

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. TECNOLOGIE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI-BARI

RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA

SSE MONTAGUTO- Relazione Geotecnica

SCALA:

-

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

IF1W 00 D 18 RB SE0200 001 A

| Rev | Descrizione | Redatto | Data | Verificato | Data | Approvato | Data | Autorizzato/Data |
|-----|----------------------|---------------|---------|---------------|---------|-------------|---------|----------------------------------|
| A | Emissione Definitiva | G.Passaro | 11/2018 | F.Arduini | 11/2018 | D.Aprea | 11/2018 | G.Guidi Buffarini 11/2018 |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

File: IF1W00D18RBSE0200001A.DOC

n. Elab. 412_4

INDICE

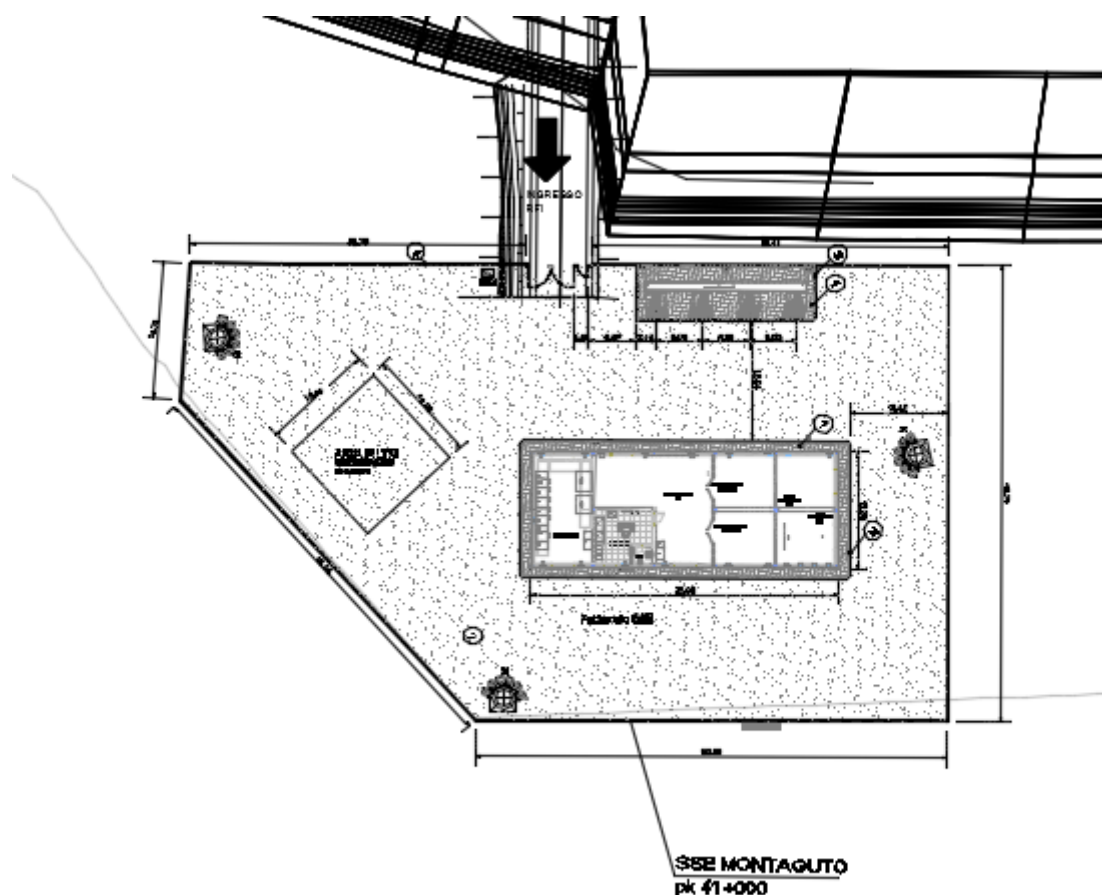
| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1.-.. | PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO | 3 |
| 2.-.. | DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE | 4 |
| | NORME ED ELABORATI DI RIFERIMENTO..... | 6 |
| 2.1.-.. | LEGISLAZIONE GENERALE..... | 6 |
| 2.2.-.. | LEGISLAZIONE EUROPEA | 6 |
| 2.3.-.. | LEGISLAZIONE FERROVIARIA..... | 6 |
| 2.4.-.. | ELABORATI DI RIFERIMENTO | 6 |
| 3.-.. | INQUADRAMENTO GEOLOGICO..... | 8 |
| 3.1.-.. | GENERALITÀ..... | 8 |
| 3.2.-.. | CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE..... | 9 |
| 3.3.-.. | IDROGEOLOGIA | 10 |
| 4.-.. | CAMPAGNA DI INDAGINI | 11 |
| 5.-.. | CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA AREA DI PROGETTO | 11 |
| 5.1.-.. | STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO | 13 |
| 6.-.. | DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO | 15 |
| 6.1.-.. | PROVE DI RIFERIMENTO | 15 |
| 6.2.-.. | STIMA DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO DA PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE NSPT..... | 16 |
| 6.3.-.. | CLASSIFICAZIONE SULLA BASE DELLA VELOCITÀ EQUIVALENTE DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO V _{s30} | 18 |
| 6.4.-.. | SINTESI DEI RISULTATI..... | 19 |
| 6.5.-.. | CATEGORIA TOPOGRAFICA | 19 |
| 6.6.-.. | AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO | 20 |
| 6.7.-.. | DEFINIZIONE DELLA VITA NOMINALE, VN | 20 |
| 6.8.-.. | DEFINIZIONE DELLA CLASSE D'USO, CU..... | 20 |
| 6.9.-.. | PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'AZIONE SISMICA, VR..... | 21 |
| 6.10.-.. | DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA | 21 |
| 7.-.. | MAGNITUDO | 21 |
| 8.-.. | VERIFICA DI LIQUEFAZIONE | 22 |
| 8.1.-.. | METODOLOGIA DI ANALISI DEI CRITERI DI ESCLUSIONE | 22 |
| 8.2.-.. | CRITERI DI ESCLUSIONE AI SENSI DEL DM 17/01/2018 | 22 |
| 8.1.-.. | CRITERI DI ESCLUSIONE IN ACCORDO CON QUANTO PROPOSTO DA NCCER PER TERRENI CON ELEVATO CONTENUTO DI FINE..... | 23 |
| 8.2.-.. | VERIFICA DEI CRITERI DI ESCLUSIONE ALLA SUSCETTIBILITÀ A LIQUEFAZIONE DEI TERRENI | 23 |
| 8.3.-.. | ANALISI DEI RISULTATI..... | 24 |
| 8.4.-.. | CONCLUSIONE..... | 25 |

1.-. PREMESSA E SCOPO DEL DOCUMENTO

Scopo della presente relazione è quello di definire le caratteristiche meccaniche e geomorfologiche dei terreni di interesse per la realizzazione della nuova SSE di Montaguto, nell'ambito del più ampio Progetto Definitivo del raddoppio tratta Bovino-Orsara.

In particolare nei paragrafi successivi verranno dapprima presentate in maniera sommaria le caratteristiche geomorfologiche dell'area di interesse, con particolare riferimento all'inquadramento geologico e la descrizione delle campagna di indagini svolta.

Successivamente verrà riportata la caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione soggetti agli scarichi delle strutture da realizzarsi.



Stralcio planimetria SSE Montaguto

2.-.. DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

L'edificio in oggetto, ubicato nella Provincia di Avellino, è concepito con struttura fondale e in elevazione totalmente in calcestruzzo armato gettato in opera.

Dal punto di vista geometrico, il fabbricato, che si sviluppa per un solo piano fuori terra, si presenta con un corpo a pianta rettangolare avente le seguenti caratteristiche:

- Navate longitudinali: $n_1 = 2;$
- Campate trasversali $n_2 = 5$
- Lunghezza totale (asse pilastri) $L = 32,50$ m
- Lunghezza totale (esterno pilastri) $L_1 = 32,90$ m
- Larghezza totale (asse pilastri) $B = 12,10$ m
- Larghezza totale (esterno pilastri) $B = 12,50$ m
- Quota piano posa fondazioni (filo magrone): $H_1 = -2,00$ m
- Quota estradosso fondazioni: $H_2 = -1,00$ m
- Quota marciapiedi $H_3 = 0,00$ m
- Quota piano terra: $H_4 = +0,10$ m
- Quota intradosso copertura: $H_5 = +4,60$ m
- Quota estradosso copertura: $H_6 = +4,86$ m
- Superficie: $S_1 = 411,25$ m²

Va notato che l'estradosso delle travi di fondazione è stato impostato a -1,00 m dal piano finito di calpestio interno alla SSE in modo da consentire la realizzazione di canalette portacavi ispezionabili di idonee dimensioni, ma tali da non richiedere locali interferenze con le travi medesime.

