

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CONTRATTO ISTITUZIONALE DI SVILUPPO PER LA REALIZZAZIONE DELLA DIRETTRICE FERROVIARIA NAPOLI-BARI-LECCE-TARANTO

S.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO ESECUTIVO

LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO

SOTTOPROGETTO 2 - ELETTRIFICAZIONE, RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

SCALA:

-

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

IA4M 00 E 69 RG GE0001 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	Ares	Dic. 2021	F.M. Carli	Dic. 2021	L. Diasteria	Dic. 2021	M. COMEDINI Dic. 2021

File: IA4M 00 E69 RG GE0001 001

n. Elab

INDICE

1	PREMESSA	6
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	6
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	6
4	ALLEGATI	9
5	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA	10
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	12
6.1	EVOLUZIONE GEOLOGICA	14
6.2	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE	16
6.3	CARATTERISTICHE STRUTTURALI	17
7	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE.....	18
7.1	GEOMORFOLOGIA DEL TAVOILIERE DI PUGLIA.....	18
7.2	GEOMORFOLOGIA DELL'APPENNINO DAUNO	18
8	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE	19
8.1	ACQUIFERI DELLE SUCCESSIONI CONTINENTALI E MARINE	20
8.2	ACQUIFERI DELLE SUCCESSIONI DI BACINO E AVANFOSSA	22
8.3	ACQUIFERI DELLE SUCCESSIONI CARBONATICHE.....	22
8.4	CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO	23
9	SISMICITÀ DELL'AREA.....	24
9.1	SISMICITÀ STORICA	27
10	LOTTO 2.....	30
10.1	SETTORE A (DAL KM 10+600 AL KM 18+800)	31
	10.1.1 <i>Assetto geologico locale</i>	32
	10.1.2 <i>Assetto geomorfologico locale</i>	34

10.1.3	Assetto idrogeologico locale	37
10.1.4	Sismicità	40
10.1.5	Campagna di indagine	51
10.1.6	Suscettività alla liquefazione	54
10.1.7	Descrizione dell'area	56
10.2	SETTORE B (DAL KM 23+800 AL KM 24+800).....	56
10.2.1	Assetto geologico locale	57
10.2.2	Assetto geomorfologico locale.....	59
10.2.3	Assetto idrogeologico locale	60
10.2.4	Sismicità	62
10.2.5	Campagna di indagine	71
10.2.6	Suscettività alla liquefazione.....	72
10.2.7	Descrizione dell'area	73
10.3	SETTORE C (DAL KM 29+400 AL KM 24+800).....	73
10.3.1	Assetto geologico locale	74
10.3.2	Assetto geomorfologico locale.....	76
10.3.3	Assetto idrogeologico locale	77
10.3.4	Sismicità	79
10.3.5	Campagna di indagine	88
10.3.6	Suscettività alla liquefazione.....	90
10.3.7	Descrizione dell'area	92
10.4	SETTORE D (DAL KM 35+600 AL KM 40+200)	93
10.4.1	Assetto geologico locale.....	93
10.4.2	Assetto geomorfologico locale.....	95
10.4.3	Assetto idrogeologico locale	97
10.4.4	Sismicità	100

10.4.5	<i>Campagna di indagine</i>	109
10.4.6	<i>Suscettività alla liquefazione</i>	112
10.4.7	<i>Descrizione dell'area</i>	113
10.5	SETTORE E (DAL KM 42+400 AL KM 45+800)	114
10.5.1	<i>Assetto geologico locale</i>	114
10.5.2	<i>Assetto geomorfologico locale</i>	116
10.5.3	<i>Assetto idrogeologico locale</i>	117
10.5.4	<i>Sismicità</i>	120
10.5.5	<i>Campagna di indagine</i>	129
10.5.6	<i>Suscettività alla liquefazione</i>	132
10.5.7	<i>Descrizione dell'area</i>	133
10.6	SETTORE F (DAL KM 47+000 AL KM 51+700)	134
10.6.1	<i>Assetto geologico locale</i>	134
10.6.2	<i>Assetto geomorfologico locale</i>	136
10.6.3	<i>Assetto idrogeologico locale</i>	138
10.6.4	<i>Sismicità</i>	141
10.6.5	<i>Campagna di indagine</i>	152
10.6.6	<i>Suscettività alla liquefazione</i>	154
10.6.7	<i>Descrizione dell'area</i>	155
10.7	SETTORE G (DAL KM 5+100 AL KM 6+100)	155
10.7.1	<i>Assetto geologico locale</i>	156
10.7.2	<i>Assetto geomorfologico locale</i>	158
10.7.3	<i>Assetto idrogeologico locale</i>	159
10.7.4	<i>Sismicità</i>	161
10.7.5	<i>Campagna di indagine</i>	170
10.7.6	<i>Suscettività alla liquefazione</i>	171



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO
LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	5 di 179

10.7.7 *Descrizione dell'area* 172

11 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI..... 172

1 PREMESSA

La presente relazione illustra i risultati di uno studio specialistico svolto ai fini della valutazione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dei terreni in corrispondenza di specifiche aree di approfondimento prospicienti la tratta ferroviaria Foggia-Rocchetta S. Antonio, sulla linea ferroviaria Foggia-Potenza nell'ambito dell'esecuzione della progettazione definitiva per gli interventi di elettrificazione dell'infrastruttura. In particolare, il lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici esistenti riguardanti l'area di interesse;
- approfondimenti conoscitivi mediante studi fotointerpretativi condotti su ortofoto;
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche disponibili ed appositamente realizzate nelle aree di interesse progettuale;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Le presenti note e gli elaborati cartografici ad esse allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale relativamente alla componente geologica in cui si colloca il settore di studio e affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico. Per completezza di trattazione e per consentire una chiara comprensione ed interpretazione del contesto di riferimento, nelle pagine seguenti, vengono proposti ed esposti i caratteri geologici generali relativi alla tratta ferroviaria Foggia-Rocchetta S. Antonio, sulla linea ferroviaria Foggia-Potenza.

Il modello geologico applicativo proposto, in riferimento ad un volume geologico significativo (*sensu* NTC 2018) in cui sia possibile cogliere interrelazioni dinamiche tra la componente geologica *s.l.* e quella antropica, pone particolare attenzione alla caratterizzazione litotecnica dei terreni investigati attraverso una puntuale ricostruzione dell'assetto e delle caratteristiche litotecniche nei settori di territorio interessati dalle opere in progetto.

Gli elaborati cartografici e le relative note di riferimento sono stati redatti secondo gli *standard* metodologici più diffusi in ambito scientifico.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

“Progetto: ammodernamento della Linea Potenza-Foggia - Sottoprogetto 2: elettrificazione, rettifiche di tracciato, soppressione PL e adeguamenti in galleria”

PROGETTO PRELIMINARE

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IAZU 00 R69 RG GE0001 001 A	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	-
IAZU 00 R69 SG GE0001 001 A	Indagini geognostiche e prove in situ	-
IAZU 00 R69 IG GE0005 001 A	Indagini geofisiche	-
IAZU 00 R69 N3 GE0001 001-3 A	Carta geologica	1:25000



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO

LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	7 di 179

“Contratto istituzionale di sviluppo per la realizzazione della Direttrice ferroviaria Napoli-Bari-Lecce-Taranto – Sottoprogetto 2 - Analisi di rischio geomorfologico delle aree prospicienti la linea ferroviaria Foggia-Potenza”

ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA0R 00 D69 RG GE0001 001 A	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	-
IA0R 00 D69 G3 GE0001 001-2 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e rischio idrogeologico	1:25000
IA0R 00 D69 G4 GE0001 001-5 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia	1:10000
IA0R 00 D69 WZ GE0001 001-6 A	Profili geologici e sezioni	varie
IA0R 00 D69 G4 GE0003 001-5 A	Carta della pericolosità e rischio da frana	1:10000
IA0R 00 D69 SH GE0003 001 A	Schede aree in dissesto	-

“Contratto istituzionale di sviluppo per la realizzazione della Direttrice ferroviaria Napoli-Bari-Lecce-Taranto – Linea Potenza-Foggia - Ammodernamento – Rilievi e sondaggi funzionali alla successiva fase di progettazione definitiva degli interventi di elettrificazione e/o di messa in sicurezza delle linea ferroviaria”

ATTIVITÀ PROPEDEUTICHE ALLA PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA0R 00 D69 IG GE0001 001 A	Indagini geofisiche	-
IA0R 00 D69 IG GE0005 001 A	Prove di laboratorio	-
IA0R 00 D69 IG GE0005 002 A	Prove di laboratorio	-
IA0R 00 P69 SG GE0001 001 A	Indagini geognostiche	-

“Linea Potenza-Foggia – Ammodernamento - Sottoprogetto 2 – Elettrificazione, rettificazione di tracciato, soppressione P.L. e consolidamento sede”

PROGETTO DEFINITIVO

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA0X 00 D69 RG GE0001 001 A	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	-
IA0X 00 D69 G3 GE0001 001-3 A	Carta geologica di inquadramento	1:25000
IA0X 00 D69 G6 GE0001 001-11 A	Carta e profilo geologico	varie
IA0X 00 D69 G6 GE0002 001-11 A	Carta e profilo idrogeologico	varie
IA0X 00 D69 SG GE0001 001 A	Indagini geognostiche e prove in situ	-
IA0X 00 D69 IG GE0001 001 A	Indagini geofisiche	-
IA0X 00 D69 IG GE0005 001 A	Prove di laboratorio	-



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO

LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	8 di 179

“Linea Potenza-Foggia – Ammodernamento - Sottoprogetto 2 – Elettrificazione, rettificazione di tracciato, soppressione P.L. e consolidamento sede – Lotto 1.2-Elettrificazione Rocchetta - Potenza”

PROGETTO DEFINITIVO

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA0X 12 D69 RG GE0001 001 A	Relazione geologica, idrogeologica, geomorfologica e sismica	-
	Stratigrafie dei sondaggi	-
IA0X 12 D69 GZ GE0001 001 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e sezione geologica A-A' dal km 55+000 al km 56+000	1:5000 1:2000/200
IA0X 12 D69 GZ GE0001 002 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e sezione geologica B-B' km 59+000 circa	1:5000 1:2000/200
IA0X 12 D69 GZ GE0001 003 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e sezione geologica C-C' km 64+000 circa	1:5000 1:2000/200
IA0X 12 D69 GZ GE0001 004 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e sezione geologica D-D' km 81+000 circa	1:5000 1:2000/200
IA0X 12 D69 GZ GE0001 005 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e sezione geologica E-E' km 105+000 circa	1:5000 1:2000/200
IA0X 12 D69 GZ GE0001 006 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e sezione geologica F-F' dal km 116+000 al km 117+000	1:5000 1:2000/200
IA0X 12 D69 G3 GE0001 001 A	Carta geologica	1:25000

“Linea Potenza-Foggia – Ammodernamento – Sottoprogetto 2 – Elettrificazione, rettificazione di tracciato, soppressione P.L. e consolidamento sede – Lotto 1.1–Elettrificazione Foggia-Rocchetta-S. Nicola”

PROGETTO ESECUTIVO

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA4J 11 E69 RG GE0001 001 A	Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	-
	Stratigrafie dei sondaggi	-
IA4J 11 E69 N6 GE0001 001 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia Cabine TE - Canale idraulico di Melfi e profilo geologico Canale idraulico di Melfi	2000/200
IA4J 11 E69 N6 GE0001 002 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e sezioni geologiche Rilevati da km 43+400 a km 44+000 da km 44+900 a km 45+400	2000/200
IA4J 11 E69 N6 GE0002 001 A	Carta idrogeologica Cabine TE e Canale idraulico di Melfi e profilo idrogeologico Canale idraulico di Melfi	2000/200

“Linea Potenza-Foggia –Lotto 4”

PROGETTO ESECUTIVO

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
	Stratigrafie dei sondaggi	
	Prove di permeabilità	



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO

LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	9 di 179

“Linea Potenza-Foggia – Ammodernamento – Sottoprogetto 2 – Elettrificazione, rettificazione di tracciato, soppressione P.L. e consolidamento sede – Lotto 2–Rettifiche di tracciato, soppressione P.L. e consolidamento sede”

PROGETTO ESECUTIVO

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
	Stratigrafie dei sondaggi	
	Prove di permeabilità	

4 ALLEGATI

A corredo della presente relazione sono stati elaborati i seguenti documenti:

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA4M 02 E 69 N5 GE0001 001 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profili geologici - Viabilità di ricucitura km 11+764; - Viabilità di ricucitura km 14+942; <i>Settore A</i> Tav. 1 di 6	
IA4M 02 E 69 N5 GE0001 002 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico - n° 4 Tombini idraulici km 24+000 ca <i>Settore B</i> Tav. 2 di 6	1:5000/500
IA4M 02 E 69 N5 GE0001 003 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profili geologici - Rettifica del tracciato dal km 36+500 al km 37+500; - Viabilità di ricucitura km 38+203; - Viabilità di ricucitura km 39+550. <i>Settore D</i> Tav. 3 di 6	1:5000/500
IA4M 02 E 69 N5 GE0001 004 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profili geologici - Rettifica del tracciato dal km 43+300 al km 43+350; - Viabilità di ricucitura km 44+443 <i>Settore E</i> Tav. 4 di 6	1:5000/500
IA4M 02 E 69 N5 GE0001 005 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico - Viadotto km 47+796 <i>Settore F</i> Tav. 5 di 6	1:5000/500
IA4M 02 E 69 N5 GE0001 006 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico - Protezione pile sottovia km 5+600 <i>Settore E</i> Tav. 6 di 6	1:5000/500



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO

LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	10 di 179

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA4M 02 E 69 N5 GE0002 001 A	Carta idrogeologica e profili idrogeologici - Viabilità di ricucitura km 11+764; - Viabilità di ricucitura km 14+942; - Viabilità di ricucitura km 17+550. <i>Settore A</i> Tav. 1 di 6	1:5000/500
IA4M 02 E 69 N5 GE0002 002 A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico - n° 4 Tombini idraulici km 24+000 ca <i>Settore B</i> Tav. 2 di 6	1:5000/500
IA4M 02 E 69 N5 GE0002 003 A	Carta idrogeologica e profili idrogeologici - Rettifica del tracciato dal km 36+500 al km 37+500; - Viabilità di ricucitura km 38+203; - Viabilità di ricucitura km 39+550. <i>Settore D</i> Tav. 3 di 6	1:5000/500
IA4M 02 E 69 N5 GE0002 004 A	Carta idrogeologica e profili idrogeologici - Rettifica del tracciato dal km 43+300 al km 43+350; - Viabilità di ricucitura km 44+443 <i>Settore E</i> Tav. 4 di 6	1:5000/500
IA4M 02 E 69 N5 GE0002 005 A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico - Viadotto km 47+796 <i>Settore F</i> Tav. 5 di 6	1:5000/500
IA4M 02 E 69 N5 GE0002 006 A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico - Protezione pile sottovia km 5+600 <i>Settore G</i> Tav. 6 di 6	1:5000/500
IA4M 02 E 69 N3 GE0001 001 A	Carta geologica	1:25000

5 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area di studio si colloca all'interno della provincia di Foggia, in Puglia, e di Potenza, in Basilicata, in corrispondenza della linea ferroviaria Foggia-Potenza, nella tratta Foggia-Rocchetta S. Antonio e Rocchetta S. Antonio-San Nicola di Melfi. Procedendo da Nord a Sud, essa ricade nei territori dei comuni di Foggia, Ortona, Ascoli Satriano, Candela e Rocchetta Sant'Antonio, in provincia di Foggia, e di Melfi, in provincia di Potenza (cfr. Figura 1).

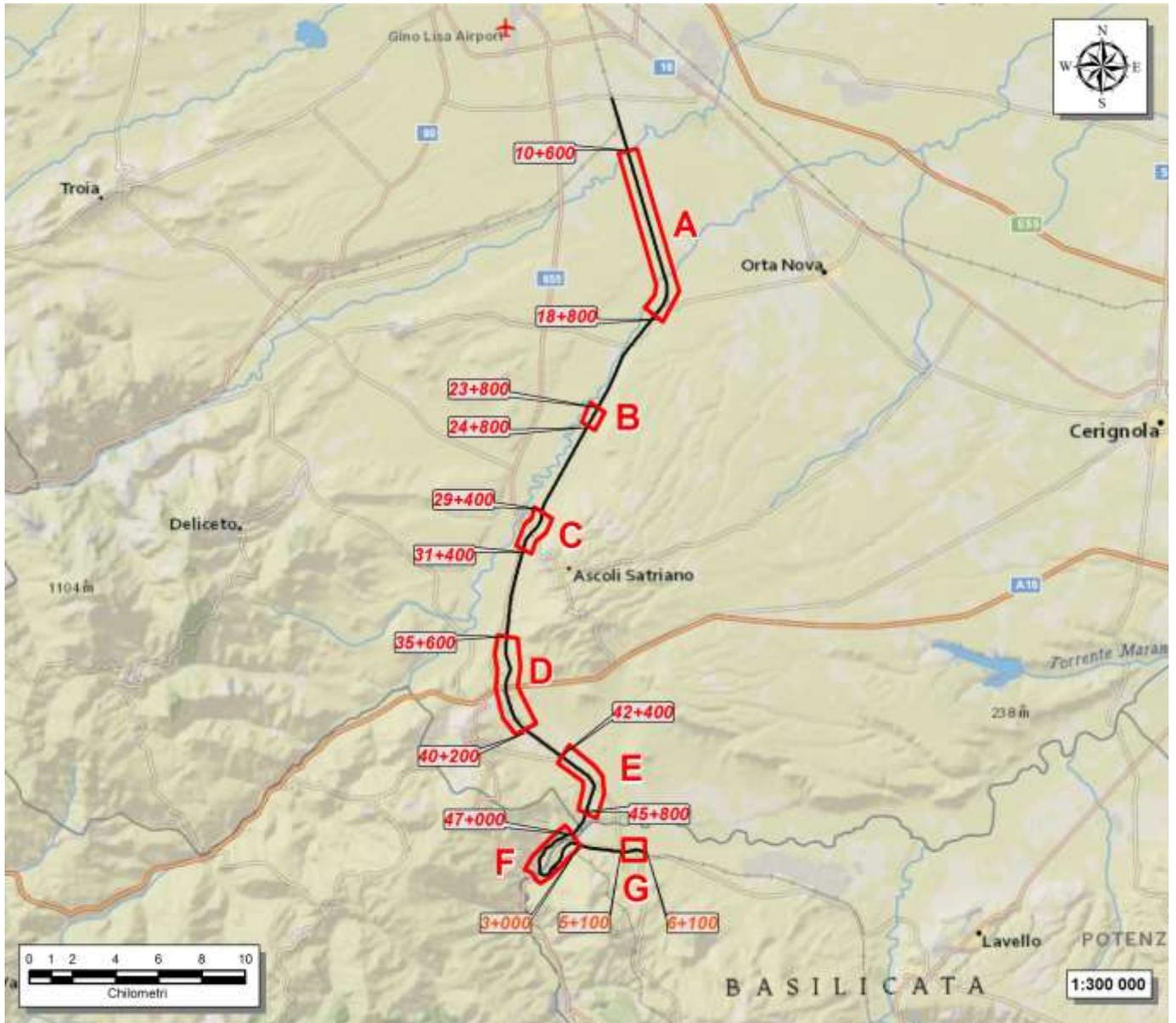


Figura 1 – Corografia in scala 1:300000 dell’area in cui si colloca lo studio geologico con individuazione, in colore nero, del tracciato ferroviario Foggia-Potenza e in colore rosso i settori di stretto interesse progettuale.

Con riferimento alla Carta Topografica d’Italia edita dall’Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l’area oggetto di studi è individuabile all’interno dei Fogli 164 (Foggia) e 175 (Cerignola), in scala 1:100000 e nelle Tavole 165 III SE (Carapelle), 175 III NE (Canestrello), 175IV NE (Ordona), 175 III NW (Candela), 175 III SE (S. Nicola di Melfi), 175 III SW (Staz. Rocchetta S. Antonio) e 175 IV SW (Ascoli Satriano) in scala 1:25000.

Con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Puglia, le aree di approfondimento ricadono negli elementi 421043, 421044, 421081, 421082, 421083, 421084, 421111, 421112, 421123, 421151, 421152, 421153, 434032, 434033, 434034, 434071, 434072, 434074, 434083, 434111, 434112 e 434124 in scala 1:5000 e, infine, con

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 12 di 179

riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Basilicata, negli elementi 434111, 434112, e 434124 in scala 1:5000.

Dal punto di vista orografico l'area di studio interessa settori di territorio posti a quote comprese tra circa 80 m s.l.m., in corrispondenza del Torrente Cervaro e circa 250 m s.l.m. in corrispondenza dei versanti in destra idrografica del Fiume Ofanto ricadenti in Basilicata.

Dal punto di vista morfologico l'area interessata dal tracciato progettuale è caratterizzata, da Nord a Sud, dalla presenza di settori subpianeggianti riconducibili essenzialmente alle valli alluvionali del Torrente Cervaro e del Torrente Carapelle, dai bassi rilievi presenti nella zona dell'abitato di Candela fino al Fiume Ofanto che costituisce il principale corso d'acqua di tutta l'area di studio e segna il confine regionale tra Puglia e Basilicata, dai versanti in destra idrografica del Fiume Ofanto ricadenti in Basilicata.

Dal punto di vista idrografico i corsi d'acqua principali sono costituiti, da Nord verso Sud, dal T. Cervaro, dal T. Carapelle e dal F. Ofanto.

Sotto il profilo amministrativo, i tratti di linea ferroviaria di intervento sono di competenza dell'AdB della Puglia.

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Nel suo complesso, l'Appennino rappresenta un tipico *thrust and fold belt* con vergenza orientale, compreso tra il Bacino Tirrenico ad Ovest e l'Avampaese Apulo a Est (Bonardi et al. 2009; Ciaranfi et al. 2011). L'Appennino è quindi una catena per pieghe e sovrascorrimenti che si struttura verso l'Avampaese Apulo a partire dal Miocene inferiore (Mostardini & Merlini 1986; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009).

