

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 1 di 50                 | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

## RELAZIONE GEOLOGICO – SISMICA



|             |                                                   |                  |                       |                                  |             |
|-------------|---------------------------------------------------|------------------|-----------------------|----------------------------------|-------------|
| 3           | Emissione per appalto – Variato ove indicato      | F.Furia          | S.Scandale<br>P.Russo | V.Forlivesi<br>G.Monti           | 23/12/2021  |
| 2           | Emissione per informazione – Variato ove indicato | F.Furia          | S.Scandale<br>P.Russo | V.Forlivesi<br>G.Monti           | 27/07/2021  |
| 1           | Emissione per informazione – Variato ove indicato | F.Furia          | S.Scandale<br>P.Russo | V.Forlivesi<br>G.Monti           | 27/05/2021  |
| 0           | Emissione per informazione                        | F.Furia          | S.Scandale<br>P.Russo | V.Forlivesi<br>G.Monti           | 04/03/2021  |
| <b>Rev.</b> | <b>Descrizione</b>                                | <b>Elaborato</b> | <b>Verificato</b>     | <b>Approvato<br/>Autorizzato</b> | <b>Data</b> |

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 2 di 50                 | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

## INDICE

|       |                                                              |           |
|-------|--------------------------------------------------------------|-----------|
| 1.    | <b>INTRODUZIONE</b>                                          | <b>3</b>  |
| 2.    | <b>NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO</b>            | <b>5</b>  |
| 3.    | <b>UBICAZIONE DELL'AREA DI STUDIO</b>                        | <b>6</b>  |
| 4.    | <b>INQUADRAMENTO TETTONICO E GEOLOGICO REGIONALE</b>         | <b>9</b>  |
| 5.    | <b>INQUADRAMENTO TETTONICO E GEOLOGICO LOCALE</b>            | <b>13</b> |
| 6.    | <b>RICOSTRUZIONE GEOMORFOLOGICA ALTIMETRICA E IDROLOGICA</b> | <b>15</b> |
| 6.1   | Geomorfologia                                                | 15        |
| 6.2   | Altimetria                                                   | 16        |
| 6.3   | Idrografia e idrologia                                       | 17        |
| 7.    | <b>INDAGINI GEOGNOSTICHE</b>                                 | <b>19</b> |
| 7.1   | Sondaggi a carotaggio continuo                               | 21        |
| 7.2   | Prove S.P.T.                                                 | 26        |
| 7.3   | Prove C.P.T.                                                 | 28        |
| 7.4   | Prove geotecniche di laboratorio                             | 32        |
| 7.5   | Prova MASW                                                   | 34        |
| 7.6   | Prova di carico su piastra                                   | 34        |
| 8.    | <b>SISMICITA' DELL'AREA</b>                                  | <b>34</b> |
| 8.1   | <b>Categoria di suolo e condizioni topografiche</b>          | <b>41</b> |
| 8.1.1 | Categoria di suolo                                           | 41        |
| 8.1.2 | Condizioni Topografiche                                      | 42        |
| 8.2   | Parametri simici dell'area                                   | 43        |
| 9.    | <b>MODELLO GEOLOGICO DEL SITO</b>                            | <b>46</b> |
| 10.   | <b>MODELLO GEOTECNICO</b>                                    | <b>47</b> |
| 11.   | <b>CONCLUSIONI</b>                                           | <b>49</b> |
| 12.   | <b>ANNESI</b>                                                | <b>50</b> |

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 3 di 50                 | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

## 1. INTRODUZIONE

Il progetto di Adeguamento della Centrale di Compressione gas SNAM di Poggio Renatico prevede la sostituzione del Turbocompressore TC1 esistente con un nuovo Elettrocompressore (o ELCO) EC5 di taglia 15 MW.

Il nuovo Elettrocompressore sarà installato in un'area diversa dal TC1, in prossimità del Turbocompressore TC4 esistente. I lavori civili, meccanici ed elettrostrumentali previsti saranno articolati in più fasi: la prima fase prevede la realizzazione delle nuove opere connesse con l'installazione dell'EC5, nella seconda fase sono previsti i collegamenti in fermata impianto e la modifica dei Sistemi e dei Quadri esistenti di Centrale e il Commissioning della nuova macchina, nella terza fase sarà effettuato lo smantellamento del TC1.

Il nuovo EC5 verrà installato all'interno di Cabinato con struttura in carpenteria metallica di dimensioni in pianta 23,4x13,3 m e altezza 14,63 m, come per i Turbocompressori esistenti installati all'interno di Cabinati indipendenti. Il Cabinato sarà provvisto di due corpi laterali sempre in carpenteria metallica per le linee di aspirazione e mandata fuori terra, collegate ai bracci di macchina.

Tutte le altre apparecchiature necessarie per il funzionamento dell'ELCO, tra cui il Sistema VFD (Variable Frequency Drive per la variazione della velocità del motore elettrico dell'EC5), i quadri di media tensione, i filtri armoniche, i quadri di controllo e di alimentazione, i trasformatori saranno installati all'interno del piano terra del Fabbricato Sottostazione ELCO di dimensioni 26,4x32,23 m; il piano interrato (Cable Cellar). sarà adibito al passaggio dei cavi elettrici di media e bassa tensione e di strumentazione. Il Refrigerante aria-acqua del Sistema VFD sarà installato all'esterno, a ovest del Fabbricato Sottostazione ELCO.

Saranno inoltre realizzati due Fabbricati di Media tensione e HVAC, quest'ultimo ospiterà le apparecchiature per l'impianto di condizionamento del Fabbricato Sottostazione ELCO. Le dimensioni dei Fabbricati saranno rispettivamente di 14,4x6,6 e 10,4x5,8 m. In adiacenza a sud del Fabbricato MT saranno installati i Gruppi frigo dell'impianto di condizionamento.

Le fondazioni e le strutture dei Fabbricati nuovi saranno in c.a.; le fondazioni dei Fabbricati, del Cabinato ELCO, dei blocchi di ancoraggio dei bracci di mandata saranno in c.a. su pali trivellati.

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 4 di 50                 | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

Sono previste opere minori quali pozzetti valvole in c.a., supporti tubazioni e pozzetti percorsi cavi ele-smi.

La presente relazione ha come finalità la definizione di dettaglio dei lineamenti geologici, geomorfologici, geotecnici e sismici del sito in esame.

Lo studio è stato redatto con l'ausilio di indagini geognostiche opportunamente programmate, nonché di dati bibliografici e delle osservazioni dirette dei luoghi.

Verranno di seguito esposte le condizioni geologiche, tettoniche, geomorfologiche ed idrogeologiche sia a carattere generale sia di stretto interesse progettuale, illustrando le evidenze dell'intera campagna geognostica eseguita e proponendo un modello geologico del sito.

Le indagini e il presente lavoro sono stati condotti in conformità con quanto prescritto dalle Norme tecniche sulle costruzioni NTC 2018.

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 5 di 50                 | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

## 2. NORMATIVE E RACCOMANDAZIONI DI RIFERIMENTO

La stesura del presente documento ha preso in considerazione la vigente normativa tecnica con le seguenti disposizioni:

- C.S.L.L.P.P. Circolare 21 Gennaio 2019 n. 7. Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 gennaio 2018;
- D.M. Infrastrutture 17 Gennaio 2018 Aggiornamento "Norme tecniche per le costruzioni";
- Ordinanza PCM n. 3274 del 20.03.2003, "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica." e successive modifiche ed integrazioni;
- Ordinanza PCM n. 3519 del 28.04.2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone";
- UNI EN 1997-1 (2005) Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - parte 1: Regole generali
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- Associazione Geotecnica Italiana (giugno 1977) Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche.

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 6 di 50                 | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

### 3. UBICAZIONE DELL'AREA DI STUDIO

L'area oggetto di studio è situata nel Comune di Poggio Renatico (FE) limitata a nord-ovest dalla linea ferroviaria Padova-Bologna, a nord-est dallo Scolo Aldovrandi e a sud-est dalla SP n.8 Bologna-Ferrara. (Figura 1 e Figura 2).

Le coordinate del sito sono: Latitudine 44.774926– Longitudine 11.505543.

Dal punto di vista cartografico l'area ricade nella tavola I.G.M. n. 76 III (Poggio Renatico) alla scala 1:25.000 ed è compresa nella Cartografia Tecnica Regionale (C.T.R.) dell'Emilia Romagna nell'elemento 203030 alla scala 1:10.000.

La topografia del lotto risulta sostanzialmente pianeggiante. La quota topografica media della Centrale è pari a 8 m s.l.m.



Figura 1: Foto aerea con indicata l'area in esame  
(da Google Earth)

L'area interessata dalle indagini non ricade in zone con vincoli paesistici e culturali (Figura 3 e Figura 3a).

L'area della Centrale è censita al Foglio n.42 del N.C.E.U., mappali numero 114 e 124.

Per quanto riguarda il Piano di Assetto Idrogeologico l'area in esame, facente parte del Bacino idrografico del Fiume Po, ricade in aree caratterizzate da alluvioni frequenti con un tempo di ritorno compreso tra 20 e 50 anni.

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESIONE<br>DI POGGIO RENATICO             | Fg. 7 di 50                 | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210



Figura 2: Foto aerea dell'area interessata dalle indagini (Stralcio Google Earth)  
(coordinate geografiche: long. 44° 46' 29" N; lat. 11° 30' 20" E)

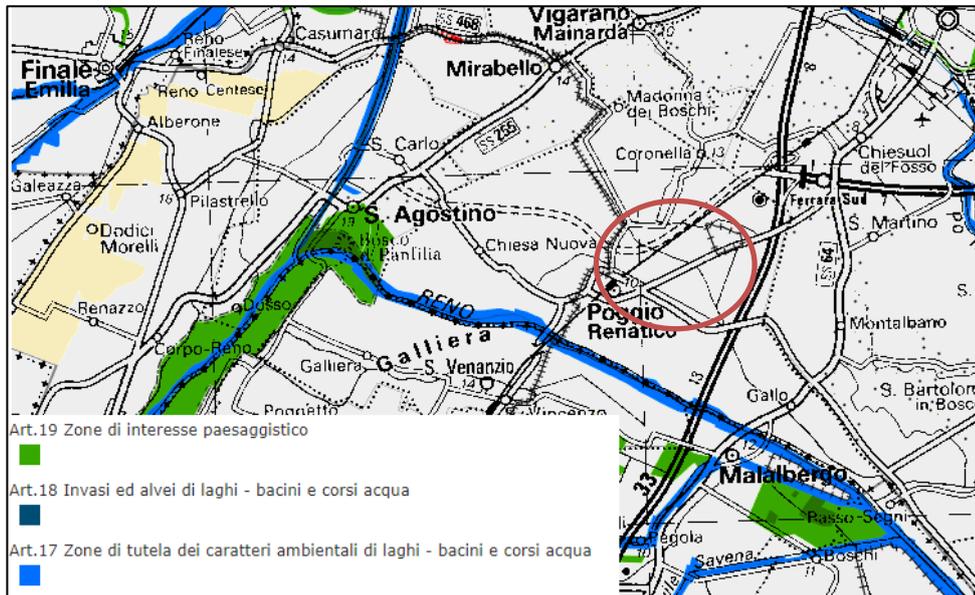
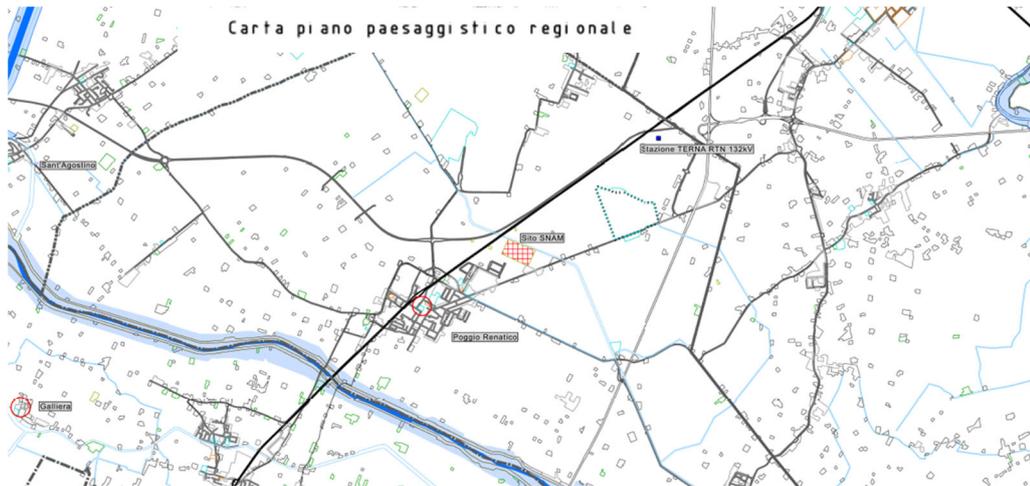


Figura 3: Stralcio del PTPR con indicata l'area investigata  
(da Geoportale Regione Emilia Romagna)

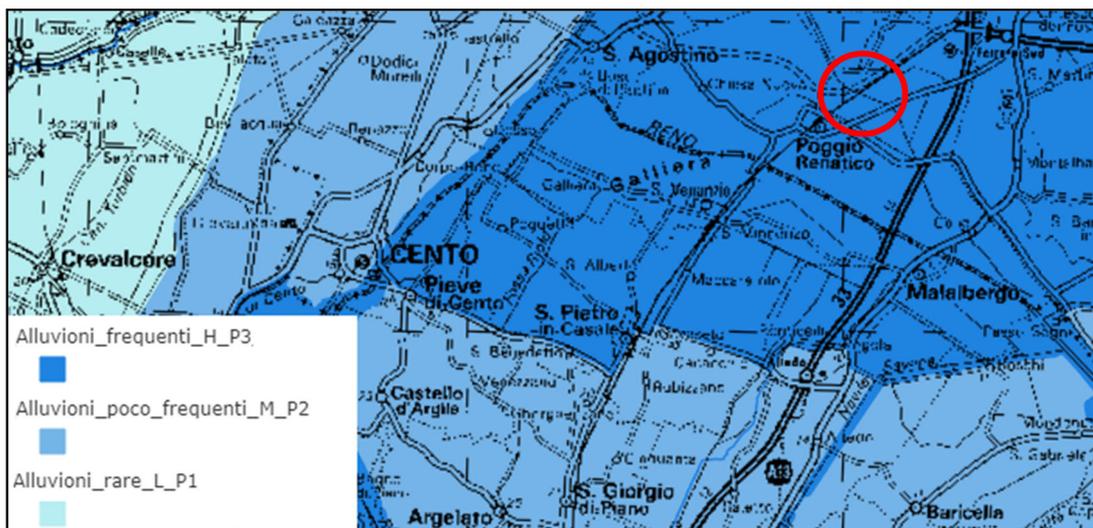
|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 8 di 50                 | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210



| LEGENDA |                                                                                  |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------|
|         | TERNA                                                                            |
|         | Insedimenti urbani storici e strutture insediative storiche non urbane (Art. 22) |
|         | Zone di tutela dei caratteri ambientali e dei corsi d'acqua (Art. 17)            |
|         | Sito SNAM                                                                        |
|         | Aree di studio (Art. 32)                                                         |
|         | Bonifiche (Art. 23)                                                              |
|         | Comuni                                                                           |
|         | Reti ferroviarie                                                                 |
|         | Reti di distribuzione e produzione di energia elettrica                          |
|         | Reti per la distribuzione idrica                                                 |
|         | Strutture residenziali isolate                                                   |
|         | Tessuto residenziale rado                                                        |
|         | Tessuto residenziale compatto e denso                                            |
|         | Tessuto residenziale urbano                                                      |
|         | Insedimenti agro-zootecnici                                                      |
|         | Insedimenti commerciali                                                          |
|         | Insedimenti di servizi                                                           |
|         | Insedimenti produttivi                                                           |
|         | Insedimenti tecnologici                                                          |

Figura 3a: Stralcio da piano paesaggistico regionale



3

Figura 4: Stralcio del Piano di Assetto Idrogeologico  
(Geoportale Regione Emilia Romagna)

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESIONE<br>DI POGGIO RENATICO                | Fg. 9 di 50                 | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

#### 4. INQUADRAMENTO TETTONICO E GEOLOGICO REGIONALE

Il territorio dell'Emilia Romagna è costituito dal versante padano dell'Appennino settentrionale e dalla Pianura Padana a sud del Po. Il limite regionale coincide per lunghi tratti con lo spartiacque appenninico a sud e con il corso del Po a nord (Figura 5).



