | | | | | | | | 8.5 | | | | | | | | | 8.5 |
| 9 | | | | 9 | | 9 | | | | | | | | | | | | 9 | | | | | | | | | 9 |
| 9.5 | | | | 9.5 | | 9.5 | | | | | | | | | | | | 9.5 | | | | | | | | | 9.5 |
| 10 | | | | 10 | | 10 | | | | | | | | | | | | 10 | | | | | | | | | 10 |
| 10.5 | | | | 10.5 | | 10.5 | | | | | | | | | | | | 10.5 | | | | | | | | | 10.5 |
| 11 | | | | 11 | | 11 | | | | | | | | | | | | 11 | | | | | | | | | 11 |
| 11.5 | | | | 11.5 | | 11.5 | | | | | | | | | | | | 11.5 | | | | | | | | | 11.5 |
| 12 | | | | 12 | | 12 | | | | | | | | | | | | 12 | | | | | | | | | 12 |
| 12.5 | | | | 12.5 | | 12.5 | | | | | | | | | | | | 12.5 | | | | | | | | | 12.5 |
| 13 | | | | 13 | | 13 | | | | | | | | | | | | 13 | | | | | | | | | 13 |
| 13.5 | | | | 13.5 | | 13.5 | | | | | | | | | | | | 13.5 | | | | | | | | | 13.5 |
| 14 | | | | 14 | | 14 | | | | | | | | | | | | 14 | | | | | | | | | 14 |
| 14.5 | | | | 14.5 | | 14.5 | | | | | | | | | | | | 14.5 | | | | | | | | | 14.5 |
| 15 | | | | 15 | | 15 | | | | | | | | | | | | 15 | | | | | | | | | 15 |
| 15.5 | | | | 15.5 | | 15.5 | | | | | | | | | | | | 15.5 | | | | | | | | | 15.5 |
| 16 | | | | 16 | | 16 | | | | | | | | | | | | 16 | | | | | | | | | 16 |
| 16.5 | | | | 16.5 | | 16.5 | | | | | | | | | | | | 16.5 | | | | | | | | | 16.5 |
| 17 | | | | 17 | | 17 | | | | | | | | | | | | 17 | | | | | | | | | 17 |
| 17.5 | | | | 17.5 | | 17.5 | | | | | | | | | | | | 17.5 | | | | | | | | | 17.5 |
| 18 | | | | 18 | | 18 | | | | | | | | | | | | 18 | | | | | | | | | 18 |
| 18.5 | | | | 18.5 | | 18.5 | | | | | | | | | | | | 18.5 | | | | | | | | | 18.5 |
| 19 | | | | 19 | | 19 | | | | | | | | | | | | 19 | | | | | | | | | 19 |
| 19.5 | | | | 19.5 | | 19.5 | | | | | | | | | | | | 19.5 | | | | | | | | | 19.5 |
| 20 | | | | 20 | | 20 | | | | | | | | | | | | 20 | | | | | | | | | 20 |
| 20.5 | | | | 20.5 | | 20.5 | | | | | | | | | | | | 20.5 | | | | | | | | | 20.5 |
| 21 | | | | 21 | | 21 | | | | | | | | | | | | 21 | | | | | | | | | 21 |
| 21.5 | | | | 21.5 | | 21.5 | | | | | | | | | | | | 21.5 | | | | | | | | | 21.5 |
| 22 | | | | 22 | | 22 | | | | | | | | | | | | 22 | | | | | | | | | 22 |





4.0 ANALISI SISMICA

4.1 INQUADRAMENTO MACROSISMICO

In relazione a quanto contenuto nelle **norme** (poi ripreso in sostanza dalle **nuove norme**), in particolare “ALLEGATO A ALLE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI: PERICOLOSITÀ SISMICA”, in cui si riporta: [Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>], si è provveduto all'utilizzo della griglia in rete dell'INGV (Progetto DPC – INGV – S1), all'indirizzo <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>. Dunque, sul reticolo di riferimento, sintetizzato dalla *Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Figura 4-1)*, per l'area in cui ricade l'intero progetto si ha un valore di pericolosità di base (a_g) all'interno dell'intervallo $0,075 \text{ g} \leq a_g \leq 0,1 \text{ g}$, al 50° percentile, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, ovvero allo 0.0021 come frequenza annuale di superamento ed al corrispondente periodo di ritorno di 475 anni; tali condizioni al contorno rispettano la Zonazione MPS04 dell'INGV.

