

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

MANDANTI:



IL DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE:

Ing. L. LACOPO



Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche

PROGETTO ESECUTIVO

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO - BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
2° E 3° SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO**

RELAZIONE

GEOLOGIA

RELAZIONE SISMICA

APPALTATORE IL DIRETTORE TECNICO 	SCALA: <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 20px; text-align: center; margin: 5px 0;">-</div>
---	--

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

IF2R 02 E ZZ RG GE0001 001 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE	L. Bruni	29/06/21	C. Brentari	30/06/21	M. Nuti	30/06/21	IL PROGETTISTA Ing. A. Oss 01/12/21
B	EMISSIONE	L. Bruni	29/10/21	C. Brentari	30/10/21	M. Nuti	30/10/21	
C	EMISSIONE	L. Bruni	28/11/21	C. Brentari	29/11/21	M. Nuti	30/11/21	

File: IF2R.0.2.E.ZZ.RG.GE.00.0.1.001.C.doc

n. Elab.:

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 2 di 69

1	INTRODUZIONE	3
2	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....	6
4	SISMICITA' STORICA	10
5	PERICOLOSITA' SISMICA	21
6	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	26
6.1	AZIONI SISMICHE DI PROGETTO.....	36
6.2	VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE - NTC 2008	38
6.2.1	Metodologie di analisi	41
6.2.2	Risultati analisi di liquefazione.....	48
6.2.3	Sintesi risultati.....	56
6.3	POSSIBILI CONSEGUENZE DELLA LIQUEFAZIONE	59
6.3.1	Stima dei cedimenti post-liquefazione.....	60
6.3.1	Verifiche di stabilita post-liquefazione.....	65
7	CONCLUSIONI.....	67
8	BIBLIOGRAFIA.....	68
9	OUTPUT DI CALCOLO.....	69

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 3 di 69

1 INTRODUZIONE

La presente relazione fornisce un quadro della sismicità del tracciato nell'area interessata dalla "Progettazione esecutiva ed esecuzione in appalto dei lavori di realizzazione della linea ferroviaria Napoli-Bari, Tratta Telese - San Lorenzo ("Lotto 2") compresa tra la pk 27+700 e la pk 39+050, e Tratta San Lorenzo - Vitulano ("Lotto 3") compresa tra la pk 39+050 e la pk 46+372" per una lunghezza complessiva di circa 18,600 km.

Lungo il tracciato in esame si alternano tratte in sotterraneo e tratte all'aperto. Le tratte in sotterraneo sommano a 8.427 metri, pari a circa il 45% del tracciato, cui si aggiungono 1300 metri circa delle finestre intermedie delle GN Tuoro S. Antuono, San Lorenzo e le Forche.

Il gruppo di lavoro, sotto il controllo scientifico del Dott. Geol. G. Venturini, è stato coordinato dal Dott. Geol. P. Notaro e sviluppato dalla Dott.ssa Geol. C. Cannata.

Questo rapporto analizza e descrive la sismicità dell'area interessata dal progetto, ricostruita durante le seguenti fasi operative:

- ricerca bibliografica di tutti i dati disponibili sulle aree interessate dal progetto, mirata ad acquisire i dati più recenti sulla sismicità dell'area interessata dal progetto;
- individuazione ed analisi dei risultati delle campagne di indagini geofisiche preesistenti;
- analisi dei risultati della campagna di indagini geofisiche integrativa;
- caratterizzazione della pericolosità sismica dell'area;
- individuazione delle categorie di sottosuolo e topografiche, come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (NTC 2008) e delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (NTC 2018).

Il presente lavoro è stato elaborato alla luce della nuova normativa sismica:

- Legge n. 1086 del 1971;
- Legge n. 64 del 1974;
- Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 6 giugno 2001 (Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia);
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n.3274 (e successive modifiche ed integrazioni) *"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica"*;
- D.M. del 14-01-2008 "Norme tecniche per le costruzioni"; Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 del C. S. LL. PP. – Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni";

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 4 di 69

- Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica (ICMZS), “Standard di Rappresentazione e Archiviazione dei Dati” per la Microzonazione Sismica predisposti dalla Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 dell’O.P.C.M. n. 3907 del 13/11/2010);
- “Norme Tecniche per le Costruzioni” D.M. 17 gennaio 2008;
- DS n. 540 del 13.10.2020 dell’Autorità di Bacino Distrettuale dell’Appennino Meridionale.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 5 di 69

2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il tracciato della linea oggetto di studio si estende da Telese (pk 27+700) sino a Vitulano (pk 46+372) per una lunghezza complessiva di circa 18,600 km. I comuni principalmente interessati dall'opera ricadono nella provincia di Benevento: Castelvenere, Guardia Sanframondi, Ponte, San Lorenzo Maggiore, Solopaca, Torrecuso e Benevento (Figura 1).

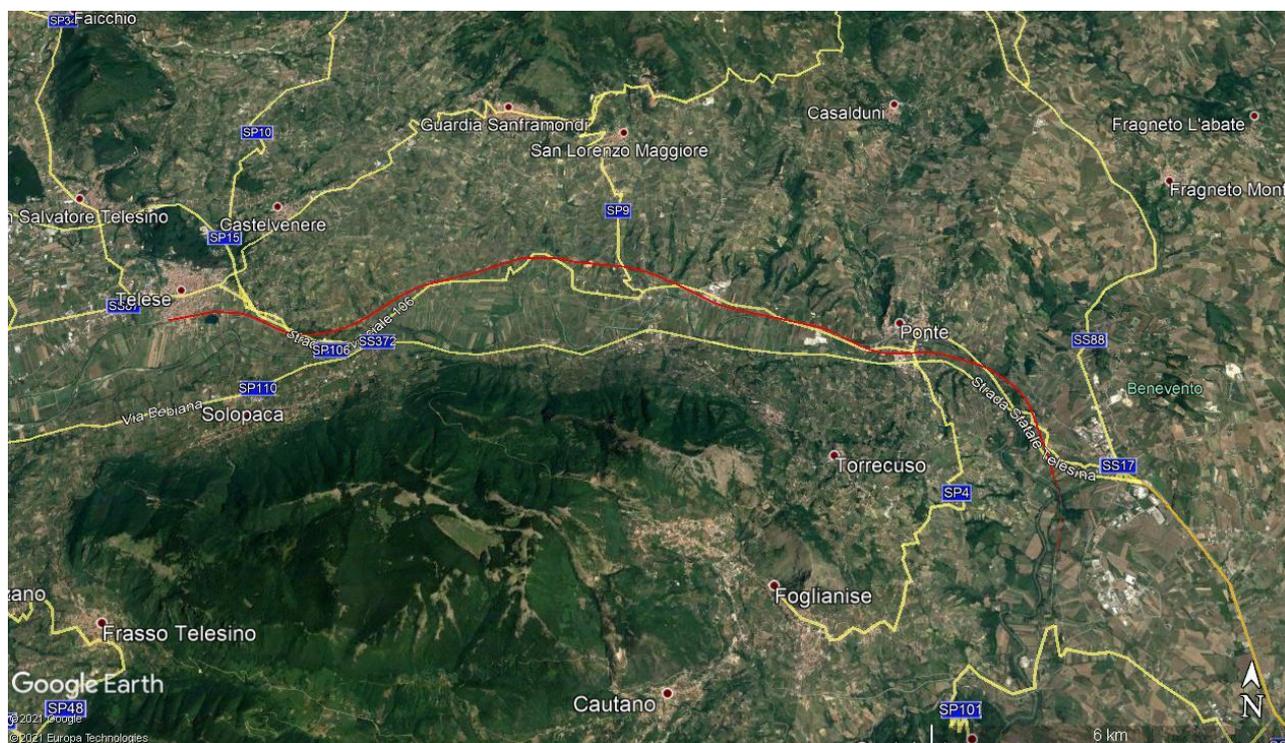


Figura 1: Indicazione schematica del tracciato di progetto (indicato in rosso) (Google Earth)

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 6 di 69

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area in esame è situata nella settore centrale della Regione Campania, costituita da un'unità tettonica meso-cenozoica, l'Unità del Fortore (Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007), derivante dalla deformazione di domini paleogeografici di natura bacinale (Carannante et al. 2012), su cui poggiano sequenze di scarpata arenaceo-marnose e conglomeratiche sin-orogeniche del tardo Miocene, a loro volta ricoperti da depositi quaternari di origine vulcanica, alluvionale e detritico-colluviale (Carannante et al. 2012). Nell'area affiorano, dai terreni più recenti a quelli più antichi:

- **Depositi continentali:** depositi alluvionali e detritico-colluviali, depositati in ambiente fluviale e subaereo per opera dei processi fluviali e di versante e di genesi vulcanoclastica. Affiorano lungo i rilievi montuosi o in corrispondenza degli alvei attuali più importanti e consistono in:
 - **Depositi alluvionali attuali (ba):** depositi continentali di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, costituiti da due differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa (**ba1**) e sabbioso-limosa (**ba2**), affioranti in tutto il settore di studio in corrispondenza delle principali aste fluviali (Fiume Calore e Fiume Volturno). Olocene.
 - **Depositi alluvionali recenti (bb):** Limi e sabbie di natura piroclastica e subordinatamente ghiaie carbonatiche localizzati nelle golene dei fiume Calore e Volturno. Sabbie e ghiaie poligeniche, paraconglomerati a matrice sabbioso-limosa, con livelli decimetrici di sabbie limose e limi argillificati. Depositi fluviali in alveo e di golena, depositi di conoide torrentizia attiva. Sono costituiti da tre differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa (**bb1**), sabbioso-limosa (**bb2**) e limoso-argillosa (**bb3**). Olocene.
 - **Coltri eluvio-colluviali (b2):** colluvioni e suoli limosi sabbiosi di natura prevalentemente piroclastica con clasti clacarei e resti ceramici oppure limi argillosi bruni con piccoli ciottoli, talori pomici e piroclastiti fini rimaneggiate, sabbie e ghiaie arrossate (**b2**) oppure depositi prodotti dalla degradazione in situ delle coperture di pianori e superfici di spianamento (**b6**). Si rinvengono diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza delle depressioni impluviali o alla base dei rilievi più acclivi ed estesi. Olocene.
 - **Depositi di origine mista (i):** depositi continentali di versante, conoide alluvionale e colata detritica, costituiti da una singola litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa. ghiaie monogeniche (carbonatiche) o poligeniche in facies di conoide alluvionale, a clasti decimetrici, in abbondante matrice argilloso-sabbiosa marrone, di natura

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 7 di 69

prevalentemente piroclastica. Limi argillosi marroni di natura piroclastica, con locali lenti di ghiaie carbonatiche. Pleistocene sup. - Olocene.

- **Depositi alluvionali antichi (bc):** depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da quattro differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa (**bc1**), sabbioso-limosa (**bc2**), limoso-argillosa (**bc3**) e travertinoso-sabbiosa (**bc4**). Affiorano lungo tutta la piana alluvionale del Fiume Calore, tra il centro abitato di Ponte e la stazione di Amorusi. Pleistocene superiore – Olocene.
- **Depositi alluvionali terrazzati (bn):** depositi continentali di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, costituiti da tre differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa. Si rinviene nel settore centrale dell'area di studio e lungo l'alto corso del Fiume Calore e a valle della confluenza col Fiume Volturno. L'unità presenta uno spessore massimo di circa 100 m. Pleistocene medio – Pleistocene superiore.

La litofacies ghiaiosa è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bn1**) arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, nocciola e giallastro; si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio-azzurro, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate. Sono presenti lenti e/o livelli di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro. La litofacies prevalentemente sabbioso-limosa è caratterizzata da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro (**bn2**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate. La litofacies prevalentemente pelitica è costituita da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio-azzurro, marrone e verdastro (**bn3**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate. Si osservano localmente passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e bruno-rossastro, con rari inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.

- **Depositi vulcanoclastici:** affiorano maggiormente in corrispondenza del fondovalle del Fiume Calore e del Fiume Volturno, a SO di Telese affiora a SO di Telese, in località Pera Tonda. Sono rappresentati dall' **Unità di Maddaloni (MDL)**. Si tratta di depositi lacustri con frequenti intercalazioni fluviali e vulcanoclastiche, costituiti da quattro differenti litofacies a dominante

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 8 di 69

ghiaioso-sabbiosa (**MDL1**), sabbioso-limoso (**MDL2**), limoso-argilloso (**MDL3**). A luoghi sono presenti locali paleosuoli brunastri a tessitura sabbioso-limoso e limoso-argilloso. Età: Pleistocene inferiore - Pleistocene superiore.

➤ **Depositi sin-orogenici discordanti.** L'unità è costituita da:

- **Formazione di Altavilla (ALT):** Depositi di ambiente variabile da mare basso e lago-mare a continentale, costituiti da due componenti: una evaporitica alla base, data da diatomiti, calcari evaporitici, livelli di gesso e di zolfo, passante verso l'alto alla componente post-evaporitica costituita da conglomerati, sabbie, argille siltose e argille, con intercalazioni lentiformi di argille varicolori. Età: Messiniano superiore – Pliocene basale.
- **Arenarie di Caizzo (AIZ):** arenarie grossolane, microconglomerati e conglomerati quarzoso-feldspatici di colore grigio-marroncino o bruno-giallastro all'alterazione. Tali depositi si ritrovano in strati da medi a spessi con base netta oppure in banchi talora lenticolari di spessore metrico, spesso amalgamati. Talora si alternano intercalazioni marnoso-siltose. Affiorano nel settore centrale e Sud-occidentale dell'area di studio, rispettivamente lungo la dorsale di Bosco Caldaia e presso Taverna Starze e località Puparuolo. Età: Tortoniano superiore - Messiniano inferiore.

➤ **Unità Sepino-Monte Moschiatturo:** affiora nella porzione centrale dell'area di intervento, a SE del centro abitato di Telese, e nella porzione più orientale dell'area di studio lungo i versanti che bordano il Fiume Calore. E' costituita da:

- **Gruppo delle Argille Varicolori (ALV):** Si rinviene nei settori centrali e occidentali della zona di studio, in corrispondenza della stazione di Solopaca e lungo l'alto corso del Fiume Calore, a SE del centro abitato di Ponte. La formazione è suddivisa in due membri. Si tratta di argilliti scagliose dal rosso-violaceo al grigio-verdastro e/o bluastro, con sporadiche intercalazioni centimetriche e decimetriche di marne e calcari micritici chiari, calcareniti bioclastiche, calcari marnosi, marne, calcari marnosi siliciferi ed arenarie arcoseo-litiche di colore grigio. In subordine sono presenti argille e argille limose di colore rosso e verdastro. E' composta da tre litofacies: la litofacies calcareo-dolomitica, costituita da calcari cristallini biancastri, da massivi a ben stratificati, con frequenti intercalazioni di calcareniti bioclastiche, calcari dolomitici grigio-violacei (**ALVc**), breccie calcaree a macroforaminiferi e conglomerati poligenici a matrice marnosa e limoso-argilloso di colore verdastro; a luoghi si rinvengono passaggi di marne e marne calcaree di colore grigio, verde e rossastro, in strati da molto sottili a sottili, e locali livelli di arenarie e siltiti grigie; localmente sono presenti fasce cataclastiche o milonitiche, costituite da breccie calcaree eterometriche in abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limoso grigia e biancastra. La litofacies calcareo-marnosa: formata da argille, argille limose e argille marnose di colore grigio, azzurro, rosso-violaceo e grigio-verdastro (**ALVb**), caotiche o a struttura scagliosa,

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 9 di 69

in alternanza con calcari micritici chiari, calcari-dolomitici grigio-violacei e calcari marnosi siliciferi, in strati da sottili a spessi; a luoghi si rinvengono intercalazioni sabbioso-limose marroni e grigiastre, passaggi marnosi grigio-verdastri e livelli di arenarie arcoseo-litiche grigie, in strati da sottili a medi; localmente sono presenti fasce cataclastiche o milonitiche, costituite da breccie calcaree eterometriche in abbondante matrice sabbioso-limosa e argilloso-sabbiosa grigia e rossastra. La litofacies pelitica è costituita da argille, argille limose e argille marnose di colore grigio, azzurro, rosso-violaceo e grigio-verdastro (**ALVa**), caotiche o a struttura scagliosa, con sottili intercalazioni sabbioso-limose grigiastre, diffusi passaggi marnosi grigio-verdastri e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvengono livelli di calcari micritici chiari, calcari-dolomitici grigio-violacei, calcari marnosi siliciferi e arenarie arcoseo-litiche grigie, in strati da sottili a medi. Età: Oligocene superiore - Miocene inferiore.

Dal punto di vista strutturale, si osservano due gruppi principali di strutture compressive. Quelle del primo gruppo si riferiscono al thrust che caratterizza il margine occidentale delle colline di Telese a Ovest della stazione di Solopaca, lungo il bordo settentrionale della valle del Fiume Calore. Tale sovrascorrimento presenta un andamento circa NE-SO e vergenza NO. Il fronte di sovrascorrimento risulta disseccato da numerosi elementi distensivi ad alto angolo e, in generale, presenta un andamento variabile da N-S a NO-SE e NE-SO. Le strutture distensive interessano buona parte delle litologie del substrato dell'area di studio e quelle che costituiscono le depressioni morfostrutturali della piana del Fiume Calore. I rilievi presenti lungo l'alto corso del Fiume Calore, tra il centro abitato di Ponte e Benevento sono interessati da un sistema principale ENE-OSE due sistemi secondari NO-SE e NE-SO. Sono presenti faglie distensive sepolte, ad alto angolo in direzione NO-SE, NE-SO, E-O e N-S, lungo la piana alluvionale del Fiume ed interessano il substrato sedimentario al di sotto delle coperture continentali della piana alluvionale e i terreni più recenti delle successioni vulcanoclastiche e fluvio-lacustri. Due faglie dirette sub-verticali NO-SE e NE-SO, sepolte al di sotto delle spesse coperture alluvionali quaternarie, interessano il margine nord-orientale e sud-occidentale delle colline a W di Telese. Queste strutture mettono in contatto le Argille Varicolori Superiore con le Arenarie di Caiazzo. A SE del centro abitato di Telese è presente una faglia diretta potenzialmente attiva e capace, orientata NO-SE, che ribassa i settori sud-occidentali della piana del Fiume Calore e taglia interamente i depositi dell'Unità di Maddaloni e in parte i depositi alluvionali terrazzati.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO PROGETTO ESECUTIVO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.													
GEOLOGIA Relazione sismica	<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>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE.00.0.1.001</td> <td>C</td> <td>10 di 69</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	10 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	10 di 69								

4 SISMICITA' STORICA

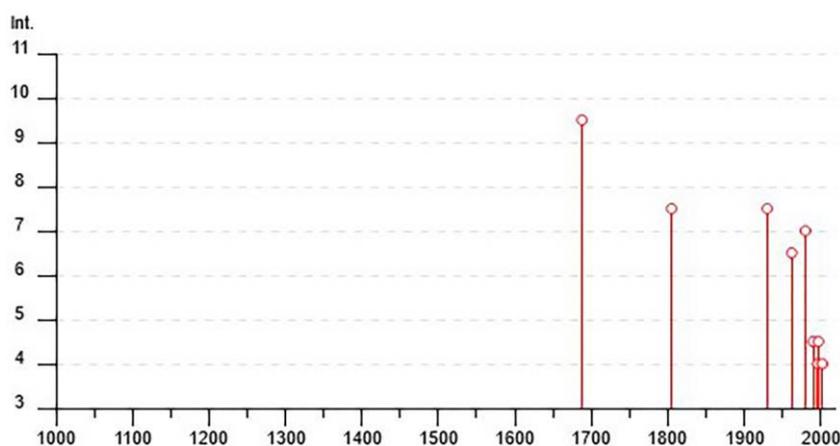
Per la definizione dei caratteri della sismicità storica della zona si è fatto a riferimento ai comuni principalmente interessati dall'opera: Castelvenero, Guardia Sanframondi, Ponte, San Lorenzo Maggiore, Solopaca, Torrecuso e Benevento. La ricerca dei terremoti che hanno avuto ripercussioni nell'area di indagine dal 1000 in poi è avvenuta attraverso il Database Macrosismico Italiano 2015 (DBMI15, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>) che fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF2R 0.2.E.ZZ RG GE.00.0.1.001 C 11 di 69

Castelvenere



PlaceID IT_59517
 Coordinate (lat, lon) 41.234, 14.546
 Comune (ISTAT 2015) Castelvenere
 Provincia Benevento
 Regione Campania
 Numero di eventi riportati 11



► Personalizza il diagramma

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
9-10	1688	06	05	15	30		Sannio	215	11	7.06
7-8	1805	07	26	21			Molise	220	10	6.68
7-8	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
6-7	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
7	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1990	04	22	09	45	0	Sannio	74	6	3.98
4-5	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
4	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
4-5	1997	03	19	23	10	5	Sannio-Matese	284	6	4.52
4	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
NF	2005	05	21	19	55	19	Area Nolana	271	5	4.07

Figura 2: Terremoti con intensità massima ≥ 5 nel periodo 1000-2014 nel Comune di Castelvenere