Dal punto di vista strutturale, il fabbricato, nel suo complesso, è costituito dai seguenti sottosistemi:

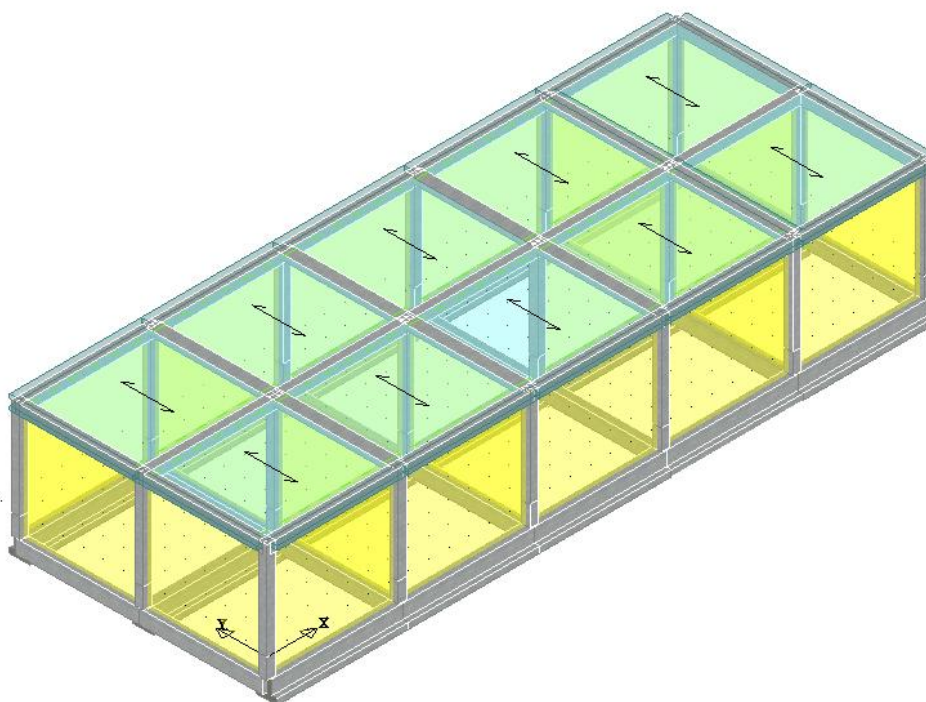
1. Un **sistema fondale**: formato da un reticolo di travi di fondazione in calcestruzzo armato con travi longitudinali con sezione a T rovescia (Suola $B \times H = 100 \times 30$ cm e nervatura $B' \times H' = 50 \times 70$ cm) e travi trasversali di collegamento interne, con sezione rettangolare di dimensioni $B \times H = 40 \times 70$ cm.

2. Un **reticolo spaziale**: realizzato con travi e pilastri in calcestruzzo armato, a costituire telai a maglie rettangolari, idonei a sopportare sia i carichi verticali che quelli orizzontali.


In particolare, tutti i pilastri hanno sezione costante $B \times L = 40 \times 40$ cm, tutte le travi, perimetrali ed interne sono emergenti con sezione $B \times H = 40 \times 50$ cm.

3. Un **Impalcato rigido**: costituito dal solaio di copertura di altezza totale 26 cm (4+18+4 soletta) previsto del tipo a predalles e soletta gettato in opera, in grado di creare un piano rigido.

Per quanto concerne la soletta di ripartizione del solaio di calpestio è prevista scollegata dalla struttura portante a mezzo di un giunto elastico.



Struttura fabbricato SSE Montaguto

| | | | | | | |
|---|--|------------------------|------------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------------|
|  <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p>ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA.</p> | | | | | |
| <p>SSE MONTAGUTO-RELAZIONE GEOTECNICA</p> | <p>COMMESSA IF1W</p> | <p>LOTTO 00D18</p> | <p>CODIFICA RB</p> | <p>DOCUMENTO SE0200 001</p> | <p>REV. A</p> | <p>FOGLIO 6 di 25</p> |

NORME ED ELABORATI DI RIFERIMENTO

2.1.-..LEGISLAZIONE GENERALE

- **D.M. 17/01/2018:** APPROVAZIONE DELLE NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI -D.M. 17-01-18 (NTC-2018);
- **Circolare 2 febbraio 2009, n. 617:** Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti – Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008.

2.2.-..LEGISLAZIONE EUROPEA

- Norma Europea UNI ENV 1990 – **Eurocodice 0** - Basi di calcolo;
- Norma Europea UNI ENV 1997 – **Eurocodice 7** – Progettazione Geotecnica;
- Norma Europea UNI EN 1198 – **Eurocodice 8** – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture.
 - Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1.1: Regole generali e regole per gli edifici. – **EUROCODICE 2**

2.3.-..LEGISLAZIONE FERROVIARIA

- **RFI DTC INC PO SP IFS 001 A** del 21.12.2011 - “Specifica per la progettazione e l’esecuzione dei ponti ferroviari e di altre opere minori sotto binario”.
- **RFI DTC INC CS SP IFS 001 A** del 21.12.2011 - “Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie”.
- **RFI DTC INC CS LG IFS 001 A** del 21.12.2011 – “Linee guida per il collaudo statico delle opere in terra”.
- **RFI DTC SICS SP IFS 001 A** del 30.06.2014 - Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Parte II – Sezione 5 – “Opere in terra e scavi”

2.4.-..ELABORATI DI RIFERIMENTO


Per la stesura del presente documento sono state prese in considerazione le indagini geotecniche, geofisiche e le prove di laboratorio di cui ai seguenti elaborati:

- **IF1W00D18CLFA9200001A** Relazione di calcolo strutture fabbricato;
- **IF1W00D18PAFA0200001A:** Fabbricato SSE / Fondazioni, pianta e carpenteria travi;

SSE MONTAGUTO-RELAZIONE GEOTECNICA

| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
|----------|-------|----------|------------|------|---------|
| IF1W | 00D18 | RB | SE0200 001 | A | 7 di 25 |

- **IF1W00D18BBFA0200001A:** Fabbricato SSE / Carpenteria pilastri;
- **IF1W00D18PAFA0200002A:** Fabbricato SSE / Copertura pianta e carpenteria solai e travi;
- **IF1W00D09GE0C0000006A :** Relazione sismica tratta allo scoperto raccordo provvisorio alla pk 41+100
- **IF1V02D11F6OC000X001A** ("PROFILO GEOTECNICO TRATTA ALLO SCOPERTO ALLE PK 40+950-A PK 41+450").
- **IF1W03D11F6OC0000003A** ("PROFILO GEOTECNICO TRATTA ALLO SCOPERTO – RACCORDO PROVVISORIO")
- **IF1W03D11GEOC0000002** "Relazione geotecnica generale tratta allo scoperto- raccordo provvisorio a pk 41+100";

| | | | | | | |
|---|--|----------------|----------------|-------------------------|-----------|-------------------|
|  | ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA. | | | | | |
| SSE MONTAGUTO-RELAZIONE GEOTECNICA | COMMESSA IF1W | LOTTO 00D18 | CODIFICA RB | DOCUMENTO SE0200 001 | REV. A | FOGLIO 8 di 25 |

3.-. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

3.1.-.GENERALITÀ

Le formazioni geologiche interessate dalle opere di cui al Progetto Definitivo di potenziamento infrastrutturale della linea Bovino-Orsara, con particolare riferimento alla nuova SSE di Montaguto (km 41+000 circa), sono costituite prevalentemente da depositi detritici alluvionali.