L'assetto tettonico della catena appenninica è schematizzabile attraverso la giustapposizione di due grandi archi: uno settentrionale, che va dal Monferrato fino al Lazio-Abruzzo, e uno meridionale, che arriva fino alla Sicilia (Patacca et al. 1992; Scrocca & Tozzi 1999). Questi due archi, la cui giunzione si realizza lungo la Linea Ortona-Roccamonfina, si differenziano per direzioni di movimento, entità dei raccorciamenti e stili deformativi (Di Bucci & Tozzi 1992). Ogni arco maggiore è formato da *thrust sheet* scollati nelle dolomie triassiche, alla base delle successioni sedimentarie meso-cenozoiche (Scrocca & Tozzi 1999).

In particolare, lo stile della deformazione compressiva nella porzione di catena dove si trovano successioni carbonatiche sia di bacino che di piattaforma, grossomodo corrispondente all'Appennino settentrionale e ai settori interni di quello meridionale, si esplica essenzialmente per embrici in progressione verso l'Avampaese Apulo (Patacca & Scandone 1989; Di Bucci et al. 1999).

Nella porzione di catena in cui sono prevalenti i depositi bacinali a dominante pelitica, che invece corrisponde ai settori esterni dell'Appennino meridionale, lo stile della deformazione compressiva è dato da estesi *thrust sheet* che ricoprono i depositi plio-pleistocenici più recenti (Di Bucci et al. 1999; Buonanno et al. 2007). Al di sotto di tali strutture, il dominio dell'Avampaese Apulo sepolto si deforma in una serie di *horses* ricoperti da un complesso sistema di tipo *duplex* (Patacca & Scandone 1989; Lentini et al. 1990; Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007).

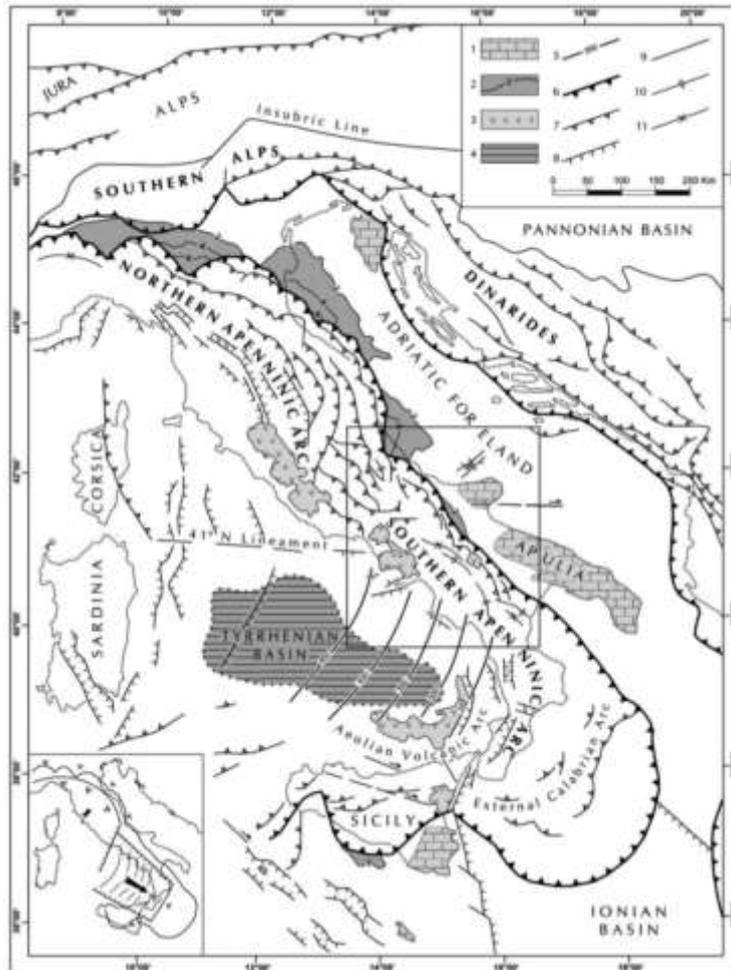


Figura 2 – Schema strutturale della penisola italiana ed aree adiacenti mostrante la suddivisione della Catena Appenninica in due archi principali: l’Arco Appenninico Settentrionale e l’Arco Appenninico Meridionale; nel riquadro in basso a sinistra è schematizzata la diversa struttura litosferica nei due archi appenninici: 1) carbonati meso-cenozoici delle aree di avampaese; 2) profondità (in km) della base dei depositi plio-pleistocenici nei bacini di avanfossa dell’Appennino e della Sicilia; 3) principali edifici vulcanici quaternari; 4) aree del Mar Tirreno con valori dell’anomalia di Bouguer superiori a 200 mgals, a crosta oceanica o continentale assottigliata; 5) zona di Wadati-Benioff nell’area tirrenica meridionale (profondità in km); 6) fronte delle Maghrebidi, dell’Appennino, delle Alpi meridionali e delle Dinaridi; 7) altri sovrascorrimenti principali; 8) faglie normali; 9) faglie ad alto angolo, soprattutto faglie trascorrenti; 10) asse di anticlinale; 11) asse di sinclinale (da Patacca & Scandone 2007).

Le unità tettoniche più interne, derivanti da un’area oceanica o a crosta continentale assottigliata, hanno iniziato ad impilarsi a partire dal Miocene inferiore (Di Staso & Giardino 2002), formando un prisma di accrezione suturato da una successione di *thrust top* (Bonardi et al. 2009). Questo assieme è sovrascorso prima su domini di piattaforma carbonatica e quindi, a partire dal Miocene superiore, si è ulteriormente spostato verso l’esterno coinvolgendo nella deformazione l’ampio Bacino di Lagonegro e tutti i domini paleogeografici più esterni (Mostardini & Merlini 1986; Bonardi et al. 2009; Ciaranfi et al. 2011). Ulteriori eventi compressivi hanno determinato sensibili raccorciamenti nella catena fino al Pleistocene inferiore (Cinque et al. 1993; Mostardini & Merlini 1986).

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 14 di 179

6.1 Evoluzione geologica

Durante il Mesozoico, il settore Sud-adriatico era caratterizzato dalla presenza di un esteso dominio di piattaforma carbonatica, soggetto ad una persistente e continua subsidenza (Moretti et al. 2011). Tale dominio, comunemente identificato con la Piattaforma Apula, era parte di un'ampia porzione di litosfera continentale di derivazione africana (Promontorio Africano o Microplacca Adriatica), con caratteri tipici di un contesto geodinamico di margine passivo maturo (Bonardi et al. 2009; Moretti et al. 2011).

La Microplacca Adriatica, in corrispondenza del settore pugliese, presenta una struttura piuttosto uniforme, data da un basamento cristallino Variscano ed una copertura sedimentaria spessa circa 6 km (Ricchetti et al. 1988; Bosellini et al. 1993). La successione sedimentaria che copre il basamento presenta i tipici caratteri di un margine passivo ed è caratterizzata, dal punto di vista stratigrafico, da *facies* fluvio-deltizie permo-triassiche (Verrucano), rocce evaporitiche triassiche (Anidriti di Burano) e da una potente impalcatura carbonatica giurassico-cretacica di piattaforma (Moretti et al. 2011).

Il progressivo *block faulting* che ha interessato l'area durante il mesozoico ha portato, quindi, alla strutturazione di un articolato sistema di transizione da margine di piattaforma a bacino, verso Est, e di un esteso bacino intracratonico, verso Ovest (Mostardini & Merlini 1986; Moretti et al. 2011). La successione carbonatica del Calcere di Bari (Giurassico superiore – Cretacico inferiore), in particolare, è costituita da calcari micritici organizzati in associazioni di *facies* riferibili ad ambienti di piattaforma interna, sempre connessi al dominio apulo (D'Argenio 1974). Nel Gargano orientale, invece, i termini di margine (Giurassico superiore – Eocene medio) costituiti da calcareniti oolitico-bioclastiche e da calcari organogeni, insieme agli *apron* carbonatici di pendio e base pendio (Pavan & Pirini 1965; Bosellini et al. 1993; Graziano 2000), sono l'evidenza della progressiva transizione verso Est ad un ambiente marcatamente bacinale (Moretti et al. 2011).

Tra il Cenomaniano superiore ed il Turoniano, la variazione del regime geodinamico dovuta alle fasi incipienti dell'orogenesi alpina ha portato al progressivo inarcamento della Microplacca Adriatica (*lithospheric buldge*) e all'emersione di estese porzioni della Piattaforma Apula (Scrocca & Tozzi 1999; Moretti et al. 2011). Inoltre, la presenza dei depositi bacinali dei Calcari di Monte Acuto (Santoniano) ad Ovest della successione di piattaforma interna indica che, almeno fino al Cretacico superiore, le fasi tettoniche distensive hanno interessato la piattaforma carbonatica producendo ulteriori aree bacinali, anche lungo il margine orientale del Gargano (Moretti et al. 2011). La presenza di sottili filoni di rocce ultrabasiche all'interno dei calcari mesozoici testimonia, quindi, la persistenza del regime distensivo almeno fino all'inizio del Terziario.

A partire dall'Oligocene la Microplacca Adriatica entra in collisione con quella Europea, andando in subduzione verso Ovest. Tale variazione del regime geodinamico dell'area determina l'inizio dell'orogenesi Sud-appenninica e, quindi, il conseguente passaggio dell'area pugliese da un contesto di margine passivo ad uno di margine attivo (Moretti et al. 2011). In questo nuovo contesto tettonico, l'area di avampaese stabile è rappresentata dal dominio dell'Avampaese Apulo (Ricchetti et al. 1988, Moretti et al. 2011), di cui il Gargano rappresenta uno dei più estesi tratti affioranti, insieme alle Murge ed al Salento. L'Avampaese Apulo quindi, individuatosi nel Terziario durante l'orogenesi appenninica, risulta costituito prevalentemente da una regione carbonatica autoctona e poco deformata, che si sviluppa sia in aree emerse che in aree sommerse (D'Argenio et al. 1973; Doulcet et al. 1990; Moretti et al. 2011).

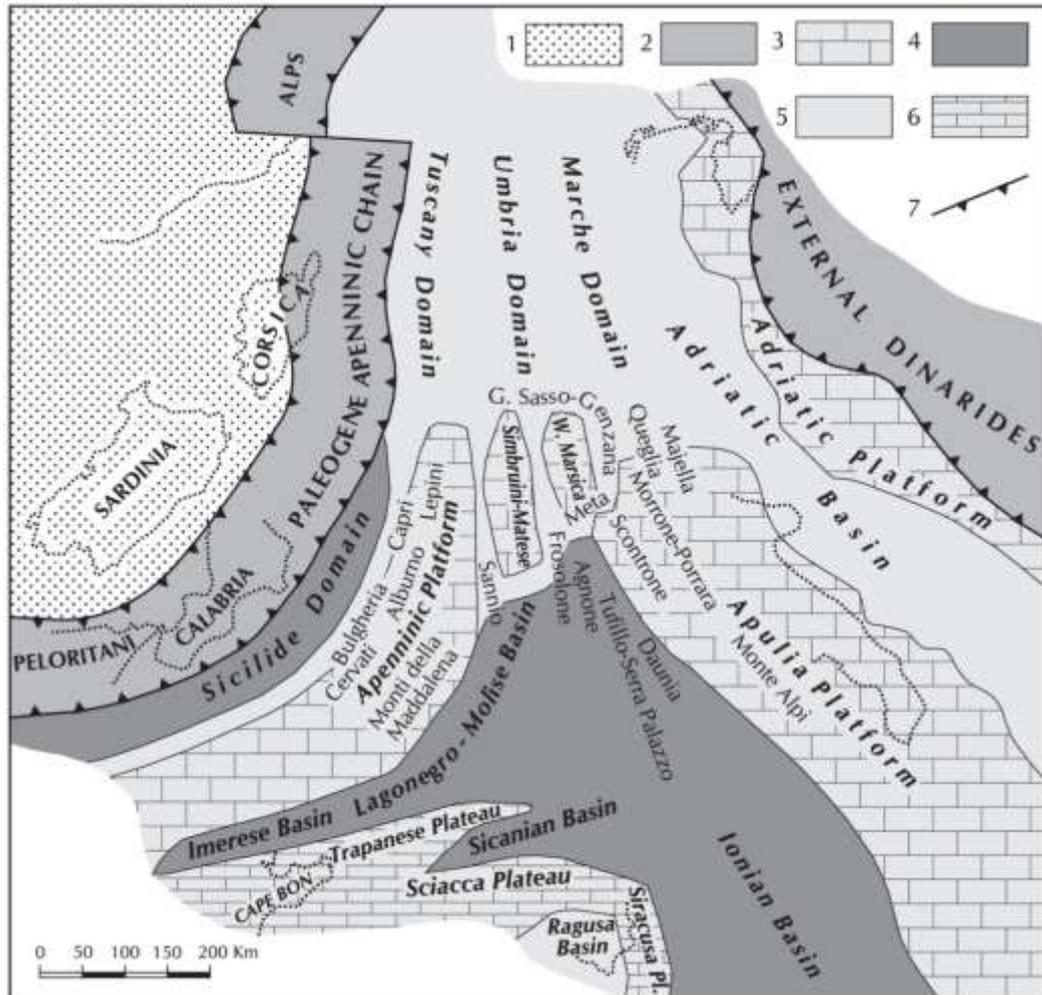


Figura 3 – Ricostruzione palinspastica dell’area centro-mediterranea nell’Oligocene superiore, mostrandone la distribuzione dei domini dell’Appennino centro-meridionale prima della loro incorporazione nella Catena: 1) Avampaese europeo; 2) Catena paleogenica; 3-6) Avampaese africano: 3) carbonati di piattaforma di mare basso; 4) bacini profondi a crosta oceanica o continentale assottigliata; 5) aree bacinali con alti strutturali isolati; 6) plateaux pelagici; 7) fronte di catena (da Patacca & Scandone, 2007).

Dal Miocene al Quaternario, a seguito dell’arretramento della Microplacca Adriatica, il sistema Sud-appenninico migra verso Est coinvolgendo anche l’avanfossa plio-pleistocenica (Dazzaro & Rapisardi 1996; Pescatore et al. 2000), che nel tratto risulta delimitata sia dalla Catena Appenninica che dell’Avampaese Apulo emerso (Ciaranfi et al. 2011; Moretti et al. 2011). Il suddetto arretramento portava, già nel Miocene medio-superiore, alla subsidenza della rampa regionale ed alla conseguente deposizione di unità carbonatiche di mare sottile (Ciaranfi et al. 2011).

L’avanfossa plio-pleistocenica si struttura a partire dal Pliocene inferiore (Ciaranfi et al. 2011), quando la formazione della Catena Appenninica era quasi ultimata. Il tratto pugliese della suddetta avanfossa, noto in letteratura come Fossa Bradanica (Migliorini 1952), si viene a formare solo dopo la risalita del livello marino alla fine della crisi di salinità del Messiniano, essenzialmente a causa dell’alto strutturale costituito dalle successioni carbonatiche mesozoiche (Moretti et al. 2011).

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 16 di 179

Sotto il profilo strutturale, la Fossa Bradanica rappresenta un *foreland basin* sviluppato prevalentemente sulla rampa regionale dell'avampaese (Ciaranfi et al. 2011). Tale dominio tende a migrare progressivamente verso Est per effetto dell'arretramento e abbassamento della rampa stessa, mentre le falde appenniniche avanzano verso i settori orientali immettendo nel bacino ingenti volumi di depositi clastici (Bigi et al. 1992; Scrocca & Tozzi 1999; Ciaranfi et al. 2011). In relazione alla suddetta evoluzione geologica, il bacino presenta una sezione trasversale marcatamente asimmetrica (Scrocca & Tozzi 1999; Ciaranfi et al. 2011), con un margine occidentale (appenninico) molto acclive e un margine orientale (avampaese) di bassa pendenza (Moretti et al. 2011).

Lungo il margine orientale della catena, i sedimenti terrigeni derivanti dallo smantellamento dei rilievi alimentavano estesi sistemi costieri in *facies* di spiaggia o delta, progressivamente passanti verso Est ad una sedimentazione marina essenzialmente pelitica (Ciaranfi et al. 2011; Moretti et al. 2011). Nei settori più interni e profondi della Fossa Bradanica, dove gli effetti della subsidenza erano più evidenti, si accumulavano invece spessi depositi torbiditici di natura sabbioso-limosa, che costituiscono la parte basale della successione plio-pleistocenica (Casnedi 1988; Moretti et al. 2011).

Nei settori più esterni dell'avampaese, al di sopra di un substrato carbonatico subsidente, avviene quindi la deposizione di sedimenti carbonatici costieri sia intrabacinali che terrigeni (Calcarenite di Gravina), rappresentati da materiale clastico proveniente dall'erosione dei rilievi carbonatici dell'area garganica (Ciaranfi et al. 1983; Moretti et al. 2011). Successivamente, con il progressivo approfondimento dell'area, la sedimentazione carbonatica viene sostituita da quella terrigena grazie all'arrivo di ingenti apporti silicoclastici di provenienza appenninica, che vanno a costituire una spessa successione pelitica (Argille Subappennine) diffusa in tutta l'area bradanica (Casnedi 1988; Moretti et al. 2011).

Durante l'ultimo milione di anni, cessano i fenomeni di subsidenza e inizia il sollevamento del bacino di avanfossa e di una parte del dominio di avampaese (Ciaranfi et al. 2011), che porta ad un graduale ritiro del mare e alla conseguente emersione delle aree di sedimentazione plio-pleistoceniche (Demangeot 1965; Ambrosetti et al. 1982; Pizzi 2003; D'Alessandro et al. 2003; Moretti et al. 2011). In particolare, la regressione marina è controllata sia dal continuo sollevamento regionale che dalle numerose oscillazioni eustatiche succedutesi in tale periodo. Durante il Pleistocene medio-superiore si assiste, quindi, sia all'accumulo di depositi costieri ed alluvionali che all'erosione di estesi settori di territorio, con la conseguente formazione di un *pediment* regionale di carattere sia erosivo che deposizionale (Moretti et al. 2011).

6.2 Caratteristiche stratigrafiche

Il settore di studio si colloca nei settori centrali dell'Appennino meridionale, nella zona di transizione tra i domini di catena e quelli di avanfossa (Patacca & Scandone 2007; Ciaranfi et al. 2011). Dal punto di vista stratigrafico, i settori di catena sono caratterizzati da spesse successioni marine meso-cenozoiche, variamente giustapposte tra loro a causa dell'importante tettonica compressiva che ha portato alla strutturazione dell'edificio a falde appenninico (Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009). I settori di avanfossa, al contrario, sono contraddistinti da importanti successioni marine e transizionali plio-pleistoceniche, solo parzialmente interessate dai fronti di sovrascorrimento più recenti ed esterni (Patacca & Scandone 2007; Ciaranfi et al. 2011).

In particolare, le successioni sedimentarie del dominio di catena sono riferibili a quattro distinte unità strutturali, di differente provenienza paleogeografica (Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007), denominate rispettivamente Unità Sicilide, Unità della Daunia, Unità di Tufillo-Serra Palazzo e Unità del Sannio. Tali unità sono costituite essenzialmente da depositi marini in *facies* di bacino e di scarpata, con un'età compresa tra il Cretacico inferiore e il Miocene superiore (Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009; Ciaranfi et al. 2011). La parte bassa delle successioni è sempre costituita da sedimenti pelitici e calcareo-marnosi di mare profondo, con

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 17 di 179

locali passaggi di litotipi essenzialmente carbonatici o diasprigni (Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009). Verso l'alto si rinvencono, quindi, depositi di scarpata a composizione prevalentemente arenaceo-marnosa e calcareo-marnosa, sempre passanti a sedimenti argilloso-marnosi e calcareo-marnosi di bacino (Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009).

Le suddette successioni sedimentarie risultano parzialmente ricoperte, in discordanza stratigrafica, da spessi depositi flyschoidi arenaceo-marnosi e calcareo-marnosi connessi allo sviluppo della Catena Appenninica (Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009). Al di sopra di tali terreni si rinvencono estesi depositi di *thrust-top sheet* a composizione prevalentemente arenacea e arenaceo-marnosa e, quindi, sedimenti evaporitici messiniani e terreni caotici composti da olistostromi, frane e olistoliti con differente composizione e provenienza (Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007). La sequenza sedimentaria di catena è chiusa, quindi, da depositi pliocenici prevalentemente argilloso-sabbiosi e sabbioso-conglomeratici, chiaramente connessi alle ultime fasi di strutturazione dell'edificio appenninico (Di Bucci et al. 1999; Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007).

Durante le fasi terminali di strutturazione della catena, si assiste quindi alla deposizione di spesse successioni silicoclastiche nei settori di avanfossa che si venivano a creare lungo il margine orientale dell'edificio a falde (Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007; Ciaranfi et al. 2011). Lungo il margine interno di tale dominio strutturale si realizzano sistemi deposizionali in *facies* deltizia, progressivamente passanti a sistemi di piattaforma esterna-bacino, caratterizzati dalla sedimentazione dei depositi pelitici delle Argille Subappennine (Casnedi 1978; Spalluto & Moretti 2006; Ciaranfi et al. 2011). In corrispondenza dei depocentri del bacino (Casnedi 1988), si accumulano torbiditi terrigeni sabbioso-limose (Balduzzi et al. 1982; Ciaranfi et al. 2011), costituenti la porzione inferiore della successione dell'Avanfossa pliocenico-quadernaria.

Le suddette successioni sono ricoperte, quindi, da sedimenti regressivi di piattaforma e da depositi marini e terrazzati (Ciaranfi et al. 1983; Ricchetti et al. 1988; Doglioni et al. 1994; Gambini & Tozzi 1996), che testimoniano le fasi di sollevamento del sistema avanfossa-avampaese a partire dal Pleistocene medio. Nei settori più interni, le interazioni fra variazioni cicliche del clima e sollevamento regionale portano inoltre all'accumulo di estesi depositi alluvionali terrazzati, localmente caratterizzati da una porzione basale con caratteri di *facies* di spiaggia (Ciaranfi et al. 2011). Infine, in corrispondenza del margine più orientale della catena, sono localmente presenti spessi prodotti lavici e piroclastici connessi all'attività vulcanica medio-pleistocenica del Monte Vulture (Bonadonna et al. 1998; Giannandrea et al. 2006).

