

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI  
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI  
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA  
LOTTO 1- RADDOPPIO RIPALTA – LESINA

GE – GEOLOGIA  
RELAZIONE SISMICA  
Relazione Progetto Esecutivo

L'Appaltatore	COMPAT S.c.a.r.l. Il Direttore Tecnico	I progettisti (il Direttore della progettazione)
Data	Firma (Ing. Gianguido Babini)	Data Firma

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I 0 7	0 1	E	Z Z	R H	G E 0 0 0 1	0 0 2	C	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Aut. / Data
A	PRIMA EMISSIONE	D. FABBRICATORE	Agosto 2021	C.LEONETTI	Agosto 2021	V.SECRETI	Agosto 2021	Ing. T. PELLELLA
B	REVISIONE RDV	D. FABBRICATORE	Aprile 2022	C.LEONETTI	Aprile 2022	V.SECRETI	Aprile 2022	Ing. T. PELLELLA
C	TERZA EMISSIONE	D. FABBRICATORE	Giugno 2022	C.LEONETTI	Giugno 2022	V.SECRETI	Giugno 2022	Ing. T. PELLELLA

File: LI0701ezzhge0001002B

n. Elab.



**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	2 DI 68

## INDICE

1. PREMESSA.....	7
1.1 DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO.....	7
1.2 RACCOMANDAZIONI E NORMATIVE TECNICHE .....	8
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	10
3. CARATTERI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI.....	11
3.1 ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE .....	11
3.2 CARATTERI GEOLOGICI DEL COMPARTO PROGETTUALE .....	16
3.3 CARATTERI IDROGEOLOGICI E FALDA ACQUIFERA.....	19
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	21
4.1 INDAGINI PREGRESSE .....	22
4.1.1 Campagna indagini 2009 .....	22
4.1.2 Campagna indagini 2010 .....	25
4.1.3 Campagna di indagini 2016.....	25
4.2 PROGETTO ESECUTIVO.....	26
4.2.1 Riepilogo indagini geognostiche integrative .....	30
4.2.2 Risultati indagini geognostiche.....	32
5. CARATTERISTICHE SISMICHE GENERALI.....	36
5.1 INQUADRAMENTO SISMICO REGIONALE.....	36
5.2 SORGENTI SIMOGENETICHE .....	37
5.3 MACROZONAZIONE SISMICA E MAGNITUDO DI RIFERIMENTO.....	40
5.4 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	42
5.5 SISMICITÀ STORICA.....	45
6. CATEGORIA DI SOTTUOLO .....	50
7. LIQUEFAZIONE.....	53
8. SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE LOCALE .....	55
8.1 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA.....	55
8.2 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA.....	55
8.3 VITA NOMINALE .....	56
8.4 CLASSE D'USO .....	56
8.5 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA .....	57

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	3 DI 68

8.6	STATI LIMITE DI ESERCIZIO .....	57
8.7	AZIONE SISMICA LOCALE E SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO.....	58
Figura 2.1	- Ubicazione dell'area di studio (immagine da google earth).....	10
Figura 2.2	- Particolare della figura precedente (immagine da google earth).....	10
Figura 3.1	- Carta geologica schematica che mostra la distribuzione dei depositi silicoclastici plio-pleistocenici nei settori costieri a ovest del Gargano. 1) Calcari cretacei; 2) Calcareniti di Apricena; 3) Depositi di piattaforma e di transizione; 4) Depositi costieri; 5) Depositi fluviali; 6) Depositi alluvionali, litorali e palustri attuali; 7) Faglia a componente transtensiva; 8) Contatto regressivo (da Capuano et al. 1996). .....	12
Figura 3.2	- Colonna litostratigrafica della successione regressiva plio-pleistocenica (da Lanzafame & Tortorici 1976). .....	14
Figura 4.1	- Andamento valori di velocità onde S ed onde P rilevati dalla prova down-hole eseguita nel sondaggio SG01. ....	33
Figura 5.1	- Suddivisione della Puglia settentrionale in quattro zone (linee continue) con caratteristiche di sismicità differenti: 1) Zona basso Fortore-Lesina-Isole Tremiti; 2) Promontorio del Gargano; 3) Avanfossa del Tavoliere; 4) Sub-Appennino Dauno- Molise sud-orientale. In tratteggio rosso, i confini delle zone sismogenetiche definite nella zonazione ZS9 (da Pierri et al. 2008). .....	37
Figura 5.2	- Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy" per l'area in oggetto. ....	38
Figura 5.3	- Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composita Ripabottoni – San Severo (ITCS003). .....	39
Figura 5.4	- Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composita San Marco in Lamis - Mattinata (ITCS058). .....	39
Figura 5.5	- Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composita Tocco Casauria - Tremiti (ITCS059). .....	40
Figura 5.6	- Zonazione sismogenetica ZS4. ....	41
Figura 5.7	- Zonazione sismogenetica ZS9. ....	41
Figura 5.8	- Moda delle distribuzioni di frequenza in funzione della profondità dei terremoti riportati nel catalogo strumentale INGV (1983-2002) per tutte le ZS di ZS9. ....	41
Figura 5.9	- Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCP n.3519/2006), con indicazione dell'area di studio.....	43
Figura 5.10	- Classificazione sismica del territorio Italiano, con indicazione dell'area di studio.....	44
Figura 5.11	- Mappa di pericolosità sismica di base NTC2008, con indicazione del sito di interesse. ....	44
Figura 5.12	- Storia sismica di Lesina (FG); in ordinata: Intensità al sito (I <sub>s</sub> ); in ascissa: anni. ....	46
Figura 5.13	- Storia sismica di Serracapriola (FG); in ordinata: Intensità al sito (I <sub>s</sub> ); in ascissa: anni. ....	48

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	4 DI 68

Figura 5.14 - Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Molin, Stucchi, Valsenise, <a href="http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/imax.html">ingvhttp://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/imax.html</a> , con indicazione dell'area di studio. ...	49
Figura 7.1 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione NTC2018. ....	53
Figura 8.1 - Schermata del programma Spettri-NTC.ver.1.03. ....	59
Figura 8.2 - Spettri di risposta per le componenti orizzontali e verticali dei vari stati limite – Categoria di sottosuolo C. ....	64
Figura 8.3 - Spettri di risposta per le componenti orizzontali e verticali dei vari stati limite – Categoria di sottosuolo D. ....	68

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	5 DI 68

<i>Tabella 1.1 - Elaborati PE consultati. ....</i>	7
<i>Tabella 1.2 - Elaborati indagini geognostiche consultati. ....</i>	8
<i>Tabella 4.1 - Sondaggi 2009. ....</i>	23
<i>Tabella 4.2 - Prove CPTU 2009. ....</i>	24
<i>Tabella 4.3 - Sondaggi 2010. ....</i>	25
<i>Tabella 4.4 - Indagini dirette in situ 2016. ....</i>	26
<i>Tabella 4.5 - Campagna di indagini integrative. ....</i>	28
<i>Tabella 4.6 - Sondaggi integrativi. ....</i>	30
<i>Tabella 4.7 - Pozzetti integrativi. ....</i>	30
<i>Tabella 4.8 - Prove laboratorio integrative. ....</i>	31
<i>Tabella 4.9 - Prove laboratorio integrative. ....</i>	31
<i>Tabella 4.10 - Prove penetrometriche integrative. ....</i>	32
<i>Tabella 4.11 - Indagini geofisiche integrative. ....</i>	32
<i>Tabella 4.12 - Prospezioni geofisiche integrative. ....</i>	34
<i>Tabella 4.13 - Pozzetti esplorativi integrativi. ....</i>	34
<i>Tabella 4.14 - Risultati prove di laboratorio integrative. ....</i>	35
<i>Tabella 5.1 - Dati emersi dal monitoraggio strumentale della zona 930. ....</i>	42
<i>Tabella 5.2 - Valori della Magnitudo momento massima "Mwmax" per la Zone Sismogenetica ZS9        (estratto da "Gruppo di Lavoro per la Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica" - 2004). ....</i>	42
<i>Tabella 5.3 - Livello di pericolosità delle zone sismiche, suddivise in relazione all'accelerazione di picco su terreno        rigido (OPCM 3519/06). ....</i>	43
<i>Tabella 5.4 - Sismicità storica di Lesina (FG). ....</i>	46
<i>Tabella 5.5 - Sismicità storica di Serracapriola (FG). ....</i>	48
<i>Tabella 6.1 - Categorie di sottosuolo NTC2018. ....</i>	51
<i>Tabella 6.2 - Categorie di sottosuolo emerse dalle indagini geofisiche pregresse. ....</i>	52
<i>Tabella 6.3 - Categorie di sottosuolo emerse dalle indagini geofisiche del PE. ....</i>	52
<i>Tabella 8.1 - Categorie topografiche di riferimento. ....</i>	55
<i>Tabella 8.2 - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica ST (la variazione spaziale di ST è        definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo dalla sommità fino alla base dove ST=1,0).        ....</i>	55
<i>Tabella 8.3 - Valori dei coefficienti SS e Cc, per ciascuna categoria di sottosuolo. ....</i>	56
<i>Tabella 8.4 - Vita Nominale (Vn) per i diversi tipi di opere. ....</i>	56
<i>Tabella 8.5 - Parametri per il calcolo del coefficiente d'uso (Cu). ....</i>	57
<i>Tabella 8.6 - Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato. ....</i>	58

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	6 DI 68

<i>Tabella 8.7 - Valori dei parametri <math>ag</math>, <math>F_0</math>, <math>TC</math>: variabilità col periodo di ritorno <math>TR</math>.</i> .....	59
<i>Tabella 8.8 - Parametri spettrali del sito di progetto per i diversi stati limite.</i> .....	60
Tabella 8.9 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLO – Categoria di sottosuolo C. ....	61
Tabella 8.10 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD– Categoria di sottosuolo C. ....	61
Tabella 8.11 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV – Categoria di sottosuolo C. ....	62
Tabella 8.12 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLC – Categoria di sottosuolo C. ....	62
Tabella 8.13 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLO – Categoria di sottosuolo C. ....	62
Tabella 8.14 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD – Categoria di sottosuolo C. ....	63
Tabella 8.15 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV – Categoria di sottosuolo C. ....	63
Tabella 8.16 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLC – Categoria di sottosuolo C. ....	63
Tabella 8.17 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLO – Categoria di sottosuolo D. ....	65
Tabella 8.18 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD – Categoria di sottosuolo D. ....	65
Tabella 8.19 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV – Categoria di sottosuolo D. ....	65
Tabella 8.20 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLC – Categoria di sottosuolo D. ....	66
Tabella 8.21 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLO – Categoria di sottosuolo D. ....	66
Tabella 8.22 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD – Categoria di sottosuolo D. ....	66
Tabella 8.23 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV – Categoria di sottosuolo D. ....	67
Tabella 8.24 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLC – Categoria di sottosuolo D. ....	67

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	7 DI 68

## 1. PREMESSA

La presente relazione ha come finalità la caratterizzazione sismica dell'areale di progetto interessato dalla progettazione esecutiva del "Raddoppio del lotto 1 Ripalta - Lesina della tratta ferroviaria Termoli - Lesina (linea Pescara – Bari)", da realizzarsi in Provincia di Foggia, nei Comuni di Lesina e Serracapriola.

Dal punto di vista geologico, l'opera interessa un'area a basso gradiente, intercettando terreni quaternari eterogenei di origine alluvionale e fluvio-marina da argilloso limosi a ghiaioso sabbiosi e conglomeratici, poggianti su un substrato marino plio-pleistocenico sabbioso-argilloso del Pleistocene inferiore.

Per la redazione del presente studio, dopo una preliminare ricerca bibliografica, seguita dallo studio della documentazione geologica del progetto definitivo, si è fatto riferimento agli elaborati geologici e geotecnici del progetto esecutivo; la caratterizzazione sismica dei terreni presenti lungo l'intero tracciato ferroviario in progetto è basata, innanzitutto, sulla numerose indagini geognostiche pregresse, integrate da quelle più recenti eseguite nella presente fase di progettazione esecutiva.

La presente relazione si completa con l'elaborato grafico "Planimetria con classificazione sismica" (GE00LI0701EZZG5GE0001003B), redatta in scala 1:5.000.

Il lavoro è stato svolto in ottemperanza all'aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. del 17/01/2018).

### 1.1 DOCUMENTAZIONE TECNICA DI RIFERIMENTO

Per la redazione del presente studio, oltre alla documentazione bibliografica ed alla documentazione geologica allegata al Progetto Definitivo, si è fatto riferimento agli elaborati geologici redatti per la progettazione esecutiva ed in particolar modo a quelli elencati nella tabella successiva, cui si rimanda per maggiori dettagli.

ELABORATI GEOLOGICI DEL PROGETTO ESECUTIVO		
Codice elaborato	Titolo/sottotitolo	Scala
GE00LI0701EZZRHGE0001001C	Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica	-
GE00LI0701EZZG5GE0001001B	Carta geologica generale	1:5000
GE00LI0701EZZG6GE0001001B	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav.1/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0001002B	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav.2/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0001003B	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav.3/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0001004B	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav.4/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0001005B	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav.5/5	1:2000
GE00LI0701EZZG6GE0002001B	Carta idrogeologica	1:5000
GE00LI0701EZZF6GE0001001B	Profilo geologico-tecnico - Tav 1 di 4	1:2000/200
GE00LI0701EZZF6GE0001002B	Profilo geologico-tecnico - Tav 2 di 4	1:2000/200
GE00LI0701EZZF6GE0001003B	Profilo geologico-tecnico - Tav 3 di 4	1:2000/200
GE00LI0701EZZF6GE0001004B	Profilo geologico-tecnico - Tav 4 di 4	1:2000/200
GE00LI0701EZZWZGE0001001B	Sezioni geologico-tecniche	1:200

Tabella 1.1 - Elaborati PE consultati.

Per quanto riguarda le indagini geognostiche, la caratterizzazione sismica dell'areale di progetto è basata sia sulle indagini pregresse, sia su quelle integrative eseguite per la presente fase di progettazione esecutiva; gli esiti delle indagini geognostiche di riferimento sono riportati negli elaborati elencati nella tabella seguente.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	8 DI 68

INDAGINI GEOGNOSTICHE DEL PROGETTO DEFINITIVO		
Codice elaborato	Titolo/sottotitolo	Scala
<b>Indagini dirette</b>		
G00LI0701EZZSGGE0001001A	Indagini geognostiche e prove in situ pregresse. Relazione generale	-
G00LI0701EZZSGGE0001002A	Indagini geognostiche e prove in situ pregresse. Sondaggi	-
G00LI0701EZZSGGE0001003A	Indagini geognostiche e prove in situ pregresse. Pozzetti geognostici e prove cpt	-
G00LI0701EZZSGGE0001004A	Indagini geognostiche e prove in situ pregresse. Documentazione fotografica	-
G00LI0701EZZSGGE0001005A	Indagini geognostiche pregresse del 2009 (Stratigrafie sondaggi e prove penetrometriche)	-
G00LI0701EZZSGGE0001006A	Indagini geognostiche pregresse del 2010 (Stratigrafie sondaggi)	-
GE00LI0701EZZPRGE0005001B	Prove di laboratorio pregresse 1/2	-
GE00LI0701EZZPRGE0005002B	Prove di laboratorio pregresse 2/2	-
GE00LI0701EZZPRGE0005003A	Indagini geognostiche pregresse del 2009 (Certificati delle prove geotecniche di laboratorio)	-
<b>Indagini geofisiche</b>		
GE00LI0701EZZIGGE0005001A	Rapporto Tecnico indagini pregresse	-
GE00LI0701EZZIGGE0005002A	Elaborati grafici indagini pregresse	-
GE00LI0701EZZIGGE0005003A	Indagini geognostiche pregresse del 2009 (Prospezioni geofisiche in foro di sondaggio)	-
GE00LI0701EZZIGGE0005004A	Indagini geognostiche pregresse 2009 (Prospezioni geoelettriche) CON ALLEGATI	-
<b>INDAGINI GEOGNOSTICHE DEL PROGETTO ESECUTIVO</b>		
GE00LI0701EZZSGGE0001007C	Indagini geognostiche Progetto Esecutivo	-
GE00LI0701EZZPRGE0005004C	Prove di laboratorio Progetto Esecutivo	-

Tabella 1.2 - Elaborati indagini geognostiche consultati.

Si fa presente che l'elaborato "Indagini geognostiche Progetto Esecutivo" (GE00LI0701EZZSGGE0001007C) è comprensivo sia delle indagini dirette che delle prospezioni geofisiche.

## 1.2 RACCOMANDAZIONI E NORMATIVE TECNICHE

Di seguito sono elencati i principali riferimenti normativi, in ottemperanza ai quali è stata redatta la presente relazione:

✓ *Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (11 marzo 1988) "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".*

✓ *Circolare Min. LL.PP: 24 settembre 1988 n° 30483: "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".*

**GE – GEOLOGIA**

**RELAZIONE SISMICA**

**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	9 DI 68

- ✓ Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998).
- ✓ Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione”. (Pres. Cons. Superiore - Servizio Tecnico Centrale).
- ✓ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica (ordinanza n. 3274 – Allegati 1, 2 e 3);
- ✓ Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al DM 14/01/2008 pubblicate sulla G.U. n° 29 del 04.02.2008.
- ✓ Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni” di cui al DM 14/01/2008. Circolare 02/02/2009 n° 617 C.S.LL.PP.
- ✓ O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: “Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico”;
- ✓ L. R. PUGLIA 28/03/2019, N. 5 “Modifiche alla legge regionale 30 novembre 2000, n. 17 (Conferimento di funzioni e compiti amministrativi in materia di tutela ambientale) e istituzione del Sistema informativo dell'edilizia sismica della Puglia, nonché modifiche alle leggi regionali 30 luglio 2009, n. 14 (Misure straordinarie e urgenti a sostegno dell'attività edilizia e per il miglioramento della qualità del patrimonio edilizio residenziale) e 17 dicembre 2018, n. 59 (Modifiche ed integrazioni alla legge regionale 30 luglio 2009, n. 14).D.M. del 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”.

## 2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Da un punto di vista geografico, l'area di studio ricade in Puglia Settentrionale, nel territorio dei comuni di Serracapriola e Lesina, ovvero in provincia di Foggia, lungo una fascia di territorio estesa circa 9 km<sup>2</sup> situata a ridosso della costa adriatica.



Figura 2.1 - Ubicazione dell'area di studio (immagine da google earth).



Figura 2.2 - Particolare della figura precedente (immagine da google earth).

In riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area oggetto di studio ricade all'interno del foglio in scala 1:100.000 n.155 "San Severo", nella tavoletta in scala 1:25.000 n.155 I SO (Ripalta) e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Puglia, negli elementi in scala 1:5.000 n. 382072, 382083, 382121, 382122 e 382124.

**GE – GEOLOGIA****RELAZIONE SISMICA**

Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	11 DI 68

**3. CARATTERI GEOLOGICI E IDROGEOLOGICI****3.1 ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE**

Il settore di studio si colloca nei settori esterni dell'Appennino Meridionale, nel settore di transizione tra i domini di avampaese e quelli di avanfossa (Spalluto & Moretti 2006). In particolare, la porzione di avampaese affiorante risulta composta da una spessa successione di calcari meso-cenozoici di piattaforma carbonatica (D'Argenio 1974), spesso interessati da una deformazione tettonica di tipo disgiuntivo (Funicello et al. 1988; Bertotti et al. 1999; Chilovi et al. 2000).

Una marcata fase di subsidenza ha interessato i settori più occidentali dell'Avampaese Apulo tra il Pliocene inferiore ed il Pleistocene inferiore (Doglioni et al. 1994; Moretti et al. 2011). Tale fase è segnata, a livello regionale, dalla sedimentazione dei depositi carbonatici di mare basso ascritti alla Calcarenite di Gravina e delle emipelagiti limoso-argillose delle Argille Subappenniniche (Casnedi 1978; Ciaranfi et al. 1983; Spalluto & Moretti 2006). La Calcarenite di Gravina poggia, in discordanza, sui calcari meso-cenozoici dell'Avampaese Apulo (Tropeano & Sabato 2000; Pomar & Tropeano 2001). Le Argille Subappenniniche, invece, poggiano in continuità di sedimentazione sulle calcareniti plioceniche (Casnedi & Moruzzi 1978) e marcano la fase di massimo approfondimento della Fossa Bradanica (Pieri et al. 1996).

A partire dal Pleistocene medio, l'intero Avampaese Apulo è stato caratterizzato da un moderato sollevamento tettonico (Ciaranfi et al. 1983; Ricchetti et al. 1988; Doglioni et al. 1994; Gambini & Tozzi 1996) testimoniato, a livello regionale, dai depositi regressivi della Fossa Bradanica e dai depositi marini terrazzati che spesso si rinvergono nell'area, a quote decrescenti dai più antichi ai più recenti (Ciaranfi et al. 1988; Tropeano et al. 2002). Tali depositi, che vengono comunemente indicati con denominazioni differenti (Spalluto & Moretti 2006), sono descritti talora in continuità sulle Argille Subappenniniche (Boni et al. 1969; Cremonini et al. 1971) talora come depositi marini terrazzati post-calabrianici (Jacobacci et al. 1967; Merla et al. 1969).