Tratta raccordo provvisorio

Sulla base dei criteri illustrati negli elaborati di riferimento e dei risultati dello studio geologico e delle indagini geotecniche sono state individuate le seguenti unità:

Terreno di copertura: riporto, terreno vegetale;

ALL1_A: argilla e argilla limosa;

ALL3_G: ghiaia e ghiaia sabbiosa;

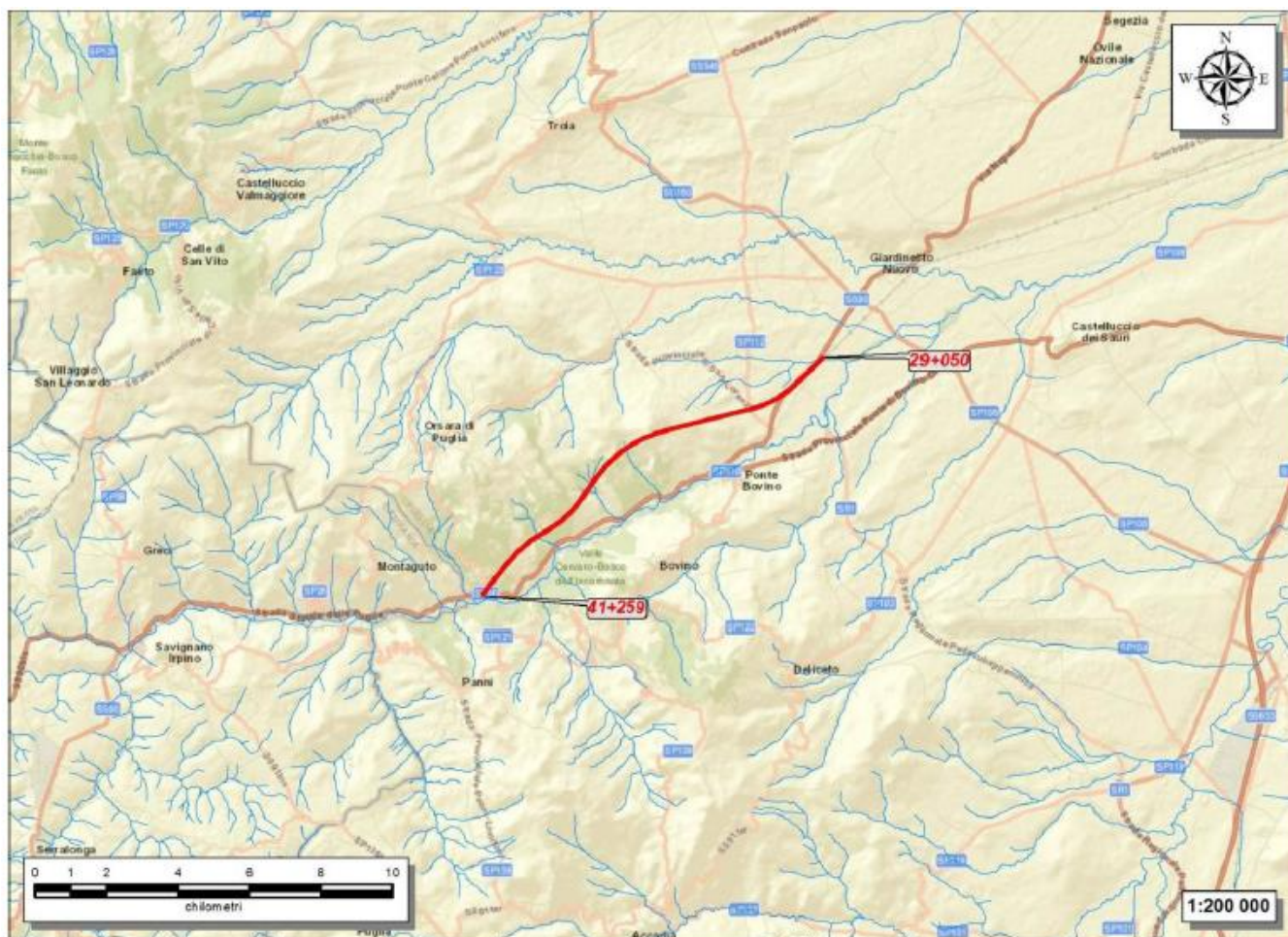
FAE: Flysch di Faeto: calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi di colore grigio biancastro.

Nella tabella seguente si riporta la stratigrafia di riferimento e la profondità di falda per la tratta in corrispondenza del raccordo provvisorio.

3.2.-. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area di interesse, per il nuovo fabbricato di SSE Montaguto, presenta andamento piano altimetrico pianeggiante

Nella presente relazione si tratterà esclusivamente della caratterizzazione sismica della tratta allo scoperto in corrispondenza del raccordo provvisorio con la linea storica alla pk 41+100. Nello studio si è fatto riferimento ai risultati della campagna di indagini geognostiche in sito appositamente realizzate nel corso del 2017 per l'aggiornamento del Progetto Preliminare e del 2018 nell'ambito della presente fase progettuale, nonché alle indagini disponibili in campagne pregresse e bibliografiche.






3.3.-.IDROGEOLOGIA

L'assetto idrogeologico dell'area interessata dal fabbricato di SSE di Montaguto è stato ricostruito sulla base del contesto geologico - strutturale, delle caratteristiche di permeabilità delle formazioni ricavata dalle misure piezometriche eseguite.

La falda è stata rilevata a quota di circa 2 m da piano campagna

| | | | | | | |
|---|--|----------------|----------------|-------------------------|-----------|--------------------|
|  | ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA. | | | | | |
| SSE MONTAGUTO-RELAZIONE GEOTECNICA | COMMESSA IF1W | LOTTO 00D18 | CODIFICA RB | DOCUMENTO SE0200 001 | REV. A | FOGLIO 11 di 25 |

4.-.. CAMPAGNA DI INDAGINI

L'area oggetto di intervento sulla linea è stata investigata tramite diverse campagne di indagini geognostiche e geofisiche. Non sono state invece condotte indagini puntuali nell'area soggetta all'area di intervento.

5.-.. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA AREA DI PROGETTO

Di seguito si riassumono e per le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione.


In particolare il sito in esame, sul quale sorgerà la nuova SSE di Montaguto.

Dalla disamina dei dati raccolti, i parametri meccanici del terreno di fondazione per il sito di interesse possono desumersi da quanto evidenziato in seguito (estratti dagli allegati della relazione geotecnica generale **IF1W03D11GEOC0000002A** :

SSE MONTAGUTO-RELAZIONE GEOTECNICA

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IF1W | 00D18 | RB | SE0200 001 | A | 12 di 25 |

| | Terreno di copertura | ALL1_A | ALL3_G |
|-------------------------------|----------------------|--|---|
| γ [kN/m ³] | 18.0÷19.0 [18.5] | 18.0÷19.0 [18.5] | 17.5÷20.4 [18.5] |
| IP [%] | dati non disponibili | 24÷35 [25] | - |
| c_u [kPa] | 35÷200 [60] | 110÷235 [125] | - |
| φ' [°] | 22 | 25 | 36÷46 [36] |
| c' [kPa] | 2 | 15 | 0.0 |
| E_u/C_u | 485 | 485- | - |
| E_0 [MPa] | 32÷113 [60] | 243÷931 [314] | 201÷1812 [453] |
| $E_{op,1}$ [MPa] | 6÷22 [12] | 48÷186 [62] | 40÷362 [90] |
| $E_{op,2}$ [MPa] | 3÷11 [6] | 24÷93 [31] | 20÷181 [45] |
| c_c [-] | dati non disponibili | $7.7 \cdot 10^{-2}$ | - |
| c_r [-] | dati non disponibili | $1.8 \cdot 10^{-2}$ | - |
| c_{az} | dati non disponibili | $2.6 \cdot 10^{-3} \div 4.0 \cdot 10^{-3}$ [3.0 * 10 ⁻³] | - |
| c_v [m ² /s] | dati non disponibili | $6.15 \cdot 10^{-6} \div 1.9 \cdot 10^{-7}$ [1.0 * 10 ⁻⁷] | - |
| e_0 [-] | dati non disponibili | 0.66÷0.86 [0.75] | 0.40÷0.75 [0.45] |
| OCR [-] | 2÷6 [3] | 2÷6 [3] | - |
| ν' [-] | 0.3 | 0.3 | 0.3 |
| k [m/s] | dati non disponibili | $8.4 \cdot 10^{-11} \div 3.8 \cdot 10^{-7}$ [2.0 * 10 ⁻⁷] | $5.2 \cdot 10^{-5} \div 1.6 \cdot 10^{-6}$ [2.4 * 10 ⁻⁶] |
| Parametri dinamici | - | - | $\alpha=16.45$ |
| | | | $\beta=0.81$ |
| | | | $\lambda=-2.506$ |
| | | | $D_{max}=0.2278$ |

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA. | | | | | |
| | SSE MONTAGUTO-RELAZIONE GEOTECNICA | COMMESSA IF1W | LOTTO 00D18 | CODIFICA RB | DOCUMENTO SE0200 001 | REV. A |

5.1.-.. STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO

Di seguito si riporta la definizione della stratigrafia di progetto e per la scelta delle caratteristiche meccaniche da utilizzare nei calcoli e nelle verifiche strutturali e geotecniche di cui alle Relazioni dedicate.