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 12 di 69

Guardia Sanframondi



PlaceID IT_59622
 Coordinate (lat, lon) 41.255, 14.597
 Comune (ISTAT 2015) Guardia Sanframondi
 Provincia Benevento
 Regione Campania
 Numero di eventi riportati 23

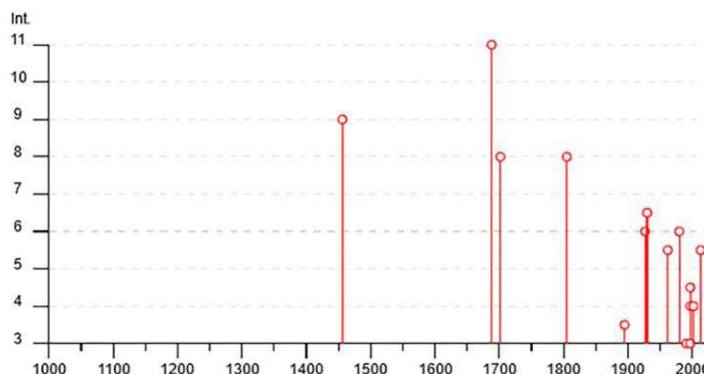


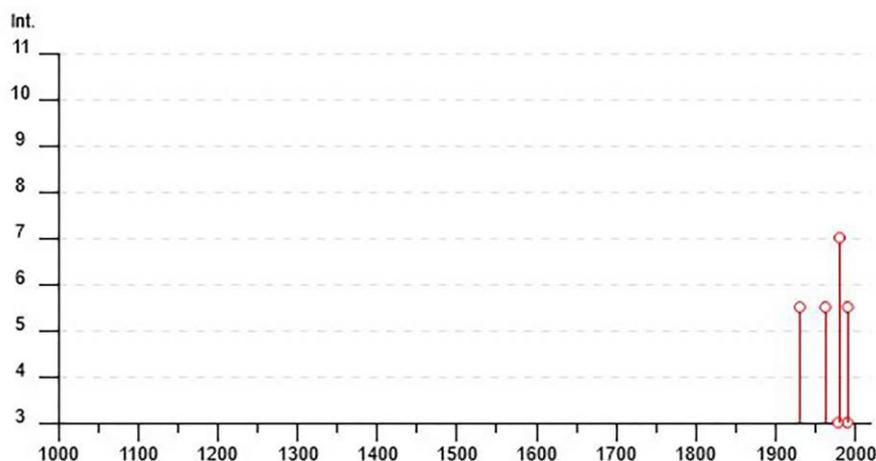
Figura 3: Terremoti con intensità massima ≥ 5 nel periodo 1000-2014 nel Comune di Guardia Sanframondi

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 13 di 69

Ponte



PlaceID IT_59713
 Coordinate (lat, lon) 41.214, 14.696
 Comune (ISTAT 2015) Ponte
 Provincia Benevento
 Regione Campania
 Numero di eventi riportati 11



► Personalizza il diagramma

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
5-6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
2	1977	07	24	09	55	29	Irpinia	85	5-6	4.37
3	1978	02	08	04	10	29	Irpinia	100	5-6	4.44
7	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3	1990	04	22	09	45	0	Sannio	74	6	3.98
2-3	1990	04	22	16	47	0	Sannio	34	5	3.63
5-6	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
NF	1990	08	30	14	54		Beneventano	39	5-6	3.20
NF	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
NF	2005	05	21	19	55	19	Area Nolana	271	5	4.07

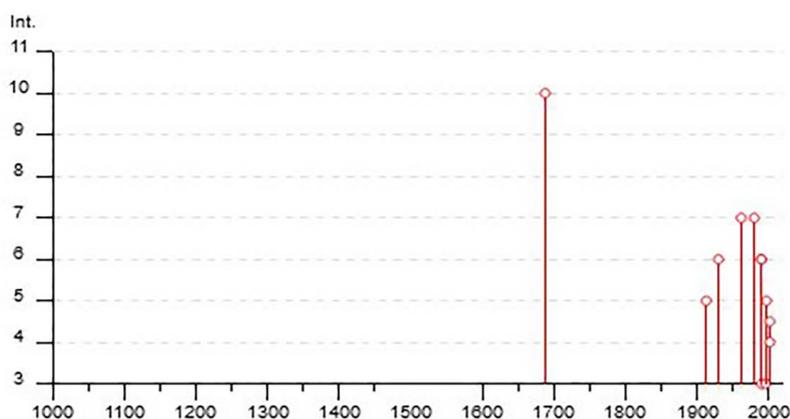
Figura 4: Terremoti con intensità massima ≥ 5 nel periodo 1000-2014 nel Comune di Ponte

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO												
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO												
GEOLOGIA Relazione sismica	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE.00.0.1.001</td> <td>C</td> <td>14 di 69</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	14 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	14 di 69								

San Lorenzo Maggiore



PlaceID IT_59816
 Coordinate (lat, lon) 41.251, 14.626
 Comune (ISTAT 2015) San Lorenzo Maggiore
 Provincia Benevento
 Regione Campania
 Numero di eventi riportati 16



► Personalizza il diagramma

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
10	1688	06	05	15	30		Sannio	215	11	7.06
5	1913	10	04	18	26		Molise	205	7-8	5.35
6	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
7	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
7	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3	1990	04	22	09	45	0	Sannio	74	6	3.98
6	1990	04	22	16	47	0	Sannio	34	5	3.63
6	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
NF	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
3	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
NF	1997	04	22	03	12	0	Sannio-Matese	57	5	4.06
5	1997	11	24	19	04	5	Sannio-Matese	46	5	3.88
4-5	2002	11	01	15	09	0	Molise	638	7	5.72
4	2002	11	12	09	27	4	Molise	174	5-6	4.57
NF	2003	12	30	05	31	3	Molise	326	4-5	4.53
NF	2006	05	29	02	20	0	Gargano	384		4.64

Figura 5: Terremoti con intensità massima ≥ 5 nel periodo 1000-2014 nel Comune di San Lorenzo Maggiore

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF2R 0.2.E.ZZ RG GE.00.0.1.001 C 15 di 69

Solopaca



PlaceID IT_59913
 Coordinate (lat, lon) 41.192, 14.548
 Comune (ISTAT 2015) Solopaca
 Provincia Benevento
 Regione Campania
 Numero di eventi riportati 21

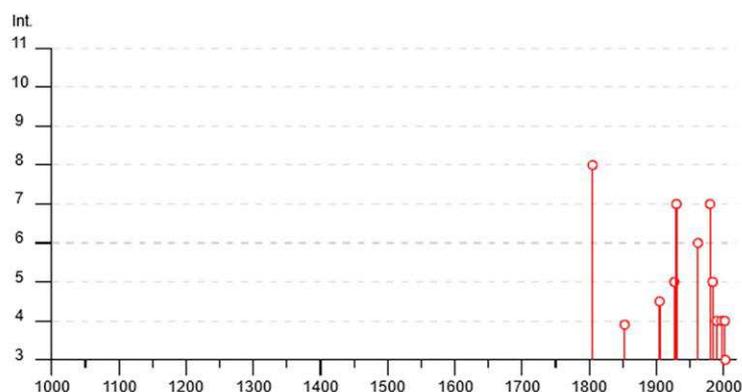


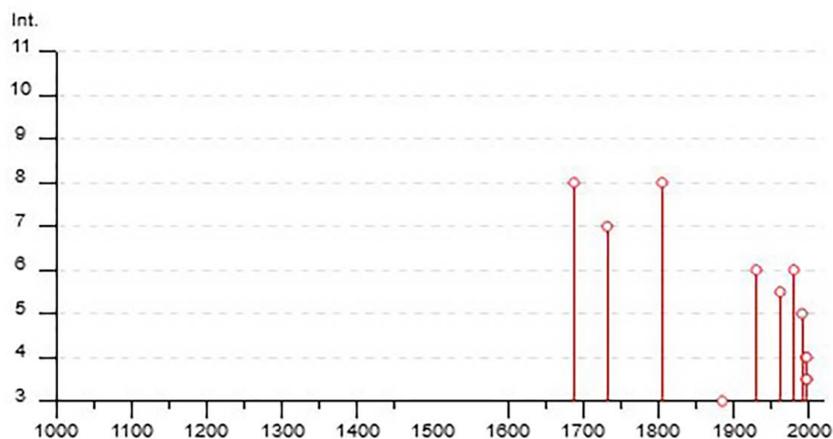
Figura 6: Terremoti con intensità massima ≥ 5 nel periodo 1000-2014 nel Comune di Solopaca

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica		COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 16 di 69

Torrecuso



PlaceID IT_59927
 Coordinate (lat, lon) 41.189, 14.680
 Comune (ISTAT 2015) Torrecuso
 Provincia Benevento
 Regione Campania
 Numero di eventi riportati 14



► Personalizza il diagramma

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Msr
8	1688	06	05	15	30		Sannio	215	11	7.06
7	1732	11	29	07	40		Irpinia	183	10-11	6.75
8	1805	07	26	21			Molise	220	10	6.68
3	1885	09	17	09	35		Benevento	22	5	4.26
NF	1903	05	04	03	44		Valle Caudina	78	7	4.69
6	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
5-6	1962	08	21	18	19		Irpinia	562	9	6.15
6	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
5	1991	05	26	12	25	5	Potentino	597	7	5.08
4	1996	04	03	13	04	3	Irpinia	557	6	4.90
3-4	1997	03	19	23	10	5	Sannio-Matese	284	6	4.52
4	1997	04	22	03	12	0	Sannio-Matese	57	5	4.06
3-4	1997	11	24	19	04	5	Sannio-Matese	46	5	3.88

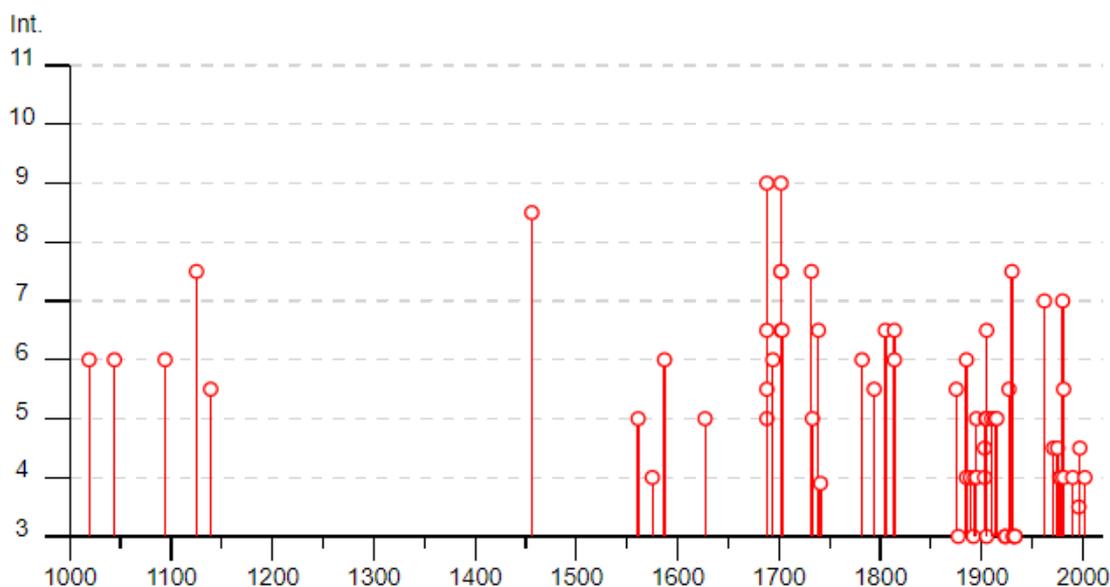
Figura 7: Terremoti con intensità massima ≥ 5 nel periodo 1000-2014 nel Comune di Torrecuso

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 17 di 69

Benevento



PlaceID IT_59438
 Coordinate (lat, lon) 41.131, 14.778
 Comune (ISTAT 2015) Benevento
 Provincia Benevento
 Regione Campania
 Numero di eventi riportati 78



APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 18 di 69

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1019	04	01				Benevento	1	6	4.63
6	1044	04	19	09			Benevento	1	6	4.63
6	1094	01	14				Benevento	1	6	4.63
7-8	1125	10	11				Benevento	1	7-8	5.33
5-6	1139	01	22				Benevento	1	5-6	4.40
8-9	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
5	1561	07	31	19	45		Vallo di Diano	22	9	6.34
4	1575	06	05	20	30		Napoli	2	5-6	3.25
6	1587						Benevento	1	6	4.63
5	1627	07	30	10	50		Capitanata	64	10	6.66
5	1688	01	14				Benevento	1	5	4.16
9	1688	06	05	15	30		Sannio	215	11	7.06
6-7	1688	08	14				Beneventano	3	6-7	4.86
5-6	1688	10	12				Beneventano	1	5-6	4.40
6	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
7-8	1702	03	14	04	30		Sannio-Irpinia	4	6-7	4.86
9	1702	03	14	05			Sannio-Irpinia	37	10	6.56
7-8	1702	04	02	06	20		Sannio-Irpinia	4	6-7	4.86
6-7	1702	04	06	16	55		Sannio-Irpinia	1	6-7	4.86
6-7	1703	01	14	18			Valnerina	197	11	6.92
7-8	1732	11	29	07	40		Irpinia	183	10-11	6.75
5	1733	07	16	04			Irpinia	2	5	4.16
6-7	1739	02	27	04	20		Benevento	3	5-6	4.40
F	1741	08	06	13	30		Irpinia	8	7-8	5.44
6	1782	01	11				Benevento	2	5	4.16
5-6	1794	06	12	22	30		Irpinia	16	7	5.26
6-7	1805	07	26	21			Molise	220	10	6.68
6-7	1814	11	25				Beneventano	2	5-6	4.40
6	1814	12	01	06			Beneventano	1	6	4.63

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:						
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 19 di 69	

5-6	🔗	1875 12 06	Gargano	97	8 5.86
3	🔗	1877 08 24 02 45	Lazio meridionale	54	7 5.21
6	🔗	1885 09 17 09 35	Benevento	22	5 4.26
4	🔗	1885 12 26 02	Molise	28	5-6 4.66
NF	🔗	1887 12 03 03 45	Calabria settentrionale	142	8 5.55
4	🔗	1889 12 08	Gargano	122	7 5.47
NF	🔗	1892 01 22	Colli Albani	81	7 5.14
3	🔗	1892 04 20	Gargano	15	6-7 5.02
4	🔗	1893 01 25	Vallo di Diano	134	7 5.15
NF	🔗	1893 08 10 20 52	Gargano	69	8 5.39
NF	🔗	1894 11 16 17 52	Calabria meridionale	303	9 6.12
5	🔗	1895 02 01 07 24 35	Monti del Partenio	40	5 4.29
4	🔗	1895 08 09 17 38 20	Adriatico centrale	103	6 5.11
NF	🔗	1903 05 04 03 44	Valle Caudina	78	7 4.69
4	🔗	1903 12 07 05 58	Beneventano	9	4-5 4.14
4-5	🔗	1903 12 07 19 45	Beneventano	4	4-5 3.93
5	🔗	1904 07 18 20 02	Beneventano	24	5 4.50
6-7	🔗	1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7 4.90
NF	🔗	1905 08 18 04 07	Tavoliere delle Puglie	41	5 4.61
3	🔗	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11 6.95
5	🔗	1905 11 26	Irpinia	122	7-8 5.18
5	🔗	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8 5.76
5	🔗	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8 5.35
5	🔗	1915 01 13 06 52 43	Marsica	1041	11 7.08
3	🔗	1923 11 08 12 28	Appennino campano-lucano	28	6 4.73
3	🔗	1924 03 26 20 50	Sannio	12	4 4.06
5-6	🔗	1927 05 25 02 50	Sannio	54	6 4.98
2	🔗	1930 04 27 01 46	Salernitano	26	7 4.98
7-8	🔗	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10 6.67
3	🔗	1931 05 10 10 48 55	Irpinia	43	5-6 4.64
3	🔗	1933 03 07 14 39	Irpinia	42	6 4.96

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 20 di 69

3	📄	1933 09 26 03 33 29	Maiella	325	9	5.90
2	📄	1937 07 17 17 11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96
7	📄	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
4-5	📄	1971 05 06 03 45 05	Irpinia	68	6	4.83
4-5	📄	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5.02
4	📄	1977 07 24 09 55 29	Irpinia	85	5-6	4.37
4	📄	1978 02 08 04 10 29	Irpinia	100	5-6	4.44
7	📄	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5-6	📄	1981 02 14 17 27 45	Monti di Avella	85	7-8	4.88
4	📄	1981 11 29 05 06 45	Potentino	14	5	4.51
NF	📄	1984 04 29 05 02 59	Umbria settentrionale	709	7	5.62
4	📄	1990 05 05 07 21 2	Potentino	1375		5.77
NF	📄	1991 05 26 12 25 5	Potentino	597	7	5.08
3-4	📄	1996 04 03 13 04 3	Irpinia	557	6	4.90
4-5	📄	1997 03 19 23 10 5	Sannio-Matese	284	6	4.52
4	📄	2002 11 01 15 09 0	Molise	638	7	5.72
NF	📄	2003 06 01 15 45 1	Molise	501	5	4.44
NF	📄	2003 12 30 05 31 3	Molise	326	4-5	4.53

Figura 8: Terremoti con intensità massima ≥ 5 nel periodo 1000-2014 nel Comune di Benevento

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 21 di 69

5 PERICOLOSITA' SISMICA

Sotto il profilo sismico, gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata ZS9, introdotta appositamente per la redazione della mappa di pericolosità 2004, per la quale il territorio italiano è stato suddiviso in 36 diverse zone, sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con lettere da A a F, fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F) (Figura 9).

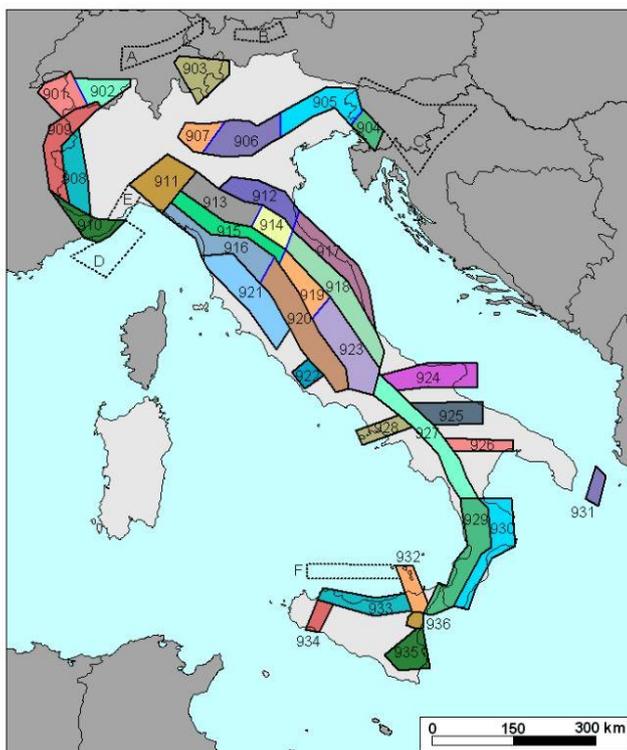


Figura 9: Zonazione Sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004)

Ogni zona sismogenetica è stata caratterizzata da una propria sismicità, definita attraverso la distribuzione degli eventi in base alla loro severità. In particolare, per la redazione della mappa di pericolosità 2004 si sono usate due diverse rappresentazioni: una distribuzione di tipo esponenziale degli eventi e una distribuzione discreta assegnando il numero medio annuo di eventi per classi di magnitudo. Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise, 2004), l'area di progetto ricade interamente all'interno della Zona 927 Sannio-Irpinia-Basilicata (Figura 10). Sulla base degli studi sismologici più aggiornati, in

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 22 di 69

tale settore sono attesi terremoti di media profondità ($P = 8-12$ km) e di elevata magnitudo ($M_{max} = 7.06$), riconducibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente normale.

