

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:



MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. Paolo Cucino

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI TRENTO
Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche
Dott. Ing. Paolo Cucino
ISCRIZIONE ALBO N° 2216

PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA"

RELAZIONE

Depositi definitivi A - FORCH
Relazione Geotecnica

| | | |
|---|--|--------|
| APPALTATORE | | SCALA: |
| IL DIRETTORE TECNICO Ing. Pietro Gianvecchio | | - |

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV.

I B O U 1 B E Z Z C L R I O 3 1 0 0 0 4 B

| Rev. | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato Data |
|------|--|----------------|------------|------------|------------|----------------------------|------------|--|
| A | Emissione | M. Ingianni | 17/01/2022 | A. Valente | 17/01/2022 | D. Buttafoco (Dolomiti) | 17/01/2022 | IL PROGETTISTA A. Rollè 15/12/2022 |
| B | Emissione a seguito di indicazioni Committenza | L. Di Vittorio | 01/12/2022 | P. Fontana | 02/12/2022 | D. Buttafoco (Dolomiti) | 05/12/2022 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |


File: IB0U1BEZZCLRI031004B.docx

n. Elab.:

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 1 di 42 |

Sommario

| | |
|--|-----------|
| 1. PREMESSA | 2 |
| 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO | 4 |
| 3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO | 5 |
| 4. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA | 6 |
| 5. CENNI DI GEOLOGIA | 7 |
| 6. INDAGINI GEOGNOSTICHE | 9 |
| 6.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI E VALORI DI SPT | 13 |
| 6.2 INDAGINI SISMICHE | 18 |
| 6.3 PROVE DI PERMEABILITA' | 20 |
| 6.4 PROVE DI LABORATORIO | 21 |
| 7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI | 25 |
| 7.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI DI RIEMPIMENTO | 28 |
| 7.2 STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO | 31 |
| 7.3 PARAMETRI DI PROGETTO | 32 |
| 7.4 FALDA | 33 |
| 8. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO | 34 |
| 8.1 VITA NOMINALE, COEFFICIENTE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO | 34 |
| 8.2 ACCELERAZIONE DI RIFERIMENTO SU SUOLO RIGIDO | 34 |
| 8.3 RISPOSTA SISMICA LOCALE | 36 |
| 8.3.1 Azione sismica equivalente | 38 |
| 9. LIQUEFAZIONE | 1 |


| | | | | | | |
|--|---|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 2 di 42 |

1. PREMESSA

Il progetto in esame riguarda l'asse ferroviario Monaco – Verona, accesso sud alla galleria di base del Brennero ed in particolare il quadruplicamento della linea Fortezza – Verona, Lotto 1: Fortezza – Ponte Gardena.

Nell'ambito di tale progetto si prevede anche la sistemazione dei depositi comunemente indicati come depositi in Val Riga. Tali depositi sono: deposito di Forch I e Forch II, deposito Plattner e deposito di Hinterrigger. Per il deposito di Forch I e II si prevede uno sfruttamento nella prima fase del progetto per cavare il materiale utile alle lavorazioni e in seconda fase si prevede il ripristino e la sistemazione dell'area mediante un rinterro per recuperare la quota topografica; nel deposito di Hinterrigger si prevede l'abbancamento al di sopra di un precedente abbancamento realizzato da BBT; per tutti gli altri depositi si prevede un abbancamento direttamente sulla attuale superficie topografica previo uno scotico di 50cm, i primi 30cm di terreno vegetale proveniente dalle operazioni di scotico verrà utilizzato per ricoprire al termine dei lavori l'abbancamento stesso.

In particolare la presente relazione riguarda le valutazioni di carattere geotecnico su cui si sono basati il dimensionamento degli interventi e le verifiche geotecniche effettuate ai sensi della normativa vigente in materia e riportate nello specifico documento (Doc. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

| <p>APPALTATORE:</p>  | <p>PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA “FORTEZZA – PONTE GARDENA” PROGETTO ESECUTIVO</p> | | | | | | | | | | | | |
|---|--|----------|-----------|----------|-----------|------|---------|------|-------|----|-----------|---|---------|
| <p>PROGETTAZIONE:</p> <p><u>Mandataria:</u> <u>Mandanti:</u></p> <p>SWS Engineering S.p.A. PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria</p> | | | | | | | | | | | | | |
| <p>Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica</p> | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IBOU</td> <td>1AEZZ</td> <td>CL</td> <td>RI0310004</td> <td>A</td> <td>3 di 42</td> </tr> </tbody> </table> | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. | IBOU | 1AEZZ | CL | RI0310004 | A | 3 di 42 |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. | | | | | | | | |
| IBOU | 1AEZZ | CL | RI0310004 | A | 3 di 42 | | | | | | | | |

Scopo del documento è descrivere le valutazioni di carattere geotecnico su cui si sono basati il dimensionamento degli interventi e le verifiche geotecniche effettuate ai sensi della normativa vigente in materia..

Il documento è così articolato:

- Il Cap. 2 e 3 elencano i documenti, le normative di riferimento;
- Il Cap. 4 sintetizza la localizzazione geografica dell’opera;
- Il Cap. 5 riporta un inquadramento geologico dell’area;
- Il Cap. 6 riporta le indagini geognostiche effettuate sull’area;
- Il Cap. 7 è dedicato alla caratterizzazione geotecnica delle principali formazioni stratigrafiche presenti;
- Il Cap. 8 definisce l’azione sismica di progetto;
- Il Cap. 9 riguarda il rischio di liquefazione.

| | | | | | | |
|--|---|----------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA “FORTEZZA – PONTE GARDENA” | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 4 di 42 |

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO


Si riportano nel seguito le leggi ed i regolamenti cui si è fatto riferimento nella progettazione delle opere trattate in questa relazione:

- Rif. [1] Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- Rif. [2] Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l’applicazione delle “Nuove norme tecniche per lecostruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008.
- Rif. [3] UNI EN 1997-1: Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- Rif. [4] UNI EN 1998-5: Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 5:Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.

| | | | | | | |
|--|--|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 5 di 42 |

3. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

- Rif. [5] Tratta Fortezza-Ponte Gardena - Lotto 1 - Progetto Definitivo di dettaglio - Geotecnica dei tratti all'aperto – Relazione geotecnica dei tratti all'aperto - IBL110D11RBGE0005001;
- Rif. [6] Tratta Fortezza-Ponte Gardena - Lotto 1 - Progetto Esecutivo - Depositi definitivi A – Forch - Sezione geotecniche - IB0U1BEZZWZRI0310002B;
- Rif. [7] Tratta Fortezza-Ponte Gardena - Lotto 1 - Progetto Esecutivo - Depositi definitivi A - Forch - Relazione tecnico-descrittiva - IB0U1BEZZCLRIO310001B;
- Rif. [8] Tratta Fortezza-Ponte Gardena - Lotto 1 - Progetto Esecutivo - Depositi definitivi A – Forch – Relazione geotecnica –IB0U1BEZZCLRIO310004B;
- Rif. [9] Tratta Fortezza-Ponte Gardena - Lotto 1 - Progetto Esecutivo - Depositi definitivi A – Forch – Relazione di rispondenza tecnico-funzionale del PE, comparativa con PD e di ottemperanza alle prescrizioni – IB0U1BEZZRHRI0310001B;
- Rif. [10]Tratta Fortezza-Ponte Gardena - Lotto 1 - Progetto Esecutivo - Depositi definitivi A – Forch – Particolari e dettagli realizzativi – IB0U1BEZZBBRI0310004B;
- Rif. [11]Tratta Fortezza-Ponte Gardena - Lotto 1 - Progetto Esecutivo - Depositi definitivi A – Forch – Relazione idraulica – IB0U1BEZZCLRIO310003B;
- Rif. [12]Tratta Fortezza-Ponte Gardena - Lotto 1 - Progetto Esecutivo - Depositi definitivi A – Forch – Planimetria di progetto fase 1 – Forch I - IB0U1BEZZP7RI0310004A;
- Rif. [13]Tratta Fortezza-Ponte Gardena - Lotto 1 - Progetto Esecutivo - Depositi definitivi A – Forch – Planimetria di progetto fase 2 – Forch II - IB0U1BEZZP7RI0310005A;
- Rif. [14]Tratta Fortezza-Ponte Gardena - Lotto 1 - Progetto Esecutivo - Depositi definitivi A – Forch – Planimetria di progetto fase finale – Forch I - IB0U1BEZZP7RI0310002B;
- Rif. [15]Tratta Fortezza-Ponte Gardena - Lotto 1 - Progetto Esecutivo - Depositi definitivi A – Forch – Planimetria di progetto fase finale – Forch II - IB0U1BEZZP7RI0310006A;
- Rif. [16]Tratta Fortezza-Ponte Gardena - Lotto 1 - Progetto Esecutivo - Depositi definitivi A – Forch – Planimetria stato di fatto - IB0U1BEZZL7RI0310001B;
- Rif. [17]Tratta Fortezza-Ponte Gardena - Lotto 1 - Progetto Esecutivo - Depositi definitivi A – Forch – Sezioni trasversali fase 1 – Forch I - IB0U1BEZZWARI0310002A;
- Rif. [18]Tratta Fortezza-Ponte Gardena - Lotto 1 - Progetto Esecutivo - Depositi definitivi A – Forch– Sezioni trasversali fase finale – IB0U1BEZZWARI0310001B;
- Rif. [19]Tratta Fortezza-Ponte Gardena - Lotto 1 - Progetto Esecutivo - Depositi definitivi A – Forch – Planimetria sistema drenante superficiale – fase finale – IB0U1BEZZP7RI0310003B;

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 6 di 42 |

4. LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area oggetto di studio ricade a nord dell'abitato di Varna all'interno dell'omonimo comune, Provincia di Bolzano, in destra idrografica del Fiume Isarco (Figura 4-1).



Figura 4-1: Ubicazione dell'area di studio

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 7 di 42 |

5. CENNI DI GEOLOGIA

L'area di interesse si colloca in uno dei settori più complessi delle Alpi orientali, in prossimità della linea Insubrica, noto sistema di faglie che separa le unità Europa vergenti da quelle Africa vergenti. L'area rilevata si sviluppa a sud di tale lineamento, nel dominio Sudalpino o delle Alpi Meridionali, caratterizzato da un basamento ercinico e da successioni vulcaniche e sedimentarie di età permo-mesozoica (Figura 5-1).

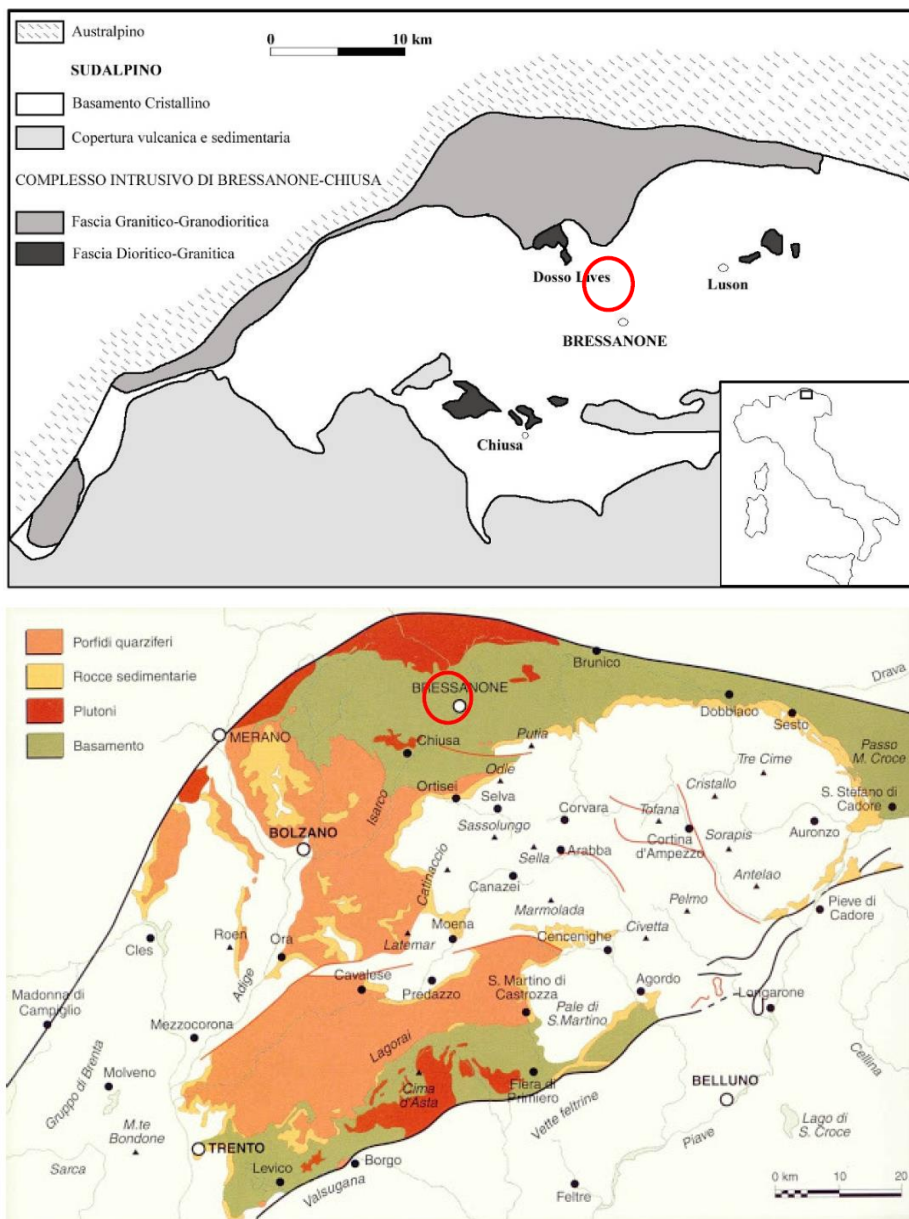


Figura 5-1: Inquadramento geologico semplificato dell'area indagata (a - da Rottura et alii, 1998; b - da Bosellini, 1989).