In base alla *mappa della Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile, Uff. prevenzione, valutazione e mitigazione del Rischio Sismico, Classificazione Sismica al 2010*, il territorio comunale di **Codigoro** è classificato come **zona 3** e rientra, per l'OPCM n.3519 del 28_04_06, nel **range di accelerazione attesa di $0,05 < a_g \leq 0,15$** . Ai fini della caratterizzazione, per cautela, il sito rientra nel **range di pericolosità sismica di base di $0,075 \text{ g} \leq a_g \leq 0,15 \text{ g}$** .

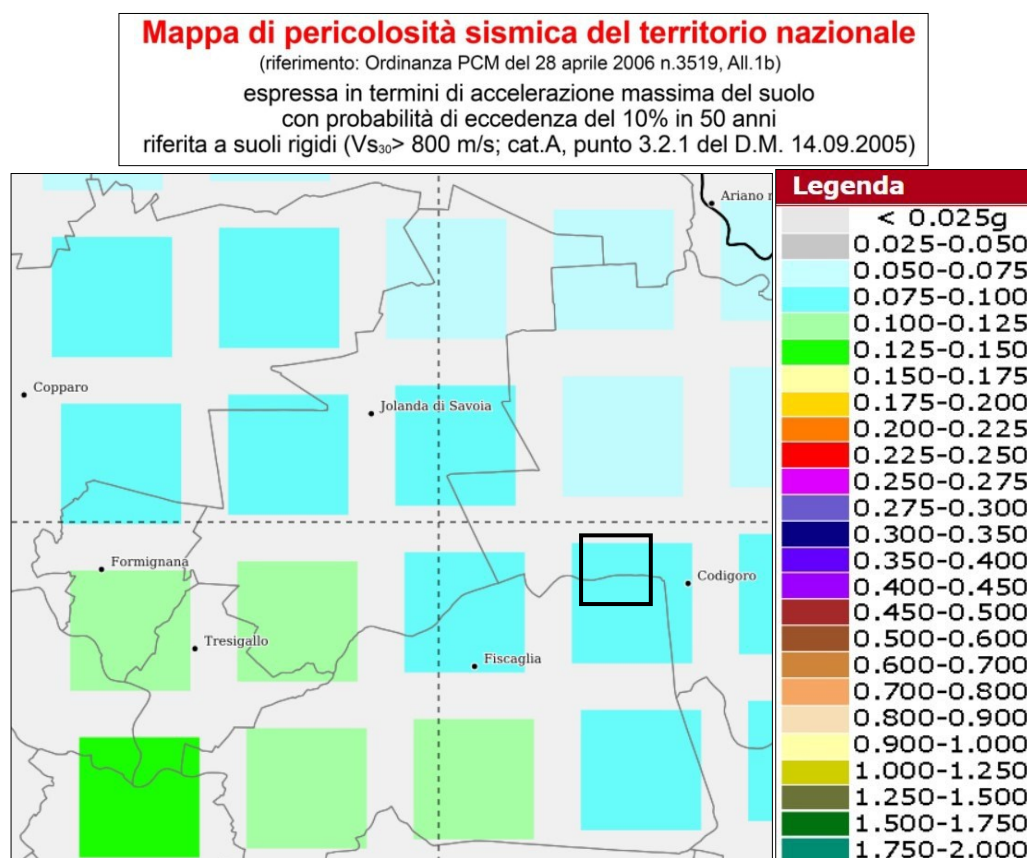


Figura 4-1: nel riquadro in nero ricade l'area di intervento, per la quale si ha una pericolosità di base $0,075 \text{ g} \leq a_g \leq 0,1 \text{ g}$.