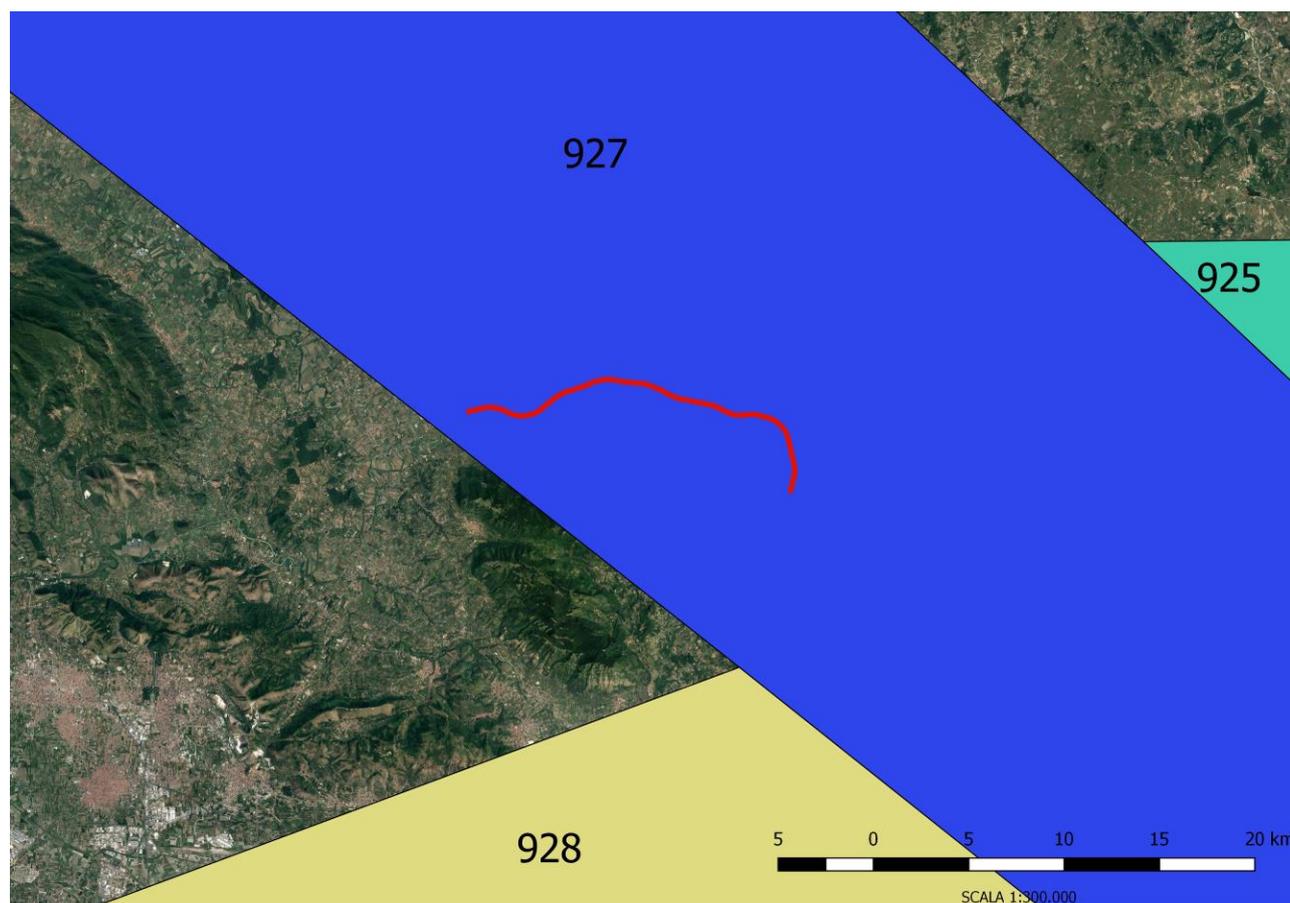


Figura 10: Stralcio Zonazione Sismogenetica; in rosso il tracciato di progetto

Le potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, sono state individuate tramite la consultazione del Database of Individual Seismogenic Sources DISS (vers. 3.2.1, 2018), in base al quale si osserva il tracciato di progetto non risulta interessato dalla presenza di potenziali faglie sismogenetiche (Figura 11). La fascia di sorgenti composite più vicina è rappresentata dalla sorgente composta ITCS024 Miranda-Apice, circa 4 km a NE, che contiene la sorgente individuale Tammaro Basin (profondità stimata 1-14 Km, magnitudo massima 6.6, Slip rate 0.1-1 mm/anno).

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 23 di 69

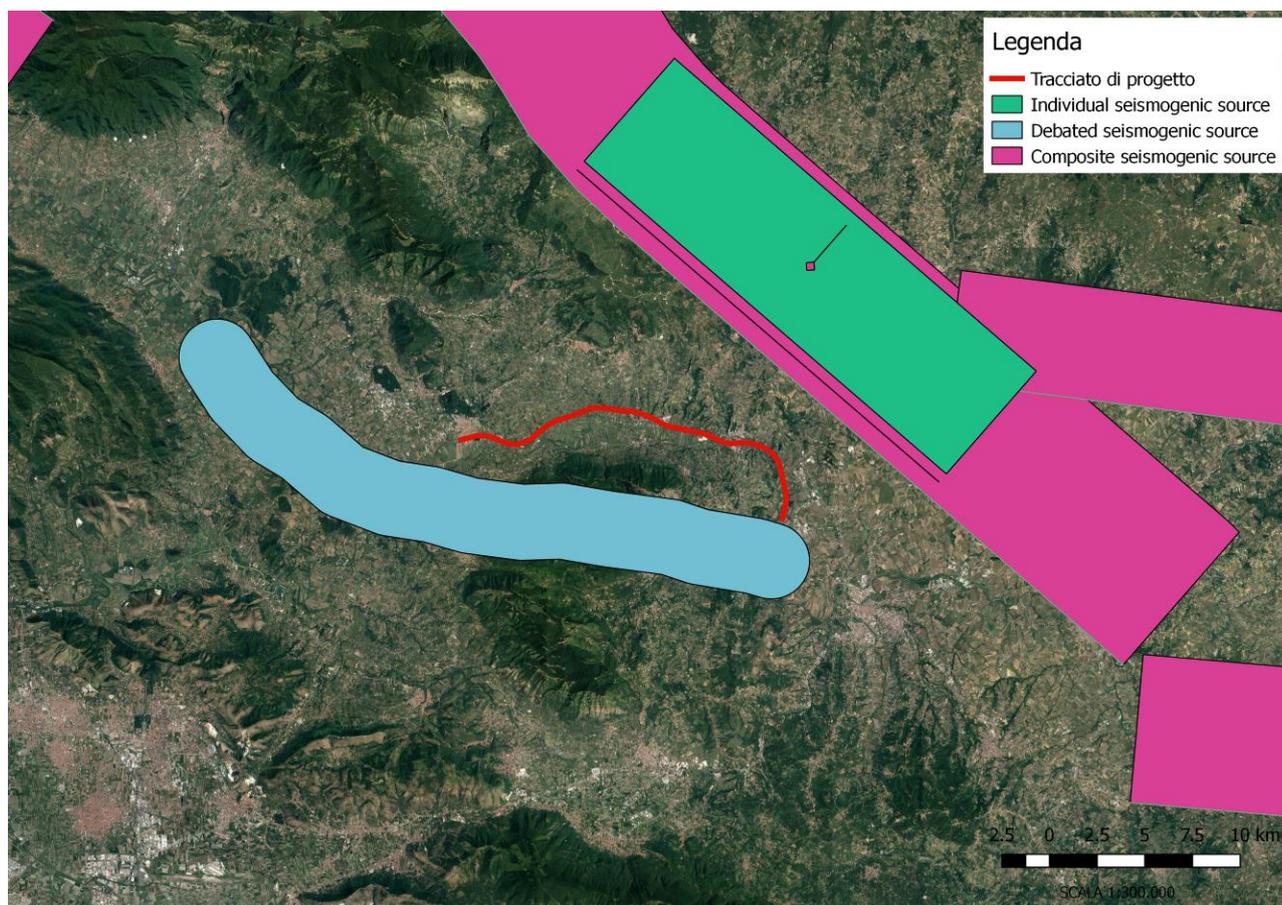
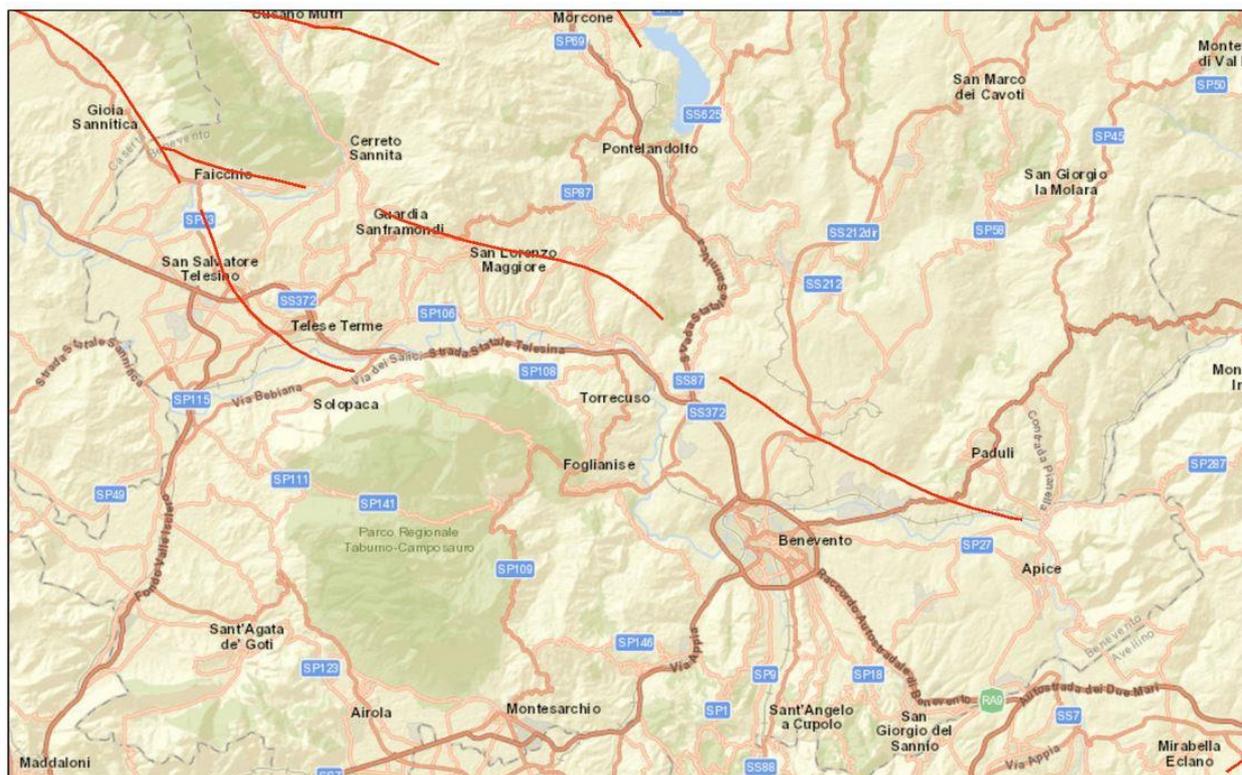


Figura 11: Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5.5$ nell'area di studio (da DISS Working group 2018, <http://diss.rm.ingv.it/diss/>); in colore rosso è indicato il tracciato di interesse progettuale

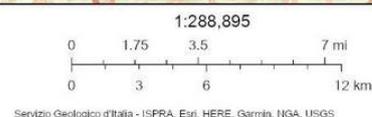
Il database del progetto ITHACA (Italy HAZard from CAPable faults) non riporta, nelle pk di progetto, la presenza di faglie capaci. Prossime alla tratta in progetto, al km 26+500 circa, si evidenzia una faglia potenzialmente attiva e capace (Figura 12) ("Southern Matese"), orientata NO-SE, ovvero una "faglia per la quale gli studi dimostrano un coinvolgimento dei terreni del Pleistocene medio-superiore, ma non necessariamente di depositi più recenti di 40000 anni" (Bramerini et al. 2015).

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 24 di 69



April 18, 2021

Kinematics
 — Normal Fault - - Reverse Fault
 ··· Unknown ··· Oblique Fault - - Strike Slip



Me
Copyright 2014

Figura 12: Localizzazione delle faglie Ithaca presenti nell'area di progetto

Sulla base dell'OPCM n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” i comuni di Solopaca e Telese ricadevano in “zona sismica 2”, ossia aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici abbastanza forti, mentre i comuni di Benevento, Castelvenere, Guardia Sanframondi, Ponte, San Lorenzo Maggiore e Torrecuso ricadevano in “zona sismica 1”, ossia aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici molto forti.

La consultazione delle Mappe interattive di pericolosità sismica, nella versione 2.0 - 1 gennaio 2019, del Progetto S1 dell'INGV-DPC identifica per le zone di interesse valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni – $T_r=475$) compresi all'incirca nell'intervallo 0.200-0.275 ag (accelerazione massima del suolo) (Figura 13).

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 25 di 69

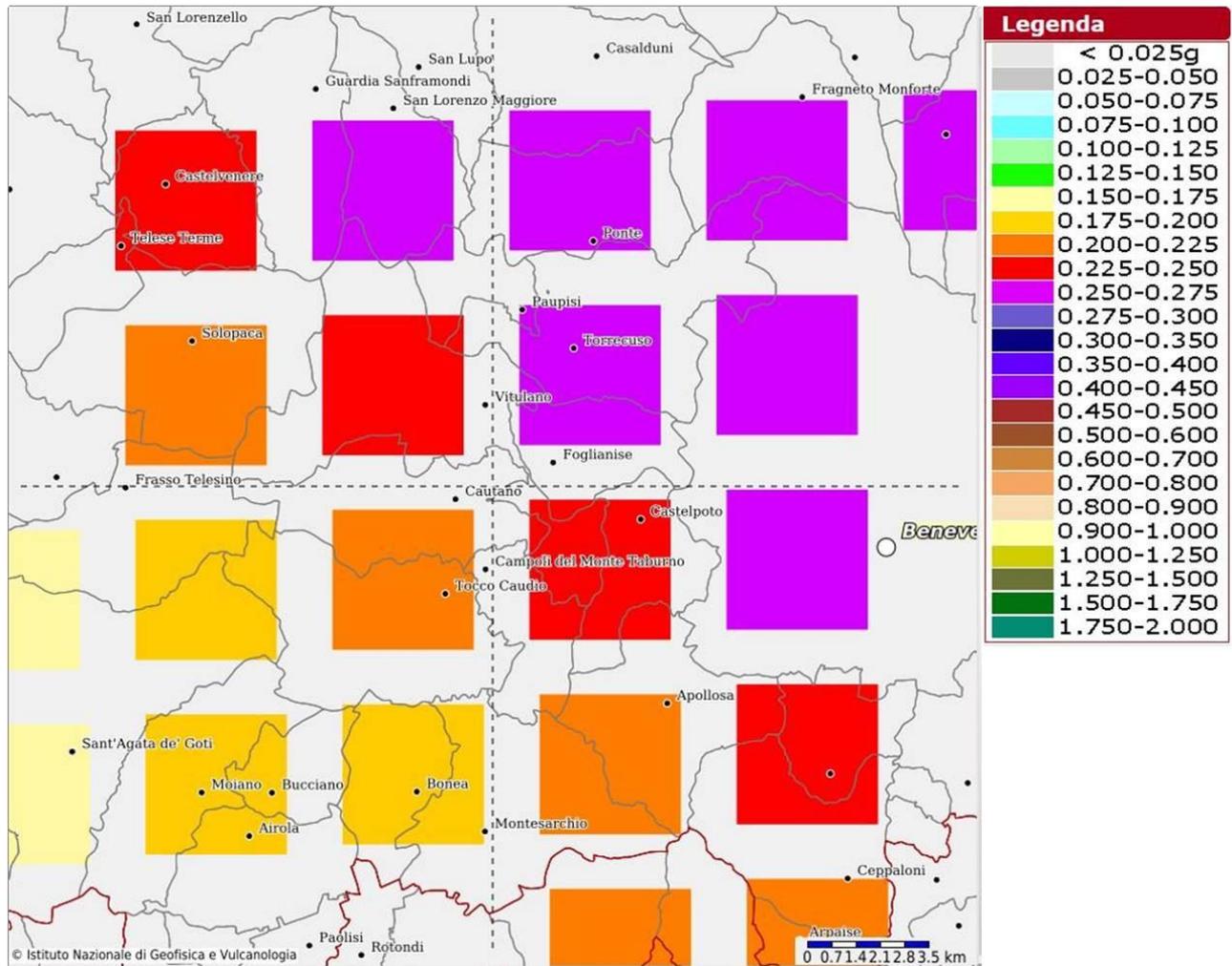


Figura 13: Mappa di pericolosità sismica per le zone di interesse (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>)

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 26 di 69

6 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

In osservanza delle Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 (NTC 2008) sono state definite le categorie di sottosuolo, sulla base delle caratteristiche del sottosuolo (tipo di terreno, variazioni dello stesso in profondità, spessore, etc.) (Tabella 1) e delle condizioni topografiche, che possono favorire o meno i fenomeni di amplificazione (Tabella 2).

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

Tabella 1: Categorie di sottosuolo

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 2: Categorie topografiche

La definizione della categoria del sottosuolo necessita di indagini che permettano di effettuare una opportuna caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo. La classificazione si ottiene sulla base dei valori misurati della velocità equivalente (V_{seq}) di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità ed in base a questi valori si distinguono 5 categorie di sottosuolo (Tabella 1– NTC-2008).

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, V_s -Eq (in m/s), definita dall'espressione:

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 27 di 69

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:

hi spessore dell'i-esimo strato (in m);

VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato (in m/s);

N numero di strati;

H profondità del substrato sismico (in m), definito come quella formazione, costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio VS,eq è definita dal parametro VS,30, ottenuto ponendo H=30 m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Nell'area di interesse progettuale sono state realizzate diverse indagini geofisiche (Tabella 3); le specifiche tecniche sulla strumentazione impiegata sono discussi in dettaglio nell'elaborato "documentazione indagini geofisiche" (IF2R.0.2.E.ZZ.IG.GE.00.0.1.001.C) a cui si rimanda per i dettagli.

Campagna indagine	Codice indagine	Tipologia indagine	pk
2017 Int.	Rifr_04	Stendimento sismico a rifrazione	28+548
2021	L2-Gts-000	Tomografia sismica	28+950
2021	L2-Gts-000bis	Tomografia sismica	28+950
2017	ERT2A	Indagine tomografica elettrica	29+805.77
2017	ERT2B	Indagine tomografica elettrica	29+991.09

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 28 di 69

2021	L2-Gts-0001	Tomografia sismica	30+200
2021	L2-S001-DH	Down Hole	30+490
2017 Int.	Rifr_05	Stendimento sismico a rifrazione	30+508
2017 Int.	Rifr_06	Stendimento sismico a rifrazione	30+977
2017	MASW 3	MASW	31+654.01
2021	L2-Gts-0002	Tomografia sismica	33+500
2017	IF15G21	Down Hole	33+502.90
2017	S1	Stendimento sismico a rifrazione	33+790.53
2017	S2	Stendimento sismico a rifrazione	33+826.68
2017	S3	Stendimento sismico a rifrazione	33+990.62
2021	L2-S006-DH	Down Hole	34+040
2015	D15	Down Hole	34+332.77
2021	L3-S002-DH	Down Hole	34+470
2017	S4	Stendimento sismico a rifrazione	34+747.91
2017	S5	Stendimento sismico a	34+797.

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	29 di 69
GEOLOGIA Relazione sismica							

		rifrazione	47
2015	Area D16	MASW	34+855. 61
2017	IF15G25	Down Hole	35+194. 64
2021	L2-S003-DH	Down Hole	36+400
2015	Area D17bis	MASW	36+856. 70
2017	MASW 4	MASW	36+976. 57
2021	L2-Gts-0003	Tomografia sismica	37+300
2017	MASW 5	MASW	38+925. 24
2015	D19	Down Hole	41+003. 83
2021	L3-S004-DH	Down Hole	41+070
2017	S22	Stendimento sismico a rifrazione	41+728. 46
2017	S21	Stendimento sismico a rifrazione	41+760. 61
2017	S19	Stendimento sismico a rifrazione	42+799. 75
2017	S20	Stendimento sismico a rifrazione	42+825. 66

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
GEOLOGIA		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
Relazione sismica		IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C
						FOGLIO 30 di 69

2021	L3-Gts-001	Tomografia sismica	42+980
2015	D23	Down Hole	43+720. 01
2017	S17ERT	Stendimento sismico a rifrazione	43+348. 24
2017	S17	Stendimento sismico a rifrazione	43+348. 97
2017	S18 Mod B	Stendimento sismico a rifrazione	43+419. 88
2017	S18 bis Mod ERT	Indagine tomografica elettrica	43+490. 25
2017	S18bis MOD	Stendimento sismico a rifrazione	43+490. 47
2017	S16	Stendimento sismico a rifrazione	43+541. 14
2017	S15	Stendimento sismico a rifrazione	43+601. 77
2017	S7	Stendimento sismico a rifrazione	43+988. 62
2017	S6	Stendimento sismico a rifrazione	44+022. 90
2017	ERT3	Indagine tomografica elettrica	44+781. 95
2017	S8	Stendimento	44+782. 03

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO				
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO				
Mandatario:	Mandante:					
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.				
GEOLOGIA		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.
Relazione sismica		IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C
						FOGLIO 31 di 69

		sismico a rifrazione	
2017	<i>ERT4</i>	Indagine tomografica elettrica	44+814.40
2017	S9	Stendimento sismico a rifrazione	44+815.00
2017	<i>S10</i>	Stendimento sismico a rifrazione	45+579.38
2017	<i>L14</i>	Stendimento sismico a rifrazione	45+646.84
2017	S11	Stendimento sismico a rifrazione	45+683.71
2017	L13	Stendimento sismico a rifrazione	45+719.31
2021	L3-Gts-003	<i>Tomografia sismica</i>	45+776
2017	<i>S12</i>	Stendimento sismico a rifrazione	45+990.89
2018	L1	Stendimento sismico a rifrazione	45+983
2018	<i>L2</i>	Stendimento sismico a rifrazione	45+936
2018	<i>L3</i>	Stendimento sismico a rifrazione	45+951

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 32 di 69

2018	HVSR1	HVSR	45+924
2018	HVSR2	HVSR	45+940
2018	HVSR3	HVSR	45+892
2018	IF15FR1	DH	45+936
2018	HVSR4	HVSR	46+009
2018	HVSR5	HVSR	46+290
2021	L3-Gts-004	Tomografia sismica	46+300
2021	L3-Gts-005	Tomografia sismica	46+300
2017	MASW 7	MASW	47+259. 31

Tabella 3: Indagini geofisiche effettuate nell'area di progetto. I dettagli sulla strumentazione impiegata sono discussi in dettaglio nell'elaborato IF2R.0.2.E.ZZ.IG.GE.00.0.1.001.C sulla documentazione relativa alle indagini geofisiche.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 33 di 69

Nelle indagini sismiche di tipo MASW il valore di Vs30 ottenuto è riportato in Tabella 4; tali misure hanno evidenziato che i litotipi indagati presentano velocità tali da essere collocati nelle categorie B e C secondo la normativa vigente (NTC-2008) e nella categoria topografica T1 (Figura 14).