Figura 5: Caratteristiche morfologiche della Regione Emilia-Romagna  
(da note illustrative della carta sismotettonica dell'Emilia Romagna)

Pur essendo due ambienti geomorfologici ben distinti, l'Appennino e la Pianura Padana sono strettamente correlati. Il fronte della catena appenninica non coincide con il limite morfologico catena – pianura (margine appenninico – padano), ma è individuabile negli archi estremi delle Pieghe Emiliane e Ferraresi (Pieri & Groppi, 1981) sepolte dai sedimenti quaternari padani (Figura 6 e Figura 7).

Il vero fronte appenninico è situato circa all'altezza del Po e sovrascorre verso nord sulla piattaforma padano – veneta.

Si può così schematizzare che l'evoluzione del territorio dell'Emilia – Romagna coincide con l'evoluzione del settore esterno della catena nord – appenninica.

Si tratta, quindi, di un edificio formato da una pila di unità tettoniche riferibili a due principali domini: il dominio Ligure, i cui sedimenti si sono depositi originariamente su crosta oceanica (Liguridi) e il dominio Tosco – Umbro – Marchigiano, rappresentato da successioni del margine continentale dell'Adria la cui età inizia a partire dal Triassico (circa 200 milioni di anni fa).

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 10 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

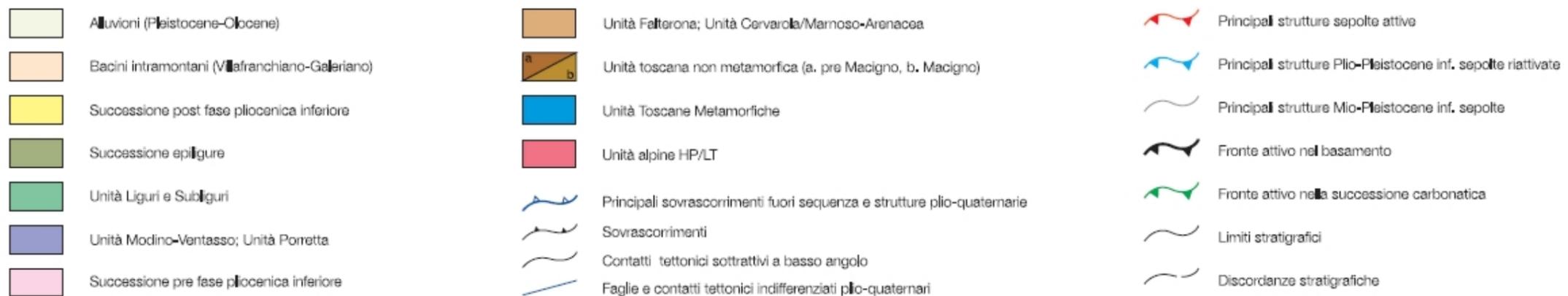
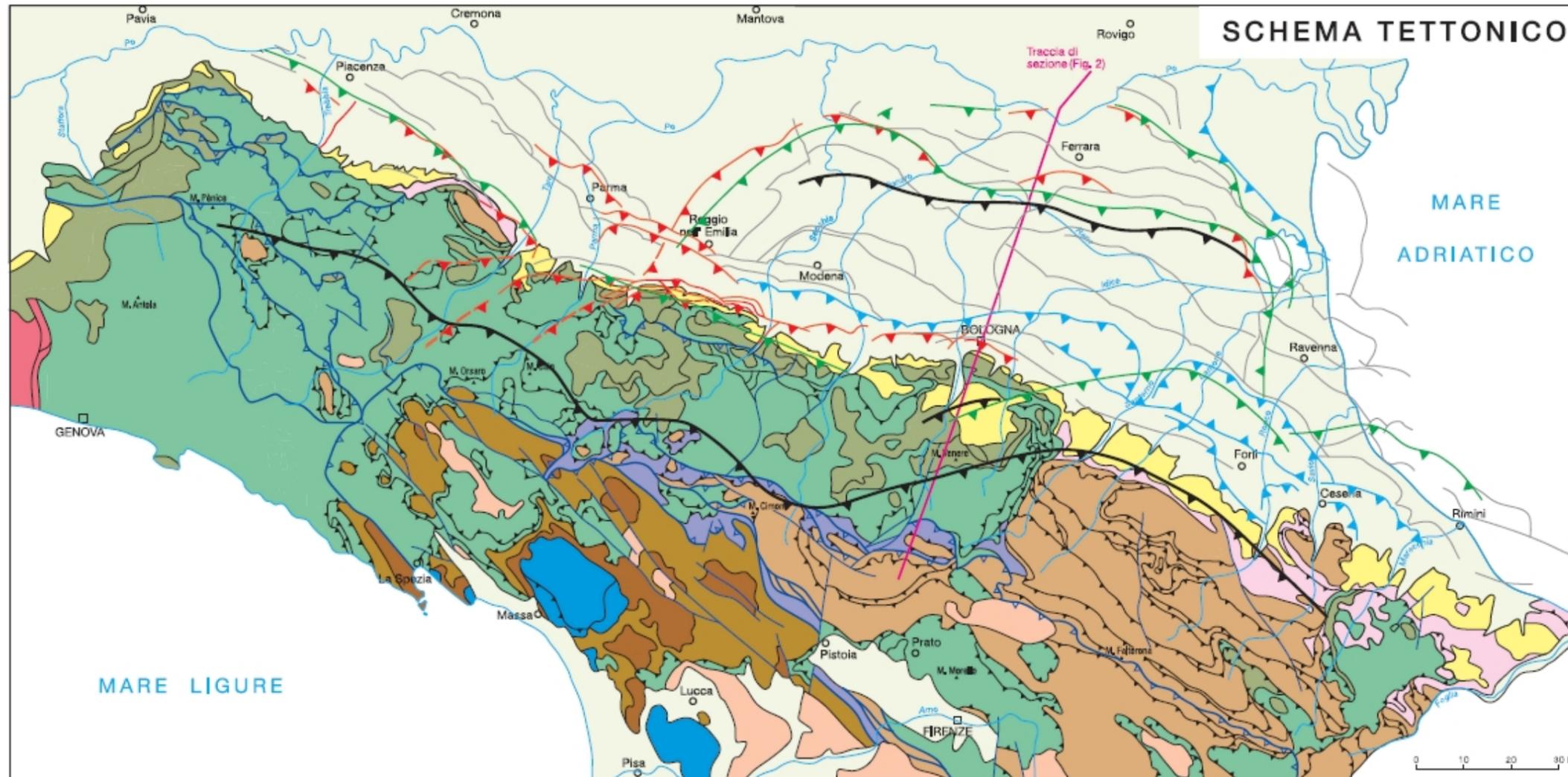


Figura 6: Stralcio Schema Tettonico della Pianura Padana (da Boccaletti e Martelli 2004)



PROGETTISTA



COMMESSA  
NC/2011

UNITA'  
200

LOCALITA'

POGGIO RENATICO (FE)

CI-E-10210

PROGETTO / IMPIANTO

ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESIONE  
DI POGGIO RENATICO

Fg. 11 di 50

Rev.  
3

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

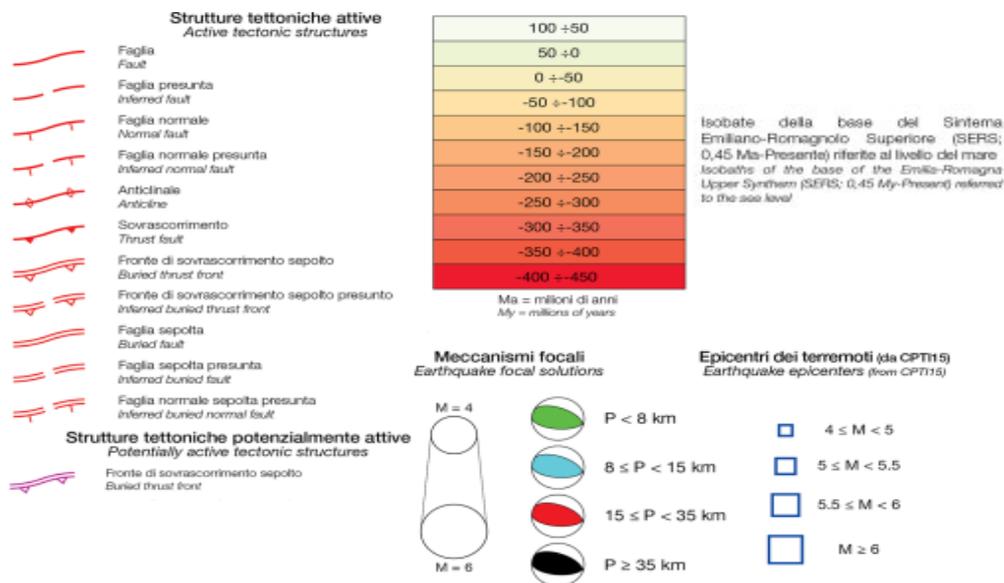
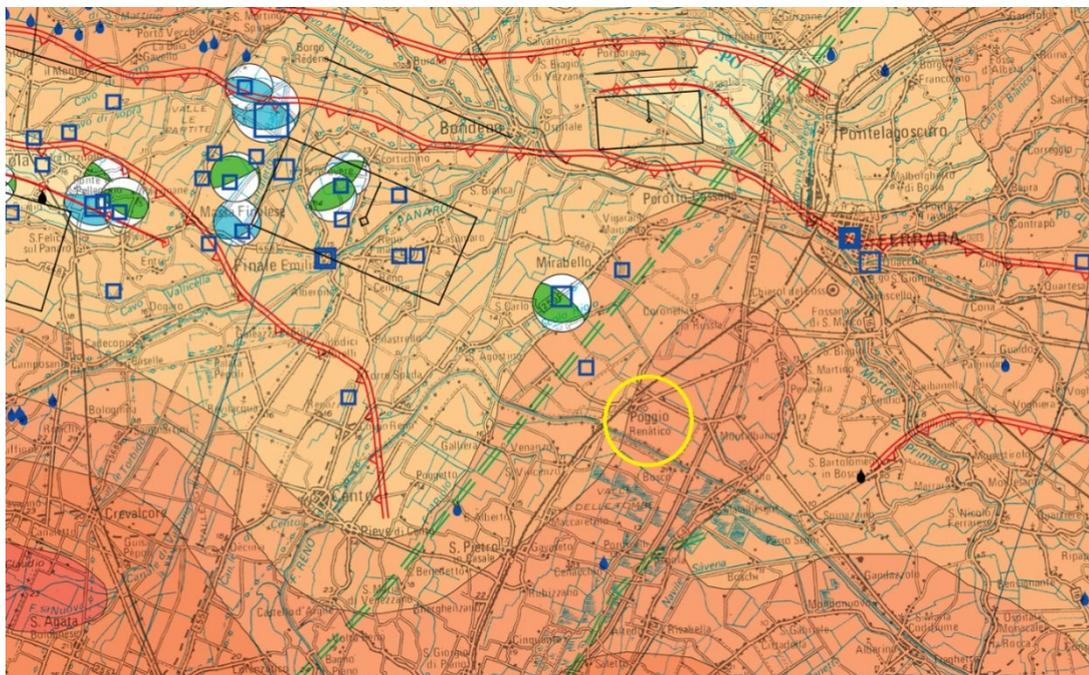


Figura 7: Stralcio Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna con indicata l'area di studio (da Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli 2017)

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 12 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

Entrando maggiormente nel dettaglio si evidenzia, a nord dell'area in oggetto, il fronte di un sovrascorrimento tettonico.

Dalla stessa carta è inoltre possibile individuare la base del Sistema Emiliano Romagnolo superiore (depositi della Pianura Padana) che, nell'area in esame, risulta compresa tra 200 e 250 metri di profondità, riferita al livello del mare (Figura 8).

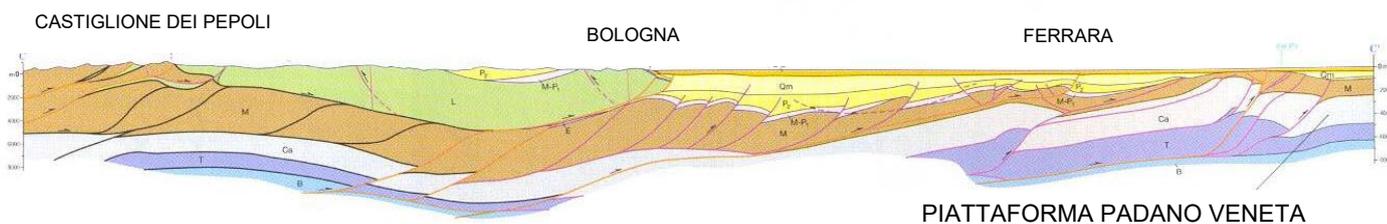


Figura 8: Sezione geostrutturale del sistema alpino Emiliano-Romagnolo

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 13 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

## 5. INQUADRAMENTO TETTONICO E GEOLOGICO LOCALE

L'area in esame si colloca nella porzione centro orientale della Pianura Padana a sud del fiume Po. La Pianura Padana è un ampio bacino d'avanfossa subsidente compreso tra la catena appenninica a sud e quella alpina a nord che, a partire dal Terziario, ha raccolto i sedimenti provenienti dallo smantellamento delle catene alpina e appenninica in formazione.

L'assetto strutturale di tale bacino appare assai complesso e strettamente legato alle dinamiche evolutive della catena subalpina e di quella appenninica. In particolare la fascia posta tra la pianura e le prime colline dell'Appennino è stata ed è sede di intensi e complessi movimenti tettonici per la sua particolare posizione quasi "a cerniera" tra la catena appenninica in sollevamento e la pianura soggetta a subsidenza.

Lo stile tettonico compressivo ed il conseguente accorciamento crostale per convergenza e collisione tra la placca Europea e quella Africana è accompagnato, in quest'area, da un pattern deformativo e da un'attività sismica molto complessi.

L'area è caratterizzata dalla presenza di faglie inverse e sovrascorrimenti sepolti nord-vergenti, associati ad anticlinali e costituenti i fronti più esterni della catena appenninica (Pieri e Groppi, 1975). A tal riguardo si possono distinguere due archi di pieghe principali, che da ovest verso est sono l'Arco delle Pieghe Emiliane e l'Arco delle Pieghe Ferraresi-Romagnole, ed un motivo strutturale sepolto di pieghe pedappenniniche che marca il margine pedemontano della Regione, delimitando la zona collinare in sollevamento dall'antistante pianura subsidente.

In particolare, il settore di Pianura in esame ricade, dal punto di vista strutturale, nella zona caratterizzata dalla presenza della Dorsale Ferrarese. Essa rappresenta il top del substrato mesozoico che modella in profondità la fossa sub-padana, ed assume l'aspetto di un horst delimitato da un grande fascio arcuato di pieghe e faglie inverse, che da Correggio (RE) si estende fino ad oltre le valli di Comacchio (FE). In corrispondenza di tale struttura la copertura dei terreni pliocenici e quaternari in alcuni punti è ridotta a poche centinaia di metri.

L'andamento degli assi tettonici è tipicamente arcuato e la vergenza delle pieghe è, come per quelle della pianura romagnola, verso nord, cioè nello stesso senso delle altre strutture appenniniche.

Le unità geologiche affioranti nel territorio comunale di Poggio Renatico sono esclusivamente di ambiente continentale e costituite da depositi di piana alluvionale. Si distinguono in:

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 14 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

- **Alternanze di sabbie e limi di argine, canale e rotta fluviale (Olocene)**, costituite da alternanze di sabbie fini e finissime, spesso limose, in strati da sottili a spessi, e limi, limi sabbiosi e limi argillosi, in strati da molto sottili a medi.
- **Argille e limi di piana inondabile (Olocene)**, costituite da argille e limi in strati medi e spessi con rare intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose in strati da sottili a medi. Presenti anche livelli di argille e limi ricchi in sostanza organica.

Da uno stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50 000, l'area in esame è caratterizzata dall'affioramento di Argille e limi di piana inondabile (Figura 9), costituite da argille e limi, con rare intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose, con spessore variabile da 1 a 3 m. Queste litologie tendono a formare corpi di geometria allungata nelle aree depresse interposte ai depositi di argine. I passaggi litologici da un'unità all'altra avvengono con contatti graduali.