4.2 FAGLIE E TETTONICA

mappa interattiva delle faglie attive della Penisola, capaci di generare sismi con intensità minima di 5.5. A

seguito della sua consultazione, **non risultano faglie attive prossime all'area di progetto**: il lineamento attivo più prossimo è la faglia denominata Canalazzo di Finale Emilia, posta circa 60 km in direzione WSW dall'area in cui si inseriscono le due stazioni. L'intera area del **Progetto** insiste invece a ridosso della sorgente sismogenetica composta denominata Poggio Rusco – Migliarino: si tratta di una sorgente che si trova a cavallo della regione della bassa pianura padana e forma il fronte esterno di spinta dell'“Arco di Ferrara”.

4.3 MICROZONAZIONE SISMICA

All'indirizzo <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/sismica/speciale-terremoto/sisma-2012-ordinanza-70-13-11-2012-cartografia> sono presenti gli studi di microzonazione della Regione Emilia Romagna. In particolare, il Comune di Codigoro, nella Provincia di Ferrara, non rientra tra quelli mappati. In ragione delle litologie presenti, per le aree di interesse si può parlare complessivamente di *zone stabili suscettibili di amplificazioni locali* per ragioni stratigrafiche ma anche di *zone instabili per liquefazione* (vedi di seguito).

4.3.1 Liquefazione dei terreni

Di seguito si riportano le valutazioni in merito alla possibilità di liquefazione per i terreni in corrispondenza delle aree che ospiteranno il **Progetto**, in particolare **Stazione Utente, SE Terna e raccordi RTN**.

4.3.1.1 Casi in cui si può escludere che si verifichino fenomeni di liquefazione

Il § 2.7.1.1 del volume GRUPPO DI LAVORO MS (2008) (di seguito **indirizzi**) recita:

[La probabilità che nei terreni sabbiosi saturi si verifichino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se si verifica almeno una delle seguenti condizioni:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5 (capitolo 2.8).
2. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.1 g.
3. Accelerazione massima attesa in superficie in condizioni *free-field* minore di 0.15 g e terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:
 - frazione di fine45, 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, definito dalla relazione: $(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N$, in cui il coefficiente C_N è ricavabile dall'espressione $C_N = (p_a / \sigma'_v)^{0.5}$ essendo p_a la pressione atmosferica e σ'_v la tensione efficace verticale.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 4-2 nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in Figura 4-3 per coefficienti di uniformità $U_c > 3.5$.
5. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15 m dal piano campagna⁴⁶.
6. L'indicatore è valido solo nel caso di piano campagna orizzontale, in presenza di edifici con fondazioni superficiali.].