Campagna indagine	Codice indagine	pk	Opere	Vs 30 misurata (m/s)	Categoria suolo	Categoria topografica prevalente
2017	MASW 3	31+654.01		442	B	T1
2015	Area D16	34+855.61		331	C	T1
2015	Area D17bis	36+856.70		615	B	T1
2017	MASW 4	36+976.57		576	B	T1
2017	MASW 5	38+925.24		629	B	T1
2017	MASW 6	41+160.86		673	B	T1

Tabella 4: Indagini MASW effettuate nell'area di progetto.

Le indagini sismiche tipo Down Hole hanno evidenziato che i litotipi indagati presentano velocità tali da essere collocati nelle categorie B e C (Tabella 5) secondo la normativa vigente (NTC-2008) e nella categoria topografica T1 e T2 in un solo caso (Figura 14).

Campagna indagine	Codice indagine	pk	Opere	Vs 30 misurata (m/s)	Vseq (m/s)	Categoria suolo	Categoria topografica prevalente
2015	D15	34+332.77		299		C	
2021	L2-S001-DH	30+490			629	B	T1
2017	IF15G21	33+502.90		485	298	C	T1
2021	L2-S006-DH	34+036			409	B	T1
2021	L2-S002-DH	34+480			432	B	T1

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 34 di 69

2017	IF15G25	35+194.64		268	396	C	T1
2021	L2-S003-DH	36+400			462	B	T1
2015	D19	41+003.83		407		B	
2021	L3-S004-DH	41+060			531	B	T1
2021	L3-S001-DH	43+400			506	B	T1
2021	L3-S002-DH	43+400			344	B	T2
2015	D23	43+720.01		560		B	
2018	IF15FR1	45+936			274	C	

Tabella 5: Indagini Down-Hole effettuate nell'area di progetto.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 35 di 69

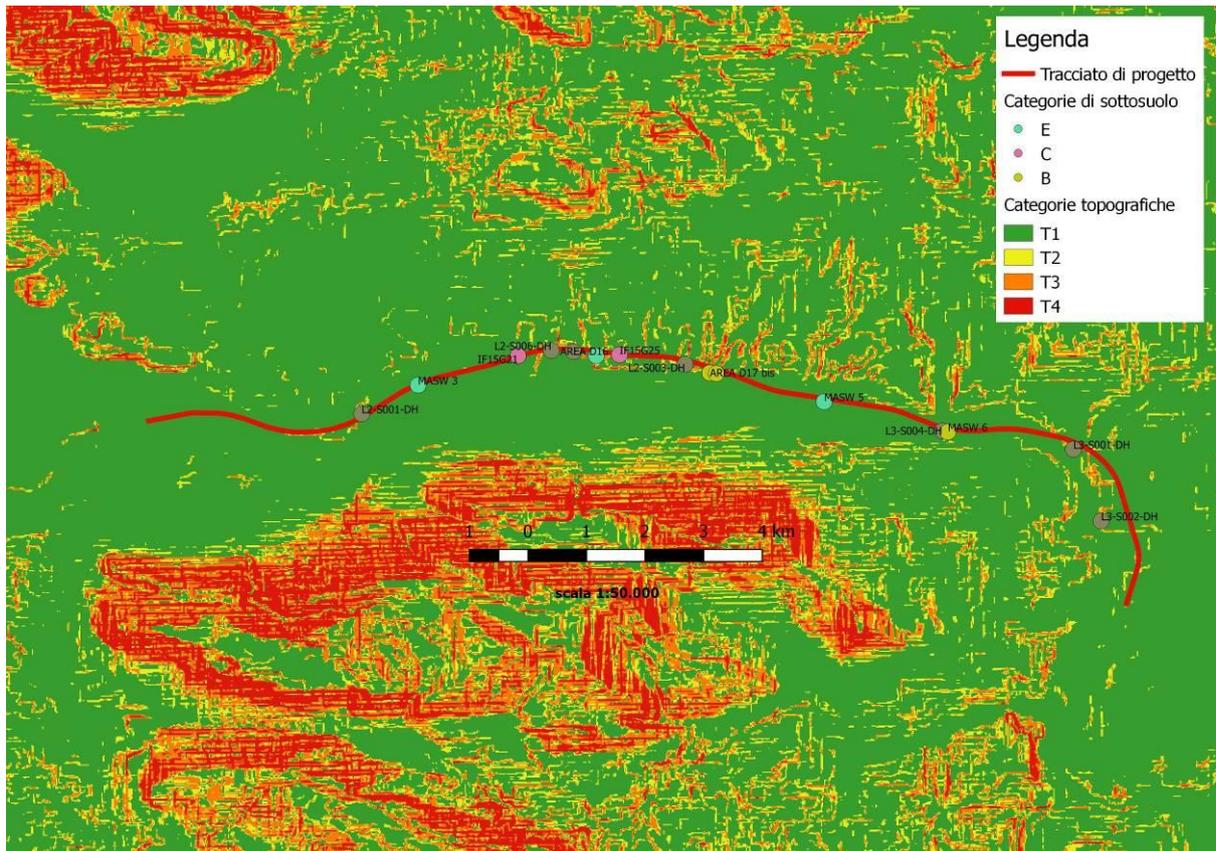


Figura 14: Stralcio della carta delle pendenze con le categorie topografiche; in rosso il tracciato di progetto

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 36 di 69

6.1 AZIONI SISMICHE DI PROGETTO

Per le opere d'arte del presente progetto si ha in linea generale:

$V_N=75$ anni e $C_U=1.5$ - classe d'uso III (ad eccezione delle interferenze con la S.P.106 e la S.S.265).

Quindi per questi parametri, lungo lo sviluppo del tracciato si possono distinguere tre zone sismiche:

- zona S1 – da pk 16+500 a pk 22+500(Dugenta/Frasso – Amorosi)
- zona S2 – da pk 22+500 a pk 30+000 (Amorosi – Solopaca)
- zona S3 – da 30+000 a 46+577 (Solopaca - Vitulano).

I parametri di pericolosità sismica di progetto per queste zone sono i seguenti:

Zona S1 – da pk 16+500 a pk 22+500 (Dugenta/Frasso – Amorosi)

$a_g / g = 0.27$

$F_o = 2.35$

$T_c^* = 0.42$

$S_s = 1.315$ (valutato per categoria sottosuolo tipo C)

$a_{max} = 0.36$ (valutato per categoria sottosuolo tipo C)

Località – Amorosi (BN)

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	68	0.078	2.428	0.324
SLD	113	0.099	2.440	0.340
SLV	1068	0.273	2.352	0.419
SLC	2193	0.357	2.394	0.433

Zona S2– da pk 22+500 a pk 30+000 (Amorosi – Solopaca)

$a_g / g = 0.32$

$F_o = 2.35$

$T_c^* = 0.40$

$S_s = 1.250$ (valutato per categoria sottosuolo tipo C)

$a_{max} = 0.40$ (valutato per categoria sottosuolo tipo C)

Località – Solopaca (BN)

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 37 di 69

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	68	0.088	2.368	0.316
SLD	113	0.113	2.377	0.331
SLV	1068	0.322	2.346	0.401
SLC	2193	0.419	2.430	0.425

Zona S3– da pk 30+000 a pk 46+577 (Solopaca-Ponte-Vitulano)

$a_g / g = 0.37$

$F_o = 2.35$

$T_c^* = 0.39$

$S_s = 1.18$ (valutato per categoria sottosuolo tipo C)

$a_{max} = 0.435$ (valutato per categoria sottosuolo tipo C)

Comune – Ponte (BN)

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	68	0.097	2.343	0.310
SLD	113	0.127	2.332	0.326
SLV	1068	0.367	2.346	0.395
SLC	2193	0.473	2.445	0.427

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 38 di 69

6.2 VERIFICA ALLA LIQUEFAZIONE - NTC 2008

La liquefazione è un fenomeno per cui durante un sisma la rigidezza e la resistenza del terreno possono ridursi significativamente. Ad essa sono associati la perdita di resistenza al taglio o l'accumulo di deformazioni plastiche che avvengono in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, a causa delle azioni cicliche e dinamiche che si verificano in condizioni non drenate. Tali fenomeni sono legati allo sviluppo di sovrappressioni interstiziali che, se positive, causano una diminuzione della tensione media efficace nel terreno e una riduzione della resistenza al taglio. Questa riduzione può essere una condizione temporanea o può indurre una condizione di collasso definitiva.

Il fenomeno della liquefazione è profondamente influenzato dal numero dei cicli N del terremoto, dalla densità relativa D_r e dalla granulometria del terreno. Un terreno incoerente, a parità di altri fattori, è maggiormente esposto al pericolo della liquefazione quanto minore è la sua densità relativa. Il potenziale di liquefazione aumenta poi, ovviamente, al crescere di N (cicli del terremoto).

Le NTC08 al paragrafo 7.11.3.4.2 affermano che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti una delle seguenti circostanze:

1. Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
2. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di free-field minori di 0.1 g;
3. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
4. 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 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
5. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in tabella seguente nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$ (Figura 15).

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 39 di 69

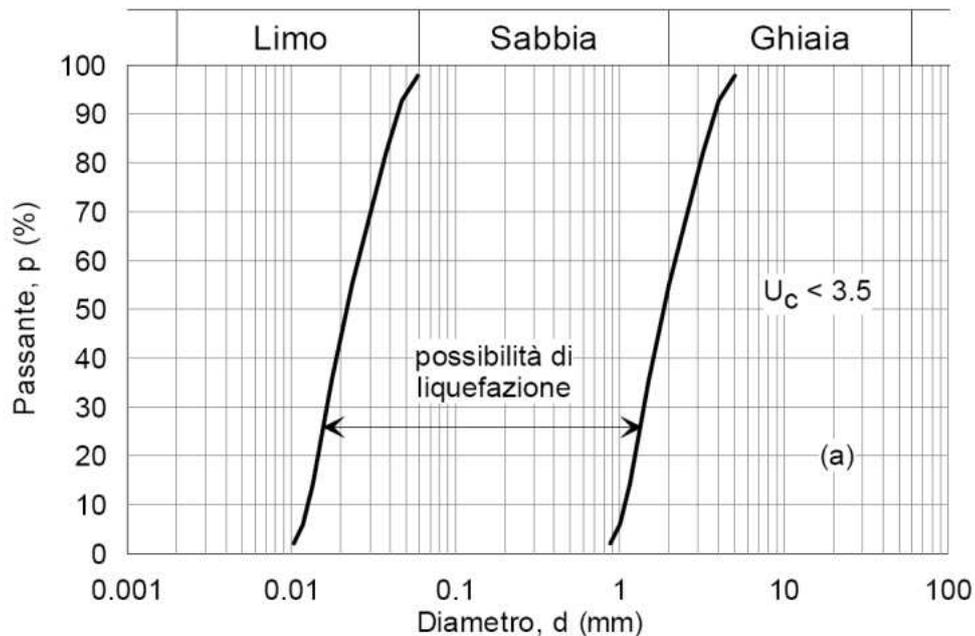
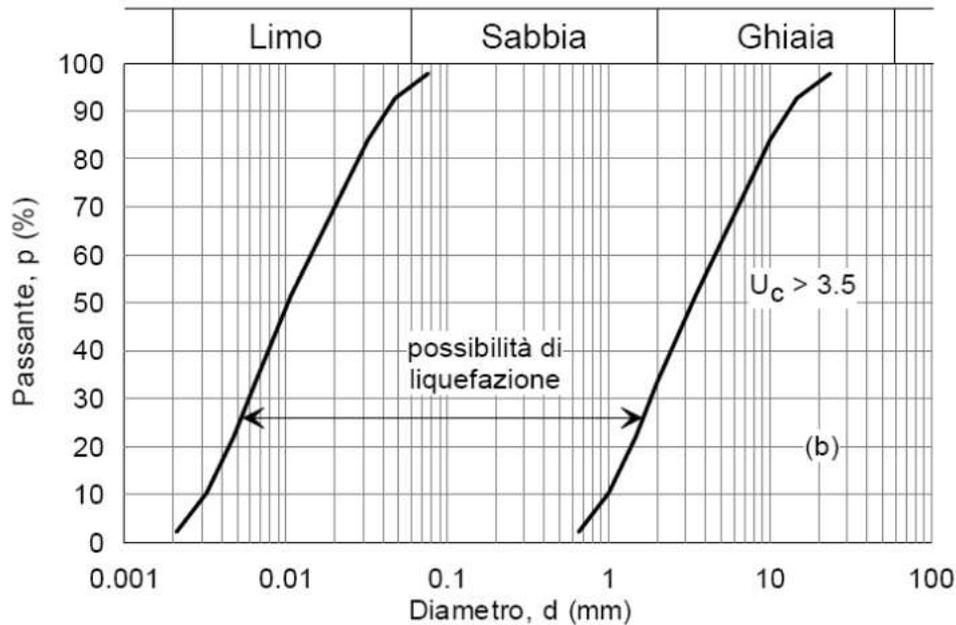


Figura 15: Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in tabella seguente nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ e nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<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>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE.00.0.1.001</td> <td>C</td> <td>40 di 69</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	40 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	40 di 69													
GEOLOGIA Relazione sismica																		

Per il sito in esame, sulla base di quanto riportato nei capitoli precedenti e nella Relazioni Geotecnica, risulta che:

- l'evento sismico atteso è di magnitudo M pari a 7.06;
- le accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di free-field sono tra 0.27 e 0.37;
- per le opere in categoria sottosuolo C, VN=75 anni, CU=1.5 (caratterizzazione sismica generale che interessa le opere di linea con terreni potenzialmente liquefacibili);
- nelle zone pianeggianti e corrispondenza delle aste fluviali, la profondità della falda è generalmente inferiore ai 5 m di profondità;
- sono presenti in alcune zone strati sabbiosi e/o limo-sabbiosi di bassa plasticità con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} < 30$.

Quindi per quanto previsto da normativa non è possibile escludere a priori la liquefazione, è necessario eseguire le dovute verifiche con i dati a disposizione.

In corrispondenza di alcune verticali di indagine, si sono osservati bassi valori di NSPT (< 25 colpi/30 cm) in corrispondenza di alcuni livelli di alluvioni sabbiose fini - unità geotecniche ba2 e unità bc2. In accordo a quanto indicato anche nella relazione geologica, le unità sabbiose alluvionali attuali, recenti ed antiche (unità geologiche ba, bb, bc) possono essere potenzialmente liquefacibili e quindi per tali terreni verranno eseguite le opportune verifiche con le metodologie di seguito descritte.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 41 di 69

6.2.1 Metodologie di analisi

Analisi qualitative

I metodi qualitativi si basano sulla conoscenza di parametri di studio come il contesto geologico-stratigrafico-geomorfologico, topografia dell'area e livello di falda. Esistono diversi criteri di classificazione in termini qualitativi, di seguito si riportano quelli più diffusi.

Classe	Unità geomorfologica	Potenziale di liquefazione
A	Letti di fiumi recenti, paleoalvei, paludi, zone bonificate, zone interdunari.	Probabile
B	Conoidi, argini naturali, dune di sabbia, pianure di esondazione, spiagge, altre pianure.	Possibile
C	Terrazzi, colline, montagne.	Non probabile

Figura 16: Unità geomorfologiche e suscettività alla liquefazione (Iwasaki e al., 1982), tratta da "La liquefazione dei terreni" Giulio Riga, 2007 – Dario Flaccovio Editore.

Fattore	Peso	Suscettibilità alla liquefazione				
		Molto alta	Alta	Media	Bassa	Molto bassa
Profondità del livello della falda	Molto importante	< 1,5 m	< 1,5 - 3 m	3 - 6 m	6 - 10 m	> 10,0
Dimensione dei grani	Molto importante	0,075 - 1 mm	1 - 3 mm	> 3 mm	< 0,075 mm	-
Profondità del deposito	Molto importante	1,5 - 3 m	3 - 6 m	6 - 10 m	< 1,5 m	> 10 m
Strato ricoprente	Molto importante	-	-	Ricoprimento buono	Ricoprimento discreto	Ricoprimento assente
Età del deposito	Importante	< 500 anni	Tardo Olocene ⁽¹⁾	Olocene	Pleistocene ⁽²⁾	Pre-Pleistocene
Spessore dello strato liquefacibile	Importante	> 2 m	1,2 - 2,5 m	0,6 - 1,2 m	< 0,6 m	-

Note: ⁽¹⁾ ≤ 10.000 anni; ⁽²⁾ 10.000 - 1,8 milioni di anni

Figura 17: Fattori, pesi e criterio per valutare la suscettività alla liquefazione di un sito (Juang e Elton, 1991), tratta da "La liquefazione dei terreni" Giulio Riga, 2007 – Dario Flaccovio Editore.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 42 di 69

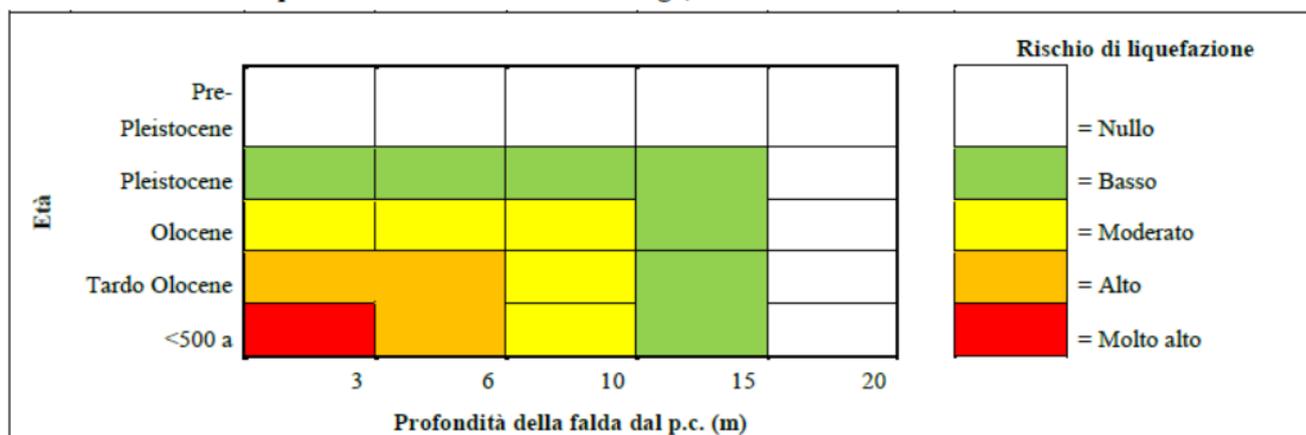


Figura 18: Rischio liquefazione in funzione dell'età del deposito e della profondità della falda, tratta da "La liquefazione dei terreni" Giulio Riga, 2007, ridisegnata – Dario Flaccovio Editore.

Età del deposito	Profondità della falda dal p.c. (m)		
	0-3 m	3-10 m	> 10 m
Tardo Olocene	Alta	Bassa	Nulla
Primo Olocene	Moderata	Bassa	Nulla
Tardo Pleistocene	Bassa	Nulla	Nulla

Figura 19: Suscettività alla liquefazione (Obermeier, 1996), tratta da "La liquefazione dei terreni" Giulio Riga, 2007 – Dario Flaccovio Editore.

Preliminarmente, quindi, il primo step delle analisi è stato condotto in riferimento alle caratteristiche geologiche e stratigrafiche dell'area di intervento, attraverso valutazioni speditive e di carattere puramente qualitativo circa la possibilità di liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto.

Sulla base dei criteri riportati, che considerano la genesi, la natura e l'età assoluta dei depositi, risulta che i terreni presenti nell'area di intervento si presentano da poco a molto suscettibili di liquefazione, in corrispondenza delle aree alluvionali più recenti. Tale considerazione deriva, in particolare, sia dalle condizioni geologiche ed idrogeologiche dell'area in esame che dalla presenza di una falda localmente compresa nei primi 20 m dal piano campagna. Inoltre, la presenza diffusa di depositi prevalentemente di genesi alluvionale caratterizzati localmente da granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa, in particolare di età compresa tra il Pleistocene medio-superiore, per i depositi alluvionali terrazzati (unità geologica **bn** e **bc**), e l'Olocene o Attuale, per i depositi delle alluvioni recenti o attuali (unità geologiche **bb** e **ba**), consentono di poter considerare potenzialmente liquefacibili alcuni settori specifici dell'area d'intervento. In termini

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 43 di 69

qualitativi i depositi più antichi (**bn**) presentano una bassa o nulla suscettività alla liquefazione, mentre i depositi recenti ed attuali (**bc, bb e ba**) presentano una suscettività variabile da moderata ad alta.