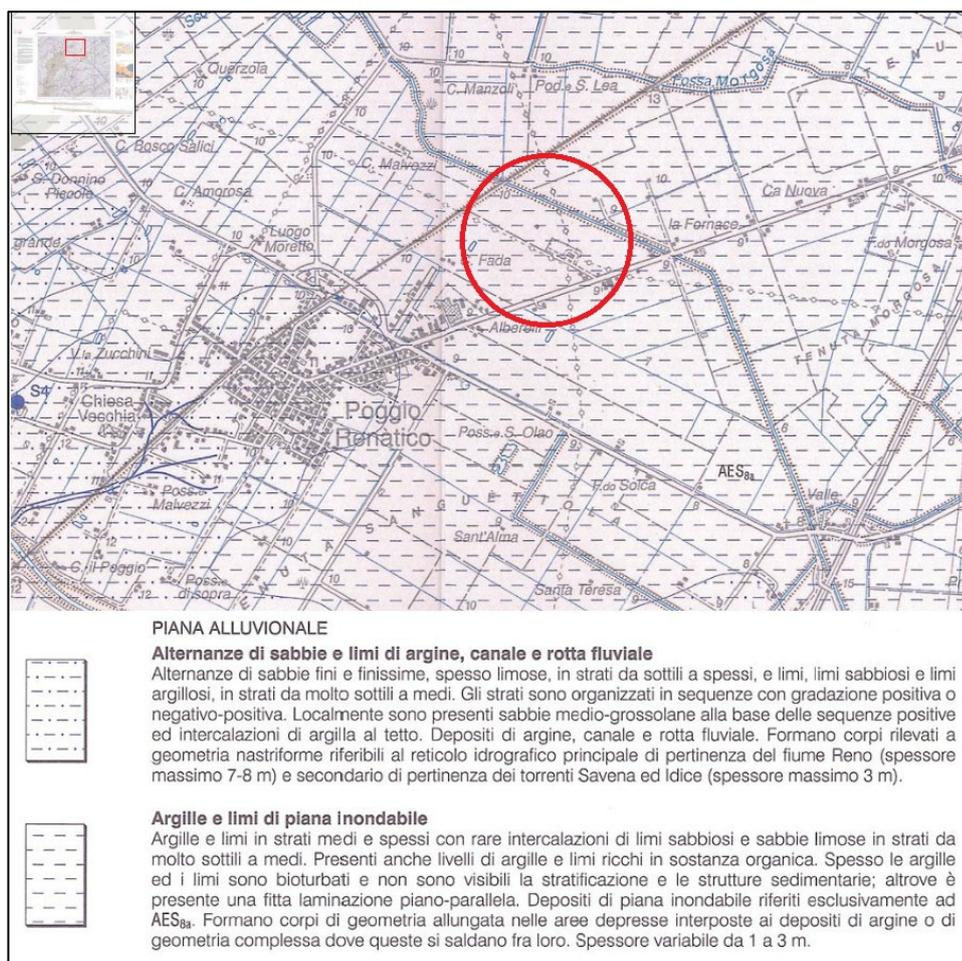


Figura 9: Stralcio Carta Geologica d'Italia in scala 1:50 000 (da ISPRA AMBIENTE)

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 15 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

## 6. RICOSTRUZIONE GEOMORFOLOGICA ALTIMETRICA E IDROLOGICA

### 6.1 Geomorfologia

Il territorio in esame è caratterizzato da una superficie topografica piuttosto regolare con quote comprese tra 8 e 15 m s.l.m., da gradienti bassi e da un reticolo idrografico non inciso e diretto secondo la direttrice della pianura padana, ovvero da ovest ad est.

Il reticolo idrografico si presenta denso ed il fiume principale è un tratto artificializzato del Reno che scorre con andamento nord ovest- sud est.

Infine, si sottolinea il fatto che le forme dei depositi e i processi sedimentari legati all'attività dei corsi d'acqua sono stati profondamente modificati dall'intervento antropico. L'attuale aspetto geomorfologico è quindi il prodotto dell'interazione tra l'evoluzione naturale della piana alluvionale e l'attività dell'uomo.

Il territorio del Comune di Poggio Renatico, secondo la classificazione del piano territoriale paesistico regionale (P.T.P.R.), è inserito nell'Unità di Paesaggio n° 5 denominata Bonifiche Estensi.

Con riferimento alla Figura 10, i principali elementi morfologici presenti nell'area sono rappresentati da tracce di antichi percorsi fluviali e da ventagli di esondazione. I primi sono forme connesse con vecchi letti fluviali, ora abbandonati, mentre i secondi sono un elemento morfologico tipico nella piana fluviale inferiore, dove il basso gradiente topografico facilita le rotte dei fiumi che possono o rompere agli argini o tracimarli.

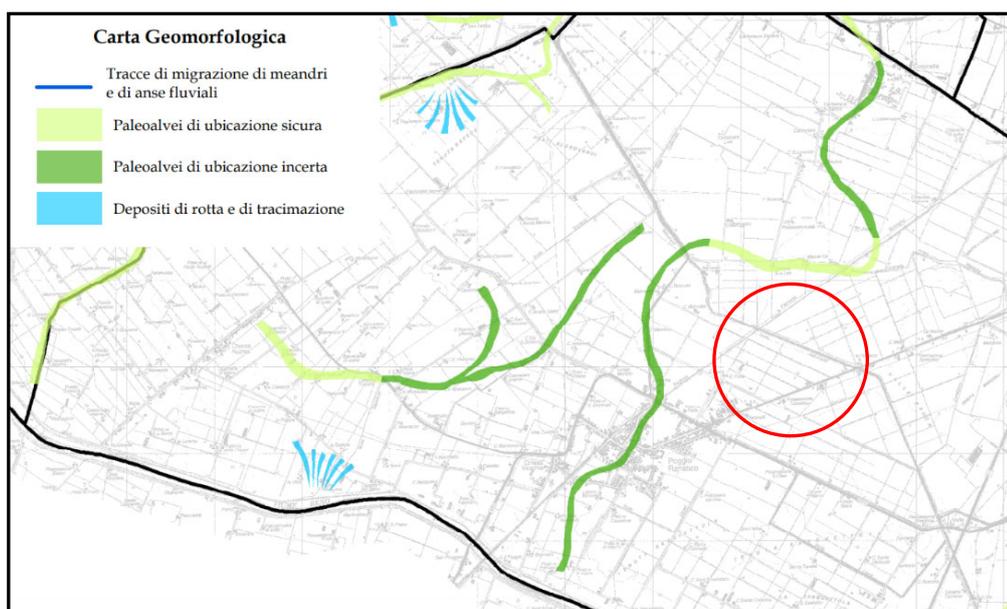


Figura 10: Stralcio Carta Geomorfologica con indicata l'area di studio (da PSC Com. di Poggio Renatico)



PROGETTISTA



COMMESSA  
NC/22011

UNITA'  
200

LOCALITA'

POGGIO RENATICO (FE)

CI-E-10210

PROGETTO / IMPIANTO

ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESIONE  
DI POGGIO RENATICO

Fg. 16 di 50

Rev.  
3

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

## 6.2 Altimetria

Dal punto di vista altimetrico, il territorio risulta compreso fra le quote di 8 e 15 m. s.l.m. e appartiene al Bacino idrografico "Burana di Po-Volano" (Figura 11).

La situazione generale è di una spianata morfologica, con debole pendenza con direttrice da ovest verso est.

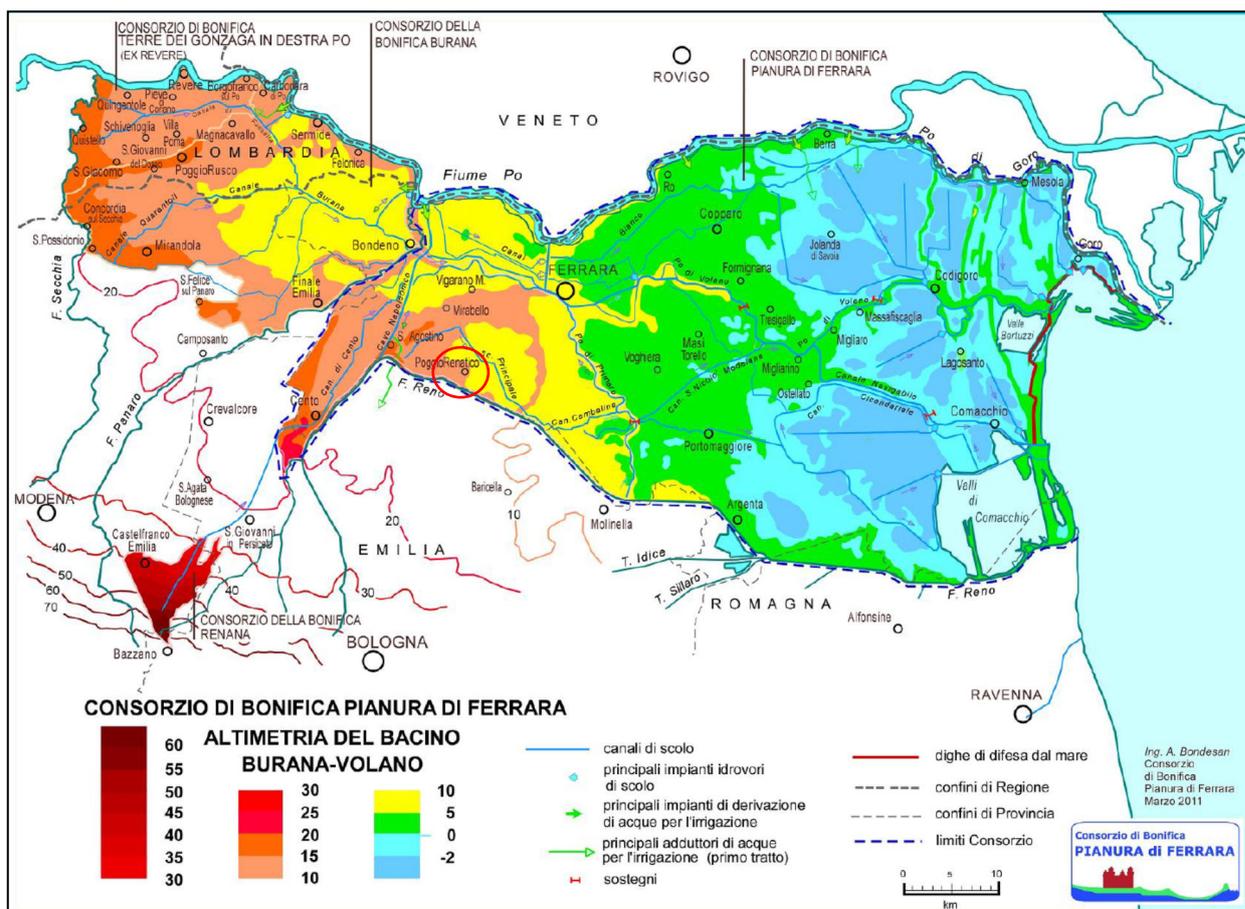


Figura 11: Stralcio Carta Altimetrica del Bacino "Burana-Volano" con indicata l'area di studio

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 17 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

### 6.3 Idrografia e idrologia

Il territorio in studio ricade nella pianura ferrarese del PO ed esattamente nel bacino idrografico Burana di Po-Volano. Il concetto di bacino idrografico in un territorio di pianura è convenzionale in quanto è difficile, in tali condizioni, tracciare dei precisi spartiacque, anche in considerazione del fatto che l'assetto idraulico è strettamente controllato da canali artificiali e chiaviche che deviano le acque di scolo in territori adiacenti. In questo contesto è stato definito Bacino Burana-Volano-Canal Bianco il territorio le cui acque trovano recapito a mare nel tratto costiero compreso fra la foce del Po di Goro e la foce del Reno. Il Bacino Burana Volano è per gran parte coincidente con il territorio provinciale di Ferrara, ma include anche alcune aree (adiacenti al Reno) che ricadono nelle province di Ravenna e Bologna e, a monte, porzioni delle province di Modena e Mantova, nonché un'area compresa tra Bazzano, Castelfranco Emilia e San Giovanni in Persiceto ricadente nelle province di Modena e Bologna.

L'estensione totale del bacino è di 324.000 Ha, tutti in pianura; di questi, oltre 130.000 Ha, sono situati a quota inferiore al livello del mare (aree in azzurro blu nella Figura 11); le pendenze sono generalmente minime spesso inferiori allo 0,05 per mille.

L'esame dell'altimetria rivela attraverso il disegno delle isoipse ad equidistanza di 1 m, l'andamento dei paleoalvei più importanti e la successione delle linee di costa. Un tempo caratterizzato dal predominio delle valli e paludi, il territorio del bacino Burana – Volano è oggi interamente soggetto alla bonifica; le acque vengono raccolte ed allontanate per mezzo di una fitta rete di canali e numerosi impianti idrovori, che servono la maggior parte della superficie (Figura 12).

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESIONE<br>DI POGGIO RENATICO                | Fg. 18 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

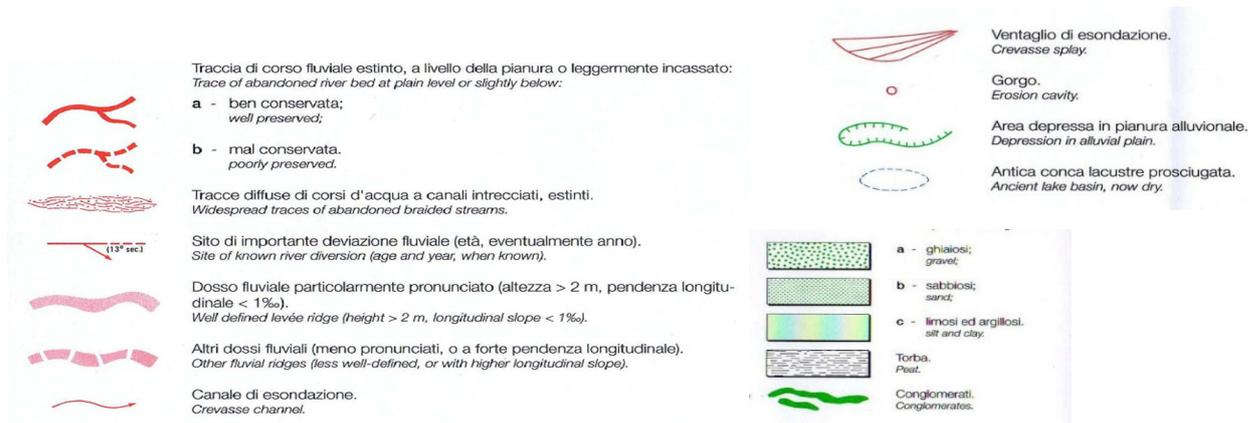
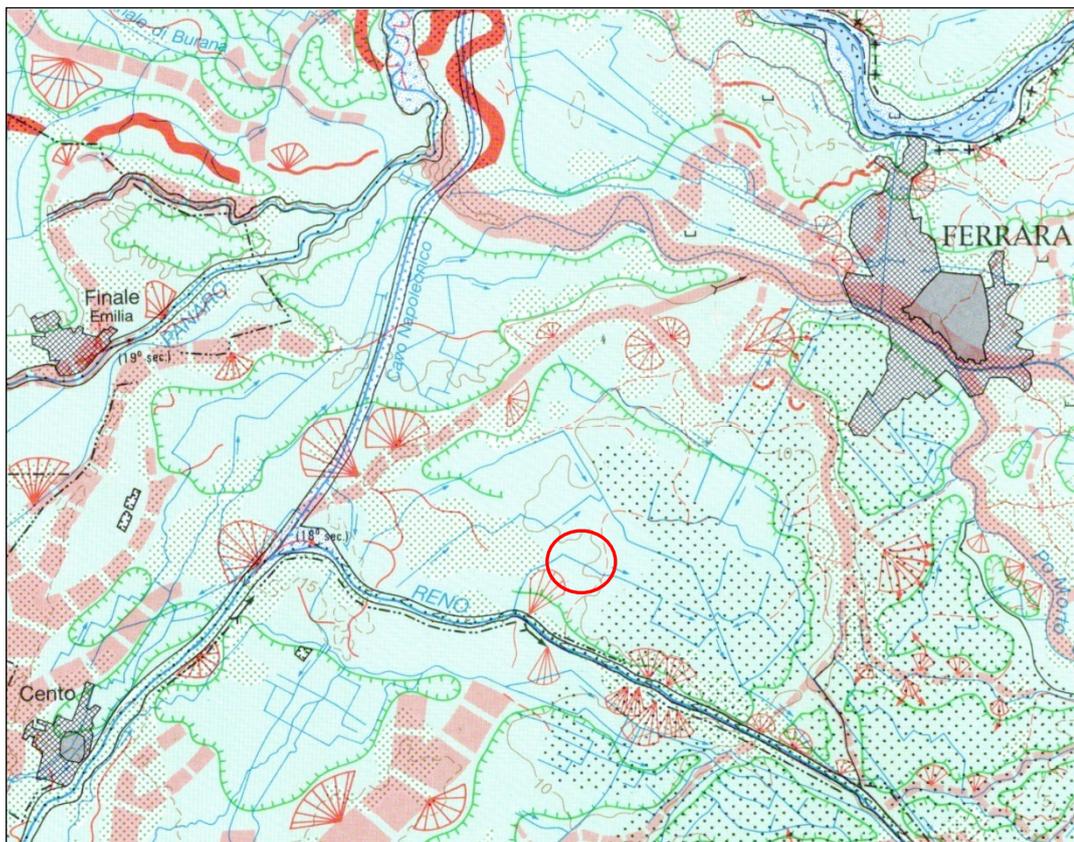


Figura 12: Stralcio Carta Idrogeomorfologica della Pianura Padana con indicata area di studio

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 19 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

## 7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

In corrispondenza del settore orientale della centrale gas di Poggio Renatico, è stata eseguita una campagna geognostica e geofisica finalizzata alla ricostruzione dell'assetto stratigrafico locale e alla definizione del modello geologico e geotecnico.