6.3 Caratteristiche strutturali

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 che 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);

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 18 di 179

- 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 è caratterizzato dalla presenza di strutture tettoniche riconducibili a tutte e tre le fasi deformative suddette, in quanto posto ricadente a cavallo tra i domini di catena e quelli più propriamente di avanfossa (Ciaranfi et al. 2011). I settori di catena, più interni e meridionali, sono infatti contraddistinti dalla presenza di numerosi sovrascorrimenti e faglie inverse connesse con la tettonica compressiva mio-pliocenica, oltre che da faglie dirette e trascorrenti dovute alla più recente tettonica plio-pleistocenica (Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007; Ciaranfi et al. 2011). I settori di avanfossa, più esterni e settentrionali, sono invece caratterizzati da prevalenti strutture normali e trascorrenti ad alto angolo, riferibili alle fasi di sollevamento plio-pleistocenico di tale dominio strutturale (Ciaranfi et al. 1983; Ricchetti et al. 1988; Doglioni et al. 1994; Gambini & Tozzi 1996; Spalluto & Moretti 2006).

7 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE

La morfologia superficiale del territorio in esame risulta fortemente condizionata dalle caratteristiche litologiche dei litotipi affioranti e dalla recente evoluzione geologico-strutturale dell'area. Quest'ultima, in particolare, è strettamente connessa al sollevamento della Catena Appenninica (Parea 1986) che ha prodotto, nel corso del tempo, costanti incrementi dell'energia di rilievo e marcati approfondimenti del reticolo idrografico locale. Solo nei settori più meridionali della zona di studio, sono inoltre presenti ulteriori forme e depositi di una certa rilevanza connessi con l'attività vulcanica plio-pleistocenica del Monte Vulture (Bonadonna et al. 1998; Giannandrea et al. 2006).

7.1 Geomorfologia del Tavoliere di Puglia

Il Tavoliere di Puglia, che rappresenta la seconda pianura d'Italia per estensione, si è originato con le fasi regressive quaternarie create dalla compensazione isostatica del sistema Catena-Avanfossa-Avampaese (Ricchetti et al. 1988), a cui si sono localmente sovrapposte le oscillazioni glacio-eustatiche del livello marino. Il risultato di tali fenomeni è rappresentato, dal punto di vista morfologico, da una serie di terrazzi progressivamente degradanti verso il Golfo di Manfredonia e verso la Foce del Fortore.

Per quanto riguarda il numero di terrazzi presenti nell'area, la questione è ancora aperta e molto dibattuta a livello scientifico. Si passa così da una suddivisione piuttosto semplice con sei differenti ordini di terrazzi (APAT 2007) ad una molto più complessa con ben dodici pianate di abrasione (Caldara & Pennetta 1993), di cui otto subaeree e quattro sottomarine.

Nella zona non sono presenti forme di dissesto per frana, mentre l'unico fenomeno di una certa rilevanza è rappresentato dalla subsidenza di vaste aree poste grossomodo nella zona centrale della piana (APAT 2007). In particolare, il fenomeno di subsidenza si verifica nella zona intorno ai centri abitati di Foggia, Cerignola e Ortanova, probabilmente a causa degli eccessivi prelievi d'acqua nel sottosuolo, e nelle aree limitrofe ai comuni di Lucera e Ascoli Satriano, quasi certamente a causa dell'estrazione di gas e idrocarburi (APAT 2007).

7.2 Geomorfologia dell'Appennino Dauno

Questo settore della Catena Appenninica è stato fortemente influenzato dalle fasi tettoniche plio-pleistoceniche, che hanno conferito a tutta l'area una configurazione morfologica molto prossima a quella attuale (APAT 2007). In particolare, l'allineamento tettonico Carlantino-Volturara Appula, ad asse circa NNW-SSE, separa i sedimenti più

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 19 di 179

interni della catena da quelli più esterni della zona orientale, caratterizzati da una maggiore continuità negli episodi di sedimentazione.

In relazione alle caratteristiche peculiari dei diversi termini litologici affioranti, le forme del paesaggio sono legate ad un contesto in continua e rapida evoluzione per la presenza di diversi corsi d'acqua con una forte tendenza all'approfondimento e di numerosi fenomeni gravitativi di una certa rilevanza (Ciaranfi et al. 2011). Questi ultimi, in particolare, trovano le condizioni predisponenti sia nella natura intrinseca dei terreni affioranti che nella sismicità dell'area, nelle caratteristiche morfologiche dei rilievi, nella mancanza di una adeguata copertura arborea e nelle condizioni climatiche di questo settore di territorio (APAT 2007).

Tra le forme del paesaggio prevalgono, generalmente, quelle dolci e poco incise nei terreni argillosi del substrato, che i movimenti gravitativi rendono localmente più aspre ed accentuate (APAT 2007). Naturalmente, nelle zone di affioramento di litotipi a dominante arenacea o calcareo-marnosa, le morfologie si presentano più aspre e marcate, con strette valli di incisione fluviale e numerosi stacchi morfologici dovuti sia agli elementi strutturali presenti che a locali fenomeni franosi che interessano il substrato.

8 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE

Il territorio di studio è caratterizzato da una fortissima eterogeneità e complessità delle caratteristiche idrogeologiche, riconducibile sia al complesso assetto strutturale dell'area che alla grande varietà di termini litologici affioranti (Celico et al. 2007).

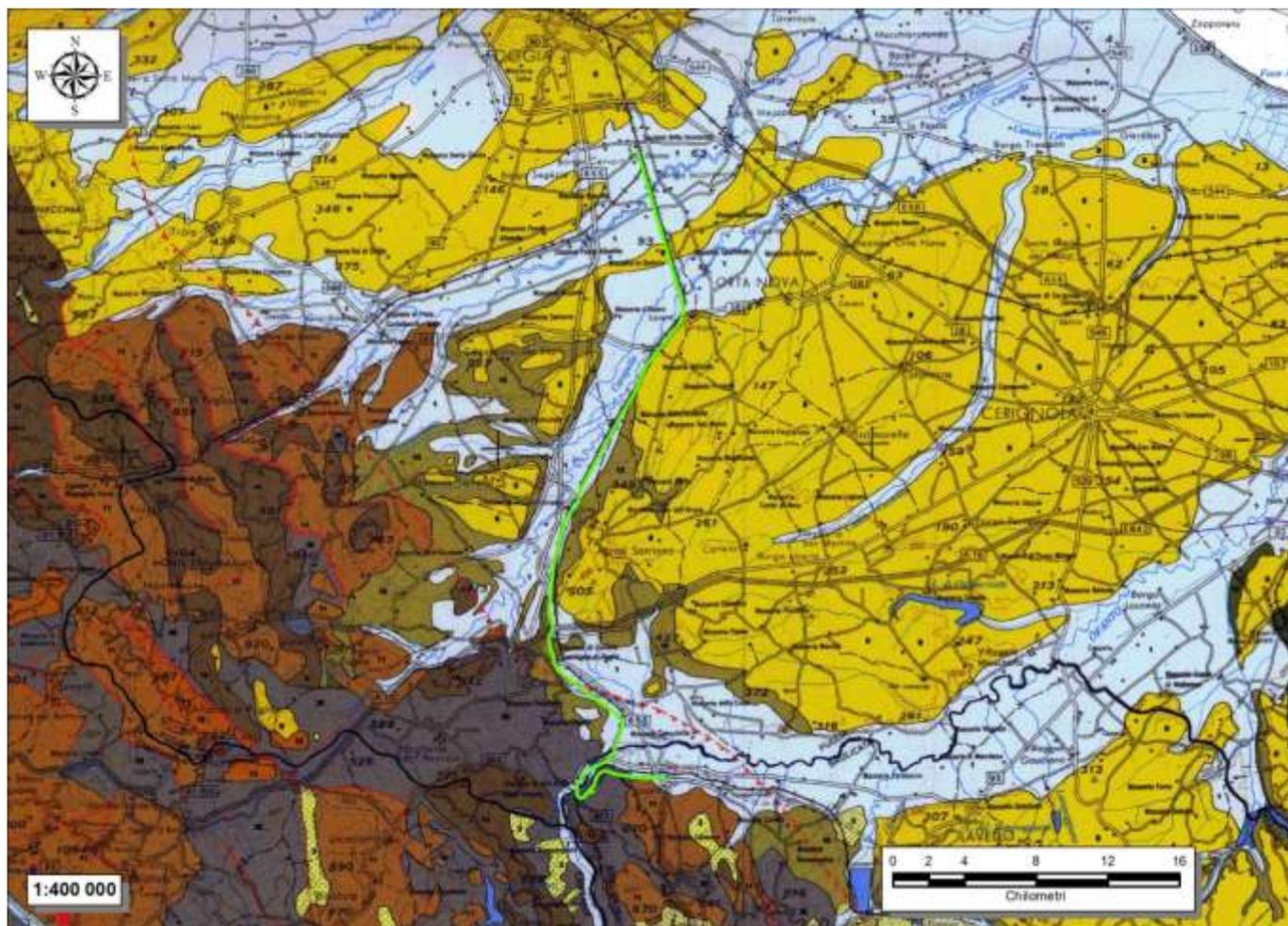


Figura 4 – Stralcio della Carta idrogeologica dell'Italia Meridionale, (da Celico et al. 2007) in scala 1:250000, dell'area di studio; in colore verde è riportata la tratta ferroviaria in oggetto.

In particolare, i litotipi presenti nei settori di specifico interesse progettuale possono essere raggruppati in tre ambiti idrogeologici principali (Celico et al. 2007):

- acquiferi delle successioni continentali e marine;
- acquiferi delle successioni di bacino e avanfossa;
- acquiferi delle successioni carbonatiche.

8.1 Acquiferi delle successioni continentali e marine

Questi acquiferi sono costituiti da sedimenti plio-quadernari formati in ambiente subaereo o marino, riferibili quindi a depositi di detritico-colluviali, alluvionali, lacustri e costieri, in parte emersi a seguito delle fasi di sollevamento della Catena Appenninica (Maggiore et al. 1996; Celico et al. 2007). Si tratta, ovviamente, di acquiferi di particolare importanza ai fini del reperimento di risorse idriche sotterranee, sia per l'intenso uso del territorio che caratterizza le aree di affioramento di tali depositi sia per la soggiacenza relativamente bassa della zona di saturazione (Ricchetti et al. 1989; Celico et al. 2007).

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 21 di 179

Questi terreni costituiscono acquiferi continui, in genere eterogenei ed anisotropi, sempre permeabili per porosità e, solo in rari casi, anche per fessurazione (Celico et al. 2007). Tale carattere idrogeologico è riconducibile alla natura prevalentemente clastica dei depositi, che solo in pochi casi presentano un certo grado di cementazione (Celico et al. 2007). Anche in questi casi, tuttavia, la cementazione non ha mai avuto un ruolo equivalente al processo di diagenesi, conferendo raramente a questi terreni un carattere eminentemente litoide (Celico et al. 2007). La permeabilità è in genere molto variabile e sempre strettamente connessa con le caratteristiche di assortimento granulometrico dei terreni (Celico 1986).

I depositi plio-quadernari che costituiscono questi acquiferi presentano delle particolari caratteristiche sedimentologiche ed idrogeologiche, dovute essenzialmente ai processi che ne hanno controllato il trasporto e la deposizione (Celico et al. 2007). In particolare, possono essere individuati due distinti gruppi di ambienti sedimentari caratterizzati da differenti processi di trasporto e deposizione, rispettivamente controllati dalla gravità e dalle acque di ruscellamento (Celico et al. 2007).

Al primo gruppo sono riconducibili i depositi di *talus* e di falda detritica presenti alla base dei maggiori rilievi montuosi che, pur costituendo acquiferi eterogenei ed anisotropi, sono contraddistinti da un grado di permeabilità generalmente piuttosto elevato (Celico et al. 2007). Nei settori dove risultato limitati inferiormente da terreni di bassa permeabilità, tali depositi possono essere sede di falde idriche sotterranee di discreta importanza, in particolare quando soggetti a travasi idrici provenienti da strutture idrogeologiche limitrofe (Celico et al. 2007).

I depositi che ricadono nel secondo gruppo di ambienti sedimentari sono i più rappresentati nei settori di studio e possono essere suddivisi a loro volta in numerosi sub-ambienti, contraddistinti da differente energia del mezzo di trasporto idraulico (Celico et al. 2007). Tali ambienti sono distribuiti sul territorio secondo un percorso in cui l'energia di trasporto idraulico tende a diminuire progressivamente, a partire dall'ambiente di conoide pedemontana fino a quello di pianura costiera, passando attraverso tutti gli ambiti fluviali intermedi (Maggiore et al. 2004; Celico et al. 2007).

Tutti questi sub-ambienti sono contraddistinti, a loro volta, da un'energia del mezzo idraulico variabile nel tempo in relazione all'entità degli apporti pluviometrici (Celico et al. 2007). Ciò comporta la deposizione di termini litologici fortemente eterogenei che, per la continua divagazione dei corsi d'acqua, si ritrovano variamente giustapposti tra loro sia lateralmente che verticalmente (Maggiore et al. 2004) Pertanto gli acquiferi alluvionali risultano in genere fortemente eterogenei ed anisotropi, soprattutto nelle aree di pianura alluvionale e costiera, dove le differenze di comportamento idrogeologico si accentuano per la presenza di terreni a granulometria argilloso-limosa, da scarsamente permeabili ad impermeabili (Maggiore et al. 2004; Celico et al. 2007).

In questi ambiti idrogeologici, quindi, la presenza di intercalazioni pelitiche all'interno dei depositi sabbioso-ghiaiosi determina una scomposizione del deflusso idrico sotterraneo in una serie di falde sovrapposte. Queste ultime, a loro volta, possono essere caratterizzate da differenti carichi piezometrici, che generano fenomeni di drenanza sia verso l'alto che verso il basso (Cotecchia 1956; Maggiore et al. 1996; Celico et al. 2007). In molti casi, comunque, il suddetto schema di circolazione idrica sotterranea può essere semplificato a causa della scarsa continuità dei livelli meno permeabili, che non consente un'efficace separazione tra le differenti falde sovrapposte (Celico et al. 2007). Invece, a scala globale, il comportamento di questi acquiferi è schematicamente assimilabile a quello di un unico corpo idrico sotterraneo, avente un recapito unitario (Celico et al. 2007).

Ovviamente, le falde degli ambienti alluvionali risultano alimentate direttamente sia dalle acque superficiali che si infiltrano nel terreno che dai travasi idrici sotterranei delle strutture idrogeologiche con cui sono a contatto (Cotecchia 1956; Maggiore et al. 1996; Celico et al. 2007). Il recapito delle falde alluvionali è rappresentato, generalmente, da un limite a potenziale imposto corrispondente ad un corpo idrico superficiale, come fiumi, laghi e mari. Localmente, la tipologia di rapporti tra falde sotterranee e corpi idrici continentali può essere anche di segno

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 22 di 179

opposto, o comunque mutare nel corso dell'anno idrologico in relazione alla variazione relativa dei livelli idrici (Celico et al. 2007).

8.2 Acquiferi delle successioni di bacino e avanfossa

Tali acquiferi sono composti da depositi essenzialmente marini, riferibili a successioni sedimentarie di bacino (Celico et al. 2007). Risultano particolarmente diffusi nei settori collinari di tutta la Catena Appenninica e, generalmente, danno luogo a strutture idrogeologiche di una certa importanza solo per l'approvvigionamento idrico di piccoli centri abitati (Celico et al. 2007).

I termini litologici in esame costituiscono, quindi, dei complessi idrogeologici omogenei per ciò che riguarda il tipo di permeabilità prevalente, generalmente per fessurazione e porosità (Celico et al. 2007). In linea di massima, sono contraddistinti da un grado di permeabilità relativa variabile da basso a medio, in funzione della percentuale della componente pelitica, e danno luogo ad emergenze sorgive con portate raramente superiori ad alcune decine di litri al secondo (Celico et al. 2007; Ciaranfi et al. 2011).

Per le suddette caratteristiche idrogeologiche, la permeabilità dell'ammasso risulta essere relativamente più elevata in prossimità del piano campagna, essenzialmente a causa della maggiore alterazione e fessurazione dei materiali (Celico 1986; Celico et al. 2007). La presenza di frequenti coperture di genesi eluvio-colluviale, unitamente alla variabilità della permeabilità relativa dell'ammasso, favorisce quindi l'instaurazione di una circolazione idrica sotterranea generalmente poco profonda e di modesta rilevanza (Celico et al. 2007).

Tale circolazione si esplica mediante falde idriche per lo più discontinue, il cui sviluppo spaziale rispecchia generalmente l'andamento della superficie topografica. Ciò comporta una approssimativa coincidenza tra spartiacque sotterranei e superficiali e, in generale, un recapito orientato prevalentemente verso i fondovalle o le sorgenti poste lungo i versanti (Celico et al. 2007).

8.3 Acquiferi delle successioni carbonatiche

Questi acquiferi sono formati dagli ammassi rocciosi prevalentemente carbonatici ampiamente affioranti in tutto l'Appennino centro-meridionale, in buona parte riconducibili alle originarie unità paleogeografiche di piattaforma che caratterizzano questo settore di catena (Celico et al. 2007). Tali acquiferi rappresentano, in particolare, la principale fonte di approvvigionamento idropotabile della penisola italiana, essendo caratterizzati da un deflusso sotterraneo medio particolarmente elevato, dell'ordine di $4100 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{anno}$.

Le principali sorgenti degli acquiferi carbonatici sono collocate prevalentemente in corrispondenza di limiti idrogeologici e di permeabilità, al contatto con terreni sedimentari e vulcanici più recenti, che generalmente costituiscono degli impermeabili relativi (Maggiore et al. 2004; Celico et al. 2007). Nelle zone dove gli acquiferi terrigeni presentano una permeabilità elevata, invece, questi acquiferi sono alimentati dalle idrostrutture carbonatiche limitrofe attraverso cospicui travasi sotterranei (Celico et al. 2007). In relazione alle caratteristiche idrogeologiche riscontrabili a grande scala, tali successioni possono essere suddivise in tre grandi gruppi, corrispondenti agli acquiferi prevalentemente calcarei, acquiferi calcareo-silico-marnosi e acquiferi dolomitici (Celico et al. 2007).

Gli acquiferi calcarei sono caratterizzati da diffuse fenomenologie carsiche, sia epigee che ipogee, che spesso interagiscono direttamente con le sorgenti determinando regimi idrogeologici delle stesse estremamente variabili (Grassi & Tadolini 1992; Celico et al. 2007). Sono contraddistinti da una grande falda di base, piuttosto profonda, e da una serie di falde sospese di modesta importanza, poste nella porzione più superficiale e carsificata

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 23 di 179

dell'acquifero. Localmente, infine, sono presenti piccole falde sospese al di sopra dei livelli stratigrafici con permeabilità più bassa, come in corrispondenza di fasce cataclastiche di particolare rilevanza (Maggiore et al. 1996, 2004; Celico et al. 2007).

Gli acquiferi calcareo-silico-marnosi sono sempre contraddistinti da forme carsiche epigee ed ipogee che ne condizionano fortemente il deflusso idrico sotterraneo, anche se in misura minore di quelli essenzialmente calcarei (Celico et al. 2007). Come i precedenti, presentano una falda di base piuttosto profonda e una serie di falde sospese di importanza minore, prodotte dall'esistenza di intercalazioni marnose poco permeabili nell'ambito della successione stratigrafica (Celico 1986; Celico et al. 2007). La presenza di alternanze cicliche di litotipi a differente grado di permeabilità determina, localmente, un considerevole frazionamento della circolazione idrica sotterranea, con la conseguente formazione di differenti acquiferi sovrapposti (Celico et al. 2007).

Gli acquiferi prevalentemente dolomitici, infine, non presentano un significativo sviluppo dei sistemi carsici epigei o ipogei (Celico et al. 2007). Sono sempre caratterizzati da una circolazione idrica sotterranea di tipo basale, con recapito in sorgenti posizionate al contatto con i depositi bordieri meno permeabili, mentre le falde sospese sono piuttosto rare e di scarsa importanza (Celico 1986; Celico et al. 2007). Per quanto detto, la circolazione idrica sotterranea è fortemente condizionata dalle condizioni morfologiche dei depositi impermeabili bordieri e dalla presenza di discontinuità tettoniche, oltre che da eventuali acquiferi calcarei idrogeologicamente confinanti con la falda di base (Celico et al. 2007).

8.4 Condizioni di deflusso idrico sotterraneo

L'assetto idrogeologico dell'intera area di studio è caratterizzato dalla presenza di numerosi corpi geologici con caratteristiche di permeabilità e di circolazione idrica sotterranea estremamente variabili e complesse. Queste ultime, in linea di massima, risultano fortemente condizionate sia dalle caratteristiche litologiche e granulometriche dei terreni e degli ammassi rocciosi presenti, che dal loro assetto geometrico e dal relativo grado di alterazione e fessurazione.

Buona parte dei corpi idrogeologici individuati rappresentano, nello schema di circolazione idrica dell'area, degli acquiferi di importanza più o meno significativa, a seconda delle locali caratteristiche di permeabilità dei litotipi e dell'estensione latero-verticale delle unità. Ad essi si aggiungono, inoltre, alcuni corpi idrogeologici meno permeabili che, nello specifico contesto di riferimento, possono essere considerati come degli *acquiclude*, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei principali.

Gli acquiferi alluvionali, rappresentati da depositi fortemente eterogenei dal punto di vista granulometrico, costituiscono dei sistemi idrogeologici particolarmente articolati e complessi. Sono sede di corpi idrici sotterranei in parte separati ed in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o semiconfinate. Tali acquiferi poggiano su buona parte dei termini litologici del substrato e presentano, in generale, spessori estremamente variabili in relazione alle locali condizioni geologiche e morfologiche dell'area.