Il substrato roccioso, costituito dal basamento cristallino del sudalpino, è spesso coperto dai depositi quaternari (Pleistocene Sup. - Olocene) che schematicamente si possono raggruppare in: depositi colluviali nei tratti di fondovalle delle aste vallive principali (Val Isarco) e alla base dei versanti affacciati su queste valli, depositi alluvionali, depositi

| | | | | | | |
|---|---|--|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| Mandataria: | Mandanti: | | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 9 di 42 |

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Le indagini in sito utilizzate nella caratterizzazione litostratigrafica e impiegate per la ricostruzioni delle sezioni geotecniche sono situate non solo strettamente nell'area in oggetto ma anche nelle zone circostanti. Esse sono costituite da una campagna svolta nel 2017-2018. Nell'ambito della campagna di indagini sono stati eseguiti 7 sondaggi di lunghezza compresa tra 24 e 60 m con prelievo di campioni rimaneggiati, che successivamente sono stati inviati in laboratorio per prove geotecniche. Sono stati considerati in aggiunta 3 sondaggi geognostici risultanti della campagna di indagini condotta nell'anno 2012. Inoltre sono state condotte le seguenti operazioni:

- prove penetrometriche dinamiche SPT in foro;
- prove di permeabilità Lefranc in foro;
- prove pressiometriche;
- prove di laboratorio di classificazione (2012);
- rilievi geostrutturali su alcuni affioramenti rocciosi rappresentativi;
- stendimenti di geofisica (sismica a rifrazione, a riflessione, geoelettrica) (2012).

Tabella 6-1: Campagna 2017-2018 e 2012, ubicazione e profondità dei sondaggi.

| Sondaggio | EST | NORD | Quota testa | Profondità raggiunta |
|-----------|---------|---------|-------------|----------------------|
| | | | [m m.s.l.] | [m] |
| EO 32 | 1701696 | 5181551 | 691 | 50 |
| EO 60 | 1701861 | 5181911 | 696 | 50 |
| EO 63 | 1701622 | 5181748 | 702 | 40 |
| EO 64 | 1701709 | 5181900 | 710 | 40 |
| EO 65 | 1701782 | 5181750 | 698 | 40 |
| EO 66 | 1701565 | 5181862 | 703 | 24 |
| EO 67 | 1701759 | 5182112 | 710 | 50 |
| C 15 | 1701467 | 5181597 | 700 | 60 |
| C 19 | 1701772 | 5181744 | 697 | 55 |
| C 20 | 1701844 | 5182111 | 704 | 55 |

| | | | | | | | |
|--|---|--|-------|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Mandataria: | Mandanti: | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | IBOU | 1AEZZ | CL | RI0310004 | A | 10 di 42 |
| Depositi definitivi A - FORCH | | | | | | | |
| Relazione Geotecnica | | | | | | | |

Tabella 6-2: Campagna 2017-2017 e 2012, sintesi delle indagini sui sondaggi.


| Sondaggio | Prove in foro | | | Piezometro | Prelievo campioni |
|-----------|---------------|-----------------|---------|-------------------|-------------------|
| | SPT | Pressiometriche | Lefranc | | |
| EO 32 | X | X | X | Piezometro Norton | X |
| EO 60 | X | - | X | Piezometro Norton | X |
| EO 63 | X | - | X | Piezometro Norton | X |
| EO 64 | X | - | X | Piezometro Norton | X |
| EO 65 | X | - | X | Piezometro Norton | X |

| Sondaggio | Prove in foro | | | Piezometro | Prelievo campioni |
|-----------|---------------|-----------------|---------|-------------------|-------------------|
| | SPT | Pressiometriche | Lefranc | | |
| EO 66 | X | - | X | Piezometro Norton | X |
| EO 67 | X | - | X | Piezometro Norton | X |
| C 15 | X | X | X | Piezometro Norton | X |
| C19 | X | X | X | Piezometro Norton | - |
| C 20 | X | X | X | Piezometro Norton | X |

| | | | | | | |
|--|---|--|-------|----------|-----------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| Mandataria: | Mandanti: | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. |
| SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | IBOU | 1AEZZ | CL | RI0310004 | A |
| Depositi definitivi A - FORCH | | | | | | FOGLIO. |
| Relazione Geotecnica | | | | | | 11 di 42 |

Tabella 6-3: Campagna 2012, sintesi dei campioni per le prove di laboratorio.

| Sondaggio | Campione | Profondità superiore | Profondità inferiore |
|-----------|----------|----------------------|----------------------|
| - | - | m | m |
| C15 | RIM1 | 4.00 | 4.50 |
| C15 | RIM2 | 11.50 | 12.00 |
| C15 | SPT4+CR | 16.00 | 16.50 |
| C15 | SPT5 | 18.60 | 19.05 |
| C15 | RIM3 | 22.00 | 22.50 |
| C15 | SPT6 | 24.00 | 24.45 |
| C15 | SPT7 | 27.00 | 27.50 |
| C15 | RIM4 | 35.00 | 35.50 |
| C20 | RIM4 | 5.00 | 5.50 |
| C20 | SPT3+RIM | 15.50 | 16.00 |
| C20 | SPT4 | 18.00 | 18.24 |
| C20 | SPT5+RIM | 21.00 | 21.50 |
| C20 | SPT7+RIM | 27.00 | 27.50 |
| C20 | SPT8 | 30.00 | 30.45 |
| C20 | SPT9+RIM | 32.40 | 33.00 |
| C20 | SPT10 | 36.00 | 36.45 |
| C20 | RIM1 | 38.00 | 38.50 |
| C20 | SPT11 | 39.00 | 39.45 |
| C20 | SPT12 | 43.00 | 43.45 |
| C20 | RIM2 | 43.50 | 44.00 |
| C20 | SPT13 | 45.00 | 45.45 |
| C20 | SPT14 | 48.00 | 48.11 |
| C20 | SPT15 | 51.00 | 51.24 |
| C20 | RIM3 | 53.50 | 54.00 |

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 12 di 42 |

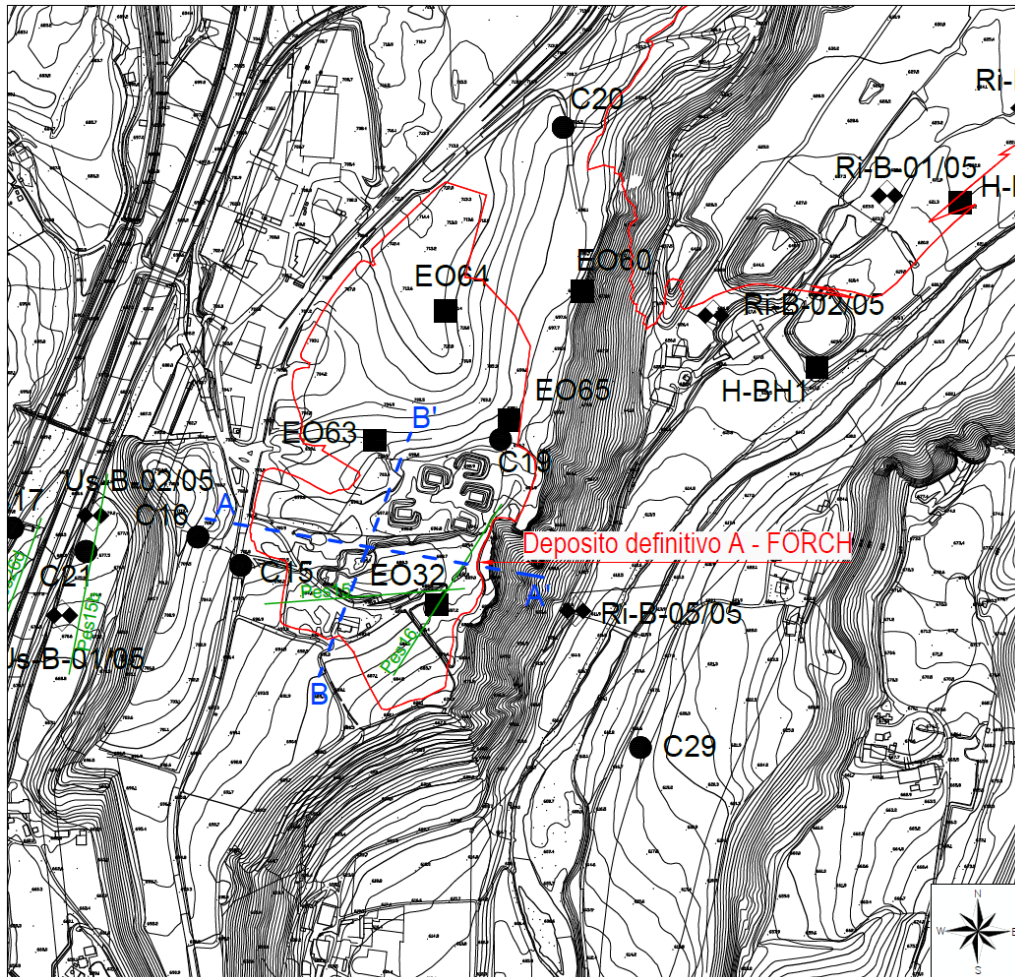


Figura 6-1: Planimetria dell'area con ubicazione delle indagini.

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 13 di 42 |


6.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI E VALORI DI SPT

La stratigrafia di tutti i sondaggi evidenzia un primo strato di blocchi e ghiaie in matrice sabbiosa e un sottostante strato di limi sabbiosi e sabbie limose, con locali lenti di blocchi e ghiaia in matrice sabbiosa.

Si riporta la stratigrafia dei sondaggi con le indicazioni delle SPT:

Tabella 6-4: Valori di N_{spt} per i sondaggi C15, C19, C20, EO 32, EO 60, EO 63, EO 64, EO 65, EO 66, EO 67.


| Sondaggio | Unità | Depth | N_{SPT} |
|-----------|-------|-------|--------------|
| - | - | [m] | [blows/foot] |
| C20 | 3 | 3.00 | 33 |
| C20 | 3 | 6.00 | 100 |
| C20 | 3 | 18.00 | 100 |
| C20 | 3 | 21.00 | 93 |
| C20 | 3 | 24.00 | 53 |
| C20 | 2 | 27.00 | 100 |
| C20 | 2 | 30.00 | 94 |
| C20 | 2 | 32.40 | 98 |
| C20 | 2 | 36.00 | 100 |
| C20 | 2 | 39.00 | 71 |
| C20 | 2 | 43.00 | 98 |
| C20 | 3 | 48.00 | 100 |
| C20 | 2 | 51.00 | 100 |
| C15 | 3 | 3.00 | 100 |
| C15 | 3 | 7.50 | 39 |
| C15 | 3 | 11.00 | 35 |
| C15 | 3 | 16.00 | 74 |
| C15 | 3 | 18.60 | 55 |
| C15 | 2 | 24.00 | 56 |

| | | | | | | |
|--|---|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: <u>SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria</u> Mandanti: <u>PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST</u> | | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 14 di 42 |

| | | | |
|------|---|-------|-----|
| C15 | 2 | 27.00 | 68 |
| C15 | 2 | 31.50 | 72 |
| C15 | 2 | 37.50 | 46 |
| C15 | 2 | 40.50 | 76 |
| C19 | 3 | 3.00 | 100 |
| C19 | 3 | 6.70 | 100 |
| C19 | 3 | 12.00 | 100 |
| C19 | 3 | 15.00 | 77 |
| C19 | 3 | 18.50 | 100 |
| C19 | 2 | 21.10 | 54 |
| C19 | 2 | 24.00 | 99 |
| C19 | 2 | 27.00 | 100 |
| C19 | 2 | 30.00 | 96 |
| C19 | 2 | 33.00 | 100 |
| C19 | 2 | 36.00 | 100 |
| C19 | 2 | 39.00 | 100 |
| C19 | 2 | 42.00 | 100 |
| C19 | 2 | 45.00 | 100 |
| C19 | 2 | 46.00 | 100 |
| C19 | 2 | 51.00 | 100 |
| EO32 | 3 | 4.00 | 55 |
| EO32 | 3 | 9.00 | 100 |
| EO32 | 2 | 15.00 | 34 |
| EO32 | 2 | 18.00 | 31 |
| EO32 | 2 | 22.00 | 66 |
| EO32 | 2 | 27.00 | 69 |
| EO32 | 2 | 30.00 | 77 |
| EO32 | 2 | 33.00 | 100 |
| EO32 | 2 | 36.00 | 100 |
| EO60 | 3 | 3.00 | 100 |
| EO60 | 3 | 6.00 | 100 |
| EO60 | 3 | 9.00 | 100 |
| EO60 | 3 | 14.00 | 100 |
| EO60 | 3 | 17.50 | 100 |
| EO60 | 2 | 20.60 | 100 |
| EO60 | 2 | 23.70 | 100 |
| EO60 | 2 | 29.50 | 100 |
| EO60 | 3 | 31.20 | 100 |
| EO60 | 3 | 36.50 | 100 |
| EO64 | 3 | 4.00 | 100 |
| EO64 | 3 | 6.00 | 100 |
| EO64 | 3 | 9.00 | 100 |
| EO64 | 3 | 12.00 | 100 |
| EO64 | 3 | 15.00 | 100 |