La campagna di indagini è stata organizzata in modo da ricostruire i principali lineamenti geologici e geotecnici in sito ma anche nella definizione dei parametri geotecnici in laboratorio al fine di conoscere il comportamento dei terreni sia nel campo statico che dinamico.

Nello specifico, la campagna di indagini (Figura 13) è consistita nelle seguenti attività:

- n.3 sondaggi geognostici a carotaggio continuo;
- n. 2 sondaggi ambientali con tecnica directpush;
- n. 3 prove penetrometriche del tipo CPTU;
- prelievo di campioni ambientali e geotecnici durante le attività di investigazione del sottosuolo;
- installazione di celle casagrande nei sondaggi geognostici;
- n. 2 tomografie elettriche 2 D;
- n. 1 MASW;
- n. 2 prove di carico su piastra.

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESIONE<br>DI POGGIO RENATICO                | Fg. 20 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

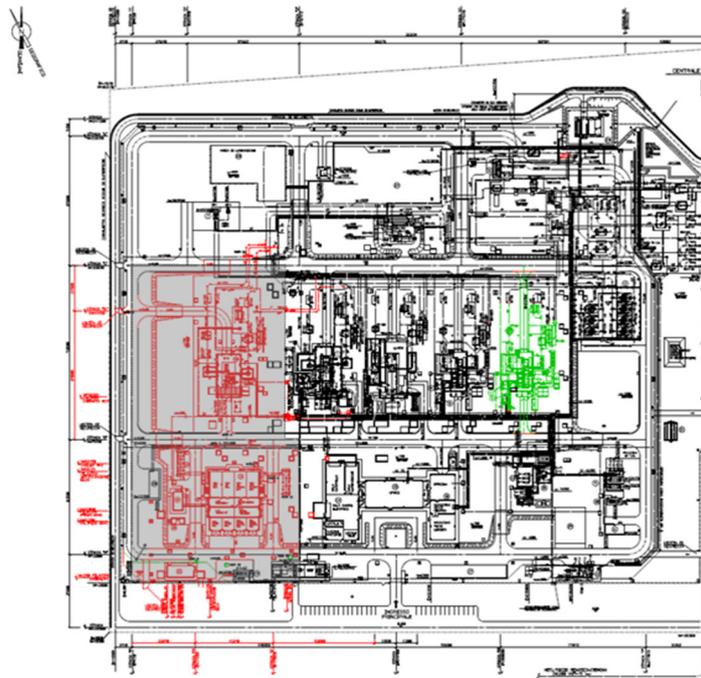


Figura 13: Planimetria dell'area con indicazione delle opere in progetto e ubicazione delle indagini eseguite

3

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 21 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

## 7.1 Sondaggi a carotaggio continuo

I sondaggi geognostici a carotaggio continuo hanno permesso di ricostruire l'assetto stratigrafico del sottosuolo nonché l'individuazione di eventuali acquiferi. La perforazione è stata eseguita con prelievo in continuo delle carote di terreno per tutto lo sviluppo verticale del sondaggio. I sondaggi geognostici sono stati ubicati lungo un allineamento disposto in direzione nord-sud dell'impianto al fine di ricostruire la sezione geostratigrafica (vedi annesso 10).

In tabella 1 è riportata una sintesi delle attività inerenti l'esecuzione dei sondaggi geognostici.

| sondaggio | Prof. (m) | campioni ambientali prof (m)                          | campioni geotecnici rimaneggiati prof (m) | campioni geotecnici indisturbati prof (m)                                                                                                        | celle piezometriche Casagrande prof (m) | SPT Prof (m) N colpi               |
|-----------|-----------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|
| S1        | 35,00     | S1C1 (0,0-1,0)<br>S1C2 (2,5.3,5)<br>S1 C3 (5,2-6,2)   | S1 R1 (23,0-23,5)<br>S1 R2 (34,5-35,0)    | S1SH1 (3,5-4,2)<br>S1SH2 (4,2-4,9)<br>S1 SH3 (10,0-10,7)<br>S1 SH4 (10,7-11,4)<br>S1SH5 (18,0-18,7)<br>S1SH6 (30,0-30,7)<br>S1 SH7 (30,7-31,4)   | n 1 (12,0)<br>n 2 (26,0)                | 23,5 (9-17-35)<br>33,5 (8-10-23)   |
| S2        | 35,00     | S2C1 (0,0-1,0)<br>S2C2 (2,5.3,5)<br>S2 C3 (5,2-6,2)   | S2 R1 (18,5-19,0)<br>S2 R2 (24,0-24,5)    | S2 SH1 (6,2-6,9)<br>S2 SH2 (6,9-7,5)<br>S2 SH3 (15,0-15,7)<br>S2 SH4 (15,7-16,3)<br>S2SH5 (21,0-21,7)<br>S2SH6 (21,7-27,7)<br>S2 SH7 (27,0-27,7) | n 1 (33,0)                              | 18,0 (12-21-28)<br>33,0 (10-18-23) |
| S3        | 20,00     | S3C1 (0,0-1,0)<br>S3C2 (2,5.3,5)<br>S3 C3 (5,2-6,2)   | S3 R1 (16,0-16,7)<br>S3 R2 (16,7-17,4)    | S3 SH1 (8,0-8,7)                                                                                                                                 | n1 (17,0)                               | 17,0 (12-19-24)                    |
| AMB 1     | 4,20      | AMBC1 (0,0-1,0)<br>AMBC2 (2,5.3,5)<br>AMBC3 (5,2-6,2) |                                           |                                                                                                                                                  |                                         |                                    |
| AMB2      | 3,20      | AMBC1 (0,0-1,0)<br>AMBC2 (2,5.3,5)<br>AMBC3 (5,2-6,2) |                                           |                                                                                                                                                  |                                         |                                    |

Tabella 1: Attività svolte nel corso dell'esecuzione dei sondaggi

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 22 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

L'osservazione delle carote di terreno prelevate durante il carotaggio hanno permesso di ricostruire lo schema stratigrafico con i relativi orizzonti litologici riscontrati.

### **SONDAGGIO S1**

Le attività sviluppate lungo la verticale investigata sono sintetizzate in Tabella 3:

| Sondaggio S1                 |     |            |                          |               |                                      |
|------------------------------|-----|------------|--------------------------|---------------|--------------------------------------|
| Profondità Sond. (m da p.c.) | SPT | Camp. Ind. | Pocket Penetrometer (PP) | Tor Vane (TV) | Piezometri con celle tipo Casagrande |
| 35,00                        | 2   | 7          | 35                       | 31            | 2                                    |

Tabella 2: Riepilogo attività sondaggio S1

La stratigrafia emersa è schematizzata in Tabella 3;

| Intervallo (m) | Descrizione litologica                                                                                                            |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,00-1,50      | Argilla limosa consistente di colore nocciola                                                                                     |
| 1,50-6,0       | Argilla debolmente limosa mediamente consistente di colore nocciola passante al grigio                                            |
| 6,0-8,0        | Argilla limosa di media consistenza con livelli plastici di colore nocciola con venature grigie                                   |
| 8,0-15,8       | Argilla a tratti debolmente limosa mediamente consistente con inclusioni carbonati che di colore nocciola                         |
| 15,8-17,6      | Argilla limosa debolmente sabbiosa da consistente a plastica di colore nocciola con venature grigie                               |
| 17,6-18,8      | Limo sabbioso argilloso di colore grigio-nocciola                                                                                 |
| 18,8-20,1      | Sabbia media debolmente limosa di colore grigio                                                                                   |
| 20,1-20,8      | Argilla debolmente limosa consistente di colore grigio chiaro                                                                     |
| 20,8-21,3      | Argilla limosa, a tratti sabbiosa consistente di colore grigio chiaro                                                             |
| 21,3-23,5      | Limo argilloso sabbioso consistente, colore grigio passante a nocciola                                                            |
| 23,5-26,1      | Sabbia media debolmente limosa di colore grigio                                                                                   |
| 26,1-26,7      | Argilla debolmente limosa con inclusioni carbonatiche da consistente a molto consistente di colore grigio chiaro con tratti scuri |
| 26,7-30,5      | Argilla limosa e limo argilloso a media consistenza con livelli poco consistenti alla base dello strato di colore grigio chiaro.  |
| 30,5-32,5      | Limo argilloso sabbioso e a tratti argilla limosa, mediamente consistente di colore nocciola                                      |
| 32,5-35,0      | Sabbia media limoso argillosa, colore da nocciola a grigio chiaro                                                                 |

Tabella 3: Stratigrafia emersa dal sondaggio S1

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 23 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

## **SONDAGGIO S2**

Le attività sviluppate lungo la verticale investigata sono sintetizzate in tabella 4:

| Sondaggio S2                 |     |            |                          |               |                                      |
|------------------------------|-----|------------|--------------------------|---------------|--------------------------------------|
| Profondità Sond. (m da p.c.) | SPT | Camp. Ind. | Pocket Penetrometer (PP) | Tor Vane (TV) | Piezometri con celle tipo Casagrande |
| 35,00                        | 2   | 7          | 45                       | 46            | 1                                    |

Tabella 4: Riepilogo attività sondaggio S2

La stratigrafia emersa è schematizzata in tabella 5;

| Intervallo (m) | Descrizione litologica                                                                                                                 |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,0-1,8        | Argilla limosa consistente e molto consistente di colore nocciola                                                                      |
| 1,8-3,5        | Argilla debolmente limosa mediamente consistente di colore nocciola con venature grigie                                                |
| 3,5-7,4        | Argilla limosa organica mediamente consistente con intervalli di torba di colore grigio chiaro e marrone                               |
| 7,4-16,4       | Argilla debolmente limosa con inclusioni carbonatiche da plastica a mediamente consistente di colore nocciola con sfumature grigie     |
| 16,4-17,9      | Argilla limosa debolmente sabbiosa a consistenza da media a buona, colore da nocciola a grigio                                         |
| 17,9-19,1      | Sabbia media limosa-argillosa di colore grigio chiaro                                                                                  |
| 19,1-20,0      | Argilla limosa debolmente sabbiosa, mediamente consistente, di colore grigio-chiaro                                                    |
| 20,0-24,0      | Argilla organica da debolmente limosa a consistente con intervallo di torba (20,7-20,8) di colore grigio chiaro                        |
| 24,0-24,5      | Sabbia media limoso argillosa di colore grigio chiaro                                                                                  |
| 24,5-25,8      | Argilla limosa consistente di colore grigio chiaro                                                                                     |
| 25,8-31,1      | Argilla a tratti debolmente limosa con frequenti inclusioni carbonatiche di consistenza da media a buona, colore grigio chiaro e scuro |
| 31,1-32,0      | Sabbia media limoso argillosa di colore nocciola                                                                                       |
| 32,0-34,0      | Sabbia media debolmente limosa di colore nocciola                                                                                      |
| 34,0-35,0      | Argilla debolmente limosa consistente di colore grigio chiaro e scuro                                                                  |

Tabella 5: Stratigrafia emersa dal sondaggio S2

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 24 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

### **SONDAGGIO S3**

Le attività sviluppate lungo la verticale investigata sono sintetizzate in tabella 6:

| Sondaggio S3                 |     |            |                          |               |                                      |
|------------------------------|-----|------------|--------------------------|---------------|--------------------------------------|
| Profondità Sond. (m da p.c.) | SPT | Camp. Ind. | Pocket Penetrometer (PP) | Tor Vane (TV) | Piezometri con celle tipo Casagrande |
| 20,0                         | 1   | 1          | 26                       | 26            | 1                                    |

Tabella 6: Riepilogo attività sondaggio S3

La stratigrafia emersa è schematizzata in Tabella 7;

| Intervallo (m) | Descrizione litologica                                                                                          |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,0-4,0        | Argilla debolmente limosa consistente e molto consistente di colore nocciola con venature grigie.               |
| 4,0-6,4        | Argilla organica limosa con intervallo di torba poco consistente di colore grigio chiaro con tratti marroni.    |
| 6,4-8,0        | Argilla limosa a buona consistenza con intervallo plastico tra 7,0-7,40 di colore nocciola con venature grigie. |
| 8,0-15,2       | Argilla debolmente limosa con inclusi carbonatiche di media consistenza di colore nocciola con venature grigie. |
| 15,2-16,0      | Limo argilloso debolmente sabbioso, consistente, colore nocciola                                                |
| 16,0-18,3      | Sabbia limosa argillosa di colore nocciola.                                                                     |
| 18,3-18,9      | Limo sabbioso argilloso consistente di colore grigio chiaro                                                     |
| 18,9-20,0      | Argilla debolmente limosa mediamente consistente di colore grigio chiaro                                        |

Tabella 7: Stratigrafia emersa dal sondaggio S3

Nei tre fori di sondaggio, ultimata la perforazione e prima dell'installazione delle celle di Casagrande, è stato misurato il livello statico della falda. Il valore annotato è solo indicativo in quanto la misura è stata eseguita nel foro di sondaggio a pareti libere e con la presenza dei fluidi di circolazione utilizzati durante la perforazione, senza avere la certezza che il livello acquifero si sia stabilizzato. Nei tre fori ispezionati il valore del livello piezometrico si attesta ad una profondità minore di 3,00 metri dalla bocca foro.

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 25 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

Di seguito si riportano le misure piezometriche eseguite in data 26/03/2021:

S1 – cella di Casagrande a 12m: prof. piezometrica da bocca foro a 1.80 m

S1 – cella di Casagrande a 26m: prof. piezometrica da bocca foro a 1.70 m

S2 – cella di Casagrande a 33m: prof. piezometrica da bocca foro a 2.25 m

S3 – cella di Casagrande a 17m: prof. piezometrica da bocca foro a 2.44 m

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 26 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

## 7.2 Prove S.P.T.

La prova SPT (Standard Penetration Test) viene eseguita in avanzamento durante la perforazione. Il test consiste nella penetrazione di un utensile (campionatore tipo Raymond) a partire dal fondo foro di sondaggio, per tre tratti consecutivi di 15 cm/cad.

L'indice della resistenza alla penetrazione, indicato con la sigla  $N_{SPT}$ , risulta dal numero di colpi  $N$  necessari all'avanzamento negli ultimi 30 cm, relativi al secondo e terzo tratto.

Per un numero di colpi alla penetrazione superiore a 50 si assumono condizioni di rifiuto (Rif).