L'alimentazione deriva, in buona sostanza, dagli apporti idrici superficiali dei principali corsi d'acqua presenti, anche se non mancano scambi idrici sotterranei con gli acquiferi dei complessi idrogeologici confinanti. Le direzioni di deflusso seguono, ovviamente, l'andamento dei principali corsi d'acqua presenti, anche se localmente risultano influenzate in maniera evidente dalle condizioni geologico-strutturali dei singoli settori. Infine, la profondità della falda è generalmente dell'ordine di alcuni metri, a dimostrazione di una evidente alimentazione degli acquiferi da parte dei principali corpi idrici presenti.

Gli acquiferi delle coperture vulcano-sedimentarie del Monte Vulture costituiscono, generalmente, degli acquiferi di una certa rilevanza dal punto di vista idrogeologico, sia per la discreta permeabilità dei litotipi presenti che per

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 24 di 179

l'elevata estensione areale e verticale degli stessi. In generale, è presente una chiara comunicazione idrogeologica sotterranea tra tali strutture e le falde dei depositi alluvionali, almeno nei settori caratterizzati da una maggiore permeabilità dei litotipi vulcanici. Le direzioni di deflusso sono, ovviamente, radiali rispetto alla zona centrale dell'edificio vulcanico, anche se fortemente influenzate sia dalla presenza di elementi tettonici di una certa rilevanza che dalla particolare eterogeneità idrogeologica dei terreni presenti.

Relativamente agli acquiferi delle successioni sedimentarie meso-cenozoiche, si sottolinea la presenza di falde idriche di importanza variabile all'interno delle successioni arenaceo-marnose, calcareo-marnose e sabbioso-conglomeratiche localmente affioranti nei settori centrali e meridionali dell'area di studio. Tali acquiferi sono spesso in comunicazione con le falde idriche dei sistemi alluvionali, a cui sono giustapposti sia lateralmente che verticalmente, ma localmente presentano scambi idrici anche con le successioni vulcano-sedimentarie del Monte Vulture. Le direzioni di deflusso sono generalmente piuttosto variabili e fortemente eterogenee, in quanto direttamente condizionate dal locale stato di fratturazione dell'ammasso e dalla presenza di elementi tettonici di importanza variabile.

Infine, le successioni sedimentarie a dominante pelitica rappresentano degli *acquiclude* di notevole importanza all'interno dello schema di circolazione idrica sotterranea dell'intera area di studio. Tali litotipi infatti, a causa della loro ridotta permeabilità, svolgono un importante ruolo di tamponamento delle principali falde presenti, anche se consentono deflussi idrici sotterranei di ridotta importanza all'interno degli orizzonti arenaceo-sabbiosi e calcareo-marnosi più spessi ed estesi. Questi ultimi, inoltre, possono essere sede di locali falde idriche sotterranee, a superficie libera o in pressione, anche se di ridotta importanza ed estensione.

9 SISMICITÀ DELL'AREA

Le caratteristiche di sismicità dell'area compresa tra Puglia e Basilicata sono da porre in relazione, essenzialmente, con il complesso assetto strutturale dei settori più esterni della Catena Appenninica e della fascia di transizione tra i domini di Avanfossa e quelli di Avampaese (Del Gaudio et al. 2007; Pino et al. 2008). Nell'area sono stati condotti numerosi studi che hanno fornito una accurata interpretazione dei diversi terremoti storici verificatisi in questo settore di territorio, individuando le strutture sismogenetiche responsabili e le loro caratteristiche principali (Frepoli & Amato 2000; Venisti et al. 2004; Del Gaudio et al. 2007; Pierri et al. 2008; Pino et al. 2008).

Gli eventi sismici più forti sono avvenuti in corrispondenza dei settori di catena, lungo faglie normali ad asse circa NW-SE dovute al cuneo di mantello in risalita al di sotto dell'orogene appenninico (Frepoli & Amato 2000). In corrispondenza dei settori di avampaese, invece, i principali terremoti storici presentano una intensità decisamente inferiori ai precedenti e risultano connessi, in buona sostanza, a faglie distensive e trascorrenti orientate circa E-W (Pierri et al. 2008).

La consultazione del database DISS (Database of Individual Seismogenic Sources, vers. 3.2.0 - 2015), relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che il tracciato di progetto risulta interessato dalla presenza di potenziali faglie sismogenetiche.

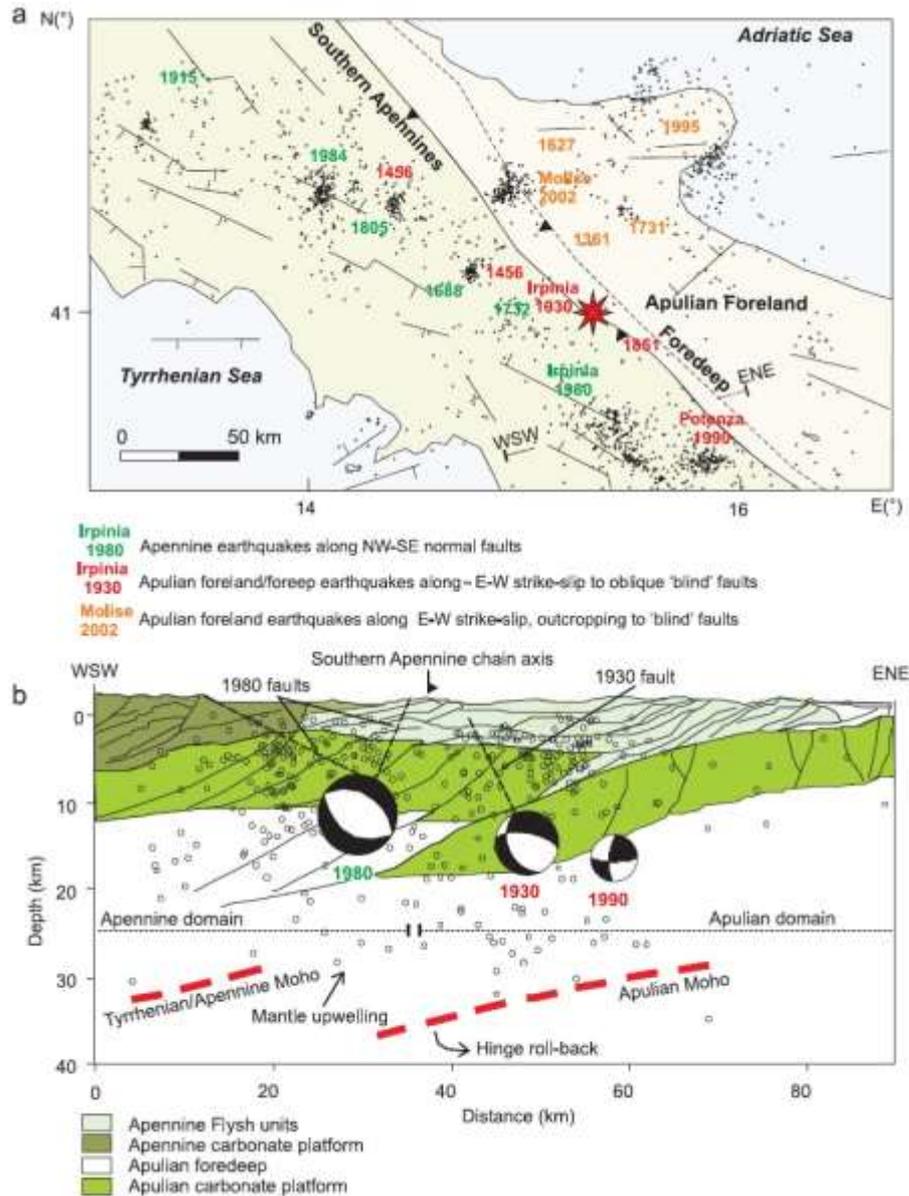


Figura 5 – Interpretazione dei principali elementi sismotettonici dell'Appennino meridionale: (a) in pianta e (b) in sezione (Pino et al. 2008).

In particolare, tra le chilometriche 18+000 e 25+500 il tracciato ferroviario è direttamente interessato dalla fascia di sorgenti composite ITCS00poi 4 Castelluccio dei Sauri-Trani (profondità stimata 11.0-22.5 Km, magnitudo massima 6.3, Slip rate 0.1-0.5 mm/anno), che include la sorgente individuale ITIS082 Ascoli Satriano (profondità stimata 13.0-21.3 Km, magnitudo massima 6.0, ultimo evento 17 luglio 1361).

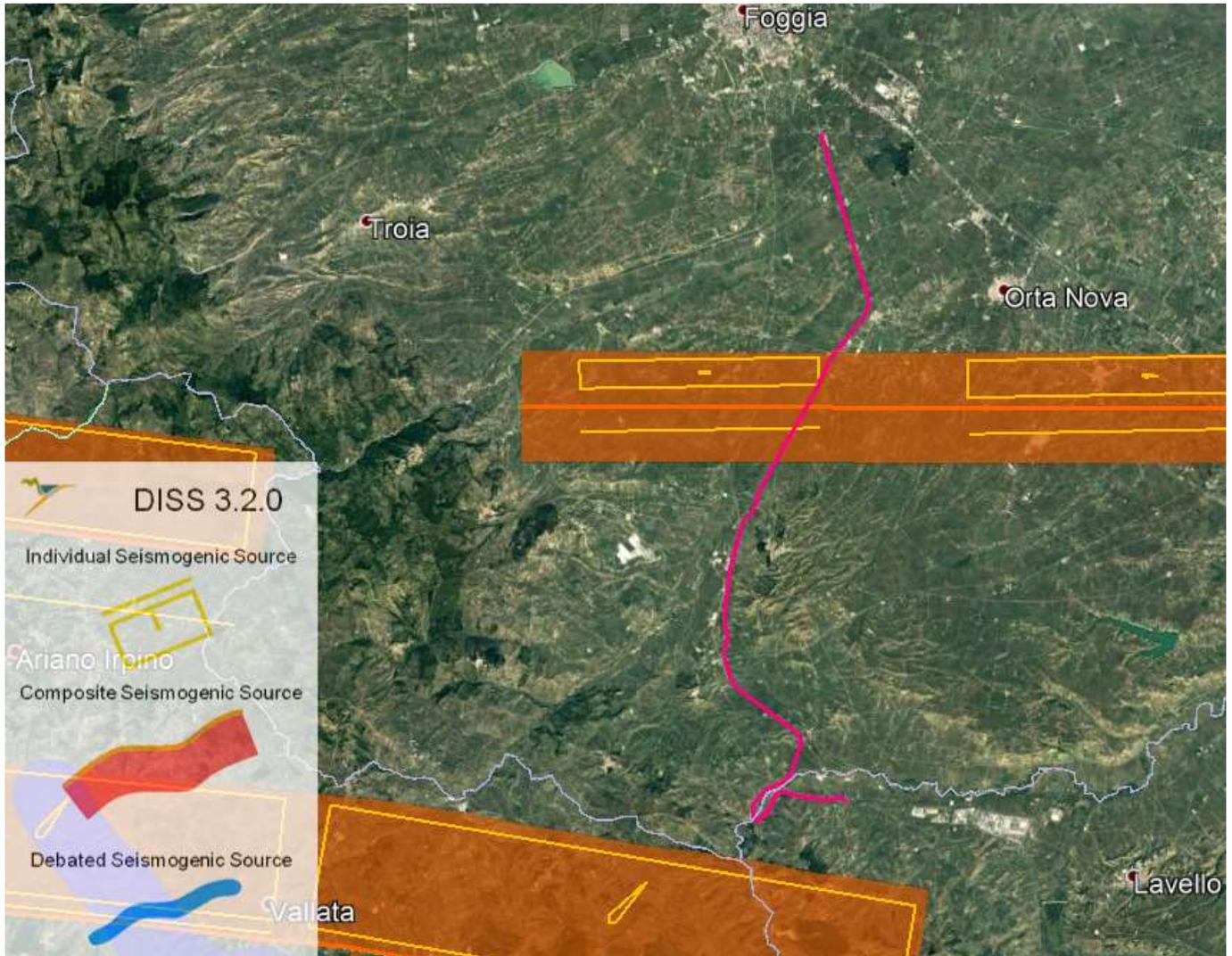


Figura 6 – Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5.5$ nell'area di studio (da DISS Working Group 2015, *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)*, versione 3.2.0., <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.html>).

Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004), il tratto ferroviario di interesse, a partire all'incirca dalla chilometrica 53+000, ricade all'interno della **Zona 925 Ofanto**, in cui sono attesi terremoti piuttosto profondi ($P = 12-20$ km) e di elevata magnitudo ($M_{max} = 6.83$), riconducibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente trascorrenti.



Figura 7 –Stralcio della zonazione sismogenetica ZS9 (da Meletti & Valensise 2004, http://www.pcn.minambiente.it/arcgis/services/Zone_sismogenetiche_ZS9); in colore rosso è indicato il tracciato ferroviario di interesse progettuale.

9.1 Sismicità storica

Nonostante il catalogo sismico copra un intervallo tempo di oltre 2000 anni, molti degli eventi registrati si sono concentrati nell’arco di sei secoli, tra il 1456 e il 1980, anche per via della maggiore accuratezza e della completezza dei documenti storici rinvenuti. L’ultimo terremoto di grande intensità epicentrale, infatti, è stato quello del 1980, la cui Magnitudo momento è stata valutata pari a 6.81. Nella tabella seguente sono riportati, in ordine temporale, i parametri sismici relativi ai principali terremoti registrati nell’Appennino meridionale, nella zona compresa tra le regioni Puglia, Basilicata, Campania e Molise.

Data	Ora	Area epicentrale	I (Mcs)	I ₀	M _w
05/12/1456	-	Appennino centro-meridionale	9	11	7.19
05/06/1688	15:30	Sannio	11	11	7.06
08/09/1694	11:40	Irpinia-Basilicata	6	10	6.73

Data	Ora	Area epicentrale	I (Mcs)	I _o	M _w
14/03/1702	05:00	Sannio-Irpinia	9	10	6.56
29/10/1732	07:40	Irpinia	7-8	10-11	6.75
26/07/1805	21:00	Molise	8	10	6.68
14/08/1851	13:20	Vulture	F	10	6.52
16/12/1857	21:15	Basilicata	7-8	11	7.12
08/09/1905	01:43	Calabria meridionale	3	10-11	6.95
13/01/1915	06:52	Marsica	5	11	7.06
23/07/1930	00:08	Irpinia	7-8	10	6.67
21/08/1962	18:19	Irpinia	7	9	6.15
23/11/1980	18:34	Irpinia-Basilicata	7	10	6.89

Tabella 1 – Parametri sismici relativi ai principali terremoti storici dell'area al confine tra le regioni Puglia, Basilicata, Campania e Molise (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15>). Legenda: I= intensità massima, I_o= intensità epicentrale, M_w= Magnitudo momento.

Come si può notare dai dati contenuti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani (CPTI15), l'area in questione è stata interessata da diversi eventi sismici di una certa intensità, come ad esempio quello del 1930 di magnitudo 6.67 (Irpinia) o del 1851 di magnitudo 6.52 (Vulture). Tuttavia quest'area in passato ha mostrato di subire danni anche per terremoti più forti ma localizzati in aree piuttosto lontane, come quello del 1456 di magnitudo 7.19 (Appennino centro-meridionale).

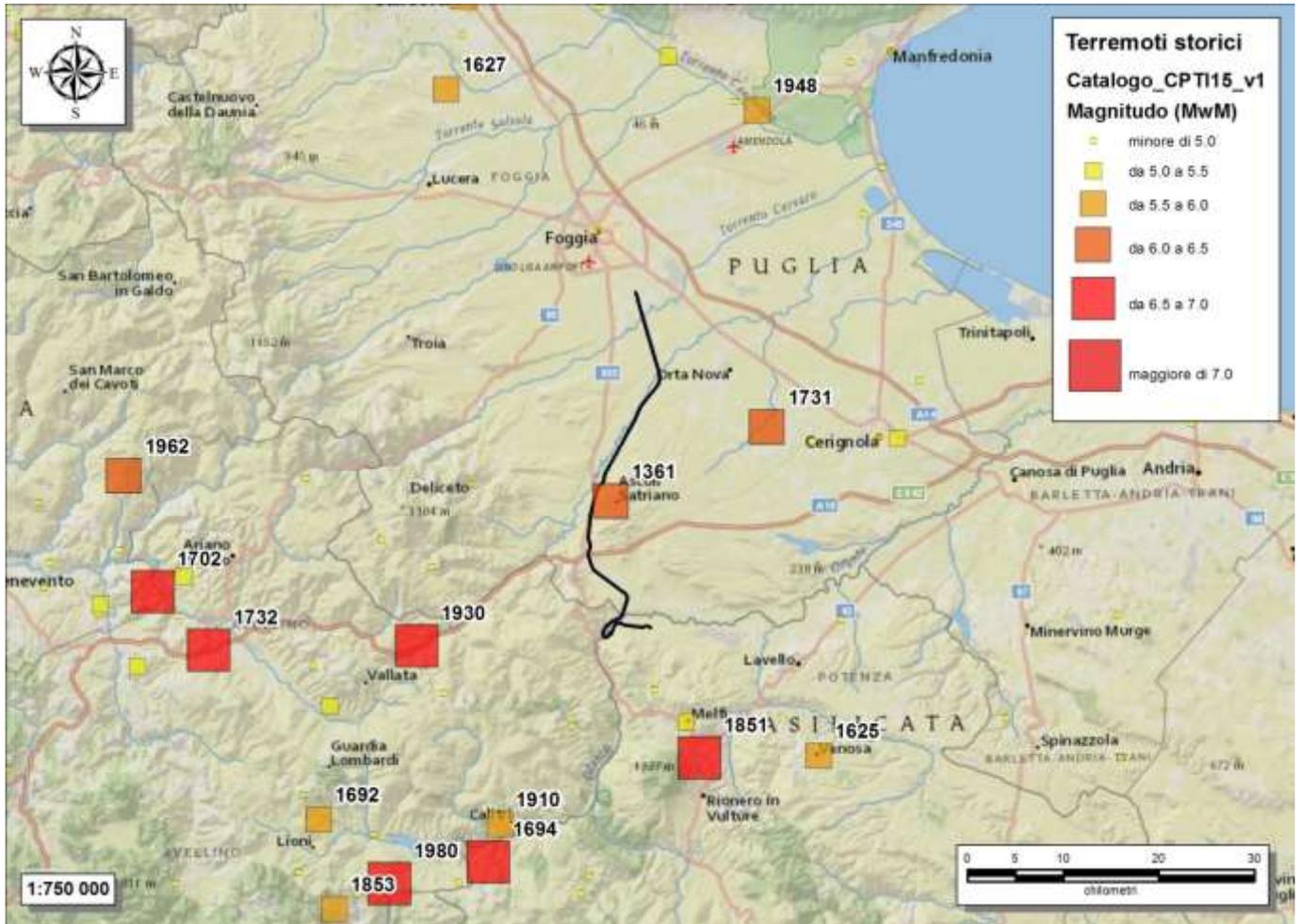


Figura 8 – Ubicazione dei principali terremoti storici che hanno interessato l’area di studio (da catalogo CPTI15). In colore nero è riportata la tratta ferroviaria di interesse.

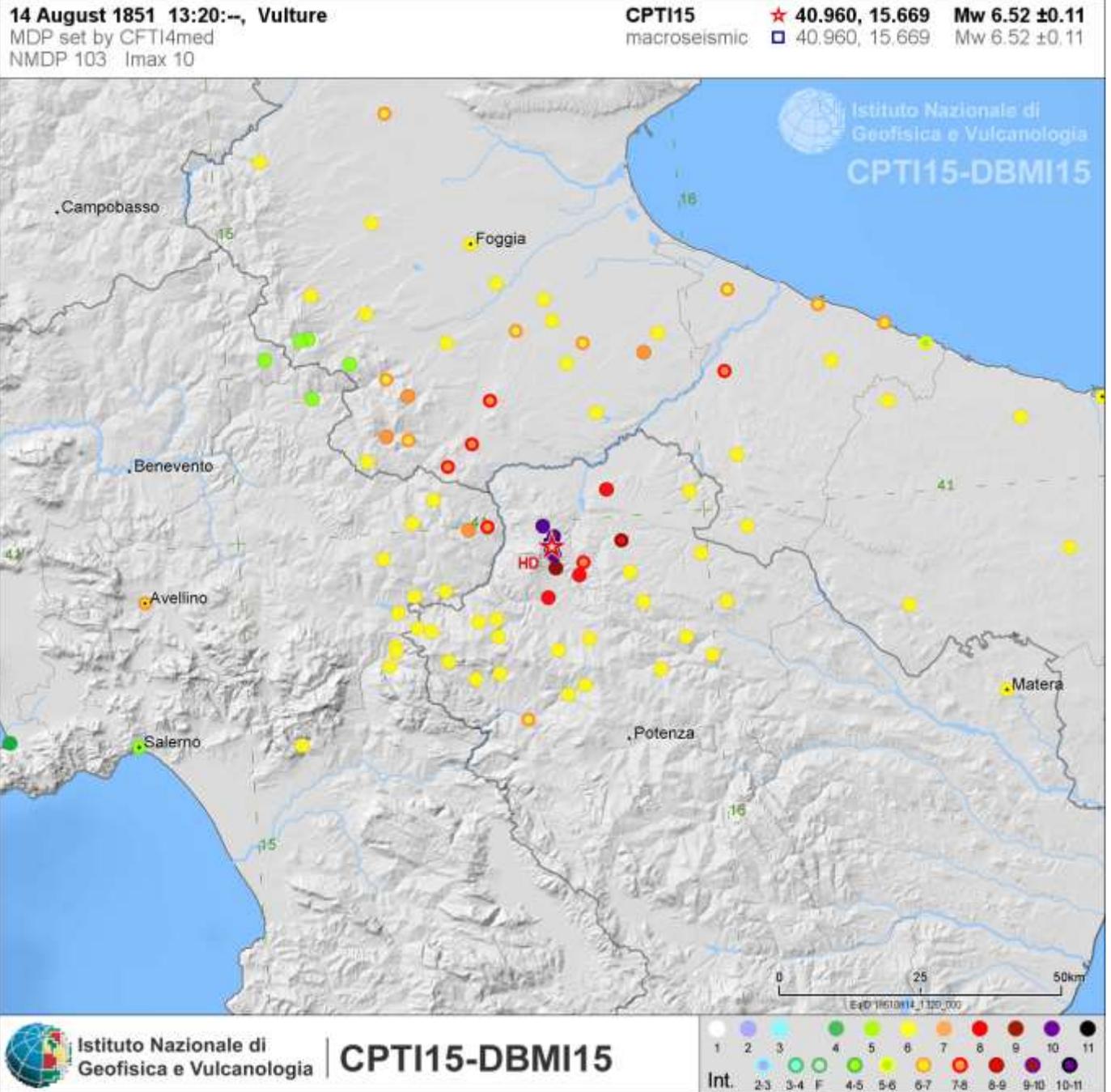


Figura 9 – Distribuzione del danneggiamento prodotto dal terremoto del 1851 (Vulture) di magnitudo pari a 6.5.