| | | | | | | |
|--|---|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: <u>SWS Engineering S.p.A.</u> M Ingegneria Mandanti: <u>PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST</u> | | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 15 di 42 |

| | | | |
|------|---|-------|-----|
| EO64 | 3 | 18.00 | 100 |
| EO64 | 3 | 21.00 | 100 |
| EO64 | 3 | 24.00 | 100 |
| EO64 | 3 | 28.00 | 100 |
| EO64 | 3 | 31.00 | 100 |
| EO64 | 2 | 34.00 | 100 |
| EO63 | 3 | 3.00 | 100 |
| EO63 | 3 | 7.50 | 100 |
| EO63 | 3 | 10.00 | 100 |
| EO63 | 3 | 13.50 | 100 |
| EO63 | 3 | 15.70 | 100 |
| EO63 | 3 | 19.20 | 100 |
| EO63 | 3 | 22.90 | 100 |
| EO63 | 3 | 25.10 | 100 |
| EO63 | 2 | 29.60 | 100 |
| EO63 | 2 | 34.10 | 100 |
| EO65 | 3 | 3.00 | 100 |
| EO65 | 3 | 6.00 | 100 |
| EO65 | 3 | 9.00 | 100 |
| EO65 | 3 | 12.00 | 100 |
| EO65 | 3 | 15.00 | 100 |
| EO65 | 3 | 19.00 | 100 |
| EO65 | 2 | 21.00 | 100 |
| EO65 | 2 | 26.00 | 100 |
| EO65 | 2 | 30.00 | 100 |
| EO66 | 3 | 3.00 | 100 |
| EO66 | 3 | 6.00 | 100 |
| EO66 | 3 | 9.00 | 100 |
| EO66 | 3 | 12.00 | 100 |
| EO66 | 3 | 15.00 | 100 |
| EO66 | 3 | 18.00 | 100 |
| EO67 | 3 | 3.00 | 48 |
| EO67 | 3 | 6.00 | 100 |
| EO67 | 3 | 9.00 | 100 |
| EO67 | 3 | 13.00 | 100 |
| EO67 | 3 | 16.00 | 100 |
| EO67 | 3 | 19.00 | 100 |
| EO67 | 3 | 22.00 | 100 |
| EO67 | 3 | 25.00 | 79 |
| EO67 | 3 | 28.00 | 100 |
| EO67 | 2 | 31.00 | 100 |
| EO67 | 3 | 35.00 | 63 |

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 16 di 42 |

Si riportano nelle immagini seguenti alcune fotografie delle cassette rappresentative dei vari il sondaggi:



Varna (BZ) - C15 - Box 3 - m 10.00 + m 15.00

Figura 6-2: Cassetta n. 3 del sondaggio C15 – blocchi e ghiaie in matrice sabbiosa.



Varna (BZ) - C15 - Box 10 - m 45.00 + 50.00

Figura 6-3: Cassetta n. 10 del sondaggio C15 – limi sabbiosi e sabbie limose.

| | | | | | | | |
|--|---|--|-------|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Mandataria: | Mandanti: | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | IBOU | 1AEZZ | CL | RI0310004 | A | 17 di 42 |
| Depositi definitivi A - FORCH | | | | | | | |
| Relazione Geotecnica | | | | | | | |



Vama: E032 – Box 1 – m 0.00 ÷ m 5.00

Figura 6-4: Cassetta n. 1 del sondaggio E032 – blocchi e ghiaie in matrice sabbiosa



Vama: E032 – Box 4 – m 15.00 ÷ m 20.00

Figura 6-5: Cassetta n. 4 del sondaggio E032 – limi sabbiosi e sabbie limose.

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 18 di 42 |

6.2 INDAGINI SISMICHE

In corrispondenza del sito in esame, è stata effettuata una tomografia sismica a rifrazione (indagine Pes 16) con lo scopo di determinare i valori della velocità media di propagazione delle onde di taglio $V_{s,30}$ entro i primi 30 metri di profondità e la categoria di sottosuolo, in accordo con quanto previsto dal 3.2.2 delle NTC 2008 "D.M.14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni".

Di seguito si riporta la planimetria delle indagini di tomografia sismica superficiale.

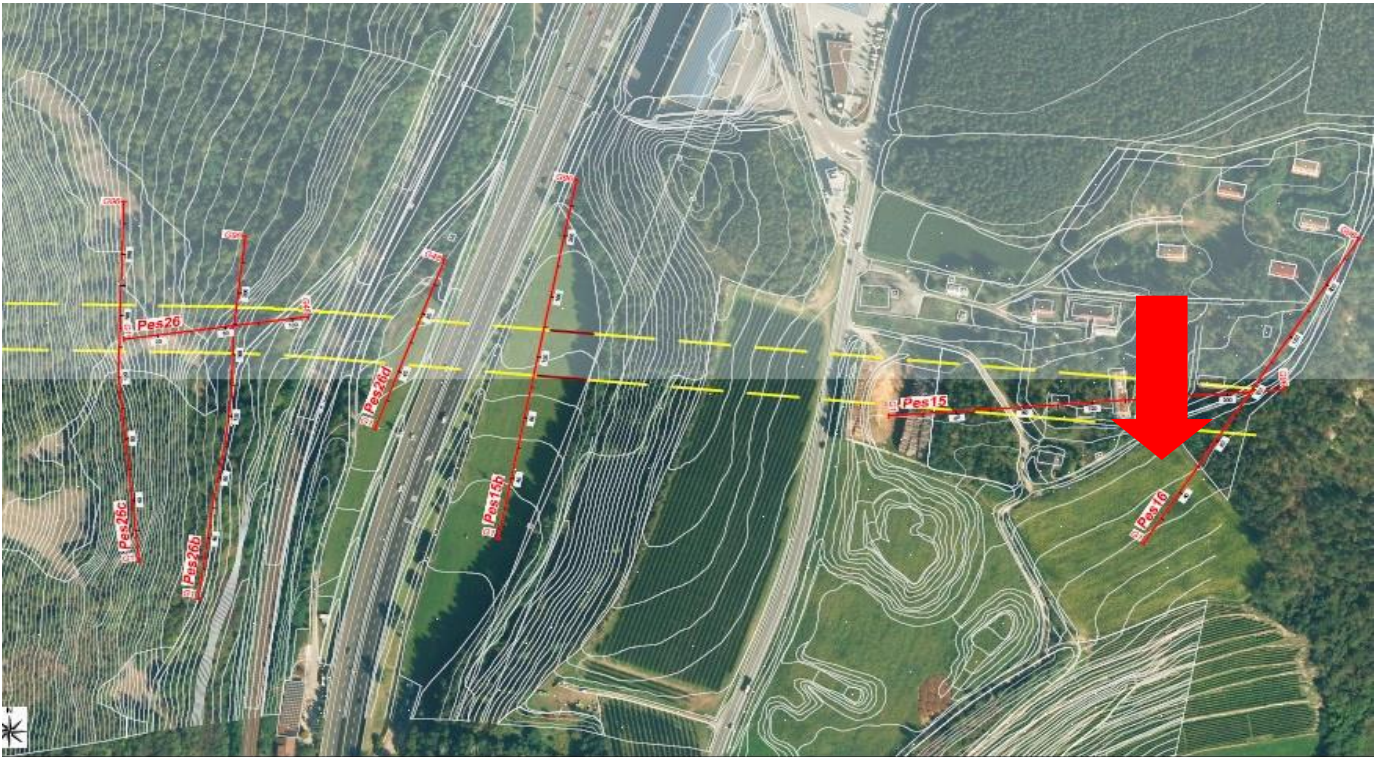



Figura 6-6: Indagini di tomografia sismica superficiale

Per l'abbandonamento di Forch, si fa riferimento all'indagine Pes 16, riportata in Figura 6-1.

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 19 di 42 |

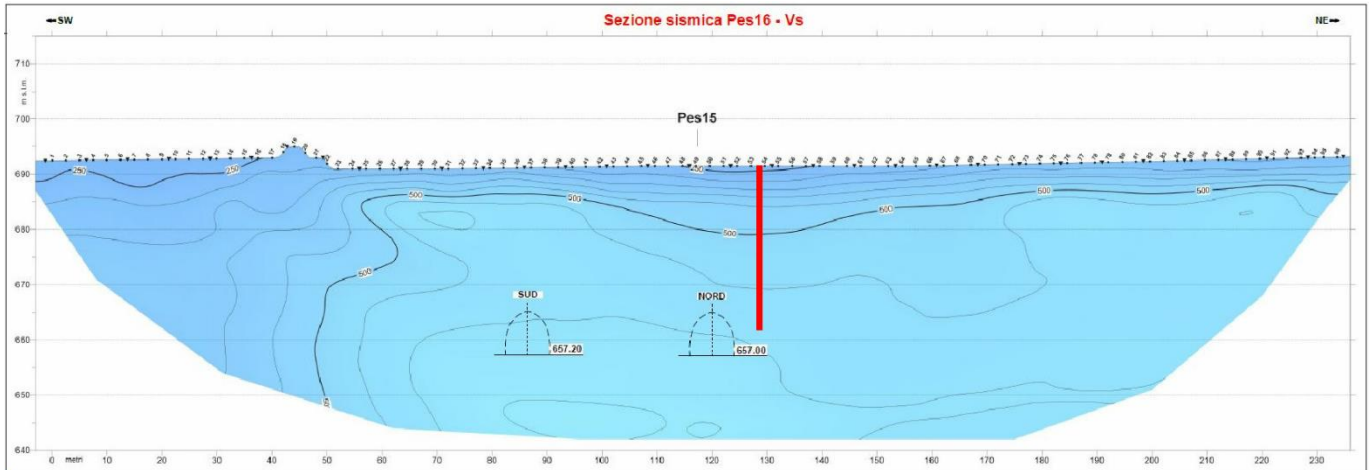


Figura 6-7: Tomografia sismica superficiale Pes 15b

Lungo la verticale marcata in rosso sono stati valutati i valori della velocità media di propagazione delle onde di taglio $V_{s,30}$ entro i primi 30 metri di profondità secondo quanto riportato dal 3.2.2 delle NTC 2008 “D.M. 14.01.2008 Norme Tecniche per le Costruzioni”:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \text{ [m/s]}. \quad (3.2.1)$$

Dove:

h_i spessore (in metri) dell’i-esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{s,i}$ velocità delle onde di taglio nell’i-esimo strato;

La tabella seguente elenca i valori della velocità media di propagazione delle onde di taglio $V_{s,30}$ ottenuti da indagine tomografica.

| Z | Spessore | Vs | Hi/Vi |
|------|----------|-----|---------|
| m | m | m/s | m/m/s |
| 0.7 | 0.7 | 250 | 0.00280 |
| 2.6 | 1.9 | 300 | 0.00633 |
| 4.1 | 1.5 | 350 | 0.00429 |
| 5.5 | 1.4 | 400 | 0.00350 |
| 7.2 | 1.7 | 450 | 0.00378 |
| 12.3 | 5.1 | 500 | 0.01020 |
| 22.3 | 10 | 550 | 0.01818 |
| 30 | 7.7 | 575 | 0.01339 |

Tabella 6-5: Valori delle onde di taglio da indagine tomografica.

| | | | | | | |
|---|---|--|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| Mandataria: | Mandanti: | | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 20 di 42 |

Somma: 0.06247

V_{s30} 480 Suolo B


La categoria di sottosuolo determinata, in base alla tabella 3.2.II delle NTC 2008, con riferimento al valore mediodelle velocità delle onde di taglio nei primi 30m, è la B.