Analisi semi quantitative

La suscettibilità dei terreni nei confronti della liquefazione è stata valutata alle profondità in cui sono presenti i terreni potenzialmente liquefacibili, mediante un'analisi pseudo-statica in condizioni di free-field, in corrispondenza di un numero adeguato di verticali significative.

La suscettibilità alla liquefazione è stata valutata ricavando il fattore di sicurezza FL nei confronti della liquefazione dato dal rapporto tra la resistenza disponibile alla liquefazione (stato di sforzo critico associato alla condizione di liquefazione) e la sollecitazione indotta dall'azione sismica.

Si definisce il rapporto di resistenza ciclica CRR, ovvero il parametro tensionale normalizzato rispetto alla tensione verticale efficace agente alla profondità esaminata, mentre CSR è il rapporto di tensione ciclica:

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di tensione ciclica}$$

$$CRR = \frac{\tau_l}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di resistenza ciclica}$$

Il termine CSR può essere valutato ad una determinata profondità nel sottosuolo attraverso la seguente relazione semplificata di Seed e Idriss (1971):

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{max,s}}{g} \frac{\sigma_v}{\sigma'_v} I_d$$

dove:

$a_{max,s}$ è l'accelerazione orizzontale di picco a piano campagna del terremoto atteso;

g è l'accelerazione di gravità;

σ_v e σ'_v sono rispettivamente la tensione totale verticale e la tensione efficace verticale alla profondità considerata;

I_d è un coefficiente riduttivo dell'azione sismica che tiene conto della deformabilità del sottosuolo.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 44 di 69

Il coefficiente dell'azione sismica r_d si può ricavare, per profondità dal piano campagna non superiori a 20 m, mediante la seguente espressione di Idriss e Boulanger (2004):

$$r_d = \exp \left[\left(-1.012 - 1.126 \sin \left(\frac{z}{11.73} + 5.133 \right) \right) + \left(0.106 + 0.118 \sin \left(\frac{z}{11.28} + 5.142 \right) \right) M \right]$$

Dove:

z è la profondità dal piano campagna

M è la magnitudo dell'evento sismico atteso

Il rapporto di resistenza ciclica CRR può essere valutato mediante relazioni empiriche che correlano la sollecitazione sismica ai risultati di prove in sito di tipo SPT o indagini sismiche, come meglio descritto nel seguito.

I metodi per la valutazione del rapporto di resistenza ciclica a partire dai risultati di prove in sito sono applicabili nel caso di piano campagna sub-orizzontale e stati tensionali efficaci ridotti. Tuttavia, anche in assenza di tali condizioni, è possibile ottenere una stima approssimata del termine CRR attraverso l'introduzione di opportuni fattori correttivi.

Dato che CRR dipende dal numero di cicli significativi, che a sua volta dipende dalla magnitudo M , è necessario rivalutare CRR per ricondurlo ad un valore costante di M , convenzionalmente preso come $M = 5.14$, introducendo un fattore di scala della magnitudo MSF così definito:

$$MSF = \frac{CSR_M}{(CSR)_{M=7.5}} = \left(\frac{N_{M=7.5}}{N_M} \right)^b$$

Il valore di MSF si può ricavare dalla relazione di Idriss e Boulanger (2004):

$$MSF = 6.9 \exp \left(\frac{-M}{4} \right) - 0.058$$

con $MSF \leq 1.8$

Per l'interpretazione dei dati di V_s , la bibliografia suggerisce di utilizzare la seguente correlazione di Andrus e Stock, 1997:

$$MSF = (M/7.5)^{-2.56}$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 45 di 69

Analisi basate su prove SPT:

Avendo a disposizione i risultati delle prove SPT, si è proceduto nel seguente modo:
il numero di colpi N_{SPT} è stato ricondotto ad un valore normalizzato e corretto $(N_1)_{60}$ mediante la seguente relazione:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S$$

il coefficiente C_N , inferiore in ogni caso a 1.7, che tiene conto dell'influenza della pressione verticale efficace, è stato ricavato per via iterativa dalla relazione di Boulanger e Idriss (2004):

$$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{0.784 - 0.0768 \sqrt{(N_1)_{60}}}$$

il valore della resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60}$ è stato riportato ad un valore equivalente per le sabbie pulite attraverso la relazione di Idriss e Boulanger (2004):

$$(N_1)_{60cs} = (N_1)_{60} + \exp \left(1.63 + \frac{9.7}{FC} - \left(\frac{15.7}{FC} \right)^2 \right)$$

I coefficienti C_E , C_B , C_R , C_S correttivi rispettivamente del rendimento energetico, delle dimensioni del foro di sondaggio, della lunghezza delle aste e della tipologia di campionatore sono stati assunti pari a 1 in quanto le prove sono state eseguite sulla base delle raccomandazioni AGI.

Dal valore di $(N_1)_{60}$ può essere ricavato il valore di resistenza alla liquefazione CRR mediante l'impiego di abachi di letteratura ottenuti dall'osservazione di casi storici, in cui sono rappresentate le curve limite che separano le zone di possibile liquefazione da quelle di non liquefazione. Tali curve possono essere ottenute tramite la seguente relazione in funzione della frazione fine FC:

$$CRR = \exp \left[\frac{(N_1)_{60CS}}{14.1} + \left(\frac{(N_1)_{60CS}}{126} \right)^2 - \left(\frac{(N_1)_{60CS}}{23.6} \right)^3 + \left(\frac{(N_1)_{60CS}}{25.4} \right)^4 - 2.8 \right]$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 46 di 69

Analisi basate sulle onde si taglio Vs:

L'utilizzo delle velocità delle onde di taglio Vs per valutare la resistenza alla liquefazione è ugualmente valido perché sia la velocità Vs sia la resistenza alla liquefazione CRR sono similmente influenzate dagli stessi fattori (rapporto dei vuoti, stato di sforzo, storia dello sforzo, età geologica, ecc.). Il valore della velocità delle onde di taglio normalizzata rispetto alle tensioni verticali, V_{S1} si può valutare, a partire dalla V_S , mediante la relazione di Scora 1987, Kayen et al 1992, Robertson et al 1992 riportata a seguire:

$$V_{S1} = V_S \cdot \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.25}$$

Dove:

- V_{S1} = velocità delle onde di taglio normalizzata rispetto alle tensioni verticali;
- V_S = velocità delle onde di taglio misurate in situ da prova;
- P_a = pressione atmosferica approssimativamente pari a 100 kPa;
- σ'_{v0} = pressione effettiva iniziale alla stessa unità di misura di P_a .

dalla velocità delle onde di taglio normalizzata si è ricavato il valore di resistenza alla liquefazione CRR mediante la seguente equazione (Andrus e Stokoe, 1997):

$$CRR = \left[a \cdot \left(\frac{V_{S1}}{100} \right)^2 + b \cdot \left(\frac{1}{V_{S1}^* - V_{S1}} - \frac{1}{V_{S1}^*} \right) \right]$$

Dove:

- V_{S1}^* è il limite superiore critico del valore della velocità delle onde di taglio necessario per la liquefazione
- a e b = valori usati per tracciare le curve pari rispettivamente a 0.022 e 2.8;
- V_{S1} è la velocità delle onde di taglio normalizzata rispetto alle tensioni verticali.
- I valori di V_{S1}^* variano linearmente da 200 m/s per suoli con contenuto di fini (FC) pari al 35% a 215 m/s per suoli con contenuto di fini del 5% o meno.

$$V_{S1}^* = 215 - 0.5(FC - 5)$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 47 di 69

Analisi basate sulle prove CPT

I risultati delle prove CPTU sono stati elaborati come riportato a seguire.

Il valore della resistenza alla punta q_c è stato ricondotto ad un valore normalizzato q_{c1N} mediante la seguente relazione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c C_N}{p_a}$$

Il coefficiente che tiene conto dello stato tensionale efficace, C_N , è stato ricavato per via iterativa dalla relazione Boulanger e Idriss (2004):

$$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{1.338 - 0.249(q_{c1N})^{0.264}}$$

Dove p_a è la pressione atmosferica (100 kPa). Tale coefficiente deve risultare comunque inferiore a 1.7.

Il contenuto di materiale fine è stato tenuto in conto riportando il valore della resistenza penetrometrica normalizzata q_{c1N} ad un valore equivalente per le sabbie pulite attraverso la relazione di Idriss e Boulanger (2004):

$$q_{c1Ncs} = q_{c1N} \cdot k_c$$

Dove

$$k_c = -17,88 + 33,75 \cdot I_c - 21,63 \cdot I_c^2 + 5,581 \cdot I_c^3 - 0,403 \cdot I_c^4$$

Il parametro I_c riflette il contenuto di materiale fine e viene determinato come segue:

$$I_c = \left[(3,47 - \log(Q))^2 + (1,22 + \log(F))^2 \right]^{0,5}$$

Dove

$$Q = \left(\frac{q_c - \sigma_{vc}}{p_a} \right) \cdot \left(\frac{p_a}{\sigma'_{vc}} \right)^n$$

$$F = \left(\frac{f_s}{q_c - \sigma_{vc}} \right) \cdot 100\%$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 48 di 69

Nel calcolo della resistenza penetrometrica normalizzata, Q, l'esponente n varia tra 0.5 per le sabbie pulite e 1 per materiali di tipo argilloso. Robertson e Wride (1998) suggeriscono di considerare in prima approssimazione n = 1 e calcolare il conseguente indice di materiale I_c. Se il risultante I_c è maggiore di 2.6 il terreno è classificabile come argilloso con scarse probabilità di liquefare. Se il valore di I_c è minore di 2.6 il terreno è probabilmente di tipo a grana grossa e il valore di Q deve essere ricalcolato assumendo n = 0.5. Qual'ora il nuovo valore di I_c risulti maggiore di 2.6 il terreno è probabilmente di tipo limoso e plastico e l'analisi va ripetuta con un valore di n pari a 0.75.

La resistenza alla liquefazione CRR viene dunque calcolata mediante l'impiego di abachi di letteratura ottenuti dall'osservazione di casi storici, in cui sono rappresentate le curve limite che separano le zone di possibile liquefazione da quelle non suscettibili di liquefazione. In accordo con le linee guida AGI (2005), si è fatto riferimento alla curva limite proposta da Idriss e Boulanger (2004) che può essere ottenuta tramite la seguente relazione:

$$CRR = \exp \left[\frac{q_{c1Ncs}}{540} + \left(\frac{q_{c1Ncs}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1Ncs}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1Ncs}}{114} \right)^4 - 3 \right]$$

6.2.2 Risultati analisi di liquefazione

Risultati analisi di liquefazione da prove SPT:

Nella seguente tabella sono riportati tutti i valori di NSPT misurati negli strati superficiali delle unità alluvionali attuali, recenti e antiche (Unità ba2 e bc2). Sulla base delle misure piezometriche disponibili e dell'usuale comportamento della falda in acquiferi a permeabilità media, come le sabbie potenzialmente interessate da liquefazione si ritiene opportuno, al fine di tener conto delle oscillazioni di falda stagionali, utilizzare nel calcolo un livello di falda cautelativamente aumentato di 2 m. In tabella vengono inoltre evidenziate le prove SPT eseguite sopra falda; per queste la verifica non è stata effettuata. Per tutte le altre invece i risultati sono riportati nelle tabelle che seguono.

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO						
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO						
Mandatario:	Mandante:	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	49 di 69
GEOLOGIA Relazione sismica								

Sondaggio	z _w	Unità	z	NSPT	
(-)	(m)	(-)	(m)	(-)	
IF15P11	4.3	ba2	3	9	SOPRA FALDA
S132	6	ba2	3	63	SOPRA FALDA
S132	6	ba2	6	80	
IF15R56	6.2	ba3	1.5	16	SOPRA FALDA
IF15R56	6.2	ba3	3	18	SOPRA FALDA
S135	3	bc2	3	35	
IF15V59	5.4	ba2	1.5	27	SOPRA FALDA
IF15V59	5.4	ba2	3	25	SOPRA FALDA
IF15V59	5.4	ba2	4.5	24	SOPRA FALDA
IF15V59	5.4	ba2	6	22	
IF15V59	5.4	ba2	7.5	23	
IF15V17	4.12	bc2	3	13	SOPRA FALDA
IF15R60	2.4	ba2	1.5	23	SOPRA FALDA
IF15R60	2.4	ba2	3	24	
IF15R60	2.4	ba2	4.5	27	
IF15R60	2.4	ba2	6	26	
IF15R60	2.4	ba2	7.5	26	
L2-S001-DH	0.92	bc2	3	3	
L2-S001-DH	0.92	bc2	6	46	
L3-S003-PZ	18	ba2	2.5	52	SOPRA FALDA
L2-S004-PZ	7	bc2	2	6	SOPRA FALDA
L2-S004-PZ	7	bc2	3.5	4	SOPRA FALDA
L2-S004-PZ	7	bc2	5	8	SOPRA FALDA
L2-S004-PZ	7	bc2	6.5	100	SOPRA FALDA
L2-S004-PZ	7	bc2	7.8	14	
L2-S004-PZ	7	bc2	9.2	13	
L3-S004-DH	8	ba2	2.5	12	SOPRA FALDA
L3-S006	7.4	ba2	3	11	SOPRA FALDA
L3-S006	7.4	ba2	6	28	SOPRA FALDA
L3-S006	7.4	ba2	9	38	
L3-S006	7.4	ba2	12	27	
L3-S007	5.7	ba2	4	9	SOPRA FALDA
L3-S007	5.7	ba2	6	18	
L3-S007	5.7	ba2	8	54	

Tabella 6: Valori di NSPT per le unità ba2 e bc2

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO IF2R 0.2.E.ZZ RG GE.00.0.1.001 C 50 di 69

ag	(g)	0.32
Cat.	(-)	B
Ss	(-)	1.10
a max	(g)	0.36
Mw	(dyne*cm)	7.06
MSF	(-)	1.12

Sondaggio	z _w	γ	Unità	z	NSPT	σ _{v0}	σ' _{v0}	C _N	F.C.	(N ₁) ₆₀	(N ₁) _{60,CS}	CRR	r _d	CSR	CSR _{7.5}	
(-)	(m)	(kN/m3)	(-)	(m)	(-)	(kPa)	(kPa)	(-)	(%)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
L2-5004-PZ	7	19	bc2	7.8	14	148	140	0.84	73	11.7	17.3	0.18	0.90	0.22	0.20	FL=0.9 LIQUEFACIBILE
L2-5004-PZ	7	19	bc2	9.2	13	175	153	0.80	73	10.4	15.9	0.16	0.88	0.23	0.21	FL=0.79 LIQUEFACIBILE

ag	(g)	0.32
Cat.	(-)	C
Ss	(-)	1.25
a max	(g)	0.40
Mw	(dyne*cm)	7.06
MSF	(-)	1.12

Sondaggio	z _w	γ	Unità	z	NSPT	σ _{v0}	σ' _{v0}	C _N	F.C.	(N ₁) ₆₀	(N ₁) _{60,CS}	CRR	r _d	CSR	CSR _{7.5}	
(-)	(m)	(kN/m3)	(-)	(m)	(-)	(kPa)	(kPa)	(-)	(%)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
S132	6	19	ba2	6	80	114	114	0.99	15	78.9	82.2	#####	0.93	0.24	0.22	FL=2.84278423751395E+31 NON LIQUEFACIBILE

Tabella 7: Verifica a liquefazione - Zona sismica S2 (ag/g = 0.32)

ag	(g)	0.37
Cat.	(-)	B
Ss	(-)	1.05
a max	(g)	0.39
Mw	(dyne*cm)	7.06
MSF	(-)	1.12

Sondaggio	z _w	γ	Unità	z	NSPT	σ _{v0}	σ' _{v0}	C _N	F.C.	(N ₁) ₆₀	(N ₁) _{60,CS}	CRR	r _d	CSR	CSR _{7.5}	
(-)	(m)	(kN/m3)	(-)	(m)	(-)	(kPa)	(kPa)	(-)	(%)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
L2-5001-DH	0.92	19	bc2	3	3	55	35	1.70	27	5.1	10.3	0.12	0.98	0.39	0.35	FL=0.35 LIQUEFACIBILE
L2-5001-DH	0.92	19	bc2	6	46	114	63	1.11	27	51.2	56.4	179818.82	0.93	0.43	0.38	FL=474530.75 NON LIQUEFACIBILE

ag	(g)	0.37
Cat.	(-)	C
Ss	(-)	1.18
a max	(g)	0.44
Mw	(dyne*cm)	7.06
MSF	(-)	1.12

Sondaggio	z _w	γ	Unità	z	NSPT	σ _{v0}	σ' _{v0}	C _N	F.C.	(N ₁) ₆₀	(N ₁) _{60,CS}	CRR	r _d	CSR	CSR _{7.5}	
(-)	(m)	(kN/m3)	(-)	(m)	(-)	(kPa)	(kPa)	(-)	(%)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
S135	3	19	bc2	3	35	57	57	1.18	26	41.2	46.4	63.07	0.98	0.28	0.25	FL=256.64 NON LIQUEFACIBILE
IF15V59	5.4	19	ba2	6	22	114	108	0.97	43	21.3	26.9	0.34	0.93	0.28	0.25	FL=1.38 NON LIQUEFACIBILE
IF15V59	5.4	19	ba2	7.5	23	143	122	0.92	43	21.1	26.7	0.34	0.91	0.30	0.27	FL=1.26 NON LIQUEFACIBILE
IF15R60	2.4	19	ba2	3	24	57	51	1.27	45	30.6	36.2	1.43	0.98	0.31	0.27	FL=5.22 NON LIQUEFACIBILE
IF15R60	2.4	19	ba2	4.5	27	86	65	1.17	45	31.5	37.1	1.81	0.96	0.36	0.27	FL=5.66 NON LIQUEFACIBILE
IF15R60	2.4	19	ba2	6	26	114	78	1.10	45	28.5	34.1	0.93	0.93	0.39	0.34	FL=2.71 NON LIQUEFACIBILE
IF15R60	2.4	19	ba2	7.5	26	143	92	1.03	65	26.9	32.5	0.70	0.91	0.40	0.36	FL=1.95 NON LIQUEFACIBILE
L3-S006	7.4	19	ba2	9	38	171	155	0.86	34	32.7	38.2	2.37	0.88	0.28	0.25	FL=9.65 NON LIQUEFACIBILE
L3-S006	7.4	20	ba2	12	27	228	182	0.77	34	20.8	26.3	0.32	0.83	0.29	0.26	FL=1.24 NON LIQUEFACIBILE
L3-S007	5.7	19	ba2	6	18	114	111	0.95	71	17.1	22.7	0.24	0.93	0.27	0.24	FL=1.01 NON LIQUEFACIBILE
L3-S007	5.7	19	ba2	8	54	152	129	0.94	71	50.8	56.4	176299.18	0.90	0.30	0.27	FL=659058.47 NON LIQUEFACIBILE

Tabella 8: Verifica a liquefazione - Zona sismica S3 (ag/g=0.37)

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 51 di 69

Risultati analisi di liquefazione da indagini sismiche:

Nelle seguenti tabelle si riporta l'elaborazione delle indagini sismiche ubicate in zone dove sono presenti depositi superficiali alluvionali sabbiosi (ba2 e bc2). Nello specifico si riportano i risultati disponibili in fase di progettazione definitiva (Rifr_04, Rifr_05, Rifr_06, DH15 e S3) e i risultati ottenuti dalle prove sismiche svolte durante la campagna di indagine integrativa (L2-Gts-004, L2-S001-DH e L2-S006-DH).