Il numero dei colpi è influenzato da alcuni fattori ambientali quali: la pressione litostatica, il peso delle aste che trasferiscono l'energia del maglio sulla punta penetrometrica, la flessione delle aste di trasferimento energia, la presenza della falda acquifera, ecc.... Proprio per questo motivo vengono attuate delle correzioni ai valori  $N_{spt}$ .

Una delle correzioni più importanti tiene conto della profondità a cui viene eseguita la prova dove occorre tenere in considerazione la tensione verticale  $\sigma_{vo}$ . La correzione viene apportata alle prove eseguite a profondità superiore di 3,00 m.

I valori corretti si ricavano dalla seguente relazione proposta da Gibbs e Holtz (1957):

$$N'_{spt} = C_n N_{spt}$$

$$C_n = 0,77 \log (20/\sigma_{vo})$$

In tabella 8 si riportano i dati rilevati durante le prove SPT e i valori corretti.

| Sondaggio | Profondità da p.c. (m) | Litologia                   | N colpi  |          |          | $N_{SPT}$ | $N'_{SPT}$ |
|-----------|------------------------|-----------------------------|----------|----------|----------|-----------|------------|
|           |                        |                             | Tratto 1 | Tratto 2 | Tratto 3 |           |            |
| S1        | 23,50                  | Limo argilloso sabbioso     | 9        | 17       | 35       | 52        | 27         |
| S1        | 33,50                  | Sabbia media limo argillosa | 8        | 10       | 23       | 33        | 16         |
| S2        | 18,00                  | Sabbia media limo argillosa | 12       | 21       | 28       | 49        | 28         |
| S2        | 33,00                  | Argilla debolmente limosa   | 10       | 18       | 23       | 41        | 15         |
| S3        | 17,00                  | Sabbia limo-argillosa       | 12       | 19       | 24       | 43        | 25         |

Tabella 8: Riepilogo delle prove SPT

I valori di  $N_{SPT}$ , ricavati dalle prove SPT, consentono di determinare la resistenza di taglio in sito del terreno, utilizzando correlazioni riportate in letteratura geotecnica.

**Densità relativa (Dr):** la resistenza al taglio e la rigidità di un terreno granulare dipendono dallo stato di addensamento del deposito (Terzaghi e Peck 1948), e viene espressa attraverso il

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 27 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

parametro della densità relativa  $D_r$ . Il valore di  $N_{spt}$  è funzione della tensione verticale geostatica  $\sigma_{vo}$  e della densità relativa  $D_r$ . La densità relativa cresce con il valore del numero dei colpi registrato  $N_{spt}$ .

| Relative Density of cohesionless soil |                  |
|---------------------------------------|------------------|
| SPT-N                                 | Relative Density |
| 0 - 4                                 | Very loose       |
| 4 - 10                                | Loose            |
| 10 - 30                               | Medium           |
| 30 - 50                               | Dense            |
| > 50                                  | Very dense       |

Tabella 9: Correlazione tra  $N_{SPT}$  e densità relativa (Terzaghi and Peck, 1948)

Gibbs & Holtz:  $D_r = 21 \sqrt{N/(\sigma+0,7)}$

**Angolo d'attrito ( $\phi$ ):** viene ricavato da formule empiriche che dipendono dal grado di addensamento  $D_r$  e dal valore  $N_{spt}$ . Nei terreni a struttura granulare (sabbie e sabbie limose) è consigliabile la relazione qui di seguito riportata.

Road Bridge Specification:  $\phi = \sqrt{15N+15}$

**Coesione ( $C_u$ ):** non esistono molte correlazioni tra SPT e coesione espressa in termini di tensioni totali. La relazione presa in considerazione è quella del DM-7m (*Design Manual for Soil Mechanics, Foundations and Earth Structures*), relative ad argille di bassa plasticità e media plasticità.

DM-7 per Argille a bassa plasticità:  $C_u = N \times 0,795/20$

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 28 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

| Sondaggio | Prof. (m) | Tipo di terreno             | N' <sub>SPT</sub> | Dr (%) | Φ (°) | C <sub>U</sub> (kPa) |
|-----------|-----------|-----------------------------|-------------------|--------|-------|----------------------|
| S1        | 23,50     | Limo argilloso sabbioso     | 27                | 47     | --    | 108                  |
| S1        | 33,50     | Sabbia media limo argillosa | 16                | 45     | 30    | --                   |
| S2        | 18,00     | Sabbia media limo argillosa | 28                | 71     | 35    | --                   |
| S2        | 33,00     | Argilla debolmente limosa   | 15                | --     | --    | 60                   |
| S3        | 17,00     | Sabbia limo-argillosa       | 25                | 61     | 34    | --                   |

Tabella 10: Quadro di sintesi dei parametri geotecnici ottenuti dalle prove SPT

### 7.3 Prove C.P.T.

La prova CPT (ConePenetration Test) consiste essenzialmente nell'acquisizione di dati relativi alla resistenza alla punta  $R_p$  e la resistenza laterale locale  $R_l$  misurati durante la penetrazione di una punta conica (punta Begemann) e di un manicotto (friction jacket cone).

Qui di seguito vengono riportati i grafici delle interpretazioni dei valori penetrometrici acquisiti e i valori geotecnici scaturiti.

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 29 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

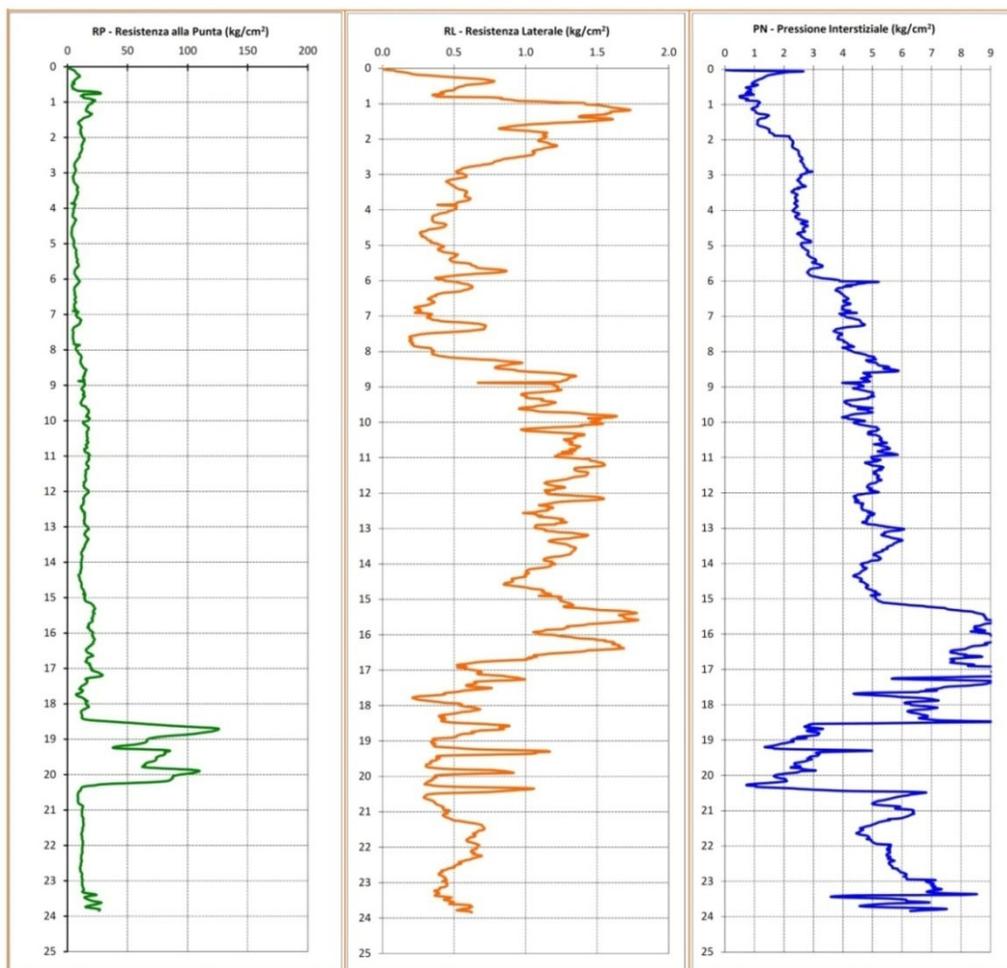
PARAMETRI MEDI e CARATTERISTICI

SCPTU 1

| Nr. | Prof. | Tipo | Cu    | Mo    | G        | Puv   | Dr | $\phi'$ | Ey       |
|-----|-------|------|-------|-------|----------|-------|----|---------|----------|
| 1   | 2,60  | C    | 78,45 | 59,7  | 12493,67 | 18,63 | -- | 42      | --       |
| 2   | 8,00  | C    | 40,00 | 51,4  | 8551,40  | 17,65 | -- |         | --       |
| 3   | 18,50 | C    | 90,00 | 76,4  | 14523,65 | 18,63 | -- |         | --       |
| 4   | 20,20 | I    | --    | 136,9 | 40099,39 | 18,63 | 42 | 32      | 19740,79 |
| 5   | 23,80 | CI   | 70,00 | 68,2  | 13552,79 | 17,65 | 5  | 29      | 3344,07  |

**LEGENDA** Nr: Numero progressivo strato - Prof:Profondità strato (m)/Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente/ CO: Coesivo-Organico /Cu: Coesione non drenata (kPa) Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)/G= Modulo di deformazione a taglio(kPa)/ Puv: Peso unità di volume (kN/m<sup>3</sup>)/Puv:Peso unità di volume saturo KN/m<sup>3</sup>/ Dr:Densità relativa (%)  $\Phi$ i: Angolo di resistenza al taglio (°)/ Ey: Modulo di Young (kPa)

Grafici prova cptu 1



|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 30 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

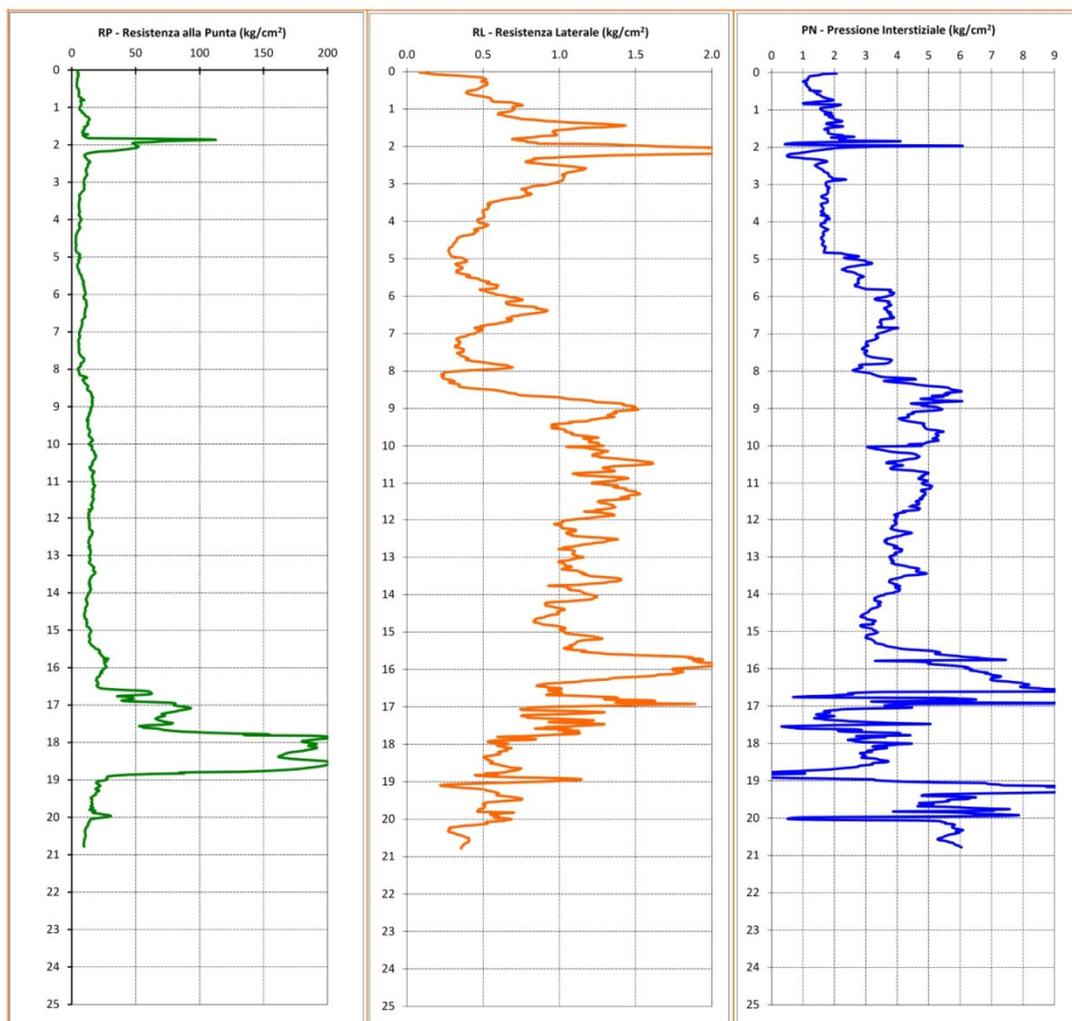
PARAMETRI MEDI e CARATTERISTICI

SCPTU 2

| Nr. | Prof. | Tipo | Cu    | Mo    | G        | Puv   | Dr  | $\phi'$ | Ey       |
|-----|-------|------|-------|-------|----------|-------|-----|---------|----------|
| 1   | 2,10  | C    | 98,07 | 74,2  | 14268,68 | 18,63 | --  | --      | --       |
| 2   | 8,00  | C    | 49,03 | 39,7  | 9747,81  | 17,65 | --  | --      | --       |
| 3   | 16,60 | C    | 88,26 | 77,0  | 14592,29 | 19,61 | --  | --      | --       |
| 4   | 19,10 | I    | --    | 166,8 | 48837,12 | 21,57 | 52  | 34      | 27252,68 |
| 5   | 20,70 | CI   | 78,45 | 78,0  | 14709,98 | 19,61 | 5.0 | 29      | 3824,59  |

**LEGENDA** Nr: Numero progressivo strato - Prof:Profondità strato (m)/Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente/ CO: Coesivo-Organico /Cu: Coesione non drenata (kPa) Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)/G= Modulo di deformazione a taglio(kPa)/ Puv: Peso unità di volume (kN/m<sup>3</sup>)/Puv:Peso unità di volume saturo KN/m<sup>3</sup>/ Dr:Densità relativa (%)  $\Phi$ : Angolo di resistenza al taglio (°)/ Ey: Modulo di Young (kPa)

Grafici prova cptu 2



|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 31 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