6.3 PROVE DI PERMEABILITA'

Si riportano i risultati delle prove di permeabilità Lefranc a carico costante.

| Sondaggio | da | a | k |
|-----------|------|------|----------|
| - | m | m | m/s |
| C15 | 6.0 | 6.9 | 1.88E-05 |
| C15 | 15.0 | 16.0 | 4.37E-05 |
| C15 | 33.0 | 34.0 | 8.81E-06 |
| C15 | 45.0 | 46.0 | 2.68E-05 |
| C19 | 19.0 | 20.0 | 4.29E-05 |
| C19 | 31.5 | 32.5 | 6.79E-06 |
| C19 | 45.0 | 46.0 | 1.79E-06 |
| C20 | 15.0 | 16.0 | 2.79E-05 |
| C20 | 30.0 | 31.0 | 5.46E-06 |
| C20 | 46.0 | 47.0 | 1.85E-05 |
| EO32 | 12.0 | 12.9 | 1.38E-05 |
| EO32 | 19.5 | 20.2 | 6.60E-06 |
| EO32 | 31.0 | 31.7 | 1.26E-05 |
| EO32 | 37.5 | 38.4 | 1.74E-05 |
| EO60 | 12.0 | 13.0 | 1.09E-05 |
| EO60 | 29.7 | 31.2 | 4.88E-05 |
| EO63 | 16.5 | 17.5 | 2.12E-04 |
| EO63 | 24.0 | 25.1 | 1.49E-05 |
| EO65 | 13.3 | 14.3 | 1.35E-04 |
| EO65 | 22.2 | 23.2 | 4.21E-05 |
| EO66 | 13.3 | 14.3 | 1.80E-04 |
| EO67 | 13.4 | 14.4 | 1.09E-04 |
| EO67 | 29.0 | 30.0 | 1.08E-04 |

Tabella 6-1: risultati da prove di permeabilità Lefranc.


| | | | | | | |
|-------------------------------|--|--|----------|-----------|------|---------------------------|
| APPALTATORE: |  | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| Mandataria: | Mandanti: | SWS Engineering S.p.A. PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | | PROGETTO ESECUTIVO |
| Depositi definitivi A - FORCH | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione Geotecnica | IBOU | 1AEZZ | CL | RI0310004 | A | 21 di 42 |

6.4 PROVE DI LABORATORIO

Sono stati prelevati 26 campioni tutti indisturbati. La tabella seguente sintetizza i risultati delle prove di laboratorio:

Tabella 6-7: Risultati delle prove di laboratorio.

| COMMITTENTE: ITALFERR SPA | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--------------|-------------|--|-------------------|------------|------------------|------|------|------------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------|---------------|-------|
| CANTIERE: Tratta Fortezza - Verona sulla linea Verona Brennero | | | | | | | | | | | | | | | |
| SONDAGGIO C15 | | | | | | | | | | | | | | | |
| Identificativo campione | | | Descrizione terreno | Proprietà fisiche | | Limiti Atterberg | | | Analisi granulometrica | | | | CLASS | | |
| | | | | γ | γ_s | LL | LP | IP | Ghiala (60-2 mm) | Sabbia (2,0-0,06 mm) | Limo (0,06-0,002 mm) | Argilla (<0,002m m) | USCS | CNR UNI 10008 | |
| V.A. | Camp. | m da p.c. | | kN/m ³ | - | % | % | % | % | % | % | % | - | | |
| 1475-02 | C15 RIM 1 | 4,00-4,50 | Ghiala con sabbia limosa marrone chiaro giallastro (2,5Y 6/4) , frazione ghialosa di natura metamorfica e granitica da angolare a subangolare, prevalentemente ellissoidale. Frazione umida, non plastica. Debolmente reagente all'HCL. Rinvenuto elemento carotato non incluso nell'analisi granulometrica. | | | | N.D. | N.D. | N.P. | 46,9 | 33,7 | 19,4 | | SM | A-1-b |
| 1475-05 | C15 RIM2 | 11,50-12,00 | Sabbia con ghiala limosa marrone chiaro livastro (2,5Y 5/3) , frazione ghialosa poligenica (prevalentemente di natura metamorfica e granitica) da angolare a subangolare, prevalentemente ellissoidale. Frazione umida, non plastica. Reagente all'HCL. | | | | N.D. | N.D. | N.P. | 33,7 | 51,8 | 14,5 | | SM | A-1-b |
| 1475-06 | C15 SPT4 +CR | 16,00-16,50 | Ghiala con sabbia limosa marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/3) , frazione ghialosa poligenica (prevalentemente di natura metamorfica e granitica) da angolare a subangolare, prevalentemente ellissoidale. Frazione umida, non plastica. Reagente all'HCL. | | | | N.D. | N.D. | N.P. | 54,1 | 32,3 | 13,6 | | GM | A-1-a |
| 1475-07 | C15 SPT5 | 18,60-19,05 | Ghiala con sabbia debolmente limosa marrone (10YR 4/3) , frazione ghialosa poligenica (prevalentemente di natura metamorfica e granitica) da angolare a subangolare, prevalentemente ellissoidale. Frazione umida, non plastica. Reagente all'HCL. | | | | N.D. | N.D. | N.P. | 59,4 | 34,8 | 5,8 | | GP-GM | A-1-a |
| 1475-08 | C15 RIM3 | 22,00-22,50 | Ghiala con sabbia debolmente limosa marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/4) , frazione ghialosa prevalentemente di natura metamorfica e quarzosa subangolare, prevalentemente ellissoidale. Frazione umida, non plastica. Reagente all'HCL. | | | | N.D. | N.D. | N.P. | 66,8 | 27,4 | 5,8 | | GP-GM | A-1-a |
| 1475-09 | C15 SPT6 | 24,00-24,45 | Ghiala con sabbia debolmente limosa marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/4) , frazione ghialosa prevalentemente di natura metamorfica e granitica subangolare, prevalentemente ellissoidale. Frazione umida, non plastica. Reagente all'HCL. | | | | N.D. | N.D. | N.P. | 52,8 | 37,9 | 9,3 | | SP-SM | A-1-a |
| 1475-10 | C15 SPT7 +CR | 27,00-27,50 | Ghiala con sabbia limosa marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/4) , frazione ghialosa di natura metamorfica e granitica, prevalentemente subangolare discoidale . Frazione umida, non plastica. Reagente all'HCL. | | | | N.D. | N.D. | N.P. | 25,7 | 64,3 | 10,0 | | SP-SM | A-1-b |
| 1475-12 | C15 RIM4 | 35,00-35,50 | Sabbia fine con limo marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/3) , umida frazione fine non plastica, reagente all'HCL. | | | | N.D. | N.D. | N.P. | 0,1 | 66,0 | 29,9 | 4,0 | SM | A-4 |
| 1475-15 | C15 RIM5 | 48,00-48,50 | Sabbia fine con limo debolmente argilloso marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/3) , umida frazione fine non plastica, reagente all'HCL. | | | | N.D. | N.D. | N.P. | 0,0 | 55,5 | 35,2 | 9,3 | SM | A-4 |

| | | | | | |
|-------------------------------|--|---|----------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: |  | | | | |
| PROGETTAZIONE: | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | SWS Engineering S.p.A. PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST M Ingegneria | | | PROGETTO ESECUTIVO |
| Depositi definitivi A - FORCH | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. FOLGIO. |
| Relazione Geotecnica | IBOU | 1AEZZ | CL | RI0310004 | A 22 di 42 |

| COMMITTENTE: | | ITALFERR SPA | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------|--|---|---|----------------|-------------------|------|------------------|------------------------------|----------------------|------------------------|---------------------|------|---------------|-------------------|---|
| CANTIERE: | | Tratta Fortezza - Verona sulla linea Verona Brennero | | | | | | | | | | | | | | |
| SONDAGGIO C20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Identificativo campione | Descrizione terreno | | | | | Proprietà fisiche | | Limiti Atterberg | | | Analisi granulometrica | | | | CLASS | |
| | V.A. | Camp. | m da p.a. | γ | γ ₈ | LL | LP | IP | Ghiaia (R ₆₋₂ mm) | Sabbia (2,0-0,06 mm) | Limo (0,06-0,002 mm) | Argilla (<0,002 mm) | USCS | CNR UNI 10006 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | KN/m ³ | - |
| 1462-01 | C20 SPT1 | 3,00-3,46 | Sabbia con ghiaia limosa debolmente argillosa di colore marrone chiaro (2,5Y 5/3), frazione ghiaiosa di natura metamorfica prevalentemente subangolare d _{max} =24mm, frazione fine umida non plastica. Non reagente all'HCL. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 30,2 | 41,1 | | 28,7 | SM | A-2-4 | | |
| 1462-19 | C20 RIM4 | 5,00-5,50 | Sabbia medio grossoliana e ghiaia limosa marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/3). Frazione ghiaiosa di natura metamorfica e granitica da angolare a subangolare prevalentemente ellissoidale d _{max} =48mm, frazione fine umida non plastica, reagente all'HCL. Rivvenuto elemento carotato non incluso nell'analisi granulometrica. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 42,1 | 42,4 | | 15,5 | SM | A-1-b | | |
| 1462-03 | C20 SPT3 +RIM | 15,50-16,00 | Sabbia medio grossoliana con limo ghiaioso debolmente argillosa marrone olivastro (2,5Y 4/3), frazione ghiaiosa di natura metamorfica subangolare, prevalentemente ellissoidale d _{max} =35 mm, frazione fine umida non plastica. Non reagente all'HCL. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 14,8 | 43,6 | 35,3 | 6,3 | SM | A-4 | | |
| 1462-04 | C20 SPT4 | 18,00-18,24 | Sabbia medio grossoliana limosa marrone grigiastro (2,5Y 5/2), frazione ghiaiosa di natura granitica, angolare d _{max} =16 mm, frazione fine umida non plastica. Non reagente all'HCL. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 15,3 | 71,7 | | 13,0 | SM | A-1-b | | |
| 1462-05 | C20 SPT5 +RIM | 21,00-21,50 | Sabbia medio grossoliana limosa ghiaiosa marrone grigiastro (2,5Y 5/2), frazione ghiaiosa di natura metamorfica e subordinatamente quarzosa da subangolare a subarrottondata, da discoidale ad ellissoidale, d _{max} =32 mm, frazione fine umida non plastica. Debolmente reagente all'HCL. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 20,2 | 56,0 | 20,2 | 3,6 | SM | A-2-4 | | |
| 1462-07 | C20 SPT7 +RIM | 27,00-27,50 | Sabbia con limo e ghiaia debolmente argillosa marrone grigiastro (2,5Y 5/2), frazione ghiaiosa di natura metamorfica e granitica da angolare a subangolare, da discoidale ad ellissoidale, d _{max} =32 mm, frazione fine umida non plastica. Reagente all'HCL. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 26,6 | 38,1 | 27,4 | 7,9 | SM | A-4 | | |
| 1462-06 | C20 SPT8 | 30,00-30,45 | Limo con sabbia fine argillosa marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/3), poco umido frazione fine poco plastica plastica. Reagente all'HCL. | | | N.E. | N.E. | N.E. | 1,1 | 40,5 | 41,3 | 17,1 | | | | |
| 1462-09 | C20 SPT9 +RIM | 32,40-33,00 | Sabbia medio fine con limo debolmente argillosa marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/3), poco umida, frazione fine non plastica. Reagente all'HCL. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 2,5 | 45,9 | 43,2 | 8,4 | ML | A-4 | | |
| 1462-10 | C20 SPT10 | 36,00-36,45 | Sabbia medio fine con limo argilloso marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/3), poco umida, frazione fine non plastica. Reagente all'HCL. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 1,9 | 55,1 | 30,8 | 12,2 | SM | A-4 | | |