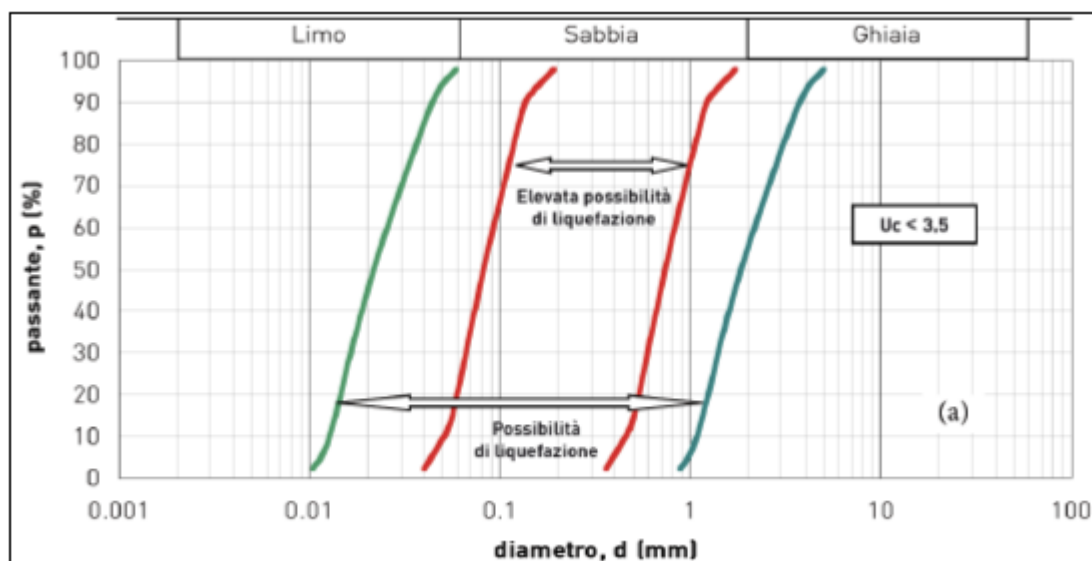


Figura 4-2: Distribuzione granulometrica esterna nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$

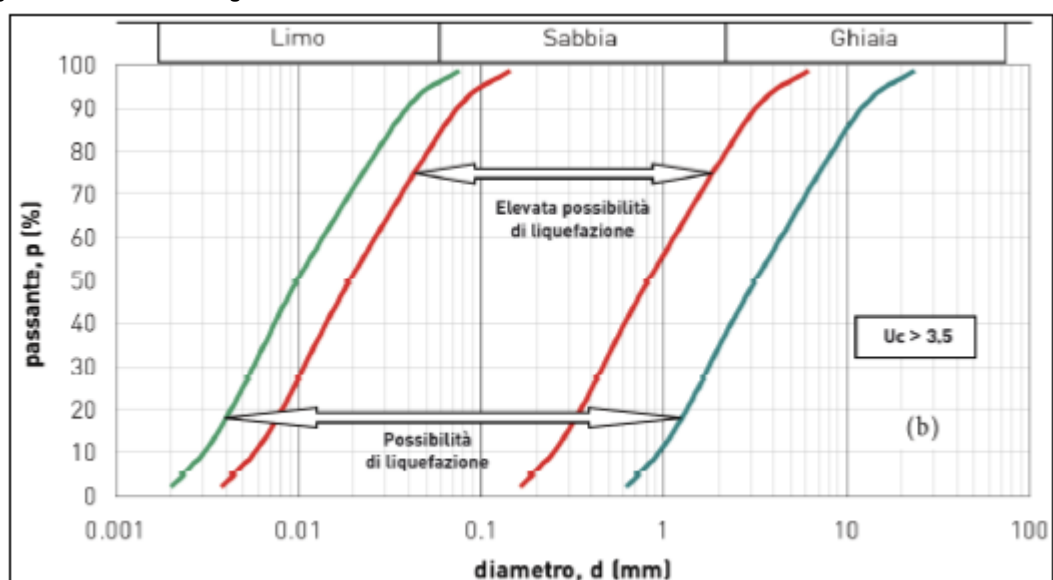


Figura 4-3: Distribuzione granulometrica esterna nel caso di materiale con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$

4.3.1.2 Check list per il sito di interesse

Andando a verificare i singoli punti, per valutare la necessità o meno di effettuare un'analisi numerica sul *potenziale di liquefazione*, risulta quanto segue:

1. Il sito di interesse, a meno di errori derivanti dalla scala grafica di rappresentazione, è molto prossimo alla *zona 912* della zonazione Z9 di MELETTI & VALENSISE (2004); per tale motivo, ai sensi di quanto riportato nella tabella 2.8-1 degli *indirizzi*, la magnitudo da considerare è $M_{w \max} = 6,14$ ($6,14 > 5$).
2. $0,05 \text{ g} \leq a_g \leq 0,15 \text{ g}$ ($a_g > 0,1 \text{ g}$).
3. $0,05 \text{ g} \leq a_g \leq 0,15 \text{ g}$ ($a_g = 0,15 \text{ g}$, per cui non servono ulteriori valutazioni circa $(N_1)_{60}$).
4. Nello specifico, non sono state condotte analisi granulometriche che possano indicare in quale settore delle figure 2.7 ricadono i terreni di interesse; per tale ragione, a scopo cautelativo, non si può ritenere tale punto soddisfatto.
5. Bisogna considerare falda presente in sottosuolo a profondità minori di 15 m da piano campagna.