10 LOTTO 2

Le analisi condotte e le ricostruzioni degli assetti geologico-strutturali riportati in carta hanno permesso di definire, in maniera commisurata al grado di approfondimento del progetto in corso, il contesto geologico di riferimento e

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 31 di 179

tutti gli elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. Nelle pagine che seguono viene quindi analizzato l'intero settore di intervento, opportunamente suddiviso in tratti omogenei relativi alle differenti opere in esame. Per ogni singolo tratto, in particolare, vengono descritte tutte le principali caratteristiche geologiche *s.l.* e gli aspetti più salienti ai fini progettuali.

Nel seguito, si fa quindi esplicito riferimento a quanto riportato nelle apposite cartografie tematiche ed ai profili longitudinali ricostruiti lungo l'asse delle opere in progetto. In particolare, per quanto concerne le unità geologiche presenti nei vari settori di interesse, si riportano direttamente i nomi e le sigle contenute nelle diverse cartografie geologiche realizzate a corredo della presente relazione. Infine, per quanto riguarda gli spessori e l'assetto delle singole unità litostratigrafiche, si fa riferimento ai dati contenuti negli studi bibliografici a disposizione e alle risultanze delle diverse indagini geognostiche appositamente realizzate lungo il tracciato in esame nel corso delle diverse campagne di indagine esplicate.

Di seguito vengono descritti, da Nord verso Sud, i diversi tratti di tracciato, compresi tra le seguenti progressive chilometriche relative al lotto 2 “Linea Potenza-Foggia – Ammodernamento – Sottoprogetto 2 – Elettrificazione, rettificazione di tracciato, soppressione P.L. e consolidamento sede”:

- Settore A: dal km 10+600 al km 18+800;
- Settore B: dal km 23+800 al km 24+800;
- Settore C: dal km 29+400 al km 24+800;
- Settore D: dal km 35+600 al km 40+200;
- Settore E: dal km 42+400 al km 45+800;
- Settore F: dal km 47+900 al km 51+700.

Inoltre, viene descritto il settore di tracciato della linea Rocchetta-S. Nicola di Melfi relativo al lotto 2 “Linea Potenza-Foggia – Ammodernamento – Sottoprogetto 2 – Elettrificazione, rettificazione di tracciato, soppressione P.L. e consolidamento sede”:

- Settore G: dal km 5+100 al km 6+100.

10.1 Settore A (dal km 10+600 al km 18+800)

Tale area ricade nel settore settentrionale dell'area di studio, tra le km 10+600 e 18+800 circa della linea Foggia-Potenza, nel territorio comunale di Foggia e di Ortona.



Foto 1 – Vista panoramica dell’area meridionale del settore A del lotto 2, viabilità di ricucitura per la soppressione del PL km 17+550.

10.1.1 Assetto geologico locale

L’assetto stratigrafico-strutturale dell’area di stretto interesse progettuale è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico effettuato con tutte le informazioni ricavate dalla fotointerpretazione appositamente condotta, dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini di sito esistenti o appositamente realizzate per il presente studio.

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze metamorfiche e sedimentarie di substrato che a successioni clastiche di copertura. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell’area derivano da un’integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle numerose indagini geognostiche a disposizione.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 33 di 179

Nei settori di studio, quindi, sono state individuate e perimetrare cinque unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico. Si sottolinea che seguendo i criteri definiti dal Servizio Geologico (Pasquarè et al. 1992) le successioni sono state suddivise utilizzando Unità Stratigrafiche Convenzionali, talora ulteriormente suddivise in membri con particolare composizione litologica.

10.1.1.1 Unità della Fossa Bradanica

Tale unità è rappresentata da una successione marina plio-pleistocenica, non direttamente affiorante nei settori dell'area di interesse progettuale.

10.1.1.1.1 **Argille Subappennine**

Questa unità non affiora direttamente nel settore di interesse progettuale ma rappresenta il substrato geologico di riferimento dell'intera area di studio. È formata da argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro (**ASP**), in strati da sottili a molto spessi, generalmente poco evidenti e a laminazione pianoparallela, con sottili intercalazioni di argille marnose, sabbie limose e sabbie medio-fini più frequenti verso l'alto stratigrafico; nella parte alta della successione si riconosce una porzione costituita da sabbie limose e limi sabbiosi di colore giallastro e grigio-verdastro, in strati da sottili a spessi, progressivamente passanti a conglomerati poligenici grossolanamente stratificati e ben selezionati. L'unità è composta da depositi costieri, di scarpata superiore e di piattaforma con uno spessore massimo di circa 1000 m, ascrivibili all'intervallo Pliocene medio - Pleistocene inferiore.

10.1.1.2 Unità continentali di copertura

Le successioni continentali quaternarie sono rappresentate da quattro differenti unità geologiche, estesamente affioranti in tutta l'area di intervento come copertura di tutte le sequenze vulcaniche e sedimentarie più antiche.

10.1.1.2.1 **Depositi alluvionali terrazzati**

Tali depositi si rinvencono diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza dei margini dei fondovalle più importanti ed estesi. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bn**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; si rinvencono frequenti lenti di conglomerati poligenici a ciottoli arrotondati, massivi o a stratificazione incrociata, e diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni sabbioso-limose grigiastre. L'unità è composta da depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, ascrivibili al Pleistocene medio – Pleistocene superiore.

10.1.1.2.2 **Depositi alluvionali recenti**

Questa unità si rinviene diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza dei fondovalle dei principali corsi d'acqua dell'area e dei loro affluenti maggiori. È costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bb**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; si rinvencono diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni sabbioso-limose grigiastre. L'unità è rappresentata da depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, riferibili al Pleistocene superiore – Olocene.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 34 di 179

10.1.1.2.3 Depositi alluvionali attuali

Tali depositi si rinvencono in tutta l'area di studio, in corrispondenza dei principali corsi d'acqua e dei loro affluenti maggiori. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche (**ba**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi sono presenti passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate. L'unità è composta da depositi di canale fluviale e argine, ascrivibili all'Olocene.

10.1.1.2.4 Coltri eluvio colluviali

Questa unità si rinviene diffusamente in tutta l'area di interesse progettuale, come copertura di tutte le unità geologiche più antiche. Si tratta di argille limose e limi argillosi di colore marrone e nerastro (**b2**), privi di struttura, con abbondanti resti vegetali e locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; talora si rinvencono limi sabbiosi e sabbie limose di colore marrone e giallastro, prive di struttura, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate. L'unità è formata da depositi di versante e di alterazione del substrato, interamente ascrivibili all'Olocene.

10.1.2 Assetto geomorfologico locale

L'evoluzione geomorfologica dell'area ed i principali elementi morfologici presenti sul territorio sono direttamente connessi con il deflusso delle acque correnti superficiali e con l'evoluzione morfologica dei principali sistemi fluviali. In particolare, il deflusso idrico lungo la piana alluvionale del T. Cervaro rappresenta il principale fattore morfogenetico del territorio e, quindi, la causa di accumulo di depositi alluvionali in *facies* di canale, piana inondabile e conoide.

Dal punto di vista morfologico, si tratta di un territorio sub-pianeggiante, caratterizzato da diverse superficie terrazzate poste a quote variabili sui fondovalle attuali. Nel complesso la spessa copertura alluvionale conferisce al settore di interesse un andamento piuttosto regolare e blandamente immergente verso NE. Le superfici terrazzate degradano in direzione del fondovalle del T. Cervaro e del T. Carapelle, che rappresentano i principali assi di drenaggio superficiale dell'intera area di studio.

Il settore meridionale dell'area di studio si colloca al margine della piana alluvionale in una zona di raccordo con le principali dorsali collinari. In tale settore sono presenti conoidi alluvionali con stato quiescente, che intercettano direttamente le opere in progetto del lotto in esame. Tali elementi, in virtù della ridotta intensità e degli spessori generalmente contenuti, non costituiscono elementi di rilevante criticità geomorfologica per le opere in progetto.

In particolare, secondo quanto riportato nelle cartografie tematiche del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico della Autorità di Bacino della Puglia solo nel settore meridionale sono presenti alcune interferenze dirette tra areali di pericolosità **PG1** (media o moderata) e il tracciato di progetto (cfr. figure seguenti). Questo areale è caratterizzato da una serie di conoidi alluvionali quiescenti di modeste dimensioni, essenzialmente connesse al deflusso delle acque correnti superficiali provenienti dal margine del terrazzo alluvionale. In particolare, solo la viabilità di ricucitura del PL al km 17+550 risulta interessata da tale areale attraversando direttamente la parte bassa di una conoidi alluvionale.

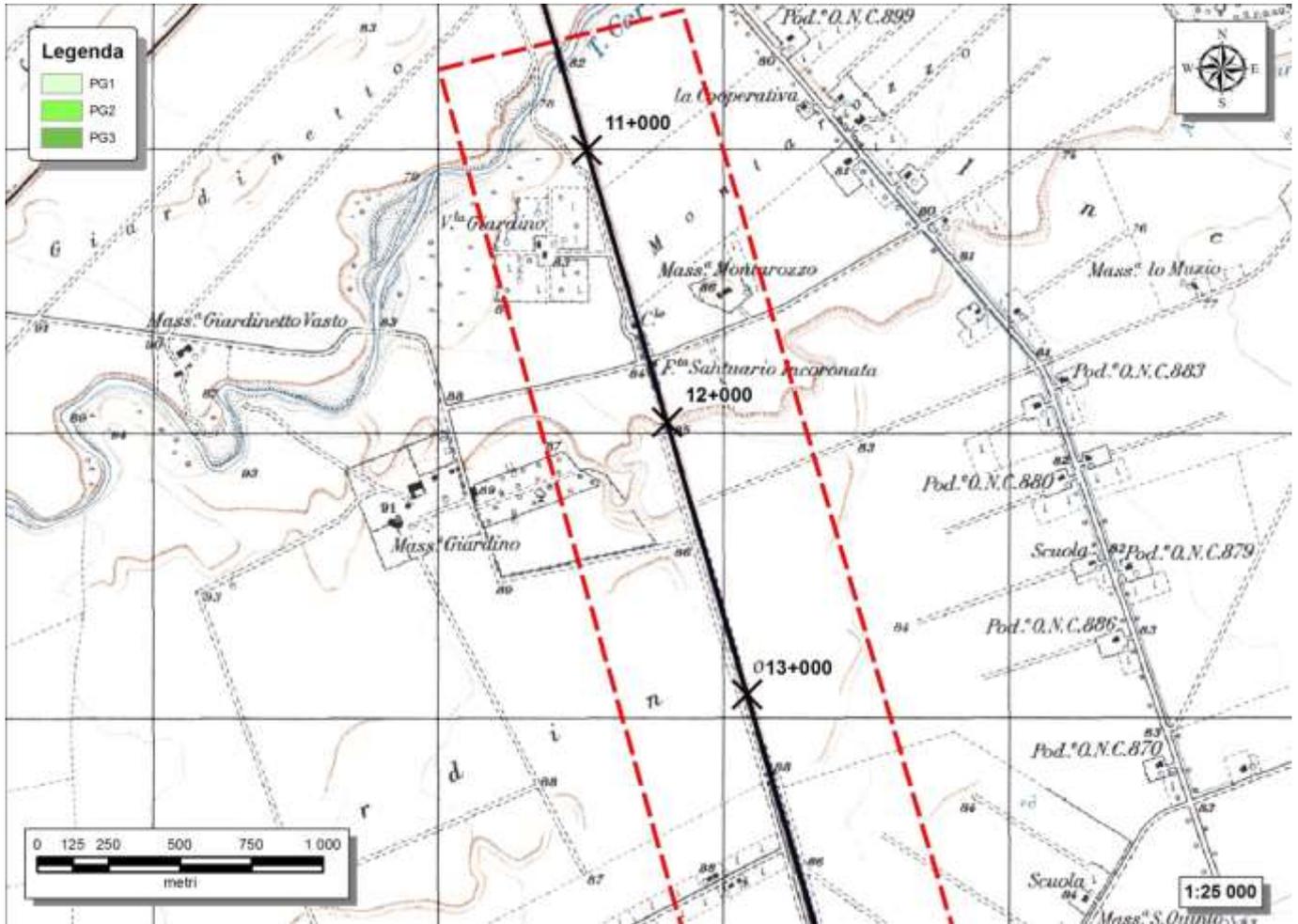


Figura 10 - Stralcio della carta della pericolosità tratto dal Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino della Puglia (2005, aggiorn. 2016), con individuazione dell’area settentrionale del Settore A.

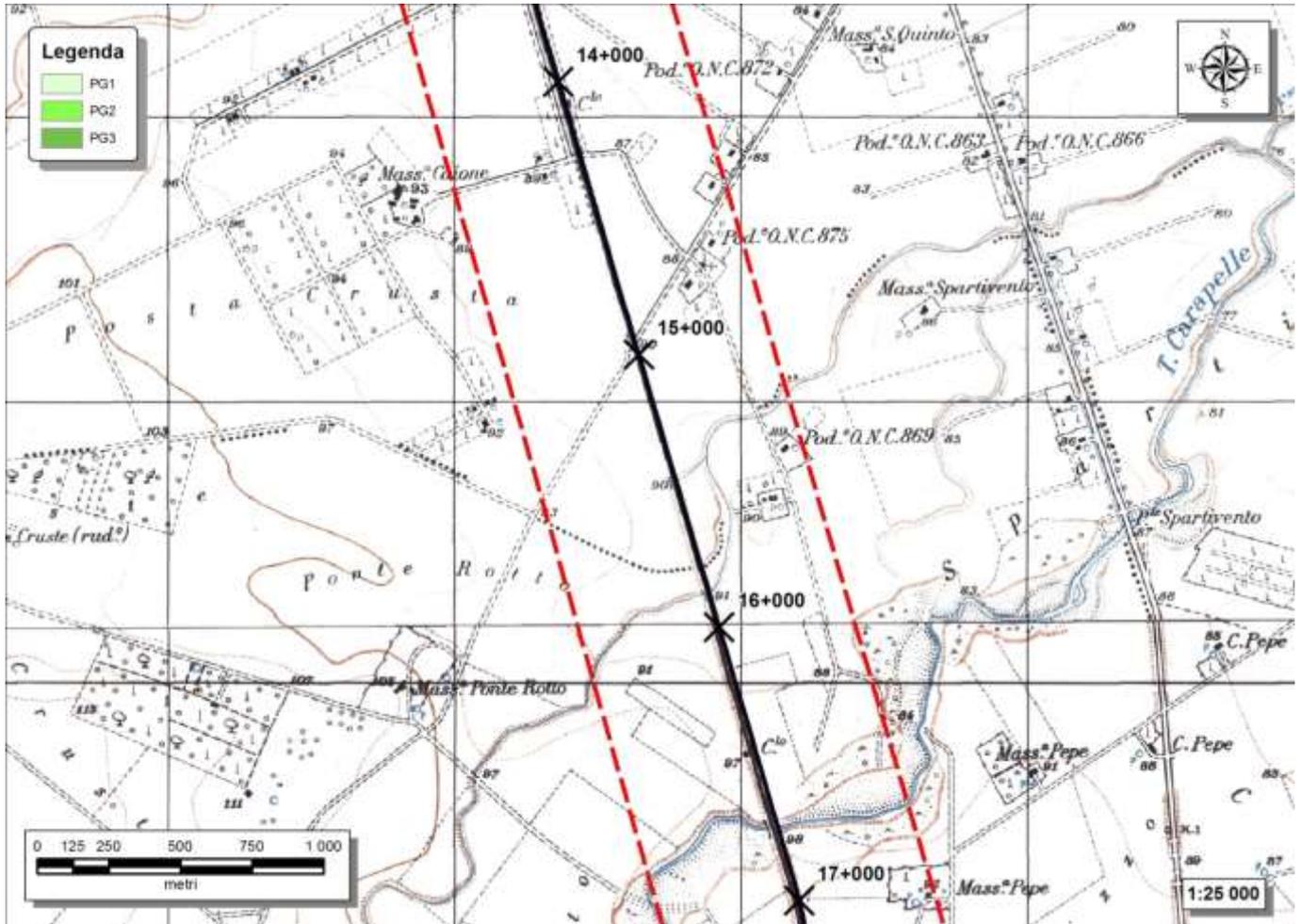


Figura 11 - Stralcio della carta della pericolosità tratto dal Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino della Puglia (2005, aggiorn. 2016), con individuazione dell’area centrale del Settore A.

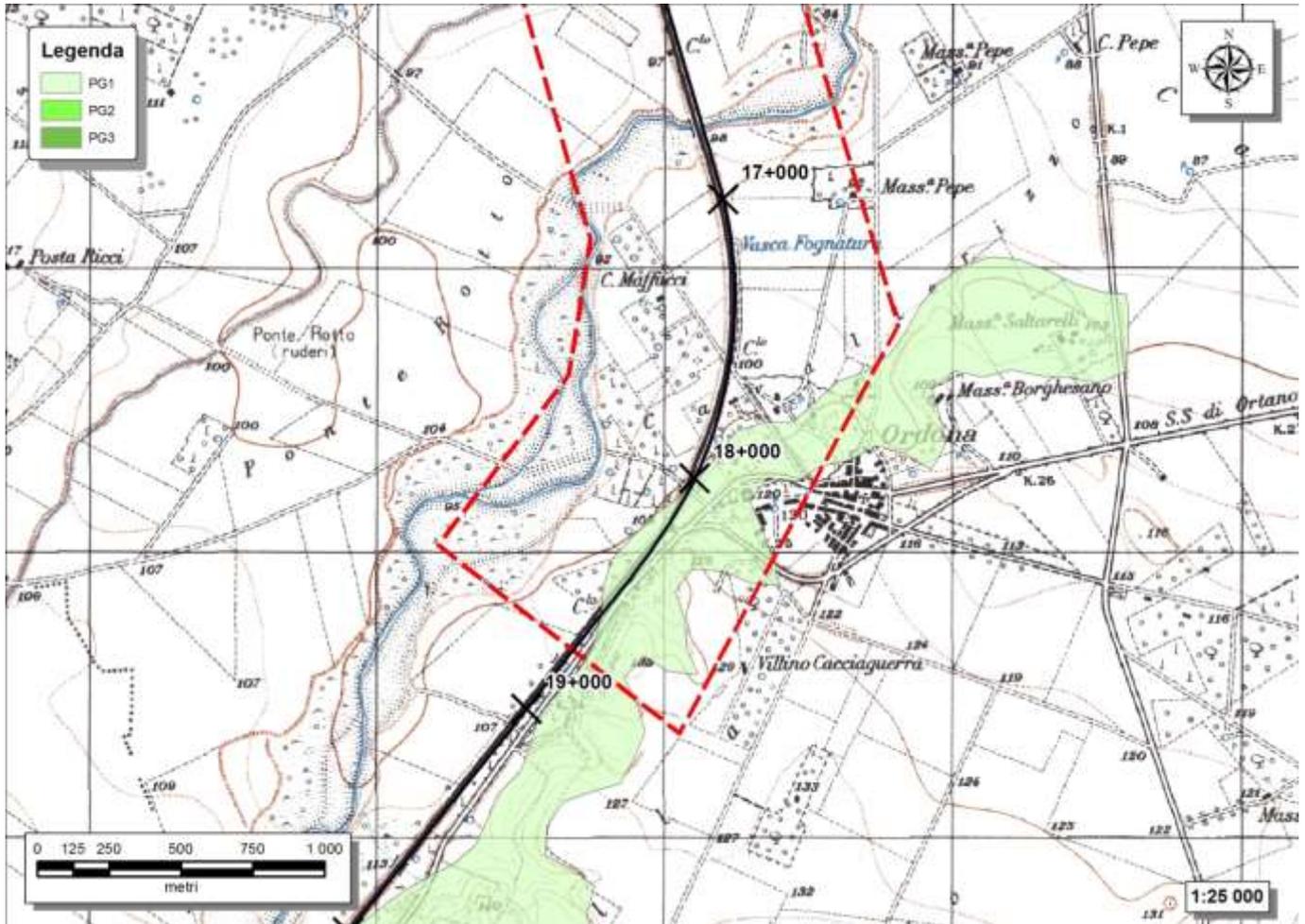


Figura 12 - Stralcio della carta della pericolosità tratto dal Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino della Puglia (2005, aggiorn. 2016), con individuazione dell’area meridionale del Settore A.

10.1.3 Assetto idrogeologico locale

L’approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche dell’area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologico-strutturali a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella vasta letteratura scientifica riguardante l’area.

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato, ove possibile, con le prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre, i dati piezometrici reperiti e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo di alcuni settori caratteristici dell’area di studio.

Infine, lo studio geologico condotto ha permesso di definire lo stato di alterazione/fessurazione degli ammassi rocciosi e le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell’area di studio.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 38 di 179

10.1.3.1 Complessi idrogeologici

Nell'area in esame sono stati individuati tre complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area in esame.