GE - GEOLOGIA

RELAZIONE SISMICA

Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	12 DI 68

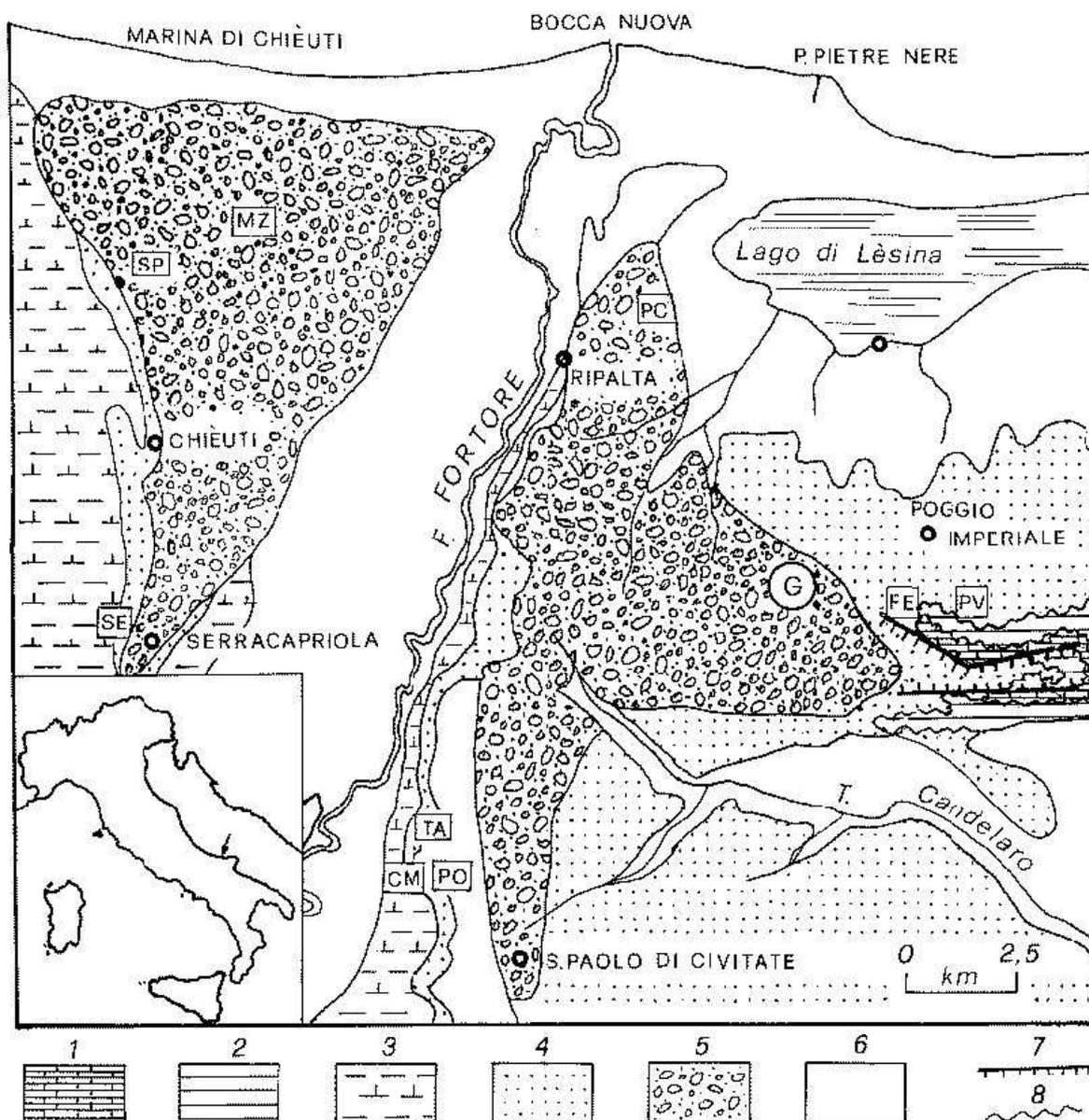


Figura 3.1 - Carta geologica schematica che mostra la distribuzione dei depositi silicoclastici plio-pleistocenici nei settori costieri a ovest del Gargano. 1) Calcari cretacei; 2) Calcareniti di Apricena; 3) Depositi di piattaforma e di transizione; 4) Depositi costieri; 5) Depositi fluviali; 6) Depositi alluvionali, litorali e palustri attuali; 7) Faglia a componente transtensiva; 8) Contatto regressivo (da Capuano et al. 1996).

In particolare, tralasciando il basamento carbonatico meso-cenozoico, l'assetto stratigrafico dei settori di interesse può essere descritto attraverso le seguenti unità:

**Argille Subappenniniche** (Pliocene medio - Pleistocene inferiore): questa formazione, che corrisponde alle ben note Argille di Montesecco (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976), è costituita da un complesso di depositi argillosi, limosi e sabbiosi depositati tra il Pliocene medio ed il Pleistocene inferiore nel bacino della Fossa Bradanica (Azzaroli 1968; Casnedi & Moruzzi 1978; Spalluto & Moretti 2006). È formata da argille limose di colore grigio-azzurro, in strati spessi da qualche decimetro ad oltre un metro,

## GE – GEOLOGIA

## RELAZIONE SISMICA

## Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	13 DI 68

in alternanza con argille marnose, limi e sabbie di colore grigio scuro (Lanzafame & Tortorici 1976; Spalluto & Moretti 2006). La laminazione è generalmente piano-parallela, incrociata solo negli intervalli sabbiosi, mentre la bioturbazione è molto diffusa e piuttosto intensa (Spalluto & Moretti 2006). I banchi sabbiosi presenti nella parte mediana della formazione diventano più frequenti verso l'alto, dove si assiste al graduale passaggio stratigrafico alle più recenti Sabbie di Serracapriola (Lanzafame & Tortorici 1976). Lo spessore della formazione è difficilmente valutabile a causa dell'assenza in affioramento dei livelli basali, anche se può essere stimato nell'ordine dei 1000 m sulla base di dati di pozzo (Lanzafame & Tortorici 1976; Casnedi et al. 1982; Sella et al. 1988).

**Sabbie di Serracapriola** (Pleistocene inferiore): tale unità è costituita da sabbie quarzose di colore giallastro e rossastro, in strati o banchi di spessore da decimetrico a metrico, con locali intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976; Capuano et al. 1996; Pavia et al. 2010). Il grado di cementazione risulta piuttosto variabile mentre la stratificazione è in genere mal definita e poco evidente (Lanzafame & Tortorici 1976). Si rinvengono locali livelli di arenarie ben cementate e passaggi di argille biancastre o verde chiaro, più frequenti verso il basso della successione (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). Il limite tra questa unità e le sottostanti Argille Subappenniniche è generalmente eteropico e viene posto, convenzionalmente, dove iniziano i banchi sabbiosi più spessi (Lanzafame & Tortorici 1976; Capuano et al. 1996). Lo spessore è mediamente piuttosto limitato e solo raramente supera i 30 m (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976).

**Conglomerati di Campomarino** (Pleistocene inferiore – Pleistocene medio?): questa formazione si riferisce ai depositi psefitici che rappresentano la fase terminale della sequenza regressiva plio-pleistocenica (Lanzafame & Tortorici 1976; Capuano et al. 1996). Si tratta di depositi conglomeratico-sabbiosi più o meno cementati, con sporadici livelli di conglomerati compatti e locali intercalazioni di sabbie a stratificazione incrociata e argille verdastre (Boni et al. 1969; Capuano et al. 1996). I ciottoli mostrano un buon grado di arrotondamento e sono costituiti, essenzialmente, da elementi arenacei e calcareo-marnosi, anche se non mancano tipi litologici provenienti dalle numerose formazioni appenniniche (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). I conglomerati poggiano, in contatto erosivo concordante, sulle sottostanti Sabbie di Serracapriola, e solo nelle zone più esterne è possibile osservare una lieve discordanza angolare (Boni et al. 1969; Capuano et al. 1996). Lo spessore è mediamente più elevato in prossimità della zona costiera, dove può raggiungere i 40 m circa (Boni et al. 1996; Lanzafame & Tortorici 1976).

GE - GEOLOGIA

RELAZIONE SISMICA

Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA  
LI07

LOTTO  
01

FASE CODIFICA DOCUMENTO  
E ZZ RH GE0001002

REV.  
C

FOGLIO  
14 DI 68

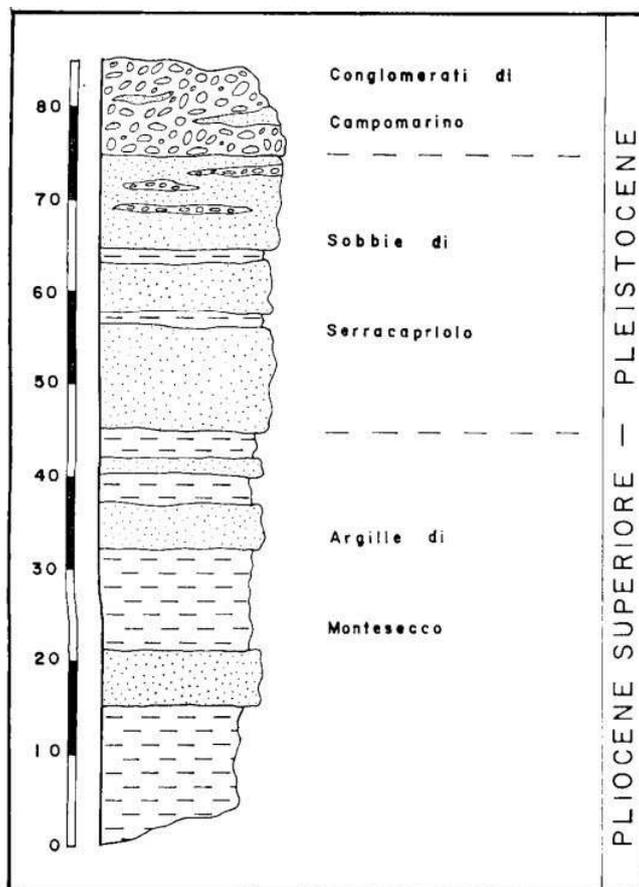


Figura 3.2 - Colonna litostratigrafica della successione regressiva plio-pleistocenica (da Lanzafame & Tortorici 1976).

**Depositi alluvionali terrazzati** (Pleistocene superiore): lungo i corsi dei principali corsi d'acqua ed in prossimità della costa adriatica è presente una serie di depositi alluvionali distinguibili, sulla base di considerazioni essenzialmente morfologiche, in almeno tre ordini di terrazzi (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). I terrazzi più antichi sono costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie con locali passaggi di argille, con una copertura superficiale di "terre nere" (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). I depositi terrazzati più recenti sono formati, invece, da sabbie e argille con locali livelli ghiaiosi (Boni et al. 1969). Tali depositi poggiano in discordanza su una superficie di erosione intagliata nei terreni della successione plio-pleistocenica o, in prossimità della costa, sui Conglomerati di Campomarino (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976; Spalluto & Moretti 2006). Gli spessori sono piuttosto variabili ma generalmente compresi tra qualche metro ed i 15 m circa (Boni et al. 1969).

**Depositi alluvionali recenti** (Pleistocene superiore - Olocene): si tratta di limi, argille e sabbie, alle quali si intercalano locali lenti conglomeratiche grossolane (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). Costituiscono ripiani elevati di alcuni metri rispetto agli alvei attuali, progressivamente in diminuzione verso la costa (Borri et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976).

**Depositi alluvionali attuali** (Olocene): si rinvengono diffusamente in corrispondenza dei fondovalle più estesi ed importanti. Sono costituiti da ciottoli arrotondati di varie dimensioni, generalmente immersi in una matrice sabbiosa progressivamente più abbondante man mano che ci si avvicina alla foce (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976).

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	15 DI 68

**Depositi costieri attuali e recenti** (Pleistocene superiore - Olocene): si tratta di sabbie a granulometria medio-grossolana, spesso rimaneggiate dal vento, con abbondanti resti di lamellibranchi (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). Nei settori più interni è possibile riconoscere allineamenti sub-paralleli di dune, localmente elevati di alcuni metri rispetto ai depositi alluvionali circostanti (Boni et al. 1969).

Per quanto concerne l'evoluzione tettonica, i settori esterni dell'Appennino Meridionale sono caratterizzati da tre importanti fasi deformative (Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999), chiaramente connesse con la strutturazione ed il sollevamento della catena a falde (Patacca et al. 1992; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009):

- **la fase compressiva** (Miocene inferiore - Pliocene medio) è contraddistinta dallo sviluppo di sottili ed estesi *thrust sheet* a vergenza orientale, al di sotto dei quali il dominio apulo si deforma in una serie di *horses* ricoperti da un sistema di tipo *duplex* (Patacca & Scandone 1989; Lentini et al. 1990; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007);
- **la fase trascorrente** (Pliocene superiore - Pleistocene inferiore) è caratterizzata da importanti sistemi di faglie ad asse N-S ed E-W, che coinvolgono sia le unità tettoniche superficiali sia quelle più profonde, derivanti dalla deformazione del dominio apulo sepolto (Patacca et al. 1992; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999; Scrocca & Tozzi 1999);
- **la fase estensionale** (Pleistocene medio - Olocene) è contraddistinta da estesi sistemi di faglie normali a direzione circa SW-NE e NW-SE, che hanno portato alla definizione degli attuali assetti geologici ed alla creazione di importanti strutture tettoniche a carattere regionale (Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999). In particolare, il settore di interesse ricade nella zona di transizione tra i domini di avampaese e quelli di avanfossa (Spalluto & Moretti 2006), in un settore di territorio caratterizzato da elementi strutturali riferibili alla tettonica attiva tra il Pliocene ed il Pleistocene (Moretti et al. 2011). In questo periodo, quindi, l'intero Avampaese Apulo risulta interessato da due distinte fasi di evoluzione geodinamica, una di subsidenza ed una di sollevamento (Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011).

La fase di subsidenza risulta attiva dal Pliocene inferiore al Pleistocene inferiore (Doglioni et al. 1994; Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011) ed è segnata dalla sedimentazione, a livello regionale, della Calcarenite di Gravina e delle Argille subappenniniche (Ciaranfi et al. 1983; Moretti et al. 2011). A tale fase sono connesse alcune faglie dirette ad attività sin-sedimentaria, prodottesi durante la deposizione della Calcarenite di Gravina (Moretti et al. 2011). Si tratta di stretti *semi-graben* estesi per poche decine di metri, con rigetti misurabili piuttosto contenuti e tendenzialmente in diminuzione verso l'alto (Moretti et al. 2011).

Localmente, in corrispondenza di tali faglie, è possibile osservare blocchi di calcari miocenici franati all'interno della Calcarenite di Gravina, che testimoniano probabilmente la presenza di faglie instabili in corrispondenza delle suddette strutture tettoniche (Moretti et al. 2011). Non sono presenti, invece, evidenze di strutture tettoniche attive durante la deposizione delle Argille Subappenniniche, che testimoniano la prosecuzione della fase di subsidenza almeno fino al Pleistocene inferiore (Doglioni et al. 1994; Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011).

A partire dal Pleistocene medio, l'intero Avampaese Apulo è stato caratterizzato da un moderato sollevamento tettonico (Ciaranfi et al. 1983; Ricchetti et al. 1988; Doglioni et al. 1994; Gambini & Tozzi 1996; Spalluto & Moretti 2006), ben documentato a scala regionale dai depositi regressivi della Fossa Bradanica e dai depositi marini terrazzati ampiamente affioranti nell'area (Ciaranfi et al. 1988; Tropeano et al. 2002).

## GE – GEOLOGIA

## RELAZIONE SISMICA

## Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	16 DI 68

Il progressivo sollevamento dell'area è messo quindi in evidenza dai caratteri evolutivi delle unità marine terrazzate, che passano da corpi deltizi progradanti a sedimenti tipici di ambienti marini di bassa energia (Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011). Meno documentabile è invece la presenza di strutture tettoniche attive in questo periodo, anche se non mancano evidenze indirette di tale attività nell'evoluzione recente di alcuni conoidi alluvionali, chiaramente interessati da fenomeni di ringiovanimento dei corsi d'acqua (Moretti et al. 2011). Solo in rari casi, infatti, è stata documentata la presenza di faglie dirette subverticali che tagliano, per intero, i depositi marini terrazzati del Pleistocene medio (Moretti et al. 2011).

### 3.2 CARATTERI GEOLOGICI DEL COMPARTO PROGETTUALE

Complessivamente, nel settore di studio sono state quindi individuate e cartografate nove unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico (entro parentesi è indicato il relativo codice identificativo assegnato nella cartografia e nei profili geologici).

#### ***Argille subappenniniche***

Tale unità non è affiorante, ma si rinviene estesamente al di sotto delle più recenti unità marine del substrato, ovvero le Sabbie di Serracapriola (8) ed i Conglomerati di Campomarino (7), costituendo il substrato impermeabile lungo l'intero tracciato ferroviario.

È costituita da argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro, in strati da sottili a molto spessi, generalmente bioturbati e talora a laminazione piano-parallela, con frequenti intercalazioni di argille marnose, limi sabbiosi e sabbie fini di colore grigio e giallastro. I livelli psammitici diventano progressivamente più frequenti verso l'alto stratigrafico, dove si assiste al graduale passaggio alle soprastanti Sabbie di Serracapriola (8).

L'unità in questione, rappresentata da depositi in facies di scarpata e piana sottomarina, presenta uno spessore massimo di circa 1000 m ed è ascrivibile al periodo Pliocene medio -Pleistocene inferiore.

#### ***Sabbie di Serracapriola***

Tale unità affiora nei settori posti a nord-ovest dell'area di intervento (in corrispondenza delle porzioni medio-basse dei rilievi collinari su cui sorgono i centri abitati di Termoli e Campomarino), mentre si trova in profondità lungo il tracciato ferroviario.

È formata da sabbie medio-fini di colore giallastro e rossastro, prevalentemente quarzose ed a grado di cementazione variabile, in strati da medi a molto spessi, generalmente bioturbati ed a laminazione piano-parallela o incrociata a basso angolo. Localmente si rinvengono intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi, da poco a discretamente cementati. Talora sono presenti sottili livelli di arenarie medio-fini di colore grigio e giallastro, da mediamente a ben cementate, e passaggi di argille e argille limose di colore grigio, biancastro e verde chiaro, più frequenti verso il basso della successione. Il limite inferiore con le sottostanti Argille Subappenniniche (9) è generalmente eteropico e viene posto, convenzionalmente, dove iniziano i banconi sabbiosi più spessi.

#### ***Conglomerati di Campomarino***

Tale unità si rinviene estesamente nel comparto di studio, in corrispondenza dei rilievi collinari più estesi, anche se diffusamente ricoperta da terreni quaternari di genesi alluvionale, marina ed eluvio-colluviale.

Si tratta di conglomerati poligenici ed eterometrici, ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-

## GE – GEOLOGIA

## RELAZIONE SISMICA

## Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	17 DI 68

marnosi da sub-angolosi ad arrotondati, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante. Localmente, si rinvencono sottili livelli di argille limose di colore verdastro e intercalazioni di sabbie grossolane di colore grigio e giallastro, spesso a stratificazione incrociata. L'unità poggia in discordanza sui depositi plio-pleistocenici più antichi, mediante una base erosiva, costituita da canali generalmente ampi e poco profondi.

Complessivamente, la successione, composta da depositi di ambiente fluvio-deltizio e di spiaggia, presenta uno spessore massimo di circa 40 m ed è ascrivibile al periodo Pleistocene inferiore - Pleistocene medio?

**Depositi alluvionali terrazzati**

L'unità si rinviene, localmente, in corrispondenza di ampie superfici terrazzate elevate di diversi metri rispetto ai fondovalle attuali, come lungo il fianco orientale del fondovalle del F. Fortore. Riferibile al Pleistocene superiore, è costituita da tre distinte *facies* litologiche.

- **litofacies ghiaioso-sabbiosa:** riferibile a depositi di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, è formata da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, con abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, oppure da sabbie e sabbie limose, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate; talora in corrispondenza dei terrazzi morfologici più elevati, è inoltre presente un'estesa copertura di "terre nere".
- **litofacies limosa e limoso-sabbiosa:** riferibile a depositi di piana inondabile e canale in fase di abbandono, è costituita di limi e limi sabbiosi;
- **litofacies argillosa e argilloso-limosa:** riferibile a depositi di piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono, è costituita da argille limose e limi argillosi, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni di limi.

**Depositi alluvionali recenti**

I depositi alluvionali recenti si rinvencono diffusamente in corrispondenza della piana alluvionale del F. Fortore e lungo i fondovalle dei corsi d'acqua secondari.

L'unità è riferibile all'intervallo Pleistocene superiore - Olocene e, come la precedente, risulta suddivisibile in tre distinte *facies* litologiche.

- **litofacies ghiaioso-sabbiosa:** riferibile a depositi di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, con abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, oppure da sabbie e sabbie limose, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate; talora in corrispondenza dei terrazzi morfologici più elevati, è inoltre presente un'estesa copertura di "terre nere".
- **litofacies limosa e limoso-sabbiosa:** riferibile a depositi di piana inondabile e canale in fase di abbandono, è costituita di limi e limi sabbiosi.
- **litofacies argillosa e argilloso-limosa:** riferibile a depositi di piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono, è costituita da argille limose e limi argillosi, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni di limi; localmente si rinvencono livelli poco potenti di torbe e terreni organici, spesso associati a sedimenti limoso-sabbiosi e limoso-argillosi.

**Depositi costieri recenti**

Tali depositi si rinvencono in piccoli lembi isolati a sud/sud-ovest rispetto all prima parte del tracciato, in corrispondenza della S.S. 16 Adriatica.

## GE – GEOLOGIA

## RELAZIONE SISMICA

## Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	18 DI 68

Tale unità, riferibile al periodo Pleistocene superiore - Olocene, è costituita da due differenti *facies* litologiche. La prima delle due, rappresentata da depositi di spiaggia, cordone litoraneo e duna, è formata da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da arrotondate a molto arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante, oppure da sabbie e sabbie limose, a stratificazione prevalentemente incrociata, con abbondanti resti di lamellibranchi e locali ghiaie eterometriche, da arrotondate a molto arrotondate. La seconda *facies*, invece, è riferibile a depositi di palude salmastra e retro-barra e risulta costituita da argille, argille limose e argille sabbiose, spesso ricche di sostanza organica, con locali intercalazioni di limi, limi argillosi e limi sabbiosi.