Riassumendo in **Tabella 4-1**:

| Punto della check list | Verificato | Non verificato |
|------------------------|------------|----------------|
| 1 | | |
| 2 | | |
| 3 | | |
| 4 | | |
| 5 | | |

Tabella 4-1: non si può escludere il fenomeno della liquefazione.

Dunque, in base agli **indirizzi**, i terreni presenti nel sottosuolo di interesse possono essere suscettibili di liquefazione, come tratteggiato nei paragrafi precedenti.

5.0 CONCLUSIONI

5.1 STATO DEI LUOGHI

5.1.1 Geomorfologia

Non esistono forme e/o processi di versante che agiscano in corrispondenza dei siti che accoglieranno la **Stazione Utente**, la **SE Terna ed i raccordi RTN**. Per quanto riguarda forme e processi legati alle acque di scorrimento superficiali, a parte il normale dilavamento diffuso, sono da tenere in considerazione eventuali fenomeni esondativi: il piano vincolistico del PGRA indica la presenza di una pericolosità idraulica di livello basso. In generale, le opere fuori terra si inseriscono in un territorio pianeggiante o subpianeggiante molto vasto e non avranno alcun tipo di effetto sui valori di deflusso associabili alle portate piena: i volumi che verranno sottratti al territorio, a disposizione delle piene in condizione *quo ante*, si inseriscono su una superficie inondabile talmente vasta che l'invarianza idraulica sarà del tutto garantita. Per cui, le opere non rappresentano alcun tipo di criticità nei confronti dell'ambiente geomorfologico legato alle acque in cui si inseriscono. Al contrario, in fase di progettazione esecutiva si dovrà tenere in considerazione l'eventualità che, a seguito di allagamenti dovuti a fenomeni esondativi, parte delle strumentazioni e dei fabbricati possano trovarsi parzialmente sommersi: ciò potrebbe causare danni a strumentazioni e strutture. Circa forme e processi antropici, l'uomo ha certamente apportato modifiche al contesto primigenio, attraverso la realizzazione di manufatti e infrastrutture di vario genere, sebbene la morfologia pressoché pianeggiante sia rimasta sostanzialmente inalterata.

5.1.2 Faglie e tettonica

All'indirizzo <http://www.6aprile.it/featured/2016/10/27/ingv-mappa-interattiva-faglie-italiane.html> è presente la mappa interattiva delle faglie attive della Penisola, capaci di generare sismi con intensità minima di 5.5. A seguito della sua consultazione, **non risultano faglie attive prossime all'area di progetto**: il lineamento attivo più prossimo è la faglia denominata Canalazzo di Finale Emilia, posta circa 60 km in direzione WSW dall'area in cui si inseriscono le due stazioni. L'intera area del **Progetto** insiste invece a ridosso della sorgente sismogenetica composta denominata Poggio Rusco – Migliarino: si tratta di una sorgente che si trova a cavallo della regione della bassa pianura padana e forma il fronte esterno di spinta dell'"Arco di Ferrara".

5.2 CARATTERIZZAZIONE DEL VOLUME SIGNIFICATIVO DI TERRENO

In base alle informazioni contenute nella **banca dati** e alla bibliografia, è possibile schematizzare come di seguito:

- **ORIZZONTE 1: terreno agrario**, spesso generalmente nell'ordine dei centimetri / decimetri, costituito dall'alterazione dei depositi alluvionali non degradati; è sede delle normali pratiche agricole;
- **ORIZZONTE 2: depositi alluvionali fini coesivi**, spessi nell'ordine delle decine di metri (almeno),

sostanziate da prevalenti argille, limi e torbe, talora con una certa frazione sabbiosa molto bassa;

- **ORIZZONTE 3: depositi alluvionali fini coesivo-incoerenti**, sostanzialmente simili a quelli presenti al tetto, con un maggiore tenore in sabbia, dal comportamento coesivo-incoerente e con parametri fisico-meccanici meno scadenti.