10.1.3.1.1 **Complessi delle unità di substrato**

Questo gruppo è rappresentato da un singolo complessi idrogeologici, costituito da successioni sedimentarie meso-cenozoiche.

10.1.3.1.1.1 *Complesso argilloso-marnoso*

Al complesso in esame sono riferiti i depositi essenzialmente pelitici della successioni sedimentaria **ASP**. È costituito da argille limose e limi argillosi massivi o sottilmente stratificati (**CAM**), con locali intercalazioni di siltiti, argille marnose, sabbie limose e sabbie medio-fini; sono inoltre presenti argille, argille marnose e marne in strati generalmente sottili, con sporadici passaggi di calcari marnosi, calcilutiti e calcareniti bioclastiche e rare intercalazioni di diaspri, arenarie e microconglomerati.

I presenti depositi costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di importanza significativa. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-9} < k < 1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

10.1.3.1.2 **Complessi dei terreni di copertura**

Il presente gruppo è rappresentato da due complessi idrogeologici, essenzialmente costituiti da depositi fluviali sedimentari quaternari.

10.1.3.1.2.1 *Complesso fluvio-lacustre*

Il presente complesso è rappresentato dai depositi alluvionali, lacustri e palustri delle unità **ba**, **bb**, e **bn**. Si tratta di conglomerati poligenici a ciottoli arrotondati (**CFL**), massivi o a stratificazione incrociata, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; sono presenti abbondanti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; talora si rinvencono argille limose e limi argillosi a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni limoso-sabbiose e rari passaggi torbosi.

Questi depositi costituiscono acquiferi porosi particolarmente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, principalmente per porosità, è variabile da bassa ad alta. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-1}$ m/s.

10.1.3.1.2.2 *Complesso detritico-colluviale*

Al complesso in questione vengono riferiti i terreni di copertura dell'unità continentale **b2**. È costituito da ghiaie e ciottoli fortemente eterometrici (**CDC**), da angolosi a sub-angolosi, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da

scarsa ad abbondante; si rinvennero diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi privi di struttura, con frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; sono inoltre presenti argille limose e limi argillosi privi di struttura, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e abbondanti resti vegetali.

Tali litotipi costituiscono acquiferi porosi fortemente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa ad alta, in funzione della classe granulometrica prevalente. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

10.1.3.2 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove relative al settore A del Lotto 2: Linea Foggia-Potenza, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e dei relativi complessi idrogeologici di appartenenza, distinti per campagna indagine.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S1	PP1	Lefranc	7.5 – 9.0	8.26E-07	CFL

Tabella 2 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IAZU00R-2013, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S2	CV	Lefranc	6.0 - 7.0	3.76E-03	CFL
S3	CV	Lefranc	9.0 - 10.0	8.94E-04	CFL
S5	CV	Lefranc	13.0 - 14.0	6.76E-06	CFL
S9	CV	Lefranc	11.0 - 12.0	6.56E-04	CFL

Tabella 3 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IA0X00D-2014, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S36	LF_01	Lefranc	4.2 - 6.5	5.79E-04	CFL
S37	LF_01	Lefranc	4.1 - 5.5	3.87E-02	CFL
S38	LF_01	Lefranc	4.1 - 6.0	3.99E-04	CFL
S40	LF_01	Lefranc	4.2 - 5.8	2.44E-05	CFL
S43	LF_01	Lefranc	4.2 - 6.0	5.89E-05	CFL

Tabella 4 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IA4J11E-2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S10	LF_01	Lefranc	2.7 - 5.0	1.67E-06	CFL
S10	LF_02	Lefranc	13.2 - 15.5	5.28E-06	CFL
S2	LF_01	Lefranc	3.1 - 4.8	1.14E-05	CFL

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S2	LF_02	Lefranc	14.6 - 17.3	1.59E-05	CFL
S3	LF_01	Lefranc	2.8 - 4.7	3.23E-06	CFL
S3	LF_02	Lefranc	13.1 - 15.4	5.77E-06	CFL
S4	LF_01	Lefranc	4.1 - 6.2	1.94E-05	CFL
S4	LF_02	Lefranc	13.1 - 16.5	4.71E-05	CAM
S5	LF_01	Lefranc	4.2 - 6.2	4.34E-06	CFL
S5	LF_02	Lefranc	14.5 - 16.7	1.14E-05	CAM
S7	LF_01	Lefranc	2.5 - 4.1	6.29E-06	CFL
S7	LF_02	Lefranc	14.7 - 16.4	6.55E-04	CFL
S8	LF_01	Lefranc	2.5 - 5.0	1.07E-05	CFL
S8	LF_02	Lefranc	14.8 - 16.8	2.52E-06	CAM
S9	LF_01	Lefranc	5.7 - 7.8	1.71E-02	CFL
S9	LF_02	Lefranc	14.7 - 17.9	8.29E-07	CFL

Tabella 5 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica L2-2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

10.1.4 Sismicità

Nelle tabelle seguenti sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15) al fine di documentare la storia sismica dei centri abitati di Foggia e Ortona (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Foggia

[41.462, 15.545]

Numero eventi: 84

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
6		1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
7-8		1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6.66
7-8		1646 05 31	Gargano	35	10	6.72
6		1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
9		1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
F		1731 05 10 05 20	Costa pugliese centrale	3	5-6	4.4
6-7		1731 10 17 11	Tavoliere delle Puglie	6	6-7	4.86
6-7		1739 02 12 21 30	Tavoliere delle Puglie	5	5-6	4.4
6		1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
4-5		1821 11 22 01 15	Costa molisana	9	7-8	5.59
6-7		1841 02 21	Gargano	13	6-7	5.17

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
F	1846	08 08	Potentino	13	6-7	5.18
6	1851	08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
F	1851	08 14 14 40	Vulture	10	7-8	5.48
4-5	1852	12 09 21 15	Gargano	12	5	4.31
3	1853	04 09 12 45	Irpinia	47	8	5.6
6	1857	12 16 21 15	Basilicata	340	11	7.12
3	1858	05 24 09 20	Tavoliere delle Puglie	13	4-5	4.35
F	1864	04 05 19 30	Gargano	3	4	3.7
2	1873	03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8	5.85
7	1875	12 06	Gargano	97	8	5.86
NF	1882	06 06 05 40	Isernino	50	7	5.2
NF	1887	12 03 03 45	Calabria settentrionale	142	8	5.55
5	1889	12 08	Gargano	122	7	5.47
2	1892	06 06	Isole Tremiti	68	6	4.88
F	1893	01 25	Vallo di Diano	134	7	5.15
2	1893	08 10 20 52	Gargano	69	8	5.39
NF	1894	03 25	Gargano	27	6-7	4.9
4	1895	08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5.11
F	1897	05 28 22 40 02.00	Ionio	132	6	5.46
5	1900	12 23 22 30	Gargano	20	5	4.37
2-3	1904	04 08 08 22	Gargano	27	6	4.75
5	1905	08 18 04 07	Tavoliere delle Puglie	41	5	4.61
3	1905	09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
3-4	1905	11 26	Irpinia	122	7-8	5.18
3-4	1908	09 16 20 15	Gargano	14	3-4	3.72
5-6	1910	06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
5	1912	07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55
4	1913	10 04 18 26	Molise	205	7-8	5.35
4-5	1915	01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
F	1916	05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
5-6	1919	10 21 00 24	Gargano	24	5-6	5.03
NF	1919	10 22 06 10	Anzio	142	6-7	5.22
3	1923	11 08 12 28	Appennino campano-lucano	28	6	4.73
3	1925	07 28 03 33	Tavoliere delle Puglie	6	5	4.2
4	1925	08 25 05 10	Gargano	14	5	4.92

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
6	1930 07 23 00 08	Irpinia		547	10	6.67
3	1930 10 30 07 13	Senigallia		268	8	5.83
3	1931 05 10 10 48 55.00	Irpinia		43	5-6	4.64
4	1931 12 03 09 32	Tavoliere delle Puglie		12	6	4.59
4	1932 03 30 09 56 26.00	Bassa Murgia		28	5	4.54
3	1933 03 07 14 39	Irpinia		42	6	4.96
3	1933 09 26 03 33 29.00	Maiella		325	9	5.9
3	1937 12 15 21 25	Tavoliere delle Puglie		16	4-5	4.58
7	1948 08 18 21 12 20.00	Gargano		58	7-8	5.55
NF	1948 12 31 03 32	Monti Reatini		95	8	5.42
5	1951 01 16 01 11	Gargano		73	7	5.22
5	1956 09 22 03 19 39.00	Gargano		57	6	4.64
5	1962 01 19 05 01 25.00	Gargano		31	5	4.42
5	1962 08 21 18 19	Irpinia		562	9	6.15
5	1967 06 17 15 42 58.00	Gargano		16	5	4.46
6	1975 06 19 10 11	Gargano		61	6	5.02
5-6	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata		1394	10	6.81
3-4	1981 11 29 05 06 45.00	Potentino		14	5	4.51
3	1982 03 21 09 44 01.59	Golfo di Policastro		125	7-8	5.23
NF	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale		709	7	5.62
4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta		912	8	5.86
4	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta		342	7	5.47
3-4	1988 04 26 00 53 43.83	Adriatico centrale		78		5.36
3-4	1989 03 11 21 05	Gargano		61	5	4.34
2-3	1990 02 01 06 24 14.15	Isole Tremiti		27		4.43
NF	1990 02 18 20 10 48.71	Adriatico centrale		46		4.24
4-5	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino		1375		5.77
3-4	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino		597	7	5.08
2	1992 11 05 13 34 27.86	Gargano		32	5	4.34
5	1995 09 30 10 14 33.86	Gargano		145	6	5.15
4	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia		557	6	4.9
3	2001 07 02 10 04 43.18	Tavoliere delle Puglie		60	5	4.26
4-5	2002 11 01 15 09 01.92	Molise		638	7	5.72
NF	2003 06 01 15 45 18.04	Molise		501	5	4.44
3-4	2003 12 30 05 31 38.26	Molise		326	4-5	4.53

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
4-5	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64
NF	2006 10 04 17 34 20.50	Adriatico centrale	98	4-5	4.3
NF	2006 12 10 11 03 41.57	Adriatico centrale	54		4.48

Tabella 6 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Foggia (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

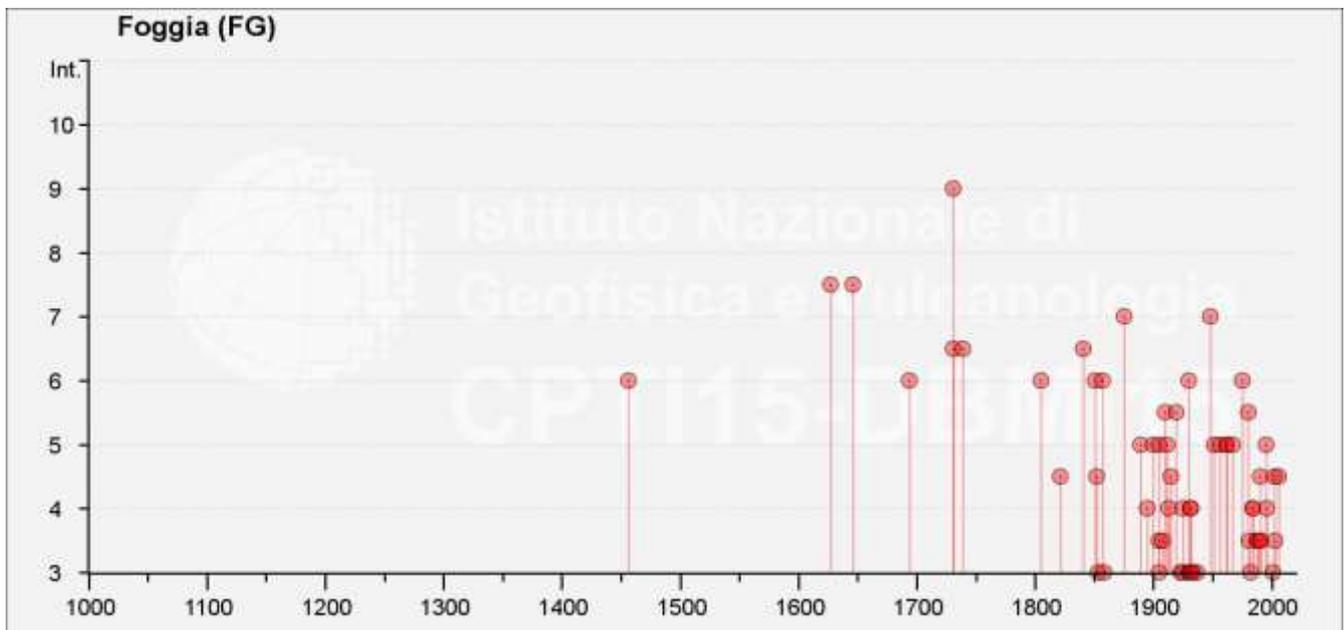


Figura 13 – Grafico illustrante la storia sismica di Foggia. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Ortona

[41.315, 15.628]

Numero eventi: 15

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
6-7	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
6-7	1948 08 18 21 12 20.00	Gargano	58	7-8	5.55
5	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1988 04 26 00 53 43.83	Adriatico centrale	78		5.36
2	1992 11 05 13 34 27.86	Gargano	32	5	4.34
5	1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	145	6	5.15
2	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
4-5	1998 04 07 21 36 55.30	Valle dell'Ofanto	45	5	4.31
4-5	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
NF	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4.44
2	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53
NF	2004 09 03 00 04 12.75	Potentino	156	5	4.41
4-5	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64
3	2006 10 04 17 34 20.50	Adriatico centrale	98	4-5	4.3
NF	2006 12 10 11 03 41.57	Adriatico centrale	54		4.48

Tabella 7 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Ortona (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); I_o intensità massima (MCS); M_w magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

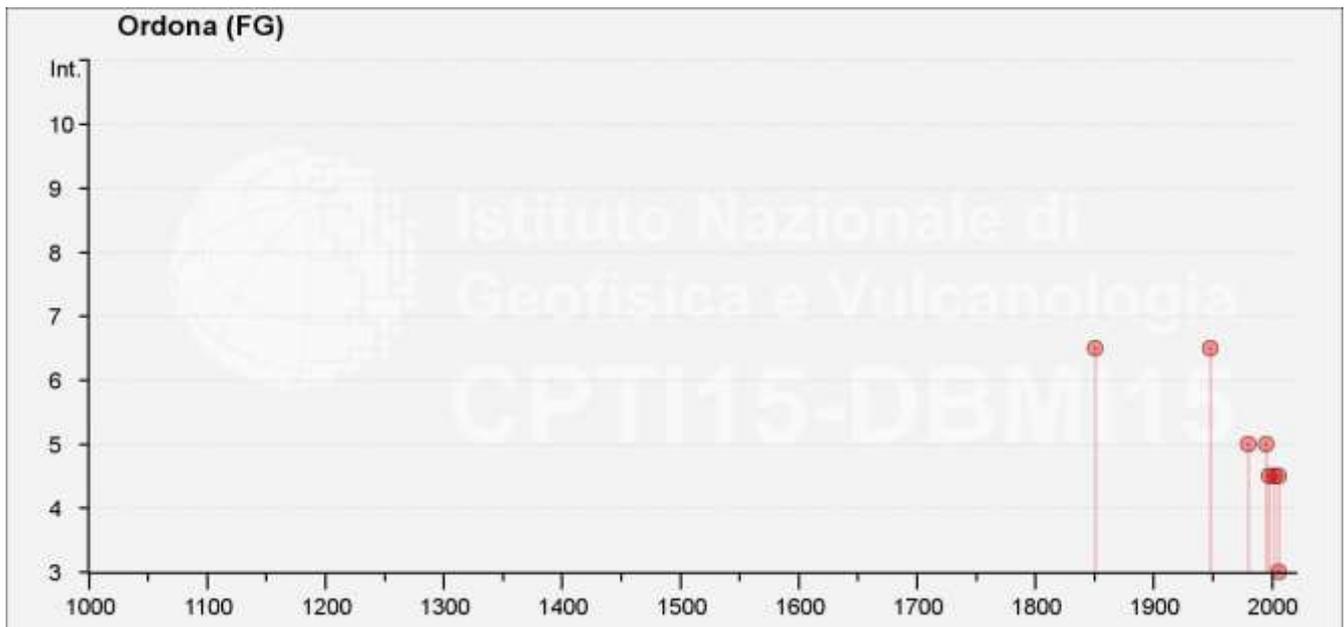


Figura 14 – Grafico illustrante la storia sismica di Ortona. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

10.1.4.1 Sismicità attuale

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia. Secondo tale normativa, i comuni di Foggia e Ortona (FG) ricadono in **Zona sismica 2**, ossia aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici abbastanza forti.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 45 di 179

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC. Detto studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.

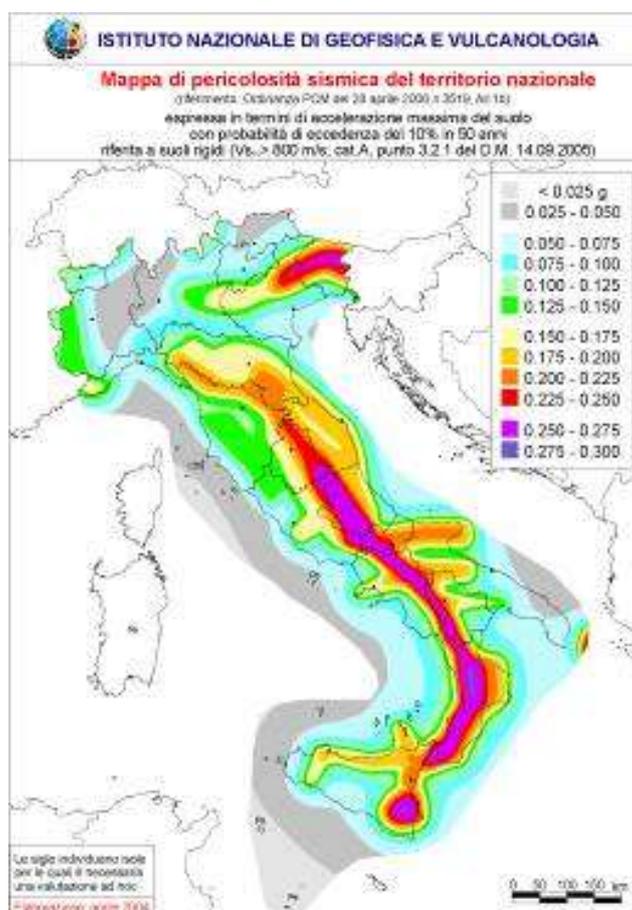


Figura 15 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, infatti, numerose situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici in un breve arco di territorio.

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono sempre continue e graduali. Successivamente verrà quindi mantenuta la classificazione del territorio nazionale in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 46 di 179

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (cfr. figura seguente). Nello specifico, per il settore di studio i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.125-0.200 a_g (accelerazione massima del suolo).

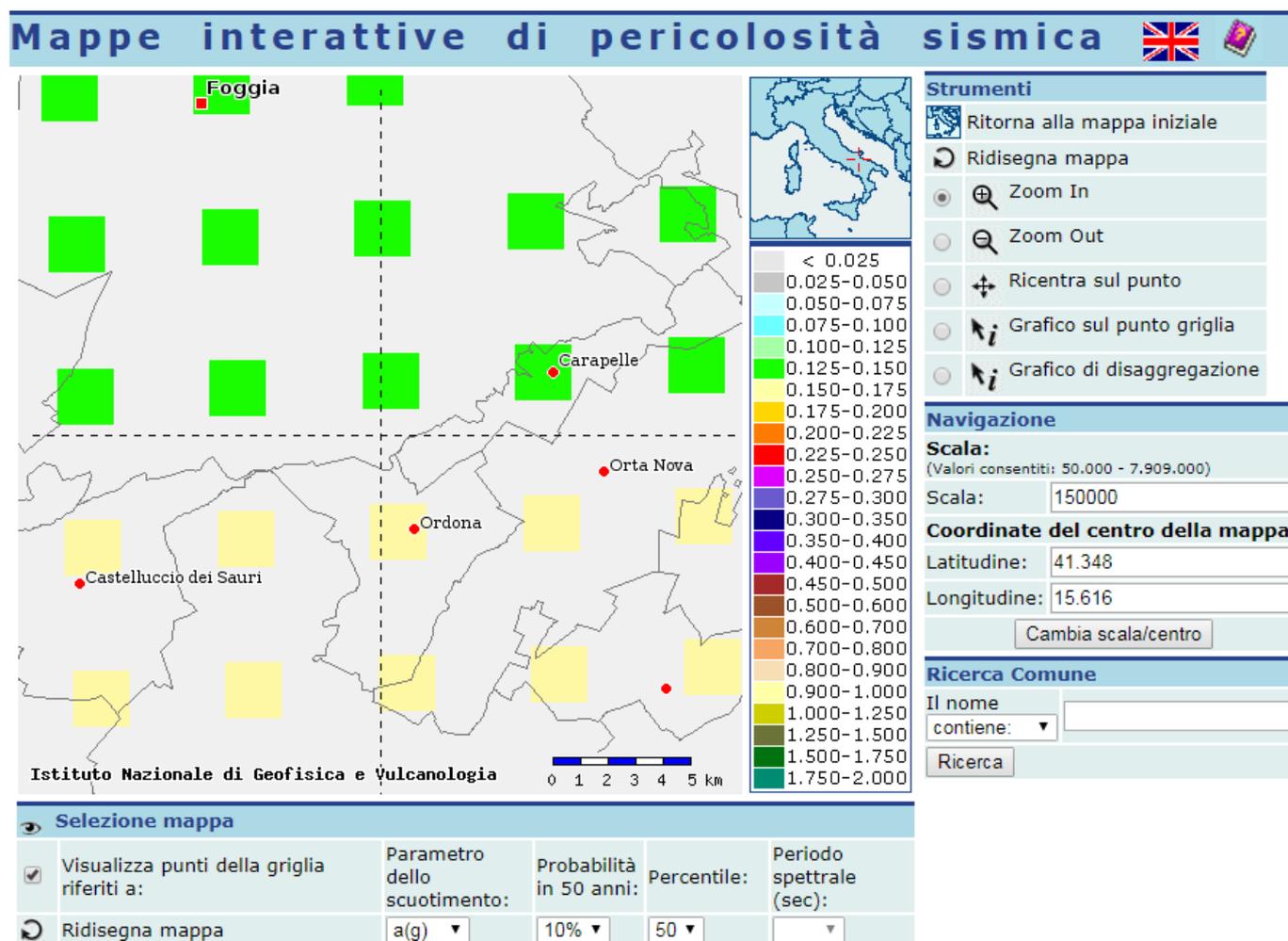


Figura 16 – Mappa interattiva di pericolosità sismica per il settore di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Infine, il database del progetto ITHACA (*Italy HAZard from Capable faults*) riporta la presenza di alcune faglie capaci nell'area di studio, ovvero di elementi tettonici attivi che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. In particolare, nell'area di studio sono presenti diversi elementi tettonici di una certa rilevanza, relativi sia ai domini di catena che a quelli di avanfossa.