Sulla scorta della campagna di indagini effettuata, è stato possibile individuare per questa fase progettuale i seguenti parametri del terreno:

Con le seguenti caratteristiche geotecniche:

Falda considerata a quota -2m da quota fondazione

| Stratigrafia di riferimento | | Falda |
|-----------------------------|---|---------------------------|
| Spessore strato [m] | Unità di riferimento | Profondità da p.c. [m] |
| 1.0 | Terreno di copertura | 2.0 |
| 29.0 | Depositi alluvionali fini (ALL1_A, ALL3_G) | |
| >30.0 | FAE | |

Stratigrafia terreno

- **STRATO 1** (da quota -1 a quota -30 m) – *Depositi alluvionali*

Per la parametrizzazione di tale strato, costituito da terreno di riporto nuovo, In particolare sono state assunte le seguenti caratteristiche:

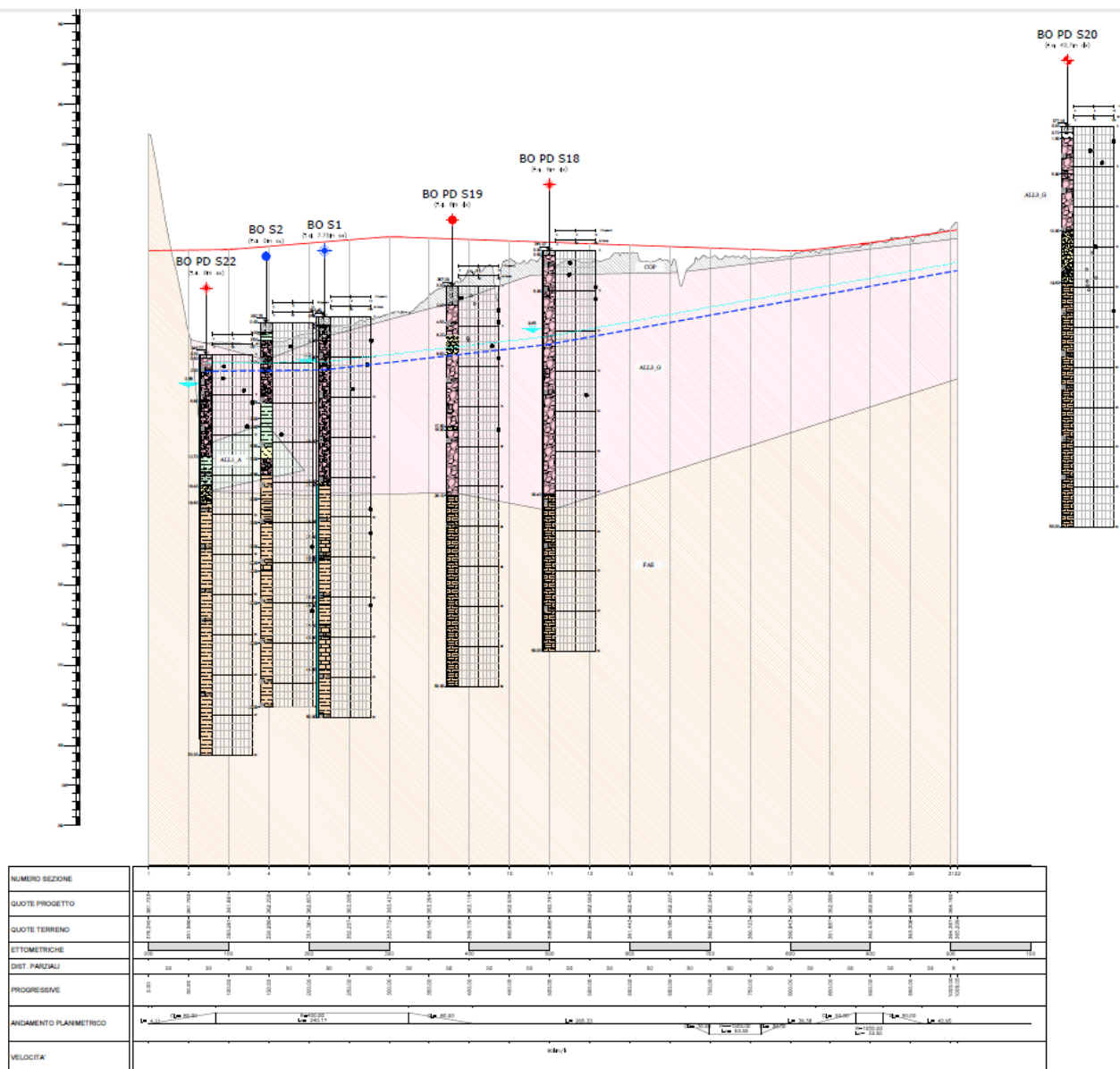
SSE MONTAGUTO-RELAZIONE GEOTECNICA

| | | | | | |
|----------|-------|----------|------------|------|----------|
| COMMESSA | LOTTO | CODIFICA | DOCUMENTO | REV. | FOGLIO |
| IF1W | 00D18 | RB | SE0200 001 | A | 14 di 25 |


| | |
|------------------------------|---------------------------------|
| Peso specifico | $\gamma = 18.00 \text{ kN/m}^3$ |
| Coesione | $c' = 00 \text{ kPa}$ |
| Angolo di attrito | $\Phi' = 30^\circ$ |
| Modulo elastico | $E = 314 \text{ kg/cm}^2$ |
| Grado di sovraconsolidazione | $OCR = 1,00$ |

- **STRATO 2** (da quota -30 a quota -60 m) - *Terreno "FAE"*

In via cautelativa la roccia non è stata considerata nel calcolo geotecnico in quanto fuori dal volume significativo del terreno per l'opera in oggetto



Profilo geotecnico

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA. | | | | | |
| | SSE MONTAGUTO-RELAZIONE GEOTECNICA | COMMESSA IF1W | LOTTO 00D18 | CODIFICA RB | DOCUMENTO SE0200 001 | REV. A |

6.-.. DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Nel seguito verranno descritte ed approfondite le seguenti tematiche:

- categoria di sottosuolo;
- categoria topografica;
- definizione dei parametri dell'azione sismica di riferimento.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto e necessario tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, perche entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale.

Per la valutazione degli effetti stratigrafici si puo fare riferimento (DM 17/01/2018) ad un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocita di propagazione delle onde di taglio, Vs. In tale approccio la classificazione del suolo si effettua in base ai valori della velocita equivalente di propagazione delle onde di taglio.

Nel caso in esame la velocita di propagazione delle onde di taglio puo essere determinata:

- in maniera diretta a partire dai risultati delle prove sismiche in foro down-hole;
- in maniera indiretta a partire dai risultati degli stendimenti sismici (MASW);
- in maniera indiretta, utilizzando correlazioni di letteratura a partire dai valori della prova penetrometrica dinamica SPT (Standard Penetration Test).