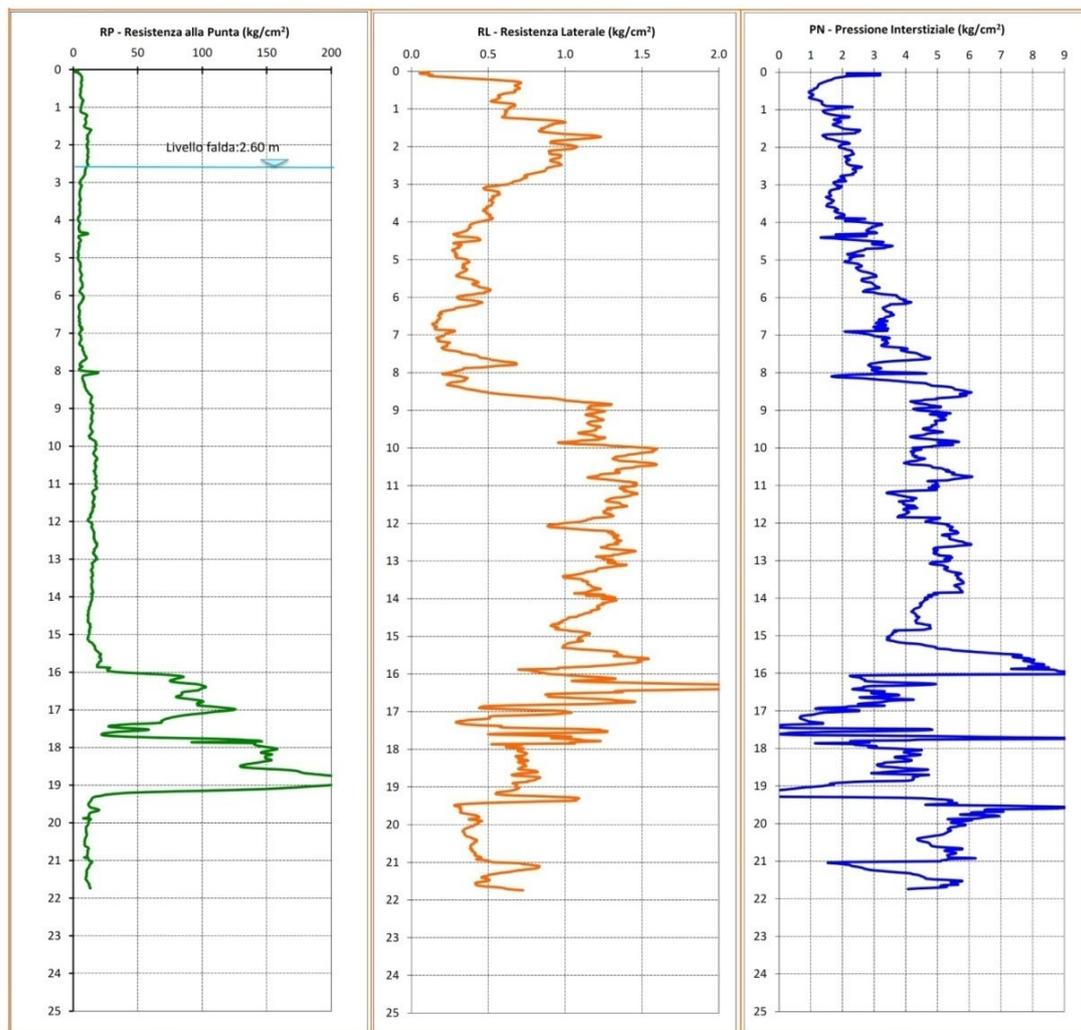
PARAMETRI MEDI e CARATTERISTICI

SCPTU 3

| Nr. | Prof. | Tipo | Cu    | Mo    | G        | Puv   | Dr | Fi/φ' | Ey       |
|-----|-------|------|-------|-------|----------|-------|----|-------|----------|
| 1   | 2,78  | C    | 58,84 | 43,3  | 10267,56 | 17,65 | -- | --    | --       |
| 2   | 8,00  | C    | 39,23 | 44,9  | 7874,74  | 16,67 | -- | --    | --       |
| 3   | 15,90 | C    | 98,07 | 74,3  | 14278,48 | 18,63 | -- | --    | --       |
| 4   | 19,20 | I    | --    | 167,8 | 49023,44 | 18,63 | 61 | 36    | 27419,39 |
| 5   | 21,70 | CI   | 68,65 | 60,5  | 12601,55 | 18,63 | 5  | 29    | 2971,41  |

**LEGENDA** Nr: Numero progressivo strato - Prof: Profondità strato (m)/Tipo: C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente/ CO: Coesivo-Organico /Cu: Coesione non drenata (kPa) Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm<sup>2</sup>)/G= Modulo di deformazione a taglio(kPa)/ Puv: Peso unità di volume (kN/m<sup>3</sup>)/Puv: Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)/ Dr: Densità relativa (%) Φi: Angolo di resistenza al taglio (°)/ Ey: Modulo di Young (kPa)

Grafici prova cptu 3



|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 32 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

#### 7.4 Prove geotecniche di laboratorio

Nel corso delle perforazioni sono stati prelevati complessivamente n. 21 campioni di terreno, di cui n 15 indisturbati (Q1) e n 6 rimaneggiati (Q4).

Su tali campioni sono state eseguite prove di laboratorio al fine di ricavare le caratteristiche fisiche, granulometriche e di consistenza. Sono state altresì programmate delle prove meccaniche per determinare le resistenze al taglio in termini di tensioni efficaci ( $c', \phi'$ ) e in termini di tensioni totali ( $C_u$ ).

L'Università Kore di Enna, in alcuni campioni ha eseguito delle prove di taglio ciclico e colonna risonante per conoscere il comportamento dinamico dei terreni di fondazione. Nello specifico, sono stati ricavati i valori di "G" modulo di taglio tangenziale e smorzamento "D". Inoltre, nei livelli sabbiosi è stato valutato il potenziale di liquefazione.

In Tabella 11 è riportato il riepilogo dei parametri geotecnici ricavati dalle prove di laboratorio.

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 33 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

| Sond. | Camp. | prof. (m)     | W<br>(%) | $\gamma$<br>(t/m <sup>3</sup> ) | $\gamma_s$ | eo   | n    | Sr<br>(%) | granulometria |             |           |              | limiti    |           |      |                     | Taglio            |         | TX CD             |         | Trias. U.U.       |
|-------|-------|---------------|----------|---------------------------------|------------|------|------|-----------|---------------|-------------|-----------|--------------|-----------|-----------|------|---------------------|-------------------|---------|-------------------|---------|-------------------|
|       |       |               |          |                                 |            |      |      |           | Ghiaia<br>%   | Sabbia<br>% | Limo<br>% | Argilla<br>% | WL<br>(%) | WP<br>(%) | Ic   | CLASS.<br>UNI 11531 | c'                | $\phi'$ | c'                | $\phi'$ | cu                |
|       |       |               |          |                                 |            |      |      |           |               |             |           |              |           |           |      |                     | KN/m <sup>2</sup> | (°)     | KN/m <sup>2</sup> | (°)     | KN/m <sup>2</sup> |
| S 1   | SH 1  | 3,50 - 4,20   | 36,78    | 1,82                            | 2,63       | 0,97 | 0,49 | 99,15     | 1,92          | 6,65        | 41,42     | 50,01        | (%)       | 29        | 0,81 | A7-6                | --                | --      | 27                | 18      | --                |
| S 1   | SH 3  | 10,00 - 10,70 | 23,98    | 1,97                            | 2,69       | 0,70 | 0,41 | 92,69     | 0,98          | 0,85        | 36,48     | 61,69        | 69        | 28        | 1,09 | A7-6                | 12                | 23      | --                | --      | 83                |
| S 1   | SH 5  | 18,00 - 18,70 | 28,13    | 1,78                            | 2,73       | 0,96 | 0,49 | 79,95     | 0,10          | 95,41       | --        | --           | --        | --        | --   | --                  | 7                 | 33      | --                | --      | --                |
| S 1   | CR    | 23,00 - 23,50 | 24,11    | 1,82                            | 2,78       | 0,89 | 0,47 | 75,14     | 0,00          | 96,58       | --        | --           | --        | --        | --   | --                  | --                | --      | --                | --      | --                |
| S 1   | SH 6  | 30,00 - 30,70 | 30,99    | 1,94                            | 2,77       | 0,87 | 0,46 | 99,05     | 0,00          | 1,53        | 48,42     | 50,05        | 60        | 24        | 0,80 | A7-6                | --                | --      | --                | --      | --                |
| S 1   | SH 7  | 30,70 - 31,40 | 17,99    | 2,06                            | 2,64       | 0,51 | 0,34 | 92,39     | 0,99          | 9,35        | 42,09     | 47,57        | 43        | 20        | 1,09 | A7-6                | --                | --      | 36                | 23      | --                |
| S 2   | SH 1  | 6,20 - 6,90   | 34,54    | 1,87                            | 2,70       | 0,94 | 0,48 | 99,37     | 0,00          | 0,98        | 42,96     | 56,07        | 47        | 18        | 0,43 | A7-6                | --                | --      | --                | --      | --                |
| S 2   | CR 1  | 18,50 - 19,00 | 22,78    | 1,89                            | 2,70       | 0,75 | 0,43 | 82,02     | 0,00          | 87,05       | --        | --           | --        | --        | --   | --                  | --                | --      | --                | --      | --                |
| S 2   | CR 2  | 24,00 - 24,50 | 21,30    | 1,92                            | 2,73       | 0,72 | 0,42 | 80,43     | 0,00          | 60,50       | --        | --           | --        | --        | --   | --                  | --                | --      | --                | --      | --                |
| S 2   | SH 4  | 15,70 - 16,30 | 20,74    | 2,08                            | 2,71       | 0,57 | 0,36 | 98,67     | 1,42          | 3,93        | 46,77     | 47,88        | 39        | 15        | 0,76 | A6                  | --                | --      | 40                | 22      | --                |
| S 2   | SH 5  | 21,00 - 21,70 | 26,50    | 1,99                            | 2,73       | 0,73 | 0,42 | 98,94     | 0,00          | 2,57        | 41,50     | 55,93        | 48        | 20        | 0,76 | A7-6                | --                | --      | --                | --      | 81                |
| S 2   | SH 6  | 21,70 - 22,40 | 24,84    | 2,02                            | 2,73       | 0,69 | 0,41 | 97,98     | 1,83          | 3,24        | 66,08     | 28,85        | 52        | 21        | 0,87 | A7-6                | --                | --      | 36                | 21      | --                |
| S 3   | SH 1  | 8,00 - 8,70   | 29,11    | 1,97                            | 2,77       | 0,82 | 0,45 | 98,98     | 5,88          | 4,47        | 42,12     | 47,54        | 66        | 30        | 1,02 | A7-6                | --                | --      | 32                | 21      | 92                |
| S 3   | CR 2  | 16,00 - 16,70 | 17,76    | 1,98                            | 2,69       | 0,60 | 0,38 | 79,62     | 0,00          | 84,16       | --        | --           | --        | --        | --   | --                  | --                | --      | --                | --      | --                |

Tabella 11: Sintesi dei risultati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nei sondaggi geognostici

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 34 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

## 7.5 Prova MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva, che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di sensori posti sulla superficie del suolo. La determinazione delle  $V_s$  viene ottenuta tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

Le velocità delle onde di taglio determinate nei primi 30 m di profondità ( $V_{s30}$ ) risulta pari a: **192 m/s.**

## 7.6 Prova di carico su piastra

In corrispondenza delle prove penetrometriche statiche sono state eseguite prove di carico su piastra al fine di conoscere i cedimenti e i relativi moduli di deformazione del sedime superficiale. Nello specifico, la prova di carico su piastra P1 è stata eseguita in prossimità della CPTU2 e la prova P2 in prossimità della CPTU3.

Entrambe le prove sono state eseguite con piastra diametro 300 mm utilizzando come mezzo di contrasto al martinetto di carico un escavatore da 10 tonnellate. Le due prove sono state eseguite ad incremento di carico controllato. In ogni ciclo di carico sono stati misurati, con comparatori centesimali, i cedimenti procurati. Le prove sono state eseguite a due cicli di carico per la definizione dei moduli di deformazione relativi al primo ciclo di carico ( $Md_1$ ) e secondo ciclo di ricarico ( $Md_2$ ). Il valore dei moduli di deformazione ( $Md_1$  e  $Md_2$ ) sono stati ricavati nell'incremento di carico compreso tra 50 kPa e 150 kPa.

In tabella 12 sono riportati i valori riscontrati.

| PROVA | $Md_1$<br>(MPa) | $Md_2$<br>(MPa) |
|-------|-----------------|-----------------|
| 1     | 6,37            | 41,83           |
| 2     | 9,96            | 30,13           |

Tabella 12: Quadro di sintesi dei parametri geotecnici ottenuti dalle prove di carico su piastra

## 8. SISMICITA' DELL'AREA

Fino a qualche decennio fa l'Emilia-Romagna era stata interessata da una sismicità che poteva essere definita media, rispetto alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 35 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter. Nel censimento dei terremoti la Regione Emilia Romagna è stata interessata nell'ultimo millennio da eventi sismici frequenti ma mai paragonabili, per energia liberata (e, quindi, per valori di magnitudo) ai maggiori eventi di altre aree regionali quali, ad esempio, Sicilia orientale, Calabria, Irpinia-Basilicata, Friuli, ecc.

I maggiori terremoti (Magnitudo > 5,5) si sono verificati nel settore sud-orientale nell'Appennino romagnolo e lungo la costa riminese.

Gli eventi verificatisi nel maggio 2012, culminati con il terremoto del 20 maggio 2012 con Magnitudo 5,9 e ipocentro a Finale Emilia (MO) ma che ha interessato anche la Provincia di Ferrara sta appunto a testimoniare che l'area è soggetta a eventi sismici piuttosto importanti.

Il modello geologico della pianura padana, caratterizzato perlopiù da sedimenti clastici incoerenti e saturi d'acqua, implica effetti di amplificazione dell'energia sismica. In alcune porzioni di territorio la presenza di sedimenti fini (limi e sabbie) saturi d'acqua può dare origine a fenomeni di liquefazione come accaduto nel Comune di Sant'Agostino durante lo sciame sismico del 2012. Alla luce degli ultimi terremoti è stata rimodulata la distribuzione delle zone sismiche dell'Emilia-Romagna e, nello specifico, del territorio di Poggio Renatico (Figura 14).

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESIONE<br>DI POGGIO RENATICO                | Fg. 36 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

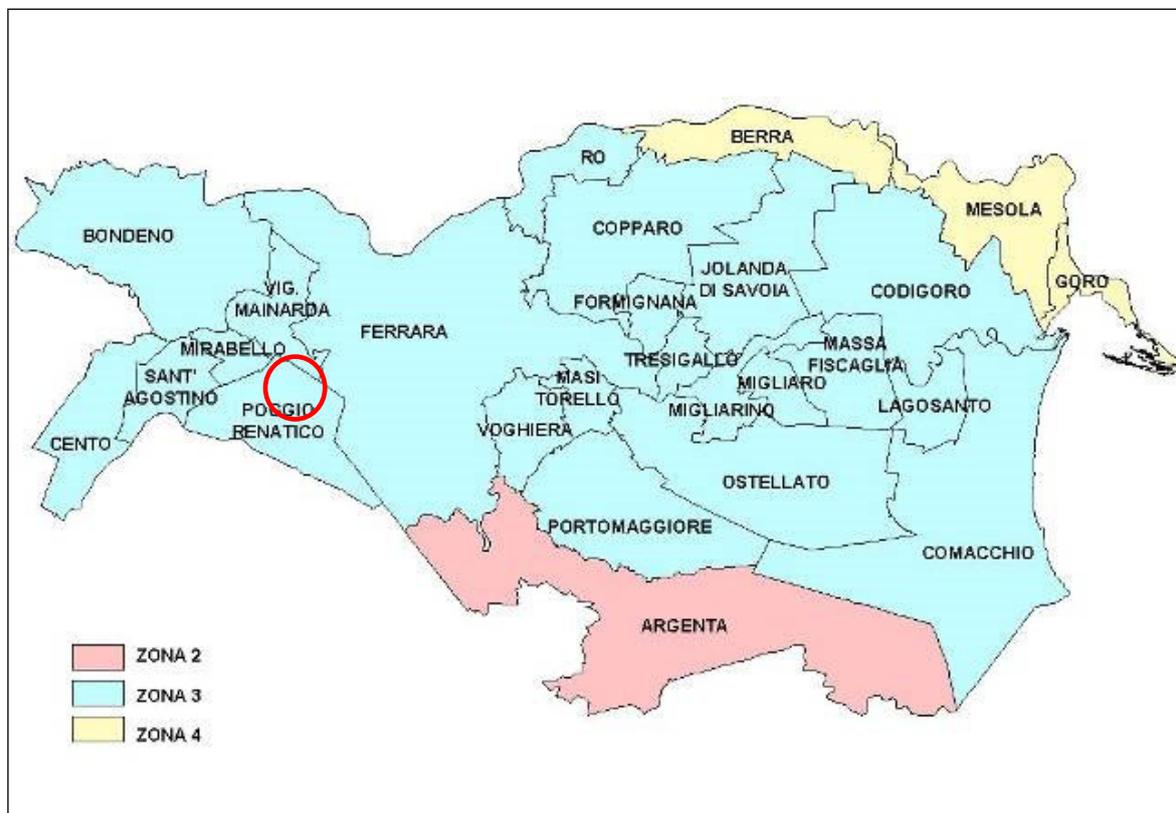


Figura 14: Nuova zonizzazione sismica territorio di Poggio Renatico

La sismicità della zona, è legata alla presenza delle strutture sismogenetiche ITCS047 – Castelvetro di Modena–Castel San Pietro, – Malalbergo– Ravenna, ITCS050 – Poggiorusco–Migliarino, e della ITCS051 – Novi–Poggio Renatico, ITCS012.ITCS047 – Castelvetro di Modena–Castel San Pietro. Si tratta di un sistema di thrust NE vergenti, in parte composto da pieghe, ai piedi della catena Appenninica settentrionale che attraversano la regione in tutta l'Alta Valle del Reno, intorno alla città di Bologna (Figura 15).