PROVA	Rifr_04	
falda	(m)	6.20
γ	(kN/m ³)	19.00
ρ_g	(g)	0.32
Cat.	(-)	B
S _s	(-)	1.10
a _{max}	(g)	0.36
M _w	(dyne*cm)	7.06
MSF	(-)	1.17

z	V _s	σ_{vo}	σ'_{vo}	CV	V _{s1}	FC	V* _{s1}	CRR	r _d	CSR	CSR _{7.5}	
(m)	(m/s)	(kPa)	(kPa)	(-)	(m/s)	(%)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
0.0	300											
4.5	350	86	86	1.04	363.98	26	204.50	NON LIQUEFACIBILE	0.96	0.221	0.189	NON LIQUEFACIBILE
4.5	350	86	86	1.04	363.98	26	204.50	NON LIQUEFACIBILE	0.96	0.221	0.189	NON LIQUEFACIBILE
9.5	550	181	148	0.91	499.07	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.88	0.247	0.212	NON LIQUEFACIBILE
9.5	550	181	148	0.91	499.07	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.88	0.247	0.212	NON LIQUEFACIBILE
16.0	800	304	206	0.83	667.76	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.76	0.259	0.222	NON LIQUEFACIBILE
16.0	800	304	206	0.83	667.76	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.76	0.259	0.222	NON LIQUEFACIBILE
35.0	900	665	377	0.72	645.89	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.56	0.228	0.195	NON LIQUEFACIBILE

PROVA	Rifr_05	
falda	(m)	0.00
γ	(kN/m ³)	19.00
ρ_g	(g)	0.37
Cat.	(-)	B
S _s	(-)	1.05
a _{max}	(g)	0.39
M _w	(dyne*cm)	7.06
MSF	(-)	1.17

z	V _s	σ_{vo}	σ'_{vo}	CV	V _{s1}	FC	V* _{s1}	CRR	r _d	CSR	CSR _{7.5}	
(m)	(m/s)	(kPa)	(kPa)	(-)	(m/s)	(%)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
0.0	300											
5.0	350	95	45	1.22	427.33	34	200.50	NON LIQUEFACIBILE	0.95	0.506	0.433	NON LIQUEFACIBILE
5.0	350	95	45	1.22	427.33	34	200.50	NON LIQUEFACIBILE	0.95	0.506	0.433	NON LIQUEFACIBILE
12.0	550	228	108	0.98	539.52	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.83	0.443	0.380	NON LIQUEFACIBILE
12.0	550	228	108	0.98	539.52	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.83	0.443	0.380	NON LIQUEFACIBILE
37.0	800	703	333	0.74	592.21	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.56	0.298	0.255	NON LIQUEFACIBILE
37.0	800	703	333	0.74	592.21	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.56	0.298	0.255	NON LIQUEFACIBILE
50.0	900	950	450	0.69	617.93	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.66	0.350	0.300	NON LIQUEFACIBILE

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	52 di 69

PROVA	Rifr_06	
falda	(m)	6.00
γ	(kN/m ³)	19.00
ag	(g)	0.37
Cat.	(-)	C
Ss	(-)	1.18
a _{max}	(g)	0.44
Mw	(dyne*cm)	7.06
MSF	(-)	1.17

z	V _s	σ_{vo}	σ'_{vo}	CV	V _{s1}	FC	V* _{s1}	CRR	r _d	CSR	CSR _{7.5}	
(m)	(m/s)	(kPa)	(kPa)	(-)	(m/s)	(%)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
0.0	200											
5.0	300	95	95	1.01	303.87	45	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.95	0.268	0.230	NON LIQUEFACIBILE
5.0	300	95	95	1.01	303.87	45	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.95	0.268	0.230	NON LIQUEFACIBILE
15.0	600	285	195	0.85	507.74	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.78	0.322	0.275	NON LIQUEFACIBILE
15.0	600	285	195	0.85	507.74	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.78	0.322	0.275	NON LIQUEFACIBILE
45.0	750	855	465	0.68	510.74	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.60	0.310	0.266	NON LIQUEFACIBILE

PROVA	DH15	
falda	(m)	0.00
γ	(kN/m ³)	19.00
ag	(g)	0.37
Cat.	(-)	C
Ss	(-)	1.18
a _{max}	(g)	0.44
Mw	(dyne*cm)	7.06
MSF	(-)	1.17

z	V _s	σ_{vo}	σ'_{vo}	CV	V _{s1}	FC	V* _{s1}	CRR	r _d	CSR	CSR _{7.5}	
(m)	(m/s)	(kPa)	(kPa)	(-)	(m/s)	(%)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
0.0	156											
3.0	156	57	27	1.39	216.41	26	204.50	NON LIQUEFACIBILE	0.98	0.583	0.499	NON LIQUEFACIBILE
3.0	237	57	27	1.39	328.78	26	204.50	NON LIQUEFACIBILE	0.98	0.583	0.499	NON LIQUEFACIBILE
10.0	237	190	90	1.03	243.33	34	200.50	NON LIQUEFACIBILE	0.87	0.518	0.444	NON LIQUEFACIBILE
10.0	354	190	90	1.03	363.45	34	200.50	NON LIQUEFACIBILE	0.87	0.518	0.444	NON LIQUEFACIBILE
13.0	354	247	117	0.96	340.37	34	200.50	NON LIQUEFACIBILE	0.81	0.486	0.416	NON LIQUEFACIBILE
13.0	394	247	117	0.96	378.83	34	200.50	NON LIQUEFACIBILE	0.81	0.486	0.416	NON LIQUEFACIBILE
29.0	394	551	261	0.79	309.98	34	200.50	NON LIQUEFACIBILE	0.59	0.352	0.301	NON LIQUEFACIBILE

PROVA	S3	
falda	(m)	3.00
γ	(kN/m ³)	19.00
ag	(g)	0.37
Cat.	(-)	C
Ss	(-)	1.18
a _{max}	(g)	0.44
Mw	(dyne*cm)	7.06
MSF	(-)	1.17

z	V _s	σ_{vo}	σ'_{vo}	CV	V _{s1}	FC	V* _{s1}	CRR	r _d	CSR	CSR _{7.5}	
(m)	(m/s)	(kPa)	(kPa)	(-)	(m/s)	(%)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
0.0	200											
10.0	300	190	120	0.96	286.63	26	204.50	NON LIQUEFACIBILE	0.87	0.388	0.333	NON LIQUEFACIBILE
10.0	300	190	120	0.96	286.63	26	204.50	NON LIQUEFACIBILE	0.87	0.388	0.333	NON LIQUEFACIBILE
15.0	350	285	165	0.88	308.81	34	200.50	NON LIQUEFACIBILE	0.78	0.380	0.326	NON LIQUEFACIBILE
15.0	350	285	165	0.88	308.81	34	200.50	NON LIQUEFACIBILE	0.78	0.380	0.326	NON LIQUEFACIBILE
30.0	450	570	300	0.76	341.93	34	200.50	NON LIQUEFACIBILE	0.58	0.313	0.268	NON LIQUEFACIBILE

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE:		PROGETTO ESECUTIVO					
Mandataria:	Mandante:						
SYSTRA S.A.	SWS Engineering S.p.A.	SYSTRA-SOTECNI S.p.A.					
GEOLOGIA		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
Relazione sismica		IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	53 di 69

PROVA	L2-Gts-004	
falda	(m)	7.00
γ	(kN/m ³)	19.00
ag	(g)	0.32
Cat.	(-)	B
Ss	(-)	1.10
a _{max}	(g)	0.36
Mw	(dyne*cm)	7.06
MSF	(-)	1.12

z	V _s	σ_{vo}	σ'_{vo}	CV	V _{s1}	FC	V* _{s1}	CRR	r _d	CSR	CSR _{7,5}	
(m)	(m/s)	(kPa)	(kPa)	(-)	(m/s)	(%)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
0.0	300											
3.2	300	60	60	1.14	341.08	50	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.97	0.225	0.192	NON LIQUEFACIBILE
6.3	600	120	120	0.96	573.62	50	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.93	0.214	0.184	NON LIQUEFACIBILE
20.1	650	381	250	0.79	516.69	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.69	0.244	0.209	NON LIQUEFACIBILE
30.0	700	570	340	0.74	515.50	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.58	0.225	0.193	NON LIQUEFACIBILE
39.0	750	740	421	0.70	523.73	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.56	0.228	0.195	NON LIQUEFACIBILE
44.1	800	838	467	0.68	544.23	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.59	0.244	0.209	NON LIQUEFACIBILE
52.5	900	998	543	0.66	589.72	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.70	0.296	0.254	NON LIQUEFACIBILE
60.9	1000	1157	618	0.63	634.21	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	0.88	0.379	0.325	NON LIQUEFACIBILE
69.0	1100	1311	691	0.62	678.46	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	1.06	0.464	0.397	NON LIQUEFACIBILE
77.1	1200	1465	764	0.60	721.81	10	212.50	NON LIQUEFACIBILE	1.14	0.503	0.431	NON LIQUEFACIBILE

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica		COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 54 di 69

PROVA	L2-S001-DH	
falda	(m)	0.92
γ	(kN/m ³)	19.00
ag	(g)	0.37
Cat.	(-)	B
S _s	(-)	1.05
a _{max}	(g)	0.39
M _w	(dyne*cm)	7.06
MSF	(-)	1.17

z	V _s	σ_{vo}	σ'_{vo}	CV	V _{s1}	FC	V* _{s1}	CRR	r _d	CSR	CSR _{7.5}	
(m)	(m/s)	(kPa)	(kPa)	(-)	(m/s)	(%)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
1.0	256	19	18	1.40	358.18	27	204.00	NON LIQUEFACIBILE	1.00	0.263	0.225	NON LIQUEFACIBILE
2.0	308	38	27	1.38	426.55	27	204.00	NON LIQUEFACIBILE	0.99	0.348	0.298	NON LIQUEFACIBILE
3.0	217	57	36	1.29	279.11	27	204.00	NON LIQUEFACIBILE	0.98	0.388	0.332	NON LIQUEFACIBILE
4.0	180	76	45	1.22	219.38	27	204.00	NON LIQUEFACIBILE	0.96	0.409	0.350	NON LIQUEFACIBILE
5.0	181	95	54	1.17	211.35	27	204.00	NON LIQUEFACIBILE	0.95	0.420	0.360	NON LIQUEFACIBILE
6.0	352	114	63	1.12	395.17	27	204.00	NON LIQUEFACIBILE	0.93	0.425	0.364	NON LIQUEFACIBILE
7.0	384	133	72	1.08	416.65	27	204.00	NON LIQUEFACIBILE	0.92	0.427	0.366	NON LIQUEFACIBILE
8.0	361	152	81	1.05	380.45	50	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.90	0.426	0.365	NON LIQUEFACIBILE
9.0	321	171	90	1.03	329.12	50	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.88	0.423	0.363	NON LIQUEFACIBILE
10.0	524	190	99	1.00	525.27	50	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.87	0.419	0.359	NON LIQUEFACIBILE
11.0	465	209	108	0.98	455.82	50	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.85	0.414	0.355	NON LIQUEFACIBILE
12.0	258	228	117	0.96	248.29	50	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.83	0.408	0.350	NON LIQUEFACIBILE
13.0	468	247	126	0.94	441.95	50	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.81	0.402	0.344	NON LIQUEFACIBILE
14.0	746	266	135	0.93	691.90	50	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.80	0.395	0.338	NON LIQUEFACIBILE
15.0	582	285	144	0.91	531.06	50	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.78	0.388	0.332	NON LIQUEFACIBILE
16.0	642	304	153	0.90	577.25	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.76	0.381	0.326	NON LIQUEFACIBILE
17.0	483	323	162	0.89	427.75	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.74	0.374	0.320	NON LIQUEFACIBILE
18.0	557	342	171	0.87	486.67	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.73	0.366	0.314	NON LIQUEFACIBILE
19.0	720	361	180	0.86	621.32	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.71	0.359	0.308	NON LIQUEFACIBILE
20.0	721	380	189	0.85	615.13	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.69	0.352	0.302	NON LIQUEFACIBILE
21.0	686	399	198	0.84	578.13	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.68	0.345	0.296	NON LIQUEFACIBILE
22.0	651	418	207	0.83	542.19	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.67	0.339	0.290	NON LIQUEFACIBILE
23.0	651	437	216	0.82	537.00	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.65	0.333	0.285	NON LIQUEFACIBILE
24.0	652	456	225	0.82	532.08	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.64	0.327	0.280	NON LIQUEFACIBILE
25.0	726	475	234	0.81	586.88	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.63	0.321	0.275	NON LIQUEFACIBILE
26.0	794	494	243	0.80	635.78	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.62	0.316	0.271	NON LIQUEFACIBILE
27.0	724	513	252	0.79	574.46	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.61	0.311	0.267	NON LIQUEFACIBILE
28.0	748	532	261	0.79	588.36	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.60	0.307	0.263	NON LIQUEFACIBILE
29.0	889	551	270	0.78	693.72	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.59	0.303	0.260	NON LIQUEFACIBILE
30.0	668	570	279	0.77	516.65	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.58	0.300	0.257	NON LIQUEFACIBILE
31.0	832	589	288	0.77	638.83	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.57	0.297	0.254	NON LIQUEFACIBILE
32.0	977	608	297	0.76	743.97	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.57	0.294	0.252	NON LIQUEFACIBILE
33.0	727	627	306	0.76	549.42	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.57	0.292	0.250	NON LIQUEFACIBILE
34.0	745	646	315	0.75	559.49	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.56	0.291	0.249	NON LIQUEFACIBILE
35.0	823	665	324	0.75	613.59	65	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.56	0.290	0.248	NON LIQUEFACIBILE

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 55 di 69

PROVA	L2-S006-dh	
falda	(m)	3.30
γ	(kN/m ³)	19.00
ag	(g)	0.37
Cat.	(-)	C
S _s	(-)	1.18
a _{max}	(g)	0.44
M _w	(dyne*cm)	7.06
MSF	(-)	1.17

z	V _s	σ_{vo}	σ'_{vo}	CV	V _{s1}	FC	V* _{s1}	CRR	r _d	CSR	CSR _{7.5}	
(m)	(m/s)	(kPa)	(kPa)	(-)	(m/s)	(%)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	
1.0	211	19	19	1.40	295.89	90	200.00	NON LIQUEFACIBILE	1.00	0.282	0.242	NON LIQUEFACIBILE
2.0	201	38	38	1.27	255.43	90	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.99	0.279	0.239	NON LIQUEFACIBILE
3.0	266	57	57	1.15	305.73	90	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.98	0.276	0.236	NON LIQUEFACIBILE
4.0	305	76	69	1.10	334.15	90	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.96	0.300	0.257	NON LIQUEFACIBILE
5.0	292	95	78	1.06	310.99	90	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.95	0.327	0.280	NON LIQUEFACIBILE
6.0	292	114	87	1.04	301.93	80	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.93	0.346	0.296	NON LIQUEFACIBILE
7.0	394	133	96	1.01	398.18	80	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.92	0.360	0.308	NON LIQUEFACIBILE
8.0	308	152	105	0.99	304.01	80	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.90	0.369	0.316	NON LIQUEFACIBILE
9.0	327	171	114	0.97	316.68	80	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.88	0.375	0.321	NON LIQUEFACIBILE
10.0	419	190	123	0.95	397.46	70	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.87	0.379	0.325	NON LIQUEFACIBILE
11.0	380	209	132	0.93	354.18	70	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.85	0.380	0.326	NON LIQUEFACIBILE
12.0	469	228	141	0.92	430.82	70	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.83	0.380	0.326	NON LIQUEFACIBILE
13.0	433	247	150	0.90	391.47	70	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.81	0.379	0.325	NON LIQUEFACIBILE
14.0	398	266	159	0.89	354.71	70	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.80	0.376	0.322	NON LIQUEFACIBILE
15.0	494	285	168	0.88	433.61	70	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.78	0.373	0.320	NON LIQUEFACIBILE
16.0	411	304	177	0.87	356.47	70	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.76	0.369	0.316	NON LIQUEFACIBILE
17.0	384	323	186	0.86	328.44	70	200.00	NON LIQUEFACIBILE	0.74	0.365	0.313	NON LIQUEFACIBILE
18.0	498	342	195	0.85	421.28	4.5	215.00	NON LIQUEFACIBILE	0.73	0.360	0.309	NON LIQUEFACIBILE
19.0	595	361	204	0.84	498.26	4.5	215.00	NON LIQUEFACIBILE	0.71	0.356	0.305	NON LIQUEFACIBILE
20.0	540	380	213	0.83	446.61	4.5	215.00	NON LIQUEFACIBILE	0.69	0.351	0.300	NON LIQUEFACIBILE
21.0	675	399	222	0.82	553.19	4.5	215.00	NON LIQUEFACIBILE	0.68	0.346	0.296	NON LIQUEFACIBILE
22.0	702	418	231	0.81	569.15	4.5	215.00	NON LIQUEFACIBILE	0.67	0.341	0.292	NON LIQUEFACIBILE
23.0	523	437	240	0.80	420.00	4.5	215.00	NON LIQUEFACIBILE	0.65	0.336	0.288	NON LIQUEFACIBILE
24.0	470	456	249	0.80	373.94	4.5	215.00	NON LIQUEFACIBILE	0.64	0.331	0.284	NON LIQUEFACIBILE
25.0	505	475	258	0.79	398.16	4.5	215.00	NON LIQUEFACIBILE	0.63	0.327	0.280	NON LIQUEFACIBILE
26.0	589	494	267	0.78	460.64	4.5	215.00	NON LIQUEFACIBILE	0.62	0.323	0.276	NON LIQUEFACIBILE
27.0	684	513	276	0.78	530.87	4.5	215.00	NON LIQUEFACIBILE	0.61	0.319	0.273	NON LIQUEFACIBILE
28.0	618	532	285	0.77	475.50	4.5	215.00	NON LIQUEFACIBILE	0.60	0.315	0.270	NON LIQUEFACIBILE
29.0	594	551	294	0.76	453.43	4.5	215.00	NON LIQUEFACIBILE	0.59	0.312	0.267	NON LIQUEFACIBILE
30.0	557	570	303	0.76	422.50	4.5	215.00	NON LIQUEFACIBILE	0.58	0.309	0.265	NON LIQUEFACIBILE

Tabella 9: Verifica a liquefazione da indagini sismiche

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 56 di 69

Risultati analisi di liquefazione da prove CPT

Le prove CPTU sono state elaborate al fine di valutare il potenziale rischio di liquefazione. In analogia con quanto fatto per le altre indagini il livello di falda è stato incrementato di 2 m per tener conto delle oscillazioni di stagionali.

Nel corso della campagna di indagine integrativa sono state eseguite per ciascun sub lotto 2 prove CPTU lungo la linea ferroviaria. In aggiunta, per lo studio dei fenomeni franosi in corrispondenza della galleria “Le Forche”, nelle zone di approfondimento di indagine PEA e PEB sono state eseguite rispettivamente 1 e 9 CPTU.

Le prove penetrometriche dinamiche svolte durante la campagna di indagine integrativa, tuttavia, non hanno interessato le unità ba2 e bc2 per le quali rimangono disponibili esclusivamente le prove CPTU09 e CPTU10.

Queste sono state eseguite in corrispondenza dei rilevati ferroviari RI22 e RI23, dove sono presenti i depositi alluvionali recenti per uno spessore di 6-8 m. Il substrato di base, tra le progressive in esame è costituito dai depositi alluvionali terrazzati (bn).

6.2.3 Sintesi risultati

Nel precedente paragrafo sono stati interpretati i risultati delle prove SPT, delle prove SPT e delle prove sismiche ai fini della valutazione del rischio di potenziale liquefazione.

Gli strati in cui è evidenziato possibile rischio di liquefazione sono quelli caratterizzati da valori del fattore di sicurezza a liquefazione FLS inferiore all'unità.

Le indagini sismiche evidenziano come i depositi alluvionali attuali, recenti e antichi intercettati lungo la linea ferroviaria non siano suscettibili di liquefazione. Le prove SPT confermano quanto emerso dall'elaborazione delle prove sismiche ad eccezione delle prove svolte lungo le verticali L2-S004-PZ e L2-S001-DH.

Nello specifico, lungo la verticale L2-S001-DH, nello strato delle depositi alluvionali antichi, bc2, sono state eseguite 2 prove SPT alla profondità di 3 e 6 m da piano campagna. La prima ha restituito un valore di N_{spt} pari a 3 e evidenzia la possibilità di liquefazione mentre la seconda fornisce un valore di N_{spt} pari 46 e un margine di sicurezza nei riguardi della liquefazione molto elevato.

L'analisi congiunta delle prove SPT e della prova Down-Hole eseguite lungo la verticale L2-S001-DH evidenzia come il deposito, a meno di uno strato superficiale non sia suscettibile di liquefazione. È bene sottolineare infine che il sondaggio L2-S001-DH è stato realizzato in corrispondenza del viadotto VI10; il piano di posa delle fondazione di quest'ultimo è ubicato ad una profondità da piano campagna maggiore di 3 m.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<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>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE.00.0.1.001</td> <td>C</td> <td>57 di 69</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	57 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	57 di 69													
GEOLOGIA Relazione sismica																		

Le prove SPT eseguite lungo la verticale L2-S004-DH mostrano, per la prima parte di tracciato dal km 27+704 al km 27+988 nell'unità alluvionale bc2, valori di N_{spt} con fattore di sicurezza alla liquefazione inferiore all'unità. Per questa zona verranno eseguite specifiche analisi per valutare le conseguenze della liquefazione.

Le prove CPTU09 e CPTU10 evidenziano la presenza di alcune lenti sabbiose di spessore ridotto (0.3-1.0 m) potenzialmente liquefacibili intorno ai 5-6 m di profondità con indice di potenziale liquefazione basso ($IPL = 0.8$ e 2.7). Per le progressive in esame verranno svolte specifiche analisi per valutare le conseguenze della liquefazione.