**Depositi alluvionali attuali**

Si rinvencono lungo i fondovalle dei principali corsi d'acqua dell'area e, in lembi di minore estensione, in corrispondenza dei corsi d'acqua secondari o dei loro affluenti più importanti. Tale unità è riferibile all'Olocene e risulta costituita, essenzialmente, da depositi di canale fluviale e argine. Si tratta, quindi, di sabbie e sabbie limose, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate e sporadiche intercalazioni di argille e argille limose.

**Depositi costieri attuali**

Tali depositi non si rinvencono nel comparto progettuale, in quanto presenti più a nord. Si tratta, in particolare, di depositi in facies di spiaggia e cordone litoraneo, sempre riferibili all'ultima parte dell'Olocene. Sono costituiti da sabbie e sabbie limose, a stratificazione prevalentemente incrociata, con abbondanti resti di lamellibranchi e locali ghiaie eterometriche, da arrotondate a molto arrotondate.

**Depositi eluvio-colluviali**

Tali terreni affiorano diffusamente nella porzione iniziale e terminale del tracciato in progetto, in copertura dei Conglomerati di Campomarin, ovvero in corrispondenza della parte medio-bassa dei rilievi collinari più estese. Le suddette coperture sono ascrivibili all'Olocene e risultano costituite da depositi di versante e di alterazione del substrato, localmente associati a sedimenti antropici o alluvionali. Si tratta di limi sabbiosi e sabbie limose, a struttura indistinta, con locali ghiaie eterometriche, da sub-angolose a sub-arrotondate; argille limose e limi argillosi, a struttura indistinta, con locali passaggi di sabbie e sabbie ghiaiose.

Per quanto riguarda l'assetto strutturale, l'area di studio è caratterizzata da un assetto piuttosto regolare ed omogeneo, dovuto essenzialmente alle ultime fasi di tettonica distensiva e trascorrente che hanno interessato i settori più esterni della Catena Appenninica.

Tale tettonica si esplica fondamentalmente attraverso faglie dirette e trans-tensive ad alto angolo, caratterizzate da modesta estensione areale e da rigetti variabili da qualche metro a poche decine di metri. I principali elementi strutturali smembrano, localmente, i litotipi più antichi in blocchi geometrici di modeste dimensioni, che risultano variamente basculati e dislocati tra loro.

In relazione all'elevata erodibilità dei termini litologici affioranti, ed alla diffusa presenza di depositi di copertura recenti, non è stato possibile rilevare sul terreno dati diretti circa gli elementi tettonici presenti nell'area, che non si presentano mai con morfologie proprie e chiaramente identificabili.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	19 DI 68

### 3.3 CARATTERI IDROGEOLOGICI E FALDA ACQUIFERA

Considerate le litologie che caratterizzano il sedime del comparto progettuale, la circolazione idrica sotterranea è influenzata dalla presenza di terreni molto eterogenei in termini di valori di permeabilità.

Complessivamente, bassi valori di permeabilità si hanno in corrispondenza del substrato argilloso-siltoso plio-pleistocenico della Argille Subappennine, nell'ambito delle quali una parziale infiltrazione/circolazione delle acque meteoriche può interessare al massimo i primi metri della colonna di terreno, degradati e fessurati, instaurando una modesta e temporanea circolazione idrica subsotterranea delimitata alla base dal substrato argilloso-siltoso compatto.

Diversamente, valori di permeabilità medi si hanno in corrispondenza delle sequenze pleistoceniche sabbioso-conglomeratiche (Sabbie di Serra Capriola e Conglomerati di Campomarino), che di conseguenza possono ospitare accumuli idrici sotterranei, delimitati dal substrato costituito dalle Argille subappennine.

Infine, la permeabilità è variabile nei depositi di natura alluvionale e nelle coperture eluvio-colluviali, essendo costituiti da materiali eterogenei da un punto di vista granulometrico e tessiturale. Infatti la permeabilità è da medio-elevata a elevata nelle dominanti porzioni a granulometria sabbiosa o sabbioso-ghiaiosa, mentre diminuisce in corrispondenza dei depositi a grana fine, entro i quali diviene da bassa a medio-bassa. Non a caso lungo le zone di fondovalle è possibile osservare aree con acque stagnanti. Per quanto riguarda il tipo di alimentazione, gli accumuli idrici sono alimentati sia dalle precipitazioni dirette, sia dal deflusso sotterraneo delle acque provenienti dalle zone più interne, sia dall'infiltrazione delle acque di subalveo, nelle quali si instaura una falda idrica sotterranea avente deflusso verso quest'ultimo e asse parallelo al deflusso superficiale. Tale meccanismo assicura una falda freatica persistente, il cui pelo libero assume un gradiente piezometrico che aumenta verso le zone interne, con una pendenza che segue pressappoco quella topografica. Il livello statico è soggetto durante l'anno a variazioni verticali dovute a periodi di maggiori afflussi idrici alternati a periodi di magra e/o siccitosi con un meccanismo che rispecchia, con un ritardo di pochi giorni se non addirittura di ore, quello dei corsi d'acqua.

Complessivamente, dunque, per quanto riguarda il grado di permeabilità dei terreni più superficiali, i depositi di natura alluvionale (sia recenti che terrazzati) sono estremamente eterogenei, essendo caratterizzati da intervalli a granulometria variabile da ghiaiosa a limoso-argillosa e complessivamente presentano un basso grado di permeabilità relativa, che caratterizza il tratto compreso tra le p.k. 0+200 e 4+750; diversamente, la parte restante del tracciato è caratterizzata in superficie da terreni con grado di permeabilità relativa medio. Considerato l'assetto geologico-stratigrafico, la formazione di falde acquifere, lungo l'intero areale di progetto, è legata al tamponamento esercitato dal substrato impermeabile delle Argille Subappennine.

Lungo il tracciato in progetto le misure piezometriche hanno registrato la presenza di falda acquifera, il cui andamento è rappresentato nei profili geologico e geotecnico. In particolare, il livello di falda è rappresentato in linea blu, tratteggiata laddove, in mancanza di dati piezometrici, la ricostruzione deriva da interpretazioni (rilievi dell'acqua nei fori di sondaggio in fase di perforazione e della quota di scorrimento del F. Fortore).



LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA: Lotto  
1: Ripalta - Lesina

**GE - GEOLOGIA**

**RELAZIONE SISMICA**

**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	20 DI 68

Complessivamente, dall'interpretazione dei dati piezometrici è emerso come la falda è prossima al p.c. fino al km 4+200 circa, poi si approfondisce tra i 10 e i 15 m da p.c. fino a fine tracciato, con un andamento del livello piezometrico che segue grosso modo quello topografico; per maggiori dettagli, si rimanda alla Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	21 DI 68

#### 4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel presente capitolo sono riassunti i risultati della campagna di indagini geognostiche integrative eseguite per la progettazione esecutiva e riepilogate le indagini pregresse, sulla base delle quali è stata improntata progettazione definitiva.

L'ubicazione dei punti d'indagine di PE è stata definita a valle di specifici sopralluoghi, in modo da ottemperare alle specifiche di capitolato, verificare il quadro informativo disponibile, approfondire gli studi relativamente a quegli aspetti che possono condizionare gli aspetti geotecnici e quindi il dimensionamento locale delle opere e le relative fasi esecutive.

Per l'ubicazione dei singoli punti d'indagine, si vedano le n.5 tavole della "Carta ubicazione indagini" (GE001EZG6GE0001001/5B); per i risultati delle prove in sito e di laboratorio di entrambe le campagne di indagini, con riferimento all'elenco elaborati, si rimanda agli elaborati elencati nel paragrafo 1.1.

Le indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche integrative, ad integrazione delle corpose campagne di indagine pregresse, hanno consentito di definire il modello geologico e geotecnico a base della progettazione.

In particolare, i sondaggi sono stati finalizzati alla ricostruzione del profilo litostratigrafico ed alla determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni; inoltre, nel corso dei sondaggi a carotaggio sono state eseguite sistematiche prove in foro (SPT e prove di permeabilità) e prelevati campioni sottoposti a prove di laboratorio ed il tutto ha permesso di definire la caratterizzazione fisico-meccanica ed idrogeologica dei terreni caratterizzanti il volume geotecnicamente significativo.

Inoltre, all'interno dei sondaggi, sono state installate strumentazioni geotecniche tra le quali piezometri, per il rilievo della falda acquifera e strumentazioni finalizzate alle prove geofisiche in foro.

Ad integrazione dei sondaggi, sono state eseguite penetrometriche statiche continue anch'esse, finalizzate alla ricostruzione del profilo litostratigrafico ed alla determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni. Sulla base delle stratigrafie dei sondaggi relativi a tutte le fasi e delle prove penetrometriche è stato possibile riconoscere gli le caratteristiche dei terreni più superficiali e dei materiali di riporto e tale aspetto ha permesso di definire gli spessori di scotico in corrispondenza dei piani di posa.

Passando alle indagini geofisiche, queste ultime hanno consentito la ricostruzione latero-verticale delle unità geologiche presenti nel sottosuolo, ovvero alla ricostruzione del profilo litostratigrafico; inoltre, si sono avute informazioni sulle caratteristiche elasto-meccaniche dei terreni indagati. Inoltre, tra le indagini geofisiche sono state eseguite prospezioni MASW, Re.Mi e prove geofisiche in foro di sondaggio (*down-hole* e *crosso-hole*), finalizzate alla determinazione della categoria di sottosuolo ai sensi delle NTC2018.

Complessivamente, le indagini eseguite hanno interessato tutte le formazioni geologiche affioranti nell'areale di progetto e presenti entro il volume geotecnicamente significativo, definendone adeguatamente i reciproci rapporti stratigrafici. I rapporti laterali e verticali tra le unità geologiche sono stati definiti non solo alla luce delle indagini dirette, ma anche attraverso l'interpretazione delle indagini geofisiche, tra le quali estese tomografie geoelettriche e prospezioni cross-hole; tale approccio ha consentito, inoltre, di riconoscere l'organizzazione stratigrafica delle singole formazioni geologiche, nell'ambito delle quali sono state riconosciute diverse litofacies ed i reciproci rapporti latero-verticali. Inoltre, l'installazione dei piezometri ha permesso il monitoraggio degli accumuli idrici sotterranei.

Nei paragrafi seguenti sono descritte le diverse campagna di indagini eseguite; il modello geologico-tecnico e la caratterizzazione geotecnica scaturiti dall'interpretazione delle indagini geognostiche sono

**GE – GEOLOGIA****RELAZIONE SISMICA****Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	22 DI 68

esposti nella Relazione geologica, idrogeologica e geomorfologica, cui si rimanda per maggiori dettagli.

## 4.1 INDAGINI PREGRESSE

Il PD è corredato da una campagna geognostica comprendente:

- n.21 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, alcuni dei quali strumentati con piezometro a tubo aperto Norton o Casagrande;
- n.4 sondaggi a distruzione per la realizzazione di prove sismiche in foro e l'installazione di piezometri;
- n.5 prove penetrometriche statiche a punta meccanica;
- n.8 prove penetrometriche statiche a punta elettrica;
- n.4 prove penetrometriche statiche a punta elettrica e piezocono;
- n.5 prospezioni sismiche in foro di sondaggio di tipo Down-Hole;
- n.2 prospezioni sismiche in foro di sondaggio di tipo Cross-Hole;
- n.10 prospezioni sismiche tipo Re.Mi;
- n.2 prospezioni geoelettriche con elaborazione tomografica.
- n.7 pozzetti esplorativi.

Nei paragrafi seguenti verranno descritte nel dettaglio tutte le indagini disponibili, suddivise per campagna di indagine.

### 4.1.1 Campagna indagini 2009

La campagna di indagini 2009 è stata realizzata dalla società INTERGEO S.r.l. di Modena nell'ambito del Progetto Definitivo della linea ferroviaria Adriatica tratta Chieuti-Lesina, per gli interventi di messa in sicurezza della linea in corrispondenza della piana del Fiume Fortore.

Durante la campagna di indagini in sito sono stati realizzati:

- n.15 sondaggi, dei quali n.12 realizzati a carotaggio continuo e n.3 a distruzione di nucleo, con installazione di strumentazione di monitoraggio piezometrico e per l'esecuzione di prospezioni geofisiche in foro (Down-Hole e Cross-Hole).
- n.12 prove penetrometriche statiche mediante penetrometro da 20 ton montato su autocarro; di queste n.8 prove sono state eseguite con punta elettrica, mentre le restanti 4 con punta elettrica e piezocono.
- n.2 prospezioni geofisiche in foro di sondaggio di tipo Cross-Hole;
- n.1 prospezione geofisica in foro di sondaggio di tipo Down-Hole;
- n.2 prospezioni geoelettriche con elaborazione tomografica.

**GE - GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	23 DI 68

Sigla	Tipologia prova	Coord. Gauss-Boaga		Quota [m slm]	Prof. [metri]	Strumentazione di monitoraggio
		Est	Nord			
CHIA33V01	Sond. a carotaggio continuo	2543555.704	4637750.710	5.780	60.0	Tubo PVC 3" per Cross-Hole
CHIA33V02	Sond. a distruzione di nucleo	2543560.325	4637747.635	5.780	50.0	Tubo PVC 3" per Cross-Hole
PNIA33V05	Sond. a carotaggio continuo	2543294.689	4637941.072	5.511	40.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 3÷40 m)
PNIA33V06	Sond. a carotaggio continuo	2543197.708	4638000.188	5.536	40.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 18÷40 m)
DHIA33V07	Sond. a distruzione di nucleo	2543116.905	4638045.356	5.737	50.0	Tubo PVC 3" per Cross-Hole
PNIA33V08	Sond. a carotaggio continuo	2543043.003	4638094.463	6.045	40.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 24÷40 m)
PCIA33V09	Sond. a carotaggio continuo	2542922.974	4638155.729	6.680	40.0	Piezometro Casagrande (tratto drenante 17.5÷19.5 m)
PCIA33V10	Sond. a carotaggio continuo	2542865.219	4638207.975	6.355	40.0	Piezometro Casagrande (tratto drenante 30÷35 m)
PCIA33V11	Sond. a carotaggio continuo	2542789.016	4638257.078	6.588	40.0	Piezometro Casagrande (tratto drenante 15÷20.5 m)
PCIA33V12	Sond. a carotaggio continuo	2542698.979	4638309.221	.750	40.0	Piezometro Casagrande (tratto drenante 8÷10 m)
CIA33V13	Sond. a carotaggio continuo	2542613.561	4638358.297	6.857	40.0	Piezometro Casagrande (tratto drenante 19÷21 m)
CHIA33V14	Sond. a distruzione di nucleo	2542597.411	4638364.414	6.801	60.0	Tubo PVC 3" per Cross-Hole
CHIA33V15	Sond. a carotaggio continuo	2542588.174	4638370.553	6.604	60.0	Tubo PVC 3" per Cross-Hole
PCIA33V16	Sond. a carotaggio continuo	2542456.555	4638459.586	6.800	40.0	Piezometro Casagrande (tratto drenante 15.5÷18 m)
PNIA33V17	Sond. a carotaggio continuo	2543657.408	4637658.517	10.000	40.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 7÷36 m)

Tabella 4.1 - Sondaggi 2009.

**GE - GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	24 DI 68

Sigla	Tipologia prova	Coord. Gauss-Boaga		Quota [m slm]	Prof. [metri]	Strumentazione di monitoraggio
		Est	Nord			
PEIA33V01	Prova penetr. statica punta elettrica	2542988.281	4638120.877	6.895	8.3	-
PUIA33V02	Prova penetr. statica punta elettr e piez.	2542927.792	4638142.037	6.675	18.0	-
PUIA33V03	Prova penetr. statica punta elettr e piez.	2543071.958	4638068.481	5.958	21.0	-
PEIA33V04	Prova penetr. statica punta elettrica	2542901.077	4638175.792	6.584	18.6	-
PEIA33V05	Prova penetr. statica punta elettrica	2543148.093	4638022.816	5.706	20.9	-
PEIA33V06	Prova penetr. statica punta elettrica	2542819.833	4638228.798	6.686	28.1	-
PEIA33V07	Prova penetr. statica punta elettrica	2542734.648	638264.785	6.655	30.0	-
PEIA33V08	Prova penetr. statica punta elettrica	2542570.672	638366.080	6.154	30.0	-
PEIA33V09	Prova penetr. statica punta elettrica	2543495.297	4637800.377	5.690	9.6	-
PUIA33V10	Prova penetr. statica punta elettr e piez.	2543569.687	4637738.207	5.753	13.8	-
PEIA33V11	Prova penetr. statica punta elettrica	2543400.097	4637861.825	5.385	2.4	-
PUIA33V12	Prova penetr. statica punta elettr e piez.	2542648.069	4638320.045	6.756	30.0	-

*Tabella 4.2 - Prove CPTU 2009.*

Per quanto riguarda le prove di laboratorio, sui 66 campioni indisturbati prelevati nei sondaggi stratigrafici descritti al paragrafo precedente, sono state eseguite le seguenti prove:

- n.66 aperture e descrizioni del campione;
- n.65 determinazioni delle proprietà fisiche (peso di volume, contenuto naturale d'acqua e peso specifico dei grani);
- n.65 analisi granulometriche complete;
- n.65 determinazione dei Limiti di Atterberg;
- n.65 classificazioni USCS e UNI 11531-1;
- n.16 prove di taglio diretto C.D. (TD);
- n.5 prove triassiali U.U. (Tx UU);

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA LI07	LOTTO 01	FASE CODIFICA DOCUMENTO E ZZ RH GE0001002	REV. C	FOGLIO 25 DI 68
------------------	-------------	--	-----------	--------------------

- n.3 prove triassiali C.I.U. (Tx CIU);
- n.3 prove triassiali C.I.D. (Tx CID);
- n.23 prove di compressione non confinata (ELL);
- n.25 prove di compressibilità edometrica (EDO);
- n.9 determinazioni del coefficiente di permeabilità in cella edometrica (K EDO).

**4.1.2 Campagna indagini 2010**

La campagna di indagini 2010 è stata realizzata dalla società SONDEDILE S.r.l. di Teramo nell'ambito del Progetto Definitivo dell'intervento di adeguamento idraulico del tombino al km 464+616 c.a. (Fosso Olivella 2 – Loc. Torre Mozza); nel corso della campagna di indagini in sito sono stati realizzati:

- n.2 sondaggi, uno a carotaggio continuo ed uno a distruzione di nucleo, con installazione di strumentazione di monitoraggio piezometrico e per l'esecuzione di prospezioni geofisiche in foro (Down-Hole).

Sigla	Tipologia prova	Coord. Gauss-Boaga		Quota [m slm]	Prof. [metri]	Strumentazione di monitoraggio
		Est	Nord			
DHIA30P01	Sond. a carotaggio continuo	2540849	4639396	3.5	30.0	Tubo PVC 3" per Down-Hole
PNIA30P02	Sond. a distruzione di nucleo	2540867	4639386	3.5	20.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 3+20 m)

Tabella 4.3 - Sondaggi 2010.

**4.1.3 Campagna di indagini 2016**

La campagna di indagini 2016 è stata realizzata dalla società IMOS S.r.l. di Campobasso nella fase di progettazione definitiva

Per quanto riguarda le indagini in situ, sono stati realizzati:

- n.8 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo, con installazione di strumentazione di monitoraggio piezometrico e per l'esecuzione di prospezioni geofisiche in foro (Down- Hole);
- n.5 prove penetrometriche statiche a punta meccanica;
- n.7 pozzetti esplorativi con escavatore (2 metri), con esecuzione di prova di carico su piastra e prelievo di campioni rimaneggiati.
- n.3 prospezioni geofisiche in foro di sondaggio di tipo Down-Hole;
- n.10 prospezioni sismiche tipo Re.Mi.

Sigla	Tipologia prova	Coord. Gauss-Boaga		Quota [m slm]	Prof. [metri]	Strumentazione di monitoraggio
		Est	Nord			
S1	Sond. a carotaggio continuo	2540504.790	4639596.967	14.503	30.0	Tubo PVC 3" per Down-Hole
S2	Sond. a carotaggio continuo	2540722.147	4639474.029	2.453	30.0	Piezometro Casagrande (prof. cella 12.4 m)
S3	Sond. a carotaggio continuo	2542181.573	4638633.433	7.842	40.0	Tubo PVC 3" per Down-Hole
S4	Sond. a carotaggio continuo	2544018.412	4637207.463	15.776	30.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 3+30 m)

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA LI07	LOTTO 01	FASE CODIFICA DOCUMENTO E ZZ RH GE0001002	REV. C	FOGLIO 26 DI 68
------------------	-------------	--	-----------	--------------------

S5	Sond. a carotaggio continuo	2544152.389	4636925.077	18.967	20.0	-
S6	Sond. a carotaggio continuo	2544231.879	4636628.175	22.128	30.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 3+30 m)
S7	Sond. a carotaggio continuo	2544404.161	4635684.540	21.013	30.0	Tubo PVC 3" per Down-Hole
S8	Sond. a carotaggio continuo	2544506.170	4635018.536	25.351	30.0	Piezometro Norton 2" (tratto fessurato 3+30 m)
CPT1	Prova penetr. statica punta meccanica	2540637	4639521	2.7	7.6	-
CPT2	Prova penetr. statica punta meccanica	2540967	4639324	4.5	10.8	-
CPT3	Prova penetr. statica punta meccanica	2541942	4638748	7.5	7.8	-
CPT4	Prova penetr. statica punta meccanica	2543883	4637416	12.4	13.4	-
CPT5	Prova penetr. statica punta meccanica	2544263	4636400	22.5	4.4	-

Tabella 4.4 - Indagini dirette in situ 2016.