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 37 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210



Figura 15: Schema sismo- tettonico della Pianura Padana

I Cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una concentrazione di sismicità sia media ( $4.5 < M_w < 5.0$ ) sia elevata nel settore centrale e orientale della Regione. I terremoti principali, da E a W, si sono verificati nelle date del 20 luglio 1399 ( $M_w$  5.4, Modenese), 6 febbraio 1455 ( $M_w$  5.4, Bolognese), 3 gennaio 1505 ( $M_w$  5.5, Bologna), 20 aprile 1929 ( $M_w$  5.5, Bolognese)

Nello specifico, anche l'area oggetto di studio in passato è stata interessata da significativi terremoti. I cataloghi storici riportano i terremoti del 22 febbraio 1346 ( $M_w$  5.8, Ferrara) e l'evento del 17 novembre 1570 ( $M_w$  5.5) nella città di Ferrara.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. La "pericolosità sismica di base", nel seguito chiamata semplicemente pericolosità sismica, costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere come i metanodotti.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica del territorio nazionale è definita su un reticolo di riferimento e per diversi intervalli di riferimento (periodo di ritorno).

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 38 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

Il reticolo di riferimento delle NTC suddivide l'intero territorio italiano in maglie elementari di circa 10 km per 10 km, per un totale di 10.751 nodi, definiti in termini di coordinate geografiche (Tabella A1 delle NTC; <http://esse1.mi.ingv.it/>).

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno ( $T_r$ ) considerati, sono forniti tre parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto:

- **ag** accelerazione orizzontale massima attesa al bedrock con superficie topografica orizzontale (espressa in g);
- **Fo** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- **Tc\*** periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale.

Da un punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito dipende dalla posizione dell'opera rispetto ai nodi del reticolo di riferimento. Le accelerazioni orizzontali  $a_g$  non sono più valutate genericamente sulla base dell'appartenenza del comune ad una zona sismica, ma sono calcolate in funzione dell'effettiva posizione geografica del sito ove l'opera sarà realizzata. Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno ( $T_r$ ) considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50-esimo percentile.

Per un qualunque punto del territorio, non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto ( $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_{c^*}$ ) possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

E' stato necessario, quindi, implementare un algoritmo di calcolo fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del Ministero delle Infrastrutture (Spettri-NTC, ver. 1.03) per discretizzare la fascia di territorio interessata dal progetto in tratti elementari di lunghezza nota (0.1 km) e valutare i parametri per ogni tratto mediante metodi di interpolazione più complessi (polinomi di Lagrange). Le NTC definiscono l'azione sismica considerando anche un periodo di ritorno ( $T_r$ ) che è funzione della probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale ( $P_{Vr}$ ) nel periodo di riferimento dell'opera ( $V_r$ ).

Il periodo di riferimento dell'opera ( $V_r$ ) si ottiene dal prodotto tra la vita nominale ( $V_N$ ), che è funzione del tipo di opera, e il coefficiente d'uso ( $C_u$ ), funzione della classe d'uso della costruzione (cfr. paragrafo 2.4.3 delle NTC).

A titolo di esempio nella Figura 16 si riporta la mappa nazionale dell'accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 39 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

La normativa di riferimento, al fine di ottenere l'azione sismica sulla struttura, permette al progettista di compiere una scelta tra un approccio semplificato, in cui si definiscono categoria di sottosuolo e condizioni topografiche, e uno studio di risposta sismica locale, che permette di ottenere un accelerogramma in superficie modificato rispetto a quello al bedrock di riferimento in base alle caratteristiche dinamiche dei terreni.

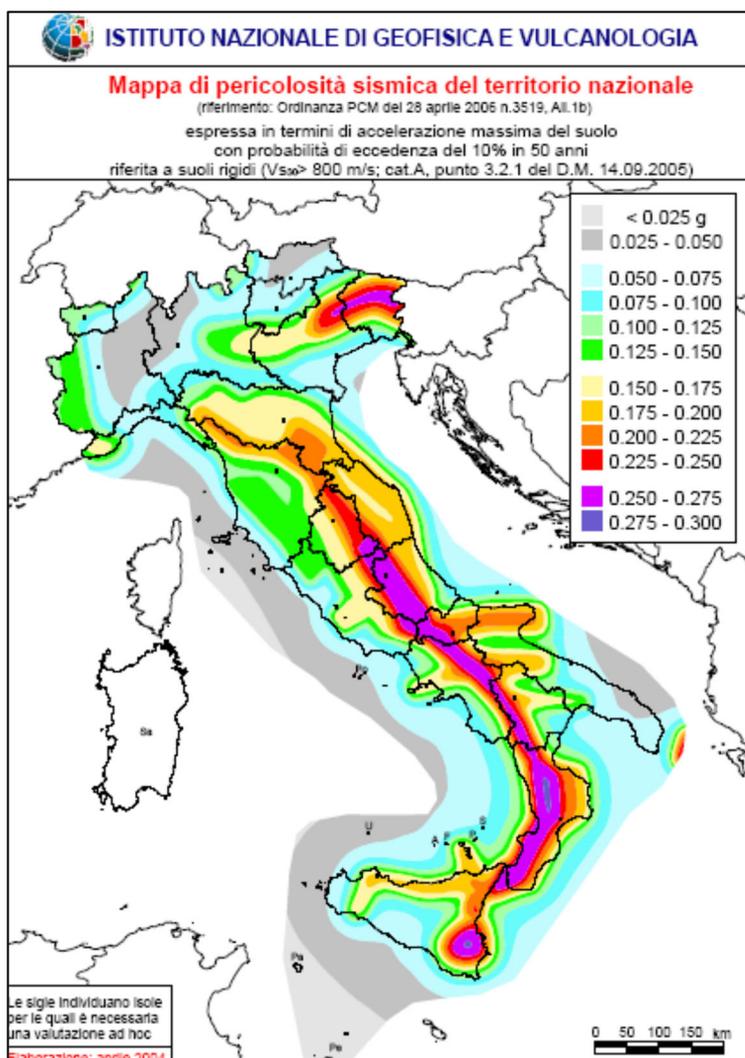


Figura 16: Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV)

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 40 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

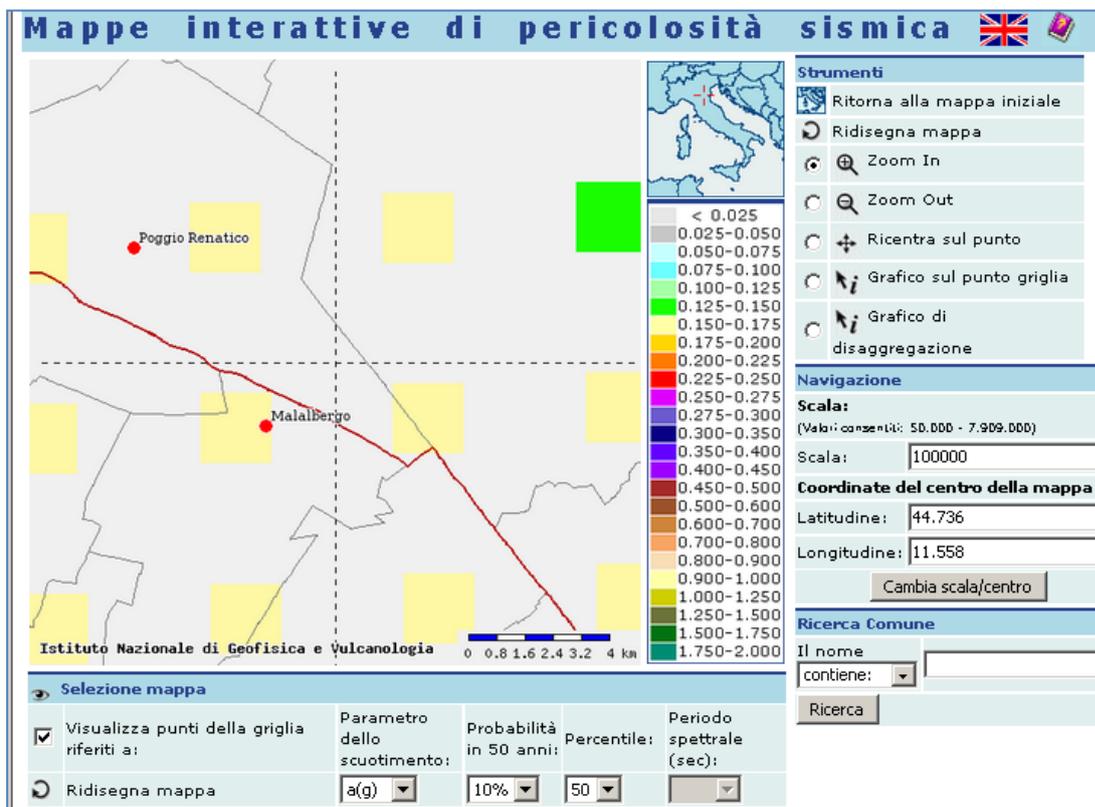


Figura 17: Reticolo di riferimento NTC, maglie elementari del territorio di Poggio Renatico

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 41 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

Con l'entrata in vigore delle NTC 2018 "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni" che ha recepito l'OPCM 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zone sismiche", il Comune di Poggio Renatico (FE) è stato confermato in **zona 3** in cui l'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g) risulta pari a **0,15**.

## 8.1 Categoria di suolo e condizioni topografiche

La normativa italiana, come del resto la normativa europea e i più recenti codici internazionali, ha modificato l'approccio alla valutazione della sismicità di un'area. Come illustrato in precedenza, essa è definita da una osservazione del fenomeno sismico "dal basso" e "a priori":

- dal basso, poiché si osserva direttamente il moto sismico nel suo propagarsi dal sottosuolo (bedrock) verso la superficie libera;
- a priori, poiché la pericolosità sismica di base tiene conto esclusivamente del movimento sismico atteso (in termini di accelerazioni), prima che esso produca i suoi effetti sull'ambiente fisico e costruito.

In definitiva, identificati i valori delle accelerazioni massime attese al suolo rigido (bedrock), è necessario valutare la loro variazione (in generale amplificazione) negli strati più superficiali.

Nell'approccio semplificato, le norme di riferimento definiscono i parametri sismici da utilizzare definendo la categoria di sottosuolo e la condizione topografica.

### 8.1.1 Categoria di suolo

Nelle NTC il sottosuolo è suddiviso in cinque classi di riferimento, in funzione della natura e di specifici parametri di comportamento meccanico dei terreni. I diversi tipi di sottosuolo inducono modifiche sul segnale sismico con variazioni dell'accelerazione di picco e del contenuto in frequenza.

La classificazione individua sottosuoli a rigidità decrescente, a partire dal sottosuolo tipo A, costituito praticamente da roccia affiorante o ricoperta da uno strato meno rigido, con spessore massimo di 3 m, fino a sottosuoli molto deformabili e suscettibili di fenomeni di rottura per la sola azione sismica. Per maggior chiarezza si riportano in tabella 13 le categorie di sottosuolo secondo le NTC.

Definite le categorie di sottosuolo è possibile associare a ciascun nodo due parametri: il coefficiente di amplificazione stratigrafica (SS), necessario per calcolare l'accelerazione di picco al suolo (agS

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 42 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

o PGA), e il coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (CC), necessario per il calcolo del periodo TC, e quindi della velocità orizzontale massima attesa al suolo (Vg o PGV) (Tabella 3.2.IV delle NTC).

Nel caso in esame essendo la velocità media di propagazione delle onde di taglio nei primi 30 m ( $V_{s,30}$ ) pari a **192 m/s**, si può assumere un terreno appartenente alla **categoria di suolo C**. La categoria di sottosuolo è un parametro necessario per definire il coefficiente di amplificazione stratigrafica Ss.

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

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

Tabella 13: Categorie di sottosuolo

### 8.1.2 Condizioni Topografiche

Nella NTC la condizione topografica di un sito è definita mediante l'attribuzione ad esso di una categoria topografica.

Le categorie sono definite sulla base delle caratteristiche semplificate della superficie topografica (pendenza media e morfologia) e della posizione del sito (base, sommità, ecc), rispetto a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali (creste o dorsali allungate).

Le NTC assegnano a ciascuna categoria un coefficiente di amplificazione topografica (St) riportato in tabella 14 (cfr. Tab. 3.2.III delle NTC).

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 43 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

Il coefficiente  $S_t$  unito al coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$ , permette di calcolare del valore di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo (PGA).

| CATEGORIA      | CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA                                                                    |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| T <sub>1</sub> | Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$                        |
| T <sub>2</sub> | Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$                                                                      |
| T <sub>3</sub> | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ |
| T <sub>4</sub> | Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $> 30^\circ$                    |

Tabella 14: Categorie topografiche

La superficie topografica del sito in esame si presenta pianeggiante e pertanto si considera una categoria topografica **T1**.

## 8.2 Parametri sismici dell'area

I parametri sismici dell'area sono stati calcolati tenendo conto delle indicazioni delle NTC 2018 e dell'opera oggetto di studio.

Si riportano di seguito gli elementi utilizzati per il calcolo degli spettri di risposta del sito.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Coordinate geografiche:</b><br><br><i>Lat. 44.774926</i><br><i>Long. 11.505543</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Classe d'uso:</b> <i>IV</i> Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica. |
| <b>Vita nominale:</b> 100 [anni]                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Tipo di interpolazione:</b> Media ponderata                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 44 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

**Siti di riferimento:**

Sito 1ID: 15622Lat: 44,7674Lon: 11,4492Distanza: 4727,238

Sito 2ID: 15623Lat: 44,7686Lon: 11,5195Distanza: 1333,825

Sito 3ID: 15401Lat: 44,8186Lon: 11,5178Distanza: 4690,810

Sito 4ID: 15400Lat: 44,8174Lon: 11,4474Distanza: 6526,389

|                                                                                                                                               |                                                                                                                                          |                                                                                                                       |                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Parametri sismici</b><br>Categoria sottosuolo: C<br>Categoria topografica: T1<br>Periodo di riferimento:<br>200 anni<br>Coefficiente cu: 2 | <b>Operatività (SLO):</b><br>Probabilità di superamento: 81 %<br>Tr: 120[anni]<br>ag: 0,082 g<br>Fo: 2,573<br>Tc*: 0,266[s]              | <b>Danno (SLD):</b><br>Probabilità di superamento: 63 %<br>Tr: 201[anni]<br>ag: 0,105 g<br>Fo: 2,577<br>Tc*: 0,270[s] |                                                                                                            |
| <b>Salvaguardia della vita (SLV):</b><br>Probabilità di superamento: 10 %<br>Tr: 1898[anni]<br>ag: 0,263 g<br>Fo: 2,466<br>Tc*: 0,288[s]      | <b>Prevenzione dal collasso (SLC):</b><br>Probabilità di superamento: 5 %<br>Tr: 2475[anni]<br>ag: 0,292 g<br>Fo: 2,438<br>Tc*: 0,292[s] | <b>Coefficienti Sismici</b>                                                                                           |                                                                                                            |
|                                                                                                                                               |                                                                                                                                          | <b>SLO:</b><br>Ss: 1,500<br>Cc: 1,630<br>St: 1,000<br>Kh: 0,000<br>Kv: 0,000<br>Amax: 1,200<br>Beta: 0,000            | <b>SLD:</b><br>Ss: 1,500<br>Cc: 1,620<br>St: 1,000<br>Kh: 0,074<br>Kv: 0,037<br>Amax: 1,540<br>Beta: 0,470 |
|                                                                                                                                               |                                                                                                                                          | <b>SLV:</b><br>Ss: 1,310<br>Cc: 1,580<br>St: 1,000<br>Kh: 0,131<br>Kv: 0,066<br>Amax: 3,384<br>Beta: 0,380            | <b>SLC:</b><br>Ss: 1,270<br>Cc: 1,580<br>St: 1,000<br>Kh: 0,000<br>Kv: 0,000<br>Amax: 3,633<br>Beta: 0,000 |



PROGETTISTA



COMMESSA  
NC/22011

UNITA'  
200

LOCALITA'