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE:	Mandataria: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica		COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 58 di 69

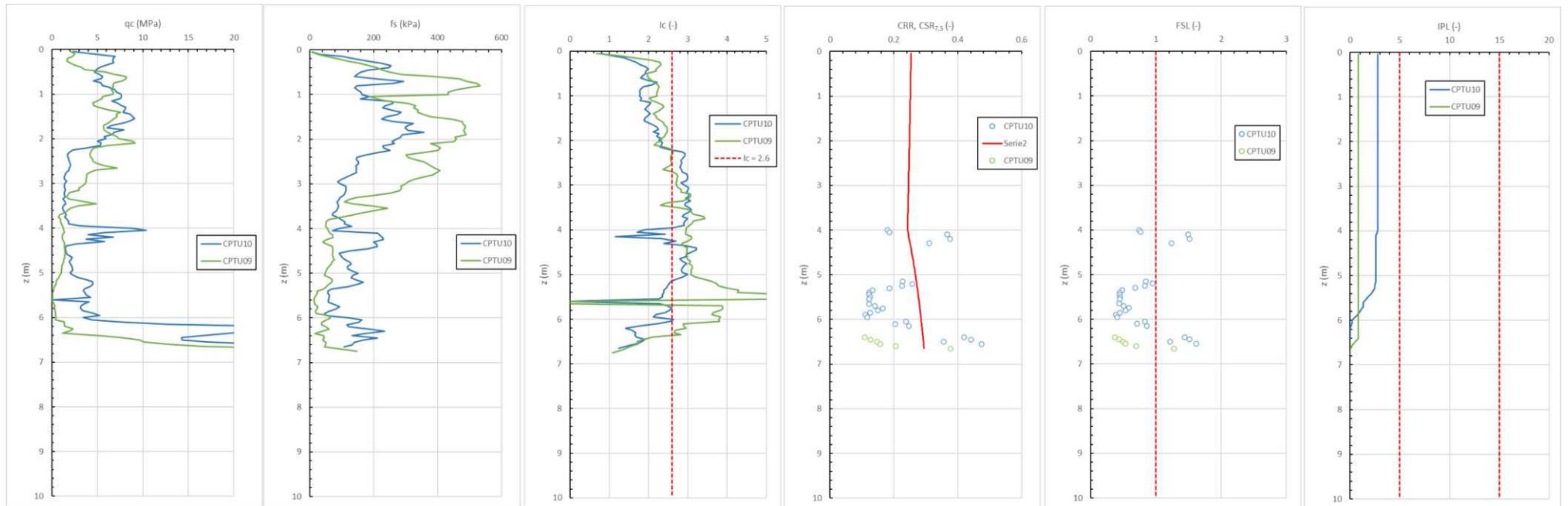


Figura 20: Valutazione dell'indice di potenziale liquefazione da prove CPTU - Elaborazione CPTU10 e CPTU09

APPALTATORE:  Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<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>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE.00.0.1.001</td> <td>C</td> <td>59 di 69</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	59 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	59 di 69													
GEOLOGIA Relazione sismica																		

6.3 POSSIBILI CONSEGUENZE DELLA LIQUEFAZIONE

Le prove CPTU che hanno evidenziato la possibilità dell'insorgere di fenomeni legati alla liquefazione interessano le progressive 31+030 - 31+450. In questa zona il tracciato ferroviario si sviluppa prevalentemente in rilevato. Le analisi di liquefazione hanno evidenziato lenti sabbiose liquefacibili molto piccole 0.3 – 1.0 m localizzate al passaggio con le ghiaie sottostanti (5-6 m di profondità).

Per questa zona è stata eseguita una valutazione dei cedimenti post-liquefazione al fine di verificare la funzionalità dell'opera in progetto. I cedimenti stimati dalle prove CPTU, sono inferiori ai 3.5 cm e quindi compatibili con l'esercizio ferroviario.

Al fine di scongiurare la possibilità che l'insorgere della liquefazione inneschi fenomeni di instabilità dell'opera ferroviaria sono state eseguite delle specifiche analisi di stabilità del rilevato nelle condizioni post-liquefazione. Le verifiche mostrano un coefficiente di sicurezza minimo maggiore di 1.1 per cui si ritengono soddisfatte le verifiche.

Dato il modesto valori dei cedimenti e il soddisfacimento delle verifiche di stabilità non si ritiene necessario prevedere un intervento di mitigazione del rischio di liquefazione per le progressive in esame.

Relativamente al tratto in rilevato compreso tra le progressive 27+704 e 27+958 è stata svolta la valutazione del cedimento post-liquefazione con riferimento al sondaggio L2-S004-PZ da cui si evince che i cedimenti stimanti sono maggiori di 5 cm e non compatibili con l'esercizio ferroviario. Per le progressive in esame si prevede dunque un intervento di consolidamento volto a mitigare il rischio di potenziale liquefazione.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 60 di 69

6.3.1 Stima dei cedimenti post-liquefazione

Sulla base dei risultati delle prove SPT e CPT eseguite è possibile stimare i cedimenti permanenti indotti dalla dissipazione delle sovrappressioni generate dalla liquefazione.

In particolare, si farà riferimento a due metodi per la stima di tali cedimenti:

- Metodo proposto da Idriss & Boulanger (2008);
- Metodo proposto da Tokimatsu & Seed (1987).

I metodi prendono spunto dalle relazioni inizialmente sviluppate da Ishihara e Yoshimine (1992) che, sulla base di numerose prove di laboratorio, osservarono come le deformazioni volumetriche ε_v , che hanno luogo durante la riconsolidazione post-liquefazione dei campioni di sabbia siano correlabili direttamente alle deformazioni di taglio massime sopportate dal campione durante lo scuotimento γ_{max} e alla densità relativa D_R del campione. Gli stessi autori hanno inoltre osservato come le deformazioni di taglio massime sopportate dal campione durante lo scuotimento siano correlabili al coefficiente di sicurezza alla liquefazione FL e alla densità relativa del terreno.

Combinando tali relazioni si ha (Yoshimine et al 2006; Idriss & Boulanger 2008):

$$\varepsilon_v = 1.5 \cdot \exp\left(2.551 - 1.147(q_{cINcs})^{0.264}\right) \cdot \min(0.08; \gamma_{max})$$

$$\varepsilon_v = 1.5 \cdot \exp\left(-0.369 \cdot ((N_1)_{60cs})^{0.5}\right) \cdot \min(0.08; \gamma_{max})$$

$$F_\alpha = -11.74 + 8.34(q_{cINcs})^{0.264} - 1.371(q_{cINcs})^{0.528}$$

$$F_\alpha = 0.032 + 0.69 \cdot ((N_1)_{60cs})^{0.5} - 0.13 \cdot (N_1)_{60cs}$$

$$\gamma_{lim} = 1.859 \left(2.163 - 0.478(q_{cINcs})^{0.264}\right)^3 \geq 0$$

$$\gamma_{lim} = 1.859 \left(1,1 - \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{46}\right)^{0.5}\right)^3 \geq 0$$

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 61 di 69

Per $FL > 2$ si ha $\gamma_{max} = 0$, per $FL < F\alpha$ si ha $\gamma_{max} = \gamma_{lim}$ e per $2 > FL > F\alpha$ si ha:

$$\gamma_{max} = \min \left(\gamma_{lim}; 0.035(2 - FL) \left(\frac{1 - F\alpha}{FL - F\alpha} \right) \right)$$

Con il metodo proposto da Tokimatsu & Seed nel 1987 la deformazione volumetrica indotta dall'insorgere della liquefazione viene stimata dall'abaco di Figura 21.

In entrambe le metodologie i cedimenti post-liquefazioni sono dati dall'integrazione lungo la verticale considerata delle deformazioni calcolate con le relazioni sopra riportate:

$$ced_{,tot} = \sum_{j=1}^n (\varepsilon_c / 100) \cdot h_j \quad (\text{cm})$$

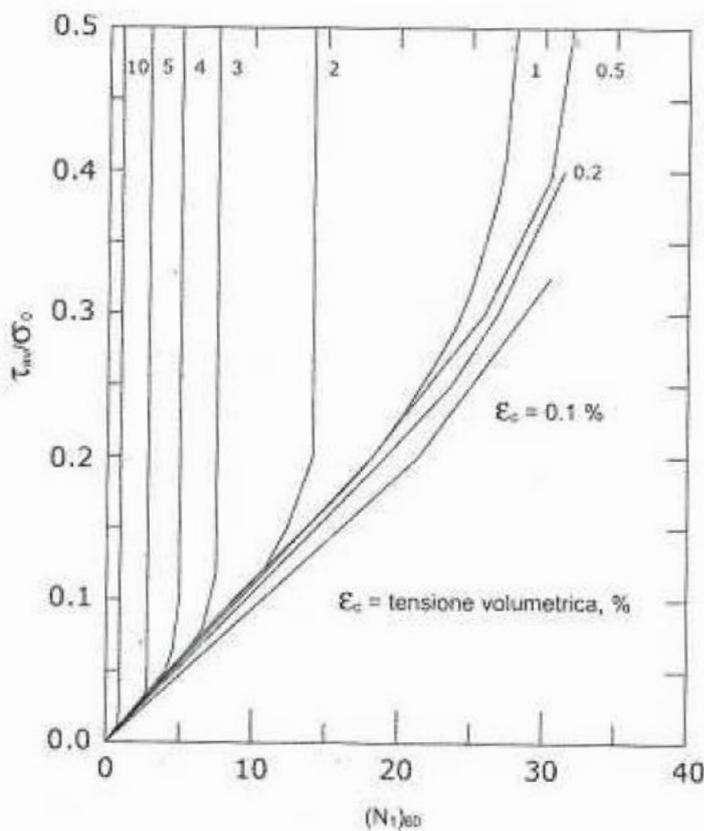


Figura 21: Abaco di Tokimatsu e Seed (1987) per il calcolo dei cedimenti indotti dalla liquefazione

APPALTATORE:	TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO				
PROGETTAZIONE:	Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO				
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 62 di 69

Per la stima dei cedimenti post liquefazione in corrispondenza delle progressive 31+030 – 31+450 è possibile fare riferimento alle risultanze delle prove CPTU09 e CPTU10. A seguire si riportano i risultati ottenuti dall'applicazione dei metodi descritti precedentemente.

I valori di cedimento per le due prove, CPTU09 e CPTU10, sono bassi e pari, rispettivamente, a 0.8 e 3.1 cm.

PROVA	CPTU09	
falda	(m)	4.00

z (m)	q _c (MPa)	f _s (kPa)	σ _{vo} (kPa)	σ' _{vo} (kPa)	(q _c)/σ _c (-)	CRR (-)	CSR _{2.5} (-)	FL (-)	F α (-)	γ lim (-)	γ max (-)	ε _c (-)	Ced (m)
4	1.248721	55.39228	76	76	51.52684	0.078978	0.242465	0.325728	0.882716	0.98673	0.98673	0.060	0.008
4.05	1.321173	58.86195	76.95	76.45	54.14902	0.081615	0.243878	0.334654	0.902342	0.922894	0.922894	0.057	0.008
4.1	1.389362	64.1685	77.9	76.9	56.57921	0.084148	0.245271	0.343082	0.916671	0.868123	0.868123	0.055	0.008
4.15	1.172008	72.65899	78.85	77.35	47.84413	0.075445	0.246642	0.305889	0.84693	1.085793	1.085793	0.064	0.008
4.2	1.167746	72.00588	79.8	77.8	47.46595	0.075094	0.247992	0.302807	0.842658	1.096652	1.096652	0.064	0.008
4.25	1.167746	53.47375	80.75	78.25	47.2568	0.0749	0.249322	0.300416	0.840245	1.102716	1.102716	0.064	0.008
4.3	1.33822	41.1054	81.7	78.7	53.64921	0.081105	0.250632	0.3236	0.898948	0.934667	0.934667	0.058	0.008
4.35	1.444766	52.28998	82.65	79.15	57.51229	0.085143	0.251922	0.337973	0.92126	0.848127	0.848127	0.054	0.008
4.4	1.389362	70.78129	83.6	79.6	55.15392	0.082652	0.253193	0.326439	0.908696	0.899759	0.899759	0.056	0.008
4.45	1.449028	73.02637	84.55	80.05	57.19718	0.084805	0.254444	0.333296	0.919765	0.854818	0.854818	0.055	0.008
4.5	1.423457	73.37326	85.5	80.5	55.98981	0.083526	0.255677	0.326685	0.913517	0.881042	0.881042	0.056	0.008
4.55	1.478861	72.65899	86.45	80.95	57.85452	0.085511	0.256891	0.332867	0.922823	0.840929	0.840929	0.054	0.008
4.6	1.419195	71.06703	87.4	81.4	55.36793	0.082875	0.258087	0.321111	0.90997	0.894922	0.894922	0.056	0.008
4.65	1.423457	73.47539	88.35	81.85	55.30101	0.082805	0.259265	0.319383	0.909575	0.896431	0.896431	0.056	0.008
4.7	1.299864	77.47571	89.3	82.3	50.43209	0.077906	0.260426	0.29915	0.873133	1.014967	1.014967	0.061	0.008
4.75	1.312649	69.51588	90.25	82.75	50.70228	0.078169	0.261569	0.298847	0.875578	1.007907	1.007907	0.061	0.008
4.8	1.159223	67.88309	91.2	83.2	44.74677	0.072632	0.262695	0.276488	0.808326	1.178909	1.178909	0.067	0.008
4.85	1.095295	60.4131	92.15	83.65	42.16446	0.070399	0.263804	0.266863	0.769304	1.26447	1.26447	0.071	0.008
4.9	1.120866	54.86162	93.1	84.1	42.94034	0.071059	0.264896	0.268254	0.781733	1.237942	1.237942	0.070	0.008
4.95	1.0612	51.92261	94.05	84.55	40.53828	0.069047	0.265972	0.259602	0.741149	1.322526	1.322526	0.073	0.008
5	0.788442	47.84064	95	85	40.99945	0.069426	0.267032	0.259992	0.749432	1.305713	1.305713	0.072	0.008
5.05	0.912035	47.06507	95.95	85.45	34.66447	0.06451	0.268076	0.240642	0.611988	1.564497	1.564497	0.083	0.008
5.1	0.788442	62.78064	96.9	85.9	29.92896	0.061259	0.269104	0.22764	0.468341	1.806472	1.806472	0.092	0.008
5.15	0.592397	70.98539	97.85	86.35	22.51127	0.056916	0.270117	0.210707	0.138293	2.312133	2.312133	0.113	0.008
5.2	0.494374	69.3526	98.8	86.8	18.75926	0.055077	0.271115	0.203149	-0.10205	2.657709	2.270888	0.128	0.008
5.25	0.451756	60.29064	99.75	87.25	17.08671	0.054337	0.272098	0.199695	-0.23231	2.840385	1.19794	0.136	0.008
5.3	0.328162	53.02474	100.7	87.7	12.412	0.052534	0.273066	0.192387	-0.70719	3.489826	0.120065	0.165	0.008
5.35	0.23014	43.55458	101.65	88.15	8.702121	0.051392	0.274019	0.18755	-1.27216	4.244321	0.098743	0.202	0.008
5.4	0.208831	24.77753	102.6	88.6	7.865402	0.051171	0.274958	0.186105	-1.43765	4.463491	0.095308	0.213	0.008
5.45	0.119332	23.38966	103.55	89.05	4.49769	0.050421	0.275883	0.182764	-2.36879	5.691887	0.083975	0.279	0.008
5.5	0.119332	20.28737	104.5	89.5	4.473727	0.050417	0.276794	0.182146	-2.37773	5.703678	0.083952	0.280	0.008
5.55	0.110808	15.55229	105.45	89.95	4.134792	0.050354	0.277692	0.181332	-2.50948	5.877492	0.08302	0.290	0.008
5.6	0.281282	16.69524	108.3	91.3	10.25005	0.051837	0.280303	0.184932	-1.00798	3.893054	0.106933	0.185	0.008
5.75	0.311115	26.24704	109.25	91.75	11.27223	0.052156	0.281147	0.18551	-0.85733	3.691642	0.113108	0.175	0.008
5.8	0.319639	22.94065	110.2	92.2	11.52333	0.052237	0.281979	0.185252	-0.82275	3.645269	0.114855	0.173	0.008
5.85	0.370781	18.00147	111.15	92.65	13.28756	0.052841	0.282797	0.186853	-0.60267	3.348548	0.128819	0.159	0.008
5.9	0.413399	21.7977	112.1	93.1	14.73344	0.05338	0.283604	0.188219	-0.44743	3.137181	0.144396	0.149	0.008
5.95	0.43897	58.82113	113.05	93.55	15.56648	0.053707	0.284398	0.188844	-0.36647	3.026087	0.155986	0.144	0.008
6	0.485851	65.14818	114	94	17.13883	0.054359	0.28518	0.190613	-0.228	2.834371	0.185776	0.136	0.008
6.05	0.43897	52.41244	114.95	94.45	15.42701	0.053651	0.28595	0.187625	-0.37963	3.044193	0.154277	0.145	0.008
6.1	1.376577	37.14589	115.9	94.9	47.77581	0.075381	0.286708	0.26292	0.846167	1.087745	1.087745	0.064	0.008
6.15	1.376577	37.14589	116.85	95.35	47.59801	0.075216	0.287454	0.261663	0.844163	1.092845	1.092845	0.064	0.008
6.2	1.423457	52.08589	117.8	95.8	49.0254	0.076556	0.288189	0.265645	0.859532	1.052728	1.052728	0.062	0.008
6.25	2.314183	60.57637	118.75	96.25	79.16406	0.111495	0.288913	0.385913	0.920365	0.50398	0.50398	0.040	0.008
6.3	2.058473	39.92163	119.7	96.7	70.23381	0.099892	0.289626	0.3449	0.942061	0.622341	0.622341	0.045	0.008
6.35	1.163484	16.8177	120.65	97.15	39.6684	0.06834	0.290327	0.235391	0.724852	1.355028	1.355028	0.074	0.008
6.4	5.135527	43.79949	121.6	97.6	77.02285	0.108623	0.291018	0.373251	0.927772	0.529955	0.529955	0.042	0.008
6.45	7.590351	44.65671	122.55	98.05	89.7223	0.126495	0.291697	0.433652	0.866947	0.394106	0.394106	0.036	0.006
6.5	9.670133	41.51359	123.5	98.5	102.2466	0.146255	0.292367	0.500246	0.774327	0.294816	0.294816	0.031	0.004
6.55	10.12189	51.84097	124.45	98.95	108.4169	0.156966	0.293025	0.535674	0.719567	0.255405	0.255405	0.030	0.003
6.6	13.05404	49.51425	125.4	99.4	130.7948	0.205096	0.293674	0.69838	0.483724	0.150246	0.10957	0.024	0.001
6.65	16.65996	47.5549	126.35	99.85	166.659	0.376328	0.294312	1.278672	0.025537	0.059794	0.019632	0.004511	0.000226
6.7	27.44204	102.7431	127.3	100.3	274.3434	1.781.931	0.29494	6041.68	-1.59627	0.000373	0	0	0
6.75	46.98261	148.0937	128.25	100.75	470.1925	9.34E+57	0.295558	3.16E+58	-4.72838	-0.03386	0	0	0

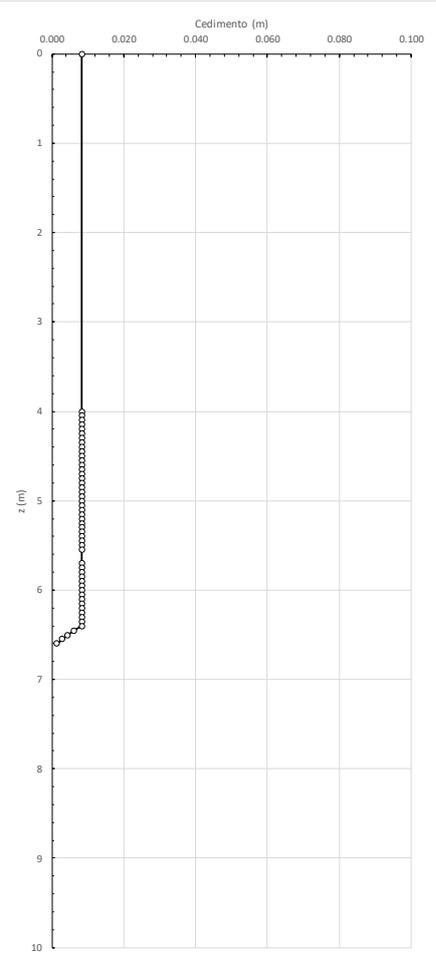


Figura 22: Stima dei cedimenti post liquefazione da CPTU09

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata			ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: _____ Mandante: _____			PROGETTO ESECUTIVO					
SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.								
GEOLOGIA Relazione sismica			COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
			IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	63 di 69