Passando alle prove di laboratorio, sui 15 campioni indisturbati e 10 campioni rimaneggiati prelevati nei sondaggi stratigrafici e nei pozzetti esplorativi, sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio geotecnico:

- n.25 aperture e descrizioni del campione;
- n.25 determinazioni delle proprietà fisiche (peso di volume, contenuto naturale d'acqua e peso specifico dei grani);
- n.25 analisi granulometriche complete;
- n.21 determinazione dei Limiti di Atterberg;
- n.12 prove di taglio diretto C.D. (TD);
- n.2 prove triassiali C.I.D. (Tx CID).

## 4.2 PROGETTO ESECUTIVO

Le indagini integrative relative alla presente fase progettuale sono state realizzate dalla società Geoconsult Lab S.r.l.

La campagna di indagini è stata pianificata tenendo conto del quadro complessivo delle indagini pregresse disponibili, con l'obiettivo di approfondire gli studi relativamente a quegli aspetti che possono condizionare gli aspetti geotecnici e quindi il dimensionamento locale delle opere e le relative fasi esecutive.

In particolare, per quanto riguarda le principali criticità riscontrate, queste ultime possono essere sintetizzate nei seguenti punti:

- Assenza di indagini che raggiungano profondità adeguata lungo l'opera d'arte maggiore Viadotto Ripalta. Infatti, tutti i sondaggi, ad eccezione di quello eseguito alla spalla SP del viadotto, raggiungono

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	27 DI 68

al massimo i 40 m di profondità, mentre i pali previsti (da pila 1 a pila 32) hanno lunghezza circa uguale a 42 m. Dunque, considerato il passaggio (Pila 1 – pila 19) alla base dei pali tra le unità 5-AL (*Alluvioni – argille limose e limo argilloso*) e 8-GS (*Sabbie di Serracapriola*), in sede di PD non si ha la certezza del reale andamento del contatto che potrebbe concretizzarsi anche a quote superiori interessando le profondità della punta dei pali.

- Presenza di livelli suscettibili a liquefazione (sabbie – sabbie limose \_Unità 5S), di spessore circa pari a 3 m o maggiori, nella unità delle argille limose e limi sabbiosi alluvionali (Unità 5-AL) riconosciuti lungo il rilevato RI04. Le informazioni derivano da un unico sondaggio (S3 del 2016), ma sono state estese a tutta la WBS. Inoltre la WBS precedente (RI03), è caratterizzata dal medesimo assetto litostratigrafico ed è priva di indagini geognostiche.
- Presenza di variabilità tra orizzonti argilloso e limosi (6-AL) e conglomeratici (7-GS), sia laterale che verticale dalla progressiva 3+750 circa a fine lotto e assenza di adeguato numero di indagini geognostiche, tra le quali prove per la determinazione dei parametri per il calcolo dei cedimenti dei rilevati.
- Assenza di indagini per la determinazione di parametri utili alla progettazione degli attraversanti e tombini (scatolari).
- Necessità di verificare la reale estensione delle bonifiche dei rilevati.
- Necessità di approfondire l'aspetto relativo alla risposta sismica puntuale dei terreni.
- Necessità di verificare le miscele per la stabilizzazione a calce.
- Necessità di analisi e prove di laboratorio finalizzate alla:
  - ✓ caratterizzazione delle miscele di stabilizzazione a calce;
  - ✓ caratterizzazione terre per il riconoscimento della classe di aggressività sui calcestruzzi (ai sensi del prospetto 2 UNI EN 206-1);
  - ✓ caratterizzazione delle acque per il riconoscimento della classe di aggressività sui calcestruzzi (ai sensi del prospetto 2 UNI EN 206-1)

Le tipologie di indagini geognostiche eseguite sono sintetizzate nella seguente tabella.

TIPOLOGIA DI INDAGINE	
Prove in sito	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sondaggi:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Prove penetrometriche dinamiche (SPT)</li> <li>○ Installazione piezometri tubo aperto e tubazione down-hole</li> </ul> </li> <li>• Pozzetti:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ prova di carico su piastra (piastra circolare rigida con diametro da 760 mm – doppio ciclo_0.05/00.15 Mpa)</li> </ul> </li> <li>• Pozzetti:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Descrizione stratigrafica pozzetto</li> <li>○ Prelievo campioni per prove laboratorio</li> <li>○ Prelievo campioni per prove di stabilizzazione a calce</li> </ul> </li> <li>• Prove penetrometriche statiche con punta piezoconica (CPTU) e prove penetrometriche dinamiche (DPSH); queste ultime sono state inserite in corso d'opera, laddove non possibile eseguire le CPTU previste dal piano di indagini.</li> </ul>
Prove di laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prelievo ed esami di laboratorio di campioni rimaneggiati e indisturbati</li> <li>• Analisi granulometria (sia per setacciatura umida che tramite densimetria)</li> <li>• Riconoscimento caratteristiche fisiche e limiti di Atterberg</li> <li>• Prove di consolidazione edometrica</li> </ul>

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	28 DI 68

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prove triassiali</li> <li>• Prove di laboratorio per la caratterizzazione delle miscele di stabilizzazione a calce</li> <li>• Prelievo ed esami di laboratorio di campioni ambientali - terre</li> <li>• Caratterizzazione terre per il riconoscimento della classe di aggressività sui calcestruzzi ai sensi del prospetto 2 UNI EN 206-1</li> <li>• Prelievo ed esami di laboratorio di campioni ambientali - acque</li> <li>• Caratterizzazione delle acqua per il riconoscimento della classe di aggressività sui calcestruzzi ai sensi del prospetto 2 UNI EN 206-1</li> </ul>
Indagini geofisiche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prove geofisiche tipo MASW e down-hole</li> </ul>

*Tabella 4.5 - Campagna di indagini integrative.*

Per quanto riguarda le opere interessate dalle indagini integrative, in corrispondenza del rilevato **RI02 e piazzale FA01** sono stati ubicati:

- N.4 pozzetti esplorativi della profondità di 0,50m, dei quali N.3 per la WBS RI02 e N.1 per la WBS FA01, con prelievo di N.2 campioni (WBS RI02) per la definizione delle caratteristiche fisiche generali dei terreni (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg) e di N.2 campioni per la caratterizzazione delle miscele per la stabilizzazione a calce (N.1 per la WBS RI02 e N.1 per la WBS FA01).

Ulteriori indagini sono localizzate in corrispondenza dei nuovi **tombini** inizio lotto (**IN01-IN09**) ed in particolare:

- N. 1 pozzetto esplorativo, con esecuzione di N.1 prova di carico su piastra (0.50/0.80m);
- N. 1 prospezione sismica tipo MASW.

Numerose indagini sono ubicate lungo il rilevato RI03, tra le quali:

- N.10 Prove penetrometriche statiche con punta piezoconica (CPTU).
- N.1 sondaggio a carotaggio finalizzato alla definizione della sequenza stratigrafica, condizionato con tubazione Down-Hole e spinto alla profondità di 30 m; sempre in corrispondenza del sondaggio è stato previsto il prelievo di N.1 campione di laboratorio geotecnico (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg e prova edometrica) e N.1 campione per prova di aggressività su calcestruzzo (terre) e l'esecuzione di N.3 prove SPT.
- N.2 pozzetti esplorativi finalizzato alla definizione della sequenza stratigrafica e al prelievo di campioni a disturbo limitato (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg).

Passando al **Rilevato RI04**, le indagini di riferimento sono:

- N.1 prova penetrometrica statica con punta piezoconica (CPTU);
- N.2 prove penetrometriche dinamiche (DPSH);
- N.1 sondaggio a carotaggio finalizzato alla definizione della sequenza stratigrafica, condizionato con piezometro e spinto alla profondità di 40 m; sempre in corrispondenza del sondaggio è stato previsto il prelievo di N.1 campione di laboratorio geotecnico (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg e prova edometrica), N.1 campione di terre per prova di aggressività su calcestruzzo, N.1 campione di acqua per prova di aggressività su calcestruzzo e l'esecuzione di N.3 prove SPT.
- N. 1 pozzetto esplorativo, con esecuzione di N.1 prova di carico su piastra (0.50/0.80m);
- N. 1 prospezione sismiche tipo MASW.

L'opera che riveste maggiore importanza progettuale è certamente il Viadotto Ripalta, lungo il quale sono stati previsti:

**GE – GEOLOGIA**

**RELAZIONE SISMICA**

**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	29 DI 68

- N.2 sondaggi a carotaggio finalizzato alla definizione della sequenza stratigrafica, condizionati con piezometro e spinti alla profondità di 50 m; in corrispondenza di ciascun sondaggio è stato previsto il prelievo di: N.2 campioni di laboratorio geotecnico e N.1 campione di terre per prova di aggressività su calcestruzzo; l'esecuzione di N.5 prove SPT; per il sondaggio SG03 è stato previsto, inoltre, il prelievo di N.1 campione per prova di aggressività su calcestruzzo (acque). Per quanto riguarda le prove di laboratorio geotecnico sono state previste: definizione delle caratteristiche fisiche generali (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg); prova edometrica; prova di compressibilità non consolidata non drenata (TUU) per la determinazione della coesione non drenata; prova di compressione triassiale consolidata non-drenata (TRX-CIU), con misura della pressione interstiziale, che permette di determinare la resistenza al taglio non drenata di un provino; prova triassiale consolidata drenata (TRX-CID), che permette di determinare la resistenza al taglio in tensioni efficaci.

Procedendo lungo le progressive crescenti, in corrispondenza del **Rilevato RI05** sono ubicati:

- N.1 pozzetto esplorativo finalizzato alla definizione della sequenza stratigrafica e al prelievo di campioni a disturbo limitato (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg).

Passando al **Rilevato RI06**, sono state previste:

- N.1 prova penetrometrica statica con punta piezoconica (CPTU);
- N.1 pozzetto esplorativo finalizzato alla definizione della sequenza stratigrafica, con esecuzione di N.1 prova di carico su piastra (0.50/0.80m) e prelievo di campione a disturbo limitato (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg).
- N. 1 prospezione sismica tipo MASW.

Passando alla **Trincea TR03**, le indagini di riferimento sono:

- N.2 prove penetrometriche statiche con punta piezoconica (CPTU);

Infine, sono state eseguite indagini in corrispondenza del **Rilevato RI08-RI09**, tra le quali:

- N.4 pozzetti esplorativi, di cui N.2 finalizzati alla definizione della sequenza stratigrafica e al prelievo di campioni a disturbo limitato (analisi granulometrica; caratteristiche fisiche; limiti di Atterberg) e N. 2 all'esecuzione di prova di carico su piastra (0.50/0.80m);
- N.1 prova penetrometrica statica con punta piezoconica (CPTU);
- N.1 prova penetrometrica dinamica (DPSH);
- N. 2 prospezioni sismiche tipo MASW.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	30 DI 68

#### 4.2.1 Riepilogo indagini geognostiche integrative

Di seguito sono riportate delle tabelle riepilogative relative alla indagini geognostiche integrative pianificate per la presente fase progettuale.

WBS	ID sondaggio	Coordinate geografiche	Carotaggio continuo (ml)	SPT	Campioni Indisturbati	Campioni terre/acqua analisi chimica	Installazione piezometro TA	Tube Down-Hole
RI03	SG01	41°54'11.70"N 15°15'33.50"E	30	3	1	1 terre		X
RI04	SG02	41°53'53.80"N 15°16'6.60"E	40	3	1	1 terre 1 acque	X	
V01	SG03	41°53'46.60"N 15°16'23.90"E	50	5	2	1 terre 1 acque	X	
	SG04	41°53'41.20"N 15°16'45.30"E	50	5	2	1 terre	X	

Tabella 4.6 - Sondaggi integrativi.

POZZETTI ESPLORATIVI			
WBS	ID pozzetto	Prova di Carico su piastra	Prelievo campioni
RI02	PZs1		1
	PZs2		1
	PZs3		1
FA01	PZs4		1
RI03	PZs5		1
	PZs6		1
RI05	PZs7		1
RI06	PZs8		1
RI08	PZs9		1
RI09	PZs10		1
IN01-IN09	PZ01	1	
RI04	PZ02	1	
RI06	PZ03	1	
RI08/RI09	PZ04	1	
	PZ05	1	

Tabella 4.7 - Pozzetti integrativi.

**GE - GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA

LI07

LOTTO

01

FASE CODIFICA DOCUMENTO

E ZZ RH GE0001002

REV.

C

FOGLIO

31 DI 68

**INDAGINI DI LABORATORIO**

WBS	ID - feature	ID Campione	Aggressività calcestruzzo - TERRE	Granulometria	Caratteristiche fisiche	Limiti di Atterberg	TUU	TRX-CIU	TRX-CID	ED	Aggressività calcestruzzo - ACQUE
RI02	Pzs1	CI01		X	X	X					
	Pzs3	CI01		X	X	X					
RI03	SG01	CI01		X	X	X				X	
		CR01	X								
RI03	Pzs5	CI01		X	X	X					
	Pzs6	CI01		X	X	X					
RI04	SG02	CI01		X	X	X				X	
		CR01	X								X
VI01	SG03	CI01		X	X	X	X	X	X		X
		CI02		X	X	X	X	X	X		
		CR01	X								
	SG04	CI01		X	X	X	X	X	X		
		CR01	X								
RI05	PZs7	CI01		X	X	X					
RI06	PZs8	CI01		X	X	X					
RI08	PZs9	CI01		X	X	X					
RI09	PZs10	CI01		X	X	X					

Tabella 4.8 - Prove laboratorio integrative.

**INDAGINI DI LABORATORIO**

WBS	ID Campione	Prove per idoneità al trattamento a calce	Prove n°3 miscele sperimentali calce
RI02	PZs2-C1	X	X
FA01	PZs4-C1	X	X

Tabella 4.9 - Prove laboratorio integrative.

**PENETROMETRICHE CONTINUE**

WBS	ID feature	Tipologia indagine
RI03	CPTU01	Prove penetrometriche statiche con punta piezoconica
	CPTU02	
	CPTU03	
	CPTU04	
	CPTU05	
	CPTU06	
	CPTU07	
	CPTU08	
	CPTU09	
	CPTU10	
RI04	CPTU11	Prove penetrometriche dinamiche e statiche con punta piezoconica
	DPSH12/12bis	
RI06	CPTU13	Prove penetrometriche statiche con

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	32 DI 68

		punta piezoconica
TR03	CPTU14	Prove penetrometriche statiche con punta piezoconica
	CPTU15	
RI07	CPTU16	Prove penetrometriche statiche con punta piezoconica
RI08	CPTU17 e DPSH17	Prove penetrometriche dinamiche statiche con punta piezoconica

*Tabella 4.10 - Prove penetrometriche integrative.*

INDAGINI GEOFISICHE		
WBS	ID feature	Tipologia indagine
IN01-IN09	MW01	Multichannel analysis of surface waves
RI04	MW02	Multichannel analysis of surface waves
RI06	MW03	Multichannel analysis of surface waves
RI08/RI09	MW04	Multichannel analysis of surface waves
	MW05	Multichannel analysis of surface waves

*Tabella 4.11 - Indagini geofisiche integrative.*

## 4.2.2 Risultati indagini geognostiche

Di seguito sono discussi i risultati delle indagini geognostiche eseguite per la presente progettazione esecutiva, i cui approfondimenti puntuali hanno consentito di chiarire le incertezze residue ereditate dalla fase progettuale precedente, complessivamente, confermando il quadro geologico-tecnico emerso in sede di PD.

Un primo aspetto da chiarire riguarda l'assetto litostratigrafico profondo del sedime del Viadotto Ripalta, dove sono stati eseguiti i sondaggi SG03 e SG04. In particolare, il primo ha intercettato in superficie i depositi ascrivibili all'unità B, ovvero depositi argilloso limosi e limoso argillosi (localmente debolmente sabbiosi) e con intercalazioni di sabbie tra 8.70m e 9.40m, al di sotto delle quali si passa a depositi argilloso limosi e limosi argilloso, riferibili all'unità C. Passando al sondaggio SG04, quest'ultimo conferma la presenza dei depositi a grana fine dell'unità B fino a circa 8 m, al di sotto dei quali si passa ai depositi argilloso limosi e limoso argillosi dell'unità C, con intercalazioni sabbiose (unità G) e da limoso sabbiose a sabbioso limose (unità E); infine, a profondità di 47m viene intercettato il passaggio ai litotipi delle Sabbie di Serracapriola, presenti fino a fine foro. Di conseguenza, per il tratto compreso tra la pila 1 e la pila 19, per il quale in sede di PD era incerto l'andamento del contatto tra i depositi alluvionali e le Sabbie di Serracapriola, è possibile stabilire come tale passaggio sia localizzato a quote inferiori rispetto alla punta dei pali, così come rappresentato sul profilo geologico.

Ulteriore aspetto da chiarire riguarda la risposta sismica puntuale dei terreni ed in primo luogo la presenza di livelli sabbiosi suscettibili a liquefazione.

In particolare, lungo il rilevato RI04, le informazioni pregresse derivavano dal sondaggio S3 del 2016, con ipotesi in sede di PD di un potenziale rischio di liquefazione nel tratto compreso tra le p.k. 2+020 e 2+400, lungo il quale sono stati previsti interventi di consolidamento mediante una maglia regolare di colonne di Compaction Grouting. Le indagini eseguite in questo tratto consistono nel sondaggio SG02 e nelle prove penetrometriche CPTU 11, DPSH 12 e DPSH12bis. In particolare, il sondaggio ha intercettato depositi sabbioso limosi e limi sabbiosi fino a 5m (Unità E), passanti verso il basso ad argille limose e limi argillosi (Unità B), presenti fino a circa 8.40m, dove si passa ai depositi a grana fine dell'Unità C, presenti fino a 12.50m; più in profondità sono stati rilevati i depositi sabbiosi riferibili all'Unità F, presenti

**GE – GEOLOGIA**

**RELAZIONE SISMICA**

**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	33 DI 68

fino a circa 19.60m ed ancora più in profondità intercalati nei depositi a grana fine dell'Unità C (a profondità compresa tra circa 25m e 27m). Data la presenza dei depositi sabbiosi in falda (Unità F), con quest'ultima posta a 7m di profondità e la mancanza di dati geotecnici derivanti dal sondaggio tali da escludere il rischio di liquefazione, quest'ultimo non può essere escluso, considerando che le prove penetrometriche non hanno raggiunto i suddetti depositi sabbiosi.

Sempre riguardo alla presenza di livelli sabbiosi suscettibili a liquefazione, la stessa tipologia di indagini è stata eseguita lungo il rilevato RI03, per il quale non erano disponibili indagini geognostiche eseguite in sede di PD. Anche in tal caso, i depositi per i quali è da valutare il rischio di liquefazione sono quelli riferibili all'Unità F, intercettati dal sondaggio SG01 a profondità compresa tra circa 5.20m e 12m; infatti, più in superficie sono presenti i depositi a grana fine riferibili all'Unità B e più in profondità i litotipi sabbioso-arenaceo-conglomeratici dei Conglomerati di Campomarino. Tale assetto stratigrafico trova conferma anche nei dati rilevati dalla prospezione down-hole eseguita in foro di sondaggio, con valori di velocità delle onde S compresi tra 166,8 m/s e 187,5 m/s fino a 5m di profondità, ovvero riconducibili ai depositi a grana fine riferibili all'Unità B; più in profondità si passa a valori compresi tra 200 m/s e 248,4 m/s, riferibili ai depositi sabbiosi dell'Unità F (presenti fino a 12m di profondità), con un progressivo aumento dei valori verso il basso, riconducibile al substrato costituito da Conglomerati di Campomarino, con i valori delle Vs che arrivano a superare i 550m/s.

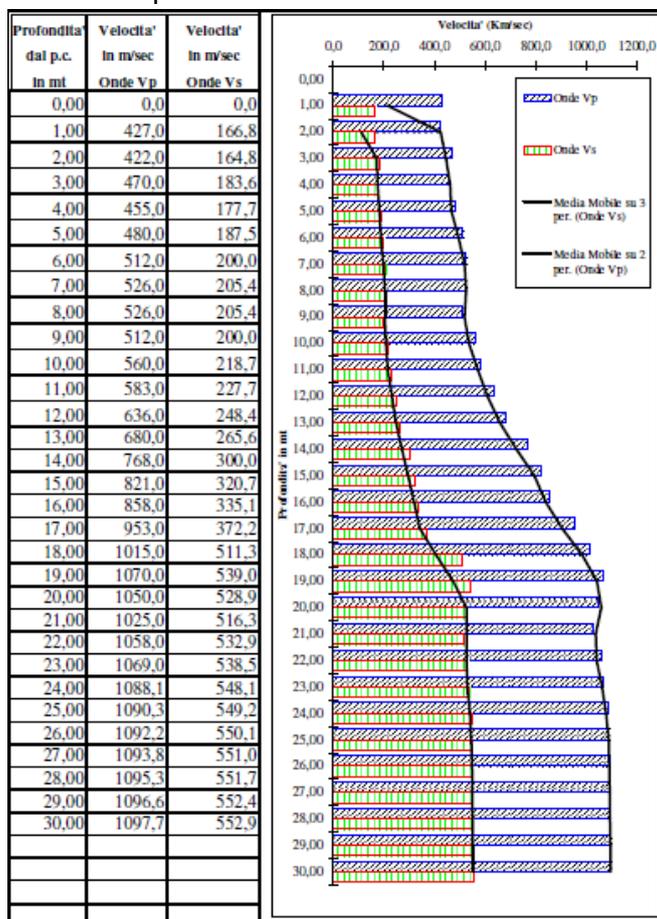


Figura 4.1 – Andamento valori di velocità onde S ed onde P rilevati dalla prova down-hole eseguita nel sondaggio SG01.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	34 DI 68

L'assetto stratigrafico lungo il rilevato RI03 è stato, inoltre, approfondito grazie alle prove penetrometriche (prove CPTU da 1 a 10), le quali, oltre ai depositi dell'unità F, hanno intercettato spesse intercalazioni dei litotipi sabbiosi dell'unità G, cui si aggiungono nella prima parte del rilevato (in corrispondenza della CPTU1) quelli a grana fine dell'Unità C. Sebbene il rischio liquefazione sembrerebbe da escludere sotto l'aspetto litostratigrafico, data la presenza degli spessi intervalli costituiti dai depositi sabbiosi dell'Unità G, complessivamente, le indagini eseguite, anche per il tratto in esame non consentono di escludere tale rischio e sono, pertanto, da eseguire verifiche geotecniche e ulteriori valutazioni e approfondimenti in corso d'opera.