Dei suddetti elementi tettonici, due interessano direttamente il tracciato ferroviario nella tratta più settentrionale, in corrispondenza delle chilometriche 17+200 e 23+800 circa, mentre un altro si colloca nelle immediate vicinanze, all'altezza del confine regionale tra Puglia e Basilicata. Ad ogni modo, in relazione alle caratteristiche sismo-tettoniche dell'area appenninica, anche gli elementi strutturali che non interessano direttamente i settori di

intervento rappresentano degli elementi di potenziale criticità per le opere, essendo in grado di produrre eventi sismici di una certa rilevanza e con sicuro risentimento nelle zone di stretto interesse progettuale.

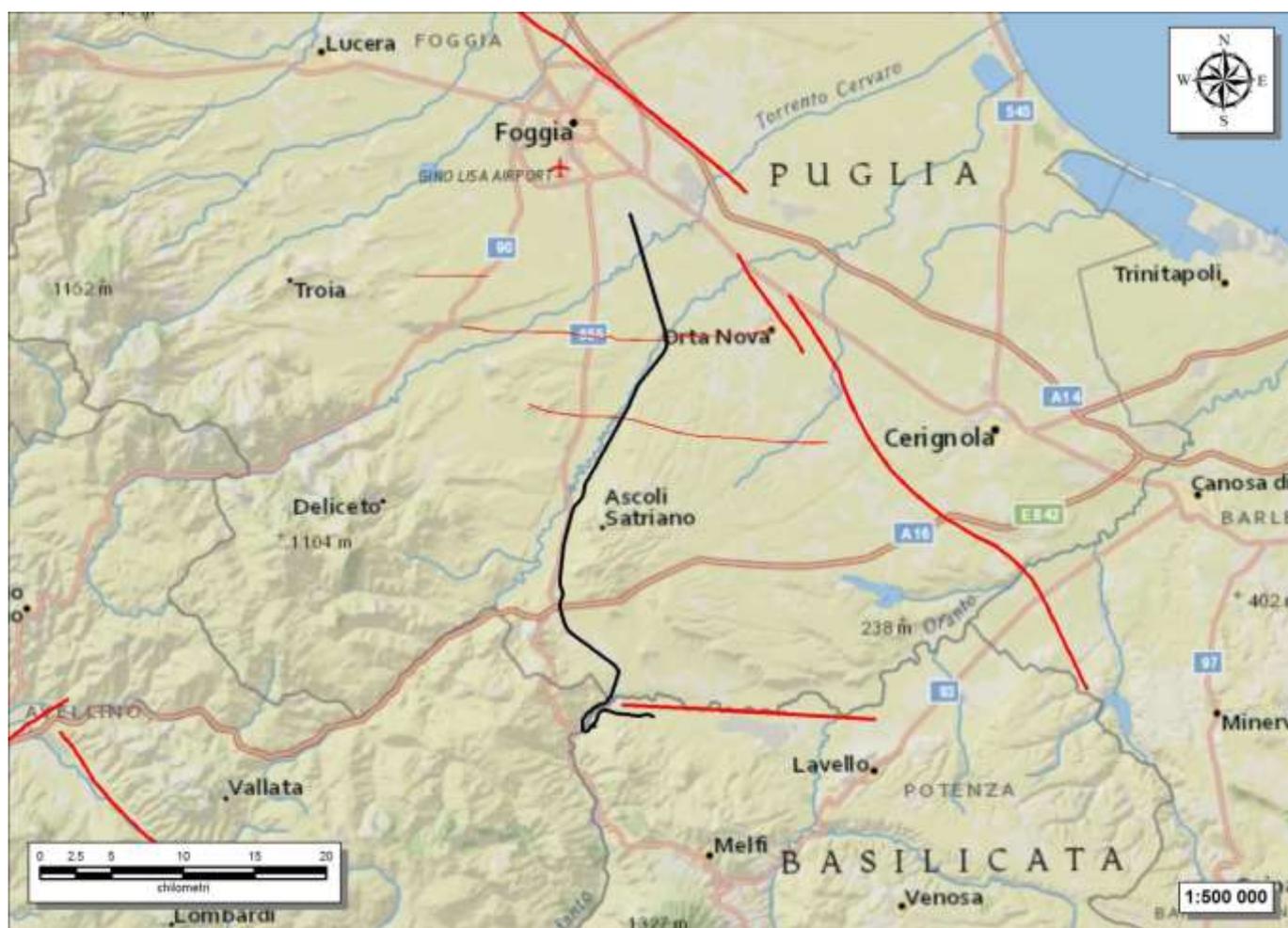


Figura 17 – Stralcio cartografico dell'area di studio con indicazione della tratta ferroviaria di progetto (in nero) e delle faglie capaci (in rosso) (<http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>).

10.1.4.2 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

**LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO****LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	48 di 179

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'*input* sismico in termini di variazione del contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475. I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

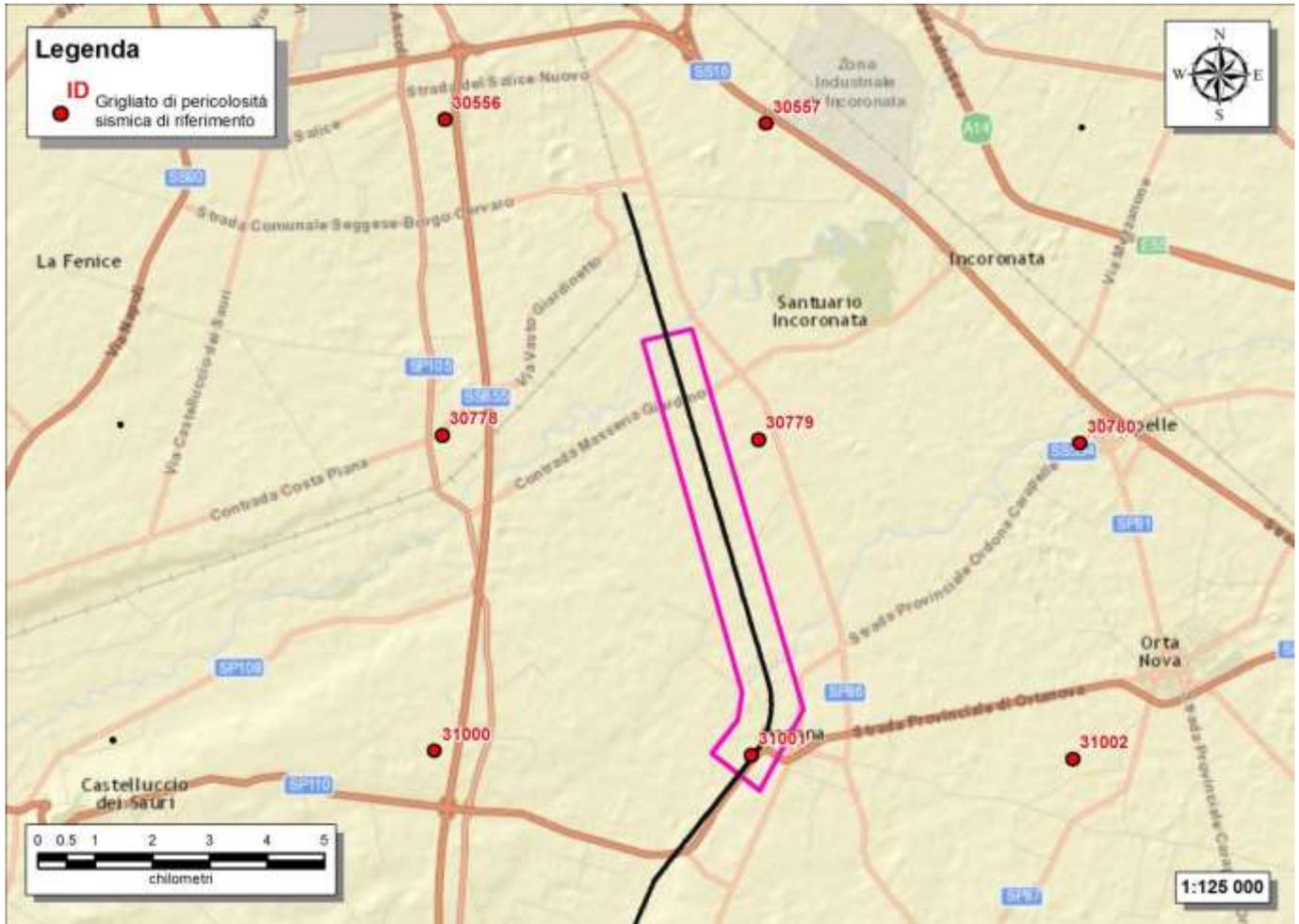


Figura 18 – Griglia di riferimento per il settore A dell’area di studio, con individuazione del tracciato ferroviario (in nero), dell’area di interesse progettuale (in magenta) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
31000	15.554	41.316	0.1529	2.57	0.43
30778	15.556	41.366	0.1373	2.63	0.45
30556	15.557	41.416	0.1317	2.63	0.45
31001	15.62	41.315	0.1526	2.57	0.43
30779	15.622	41.365	0.1369	2.62	0.45
30557	15.624	41.415	0.1312	2.63	0.45
31002	15.687	41.314	0.1525	2.56	0.43
30780	15.689	41.364	0.1367	2.62	0.44

Tabella 8 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 50 di 179

10.1.4.3 Categoria di sottosuolo

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale. La Nuova Normativa Tecnica per le Costruzioni prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 17/01/2018 – Capitolo 3.2), la determinazione del valore $V_{S,30}$, inteso come velocità media di propagazione delle onde di taglio (S) entro i primi 30 m di profondità, al di sotto del piano di fondazione.

Sulla scorta dei dati a disposizione, tale determinazione è stata effettuata attraverso indagini di tipo geofisico, quali prove *down-hole* e prospezioni sismiche MASW, che forniscono indicazioni dirette relativamente al valore di $V_{S,30}$. Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

- **A:** ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{S,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m;
- **B:** rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- **C:** depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- **D:** depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina);
- **E:** terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{S,30} > 800$ m/s).

La norma differenzia altre due categorie di terreni che necessitano di studi speciali per la definizione dell'azione sismica:

- **S1:** depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{S,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche;
- **S2:** depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nell'ambito del presente studio, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione delle prove MASW e Down-Hole disponibili nei settori di intervento o appositamente realizzate durante la presente fase progettuale. Nelle tabelle seguenti si riporta una sintesi delle prove effettuate, contenente i valori di $V_{S,30}$ determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.

Sigla	Tipologia	Lunghezza m	Vs30 m/s	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
M01	MASW	60	541	B	bb/bn

Sigla	Tipologia	Lunghezza <i>m</i>	Vs30 <i>m/s</i>	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
M02	MASW	60	724	B	bb/bn/ASP
M03	MASW	60	751	B	bb/bn/ASP
M04	MASW	60	359	C	bb/bn/ASP
M05	MASW	60	388	B	bb/bn/ASP

Tabella 9 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013.

Sigla	Tipologia	Lunghezza <i>m</i>	Vs30 <i>m/s</i>	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
S3	Down-Hole	30	335	C	bb/bn
S5	Down-Hole	30	272	C	bb/bn/ASP
S9	Down-Hole	30	330	C	bb/bn/ASP

Tabella 10 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini IA0X00D-2014.

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche a disposizione, i terreni presenti nelle aree di intervento possono essere caratterizzati con categorie di sottosuolo comprese tra una **Categoria di sottosuolo C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*). e una **Categoria di sottosuolo B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*).

10.1.5 Campagna di indagine

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate tutte le indagini geognostiche disponibili e appositamente realizzate nel settore di territorio interessato dagli interventi in progetto. L'intero *set* di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione alla specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

Nel corso del complesso *iter* progettuale sino ad oggi espletato, si sono succedute differenti campagne di indagini geognostiche, nelle quali sono state realizzate sia indagini dirette che indirette. Nel settore A del lotto 2 complessivamente sono state analizzate le seguenti indagini di sito:

- n. 21 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 10 non attrezzati, 5 strumentati con piezometro e 6 attrezzati per sismica in foro;
- n. 1 prova penetrometrica dinamica;
- n. 3 prove geoelettriche;
- n. 5 prove MASW.

Il numero totale dei campioni di roccia e terreno prelevati è di 62, mentre quello delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio è di 104.

10.1.5.1 Sondaggi geognostici

Di seguito vengono elencati tutti i sondaggi geognostici eseguiti nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk della tratta Foggia-Potenza, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, strumentazione, profondità, numero dei campioni, numero prove SPT, numero prove Lefranc/Lugeon).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota <i>m s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S1	18+213	551941	4573850	103.9	piezometro	30.0	0	10	1
Totale							0	10	1

Tabella 11 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota <i>m s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S2	11+741	550642	4580070	84.2	piezometro	30.0	4	4	1
S3	11+776	550665	4580040	84.5	sismica in foro	30.0	4	4	1
S5	14+925	551570	4577024	88.8	sismica in foro	30.0	4	4	1
S9	17+563	552146	4574468	98.3	sismica in foro	30.0	2	4	1
Totale							14	16	4

Tabella 12 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IA0X00D-2014, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota <i>m s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S36	10+615	550336	4581154	82.9	non attrezzato	10.0	3	2	1
S37	12+831	550960	4579027	85.6	non attrezzato	10.0	1	2	1
S38	13+713	551207	4578181	86.6	non attrezzato	10.0	1	2	1
S40	16+446	551972	4575557	96.0	non attrezzato	10.0	2	2	1
S43	18+769	551583	4573421	105.3	non attrezzato	10.0	2	2	1
SH39	15+861	551812	4576119	90.8	non attrezzato	11.0	2	0	0
SH40	16+797	552087	4575225	94.3	non attrezzato	14.4	2	0	0
SH42	17+845	552077	4574196	99.9	non attrezzato	15.0	1	0	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota <i>m s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
Totale							14	10	5

Tabella 13 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IA4J11E-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota <i>m s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S2	11+780	550680	4580040	84.4	sismica in foro	40.0	3	8	2
S3	11+772	550750	4580069	84.3	piezometro	30.0	3	8	2
S4	14+881	551604	4577080	88.0	piezometro	30.0	5	8	2
S5	14+924	551562	4577023	88.8	sismica in foro	40.0	5	9	2
S7	17+549	552044	4574498	98.1	non attrezzato	30.0	4	6	2
S8	17+651	552122	4574384	97.9	piezometro	40.0	4	9	2
S9	17+662	552144	4574368	99.9	sismica in foro	40.0	6	10	2
S10	17+698	552223	4574311	98.6	non attrezzato	40.0	4	10	2
Totale							34	68	16

Tabella 14 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini L2-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.1.5.2 Prove penetrometriche

Di seguito vengono elencati tutte le prove penetrometriche in sito eseguite nell'ambito della presente fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk della tratta Foggia-Potenza, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, tipologia di indagine e profondità).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota <i>m s.l.m.</i>	Tipologia di prova	Profondità <i>m</i>
P1 DPSH 1	17+955	551962	4574128	99.0	prova penetrometrica dinamica	3.6

Tabella 15 - Sintesi delle prove penetrometriche realizzati nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013, elencate in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.1.5.3 Prospezioni sismiche

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi di tutte le indagini sismiche e geoelettriche eseguite nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk del

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 54 di 179

centroide lungo la tratta Foggia-Potenza, longitudine e latitudine di ogni singolo stendimento nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), tipologia di indagine e lunghezza).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza <i>m</i>
M01	11+763	550697	4580063	MASW	58.0
M02	14+214	551373	4577708	MASW	58.0
M03	14+913	551581	4577039	MASW	58.0
M04	17+520	552131	4574514	MASW	57.0
M05	18+001	551989	4574067	MASW	58.0

Tabella 16 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza <i>m</i>
L1	11+787	550683	4580034	geoelettrica	494.0
L2	14+935	551558	4577010	geoelettrica	499.0
L3	17+564	552171	4574463	geoelettrica	488.0

Tabella 17 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini IA0X00D-2014, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.1.6 Suscettività alla liquefazione

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace (Riga 2007). Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione inter-granulare.

L'incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

Al fine di verificare la possibile suscettività a liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto sono state condotte una serie di analisi basate sia sugli studi bibliografici di maggior rilievo a livello internazionale, che sulle procedure di analisi dettate dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

L'attuale normativa vigente in materia di costruzioni edilizie (NTC2018) prevede che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 55 di 179

- 3) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) distribuzione esterna ai fusi granulometrici indicati da normativa, distinti in funzione del coefficiente di uniformità U_c .

In particolare, se la condizione 1 non risulta soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4. Pertanto, in relazione a quanto previsto dall'NTC 2018, sono state condotte una serie di analisi puntuali volte a verificare tutte le condizioni predisponenti elencate in precedenza, al fine di determinare la possibile suscettività a liquefazione di tutti i campioni di terreno prelevati durante la campagna di indagini appositamente condotta.

Per quanto detto in precedenza, le verifiche sono state condotte unicamente per i terreni alluvionali posti a profondità inferiori ai 15-20 m dal p.c., in quanto al di sotto non è possibile che si verifichino tali fenomeni. Ovviamente le suddette analisi hanno un carattere generale e, pertanto, andranno puntualmente dettagliate attraverso verifiche geotecniche basate sulla resistenza dinamica e sull'effettivo stato di addensamento dei terreni investigati.

Le fonti bibliografiche a disposizione e lo studio relativo alla sismicità storica e alla pericolosità sismica del sito hanno evidenziato che nell'area di intervento si sono verificati diversi terremoti con magnitudo M superiore a 5 e, in particolare, il massimo terremoto atteso nell'area presenta una M pari a 6.83. Anche le accelerazioni massime attese al piano campagna, in condizioni di campo libero, sono risultate superiori al limite definito da normativa, in quanto variabili tra 0.125 e 0.200 a_g . In relazione a quanto detto e considerata la presenza della condizione predisponente esposta nel punto 1 dell'NTC 2018, si è quindi proceduto alla verifica dei punti 2, 3 e 4 del paragrafo 7.11.3.4.2, in modo da rispondere puntualmente a tutti i quesiti posti da norma.

Per quanto concerne la falda, in assenza di dati di monitoraggio sono state considerate le letture della superficie piezometrica in corso di perforazione. Tali dati hanno evidenziato la presenza di una falda posta ad una profondità media di circa 7-10 m dal p.c., quindi ben al di sopra del limite di 15 m previsto da normativa. Tale misura viene cautelativamente adottata per le analisi anche se condizionata dai liquidi utilizzati in corso di perforazione.

Dal punto di vista tessiturale, in assenza di specifiche indagini per la definizione delle curve granulometriche di laboratorio, le analisi sono state condotte in relazione a quanto emerso dalle indagini geognostiche appositamente condotte. Pertanto, sono stati considerati come potenzialmente suscettibili di liquefazione unicamente i terreni sabbiosi e sabbioso-limosi dei depositi alluvionali attuali e recenti, in quanto privi di un'alta percentuale di frazione fine o grossolana. Gli orizzonti pelitici e ghiaiosi delle suddette unità sono risultati chiaramente non suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione per via della composizione granulometrica del deposito, mentre i termini litologici delle unità più antiche risultano non suscettibili a causa dell'elevato stato di addensamento e di locali fenomeni di cementazione chimica.

Relativamente alla resistenza penetrometrica dei terreni, le verifiche sono state condotte in relazione alle prove SPT realizzate nei fori di sondaggio durante le fasi di perforazione. Come detto in precedenza, sono state considerate unicamente le prove condotte sui depositi alluvionali attuali e recenti a granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa. Tali prove hanno evidenziato la presenza di terreni generalmente piuttosto addensati, con valori di resistenza penetrometrica normalizzata spesso superiori al limite previsto da normativa. Fanno eccezione alcuni orizzonti



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO

LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	56 di 179

litologici che presentano una resistenza penetrometrica ben al di sotto del limite previsto da normativa e che, quindi, possono quindi ritenersi suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione.

Sondaggio	Litologia	Profondità prova <i>m</i>	N _{SPT}	(N ₁) ₆₀
S10	Depositi alluvionali sabbioso-limosi	3.6	12	9
S9	Depositi alluvionali sabbioso-limosi	3.0	38	23
S8	Depositi alluvionali sabbioso-limosi	3.4	84	54
S3	Depositi alluvionali sabbioso-limosi	3.2	23	14
S2	Depositi alluvionali sabbioso-limosi	5.0	17	10

Tabella 18 - Parametri di sintesi dei valori di N_{SPT} e di resistenza penetrometrica normalizzata(N₁)₆₀ relativi ai terreni interessati dalle analisi di suscettività a liquefazione.