6.1.-..PROVE DI RIFERIMENTO

- Nelle seguenti tabelle si elencano le prove disponibili (vedi **IF1W00D09GE0C0000006A** :
Relazione sismica tratta allo scoperto raccordo provvisorio alla k 41+100)

Tab. 1: Sondaggi di riferimento

| Sondaggio | Campagna | Profondità | SPT (n.) | Down-Hole |
|-----------|----------|------------|-------------|-----------|
| BO_PD_S22 | 2018 | 50.0 | 5 | |
| BO_S2 | 2017 | 48.0 | 3 | x |
| BO_S1 | 2017 | 50.0 | 6 | |
| BO_PD_S19 | 2018 | 50.0 | 6 | x |
| BO_PD_S18 | 2018 | 50.0 | 5 | |
| BO_PD_S21 | 2018 | 50.0 | 5 | |
| BO_PD_S20 | 2018 | 50.0 | 5 | |

Tab. 2: Stendimenti sismici (Masw) di riferimento

| Stendimento | Campagna |
|-------------|----------|
| BO_PD_S22 | 2018 |
| BO_MASW1 | 2017 |
| BO_PD_S18 | 2018 |
| BO_PD_S20 | 2018 |

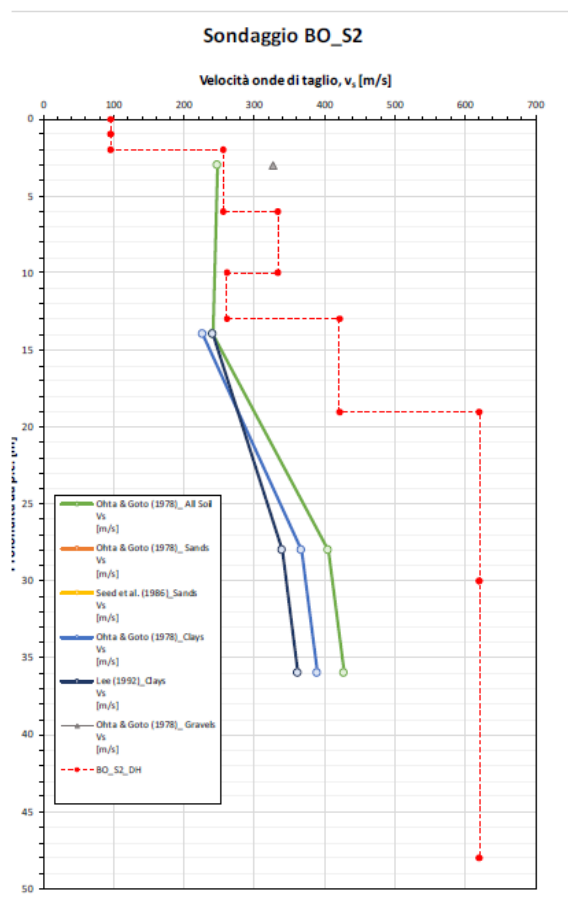
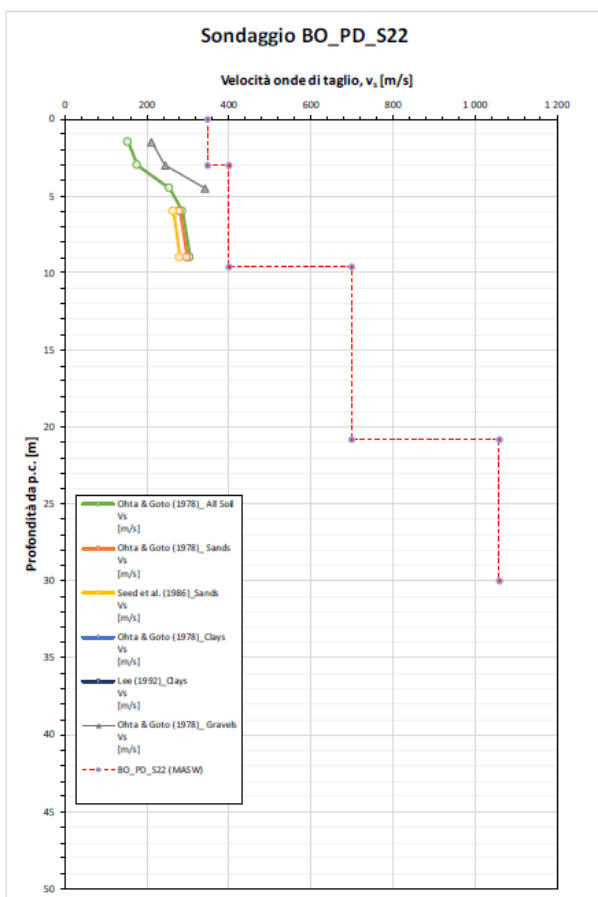
6.2.-..STIMA DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO DA PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE NSPT

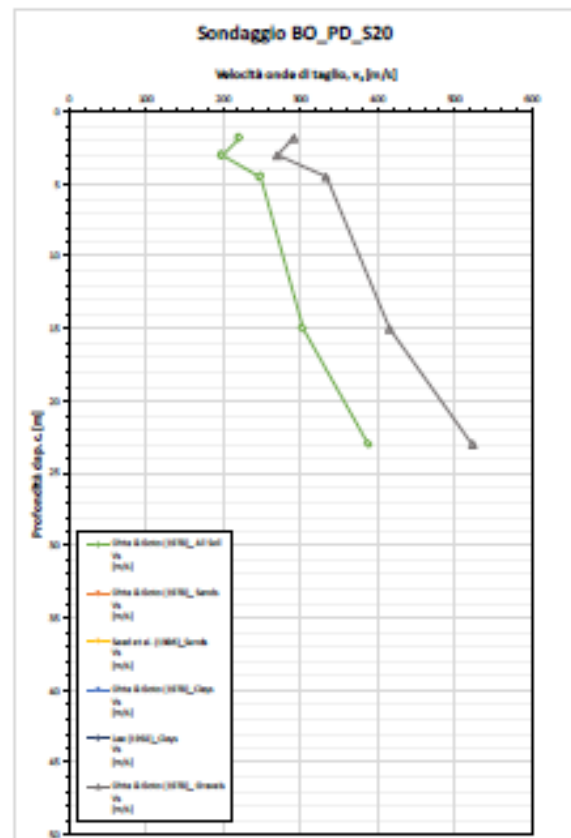
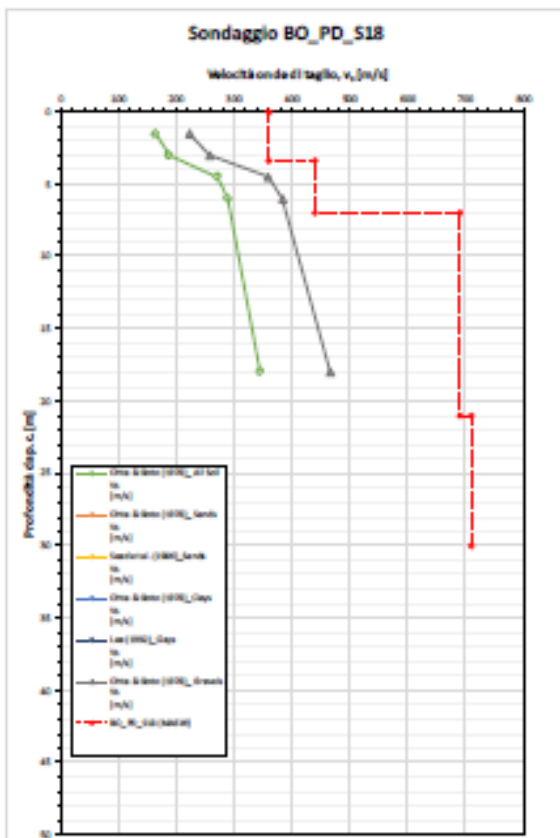
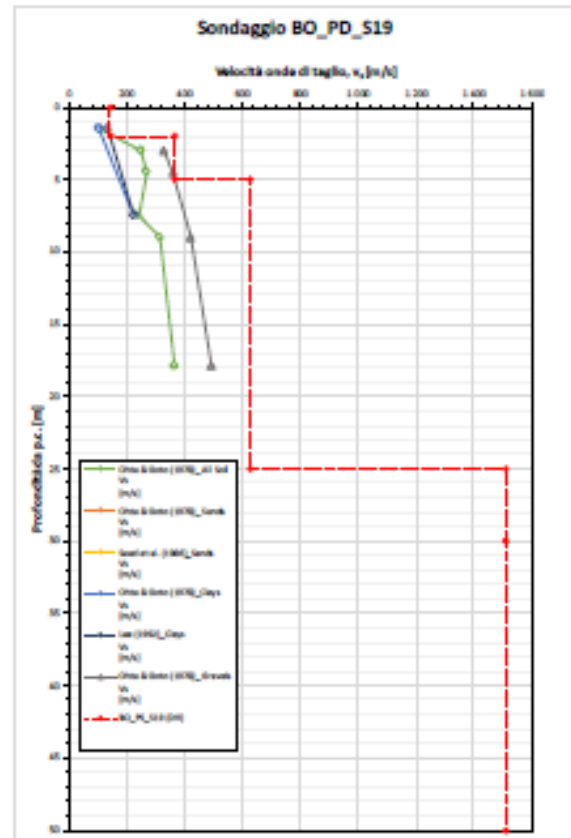
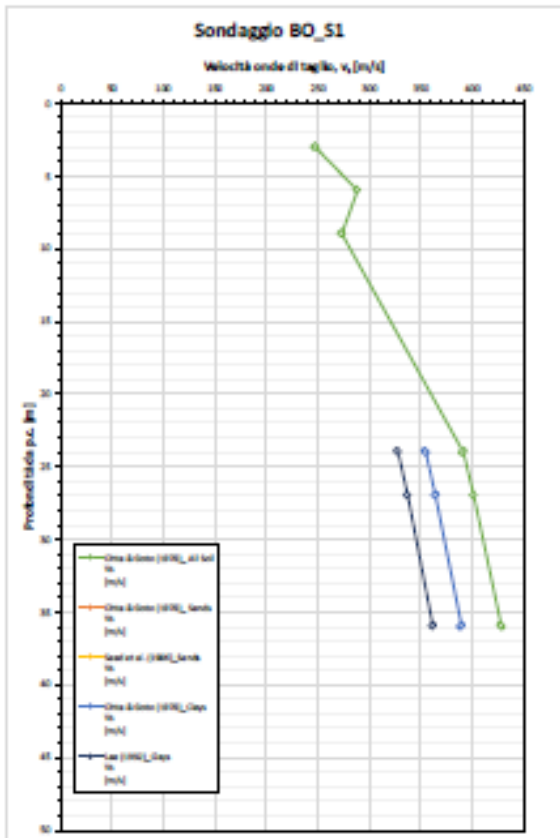
La velocità delle onde di taglio nel terreno (V_s) è stata determinata a partire dai valori di N_{SPT} in funzione:

- della tipologia di terreno (argille, sabbie, ghiaie,...);
- della profondità (z in m).

Nel documento di caratterizzazione geotecnica [Ref. 9] sono riportate le correlazioni da letteratura tecnica adottate.

Di seguito si riporta, per ciascun sondaggio l'andamento con la profondità della velocità delle onde di taglio ricavato dalle prove SPT disponibili.





6.3.-..CLASSIFICAZIONE SULLA BASE DELLA VELOCITÀ EQUIVALENTE DI PROPAGAZIONE DELLE ONDE DI TAGLIO $V_{s,30}$

In Tab. successiva si riportano i valori di velocità equivalente $V_{s,h}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità, o la profondità $h < 30$ m qualora la profondità del substrato ($V_s \geq 800$ m/s) e inferiore a 30m o non siano stati raggiunti i 30 m, e la corrispondente categoria di suolo, determinati dalle prove masw, down-hole e SPT.

| Prova | $V_{s,h}$ da MASW | h | | Categoria |
|------------------|-------------------|----|------------|-------------|
| BO_MASW1 | 266 | 30 | $V_{s,30}$ | Categoria C |
| BO_PD_S18 (MASW) | 593 | 30 | $V_{s,30}$ | Categoria B |
| BO_PD_S20 (MASW) | 453 | 30 | $V_{s,30}$ | Categoria B |
| BO_PD_S22 (MASW) | 506 | 30 | $V_{s,21}$ | Categoria B |
| Prova | $V_{s,h}$ da DH | h | | Categoria |
| BO_S2_DH | 326 | 30 | $V_{s,30}$ | Categoria C |
| BO_PS_S19 (DH) | 463 | 30 | $V_{s,25}$ | Categoria B |
| Prova | $V_{s,h}$ da SPT | h | | Categoria |
| BO_S1 | 328 | 36 | $V_{s,36}$ | Categoria C |
| BO_S2 | 294 | 36 | $V_{s,36}$ | Categoria C |
| BO_PD_S22 | 218 | 9 | $V_{s,9}$ | Categoria C |
| BO_PD_S20 | 279 | 23 | $V_{s,23}$ | Categoria C |
| BO_PD_S19 | 246 | 18 | $V_{s,18}$ | Categoria C |
| BO_PD_S18 | 265 | 18 | $V_{s,18}$ | Categoria C |

6.4.--SINTESI DEI RISULTATI

Nel grafico seguente si riporta la sintesi dei risultati ottenuti in termini di categoria di suolo.

| Sondaggio | BO_PD_S22 | BO_S2 | BO_S1 | BO_MASW1 | BO_PD_S19 | BO_PD_S18 | BO_PD_S20 |
|-------------------------|-----------|-------|-------|----------|-----------|-----------|-----------|
| V _{sh} da DH | | | | | | | |
| Cat. B | | | | | | | |
| Cat. C | | | | | | | |
| V _{sh} da MASW | | | | | | | |
| Cat. B | | | | | | | |
| Cat. C | | | | | | | |
| V _{sh} da SPT | | | | | | | |
| Cat. B | | | | | | | |
| Cat. C | | | | | | | |


Esaminando la categoria di suolo lungo la tratta risultante dall'interpretazione delle indagini disponibili si evidenzia quanto segue:

- dalle prove MASW risulta una categoria di suolo B e solo la prova BO_MASW1 identifica una categoria C;
- dalle prove DH in corrispondenza del sondaggio BO_S2 risulta una categoria di suolo C;
- le V_{s,h} stimate da SPT identificano un suolo tipo C lungo tutto il tracciato. In alcuni casi risultano però riferite a profondità molto inferiori ai 30 metri e quindi poco rappresentative sull'altezza di riferimento (30 metri);.

Sulla base delle valutazioni svolte tenuto conto della variabilità ed eterogeneità dei risultati, ai fini progettuali è stata attribuita una categoria di suolo C.

6.5.--CATEGORIA TOPOGRAFICA

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, la morfologia dell'area può essere ricondotta ad una delle configurazioni semplici previste nel D.M. 17/01/2018 in Tabella 3.2.III. In particolare, l'area in oggetto può essere classificata di categoria T1, "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ", con coefficiente di amplificazione topografica $S_t = 1.0$.

| | | | | | | |
|--|--|------------------|----------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA. | | | | | |
| | SSE MONTAGUTO-RELAZIONE GEOTECNICA | COMMESSA IF1W | LOTTO 00D18 | CODIFICA RB | DOCUMENTO SE0200 001 | REV. A |

6.6.-..AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Per definire l'azione sismica di riferimento si devono operare alcune scelte in termini di "vita nominale" e "classi d'uso" dell'opera legati al livello prestazionale atteso.

6.7.-..DEFINIZIONE DELLA VITA NOMINALE, V_N

In accordo con quanto riportato al paragrafo 2.4.1 del DM 17/01/2018, la vita nominale (V_N) di un'opera strutturale e intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

Per la definizione della vita nominale si fa riferimento al paragrafo 2.5.1.1 del Manuale di Progettazione delle Opere Civili - Parte II - Sezione 2 - Ponti e Strutture (Ref. 16), dal quale è estratta la tabella seguente.

| TIPO DI COSTRUZIONE ⁽¹⁾ | Vita Nominale V_N [Anni] ⁽²⁾ |
|--|--|
| OPERE NUOVE SU INFRASTRUTTURE FERROVIARIE PROGETTATE CON LE NORME VIGENTI PRIMA DEL DM 14/01/2008 A VELOCITÀ CONVENZIONALE ($V < 250$ Km/h) | 50 |
| ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V < 250$ Km/h | 75 |
| ALTRE OPERE NUOVE A VELOCITÀ $V \geq 250$ km/h | 100 |
| OPERE DI GRANDI DIMENSIONI: PONTI E VIADOTTI CON CAMPATE DI LUCE MAGGIORE DI 150 m | ≥ 100 ⁽²⁾ |
| (1) – La stessa V_N si applica anche ad apparecchi di appoggio, coprigiunti e impermeabilizzazione delle stesse opere. | |
| (2) - Da definirsi per il singolo progetto a cura di FERROVIE. | |

Per la tratta in esame:


Opera: Vita Nominale (V_N): 75

6.8.-..DEFINIZIONE DELLA CLASSE D'USO, CU

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso definite al paragrafo 2.4.2 del DM 17/01/2018.