L'aspetto relativo alla risposta sismica puntuale dei terreni è stato approfondito anche mediante indagini geofisiche, consistenti in n.1 prova in foro di sondaggio *down-hole* e n.5 prospezioni MASW, le quali hanno implementato le informazioni relative all'assetto sismostratigrafico locale, definendo la categoria di sottosuolo (NTC2018) lungo i tratti del tracciato ferroviario scoperti da indagini; i risultati ottenuti in termini di categoria di sottosuolo sono riassunti nella tabella successiva.

Sigla prospezione	Opera	Titologia	Vs30	Categoria di sottosuolo
SG01	RI03	Down-hole	310	C
MW01	IN01-IN09	MASW	351	C
MW02	RI04	MASW	490	B
MW03	RI06	MASW	433	B
MW04	RI08/RI09	MASW	474	B
MW05	IN01-IN09	MASW	441	B

Tabella 4.12 - Prospezioni geofisiche integrative.

Oltre ai sondaggi ed alle prove penetrometriche eseguite lungo il viadotto e lungo i rilevati RI03 e RI04, sempre tra le indagini dirette, ulteriori prove penetrometriche sono state eseguite lungo i rilevati RI06, RI07, RI08 ed in corrispondenza dell'opera TR03. Per quanto riguarda le litologie intercettate, le CPTU 13 e CPTU14, eseguite, rispettivamente, lungo le opere RI06 e TR03, hanno intercettato i depositi alluvionali (Unità B ed E); sempre nell'ambito dell'opera TR03, la CPTU15, oltre ai depositi alluvionali (Unità B ed G), ha intercettato anche il substrato rappresentato dai Conglomerati di Campomarino (Unità I). Infine, le prove CPTU 16 e CPTU/DPSH17 hanno intercettato i Conglomerati di Campomarino ed i relativi terreni di copertura.

Passando ai pozzetti esplorativi, da tutti gli scavi eseguiti lungo l'intero tracciato è emersa la presenza di terre limo argillose e assenza di falda acquifera superficiale; nella tabella seguente sono esposti i dati ottenuti dalle prove di laboratorio.

Opera	Sondaggio	Campione	Prof. (m)	Class. HRB	Gamma kN/m3)	Ip
RI02	PZS1	Fondo scavo	1	A5	17,78	6,72
	PZS3		1	A7-5	18,31	12,78
RI03	PZS5		1	A7-5	18,50	8,60
	PZS6		1	A6	17,92	11,16
RI05	PZS7		1	A6	18,51	10,78
RI06	PZS8		1	A6	19,04	11,66
RI08	PZS9		1	A6	17,94	12,47
RI09	PZS10		1	A6	18,22	12,49

Tabella 4.13 - Pozzetti esplorativi integrativi.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	35 DI 68

Complessivamente, le indagini dirette, hanno implementato le informazioni relative all'assetto litostratigrafico, riportate sui profili geologici e geotecnici, unitamente alle informazioni relative all'andamento della falda acquifera. In particolar modo, particolare attenzione è stata posta nei confronti dei rapporti latero-verticali tra i litotipi a diverso comportamento geotecnico e complessivamente, non sono state apportate significative modifiche all'assetto litostratigrafico.

Inoltre, le indagini dirette hanno consentito di implementare anche le informazioni geotecniche, con i valori dei parametri che sono stati ottenuti sia dalle prove di laboratorio sui campioni prelevati dai sondaggi (riportati nella tabella seguente), sia dalle prove penetrometriche, con queste ultime che hanno consentito di definire in continuo sia le caratteristiche meccaniche dei terreni, sia il regime delle pressioni interstiziali. Complessivamente, i valori ottenuti consentono di confermare la caratterizzazione geotecnica eseguita in sede di progettazione definitiva.

Opera	Sondaggio	Campioni	Prof. (m)	Granul.	Peso di volume (kN/m <sup>3</sup> )	Peso di volume saturo (kN/m <sup>3</sup> )	Indice di plast. (Ip)	φ (°)		Coesione drenata (kPa)		Coesione non drenata (kPa)
								TRX CID	TRX CIU	TRX CID	TRX CIU	TUU
Rilevato RI03	SG01	C1	4.00-4.50	Limo con argilla	18,25	18,27	17,3	-	-	-	-	-
Rilevato RI04	SG02	C1	5.00-5.50	Limo con arg. deb. sabbioso	18,99	19,25	12,8	-	-	-	-	-
Viadotto Ripalta	SG03	C1	5.50-6.00	Limo con arg. deb. sabbioso	19,12	19,34	12,8	25	24	22	48	136,6
		C2	31.00-31.50	Limo con sabbia argilloso	18,95	19,08	4,4	26	25	18	27	27,5
	SG04	C1	8.00-8.50	Argilla con limo deb. sabb.	18,90	18,91	25,8	24	23	29	42	47,8
		C2	24.00-24.50	Limo con arg. deb. sabbioso	18,56	18,59	14,4	25	24	23	50	63,9

Tabella 4.14 - Risultati prove di laboratorio integrative.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	36 DI 68

## 5. CARATTERISTICHE SISMICHE GENERALI

### 5.1 INQUADRAMENTO SISMICO REGIONALE

Le caratteristiche di sismicità della Puglia settentrionale e dei settori esterni del Molise sono da porre in relazione, essenzialmente, con l'assetto geologico-strutturale della zona di avanfossa-avampaese a cui essi appartengono (Del Gaudio et al. 2009). Nell'area sono stati condotti numerosi studi che hanno fornito un'accurata interpretazione dei diversi terremoti storici verificatisi, individuando le strutture sismogenetiche responsabili e le loro caratteristiche principali (Venisti et al. 2004; Del Gaudio et al. 2009; Pierri et al. 2008).

A tal riguardo, un importante ruolo sembra essere svolto dalla eterogeneità strutturale che attraversa la placca adriatica in direzione SE-NW, individuata mediante un'analisi tomografica (Venisti et al. 2004). Essa può rappresentare un elemento di debolezza strutturale che spiegherebbe la focalizzazione del rilascio di energia sismica lungo una fascia piuttosto estesa (Pierri et al. 2008), che attraversa l'Adriatico centro-meridionale fino a giungere al basso corso del F. Fortore e al Lago di Lesina.

L'analisi della sismicità storica e strumentale suggerisce, per l'area di studio, una possibile differenziazione in quattro differenti zone sismogenetiche (Pierri et al. 2008).

**Zona basso Fortore-Lesina-Isole Tremiti:** si trova al bordo dell'eterogeneità strutturale sopra descritta; è caratterizzata da sismicità superficiale (ipocentri a profondità comprese nell'intervallo 5÷15 km) e da faglie *strike-slip* N-S sinistre o E-W destre, debolmente transpressive per compressione NW ed estensione NE.

**Promontorio del Gargano:** il campo di stress ha proprietà simili alla zona sismogenetica precedente, ma è caratterizzato da ipocentri leggermente più profondi (10÷25 km), da un minor tasso di rilascio energetico e da una distribuzione spaziale che suggerisce un'orientazione preferenziale N-S, piuttosto che E-W.

**Zona di Avanfossa del Tavoliere:** il tasso di rilascio energetico è decisamente inferiore alle due zone precedenti; il campo di stress vede più accentuata la componente estensiva NE rispetto a quella compressiva NW, probabilmente per effetto di una minore efficienza nella trasmissione della compressione assiale lungo il bordo meno rigido della placca adriatica.

**Subappennino Dauno-Molise sud-orientale:** include l'area epicentrale della sequenza sismica del Molise del 2002 (Terremoto di S. Giuliano di Puglia) e presenta un'attività sismica apparentemente caratterizzata da isolati episodi di sismicità moderata, intervallati da lunghi periodi di sostanziale quiescenza.

GE – GEOLOGIA

RELAZIONE SISMICA

Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA  
LI07

LOTTO  
01

FASE CODIFICA DOCUMENTO  
E ZZ RH GE0001002

REV.  
C

FOGLIO  
37 DI 68

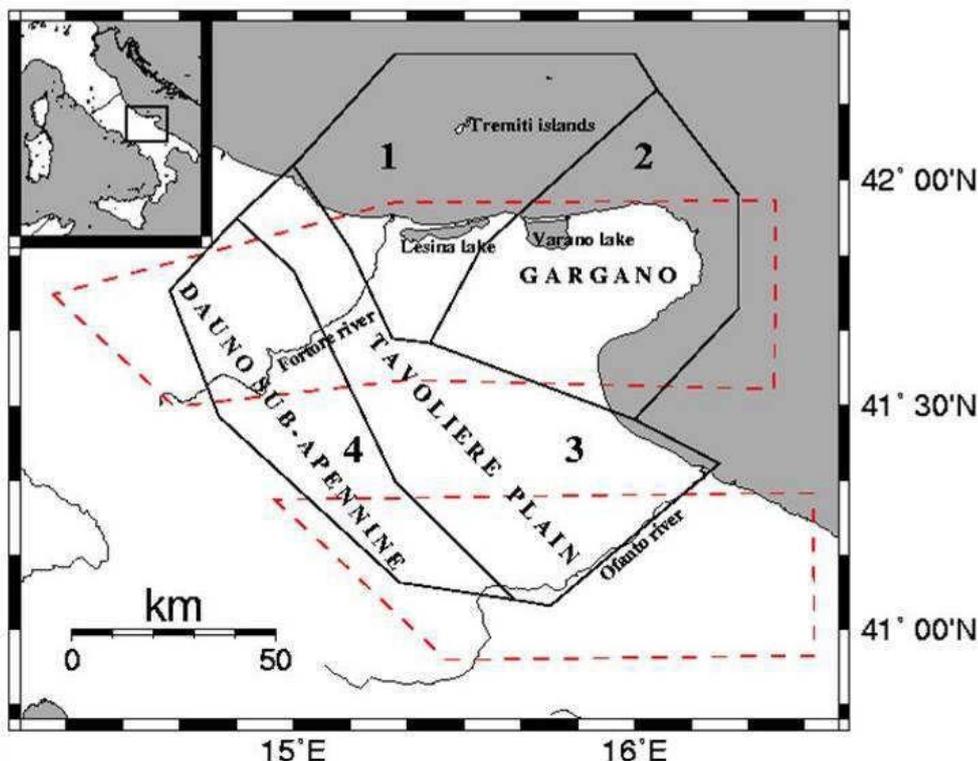


Figura 5.1 - Suddivisione della Puglia settentrionale in quattro zone (linee continue) con caratteristiche di sismicità differenti: 1) Zona basso Fortore-Lesina-Isole Tremiti; 2) Promontorio del Gargano; 3) Avanfossa del Tavoliere; 4) Sub-Appennino Dauno-Molise sud-orientale. In tratteggio rosso, i confini delle zone sismogenetiche definite nella zonazione ZS9 (da Pierrì et al. 2008).

## 5.2 SORGENTI SISMOGENETICHE

Nel presente paragrafo sono esposti i dati relativi al database (vers. 3.2) “A compilation of Potential Sources for Earthquakes larger than  $M$  5.5 in Italy and sur-rounding areas”, inizialmente divulgato in forma preliminare nel luglio 2000 come versione 1.0 e quindi pubblicato nel 2001 come versione 2.0 (Valensise e Pantosti, 2001).

Il Database contiene sorgenti sismogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare grandi terremoti. L’ultima versione del Database contiene oltre 100 sorgenti sismogenetiche identificate attraverso studi geologico-geofisici (70% in più rispetto alla precedente versione). Tali sorgenti ricadono sull’intero territorio italiano e su alcune regioni confinanti.

L’assetto di queste sorgenti fornisce informazioni sull’andamento dei maggiori sistemi di faglie attive, consentendo in alcuni casi di individuare aree di potenziale gap sismico.

Obiettivo del Database è quello di rendere quanto più possibile completa l’informazione sulle sorgenti sismogenetiche potenziali del territorio nazionale; per questa ragione, oltre ad un numero maggiore di sorgenti individuali, viene proposta una forma di rappresentazione e caratterizzazione di tutte le aree che, pur essendo certamente in grado di generare forti terremoti, sono ancora poco comprese. È stata pertanto istituita una nuova categoria di aree sismogenetiche per le quali, in analogia con quanto proposto dalla nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti et al., 2004), viene fornita la localizzazione geografica, la stima del meccanismo di fagliazione, la profondità efficace e la magnitudo massima attesa.

**GE - GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	38 DI 68

Dall'esame del Database, nei pressi del tracciato in progetto, si osserva la presenza di tre sorgenti sismogenetiche composite (Figura 5.2, con l'indicazione del tracciato in rosso): la sorgente Ripabottoni – San Severo (ITCS003), la sorgente San Marco in Lamis - Mattinata (ITCS058) e la sorgente Tocco Casauria - Tremiti (ITCS059). Inoltre, è segnalata la presenza di una sorgente ancora in approfondimento (nella figura in blu), il cui codice è ITDS012.

Le principali informazioni di riferimento di ciascuna sorgente sono riportate da Figura 16 a Figura 18.



Figura 5.2 - Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy" per l'area in oggetto.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA LI07	LOTTO 01	FASE CODIFICA DOCUMENTO E ZZ RH GE0001002	REV. C	FOGLIO 39 DI 68
------------------	-------------	--	-----------	--------------------

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	6.0	OD	Based on upper depth of instrumental major earthquakes in the region.
Max depth [km]	25.0	OD	Based on lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
Strike [deg] min... max	250...270	OD	Based on seismological, macroseismic and geophysical data.
Dip [deg] min... max	75...90	OD	Based on seismological, macroseismic and geophysical data.
Rake [deg] min... max	180...220	OD	Based on seismological data and on regional literature data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.7	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 5.3 - Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Ripabottoni – San Severo (ITCS003).

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	0.0	LD	Based on geological data.
Max depth [km]	25.0	EJ	Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
Strike [deg] min... max	260...290	LD	Based on geological data.
Dip [deg] min... max	75...90	LD	Based on geological data.
Rake [deg] min... max	200...230	LD	Based on geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.2	LD	Based on long-term geological markers.
Max Magnitude [Mw]	6.4	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 5.4 - Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta San Marco in Lamis - Mattinata (ITCS058).

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA LI07	LOTTO 01	FASE CODIFICA DOCUMENTO E ZZ RH GE0001002	REV. C	FOGLIO 40 DI 68
------------------	-------------	--	-----------	--------------------

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	11.0	EJ	Inferred from upper depth of instrumental major earthquakes in the region.
Max depth [km]	20.0	EJ	Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
Strike [deg] min... max	80...100	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
Dip [deg] min... max	65...90	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
Rake [deg] min... max	170...230	EJ	Inferred from rake of instrumental major earthquakes in the region.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...0.5	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.0	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 5.5 - Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Tocco Casauria - Tremiti (ITCS059).

### 5.3 MACROZONAZIONE SISMICA E MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

Fino al 2002, la zonazione sismogenetica ZS4 (Scandone et alii, 2000) ha rappresentato il punto di riferimento per la maggior parte delle valutazioni di pericolosità sismica nell'area italiana; gli sviluppi più recenti delle conoscenze in materia di sismogenesi hanno evidenziato alcune inconsistenze di tale modello di zonazione.

Per superare questo stato di cose si è convenuto di disegnare una nuova zonazione denominata ZS9 (Meletti & Valensise, 2004). Rispetto alle zonazioni precedenti le zone sorgente sono state disegnate più vincolate rispetto alle sorgenti sismogenetiche e alla sismicità storica e strumentale, e le aree circostanti sono state cautelate attraverso i normali effetti di propagazione della pericolosità sismica al di fuori delle zone sorgente.

La geometria delle zone-sorgente dell'Appennino meridionale (zone da 56 a 64 in ZS4; zone da **924** a **928** in ZS9), inteso come il settore appenninico tra la Majella e il Pollino, è stata sensibilmente modificata nella sua configurazione generale rispetto a ZS4. Sull'area al confine tra la catena e la Puglia, vale a dire l'area dell'avanfossa e dell'avampaese apulo, sono state operate scelte che cambiano decisamente la percezione del potenziale sismogenetico dell'area. Su queste scelte hanno pesato le nuove chiavi di lettura della sismicità del settore (Di Bucci e Mazzoli, 2003; Valensise et al., 2004) suggerite dalle caratteristiche della sequenza sismica del Molise (ottobre novembre 2002), originata da sorgenti con direzione circa E-W e dotate di cinematica trascorrente destra. Questi dati consentono di individuare una zona (**924**) orientata circa E-W nella quale collocare tutta la sismicità dell'area (es. terremoto del 1627),

e che include la faglia di Mattinata, generalmente ritenuta attiva con una cinematica simile a quella del terremoto del 2002 (es. Piccardi, 1998; Piccardi et al., 2002).

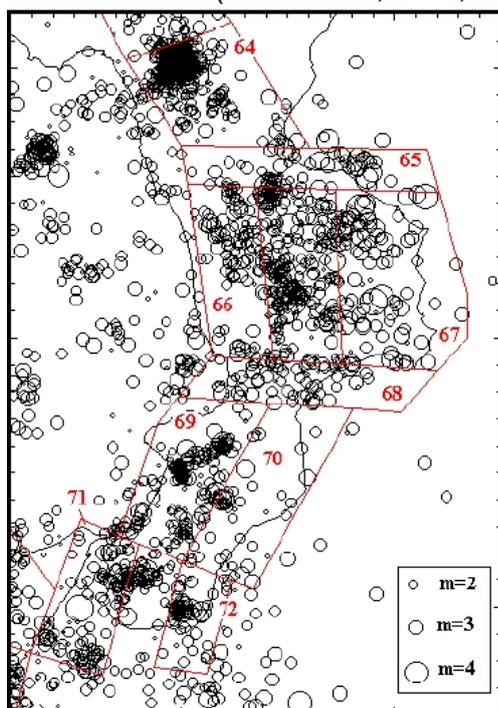


Figura 5.6 - Zonazione sismogenetica ZS4.

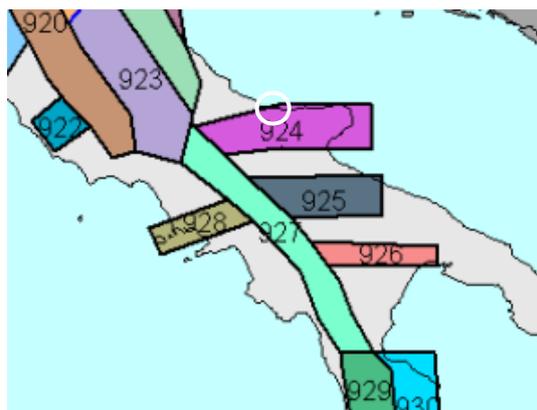


Figura 5.7 - Zonazione sismogenetica ZS9.

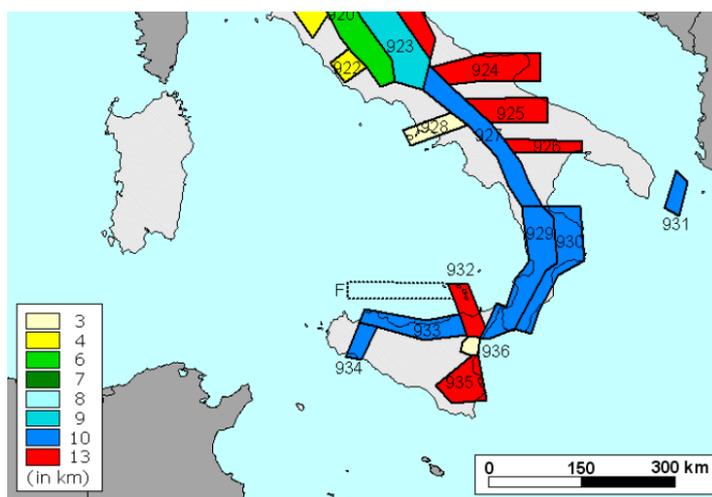


Figura 15 - Moda delle distribuzioni di frequenza in funzione della profondità dei terremoti riportati nel catalogo strumentale INGV (1983-2002) per tutte le ZS di ZS9.

Figura 5.8 - Moda delle distribuzioni di frequenza in funzione della profondità dei terremoti riportati nel catalogo strumentale INGV (1983-2002) per tutte le ZS di ZS9.

Ricadendo in Puglia settentrionale l'area in studio è inclusa nella zona ZS9 924 "Molise-Gargano"; i dati pubblicati dal Gruppo di Lavoro dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (marzo 2004) sono esposti nelle tabelle seguenti.

**GE - GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	42 DI 68

ZONA	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (Km)	Profondità efficace (Km)
930	442	308	65	4.4	12-20	13

Tabella 5.1 - Dati emersi dal monitoraggio strumentale della zona 930.

Nella sottostante tabella si riporta la magnitudo momento massima "Mwmax" attesa per la ZS 930.

Zona sismica ZS9	Numero zona sismica	Mwmax
Molise-Gargano	924	6.83

Tabella 5.2 - Valori della Magnitudo momento massima "Mwmax" per la Zona Sismogenetica ZS9 (estratto da "Gruppo di Lavoro per la Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica" - 2004).

## 5.4 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

In data 24 ottobre 2005 entra in vigore il D.M. 14/09/2005 "Norme Tecniche per le Costruzioni". La norma suddivide il territorio in zone sismiche, ciascuna contrassegnata da un diverso valore di parametro  $a_g$ , che rappresenta l'accelerazione orizzontale massima convenzionale su suolo di categoria A. L'area in esame, che ricade nei comuni di Lesina e Serracapriola dichiarati a rischio sismico II, è caratterizzata da un valore di  $a_g$  compreso tra 0.15 e 0.25. La norma afferma che le zone 1, 2 e 3 possono essere suddivise in sottozone caratterizzate da valori di  $a_g$  intermedi rispetto ai massimi di ciascuna zona e intervallati da valori non minori di 0,025. In tal caso i vari territori saranno assegnati alle sottozone in base ai valori di  $a_g$  con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni".