| COMMITTENTE: | | ITALFERR SPA | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------|--|--|---|----------------|-------------------|------|------------------|------------------------------|----------------------|------------------------|---------------------|------|---------------|-------------------|---|
| CANTIERE: | | Tratta Fortezza - Verona sulla linea Verona Brennero | | | | | | | | | | | | | | |
| SONDAGGIO C20 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Identificativo campione | Descrizione terreno | | | | | Proprietà fisiche | | Limiti Atterberg | | | Analisi granulometrica | | | | CLASS | |
| | V.A. | Camp. | m da p.a. | γ | γ ₈ | LL | LP | IP | Ghiaia (R ₆₋₂ mm) | Sabbia (2,0-0,06 mm) | Limo (0,06-0,002 mm) | Argilla (<0,002 mm) | USCS | CNR UNI 10006 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | KN/m ³ | - |
| 1462-11 | C20 RIM1 | 38,00-38,50 | Sabbia medio fine con limo debolmente argillosa marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/3), poco umida, frazione fine non plastica. Reagente all'HCL. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 0,1 | 61,7 | 30,7 | 7,5 | SM | A-4 | | |
| 1462-12 | C20 SPT11 | 39,00-39,45 | Sabbia medio fine con limo debolmente argillosa marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/3), poco umida, frazione fine non plastica. Reagente all'HCL. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 0,1 | 59,5 | 30,0 | 10,4 | SM | A-4 | | |
| 1462-13 | C20 SPT12 | 43,00-43,45 | Sabbia medio fine con limo debolmente argillosa marrone grigiastro (2,5Y 5/2), poco umida, frazione fine non plastica. Reagente all'HCL. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 0,7 | 71,7 | 22,0 | 5,6 | SM | A-2-4 | | |
| 1462-14 | C20 RIM2 | 43,50-44,00 | Sabbia medio grossoliana limosa grigio scuro (2,5Y 4/1), presente rara ghiaia fine poligenica (calcareo e metamorfica) arrotondata da ellissoidale a sferoidale d _{max} =16 mm, frazione fine umida, non plastica. Reagente all'HCL. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 3,9 | 72,0 | 20,2 | 3,9 | SM | A-2-4 | | |
| 1462-15 | C20 SPT13 | 45,00-45,45 | Sabbia medio grossoliana ghiaioso limosa debolmente argillosa grigia (2,5Y 5/1), frazione ghiaiosa di natura metamorfica subarrottondata d _{max} =32mm, frazione fine umida, non plastica. Reagente all'HCL. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 13,9 | 60,6 | | 25,5 | SM | A-2-4 | | |
| 1462-16 | C20 SPT14 | 48,00-48,11 | Sabbia medio grossoliana ghiaioso limosa marrone grigiastro (2,5Y 5/2), frazione ghiaiosa di natura metamorfica, d _{max} =6mm, frazione fine umida, non plastica. Reagente all'HCL. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 16,6 | 66,8 | | 16,6 | SM | A-1-b | | |
| 1462-17 | C20 SPT15 | 51,00-51,24 | Sabbia medio fine limosa debolmente ghiaiosa marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/3), frazione ghiaiosa di natura metamorfica, d _{max} =16mm, frazione fine umida, non plastica. Reagente all'HCL. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 6,5 | 77,1 | | 16,4 | SM | A-2-4 | | |
| 1462-18 | C20 RIM3 | 53,50-54,00 | Sabbia medio grossoliana limosa ghiaiosa debolmente argillosa marrone chiaro olivastro (2,5Y 5/3), frazione ghiaiosa poligenica (granitica metamorfica e calcarea) da subangolare a subarrottondata, ellissoidale, d _{max} =32mm, frazione fine umida, non plastica. Reagente all'HCL. | | | N.D. | N.D. | N.P. | 21,7 | 51,0 | | 27,3 | SM | A-2-4 | | |

| | | | | | | | |
|--|---|--|-------|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Mandataria: | Mandanti: | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | IBOU | 1AEZZ | CL | RI0310004 | A | 23 di 42 |
| Depositi definitivi A - FORCH | | | | | | | |
| Relazione Geotecnica | | | | | | | |

| Sondaggio | Camp | Da | a | med | % Ghiaia | % Sabbia | % Limo-Argilla | % Limo | % Argilla |
|-----------|-------|-------|-------|------|----------|----------|----------------|--------|-----------|
| C19 | CR1 | 3.2 | 3.5 | 3.4 | 70.9 | 24.7 | 4.4 | | |
| C19 | CR2 | 6.7 | 7 | 6.9 | 46.4 | 46.1 | 7.5 | | |
| C19 | CR3 | 12 | 12.4 | 12.2 | 61.8 | 32.1 | 6.1 | | |
| C19 | CR4 | 15 | 15.3 | 15.2 | 33.8 | 56.9 | 9.3 | | |
| C19 | CR5 | 18.15 | 18.35 | 18.3 | 73.8 | 21.3 | 4.9 | | |
| EO63 | SPT1 | 3,00 | 3.35 | 3.4 | 42.3 | 46.9 | 10.8 | | |
| EO63 | C1 | 3.5 | 4.5 | 4.0 | 96.3 | 2.9 | 0.8 | | |
| EO63 | SPT2 | 7.6 | 7.73 | 7.7 | 82.6 | 14.4 | 3.0 | | |
| EO63 | C3 | 9.5 | 10.6 | 10.1 | | | | | |
| EO63 | SPT3 | 10.1 | 10.24 | 10.2 | 66.6 | 28.3 | 5.2 | | |
| EO63 | C9 | 13 | 14 | 13.5 | 72.3 | 25.1 | 2.6 | | |
| EO63 | SPT4 | 13.5 | 13.6 | 13.6 | 77.3 | 21.0 | 1.7 | | |
| EO63 | SPT5 | 15.7 | 15.8 | 15.8 | 86.5 | 11.0 | 2.6 | | |
| EO63 | C5 | 15.8 | 16.6 | 16.2 | | | | | |
| EO63 | SPT6 | 19.2 | 19.36 | 19.3 | 76.7 | 21.3 | 2.1 | | |
| EO63 | C7 | 21.5 | 22.5 | 22.0 | 26.1 | 66.8 | 7.1 | | |
| EO63 | SPT7 | 22.9 | 23.13 | 23.0 | 40.2 | 49.1 | 10.7 | | |
| EO63 | C8 | 24.50 | 25.50 | 25.0 | 30.8 | 66.0 | 3.2 | | |
| EO63 | SPT8 | 25.15 | 25.37 | 25.3 | 13.9 | 66.2 | 19.9 | | |
| EO63 | C10 | 27.00 | 28.00 | 27.5 | 0.6 | 93.5 | 5.9 | | |
| EO63 | SPT9 | 29.6 | 29.94 | 29.8 | 1.0 | 93.9 | 5.1 | | |
| EO63 | SPT10 | 34.1 | 34.24 | 34.2 | 0.6 | 79.3 | 20.2 | | |
| EO64 | SPT1 | 4 | 4.5 | 4.3 | 78.2 | 18.8 | 3.0 | | |
| EO64 | C2 | 4.5 | 5.5 | 5.0 | | | | | |
| EO64 | SPT2 | 6.1 | 6.2 | 6.2 | 86.8 | 12.4 | 0.8 | | |
| EO64 | SPT3 | 9.4 | 9.47 | 9.4 | 78.1 | 17.8 | 4.1 | | |
| EO64 | C4 | 10.5 | 11.5 | 11.0 | | | | | |
| EO64 | SPT4 | 12.3 | 12.47 | 12.4 | 77.4 | 18.5 | 4 | | |
| EO64 | C12 | 13.50 | 14.50 | 14.0 | 72.7 | 21.6 | 5.7 | | |
| EO64 | SPT5 | 15 | 15.11 | 15.1 | 51.4 | 39.8 | 8.8 | | |
| EO64 | C6 | 16.5 | 17.5 | 17.0 | | | | | |
| EO64 | SPT6 | 18.4 | 18.5 | 18.5 | 56.6 | 33.9 | 9.5 | | |
| EO64 | SPT7 | 21.5 | 21.69 | 21.6 | 69.1 | 25.9 | 5 | | |
| EO64 | C8 | 22.6 | 23.6 | 23.1 | 65.9 | 29.4 | 4.7 | | |
| EO64 | SPT8 | 24.2 | 24.46 | 24.3 | 60.7 | 34.9 | 4.4 | | |
| EO64 | C14 | 27.00 | 28.00 | 27.5 | 44.9 | 52.3 | 2.8 | | |
| EO64 | SPT9 | 28.3 | 28.49 | 28.4 | 70.4 | 25.6 | 4 | | |

| | | | | | | | |
|--|---|--|-------|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Mandataria: | Mandanti: | | | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione Geotecnica | | IBOU | 1AEZZ | CL | RI0310004 | A | 24 di 42 |

| | | | | | | | | | |
|------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|--|--|
| EO64 | C10 | 28.5 | 29.5 | 29.0 | 74.1 | 22 | 3.9 | | |
| EO64 | SPT10 | 31 | 31.12 | 31.1 | 52.3 | 43.2 | 4.5 | | |
| EO64 | C11 | 34 | 35 | 34.5 | 37.9 | 57.7 | 4.4 | | |
| EO64 | SPT11 | 34.6 | 34.8 | 34.7 | 48.5 | 47.6 | 4 | | |
| EO64 | C15 | 37.00 | 37.70 | 37.4 | 44.8 | 49.9 | 5.3 | | |
| EO60 | C2 | 6.1 | 6.48 | 6.3 | 99.54 | 0.43 | 0.04 | | |
| EO60 | C5 | 17.5 | 17.9 | 17.7 | 70.42 | 25.13 | 4.44 | | |
| EO60 | C6 | 20.6 | 20.82 | 20.7 | 7.34 | 72.77 | 19.89 | | |
| EO60 | C7 | 23.65 | 23.84 | 23.7 | 0.7 | 69.57 | 29.74 | | |
| EO60 | C8 | 29.5 | 29.83 | 29.7 | 11.7 | 72.8 | 15.5 | | |
| EO60 | C9 | 31.2 | 31.47 | 31.3 | 50.22 | 25.63 | 24.15 | | |
| EO60 | C10 | 36.5 | 36.79 | 36.6 | 0.19 | 49.67 | 50.14 | | |
| EO65 | C3 | 13.50 | 14.00 | 13.8 | 73.2 | 24.3 | 2.5 | | |
| EO65 | C4 | 16.00 | 16.70 | 16.4 | 70.5 | 24.7 | 4.8 | | |
| EO65 | C5 | 24.00 | 24.50 | 24.3 | 16.5 | 76.3 | 7.2 | | |
| EO65 | C6 | 27.00 | 27.70 | 27.4 | 1.1 | 38.7 | 60.2 | | |
| EO65 | SPT1 | 3.00 | 3.50 | 3.3 | 59.6 | 31.9 | 8.6 | | |
| EO65 | SPT7 | 21.30 | 21.80 | 21.6 | 0.2 | 23.3 | 76.5 | | |
| EO65 | SPT8 | 26.10 | 26.60 | 26.4 | 0.3 | 41.1 | 58.6 | | |
| EO65 | SPT9 | 30.30 | 30.80 | 30.6 | 0.5 | 44.7 | 54.8 | | |
| EO66 | SPT1 | 3.00 | 3.50 | 3.3 | 21.7 | 65.2 | 13.1 | | |
| EO66 | C2 | 12.20 | 13.40 | 12.8 | 80.5 | 16.9 | 2.6 | | |
| EO66 | C3 | 17.50 | 18.50 | 18.0 | 59.4 | 38.7 | 1.9 | | |
| EO67 | C1 | 9.00 | 9.50 | 9.3 | 87.4 | 9.9 | 2.7 | | |
| EO67 | C5 | 26.00 | 27.00 | 26.5 | 62.9 | 34.7 | 2.4 | | |
| EO67 | C6 | 31.50 | 32.00 | 31.8 | 43.3 | 24.5 | 32.2 | | |
| EO67 | C7 | 37.40 | 38.00 | 37.7 | 44.5 | 51.7 | 3.8 | | |
| EO67 | SPT1 | 3.00 | 3.50 | 3.3 | 19.2 | 25.0 | 55.8 | | |
| EO67 | SPT2 | 6.00 | 6.50 | 6.3 | 38.6 | 47.0 | 14.5 | | |
| EO67 | SPT11 | 35.00 | 35.50 | 35.3 | 0.7 | 74.8 | 24.5 | | |

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 25 di 42 |

7. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI

I criteri di interpretazione delle indagini geotecniche tengono conto del fatto che in corrispondenza delle opere in esame sono stati rinvenuti fondamentalmente sia depositi quaternari (depositi fluvio – glaciali e depositi alluvionali), sia unità tettoniche complesse quali quelle costituenti il basamento metamorfico (filladi quarzifere, dioriti quarzifere e graniti) e le rocce magmatiche permiane (dioriti e graniti biotitici). L'individuazione del tipo di materiale, e quindi la scelta del metodo di interpretazione, è fatta principalmente sullabasse:

- della descrizione stratigrafica dei sondaggi;
- delle prove di laboratorio, laddove disponibili, sui campioni di terreno e sulle carote di roccia.

Come già descritto nel Rif. [1] i depositi morenici incontrati nell'ambito del Deposito sono costituiti da sabbie da fini (fino a sabbie limose) a medio-grossolane e da ghiaie e ciottoli di dimensioni variabili. Si tratta di materiali in cui sono state condotte prove SPT che hanno dato risultati generalmente piuttosto alti (superiori a 40 colpi/30cm) ed in alcuni casi a rifiuto. Viste le caratteristiche granulometriche dei materiali i parametri che ne caratterizzano la resistenza al taglio sono ovviamente parametri drenati.

Le unità geotecniche di riferimento individuate nel sito di Forch sono le seguenti:

- Unità 2: limi sabbiosi e sabbie limose, costituito da terreni di natura sabbiosa e ghiaiosa;
- Unità 3: blocchi e ghiaie in matrice sabbiosa.

7.1 DEPOSITI INCOERENTI

Tutte le unità geotecniche possono essere caratterizzate con le correlazioni tipiche dei depositi incoerenti. Per i depositi prevalentemente incoerenti, i parametri geotecnici di resistenza al taglio e di deformabilità possono essere stimati sulla base dell'interpretazione delle prove penetrometriche dinamiche SPT.

Sono stati considerati i valori minimi di densità relativa ottenuti dalle varie correlazioni che di seguito vengono esposte.