Con riferimento alla classificazione di cui al punto 2.4.2 del DM 17.1.2018 anche alla luce del punto C.2.4.2 della relativa Circolare esplicativa del 2.2.2009 n. 617/C.S.LL.PP., la classe d'uso delle infrastrutture ferroviarie può, di norma, assumersi :

| Opera | Classe d'Uso | Coeff. d'Uso (Cu) |
|--|--------------|----------------------|
| <i>Tratta allo scoperto Raccordo provvisorio</i> | III | 1.5 |

| | | | | | | |
|---|--|------------------|----------------|----------------|-------------------------|-----------|
|  | ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA. | | | | | |
| | SSE MONTAGUTO-RELAZIONE GEOTECNICA | COMMESSA IF1W | LOTTO 00D18 | CODIFICA RB | DOCUMENTO SE0200 001 | REV. A |

6.9.-..PERIODO DI RIFERIMENTO DELL'AZIONE SISMICA, VR

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U , cioè mediante la seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Per la tratta in esame risulta:

| Opera | Periodo di Riferimento (V_R) |
|--|--|
| <i>Tratta allo scoperto Raccordo provvisorio</i> | 112.5 |

6.10.-..DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA

L'azione sismica è variabile lungo la tratta al variare delle coordinate del punto considerato. Con riferimento ad un punto intermedio della tratta Bovino di coordinate:

Longitudine: 15.280293°,

Latitudine: 41.240983°,

risulta per lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) quanto segue

| Accelerazione di riferimento a_r/g | Categoria sottosuolo | Categoria topografica | Vita Nominale | Classe d'uso | Accelerazione massima attesa al sito a_{max}/g |
|---|----------------------|-----------------------|---------------|--------------|---|
| 0.272 | C | T1 | 75 | III | 0.354 |

Parametri indipendenti


| STATO LIMITE | SLV |
|--------------|---------|
| a_r | 0.272 g |
| F_a | 2.436 |
| T_c | 0.431 s |
| S_B | 1.302 |
| C_C | 1.387 |
| S_T | 1.000 |
| q | 1.000 |

Parametri dipendenti

| | |
|--------|---------|
| S | 1.302 |
| η | 1.000 |
| T_B | 0.199 s |
| T_C | 0.597 s |
| T_D | 2.688 s |

7.-.. MAGNITUDO

Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004), il tratto ferroviario in oggetto, ricade all'interno della **Zona 925** Ofanto, caratterizzata da una magnitudo massima $M=6.83$.

| | | | | | | |
|--|--|-------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|
|  ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA. | | | | | |
| | SSE MONTAGUTO-RELAZIONE GEOTECNICA | COMMESSA IF1W | LOTTO 00D18 | CODIFICA RB | DOCUMENTO SE0200 001 | REV. A |

8.-. VERIFICA DI LIQUEFAZIONE

8.1.-.METODOLOGIA DI ANALISI DEI CRITERI DI ESCLUSIONE

Ai sensi del D.M. 17/01/2018 paragrafo 7.11.3.4.2 sono stati analizzati i criteri di esclusione della verifica a liquefazione. L'analisi è stata sviluppata per ogni sondaggio con riferimento ai valori di N_{SPT} disponibili ed alle prove di laboratorio sui campioni prelevati. In presenza di terreni con elevato contenuto di fine (FC) si è utilizzato un ulteriore criterio di analisi proposto da NCEER nel articolo "Recent Advances In Soil Liquefaction Engineering: A Unified And Consistent Framework" (Seed et al., 2003).

8.2.-. CRITERI DI ESCLUSIONE AI SENSI DEL DM 17/01/2018

La vigente normativa tecnica riporta quanto segue.

La verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1. Accelerazione massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;*
- 2. Profondità media stagionale della falda superiore ai 15m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;*
- 3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100kPa;*
- 4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.*

Per quanto concerne il primo punto, il sito oggetto della presente progettazione non rispetta quanto necessario ad escludere le verifiche a liquefazione. Si procede quindi a valutare i criteri rimanenti. Il criterio numero 2) viene verificato rifacendosi alla falda di progetto assunta cautelativamente a -1.0 m da p.c.

Il criterio numero 3) viene verificato con riferimento al valore normalizzato di NSPT così calcolato:
 $(N1)_{60} = C_N \cdot N_{60}$

assumendo: $N_{60} \approx N_{SPT}$, $C_N = (p_a / \sigma'_{v0})^{0.5}$, $p_a = 100 \text{ kPa}$, $0.4 \leq C_N \leq 2$.

Infine, il criterio numero 4) viene considerato soddisfatto se almeno il 50% della curva granulometrica cade al di fuori del fuso indicato in normativa. La percentuale soglia del 50% è in linea con quanto indicato nella Deliberazione della Giunta Regionale dell'Emilia Romagna, 21-12-2015, N. 2193 in materia di "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" nell'Allegato A3. Tuttavia, per curve granulometriche al di fuori del fuso da normativa per percentuali comprese tra il 50% ed il 70%, viene fornito un avvertimento ed ulteriori

valutazioni verranno effettuate su elementi aggiuntivi quali la plasticità del fine, la posizione della falda, etc....

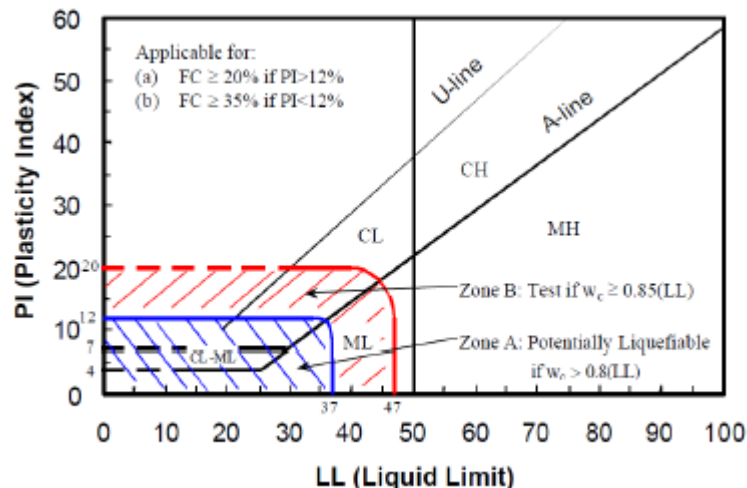
8.1.-..CRITERI DI ESCLUSIONE IN ACCORDO CON QUANTO PROPOSTO DA NCCER PER TERRENI CON ELEVATO CONTENUTO DI FINE

In accordo con il metodo proposto da NCEER (vedasi: "Recent Advances In Soil Liquefaction Engineering: A Unified And Consistent Framework" di Seed et al., 2003), si riporta di seguito il criterio di esclusione del rischio di liquefazioni per terreni, denominati di transizione, che presentano un significativo contenuto di fine (FC, percentuale di passante a 0.075mm). In particolare, tale criterio è utilizzabile per terreni di transizione, ovvero per terreni che presentano caratteristiche intermedie tra quelli a comportamento incoerente (sabbia) e coesivo (argilla), così caratterizzati:

$FC \geq 20\%$ e $IP > 12\%$;
 $FC \geq 35\%$ e $IP < 12\%$.

Il criterio, basato sul valore del Limit e Liquido (w_L) e dell'Indice Plastico (IP), individua 3 zone principali:

- Zona A: i terreni che ricadono all'interno di questa zona sono considerati terreni potenzialmente liquefacibili se il contenuto d'acqua (w) risulta superiore del 80% del limite liquido ($0.8 \cdot w_L$).
- Zona B: i terreni in Zona B sono suscettibili a liquefazione se il contenuto d'acqua (w) risulta superiore del 85% del limite liquido ($0.85 \cdot w_L$).
- Zona C: i terreni che ricadono in tale zona sono generalmente non suscettibili a liquefazione.




8.2.-..VERIFICA DEI CRITERI DI ESCLUSIONE ALLA SUSCETTIBILITÀ A LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Cautelativamente è stato considerata una falda a -1.0m da piano campagna.

Nelle tre colonne più a destra della tabella di sintesi viene indicato l'esito della verifica con eventuali note.