Con l'OPCM 3519 del 28/04/2006 viene proposta una nuova zonizzazione con suddivisione degli intervalli di accelerazione più dettagliati, pari a 0,025. La figura successiva è tratta dalla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/sec; cat. A). Come si può notare, l'area in esame ricade in un settore caratterizzato da valori di accelerazione massima del suolo compresi tra 0,175g fino a 0,225g (da notare la progressiva diminuzione dei valori procedendo da monte verso costa).

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

 COMMESSA  
 LI07

 LOTTO  
 01

 FASE CODIFICA DOCUMENTO  
 E ZZ RH GE0001002

 REV.  
 C

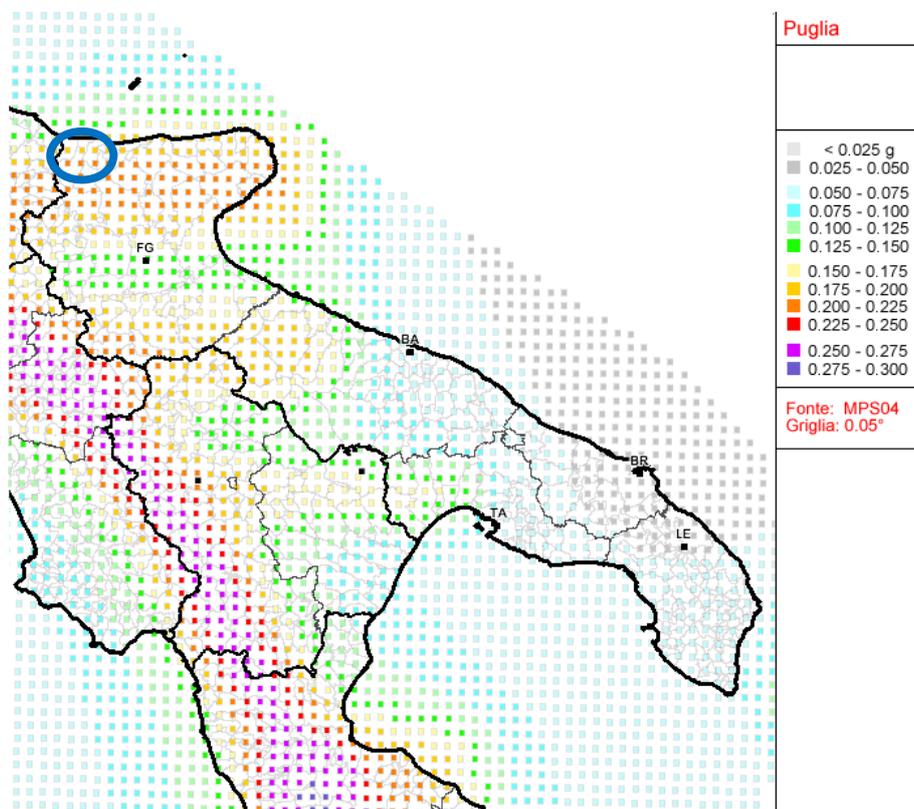
 FOGLIO  
 43 DI 68


Figura 5.9 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCP n.3519/2006), con indicazione dell'area di studio.

Secondo la mappa di classificazione sismica del territorio nazionale (Ordinanza n. 3274 del 20/03/2003 e Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/09/2005) aggiornata al 2012, i Comuni di Lesina e Serracapriola sono classificati in Zona 2, caratterizzata congruentemente da valori di  $0.15 < a_g < 0.25g$ .

Zona sismica	Fenomeni riscontrati	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica <b>alta</b> . Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi forti terremoti.	$a_g \geq 0,25g$
2	Zona con pericolosità sismica <b>media</b> , dove possono verificarsi terremoti abbastanza forti.	$0,15 \leq a_g < 0,25g$
3	Zona con pericolosità sismica <b>bassa</b> , che può essere soggetta a scuotimenti modesti.	$0,05 \leq a_g < 0,15g$
4	Zona con pericolosità sismica <b>molto bassa</b> . E' la zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono basse.	$a_g < 0,05g$

Tabella 5.3 - Livello di pericolosità delle zone sismiche, suddivise in relazione all'accelerazione di picco su terreno rigido (OPCM 3519/06).

GE - GEOLOGIA

RELAZIONE SISMICA

Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	44 DI 68

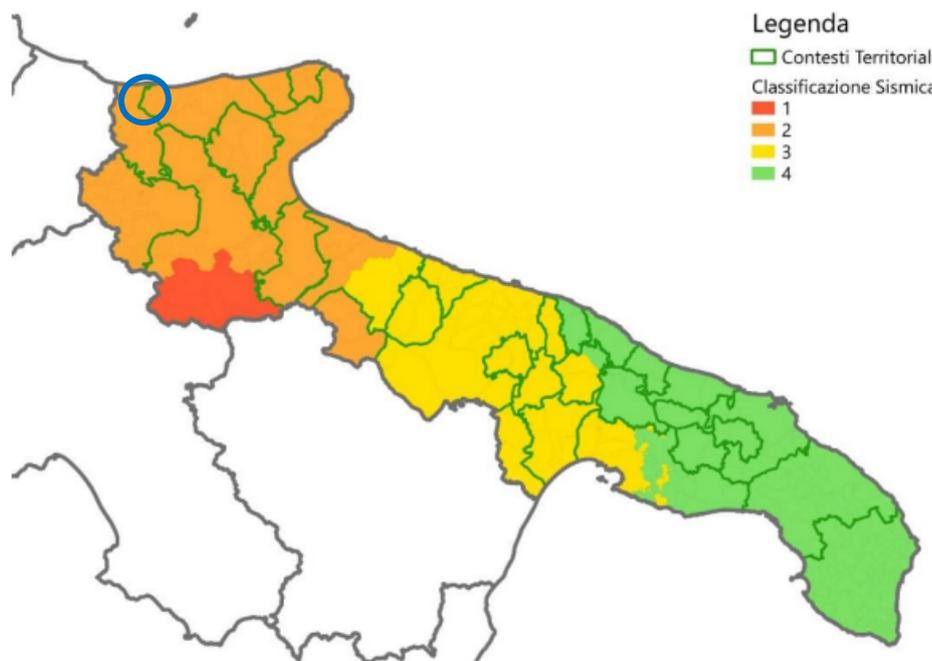


Figura 5.10 - Classificazione sismica del territorio Italiano, con indicazione dell'area di studio.

Più in dettaglio, dalla mappa di pericolosità sismica della figura seguente si evince come i valori medi (con deviazione standard) corrispondenti ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni) della PGA (Peak Ground Acceleration, ovvero accelerazione massima al suolo), per il comparto in esame sono compresi nel range 0.175 – 0.200.

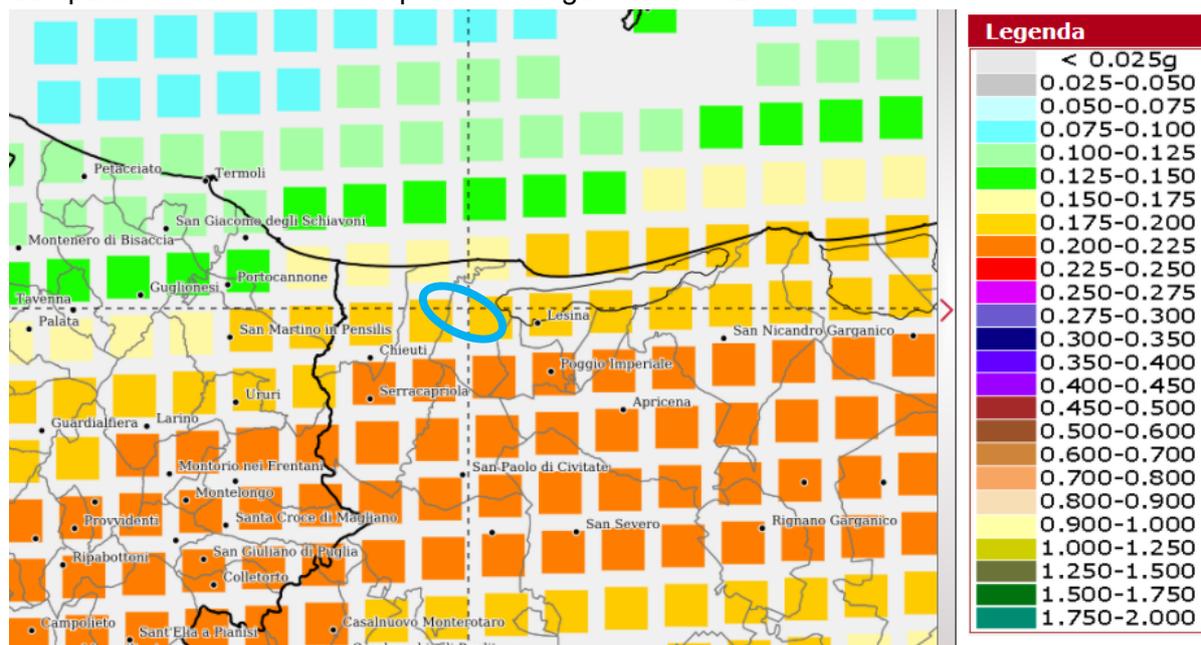


Figura 5.11 - Mappa di pericolosità sismica di base NTC2008, con indicazione del sito di interesse.

In conclusione, in accordo con la normativa vigente, l'area d'interesse progettuale si inserisce in un

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	45 DI 68

contesto di medio-alta pericolosità sismica.

## 5.5 SISMICITÀ STORICA

In tabella seguente sono riepilogati i dati sulla sismicità storica desunti dalla banca dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (Catalogo parametrico dei terremoti italiani 2015) relativi al territorio dei comuni di Lesina e Serracapriola. Gli eventi sono attribuiti al giorno in cui si è prodotta la scossa più violenta. Sono indicati: il tempo origine del terremoto (anno, mese, giorno, ora, minuti e secondi) espresso come tempo medio di Greenwich, l'intensità epicentrale ( $I_0$ ), l'intensità al sito ( $I$ ) espressa in gradi della Scala Mercalli-Cancani-Sieberg, la magnitudo ( $M_w$ ) e l'epicentro inteso come definizione geografica della zona in cui ricade.

STORIA SISMICA DI LESINA									
I (MCS)	a	m	g	o	m	s	AREA EPICENTRALE	$I_0$	$M_w$
10	1627	7	30	10	50		Capitanata	10	6,66
9-10	1657	1	29	2			Capitanata	8-9	5,96
F	1688	6	5	15	30		Sannio	11	7,06
6	1805	7	26	21			Molise	10	6,68
7	1821	11	22	1	15		Costa molisana	7-8	5,59
5-6	1829	7	3	13			Gargano	4-5	3,93
4-5	1852	12	9	21	15		Gargano	5	4,31
5	1857	12	16	21	15		Basilicata	11	7,12
3	1864	12	28	12			Gargano	6	4,63
7	1875	12	6				Gargano	8	5,86
F	1881	9	10	7			Chietino	7-8	5,41
NF	1882	6	6	5	40		Isernino	7	5,2
5	1889	12	8				Gargano	7	5,47
3	1892	4	20				Gargano	6-7	5,02
7	1894	3	25				Gargano	6-7	4,9
5	1895	8	9	17	38	20	Adriatico centrale	6	5,11
4	1897	5	28	22	40	2	Ionio	6	5,46
4-5	1900	12	23	22	30		Gargano	5	4,37
2-3	1905	11	26				Irpinia	7-8	5,18
F	1930	7	23	0	8		Irpinia	10	6,67
6	1937	7	17	17	11		Tavoliere delle Puglie	6	4,96
NF	1955	2	9	10	6		Gargano	6-7	5,05
2	1956	9	22	3	19	39	Gargano	6	4,64
6	1972	2	29	20	54	17,74	Gargano	6	4,71
5-6	1975	6	19	10	11		Gargano	6	5,02
5-6	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	10	6,81
4	1984	5	7	17	50		Monti della Meta	8	5,86
4	1988	4	26	0	53	43,83	Adriatico centrale		5,36

**GE - GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	46 DI 68

4-5	1989	3	11	21	5		Gargano	5	4,34
NF	1990	2	1	6	24	14,15	Isole Tremiti		4,43
NF	1990	2	13	9	15	28,64	Isole Tremiti	4	4,2
5	1990	5	5	7	21	29,61	Potentino		5,77
5-6	1995	9	30	10	14	33,86	Gargano	6	5,15
4-5	1995	10	5	23	51	50,1	Gargano	5	3,95
5	1996	11	10	23	23	10,77	Tavoliere delle Puglie	5-6	4,35
4-5	2000	8	30	13	45	16,53	Isole Tremiti		4,23
5	2001	7	2	10	4	43,18	Tavoliere delle Puglie	5	4,26
5	2002	11	1	15	9	1,92	Molise	7	5,72
4	2003	6	1	15	45	18,04	Molise	5	4,44
3-4	2003	12	30	5	31	38,26	Molise	4-5	4,53
4-5	2006	5	29	2	20	6,26	Gargano		4,64
4-5	2006	10	4	17	34	20,5	Adriatico centrale	4-5	4,3
3	2006	12	10	11	3	41,57	Adriatico centrale	10	4,48

Tabella 5.4 - Sismicità storica di Lesina (FG).

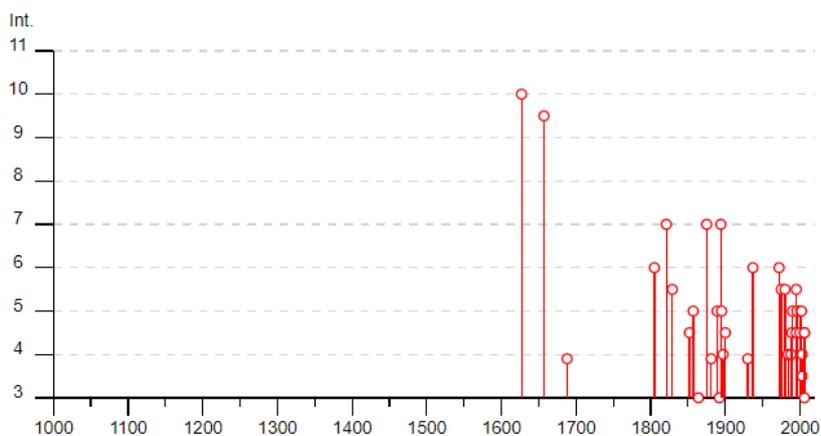


Figura 5.12 - Storia sismica di Lesina (FG); in ordinata: Intensità al sito (Is); in ascissa: anni.

**GE - GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

 COMMESSA  
 LI07

 LOTTO  
 01

 FASE CODIFICA DOCUMENTO  
 E ZZ RH GE0001002

 REV. FOGLIO  
 C 47 DI 68

STORIA SISMICA DI LESINA									
I (MCS)	a	m	g	o	m	s	AREA EPICENTRALE	lo	Mw
9-10	1627	7	30	10	50		Capitanata	10	6,66
9	1627	8	7	16	40		Capitanata	9	6,03
8-9	1646	5	31				Gargano	10	6,72
6-7	1647	5	5	12	30		Gargano	7-8	5,69
HF	1731	3	20	3			Tavoliere delle Puglie	9	6,33
6	1805	7	26	21			Molise	10	6,68
6	1851	8	14	13	20		Vulture	10	6,52
4-5	1852	12	9	21	15		Gargano	5	4,31
2	1882	6	6	5	40		Isernino	7	5,2
4-5	1889	12	8				Gargano	7	5,47
NF	1893	8	10	20	52		Gargano	8	5,39
5	1894	3	25				Gargano	6-7	4,9
2-3	1905	11	26				Irpinia	7-8	5,18
NF	1908	1	8	21	41		Isole Tremiti	5	4,16
4-5	1910	6	7	2	4		Irpinia-Basilicata	8	5,76
3	1912	7	2	7	34		Tavoliere delle Puglie	5	4,55
5	1913	10	4	18	26		Molise	7-8	5,35
4	1915	1	13	6	52	43	Marsica	11	7,08
5	1919	10	21	0	24		Gargano	5-6	5,03
6	1930	7	23	0	8		Irpinia	10	6,67
6	1937	7	17	17	11		Tavoliere delle Puglie	6	4,96
4	1951	1	16	1	11		Gargano	7	5,22
3	1956	9	22	3	19	39	Gargano	6	4,64
5-6	1962	8	21	18	19		Irpinia	9	6,15
NF	1970	1	21	18	36	25	Gargano	5	4,34
4	1971	5	6	3	45	5	Irpinia	6	4,83
4-5	1972	2	29	20	54	17,74	Gargano	6	4,71
6	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	10	6,81
4	1984	5	7	17	50		Monti della Meta	8	5,86
4	1984	5	11	10	41	49,27	Monti della Meta	7	5,47
4	1989	3	11	21	5		Gargano	5	4,34
NF	1990	2	1	6	24	14,15	Isole Tremiti		4,43
3-4	1990	5	5	7	21	29,61	Potentino		5,77
NF	1991	5	26	12	25	59,42	Potentino	7	5,08
NF	1992	11	5	13	34	27,86	Gargano	5	4,34
5	1995	9	30	10	14	33,86	Gargano	6	5,15
5	1996	11	10	23	23	10,77	Tavoliere delle Puglie	5-6	4,35

**GE - GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	48 DI 68

STORIA SISMICA DI LESINA									
4-5	2001	7	2	10	4	43,18	Tavoliere delle Puglie	5	4,26
5	2002	10	31	10	32	59,05	Molise	7-8	5,74
5	2002	11	1	15	9	1,92	Molise	7	5,72
5	2002	11	12	9	27	48,57	Molise	5-6	4,57
3	2003	1	27	4	3	46,57	Molise	5	3,84
4-5	2003	6	1	15	45	18,04	Molise	5	4,44
4-5	2003	12	30	5	31	38,26	Molise	4-5	4,53
NF	2005	3	1	5	41	37,38	Molise	4	3,68
5	2006	5	29	2	20	6,26	Gargano		4,64
NF	2006	10	4	17	34	20,5	Adriatico centrale	4-5	4,3
3	2006	12	10	11	3	41,57	Adriatico centrale		4,48

Tabella 5.5 - Sismicità storica di Serracapriola (FG).

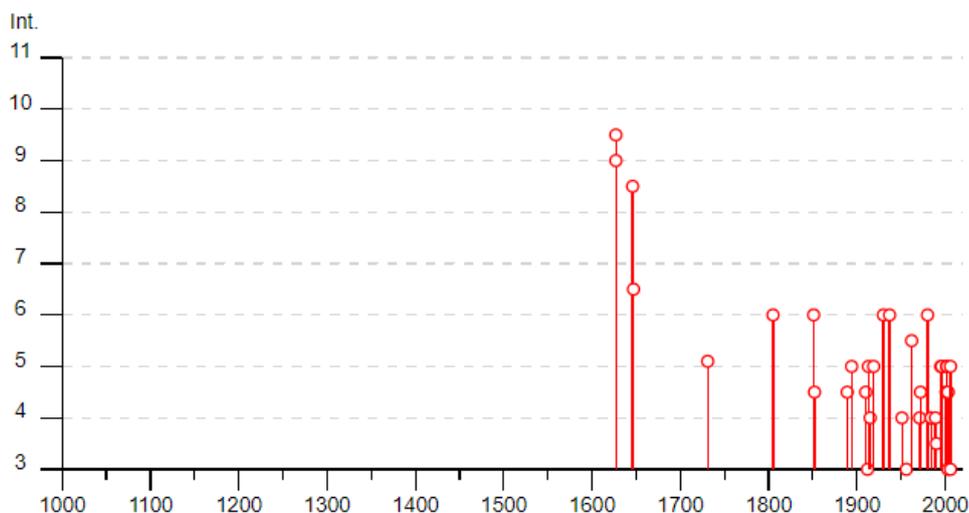


Figura 5.13 - Storia sismica di Serracapriola (FG); in ordinata: Intensità al sito (Is); in ascissa: anni.

In conclusione, l'area in studio si inserisce in un contesto di medio-alta pericolosità sismica, così come si evince anche dalla figura seguente tratta dalla carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani, la quale conferma che il l'area in esame ricade in un territorio che ha subito storicamente risentimenti pari al X grado della scala MCS.