Stato di addensamento

Correlazione di Skempton

In accordo a quanto indicato in Skempton (1986), la densità relativa D_r può essere correlata al valore N_{SPT} con la seguente legge:

$$D_r = \left(\frac{1}{A + B \cdot \sigma'_{vo}} \cdot N_{SPT} \right)^{0.5}$$

essendo:

A, B = costanti empiriche indicate in Tabella 7-1;

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 26 di 42 |

σ_{vo} = pressione verticale efficace esistente in sito alla quota della prova SPT (kg/cm²);

N_{SPT} = numero di colpi per 30 cm di infissione;

D_r = densità relativa (-)

| Tipo di materiale | A | B |
|---------------------------------------|-----------|---|
| Sabbie fini normalmente consolidate | 27,5 | 27,5 |
| Sabbie grosse normalmente consolidate | 43,3 | 21,7 |
| Sabbie sovraconsolidate | 27,5÷43,3 | $(21,7÷27,5) \cdot \frac{1+2 \cdot (k_0)_{sc}}{1+2 \cdot (k_0)_{nc}}$ |

Tabella 7-1: Costanti empiriche A e B (Skempton, 1986)

Nel caso in esame sono state considerate le costanti empiriche relative a sabbie grosse normal consolidate.

Parametri di resistenza

Per la stima dell'angolo di resistenza al taglio dalle prove SPT sono state utilizzate diverse correlazioni di seguito illustrate.

Correlazione di Schmertmann

L'angolo di resistenza al taglio (ϕ') stimato dalle prove SPT in base alla correlazione proposta da Schmertmann (1977) correla l'angolo di resistenza al taglio alla densità relativa attraverso la seguente relazione:

$$\phi = 38.0 + 0.08 \cdot D_R \quad \text{valida per sabbia e ghiaia poco limosa e ghiaietto uniforme}$$

$$\phi = 34.5 + 0.10 \cdot D_R \quad \text{sabbia grossa-media uniformemente ben gradata}$$

$$\phi = 31.5 + 0.115 \cdot D_R \quad \text{sabbia medio-fine uniformemente ben gradata}$$

$$\phi = 28.0 + 0.14 \cdot D_R \quad \text{sabbia fine uniforme}$$

essendo: D_R = densità relativa

Correlazione De Mello (1971):

$$\phi' = 19 - 0.38 \sigma'_v + 8.73 \log(N_{pt})$$

dove σ'_v è la pressione efficace in kg/cm² e N_{SPT} il numero di colpi medio misurato.

La relazione è valida per le sabbie in genere e per qualunque profondità (tranne che per i primi 2 m sotto il p.c.). E' da considerarsi inattendibile però per valori di ϕ' superiori a 38°.

Correlazione di Meyerhof (1959)

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 27 di 42 |

$$\phi' = 28 + 0.15 D_r$$

Dove:

D_r = densità relativa percentuale.

Caratteristiche di deformabilità

Il modulo di taglio iniziale (G_0) e quello di Young iniziale (E_0), associabili a piccole deformazioni, possono essere ricavati dai valori delle velocità delle onde di taglio (V_s) utilizzando le seguenti correlazioni:

$$G_0 = \frac{\gamma_t}{9.81} \cdot (V_s)^2 \quad (\text{kPa})$$

$$E_0 = G_0 \cdot 2 \cdot (1 + \nu)$$

essendo:

γ_t = peso di volume naturale del terreno in assunto pari a 19 kN/m³;

ν = coefficiente di Poisson del terreno (assunto pari a 0.3);

V_s = velocità delle onde di taglio in m/sec.

La velocità delle onde di taglio (V_s) può essere ricavata direttamente dai risultati delle prove geofisiche in foro di sondaggio o indirettamente, interpretando i risultati delle prove SPT attraverso la correlazione di Ohta e Goto (1978) o la correlazione di Yoshida e al. (1988).

Correlazione di Ohta e Goto (1978)

$$V_s = C \cdot (N_{SPT})_{50\%}^{0.171} \cdot (z)^{0.199} \cdot f_A \cdot f_G \quad (\text{m/sec})$$

essendo:

$C = 53.3$;

z = profondità dal p.c. in metri;

f_A = coefficiente funzione dell'epoca geologica del deposito (vedasi la Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_A (funzione dell'epoca geologica del deposito));

f_G = coefficiente funzione della composizione granulometrica (vedasi la Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_G (funzione della granulometrica del deposito)).

| | | |
|-------|----------------|--------------------|
| f_A | Olocene | Pleistocene |
| | 1,0 | 1,3 |

Tabella 7-2: Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_A (funzione dell'epoca geologica del deposito)

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 28 di 42 |

| f_G | Ghiaie | Sabbie ghiaiose | Sabbie grosse | Sabbie medie | Sabbie fini |
|-------|--------|-----------------|---------------|--------------|-------------|
| | 1,45 | 1,15 | 1,14 | 1,07 | 1,09 |

Tabella 7-3: Relazione di Ohta e Goto, 1978 - Coefficiente f_G (funzione della granulometrica del deposito)

Nel caso in esame è stato assunto:

$f_G = 1.14$ per sabbia media grossolana;

$f_G = 1.09$ per sabbia limosa e limo sabbioso.

Correlazione di D'Appolonia e altri (1970)

$E = 191 + 7.71 \text{ NSPT (MPa)}$ per sabbia e ghiaia NC

$E = 375 + 10.63 \text{ (MPa)}$ per sabbia OC

I moduli di deformabilità "operativi" (E') da adottare per le opere di sostegno e per le fondazioni, saranno assunti pari a $1/3 \div 1/5$ di quello iniziale (E_0) oppure pari a quello desumibile dalle correlazioni empiriche.

Correlazione di Bowels (1982)

Correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

$E = 3.2 \text{ (NSPT + 15)}$ per sabbia argillosa

$E = 3.0 \text{ (NSPT + 6)}$ per sabbia limosa, limo sabbioso

$E = 5.0 \text{ (NSPT + 15)}$ per sabbia media

$E = 12.0 \text{ (NSPT + 6)}$ per sabbia ghiaiosa e ghiaia

7.2 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI MATERIALI DI RIEMPIMENTO

Le valutazioni relative ai materiali di riempimento sono state effettuate in accordo a quanto riportato nella Relazione Geotecnica dei tratti all'aperto (Doc. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Il materiale di riempimento proverrà principalmente dagli scavi delle gallerie ed in parte dagli scavi delle fondazioni previste nell'ambito del progetto di quadruplicamento del collegamento Fortezza – Verona. Si prevede che possa essere stato scavato sia con tecnica tradizionale sia con scavo meccanizzato (TBM).

I materiali scavati apparterranno principalmente alla formazione delle Filladi ed in porzione minore alle Dioriti, ma comprenderanno anche detriti di versante, dalle zone di attacco delle gallerie, così come depositi di fondovalle.

In base ai requisiti fissati in sede di progetto, il materiale, indipendentemente dalla provenienza, per poter essere accettati per il riempimento dei depositi dovrà avere le caratteristiche di seguito elencate.

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 29 di 42 |

Deve essere classificabile come appartenente ai gruppi A1, A2-4, A2-5, A2-6, A2-7, A3 e A4, (ex norma CNR-UNI 10006) e dovrà essere steso in strati di spessore non superiore a 50 cm garantendo un adeguato grado di compattazione. Non potranno essere impiegati frammenti rocciosi di dimensione superiore a 250 mm. Per materiale avente pezzatura di diametro maggiore dovrà essere prevista opportuna frantumazione per garantire la granulometria richiesta.

Prima della messa in opera dovrà essere sviluppata un'opportuna sperimentazione per determinare il valore di addensamento tale da garantire i parametri da utilizzare nelle verifiche geotecniche e successivamente durante le fasi di riempimento, dovranno essere effettuate delle ulteriori prove per verificarne le effettive caratteristiche di resistenza (tipicamente prove di laboratorio di tipo Triassiale su campioni prelevati in sito).

Di seguito vengono comunque definiti i valori indicativi di densità in situ e di modulo deformazione che dovranno essere riscontrati su tutto lo spessore dello strato.

Il piano di posa dovrà essere costipato mediante rullatura in modo da ottenere una densità secca non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BUn. 69). Il modulo di deformazione misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.05 MPa – 0.15 MPa, non dovrà essere inferiore a 10 MPa.

Dopo la compattazione, la densità secca di ciascuno strato dell'opera in terra dovrà risultare non inferiore al 90% della densità massima, ottenuta per quella terra, con la prova di costipamento AASHTO modificata (CNR-BU n. 69). Il modulo di deformazione dell'opera in terra, misurato mediante prova di carico su piastra, al primo ciclo di carico nell'intervallo 0.15 MPa - 0.25 MPa, non dovrà essere inferiore a 15 MPa.

Nel caso di impiego di frammenti rocciosi, in luogo della prova di densità, si dovranno eseguire, durante la formazione degli strati, solo prove per la determinazione del modulo di deformazione, eventualmente con piastra di diametro D = 600 mm.

Il materiale dovrà essere messo in opera con un contenuto d'acqua tale da permettere il raggiungimento della densità richiesta nonché dei parametri necessari alle verifiche geotecniche.


Gli schemi di posa in opera e di rullatura dovranno essere verificati prima della messa in opera del materiale e quando si hanno modifiche sostanziali delle loro caratteristiche.

Per la definizione dei parametri di resistenza si è fatto riferimento anche alle indagini eseguite sui materiali dell'attuale deposito (in corso di completamento) considerando che la tipologia di materiale e le caratteristiche di posa in opera saranno del tutto analoghe.

Su questi materiali è stata eseguita una approfondita campagna di indagini geotecniche consistita in sondaggi con prove SPT, prelievo di campioni rimaneggiati che sono stati ricostituiti in laboratorio per l'esecuzione di prove di taglio diretto CD su scatola di grandi dimensioni (30x30 cm).

Sono inoltre state eseguite prospezioni simiche con tecnica tomografica in onde P e S.

I risultati di queste indagini sono stati utilizzati per le verifiche di stabilità del deposito in corso di esecuzione.

| | | | | | | |
|--|--|------------|--------------------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | |
| SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria | PINI ITALIA | GDP GEOMIN | SIFEL | SIST | | |
| Depositi definitivi A - FORCH | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| Relazione Geotecnica | IBOU | 1AEZZ | CL | RI0310004 | A | 30 di 42 |

I risultati delle prove di taglio diretto sono sintetizzati nei due grafici seguenti in termini di coesione e angolo di attrito.

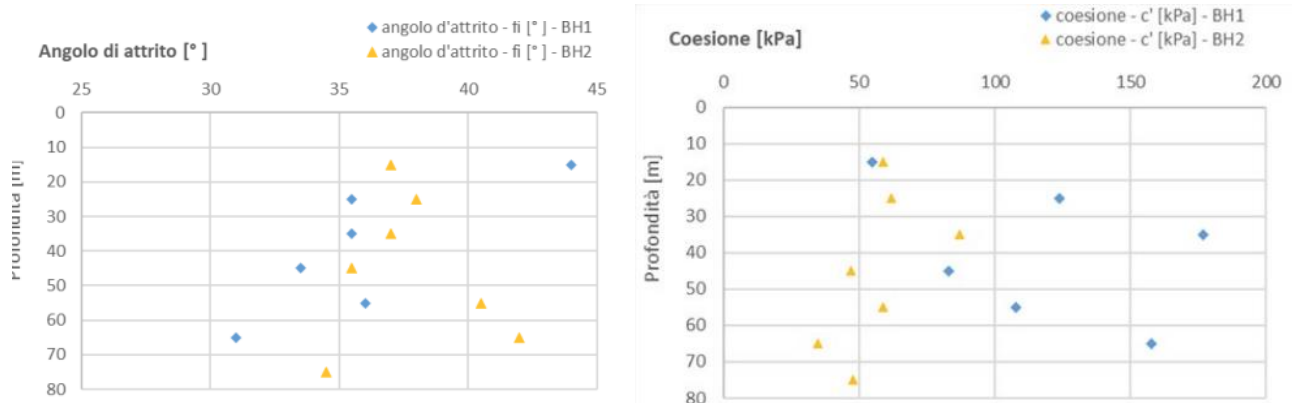


Figura 7-1: Risultati delle prove di taglio diretto su scatola di grani dimensioni nel deposito di Hinterrigger

Risultano valori di angolo di attrito variabili tra 31° e 44° e valori di coesione tra 35 e 177 kPa, con valori medi pari a $c' = 85$ kPa, $\phi = 37^\circ$.

Le prove di taglio hanno indicato che ai valori di coesione più bassi corrispondono valori di angolo di attrito più elevati. Nella prova che ha fornito il valore di coesione più basso (35 kPa) ha corrisposto un valore di angolo di attrito di 42°.

Si ipotizza quindi di poter caratterizzare i materiali costituenti il riempimento per mezzo di parametri di resistenza drenati ed in particolare di potervi associare una coesione di 35 kPa e un valore di angolo di resistenza al taglio pari a 38°, che sulla base di quanto sopra definito può adeguatamente cautelativo.

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 31 di 42 |

7.3 STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO

Sulla base delle informazioni sulla geologia locale (vedi par. 7) e di quanto emerso dai log stratigrafici e dalle prove in sito, la stratigrafia di riferimento è stata ricavata per due differenti sezioni geotecniche riportate nel Rif. 5.