In particolare, se almeno uno dei tre criteri 2), 3), 4) riportati al §5.1 consente di escludere le verifiche a liquefazione, nella colonna "Esito" viene indicata la dicitura "Verifica non necessaria" in colore verde.

Nel caso in cui nessuno dei tre criteri consenta di escludere le verifiche, per mancato soddisfacimento

| | | | | | | |
|---|--|-----------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | ITINERARIO NAPOLI-BARI. RADDOPPIO TRATTA BOVINO-ORSARA. | | | | | |
| SSE MONTAGUTO-RELAZIONE GEOTECNICA | COMMESSA IF1W | LOTTO 00D18 | CODIFICA RB | DOCUMENTO SE0200 001 | REV. A | FOGLIO 24 di 25 |

dei limiti o per mancanza di dati, nella colonna "Esito" viene indicata la dicitura "da verificare". In questo caso, se la descrizione stratigrafica presente a sondaggio indica terreni di natura incoerente la dicitura sarà rossa; se invece la descrizione indicherebbe terreni coesivi e/o fosse in contrasto con il criterio numero 4) la dicitura sarà gialla con un asterisco.

Nelle note si riportano alcuni commenti di aiuto alla comprensione di eventuali discrepanze o volti ad indicare la mancanza di alcuni dati.

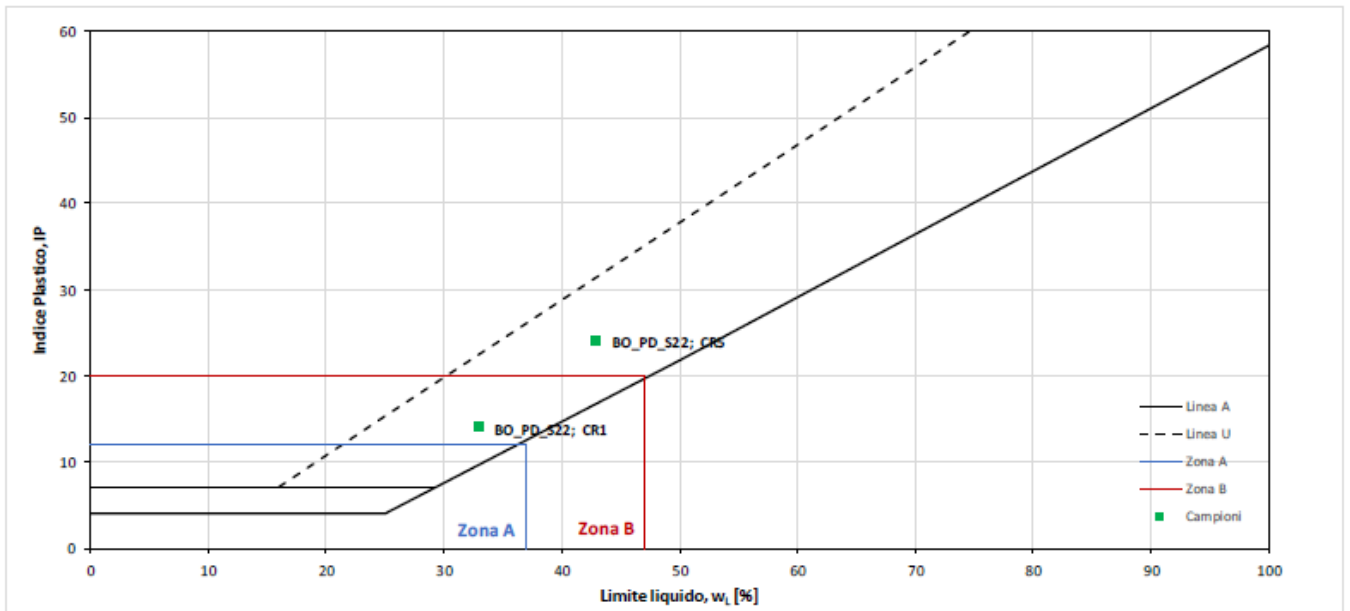
In tale ambito si riporta anche il caso in cui il campione si trovi sopra falda, eventualità per la quale la normativa vigente non dichiara espressamente l'esclusione ma che scongiurerebbe la possibilità che si verificano fenomeni di liquefazione.

8.3.-...ANALISI DEI RISULTATI

A seguito dell'analisi svolta si evidenzia quanto segue:

- in corrispondenza del sondaggio BO_S2 alla profondità di 14.0m e 15.3m da piano campagna non è rispettata rispettivamente la condizione numero 3) e la condizione numero 4), quest'ultima riferita al campione CR3.
In accordo alla descrizione stratigrafica presente nel Log del sondaggio stesso, tuttavia, il terreno risulta di natura coesiva e pertanto sono esclusi fenomeni di liquefazione. Ad ulteriore conferma, analizzando i dati di laboratorio del campione CR3, infatti, esso è caratterizzato da un Contenuto di Fine (FC) maggiore del 35% e un Indice Plastico (IP) maggiore del 12%, pertanto rientra tra i terreni classificabili come a comportamento coesivo e quindi non suscettibile a fenomeni di liquefazione.
- nel sondaggio BO_PD_S22 alla profondità 1.9m da piano campagna la condizione numero 4) risulta soddisfatta, ma il fuso granulometrico, determinato in corrispondenza del campione CR1, cade al di fuori della banda prevista da Normativa per una percentuale compresa tra il 50% e il 70%. Al fine di fornire un ulteriore riscontro della non suscettibilità a liquefazione del terreno, denominato di transizione, è stato applicato il criterio proposto da NCEER. In particolare, come evidenziato nella seguente Tab. 9 e Fig. 7, il campione ricade all'interno della Zona B ma il contenuto d'acqua risulta inferiore al 85% del limite liquido.
- in corrispondenza del sondaggio BO_PD_S22 alla profondità di 14.9m da piano campagna la condizione numero 54) non risulta soddisfatta. Tuttavia, applicando il criterio di NCEER, il campione CR5, ricade all'interno della Zona C (vedasi Tab. 9 e Fig. 7), pertanto non è suscettibile a fenomeni di liquefazione.
- in corrispondenza del sondaggio BO_PD_S20 alla profondità di 8.2m da piano campagna la condizione numero 4) non risulta soddisfatta. Analizzando i dati di laboratorio del campione CR2, infatti, esso è caratterizzato da un Contenuto di Fine (FC) maggiore del 35% e un Indice Plastico (IP) maggiore del 12%, pertanto rientra tra i terreni classificabili come a comportamento coesivo e quindi non suscettibile a fenomeni di liquefazione.
- in corrispondenza del sondaggio BO_PD_S20 alla profondità di 13.1m da piano campagna la condizione numero 4) non risulta soddisfatta. Tuttavia, analizzando i dati di laboratorio del campione CR3, esso è caratterizzato da un Contenuto di Fine (FC) maggiore del 35% e un Indice Plastico (IP) maggiore del 12%, pertanto rientra tra i terreni classificabili come a comportamento coesivo e quindi non suscettibile a fenomeni di liquefazione.
- in corrispondenza del sondaggio BO_PD_S19 alla profondità di 1.5m da piano campagna la condizione numero 3) non risulta soddisfatta, ma, in accordo alla descrizione stratigrafica presente nel Log del sondaggio stesso, il terreno risulta di natura coesiva e pertanto sono esclusi fenomeni di liquefazione.

| Tratta | Sondaggio | Prof. [m] | Campione | Limite liquido w_L [%] | Indice Plastico IP [%] | Contenuto di fessure FC [%] | Contenuto d'acqua w [%] | Tipo di terreno | Zona | Esito | Per grafico w_L [%] | Per grafico IP [%] | |
|--------|-----------|-----------|----------|--------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------|--------|-------------------------|--------------------|----|
| Orsara | BO_PD_S22 | 1,9 | CR1 | BO_PD_S22; CR1 | 33 | 14 | 20,3 | 8,9 | Terrano di transizione | Zona B | verifica non necessaria | 33 | 14 |
| Orsara | BO_PD_S22 | 14,9 | CR5 | BO_PD_S22; CR5 | 43 | 24 | 26,7 | 20 | Terrano di transizione | Zona C | verifica non necessaria | 43 | 24 |



8.4.-..CONCLUSIONE

Sulla base delle analisi svolte, si ritiene che il terreno presente nella tratta in esame non sia suscettibile a fenomeni di liquefazione.