Non è possibile escludere la presenza di falda in sottosuolo e parimente fenomeni di liquefazione.

| Spessore | Orizzonte litologico | Comportamento | Falda |
|-------------------|--|--|----------|
| Circa 0,2 ÷ 0,5 m | Terreno agrario ORIZZONTE 1 | Coesivo Cu = 0 kg/cm ² | PRESENTE |
| Circa 20 ÷ 25 m | Depositi alluvionali fini coesivi ORIZZONTE 2 | Coesivo Cu = 0 ÷ 1,5 kg/cm ² γ = 1 ÷ 1,85 t/m ³ | |
| Circa 10 m almeno | Depositi alluvionali fini coesivo-incoerenti ORIZZONTE 3 | Coesivo-incoerente Cu = 0 ÷ 1 kg/cm ² Φ' = 0 ÷ 40° | |

Figura 5-1: colonnina litotecnica di sintesi.

5.3 CONSIDERAZIONI FINALI

- In considerazione delle opere in progetto e dell'estrema variabilità laterale e verticale dei depositi presenti in simili paleoambienti sedimentari, è necessaria una parametrizzazione fisico-meccanica attraverso indagini originali *in situ* da effettuare in fase esecutiva, che consentano una definizione del volume significativo di terreno nel sottosuolo di interesse.
- Non viene esclusa la possibilità di liquefazione; anche per tale ragione, le indagini originali dovranno tratteggiare in maniera esaustiva il quadro delle acque nel sottosuolo.
- La campagna di indagini dovrà comprendere anche prove sismiche, nel rispetto delle **norme e nuove norme**.
- Si sottolinea pertanto come la parametrizzazione portata all'attenzione in figura 5-1 abbia un carattere indicativo e non idoneo alla progettazione esecutiva; essa restituisce un modello di sottosuolo dalle caratteristiche fisico-meccaniche piuttosto scadenti, donde la necessità di operare come nei punti descritti poco sopra in queste considerazioni finali.

Pianella, lì 26/08/2022

Il tecnico
Dottor Geologo Di Bernardino Giancarlo Rocco




6.0 BIBLIOGRAFIA

In ordine di citazione

- ORI (1993) – Continental depositional systems of the Quaternary of the Po Plain (northern Italy). *Sedimentary Geology* Volume 83, Issues 1–2, February 1993, Pages 1-14.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1967) - Foglio 77 "Comacchio" - Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000.
- ARGNANI & GAMBERI (1995) – *Stili strutturali al fronte della catena appenninica nell'Adriatico centro-settentrionale*. Studi Geologici Camerti, Volume Speciale 1995/1, 19-27.
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2009) – Carta Geologica d'Italia (1:50.000), Progetto CARG, F° 148-149 "Chioggia - Malamocco".
- SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (2009) – Carta Geologica d'Italia (1:50.000), Progetto CARG, F° 187 "Codigoro".
- GHIELMI, MINERVINI, NINI, ROGLEDI, ROSSI & VIGNOLO (2009) – Sedimentary and Tectonic Evolution in the Eastern Po Plain and Northern Adriatic Sea Area from Messinian to Middle Pleistocene (Italy). *Convegno Natura e geodinamica della litosfera nell'alto Adriatico*, Venezia 5-6 novembre 2009.
- DELLA VEDOVA, GIUSTINIANI, NICOLICH & FANTONI (2006) – Struttura dell'avampaese veneto-adriatico. GNGTS – Atti del 22° Convegno Nazionale / 03.06.
- SEVERI P. & BONZI L. (2014) - Gli acquiferi dell'Emilia Romagna. In: Esperienze e prospettive nel monitoraggio delle acque sotterranee. Il contributo dell'Emilia Romagna (Farina M., Marcaccio M., Zavatti A.) Pitagora ed. Bologna, 19-45. (ISBN 88-371-1859-7).
- GRUPPO DI LAVORO MS (2008) - Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome - Dipartimento della protezione civile, Roma, 3 vol. e Dvd.
- MELETTI C. & VALENSISE G. (2004) – Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo. INGV.