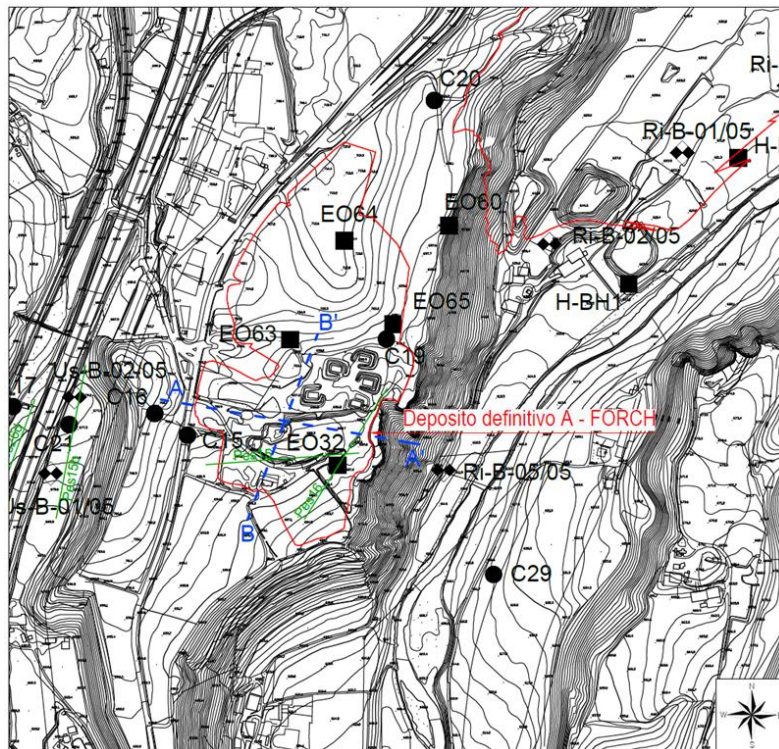
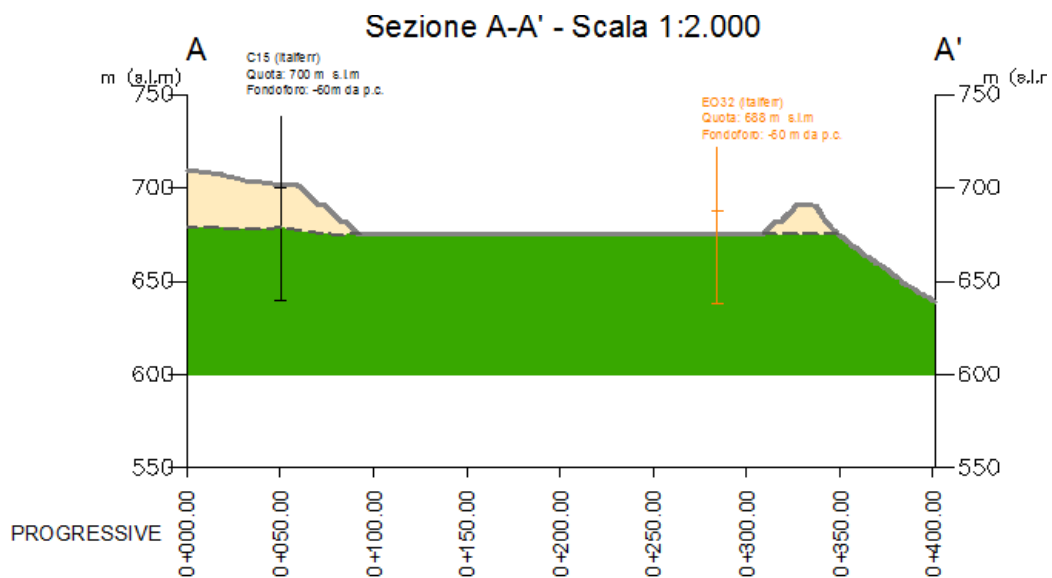


Figura 7-2: Individuazione planimetrica delle sezioni geotecniche.



| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 32 di 42 |

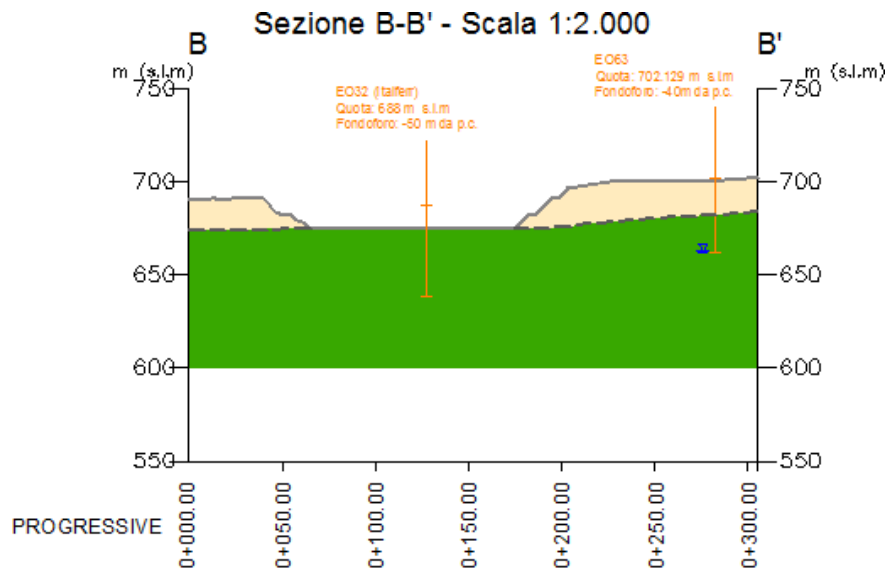


Figura 7-3: Sezioni geotecniche.

7.4 PARAMETRI DI PROGETTO

Nella Tabella 6-1 sono riportate le caratteristiche geotecniche relativamente alle varie unità. Per il dimensionamento e le verifiche degli interventi in progetto verranno adottati i valori medi.

PARAMETRI GEOTECNICI

| | C' [kPa] | Φ' [°] | γ' [kN/m ³] | E' [MPa] |
|---------|---------------|----------------|-----------------------------------|---------------|
| Unità 2 | 0 | 27 ÷ 29 | 19 ÷ 20 | 65 ÷ 75 |
| Unità 3 | 0 ÷ 5 | 39 ÷ 43 | 19 ÷ 21 | 65 ÷ 75 |

Tabella 7-4: Parametri geotecniche caratteristici e di progetto

Unità 2: limi sabbiosi e sabbie limose, costituito da terreni di natura sabbiosa e ghiaiosa;

Unità 3: blocchi e ghiaie in matrice sabbiosa.

| | | | | | | | |
|--|---|--|-------|----------|-----------|------|----------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Mandataria: | Mandanti: | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | IB0U | 1AEZZ | CL | RI0310004 | A | 33 di 42 |
| Depositi definitivi A - FORCH | | | | | | | |
| Relazione Geotecnica | | | | | | | |

7.5 FALDA

La falda per il sito di Forch è stata oggetto di misurazioni attraverso i piezometri collocati nei fori di sondaggio. Le osservazioni coprono un periodo di tempo che va da luglio 2013 a dicembre 2017. Si riporta la tabella con la media dei risultati delle osservazioni.

| ID_PROGETTO | NOME | Media osservazioni |
|-----------------|------|--------------------|
| - | - | m da p.c. |
| B_001259 | C15 | 36.10 |
| B_001257 | C20 | 53.59 |
| B_001393 | EO32 | - |
| B_001398 | EO60 | 36.68 |
| B_001403 | EO63 | 39.04 |
| B_001404 | EO64 | 39.20 |
| B_001405 | EO65 | 37.05 |
| B_001406 | EO66 | - |
| B_001407 | EO67 | - |

Tabella 7-5: Osservazioni dei livelli di falda da piezometro

La falda viene collocata in corrispondenza del passaggio stratigrafico tra unità 3 e unità 2, a circa 30m di profondità dal piano campagna.

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 34 di 42 |

8. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

8.1 VITA NOMINALE, COEFFICIENTE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

La Vita Nominale VN di un'opera è intesa come il numero di anni in cui essa possa essere usata per lo scopo al quale è destinata, purché soggetta alla manutenzione ordinaria.

La Vita Nominale dei diversi tipi di opere è così definita dalle NTC2008:

$VN \leq 10$ anni , per opere provvisorie e opere provvisionali.

$VN \geq 50$ anni , per opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanzanormale.

$VN \geq 100$ anni, per grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di importanza strategica.

Nel seguito, per le opere in esame, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto si assumerà, in accordoalle NTC2008 una vita nominale pari a **VN = 50 anni**:

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche, le costruzioni sono suddivise dalle NTC2008 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilità sulla base dell'importanza dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico. In particolare alla Classe d'uso II (ossia ... omissis ... Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III oClasse d'uso IV, salvo casi particolari per i quali sia necessaria la classe d'uso III o IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza ... omissis ...) si ha un coefficiente d'uso $CU = 1.0$.

Per le opere in progetto si è dunque assunto una classe d'uso II pertanto il coefficiente d'uso è pari a: $CU = 1$.

L'azione sismica di verifica delle opere viene definita in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava,per ciascun tipo di opera, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:

$$VR = VN \times CU$$

Per le opere in progetto risulta dunque periodo di riferimento pari a: $VR = 50 \times 1 = 50$ anni

8.2 ACCELERAZIONE DI RIFERIMENTO SU SUOLO RIGIDO

In allegato al testo delle Norme Tecniche è presente una tabella nella quale i valori a_g (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_{c^*} (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) vengono assegnati in corrispondenza di una griglia di punti distribuiti sull'intero territorio nazionale. I corrispondenti valori di pericolosità sismica situati in punti intermedi della griglia si otterranno per interpolazione sui quattro punti di griglia ad essi adiacenti.

In accordo alla georeferenziazione del sito (Figura 8-1), in Figura 8-2 si riporta, per il punto di interesse, la relativa localizzazione ed uno schema della posizione del punto rispetto ai nodi della griglia dei valori di pericolosità, ottenuto attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (2009).

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 35 di 42 |

Si è scelto come punto di riferimento per la georeferenziazione necessaria per l'inquadramento sismico, il puntomedio localizzato nel deposito in studio di cui in Figura 8-1.

Il risultato dell'interpolazione per i parametri a_g , F_0 e T_c^* è riportato in **Tabella 8-1**.



Figura 8-1: Individuazione delle coordinate del sito di interesse tramite GOOGLE MAPS

La seguente tabella individua le coordinate del sito di interesse:

| SITO | Latitudine | Longitudine |
|-------|------------|-------------|
| FORCH | 46.7685 | 11.6425 |

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 36 di 42 |

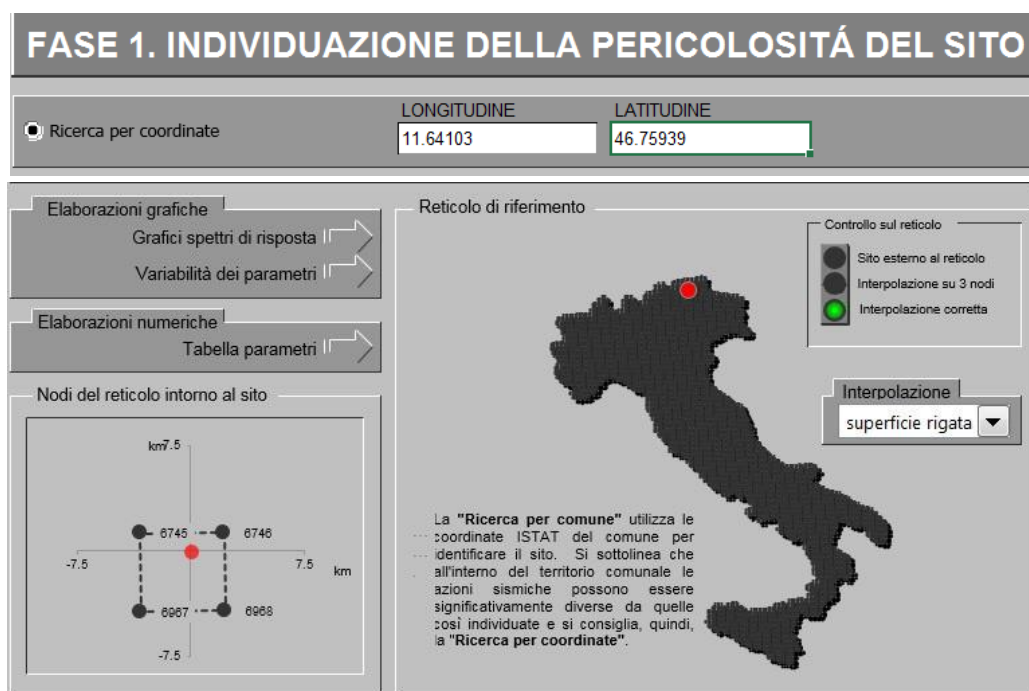


Figura 8-2: Associazione dei punti di interesse, ai nodi della griglia di rappresentazione dei valori di pericolosità sismica secondo le tabelle allegate alle NTC2008.


| SL | T_R (anni) | a_g (g) | F_0 (-) | T_C^* (s) |
|------------|--------------|-----------|-----------|-------------|
| SLO | 30 | 0.017 | 2.547 | 0.144 |
| SLD | 50 | 0.021 | 2.474 | 0.185 |
| SLV | 475 | 0.048 | 2.560 | 0.355 |
| SLC | 975 | 0.059 | 2.690 | 0.387 |

Tabella 8-1: Valori dei parametri a_g , F_0 , T_C^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)).