PROVA	CPTU10	
falda	(m)	4.00

z (m)	q _c (MPa)	f _s (kPa)	σ _{vo} (kPa)	σ' _{vo} (kPa)	(q _c) _{CS} (-)	CRR (-)	CSR _{7.5} (-)	FL (-)	Fα (-)	γ _{lim} (-)	γ _{max} (-)	ε _c (-)	Ced (m)
4	8.843334	94.29341	76	76	120.3155	0.180243	0.242465	0.743376	0.600525	0.193123	0.122993	0.026	0.031
4.05	10.36908	70.37309	76.95	76.45	122.8011	0.185686	0.243878	0.761388	0.573735	0.182048	0.098475	0.026	0.030
4.1	5.612854	214.0991	77.9	76.9	165.4286	0.365961	0.245271	1.49207	0.042383	0.061851	0.011743	0.003	0.028
4.15	3.976304	219.4465	78.85	77.35	153.6293	0.288948	0.246642	1.171529	0.200424	0.084763	0.023875	0.006	0.028
4.2	6.746505	228.835	79.8	77.8	166.4801	0.374787	0.247992	1.511284	0.027991	0.06009	0.011209	0.003	0.028
4.25	3.780259	230.3862	80.75	78.25	145.49	0.25227	0.249322	1.011824	0.305239	0.104456	0.034007	0.009	0.028
4.3	5.796113	199.6898	81.7	78.7	157.4551	0.310165	0.250632	1.237533	0.149915	0.076662	0.020858	0.005	0.028
4.35	2.591204	208.2211	82.65	79.15	100.7755	0.143807	0.251922	0.57084	0.786571	0.305051	0.305051	0.032	0.028
4.4	1.606717	211.3642	83.6	79.6	63.44509	0.091751	0.253193	0.362377	0.939879	0.732876	0.732876	0.050	0.028
4.45	1.483123	181.2393	84.55	80.05	58.49483	0.086204	0.254444	0.338791	0.925575	0.827655	0.827655	0.054	0.028
4.5	1.551313	125.8062	85.5	80.5	60.83744	0.088787	0.255677	0.347262	0.933829	0.781137	0.781137	0.052	0.028
4.55	1.598193	92.86472	86.45	80.95	62.35814	0.090504	0.256891	0.352307	0.937741	0.752563	0.752563	0.051	0.028
4.6	1.721787	97.06915	87.4	81.4	66.74287	0.09563	0.258087	0.370535	0.943228	0.676643	0.676643	0.048	0.028
4.65	2.220423	102.4573	88.35	81.85	84.99104	0.1196	0.259265	0.461303	0.894108	0.439886	0.439886	0.038	0.028
4.7	2.105353	110.2947	89.3	82.3	80.43565	0.113228	0.260426	0.43478	0.915372	0.489199	0.489199	0.040	0.028
4.75	1.883737	126.1327	90.25	82.75	71.96051	0.102058	0.261569	0.390175	0.939851	0.597284	0.597284	0.044	0.028
4.8	2.092567	130.827	91.2	83.2	79.37017	0.111775	0.262695	0.425493	0.919585	0.501552	0.501552	0.040	0.028
4.85	2.182066	118.2954	92.15	83.65	82.35124	0.115876	0.263804	0.439251	0.907054	0.467791	0.467791	0.039	0.028
4.9	2.280089	118.826	93.1	84.1	85.62189	0.120503	0.264896	0.454906	0.890772	0.433477	0.433477	0.038	0.028
4.95	2.297136	132.7455	94.05	84.55	85.93306	0.12095	0.265972	0.454747	0.889092	0.430352	0.430352	0.037	0.028
5	2.011592	151.4001	95	85	75.26546	0.106307	0.267032	0.398107	0.932864	0.552346	0.552346	0.042	0.028
5.05	2.258779	134.46	95.95	85.45	83.93574	0.118101	0.268076	0.44055	0.899483	0.450827	0.450827	0.038	0.028
5.1	2.808558	129.8473	96.9	85.9	103.3692	0.148149	0.269104	0.550526	0.764765	0.287232	0.287232	0.031	0.028
5.15	3.827139	143.8893	97.85	86.35	138.5117	0.227519	0.270117	0.842296	0.391889	0.124379	0.054707	0.016	0.028
5.2	4.483464	168.7893	98.8	86.8	146.8912	0.257901	0.271115	0.951261	0.287468	0.10081	0.039401	0.010	0.027
5.25	4.530344	151.89	99.75	87.25	138.0387	0.226013	0.272098	0.830631	0.397644	0.125842	0.056938	0.016	0.027
5.3	4.287419	121.5201	100.7	87.7	123.2514	0.186699	0.273066	0.683714	0.568817	0.180105	0.172891	0.026	0.026
5.35	3.677975	68.12801	101.65	88.15	93.9594	0.132921	0.274019	0.48508	0.838728	0.357243	0.357243	0.034	0.025
5.4	3.435049	57.3108	102.6	88.6	87.30371	0.122934	0.274958	0.447102	0.881439	0.416861	0.416861	0.037	0.023
5.45	3.639618	57.59654	103.55	89.05	86.76907	0.122157	0.275883	0.442787	0.884473	0.422071	0.422071	0.037	0.021
5.5	3.775997	61.27031	104.5	89.5	88.78452	0.125105	0.276794	0.45198	0.872712	0.402774	0.402774	0.036	0.019
5.55	4.26611	60.53555	105.45	89.95	87.38191	0.123048	0.277692	0.443112	0.88099	0.416104	0.416104	0.037	0.017
5.65	4.112683	59.5967	107.35	90.85	86.74381	0.122121	0.279446	0.437011	0.884615	0.422318	0.422318	0.037	0.016
5.7	3.439311	75.80211	108.3	91.3	99.1985	0.141224	0.280303	0.503825	0.799324	0.316411	0.316411	0.032	0.014
5.75	3.196386	94.29341	109.25	91.75	112.2897	0.16411	0.281147	0.583717	0.682622	0.233308	0.233308	0.028	0.012
5.8	3.209171	82.12915	110.2	92.2	104.3188	0.149769	0.281979	0.531136	0.756533	0.280965	0.280965	0.031	0.011
5.85	3.418002	61.76014	111.15	92.65	89.50623	0.126174	0.282797	0.446163	0.868291	0.396086	0.396086	0.036	0.009
5.9	4.436584	46.20785	112.1	93.1	77.86377	0.109744	0.283604	0.386962	0.925017	0.519587	0.519587	0.041	0.007
5.95	5.25912	52.00425	113.05	93.55	82.66363	0.116312	0.284398	0.408977	0.90561	0.464394	0.464394	0.039	0.005
6	3.426526	125.8062	114	94	118.6358	0.176695	0.28518	0.619592	0.618281	0.200956	0.200956	0.027	0.003
6.05	4.419536	163.0745	114.95	94.45	141.6534	0.23804	0.28595	0.832453	0.353274	0.115033	0.055152	0.015	0.003
6.1	7.40283	153.1145	115.9	94.9	130.3537	0.203936	0.286708	0.711303	0.488834	0.15186	0.103636	0.024	0.003
6.15	12.77702	117.2749	116.85	95.35	144.1175	0.246988	0.287454	0.859226	0.32253	0.108138	0.0504	0.014	0.001
6.2	24.09223	122.9488	117.8	95.8	242.3255	0.242492	0.288189	81.28305	-1.09431	0.003753	0	0.000	0.001
6.25	23.21855	190.2604	118.75	96.25	233.4987	0.101104	0.288913	34.99371	-0.95784	0.005814	0	0.000	0.001
6.3	21.88459	234.6304	119.7	96.7	226.3305	5.599303	0.289626	19.3329	-0.8478	0.008017	0	0.000	0.001
6.35	19.63433	171.7691	120.65	97.15	198.9261	1.083734	0.290327	3.732805	-0.4354	0.022552	0	0.000	0.001
6.4	16.53171	133.1945	121.6	97.6	171.1496	0.419294	0.291018	1.440787	-0.03647	0.052759	0.013732	0.003	0.001
6.45	14.25588	211.3234	122.55	98.05	173.137	0.441291	0.291697	1.51284	-0.06417	0.049871	0.011506	0.003	0.000
6.5	14.31981	167.3606	123.5	98.5	164.1391	0.355663	0.292367	1.216496	0.059968	0.06407	0.022289	0.005	0.000
6.55	17.13263	138.7868	124.45	98.95	175.824	0.474514	0.293025	1.619361	-0.10185	0.046172	0.008528	0.002	0.000
6.6	23.6703	133.0313	125.4	99.4	236.9065	13.77021	0.293674	46.88952	-1.01041	0.00494	0	0.000	0.000
6.65	30.60007	106.825	126.35	99.85	306.0263	1762757	0.294312	5989423	-2.10001	-5.3E-08	0	0.000	0.000

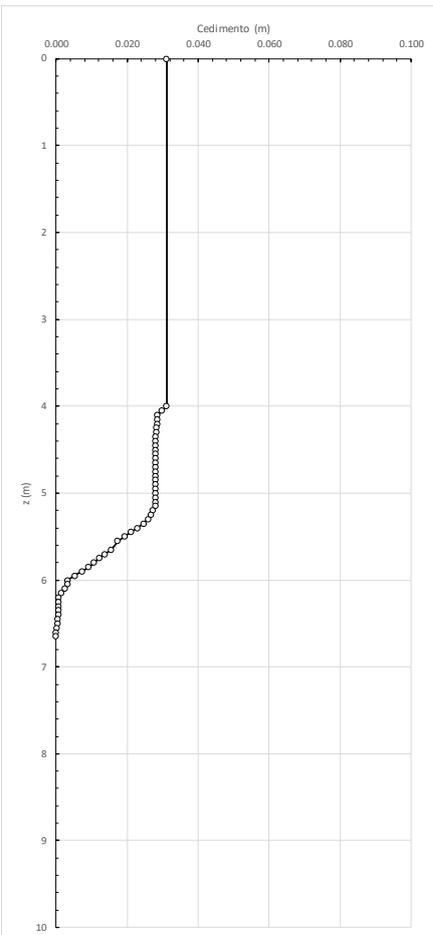


Figura 23: Stima dei cedimenti post liquefazione da CPTU10

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 65 di 69

6.3.1 Verifiche di stabilità post-liquefazione

Le analisi sono finalizzate a valutare l'eventuale impatto della liquefazione sulla stabilità dei rilevati ferroviari. Nelle analisi si è considerato che nelle condizioni post-sismiche il terreno potenzialmente liquefacibile sia effettivamente liquefatto e che sia disponibile la sola resistenza residua. Questa è stata valutata con la relazione di Idriss e Boulanger (2008) per valori di q_{c1Ncs} compresi tra 75 e 100. Nel caso in esame si assume quindi che a seguito della liquefazione la resistenza disponibile S_r sia pari al 10% della tensione verticale efficace σ'_{v0} .

L'esame delle condizioni di stabilità è stato condotto utilizzando gli usuali metodi dell'equilibrio limite. Per la valutazione dei fattori di sicurezza alla stabilità globale si è impiegato un codice di calcolo denominato Slide in cui la ricerca delle superfici critiche viene svolta attraverso la generazione automatica di un elevato numero di superfici di potenziale scivolamento. Sono state cautelativamente considerate ipotesi di deformazione piana. In particolare, in questa sede si fa riferimento al metodo di Bishop modificato che prevede l'utilizzo di superfici di scorrimento circolari. Nelle analisi sono state trascurate le superfici più corticali in quanto poco significative e per le quali non risulta idonea una analisi convenzionale all'equilibrio limite. In accordo alla normativa vigente per rilevati in materiali sciolti e fronti di scavo, le analisi di stabilità vengono condotte secondo la combinazione (A2+M2+R2). Il coefficiente di sicurezza minimo per le verifiche di sicurezza di opere di materiali sciolti e fronti di scavo è pari ad 1.1 (γ_R). Pertanto, il fattore di sicurezza alla stabilità da verificare $FS \geq 1.1$. Per le analisi eseguite, stabilità in condizioni di post liquefazione, sono stati applicati sul rilevato ferroviario i carichi delle condizioni statiche, valutati in accordo alle STI (specifiche tecniche di interoperabilità). Ai carichi accidentali è stato applicato il fattore parziale 0.20 per eventi eccezionali.

Nella tabella a seguire si riporta la stratigrafia utilizzata nelle analisi.

z	unità	γ	c	φ
(m)	(-)	(-)	(kPa)	(°)
0.0-2.0	Ba2	19	0	33
2.0-4.0	Ba3	19	5	25
4.0-4.5	Ba2-liq	19	0	5
4.5-5.0	Ba3	19	5	25
5.0-6.0	Ba2-liq	19	0	5
>6.0	Bn1	20	0	38

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 66 di 69

I risultati sono espressi in termini di rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e quella mobilitata lungo le superfici di scorrimento analizzate. In tabella sono riportati i gradi di sovra resistenza (R_d/E_d) rispetto alle azioni sollecitanti di progetto $E_d (= E \gamma E)$ ottenuti secondo la formulazione di Bishop. Il coefficiente parziale γ_R vale 1.10; quindi considerando la resistenza di progetto.

$R_d = R / R_\gamma$ (cfr. § 6.2.3.1), risulta sempre verificata la disuguaglianza:

$E_d \leq R_d$ per cui le verifiche di stabilità globale possono considerarsi soddisfatte.

Combinazione	Formulazione
	Bishop
"SLU ; A2+M2"	1.214

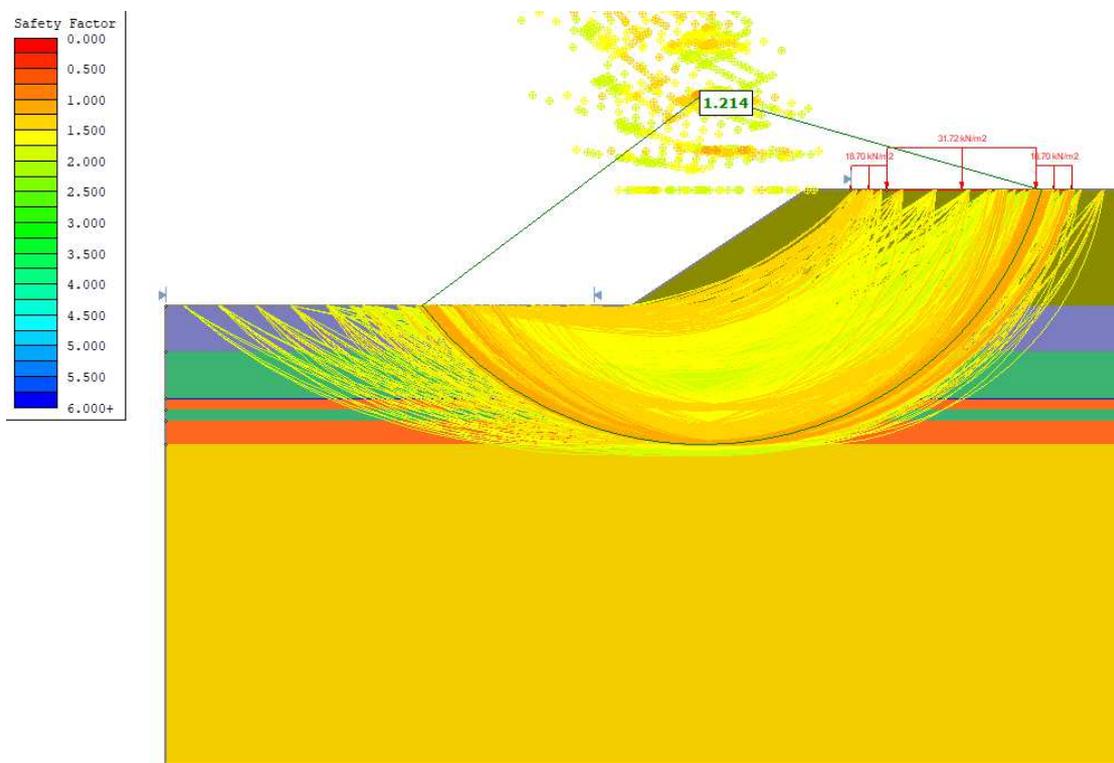


Figura 24: Verifica di stabilità rilevato ferroviario H=5 m al km 31+300 – post liquefazione

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 67 di 69

7 CONCLUSIONI

Le principali caratteristiche sismiche investigate nell'area di progetto sono le seguenti:

- il terreno di fondazione è stato classificato nelle Categorie B, C ed E;
- il sito è ubicato prevalentemente in un'area con pendenza inferiore di 15° e ricade in Categoria topografica T1.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO					
PROGETTAZIONE: Mandatario: SYSTRA S.A. Mandante: SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	PROGETTO ESECUTIVO					
GEOLOGIA Relazione sismica	COMMESSA IF2R	LOTTO 0.2.E.ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE.00.0.1.001	REV. C	FOGLIO 68 di 69

8 BIBLIOGRAFIA

- [1] Brammerini F., Castenetto S., Giuffrè M., Naso G. & Peronace E. (2015) – Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC). Commissione tecnica per la microzonazione sismica – Standard di rappresentazione e archiviazione informatica, Roma
- [2] Carannante G., Cesarano M., Pappone G. & Putignano M.L. (2012) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.00. Foglio 431 Caserta Est. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale
- [3] Meletti C. & Valensise G. (2004) – Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
- [4] Patacca E., Scandone P., Bellatalla M., Perilli N. & Santini U. (1992) - La zona di giunzione tra l'arco appenninico settentrionale e l'arco appenninico meridionale nell'Abruzzo e nel Molise. Studi Geologici Camerti, vol. spec. 1991/92, 417-441
- [5] Patacca E. & Scandone P. (2007) - Geology of the Southern Apennines. Bollettino della Società Geologica Italiana, vol. spec. 7, 75-199
- [6] <http://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/>
- [7] <http://diss.rm.ingv.it/diss/>
- [8] <http://esse1-gis.mi.ingv.it>.

APPALTATORE: TELESE S.c.a r.l. Consorzio Telese Società Consortile a Responsabilità Limitata	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 2° e 3 SUBLOTTO TELESE – SAN LORENZO – VITULANO PROGETTO ESECUTIVO																	
PROGETTAZIONE: Mandatario: Mandante: SYSTRA S.A. SWS Engineering S.p.A. SYSTRA-SOTECNI S.p.A.	<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>IF2R</td> <td>0.2.E.ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE.00.0.1.001</td> <td>C</td> <td>69 di 69</td> </tr> </tbody> </table>						COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	69 di 69
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO													
IF2R	0.2.E.ZZ	RG	GE.00.0.1.001	C	69 di 69													
GEOLOGIA Relazione sismica																		

9 **OUTPUT DI CALCOLO**

Slide Analysis Information

STABILITA_RIL

Project Summary

File Name:	STABILITA_RIL.slmd
Slide Modeler Version:	9.009
Compute Time:	00h:00m:00.681s
Project Title:	SLIDE - An Interactive Slope Stability Program
Date Created:	01/12/2021, 18:19:16

General Settings

Units of Measurement:

Time Units:

Permeability Units:

Data Output:

Failure Direction:

Metric Units

days

meters/second

Standard

Right to Left

Design Standard

Selected Type:	Eurocode 7 (User Defined)
Name:	User Defined 1
Type	Partial Factor
Permanent Actions: Unfavourable	1
Permanent Actions: Favourable	1
Variable Actions: Unfavourable	1
Variable Actions: Favourable	1
Effective cohesion	1.25
Coefficient of shearing resistance	1.25
Undrained strength	1.4
Weight density	1
Shear strength (other models)	1
Earth resistance	1
Tensile and plate strength	1
Shear strength	1
Compressive strength	1
Bond strength	1
Seismic Coefficient	1

Analysis Options

Slices Type:	Vertical
Analysis Methods Used	
	Bishop simplified
Number of slices:	50
Tolerance:	0.005
Maximum number of iterations:	75
Check malpha < 0.2:	Yes
Create Interslice boundaries at intersections with water tables and piezos:	Yes
Initial trial value of FS:	1
Steffensen Iteration:	Yes

Groundwater Analysis

Groundwater Method:	Water Surfaces
Pore Fluid Unit Weight [kN/m ³]:	9.81
Use negative pore pressure cutoff:	Yes
Maximum negative pore pressure [kPa]:	0
Advanced Groundwater Method:	None

Random Numbers

Pseudo-random Seed:

10116

Random Number Generation Method:

Park and Miller v.3

Surface Options

Surface Type:	Circular
Search Method:	Auto Refine Search
Divisions along slope:	20
Circles per division:	10
Number of iterations:	10
Divisions to use in next iteration:	50%
Composite Surfaces:	Disabled
Minimum Elevation:	Not Defined
Minimum Depth:	Not Defined
Minimum Area:	Not Defined
Minimum Weight:	Not Defined

Seismic Loading

Advanced seismic analysis:	No
Staged pseudostatic analysis:	No

Loading

3 Distributed Loads present

Distributed Load 1

Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	18.7
Orientation:	Normal to boundary
Load Action:	Variable

Distributed Load 2

Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	18.7
Orientation:	Normal to boundary
Load Action:	Variable

Distributed Load 3

Distribution:	Constant
Magnitude [kPa]:	31.72
Orientation:	Normal to boundary
Load Action:	Variable

Materials

bn1

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	20
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	38
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

ba3

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	19
Cohesion [kPa]	5
Friction Angle [deg]	25
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

ba2-liq

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	19
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	5
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

ba2

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	19
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	33
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

Ril

Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	20
Cohesion [kPa]	0
Friction Angle [deg]	38
Water Surface	Water Table
Hu Value	1

Global Minimums

Method: bishop simplified

	FS	1.213760
Center:		23.070, 29.144
Radius:		15.149
Left Slip Surface Endpoint:		10.992, 20.000
Right Slip Surface Endpoint:		37.641, 25.000
Resisting Moment:		13867.1 kN-m
Driving Moment:		11424.9 kN-m
Total Slice Area:		165.408 m ²
Surface Horizontal Width:		26.6489 m
Surface Average Height:		6.20696 m