GE - GEOLOGIA

RELAZIONE SISMICA

Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA  
LI07

LOTTO  
01

FASE CODIFICA DOCUMENTO  
E ZZ RH GE0001002

REV.  
C

FOGLIO  
49 DI 68

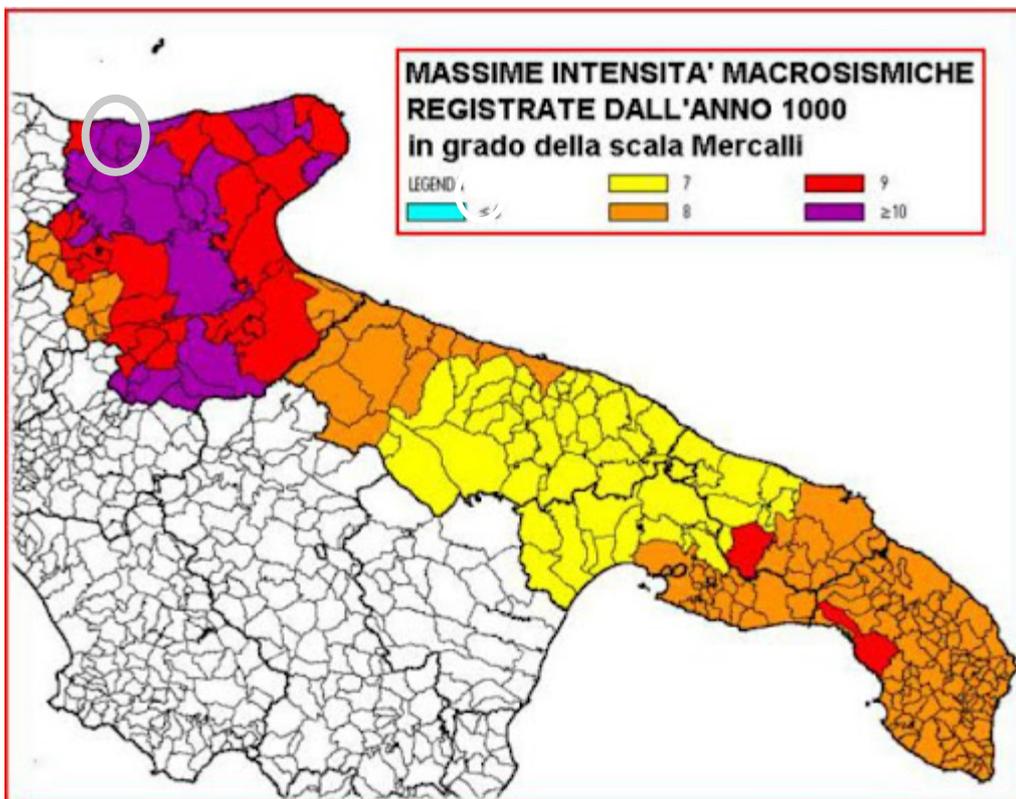


Figura 5.14 - Carta delle massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani (Molin, Stucchi, Valsenise, ingv<http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/IMAX/imax.html> , con indicazione dell'area di studio.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	50 DI 68

## 6. CATEGORIA DI SOTTUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella seguente, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio "VS". I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

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

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

con:

hi spessore dell'i-esimo strato;

VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella tabella seguente.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	51 DI 68

Categoria	Descrizione
<b>A</b>	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
<b>B</b>	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.
<b>C</b>	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.
<b>D</b>	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
<b>E</b>	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.

*Tabella 6.1 - Categorie di sottosuolo NTC2018.*

Per la definizione della categoria di sottosuolo sismica, in accordo alla normativa vigente sono state eseguite prospezioni geofisiche finalizzate alla determinazione della Vs-equivalente ed in particolare prove sismiche di tipo Cross-Hole, Down Hole e MASW. Inoltre, in sede di progettazione definitiva, per caratterizzare la zona della prima parte del viadotto, interessata da predominanza di terreni coesivi, si sono utilizzati anche i dati di resistenza al taglio non drenata ( $cu_{,30}$ ) da pocket Penetrometer e da prove CPT e i valori di  $V_{s,30}$  estrapolati da CPT (in base alla correlazione di Mayne & Rix, 1993). Si fa presente che in sede di PD i valori si riferiscono alla Vs30, essendo ancora in vigore le NTC2008; tuttavia, considerato l'assetto sismostratigrafico, vi è corrispondenza tra la Vs30 e la Vsequivalente, cui si fa riferimento nella presente fase di progettazione, in ottemperanza alle NTC2018. Per quanto riguarda le prospezioni sismiche integrative, eseguite nella presente fase progettuale, alle indagini pregresse si aggiungono n.5 MASW e n.1 down-hole, con quest'ultima eseguita nel foro di sondaggio SG01.

Dall'interpretazione delle indagini si evince che lungo il tracciato il valore della velocità Vs-equivalente è piuttosto variabile, passando da categoria C a D ed anche a B (come riportato nelle tabelle seguenti); quindi, cautelativamente, per il dimensionamento delle opere si considera:

- Da inizio tracciato km 0+000 al km 2+300 si associa una categoria di sottosuolo sismica C;
- Dal km 2+300 al km 3+100 si associa una categoria di sottosuolo sismica D. Come si evince dalla seguente tabella, le verticali di indagine CHIA33V15 e PEIA33V08 mostrano con la profondità valori di velocità delle onde di taglio Vs e valori di resistenza in condizioni non drenata (cu) più bassi delle verticali di indagine ubicate vicino. Quindi è lecito presupporre che la categoria di sottosuolo D sia limitata alla zona della spalla, comunque cautelativamente si considera la categoria di sottosuolo D per l'intervallo di progressive indicato.
- Dal km 3+100 a fine tracciato al km 6+840, si associa una categoria di sottosuolo sismica C.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	52 DI 68

RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE PREGRESSE					
PROVA	Progressiva [km]	Tipo di prova	Vs-equivalente [m/s]	cu,30 [kPa]	Categoria di sottosuolo
<b>INDAGINI PD</b>					
H1-S1 / XH	0+144	Down_hole	372	-	B
XI	da 0+100 a 0+440	RE.MI./MASW	342	-	C
H3-S3	2+082	Down_hole	198	-	C
XG	Da 2+100 a 2+220	RE.MI./MASW	208	-	C
PCIA33V16	2+410	sondaggio	-	91	C
PEIA33V08	2+567	CPT	Vs=180÷220	Cu<70	D
CH V14-V15	2+569.5	Cross Hole	166	75	D
PCIA33V13	2+596	sondaggio	-	99	C
PEIA33V12	2+654	CPT	Vs=200÷280	Cu=70÷150	C
PCIA33V12	2+695	sondaggio	-	103	C
PEIA33V07	2+757	CPT	Vs=200÷280	Cu=70÷150	C
PCIA33V11	2+799	sondaggio	-	150	C
PCIA33V10	2+889	sondaggio	-	84	C
PCIA33V09	2+966	sondaggio	-	97	C
CH V01-V02	3+717.5	Cross Hole	402	-	B
XD	Da 4+750 a 5+070	RE.MI./MASW	333	-	C
XE		RE.MI./MASW	355	-	C
XF	Da 4+110 a 4+250	RE.MI./MASW	402	-	B
H7-S7	6+008	Down_hole	396	-	B
XM	Da 6+200 a 6+600	RE.MI./MASW	380	-	B
XA		RE.MI./MASW	352	-	C
XB		RE.MI./MASW	336	-	C
XC		RE.MI./MASW	382	-	B

Tabella 6.2 - Categorie di sottosuolo emerse dalle indagini geofisiche pregresse.

RISULTATI INDAGINI GEOFISICHE PE					
SG01	1+260	Down_hole	310	-	C
MW01	0+350	MASW	351	-	C
MW02	2+300	MASW	490	-	B
MW03	4+050	MASW	433	-	B
MW04	5+790	MASW	474	-	B
MW05	6+760	MASW	441	-	B

Tabella 6.3 - Categorie di sottosuolo emerse dalle indagini geofisiche del PE.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

 COMMESSA  
LI07

 LOTTO  
01

 FASE CODIFICA DOCUMENTO  
E ZZ RH GE0001002

 REV. FOGLIO  
C 53 DI 68

## 7. LIQUEFAZIONE

Valutazioni circa la possibilità o meno di sviluppo di fenomeni di liquefazione durante eventuali attività sismiche vanno svolte in presenza di terreni granulari saturi. La liquefazione denota una diminuzione di resistenza a taglio e/o rigidità causata dall'aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo, durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative o persino l'annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Le NTC indicano che le verifiche alla liquefazione per le opere possono essere omesse quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- ✓ accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- ✓ profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- ✓ depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc1N > 180$  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  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- ✓ distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

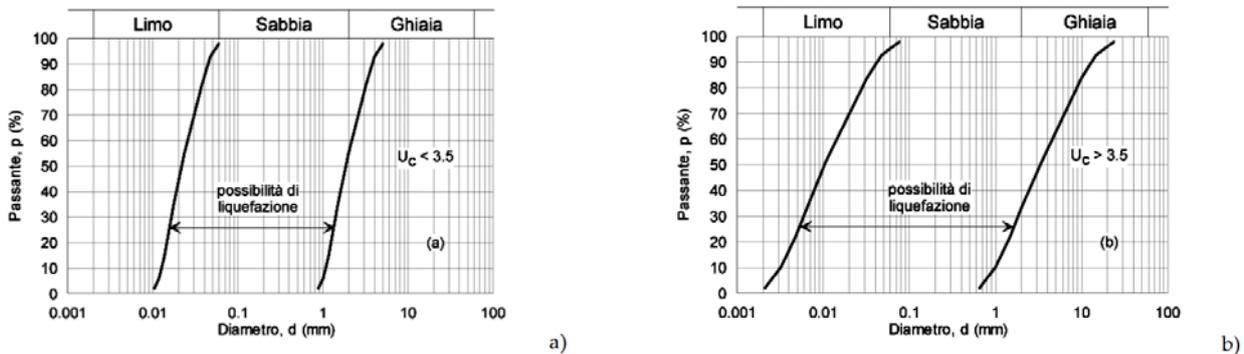


Figura 7.1 - Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione NTC2018.

Sulla base di quanto esposto nei capitoli precedenti, l'areale di progetto: è caratterizzato da accelerazioni massime attese al piano campagna maggiori di 0,1g; la profondità media stagionale della falda è prossima al p.c. fino al km 4+200 circa, poi si approfondisce tra i 10 e i 15 m da p.c. fino a fine tracciato; sono presenti intervalli strati sabbiosi e/o limo-sabbiosi di bassa plasticità con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} < 30$ . Di conseguenza, esiste la possibilità che possano verificarsi fenomeni di liquefazione, nei confronti dei quali sono state eseguite opportune verifiche analitiche, sulla base dei risultati delle indagini geognostiche.

Diversamente, si può escludere, per motivi litostratigrafici, la possibilità di liquefazione per i tratti compresi tra le pk 0+000 e 0+250 e tra la pk 3+950 e la fine del tracciato (6+844,842); infatti, in tali situazioni non sono presenti depositi sabbiosi e sabbioso limosi al di sopra delle unità plio-pleistoceniche

**GE – GEOLOGIA****RELAZIONE SISMICA****Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	54 DI 68

e/o il livello di falda e posto al di sotto degli strati potenzialmente liquefacibili.

Per quanto riguarda le verifiche eseguite per i tratti potenzialmente liquefacibili, le analisi condotte hanno permesso di determinare il potenziale di liquefazione, che si mantiene su valori bassi e moderati (IL generalmente inferiore a 2), con cedimenti attesi in caso di sisma di progetto compresi tra 0 e 11 cm circa.

Fa eccezione il tratto compreso tra le progressive chilometriche 2+020 e 2+400 (Rilevato RI04) dove il potenziale di liquefazione diviene alto e molto alto, con cedimenti attesi compresi tra 10 e 35 cm circa. Considerata la profondità relativamente elevata dei depositi sabbiosi saturi, il rischio liquefazione sembrerebbe da escludere sotto l'aspetto litostratigrafico (ricostruito dalla correlazione tra le indagini geognostiche pregresse e quelle eseguite in sede di PE), anche in considerazione del fatto che le sabbie stesse sono confinate entro spessi intervalli di depositi a grana fine a bassa permeabilità, così come rappresentato sul profili geologico. Tuttavia, considerati gli esiti delle verifiche, fermo restando ulteriori valutazioni da eseguire in corso d'opera, sono previsti interventi di consolidamento mediante una maglia regolare di colonne di Compaction Grouting, al fine di scongiurare eccessivi cedimenti del corpo del rilevato (oltre al rischio concreto di danni diretti ai convogli in circolazione).

Altro tratto per il quale gli esiti delle indagini geognostiche integrative non hanno escluso il rischio liquefazione è quello del rilevato RI03, per il quale si rendono necessarie verifiche geotecniche e ulteriori valutazioni in corso d'opera.

Diversamente, per quanto riguarda i depositi sabbiosi saturi rilevati nell'intorno della pk 0+550 dal sondaggio DHIA30P01, nonostante siano emersi valori puntuali di  $N_{spt}$  con fattore di sicurezza alla liquefazione inferiore all'unità, le due prove penetrometriche statiche CPT1 e CPT2, non hanno confermato il rischio liquefazione.

Infine, per quanto riguarda la zona del nuovo viadotto, dove in corrispondenza di alcune pile è stata rilevata la presenza di depositi sabbiosi potenzialmente liquefacibili, in tal caso, l'adozione di fondazioni profonde su pali consente di escludere che fenomeni di liquefazione possano interferire con la stabilità dell'opera.

Per maggiori dettagli si rimanda agli elaborati geotecnici.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	55 DI 68

## 8. SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE LOCALE

Per la valutazione dello spettro di risposta elastico (componente orizzontale e componente verticale) dell'area investigata si è fatto riferimento alle NTC 2018.

### 8.1 AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Per tener conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale si utilizzano i valori del coefficiente topografico  $S$  riportati nella tabella seguente in funzione delle categorie topografiche e dell'ubicazione dell'opera o dell'intervento.

La variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo, dalla sommità o cresta fino alla base, dove  $S_T$  assume valore unitario.

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 8.1 - Categorie topografiche di riferimento.

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera	$S_T$
T1	-	1.0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

Tabella 8.2 - Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  (la variazione spaziale di  $S_T$  è definita da un decremento lineare con l'altezza del pendio o rilievo dalla sommità fino alla base dove  $S_T=1,0$ ).

Nel caso in esame, considerando una categoria topografica T1, il coefficiente di amplificazione topografica " $S_T$ " assume valore unitario.

### 8.2 AMPLIFICAZIONE STRATIGRAFICA

Per un sottosuolo di categoria A i coefficienti di amplificazione stratigrafica " $S_s$ " ed il coefficiente " $C_c$ " (coefficiente funzione della categoria di sottosuolo) valgono 1. Per le categorie di sottosuolo B, C, D ed E, i coefficienti  $S_c$  e  $C_c$  possono essere calcolati, in funzione dei valori di  $F_0$  (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e  $T^*c$  (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale), relativi al sottosuolo di categoria A, mediante le espressioni fornite nella tabella seguente, nelle quali  $g$  è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Categoria di sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1.00	1.00
B	$1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.20$	$1.10 \cdot (T_c^*)^{-0.20}$
C	$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$	$1.05 \cdot (T_c^*)^{-0.33}$
D	$0.90 \leq 2.40 - 1.50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.80$	$1.25 \cdot (T_c^*)^{-0.5}$
E	$1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.60$	$1.15 \cdot (T_c^*)^{-0.40}$

 Tabella 8.3 - Valori dei coefficienti  $S_s$  e  $C_c$ , per ciascuna categoria di sottosuolo.

Nel caso in esame, si considerano i valori relativi alle categorie di sottosuolo C e D.

### 8.3 VITA NOMINALE

La vita nominale di progetto  $VN$  di un'opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali. I valori minimi di  $VN$  da adottare per i diversi tipi di costruzione sono riportati nella tabella seguente; tali valori possono essere anche impiegati per definire le azioni dipendenti dal tempo.

TIPI DI COSTRUZIONI	Valori minimi di $VN$ (anni)
Costruzioni temporanee e provvisorie	10
Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

 Tabella 8.4 - Vita Nominale ( $Vn$ ) per i diversi tipi di opere.

Nel caso del presente intervento si considera "Costruzioni con livelli di prestazioni elevati";  
 $VN = 75$  anni.

Le verifiche sismiche di opere di tipo 1 o in fase di costruzione possono omettersi quando il progetto preveda che tale condizione permanga per meno di 2 anni.

### 8.4 CLASSE D'USO

In presenza di azioni sismiche, con lo scopo di valutare le conseguenze di una interruzione di operatività assegnata o di un eventuale collasso della struttura, le costruzioni sono catalogate in 4 classi d'uso a cui corrisponde un valore del coefficiente d'uso  $C_u$  per la definizione dell'azione sismica; in particolare, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise nelle classi d'uso così definite:

- Classe I: *Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.*

**GE – GEOLOGIA**

**RELAZIONE SISMICA**

**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	57 DI 68

- Classe II: *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*

- Classe III: *Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.*

- Classe IV: *Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.*

CLASSE D'USO				
Classe	I	II	III	IV
Coefficiente Cu	0.7	1	1.5	2

Tabella 8.5 - Parametri per il calcolo del coefficiente d'uso (Cu).

All'opera in oggetto viene assegnato una Classe d'uso III "Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.", a cui corrisponde un coefficiente d'uso:

$$\underline{Cu = 1.5}$$

### 8.5 PERIODO DI RIFERIMENTO PER L'AZIONE SISMICA

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto VN per il coefficiente d'uso CU; pertanto, con riferimento a quanto esposto ai paragrafi precedenti risulta che:

$$\underline{VR = Vn (Vita nominale) \times Cu (Classe d'uso) = 75 \times 1,5 = 112,5 \text{ anni}}$$

### 8.6 STATI LIMITE DI ESERCIZIO

Nei confronti delle azioni sismiche, sia gli Stati limite di esercizio (SLE) che gli Stati limite ultimi (SLU) sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti;

Gli Stati limite di esercizio (SLE) comprendono:

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	58 DI 68

- Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli Stati limite ultimi (SLU) comprendono:

- Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella tabella seguente.

Stati limite	P <sub>VR</sub> : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tabella 8.6 - Probabilità di superamento PVR al variare dello stato limite considerato.

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR si ricava il periodo di ritorno TR del sisma utilizzando la relazione:

$$TR = - VR / \ln (1 - PVR) = - CU VN / \ln (1 - PVR)$$

## 8.7 AZIONE SISMICA LOCALE E SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO

Per descrivere la pericolosità sismica in un sito con precisione sufficiente, sia in termini geografici che in termini temporali, nonché nei modi previsti dalle NTC, i risultati dello studio di pericolosità sismica devono essere forniti in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sottosuolo rigido affiorante.

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica *probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento PVR*:

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

**GE – GEOLOGIA**

**RELAZIONE SISMICA**

**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA LOTTO FASE CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO  
LI07 01 E ZZ RH GE0001002 C 59 DI 68

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  dell'area in esame sono stati calcolati adoperando il programma "Spettri di risposta-NTC. ver.1.03." e sono di seguito esposti in funzione del relativo periodo di ritorno ( $T_R$ ).



Figura 8.1 - Schermata del programma Spettri-NTC.ver.1.03.

Pericolosità sismica			
$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c$ [S]
30	0,052	2,429	0,282
50	0,069	2,481	0,294
72	0,082	2,511	0,296
101	0,097	2,509	0,312
140	0,113	2,507	0,314
201	0,133	2,499	0,321
475	0,194	2,458	0,330
975	0,257	2,433	0,339
2475	0,362	2,426	0,353

Tabella 8.7 - Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C$ : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$ .

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore della accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di  $a_g$  variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.

I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  sono successivamente esposti nella tabella seguente per i diversi stati limite (SL) e relativo periodo di ritorno ( $T_R$ ).

**GE - GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA LI07	LOTTO 01	FASE CODIFICA DOCUMENTO E ZZ RH GE0001002	REV. C	FOGLIO 60 DI 68
------------------	-------------	--	-----------	--------------------

Stato limite	Tr Anni	Ag (g)	Fo (-)	T*c (s)
SLO	68	0,080	2,506	0,296
SLS	113	0,102	2,508	0,313
SLV	1068	0,266	2,432	0,340
SCL	2193	0,347	2,427	0,351

Tabella 8.8 - Parametri spettrali del sito di progetto per i diversi stati limite.

### Coefficienti Sismici

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato), riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su un sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di  $a_g$  variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ . Gli spettri così definiti possono essere utilizzati per strutture con periodo fondamentale minore o uguale a 4,0 s. La funzione dello spettro di risposta elastico in accelerazione assume le seguenti espressioni:

#### 1) Componenti Orizzontali

$$0 \leq T \leq T_B: S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_o \times \left\{ \left[ \frac{T}{T_B} + 1/(\eta \times F_o) \right] \times \left[ 1 - \frac{T}{T_B} \right] \right\}$$

$$T_B \leq T \leq T_C: S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_o$$

$$T_C \leq T \leq T_D: S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_o \times (T_C/T)$$

$$T_D \leq T: S_e(T) = a_g \times S \times \eta \times F_o \times \left[ (T_C \times T_D) / (T^2) \right]$$

Dove:

$T$  e  $S_e$ : sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale orizzontale;

$S$ : coefficiente che tiene conto della Categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, mediante la relazione  $S = S_s \times S_T$ ,

essendo  $S_s$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica;

$\eta$ : fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi

convenzionali  $\xi$  diversi dal 5%, mediante la relazione  $\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0,55$ ;

dove  $\xi$  (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale  $e$ : dipende dal terreno di fondazione;

$F_o$ : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, sul sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2,2;

$T_C$ : periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da  $T_C = C_c \times T_c^*$ , dove  $T_c^*$  è il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale e  $C_c$  è un coefficiente funzione della Categoria di sottosuolo);

$T_B$ : periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, dato da  $T_B = T_C/3$ ;

$T_D$ : periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro, espresso in secondi mediante la relazione  $T_D = (4,0 \times a_g/g) + 1,6$ .

#### 2) Componente Verticale

$$0 \leq T \leq T_B: S_{ve}(T) = a_g \times S \times \eta \times F_o \times \left\{ \left[ \frac{T}{T_B} + 1/(\eta \times F_v) \right] \times \left[ 1 - \frac{T}{T_B} \right] \right\}$$

$$T_B \leq T \leq T_C: S_{ve}(T) = a_g \times S \times \eta \times F_v$$

$$T_C \leq T \leq T_D: S_{ve}(T) = a_g \times S \times \eta \times F_v \times (T_C/T)$$

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	61 DI 68

$$T_D \leq T: S_{ve}(T) = a_g \times S \times \eta \times F_v \times [(T_c \times T_D)/(T^2)]$$

Dove:

$T$  e  $S_{ve}$ : sono, rispettivamente, periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale verticale;

$F_v$ : è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno  $a_g$ , su sito di riferimento rigido orizzontale, mediante la relazione:  $F_v = 1,35 \times F_0 \times (a_g/g)^{0,5}$ .

I valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $S$ ,  $\eta$  sono uguali a quelli precedentemente definiti per le componenti orizzontali; mentre i valori di  $SS$ ,  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$ , salvo più accurate determinazioni, sono quelli riportati nella tabella seguente.

A seguire sono esposti i valori ottenuti, rispettivamente, per i comparti caratterizzati dalle categoria di sottosuolo C e D, con in entrambi i casi una categoria topografica T1.

**CATEGORIA DI SOTTOSUOLO C**

<b>Stato limite SLO</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>ag</b>	0,080	<b>S</b>	1,500
<b>F<sub>0</sub></b>	2,506	$\eta$	1,000
<b>T<sub>c</sub>* [s]</b>	0,296	<b>T<sub>B</sub></b>	0,155
<b>S<sub>s</sub></b>	1,500	<b>T<sub>C</sub></b>	0,464
<b>C<sub>c</sub></b>	1,570	<b>T<sub>D</sub></b>	1,920
<b>S<sub>t</sub></b>	1,000		
<b>q</b>	1,000		

Tabella 8.9 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLO – Categoria di sottosuolo C.

<b>Stato limite SLD</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>ag</b>	0,102	<b>S</b>	1,500
<b>F<sub>0</sub></b>	2,508	$\eta$	1,000
<b>T<sub>c</sub>* [s]</b>	0,313	<b>T<sub>B</sub></b>	0,161
<b>S<sub>s</sub></b>	1,500	<b>T<sub>C</sub></b>	0,482
<b>C<sub>c</sub></b>	1,541	<b>T<sub>D</sub></b>	2,009
<b>S<sub>t</sub></b>	1,000		
<b>q</b>	1,000		

Tabella 8.10 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD– Categoria di sottosuolo C.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

 COMMESSA  
 LI07

 LOTTO  
 01

 FASE CODIFICA DOCUMENTO  
 E ZZ RH GE0001002

 REV.  
 C

 FOGLIO  
 62 DI 68

<b>Stato limite SLV</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>ag</b>	0,266	<b>S</b>	1,312
<b>F<sub>0</sub></b>	2,432	<b>η</b>	1,000
<b>T<sub>c</sub>* [s]</b>	0,340	<b>T<sub>B</sub></b>	0,170
<b>S<sub>s</sub></b>	1,312	<b>T<sub>C</sub></b>	0,510
<b>C<sub>c</sub></b>	1,498	<b>T<sub>D</sub></b>	2,664
<b>S<sub>t</sub></b>	1,000		
<b>q</b>	1,000		

Tabella 8.11 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV – Categoria di sottosuolo C.

<b>Stato limite SLC</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>ag</b>	0,347	<b>S</b>	1,195
<b>F<sub>0</sub></b>	2,427	<b>η</b>	1,000
<b>T<sub>c</sub>* [s]</b>	0,351	<b>T<sub>B</sub></b>	0,174
<b>S<sub>s</sub></b>	1,195	<b>T<sub>C</sub></b>	0,521
<b>C<sub>c</sub></b>	1,483	<b>T<sub>D</sub></b>	2,896
<b>S<sub>t</sub></b>	1,000		
<b>q</b>	1,000		

Tabella 8.12 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLC – Categoria di sottosuolo C.

Componente Verticale

<b>Stato limite SLO</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>ag<sub>v</sub></b>	0,031	<b>F<sub>v</sub></b>	0,957
<b>S<sub>s</sub></b>	1,000	<b>S</b>	1,000
<b>S<sub>t</sub></b>	1,000	<b>η</b>	0,667
<b>q</b>	1,500		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,050		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,150		
<b>T<sub>C</sub></b>	1,000		

Tabella 8.13 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLO – Categoria di sottosuolo C.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

 COMMESSA  
 LI07

 LOTTO  
 01

 FASE CODIFICA DOCUMENTO  
 E ZZ RH GE0001002

 REV.  
 C

 FOGLIO  
 63 DI 68

<b>Stato limite SLD</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>agv</b>	0,044	<b>Fv</b>	1,083
<b>Ss</b>	1,000	<b>S</b>	1,000
<b>St</b>	1,000	<b>η</b>	0,667
<b>q</b>	1,500		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,050		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,150		
<b>T<sub>c</sub></b>	1,000		

Tabella 8.14 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD – Categoria di sottosuolo C.

<b>Stato limite SLV</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>agv</b>	0,185	<b>Fv</b>	1,693
<b>Ss</b>	1,000	<b>S</b>	1,000
<b>St</b>	1,000	<b>η</b>	0,667
<b>q</b>	1,500		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,050		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,150		
<b>T<sub>c</sub></b>	1,000		

Tabella 8.15 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV – Categoria di sottosuolo C.

<b>Stato limite SLC</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>agv</b>	0,275	<b>Fv</b>	1,929
<b>Ss</b>	1,000	<b>S</b>	1,000
<b>St</b>	1,000	<b>η</b>	0,667
<b>q</b>	1,500		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,050		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,150		
<b>T<sub>c</sub></b>	1,000		

Tabella 8.16 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLC – Categoria di sottosuolo C.

GE - GEOLOGIA

RELAZIONE SISMICA

Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA  
LI07

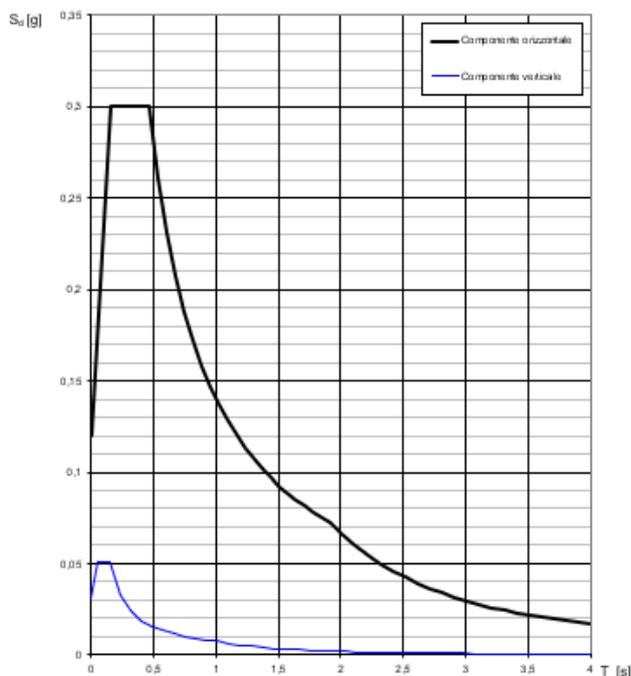
LOTTO  
01

FASE CODIFICA DOCUMENTO  
E ZZ RH GE0001002

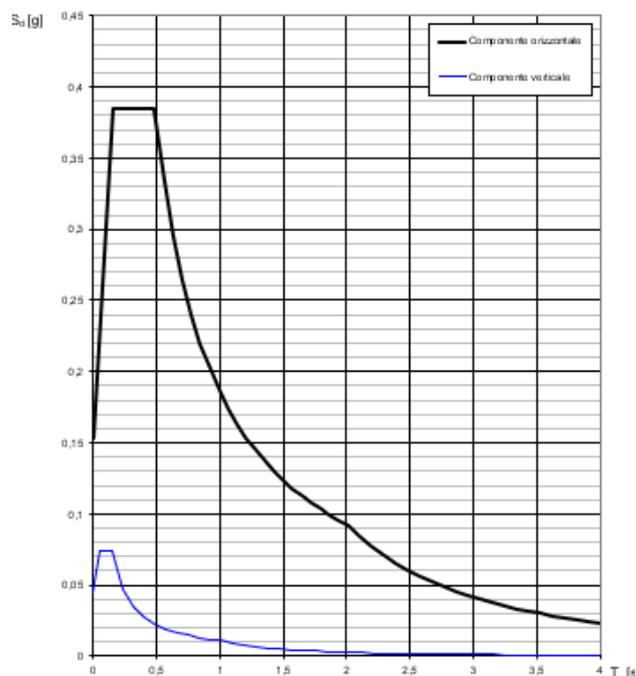
REV.  
C

FOGLIO  
64 DI 68

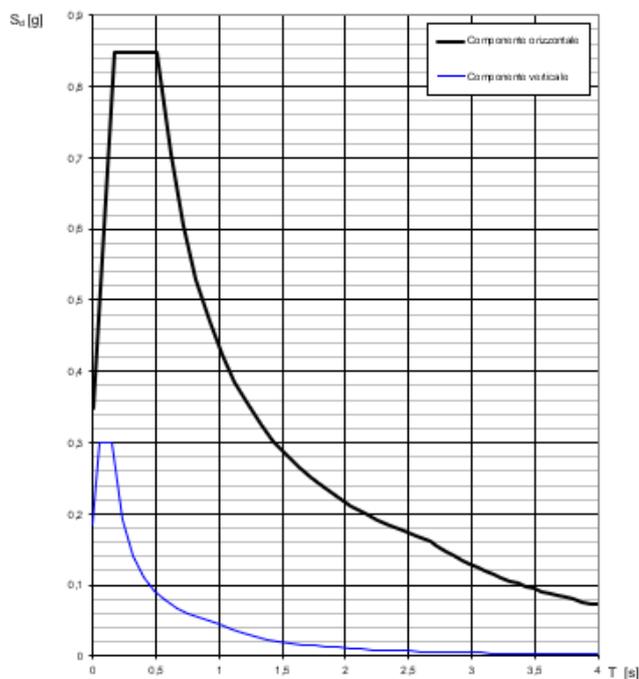
**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo s<sup>l</sup> SLO**



**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo s<sup>l</sup> SLD**



**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo s<sup>l</sup> SLV**



**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo s<sup>l</sup> SLC**

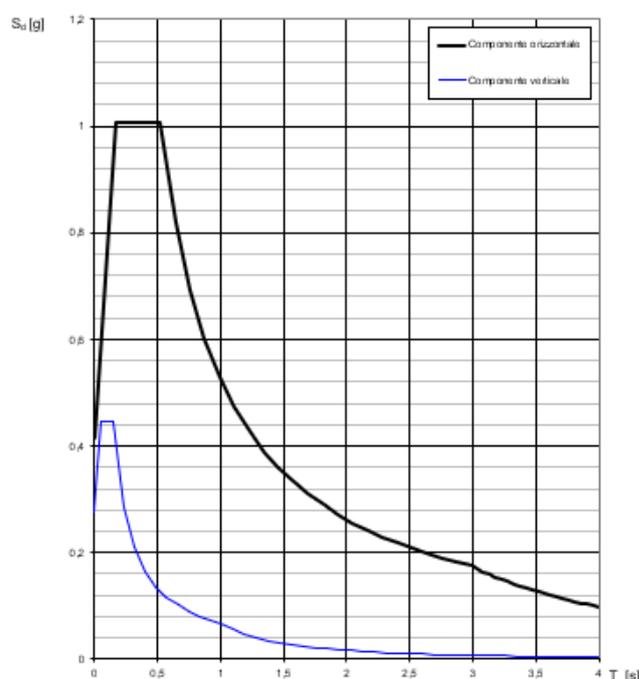


Figura 8.2 - Spettri di risposta per le componenti orizzontali e verticali dei vari stati limite – Categoria di sottosuolo C.

**CATEGORIA DI SOTTOSUOLO D**

<b>Stato limite SLO</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>ag</b>	0,080	<b>S</b>	1,800
<b>F<sub>0</sub></b>	2,506	<b>η</b>	1,000
<b>T<sub>c</sub>* [s]</b>	0,296	<b>T<sub>B</sub></b>	0,227
<b>S<sub>s</sub></b>	1,800	<b>T<sub>C</sub></b>	0,680
<b>C<sub>c</sub></b>	1,298	<b>T<sub>D</sub></b>	1,920
<b>S<sub>t</sub></b>	1,000		
<b>q</b>	1,000		

Tabella 8.17 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLO – Categoria di sottosuolo D.

<b>Stato limite SLD</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>ag</b>	0,102	<b>S</b>	1,800
<b>F<sub>0</sub></b>	2,508	<b>η</b>	1,000
<b>T<sub>c</sub>* [s]</b>	0,313	<b>T<sub>B</sub></b>	0,233
<b>S<sub>s</sub></b>	1,800	<b>T<sub>C</sub></b>	0,699
<b>C<sub>c</sub></b>	2,236	<b>T<sub>D</sub></b>	2,009
<b>S<sub>t</sub></b>	1,000		
<b>q</b>	1,000		

Tabella 8.18 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLD – Categoria di sottosuolo D.

<b>Stato limite SLV</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>ag</b>	0,266	<b>S</b>	1,430
<b>F<sub>0</sub></b>	2,432	<b>η</b>	1,000
<b>T<sub>c</sub>* [s]</b>	0,340	<b>T<sub>B</sub></b>	0,243
<b>S<sub>s</sub></b>	1,430	<b>T<sub>C</sub></b>	0,729
<b>C<sub>c</sub></b>	2,142	<b>T<sub>D</sub></b>	2,664
<b>S<sub>t</sub></b>	1,000		
<b>q</b>	1,000		

Tabella 8.19 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV – Categoria di sottosuolo D.

**GE – GEOLOGIA**
**RELAZIONE SISMICA**
**Relazione Progetto Esecutivo**

 COMMESSA  
 LI07

 LOTTO  
 01

 FASE CODIFICA DOCUMENTO  
 E ZZ RH GE0001002

 REV.  
 C

 FOGLIO  
 66 DI 68

<b>Stato limite SLC</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>ag</b>	0,347	<b>S</b>	1,138
<b>F<sub>0</sub></b>	2,427	<b>η</b>	1,000
<b>T<sub>c</sub>* [s]</b>	0,351	<b>T<sub>B</sub></b>	0,247
<b>S<sub>s</sub></b>	1,138	<b>T<sub>C</sub></b>	0,741
<b>C<sub>c</sub></b>	2,109	<b>T<sub>D</sub></b>	2,986
<b>St</b>	1,000		
<b>q</b>	1,000		

Tabella 8.20 - Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLC – Categoria di sottosuolo D.

Componente Verticale

<b>Stato limite SLO</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>agv</b>	0,031	<b>Fv</b>	0,957
<b>S<sub>s</sub></b>	1,000	<b>S</b>	1,000
<b>St</b>	1,000	<b>η</b>	0,667
<b>q</b>	1,500		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,050		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,150		
<b>T<sub>C</sub></b>	1,000		

Tabella 8.21 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLO – Categoria di sottosuolo D.

<b>Stato limite SLD</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>agv</b>	0,044	<b>Fv</b>	1,083
<b>S<sub>s</sub></b>	1,000	<b>S</b>	1,000
<b>St</b>	1,000	<b>η</b>	0,667
<b>q</b>	1,500		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,050		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,150		
<b>T<sub>C</sub></b>	1,000		

Tabella 8.22 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLD – Categoria di sottosuolo D.

GE – GEOLOGIA

RELAZIONE SISMICA

Relazione Progetto Esecutivo

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH GE0001002	C	67 DI 68

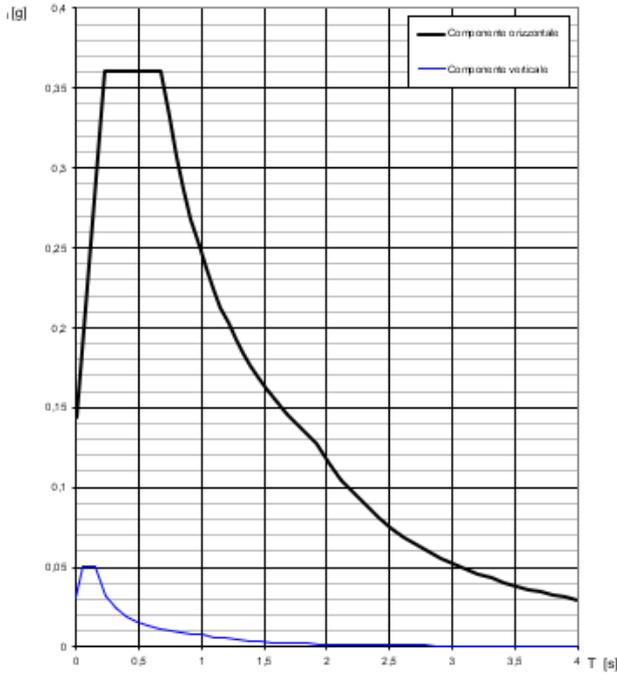
<b>Stato limite SLV</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>agv</b>	0,185	<b>Fv</b>	1,693
<b>Ss</b>	1,000	<b>S</b>	1,000
<b>St</b>	1,000	<b>η</b>	0,667
<b>q</b>	1,500		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,050		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,150		
<b>T<sub>c</sub></b>	1,000		

Tabella 8.23 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLV – Categoria di sottosuolo D.

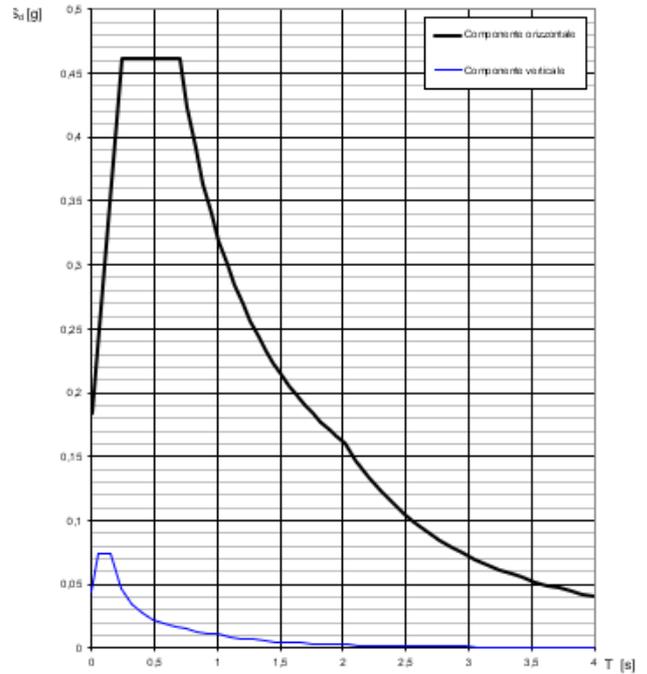
<b>Stato limite SLC</b>			
<i>Parametri indipendenti</i>		<i>Parametri dipendenti</i>	
<b>agv</b>	0,275	<b>Fv</b>	1,929
<b>Ss</b>	1,000	<b>S</b>	1,000
<b>St</b>	1,000	<b>η</b>	0,667
<b>q</b>	1,500		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,050		
<b>T<sub>b</sub></b>	0,150		
<b>T<sub>c</sub></b>	1,000		

Tabella 8.24 - Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite SLC – Categoria di sottosuolo D.

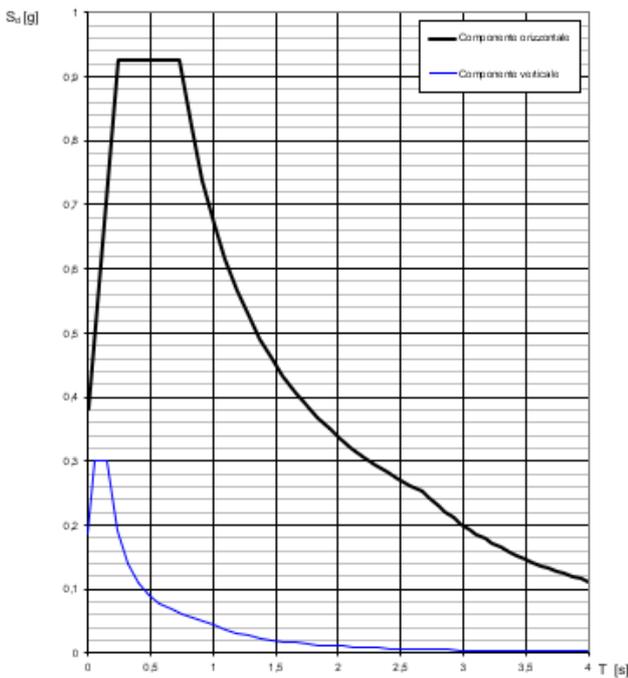
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo s<sup>o</sup> SLO



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo s<sup>o</sup> SLD



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo s<sup>o</sup> SLV



Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo s<sup>o</sup> SLC

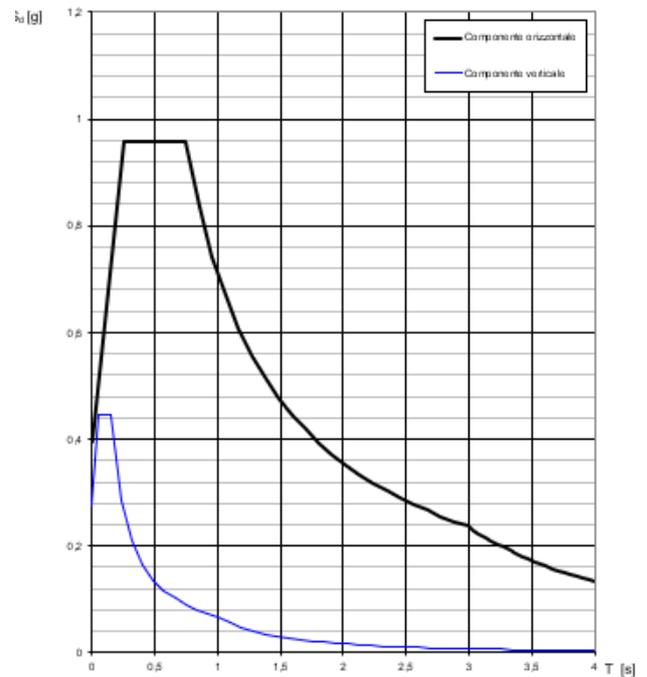


Figura 8.3 - Spettri di risposta per le componenti orizzontali e verticali dei vari stati limite – Categoria di sottosuolo D.