8.3 RISPOSTA SISMICA LOCALE

Per quanto riguarda l'amplificazione topografica, l'intervento in esame ricade nella categoria T4 (cioè si colloca in corrispondenza della cresta del rilievo) ed in accordo alla Tabella 3.2.IV - par.3.2.2. delle NTC2008, il fattore di amplificazione topografica da assumere è $S_T=1.4$ (vedi Figura 8-3).

Per quanto riguarda l'amplificazione stratigrafica ed ai fini della definizione della categoria di sottosuolo, si è fatto riferimento all'indagine tomografica sismica.

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandatario: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 37 di 42 |

Come riportato al paragrafo 6.1, sulla base del valore medio delle onde ti taglio il sito ricade nella categoria di sottosuolo di tipo B, tuttavia si è scelto cautelativamente di adottare per dimensionamento e verifiche la categoria di sottosuolo C.

Il coefficiente di amplificazione topografica è dunque pari a $S_s=1.500$ (vedi Figura 8-2).

L'amplificazione dell'azione sismica viene determinata, secondo le NTC2008, attraverso l'impiego di un fattore di sito S , funzione sia della categoria di sottosuolo (S_s) sopra determinata, sia dell'andamento della superficie topografica (S_T):

$$S = S_s \cdot S_T .$$

Per i depositi definitivi in val Riga, (categoria di sottosuolo C e categoria topografica T4) risulta dunque $S=1.500 \times 1.400=2.100$.

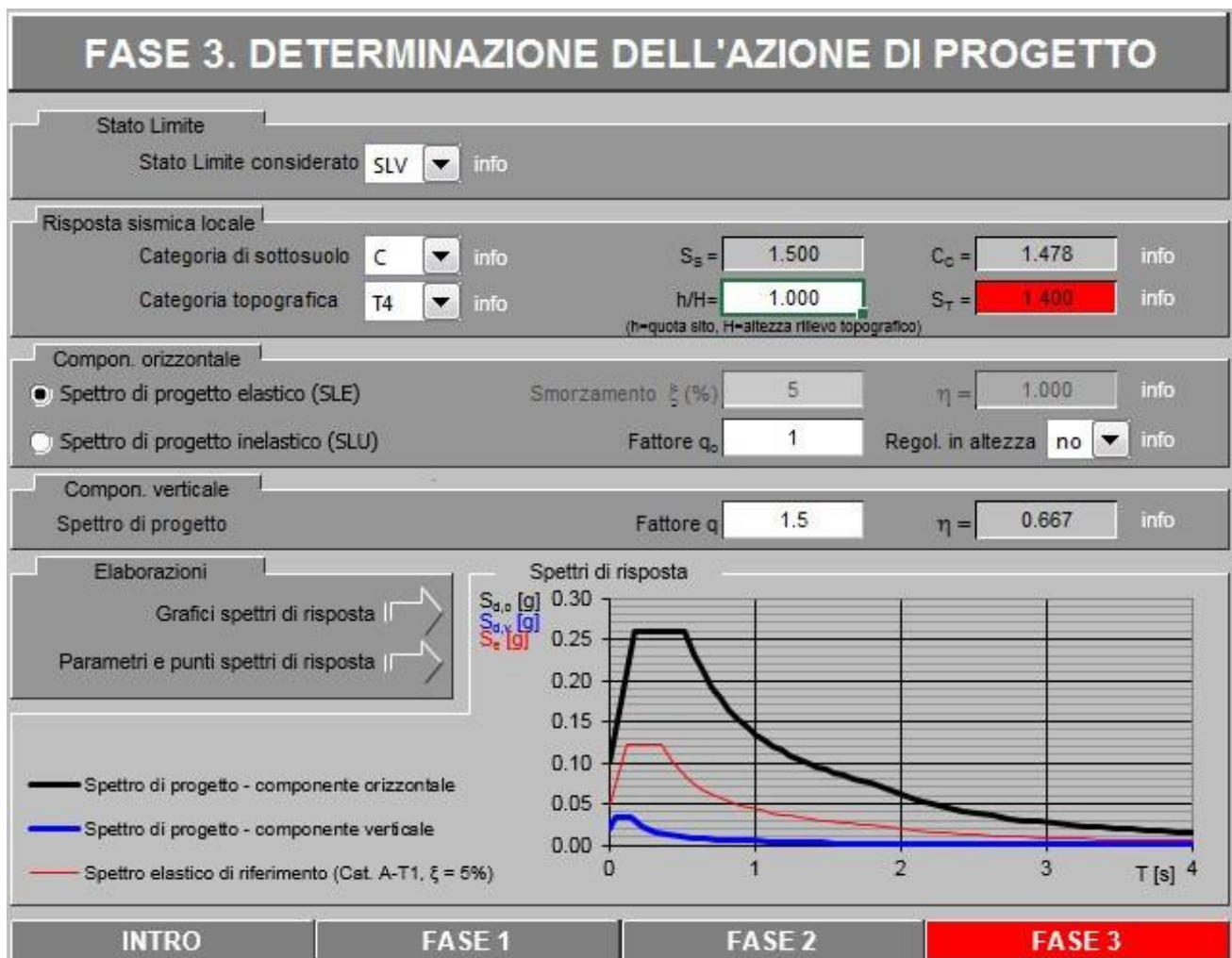


Figura 8-3: Valutazione dei coefficienti di amplificazione Topografica S_s e Topografica S_T attraverso il foglio di calcolo Spettri- NTC ver.1.0.3.xls, CSLP (2009).

| | | | | | | |
|--|--|----------------|----------------|------------------------|-----------|---------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 38 di 42 |

In Tabella 8-1 sono riportati i valori del fattore di sito S e dell'azione sismica di progetto a_{max} , data da $a_{max} = S a_g$ per i periodi di ritorno corrispondenti ai diversi stati limite.

| SL | TR(anni) | a_g (g) | S (-) | a_{max} (g) |
|------------|------------|--------------|------------|---------------|
| SLO | 30 | 0.017 | 2.1 | 0.035 |
| SLD | 50 | 0.021 | 2.1 | 0.045 |
| SLV | 475 | 0.048 | 2.1 | 0.102 |
| SLC | 975 | 0.059 | 2.1 | 0.124 |

Tabella 8-1 – Valori dei parametri a_g , a_{max} , $S(-)$ per i periodi di ritorno TR di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLPP (2009)).

8.3.1 Azione sismica equivalente

La verifica di stabilità globale va condotta mediante il metodo di analisi definito al Par. 7.11.3.5 delle NTC2008, inerente alla stabilità dei pendii.

Sulla base di quanto definito al Par.7.11.3.5.2 delle NTC2008, in mancanza di studi specifici, i coefficienti sismici k_h (orizzontale) e k_v (verticale) sono definiti come:

$$k_h = \beta_s a_{max}$$

$$k_v = \pm k_h / 2$$

essendo

β_s = coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito; per la **categoria di sottosuolo C** (Tabella 8-2) il coefficiente β_s da assumere è pari a 0.20 essendo il parametro a_g [g] riferito allo STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA tale che: a_g (g) < 0.1.

Tabella 8-2 - Coefficiente β_s .

| | Categoria di sottosuolo | |
|-----------------------|-------------------------|-----------|
| | A | B,C,D,E |
| | β_s | β_s |
| $0.2 < a_g$ (g) < 0.4 | 0.30 | 0.28 |
| $0.1 < a_g$ (g) < 0.2 | 0.27 | 0.24 |
| a_g (g) < 0.1 | 0.20 | 0.20 |

| | | | | | | |
|--|--|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|----------------------------|
| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | | |
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | PROGETTO ESECUTIVO | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IB0U | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 39 di 42 |

Con riferimento allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita, in accordo alle espressioni di cui sopra, si ottengono i seguenti coefficienti per la verifica di stabilità globale risulta dunque:

- $k_h = \beta_s a_{max} = 0.20 \times 0.102 = +0.0204$
- $k_v = \pm k_h / 2 = \pm 0.0102$

| | | | | | | |
|---|---|---|----------------|------------------------|-----------|--------------------|
| APPALTATORE: |  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" | | | | |
| PROGETTAZIONE: | | PROGETTO ESECUTIVO | | | | |
| Mandatario: | Mandanti: | | | | | |
| SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria | PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | | | | | |
| Depositi definitivi A - FORCH Relazione Geotecnica | COMMESSA IBOU | LOTTO 1AEZZ | CODIFICA CL | DOCUMENTO RI0310004 | REV. A | FOGLIO. 1 di 42 |

9. LIQUEFAZIONE

In base ad D.M. 14/01/2008, la verifica di liquefazione può essere omessa qualora si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0.1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite, con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e q_{c1N} è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche statiche (CPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico a), nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e nel grafico b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.

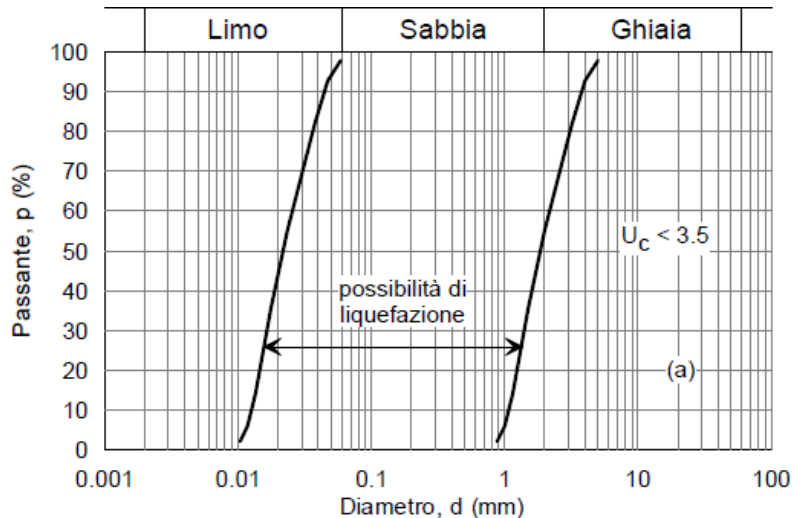
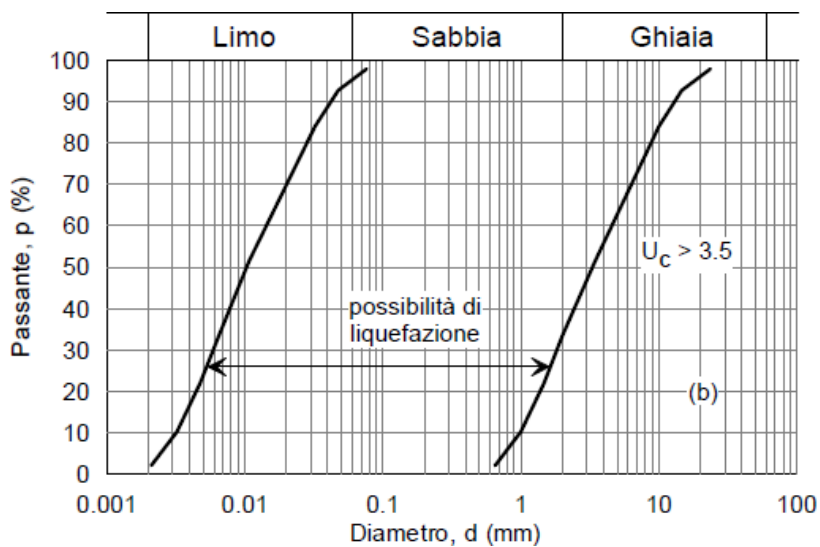


Figura 9-1: grafico a) per terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$

| APPALTATORE:  | PROGETTAZIONE ESECUTIVA ED ESECUZIONE DEI LAVORI DI REALIZZAZIONE DEL LOTTO 1 DEL QUADRUPPLICAMENTO DELLA LINEA FERROVIARIA FORTEZZA-VERONA TRATTA "FORTEZZA – PONTE GARDENA" PROGETTO ESECUTIVO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|----------|-----------|------|---------|--|--|--|--|--|--|--|----------|-------|----------|-----------|------|---------|
| PROGETTAZIONE: Mandataria: SWS Engineering S.p.A. M Ingegneria Mandanti: PINI ITALIA GDP GEOMIN SIFEL SIST | | | | | | | <table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IB0U</td> <td>1AEZZ</td> <td>CL</td> <td>RI0310004</td> <td>A</td> <td>2 di 42</td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. |
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO. | | | | | | | | | | | | | |
| IB0U | 1AEZZ | CL | RI0310004 | A | 2 di 42 | | | | | | | | | | | | | |

. Figura 9-2: grafico 6) per terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.



Le analisi del rischio di liquefazione possono essere omesse in quanto la falda è stata individuata ad una profondità superiore a 15 m.