POGGIO RENATICO (FE)

CI-E-10210

PROGETTO / IMPIANTO

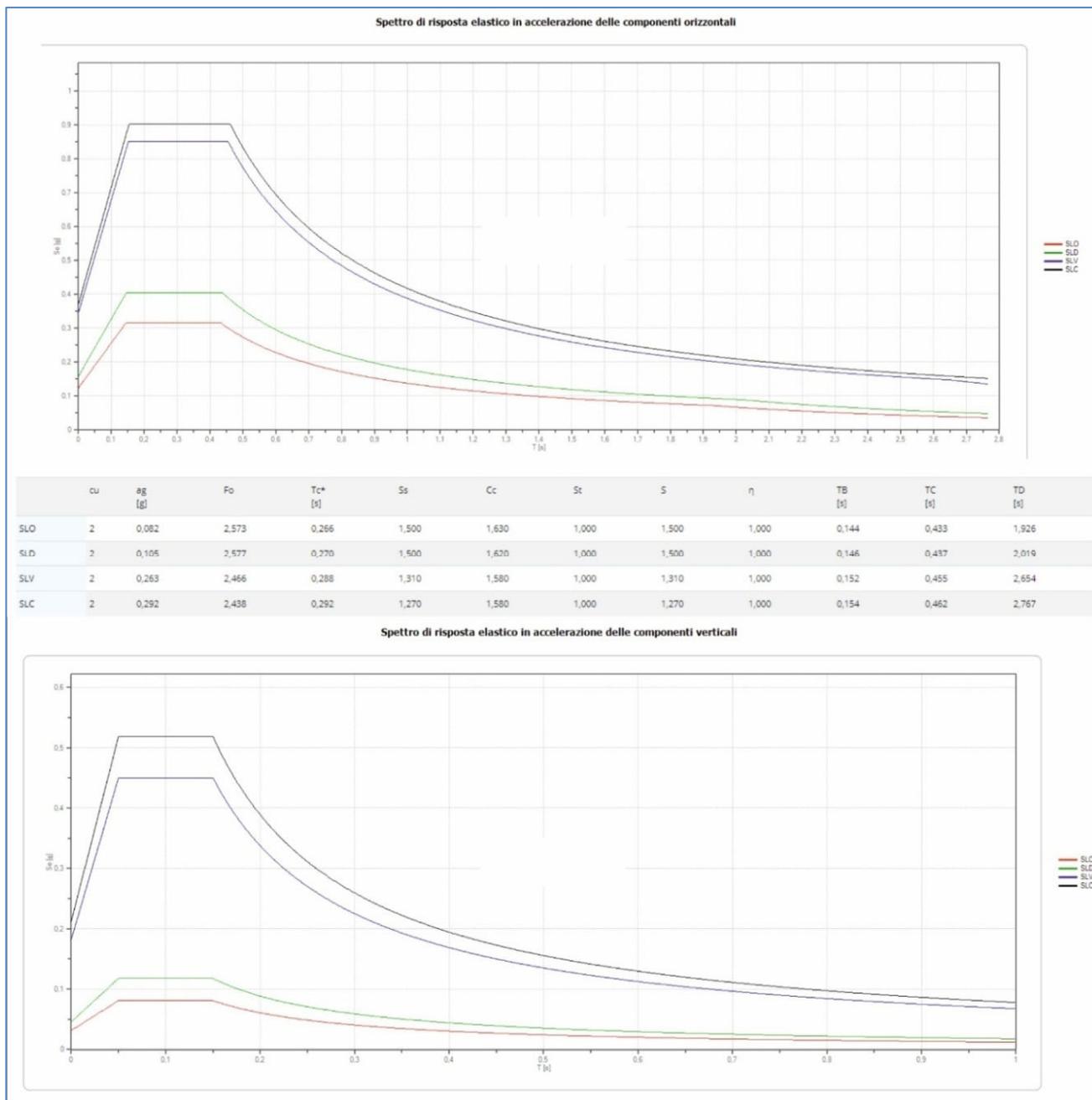
ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE  
DI POGGIO RENATICO

Fg. 45 di 50

Rev.  
3

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

### OUTPUT SINTESI PARAMETRICA E SPETTRI DI RISPOSTA PER GLI STATI LIMITE



|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 46 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

## 9. MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

In riferimento ai risultati ottenuti dalle indagini eseguite, viene di seguito proposto un modello geologico del sottosuolo attraverso la schematizzazione in orizzonti stratigrafici dei terreni investigati.

Trattandosi di terreni provenienti dall'accumulo gravitativo di materiale alluvionale, messi in posto con fasi energetiche di apporto idrico variabile nel tempo, i contatti stratigrafici non sono netti e marcati. Il sottosuolo è costituito da cicli deposizionali di diverso ordine gerarchico. I cicli riconoscibili con maggiore chiarezza hanno spessore di varie decine di metri e risultano generalmente organizzati verticalmente in sequenze con evoluzione di tipo trasgressivo e regressivo. Gli orizzonti hanno un andamento lentiforme con interdigitazione laterale e con strati che perdono spessore e continuità lateralmente.

E' il caso dell'orizzonte di argilla organica umida e plastica con livelli di torba, che viene intercettato nei sondaggi S2 e S3 alla profondità di 4,00 metri dal p.c., confermato dalle prove SCPTU 2 e SCPTU 3, mentre non viene riscontrato nel sondaggio S1 e SCPTU 1. Evidentemente si tratta di un orizzonte lentiforme il cui deposito è ben rappresentato nel settore meridionale dell'area investigata.

In Figura 18 viene proposta la schematizzazione della sezione stratigrafica locale emersa dalla lettura dei logs dei sondaggi geognostici.

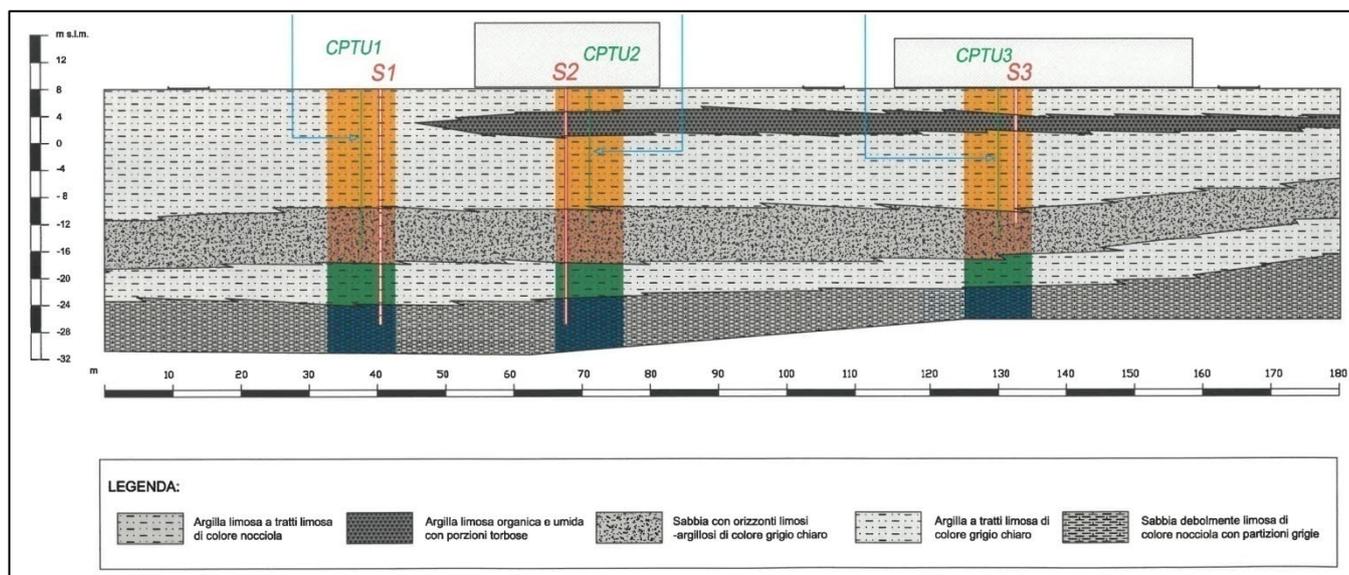


Figura 18: Sezione stratigrafica Centrale Poggio Renatico (*allineamento direzione nord-sud*)

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 47 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

La lettura dei logs stratigrafici e penetrometrici permette di ricostruire 4 orizzonti geostratigrafici descritti a partire dal livello più superficiale. In tabella 15 è riportata la sintesi descrittiva del modello geologico unitamente al range dei parametri fisici e meccanici dei terreni

| ORIZZONTE | SPESSORE (m) | DESCRIZIONE LITOLOGICA                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                       |
|-----------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1         | 17,00        | Argilla limosa di colore nocciola con venature grigie, con intervalli decimetrici plastici. Presenza nel settore meridionale dell'area investigata, alla profondità di 4,00 m. p.c., di orizzonte lentiforme di argilla organica a tratti torbosa (spessore medio 3,50 m.). Livello falda acquifera – 1,80 m piano campagna. | $\gamma =$ da 19,3 a 20,0 kN/m <sup>3</sup><br>$c' =$ da 12 a 40 kPa<br>$\phi' =$ da 18° a 23°<br>$c_u =$ da 83 a 92 (kPa)                                                                                            |
| 2         | 8,00         | Sabbia media debolmente limosa di colore grigio con livelli di limo argilloso dello stesso colore.                                                                                                                                                                                                                           | $\gamma =$ 17,45-17,48 kN/m <sup>3</sup><br>$c' =$ da 36 kPa (liv. argillosi)<br>a 0,0° kPa (liv. sabbiosi)<br>$\phi' =$ da 21° (livelli argillosi)<br>a 33° (livelli sabbiosi)<br>$c_u =$ 81 kPa (livelli argillosi) |
| 3         | 5,50         | Argilla a tratti limosa di colore grigio chiaro con inclusioni carbonatiche                                                                                                                                                                                                                                                  | $\gamma =$ da 19,02 a 20,20 KN/m <sup>3</sup><br>$c' =$ 36 KPa<br>$\phi' =$ 23°                                                                                                                                       |
| 4         | --           | Sabbia media, limosa argillosa di colore nocciola a grigio chiaro                                                                                                                                                                                                                                                            | $\gamma =$ 20 KN/m <sup>3</sup><br>$c' =$ 0,0 KPa<br>$\phi' =$ 33°                                                                                                                                                    |

Tabella 15: Modello geologico

## 10. MODELLO GEOTECNICO

I risultati emersi dalle indagini evidenziano terreni alluvionali a grana fine normal consolidati o poco consolidati. Trattandosi di terreni geologicamente giovani, i cui depositi colluviali si sono generati con apporti idrici ad andamento energetico variabile nel tempo, non si registrano grossi variazioni di resistenze meccaniche lungo le verticali investigate. Si registra invece un miglioramento delle resistenze al taglio nella porzione superficiale a contatto con la superficie di campagna. L'orizzonte superficiale è soggetto a fenomeni di pre-consolidazione dovuti all'evaporazione delle acque nei periodi stagionali più caldi che creano una "crosta" con parziale addensamento dei terreni. Tale fenomeno viene confermato dai risultati forniti dalle prove CPTU. Nell'orizzonte superficiale (spessore medio 3 m) i valori di

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 48 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

coesione non drenata ( $c_u$ ), il modulo di deformazione a taglio ( $G$ ) e il grado di sovraconsolidazione (OCR) risultano più alti rispetto ai valori riscontrati negli orizzonti più profondi.

Anche i valori ricavati dalle prove di laboratorio, mostrano valori geotecnici meglio performanti in superficie, mentre in profondità si mantengono costanti. Ciò detto, viene qui di seguito riportato uno schema degli orizzonti geotecnici individuati con i valori dei principali parametri riscontrati.

| Orizzonte n. | Tipologia di terreno                        | Profondità (m da p.c.) | $\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | $c'$ (kPa)                                      | $\phi'$ (°)                                    | $c_u$ (kPa)           |
|--------------|---------------------------------------------|------------------------|-------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------|
| 1            | crosta superficiale                         | da 0.00 a 3.00         | 18.6                          | 30                                              | 20                                             | 78                    |
| 2            | Argille limose a debolmente limose          | da 3.00 a 20.00        | 19.5                          | 20                                              | 21                                             | 86                    |
| 3            | Sabbia fine con orizzonti di limo argilloso | da 20.00 a 25.00       | 18                            | livelli sabbiosi : 0,0<br>livelli argillosi: 36 | livelli sabbiosi : 33<br>livelli argillosi: 21 | livelli argillosi: 80 |
| 4            | Argille limose a debolmente limose          | da 25.0 a 30.0         | 20                            | 36                                              | 23                                             | --                    |
| 5            | sabbia debolmente limosa                    | oltre 30               | 20                            | 0,0                                             | 33                                             | --                    |

Tabella 15: Modello geotecnico

I valori geotecnici sopra tabellati sono stati ricavati dall'interpretazione delle prove di laboratorio e dalle indagini condotte in sito.

|                                                                                   |                                                                                                     |                             |                      |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200 |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                            | <b>CI-E-10210</b>           |                      |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO            | Fg. 49 di 50                | <b>Rev.</b><br>3     |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

## 11. CONCLUSIONI

La presente relazione ha come finalità la definizione di dettaglio dei lineamenti geologici, geomorfologici, geotecnici e sismici dell'area della centrale SNAM di Poggio Renatico (FE).

Il sito risulta ubicato nel settore settentrionale dell'abitato di Poggio Renatico ed è caratterizzato da una spianata morfologica ad andamento pianeggiante con quota topografica media di circa 10 m s.l.m..

Le unità geologiche affioranti nel territorio comunale di Poggio Renatico sono esclusivamente di ambiente continentale e depositi di piana alluvionale. Si distinguono in:

- **Alternanze di sabbie e limi di argine, canale e rotta fluviale** (Olocene), costituite da alternanze di sabbie fini e finissime, spesso limose, in strati da sottili a spessi, e limi sabbiosi/argillosi, in strati da molto sottili a medi;
- **Argille e limi di piana inondabile** (Olocene), costituite da argille e limi in strati medi e spessi con rare intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose in strati da sottili a medi. Presenti anche livelli di argille e limi ricchi in sostanza organica.

Dalle informazioni ottenute tramite osservazioni in situ, dalla consultazione di dati di letteratura e dall'esecuzione di indagini geognostiche, prove geotecniche in situ ed in laboratorio e da indagini geofisiche è stato possibile delineare le caratteristiche geologiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dell'area in studio.

Grazie all'esecuzione dei sondaggi geognostici e prove penetrometriche CPTU e alle prospezioni geofisiche è stata ricostruita la successione litostratigrafica del sito in esame proponendo un modello geologico descritto nel paragrafo "9.0. Modello Geologico".

Dal punto di vista idrogeologico, la natura dei terreni presenti nel sottosuolo delineano la presenza di un importante acquifero. Nell'area in esame la soggiacenza media della falda freatica risulta alla profondità di circa 1,80 m dal p.c.

Il contesto litologico stratigrafico e la parametrizzazione geotecnica suggeriscono la possibilità di utilizzare soluzioni di fondazioni profonde.

|                                                                                   |                                                                                                        |                             |                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b><br> | <b>COMMESSA</b><br>NC/22011 | <b>UNITA'</b><br>200    |
|                                                                                   | <b>LOCALITA'</b><br>POGGIO RENATICO (FE)                                                               | <b>CI-E-10210</b>           |                         |
|                                                                                   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>ADEGUAMENTO CENTRALE DI COMPRESSIONE<br>DI POGGIO RENATICO               | Fg. 50 di 50                | <b>Rev.</b><br><b>3</b> |

Rif. TPIDL: 201280C001-200-RT-1411-10210

## 12. ANNESSI

Annesso 1: Ubicazione delle indagini

Annesso 2: Stratigrafie sondaggi

Annesso 3: Prove CPTU

Annesso 4: Prove di dissipazione

Annesso 5: Prove di carico su piastra

Annesso 6: Prove geofisiche

Annesso 7: Prove di permeabilità

Annesso 8: Prove geotecniche di laboratorio

Annesso 9: Documentazione fotografica

Annesso 10: Sezione Geologica

Annesso 11: Risposta sismica locale Rev.02

Annesso 12: Verifica a liquefazione Rev.02