In definitiva, in relazione a quanto esposto in precedenza, i depositi alluvionali attuali e recenti a granulometria sabbiosa e sabbioso-limoso con bassa resistenza penetrometrica possono essere considerati suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione dinamica. Si sottolinea comunque che alcuni degli orizzonti potenzialmente suscettibili di liquefazione risultano posti al di sopra del livello piezometrico registrato in fase di perforazione. Considerando l'elevata variabilità della superficie piezometrica nel corso dell'anno e le poche misure piezometriche a disposizione, tali orizzonti sono comunque da ritenersi suscettibili poiché non è possibile escludere la risalita della falda nei periodi più piovosi.

10.1.7 Descrizione dell'area

Il tratto in esame si colloca nel settore settentrionale dell'area di studio e ricade nel territorio comunale di Foggia e di Ortona. In tale settore è prevista la realizzazione di viabilità di ricucitura per la soppressione dei PL al km 11+764, al km 14+942 e al km 17+550. Il tracciato in esame intercetta per gran parte del suo sviluppo i depositi alluvionali recenti (**bb**), con uno spessore variabile tra 1 e 10 m circa. In corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area il tracciato intercetta i Depositi alluvionali attuali (**ba**). Tali depositi risultano in contatto stratigrafico sui Depositi alluvionali terrazzati (**bn**), che affiorano unicamente nel settore sud-orientale del settore in esame.

Dal punto di vista geomorfologico tale settore ricade in un'ampia area sub-pianeggiante che non presenta criticità geomorfologiche, a meno dell'attraversamento del Torrente Carapelle e del Torrente Cervaro. Inoltre, nel settore in esame sono presenti di due conoidi alluvionali, con stato quiescente che intercettano il tracciato tra il km 17+000 e il km 17+600 circa. Tale conoide intercetta direttamente la viabilità di ricucitura per la soppressione del PL al km 17+550.

10.2 Settore B (dal km 23+800 al km 24+800)

Tale settore ricade nell'area centro-settentrionale del settore di studio, tra le km 23+800 e 24+800 circa della linea Foggia-Potenza, nel territorio comunale di Ascoli Satriano.



Foto 2 – Vista panoramica del settore B del lotto 2, realizzazione di tombini idraulici per futura sistemazione idraulica.

10.2.1 Assetto geologico locale

L'assetto stratigrafico-strutturale dell'area di stretto interesse progettuale è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico effettuato con tutte le informazioni ricavate dalla fotointerpretazione appositamente condotta, dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini di sito esistenti o appositamente realizzate per il presente studio.

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze metamorfiche e sedimentarie di substrato che a successioni clastiche di copertura. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle numerose indagini geognostiche a disposizione.

Nei settori di studio, quindi, sono state individuate e perimetrare cinque unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico. Si sottolinea che seguendo i criteri definiti dal Servizio Geologico (Pasquaré et al.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 58 di 179

1992) le successioni sono state suddivise utilizzando Unità Stratigrafiche Convenzionali, talora ulteriormente suddivise in membri con particolare composizione litologica.

10.2.1.1 Unità della Fossa Bradanica

Tale unità è rappresentata da una successione marina plio-pleistocenica, direttamente affiorante nei settori orientali dell'area di interesse progettuale.

10.2.1.1.1 **Argille Subappennine**

Questa unità non affiora direttamente nell'area di studio ma rappresenta il substrato geologico dell'area di studio. È formata da argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro (**ASP**), in strati da sottili a molto spessi, generalmente poco evidenti e a laminazione pianoparallela, con sottili intercalazioni di argille marnose, sabbie limose e sabbie medio-fini più frequenti verso l'alto stratigrafico; nella parte alta della successione si riconosce una porzione costituita da sabbie limose e limi sabbiosi di colore giallastro e grigio-verdastro, in strati da sottili a spessi, progressivamente passanti a conglomerati poligenici grossolanamente stratificati e ben selezionati. L'unità è composta da depositi costieri, di scarpata superiore e di piattaforma con uno spessore massimo di circa 1000 m, ascrivibili all'intervallo Pliocene medio - Pleistocene inferiore.

10.2.1.2 Unità continentali di copertura

Le successioni continentali quaternarie sono rappresentate da quattro differenti unità geologiche, estesamente affioranti in tutta l'area di intervento come copertura di tutte le sequenze vulcaniche e sedimentarie più antiche.

10.2.1.2.1 **Depositi alluvionali terrazzati**

Tali depositi si rinvengono diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza dei margini del Torrente Carapelle. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bn**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; si rinvengono frequenti lenti di conglomerati poligenici a ciottoli arrotondati, massivi o a stratificazione incrociata, e diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni sabbioso-limose grigiastre. L'unità è composta da depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, ascrivibili al Pleistocene medio – Pleistocene superiore.

10.2.1.2.2 **Depositi alluvionali recenti**

Questa unità si rinviene diffusamente nel settore nord-occidentale dell'area di studio, in corrispondenza dei fondovalle del Torrente Carapelle e dei suoi affluenti maggiori. È costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bb**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; si rinvengono diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni sabbioso-limose grigiastre. L'unità è rappresentata da depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, riferibili al Pleistocene superiore – Olocene.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 59 di 179

10.2.1.2.3 Depositi alluvionali attuali

Tali depositi si rinvencono in tutta l'area di studio, in corrispondenza dei principali corsi d'acqua e dei loro affluenti maggiori. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche (**ba**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi sono presenti passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate. L'unità è composta da depositi di canale fluviale e argine, ascrivibili all'Olocene.

10.2.1.2.4 Coltri eluvio colluviali

Questa unità si rinviene diffusamente in tutta l'area di interesse progettuale, come copertura di tutte le unità geologiche più antiche. Si tratta di argille limose e limi argillosi di colore marrone e nerastro (**b2**), privi di struttura, con abbondanti resti vegetali e locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; talora si rinvencono limi sabbiosi e sabbie limose di colore marrone e giallastro, prive di struttura, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate. L'unità è formata da depositi di versante e di alterazione del substrato, interamente ascrivibili all'Olocene.

10.2.2 Assetto geomorfologico locale

L'evoluzione geomorfologica dell'area ed i principali elementi morfologici presenti sul territorio sono direttamente connessi con il deflusso delle acque correnti superficiali e con l'evoluzione morfologica dei principali sistemi fluviali. In particolare, il deflusso idrico lungo la piana alluvionale del T. Cervaro rappresenta il principale fattore morfogenetico del territorio e, quindi, la causa di accumulo di depositi alluvionali in *facies* di canale, piana inondabile e conoide.

Dal punto di vista morfologico, si tratta di un territorio sub-pianeggiante, caratterizzato da diverse superficie terrazzate poste a quote variabili sui fondovalle attuali. Nel complesso la spessa copertura alluvionale conferisce al settore di interesse un andamento piuttosto regolare e blandamente immergente verso NE. Le superfici terrazzate degradano in direzione del fondovalle del T. Carapelle, che rappresenta il principale asse di drenaggio superficiale dell'intera area di studio.

Il settore di studio si colloca al margine della piana alluvionale in una zona di raccordo con le principali dorsali collinari. In tale settore sono presenti conoidi alluvionali con stato quiescente, che intercettano direttamente le opere in progetto del lotto in esame. Tali elementi, in virtù della ridotta intensità e degli spessori generalmente contenuti, non costituiscono elementi di rilevante criticità geomorfologica per le opere in progetto.

In particolare, secondo quanto riportato nelle cartografie tematiche del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico della Autorità di Bacino della Puglia solo nel settore orientale è presente un areale di pericolosità **PG1** (media o moderata), che lambisce il tracciato, l'unica interferenza diretta con il tracciato della linea Foggia-Potenza è presente nel settore settentrionale, tra le km 23+600 e 24+000 circa (cfr. Figura 19). Tale areale è riconducibile ad una serie di conoidi alluvionali quiescenti di modeste dimensioni, essenzialmente connesse al deflusso delle acque correnti superficiali provenienti dal margine del terrazzo alluvionale.

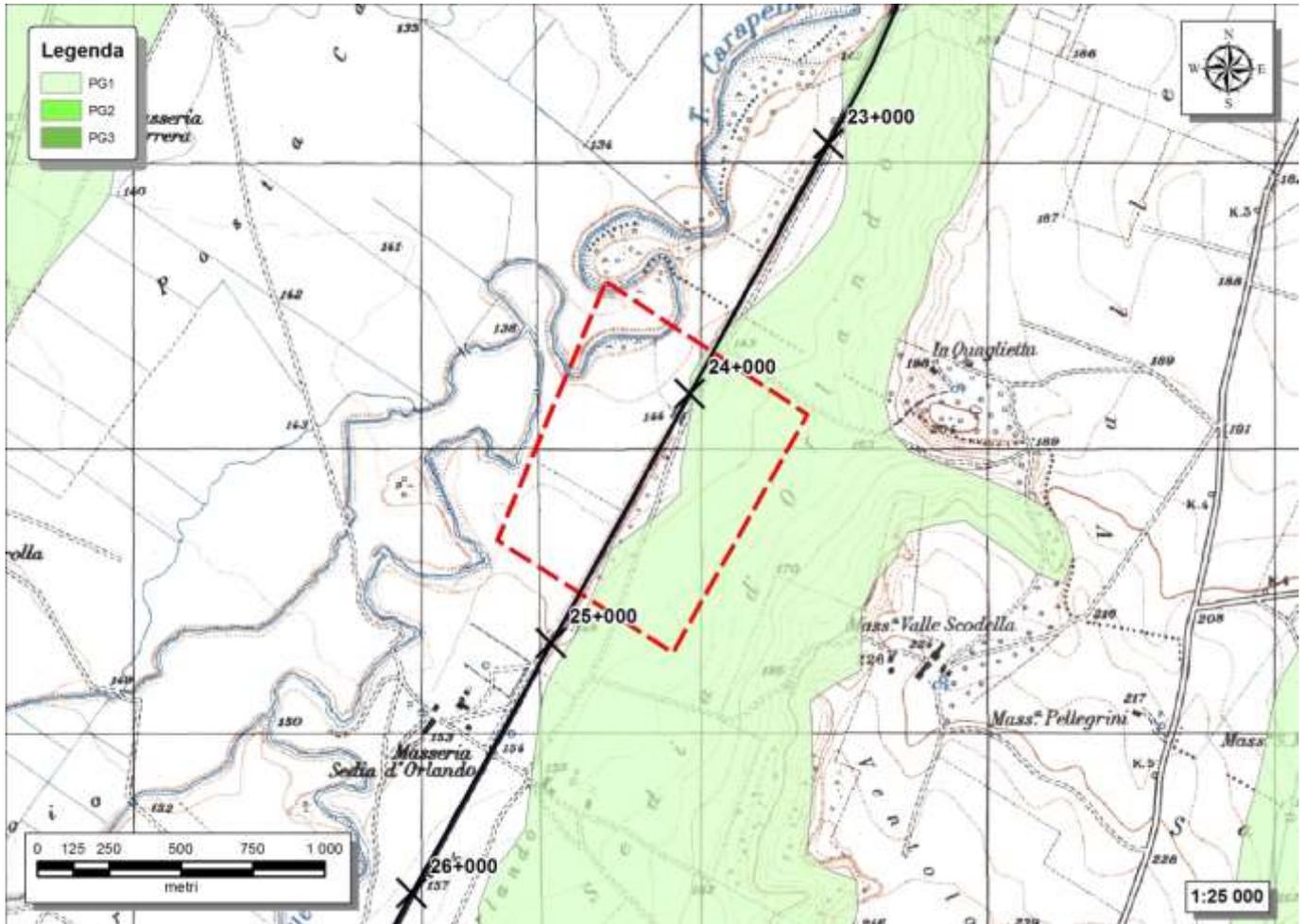


Figura 19 - Stralcio della carta della pericolosità tratto dal Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino della Puglia (2005, aggiorn. 2016), con individuazione del Settore B.

10.2.3 Assetto idrogeologico locale

L’approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche dell’area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologico-strutturali a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella vasta letteratura scientifica riguardante l’area.

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato, ove possibile, con le prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre, i dati piezometrici reperiti e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo di alcuni settori caratteristici dell’area di studio.

Infine, lo studio geologico condotto ha permesso di definire lo stato di alterazione/fessurazione degli ammassi rocciosi e le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell’area di studio.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 61 di 179

10.2.3.1 Complessi idrogeologici

Nell'area in esame sono stati individuati tre complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area in esame.

10.2.3.1.1 **Complessi delle unità di substrato**

Questo gruppo è rappresentato da un singolo complessi idrogeologici, costituito da successioni sedimentarie meso-cenozoiche.

10.2.3.1.1.1 *Complesso argilloso-marnoso*

Al complesso in esame sono riferiti i depositi essenzialmente pelitici della successioni sedimentaria **ASP**. È costituito da argille limose e limi argillosi massivi o sottilmente stratificati (**CAM**), con locali intercalazioni di siltiti, argille marnose, sabbie limose e sabbie medio-fini; sono inoltre presenti argille, argille marnose e marne in strati generalmente sottili, con sporadici passaggi di calcari marnosi, calcilutiti e calcareniti bioclastiche e rare intercalazioni di diaspri, arenarie e microconglomerati.

I presenti depositi costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di importanza significativa. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-9} < k < 1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

10.2.3.1.2 **Complessi dei terreni di copertura**

Il presente gruppo è rappresentato da due complessi idrogeologici, essenzialmente costituiti da depositi fluviali sedimentari quaternari.

10.2.3.1.2.1 *Complesso fluvio-lacustre*

Il presente complesso è rappresentato dai depositi alluvionali, lacustri e palustri delle unità **ba**, **bb**, e **bn**. Si tratta di conglomerati poligenici a ciottoli arrotondati (**CFL**), massivi o a stratificazione incrociata, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; sono presenti abbondanti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; talora si rinvencono argille limose e limi argillosi a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni limoso-sabbiose e rari passaggi torbosi.

Questi depositi costituiscono acquiferi porosi particolarmente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, principalmente per porosità, è variabile da bassa ad alta. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-1}$ m/s.

10.2.3.1.2.2 *Complesso detritico-colluviale*

Al complesso in questione vengono riferiti i terreni di copertura dell'unità continentale **b2**. È costituito da ghiaie e ciottoli fortemente eterometrici (**CDC**), da angolosi a sub-angolosi, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 62 di 179

scarsa ad abbondante; si rinvennero diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi privi di struttura, con frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; sono inoltre presenti argille limose e limi argillosi privi di struttura, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e abbondanti resti vegetali.

Tali litotipi costituiscono acquiferi porosi fortemente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa ad alta, in funzione della classe granulometrica prevalente. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

10.2.3.2 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove relative al Lotto 2-settore B: Linea Foggia-Potenza, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e dei relativi complessi idrogeologici di appartenenza, distinti per campagna indagine.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S26	LF_01	Lefranc	4.4 - 6.9	7.66E-07	CFL
S25	LF_01	Lefranc	2.9 - 5.4	1.92E-07	CFL

Tabella 19 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica L2-2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

10.2.4 Sismicità

Nella tabella seguente sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15) al fine di documentare la storia sismica del centro abitato di Ascoli Satriano (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Ascoli Satriano

[41.205, 15.561]

Numero eventi: 41

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
6		1349 09 09	Lazio-Molise	24	10	6.8
10		1361 07 17 17 15	Subappennino dauno	2	9	6.03
8		1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
7		1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6.66
7-8		1646 05 31	Gargano	35	10	6.72
7		1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
6-7		1720 06 07	Tavoliere delle Puglie	7	6-7	5.22
8		1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
5		1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
7-8		1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
7		1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7.12

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
NF		1882 06 06 05 40	Isernino	50	7	5.2
5		1899 08 16 00 05	Subappennino dauno	32	6	4.57
NF		1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7	4.9
3-4		1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5.18
7		1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
4		1912 07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55
3		1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5.35
2-3		1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
4		1923 11 08 12 28	Appennino campano-lucano	28	6	4.73
2-3		1927 12 27 08 49	Deliceto	2	5-6	4.4
8		1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
4		1931 05 10 10 48 55.00	Irpinia	43	5-6	4.64
4		1937 07 17 17 11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96
6-7		1948 08 18 21 12 20.00	Gargano	58	7-8	5.55
3		1956 09 22 03 19 39.00	Gargano	57	6	4.64
6		1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
5		1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5.02
6		1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5		1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
4-5		1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
NF		1992 11 05 13 34 27.86	Gargano	32	5	4.34
4-5		1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	145	6	5.15
4-5		1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
4		1998 04 07 21 36 55.30	Valle dell'Ofanto	45	5	4.31
4-5		2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
3		2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4.44
3		2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53
5		2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64
NF		2006 10 04 17 34 20.50	Adriatico centrale	98	4-5	4.3
NF		2006 12 10 11 03 41.57	Adriatico centrale	54		4.48

Tabella 20 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Calatabiano (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Ax area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto; Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento.

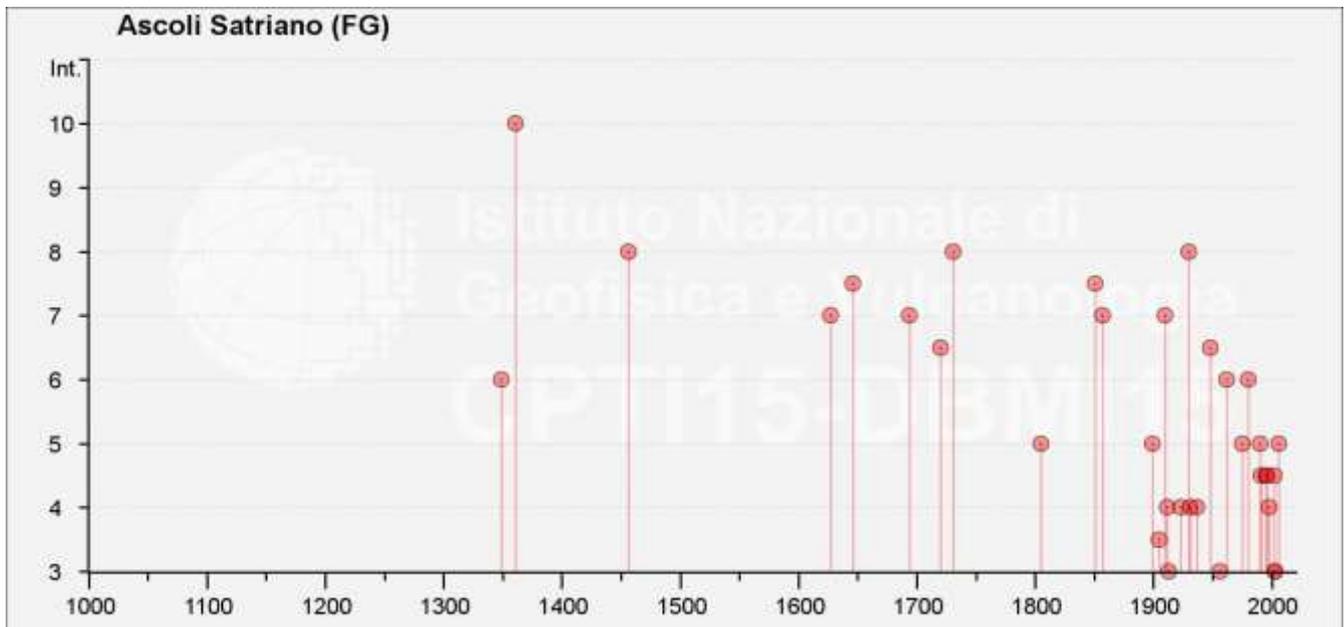


Figura 20 – Grafico illustrante la storia sismica di Ascoli Satriano. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

10.2.4.1 Sismicità attuale

L’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” disciplinava la classificazione sismica dei comuni d’Italia. Secondo tale normativa, il comune di Ascoli Satriano (FG) ricade in **Zona sismica 1**, ossia aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici forti.

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d’Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l’adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell’INGV-DPC. Detto studio è stato condotto dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l’intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell’immediato in provvedimenti normativi.

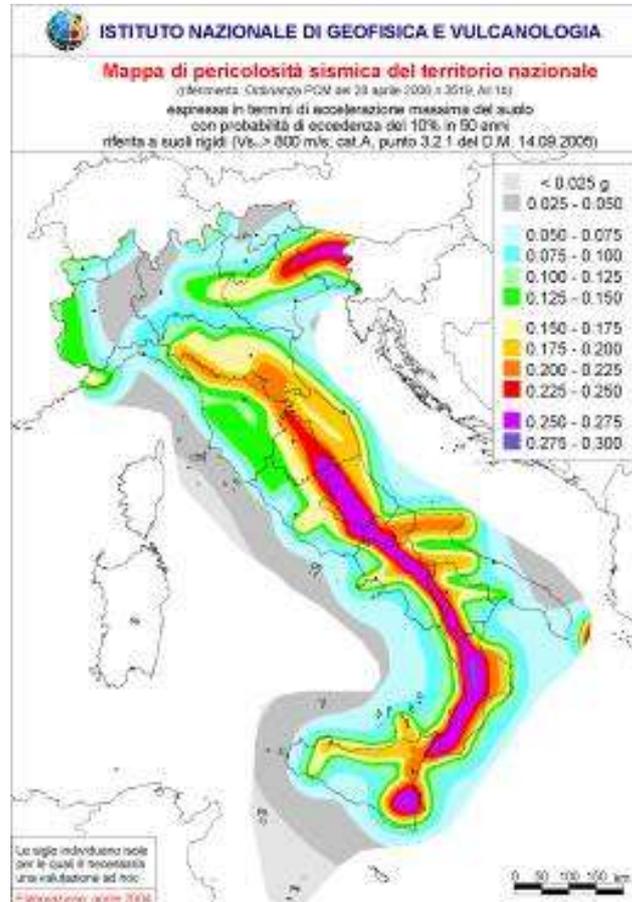


Figura 21 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, infatti, numerose situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici in un breve arco di territorio.

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono sempre continue e graduali. Successivamente verrà quindi mantenuta la classificazione del territorio nazionale in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (cfr. figura seguente). Nello specifico, per il settore di studio i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.125-0.200 a_g (accelerazione massima del suolo).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 66 di 179

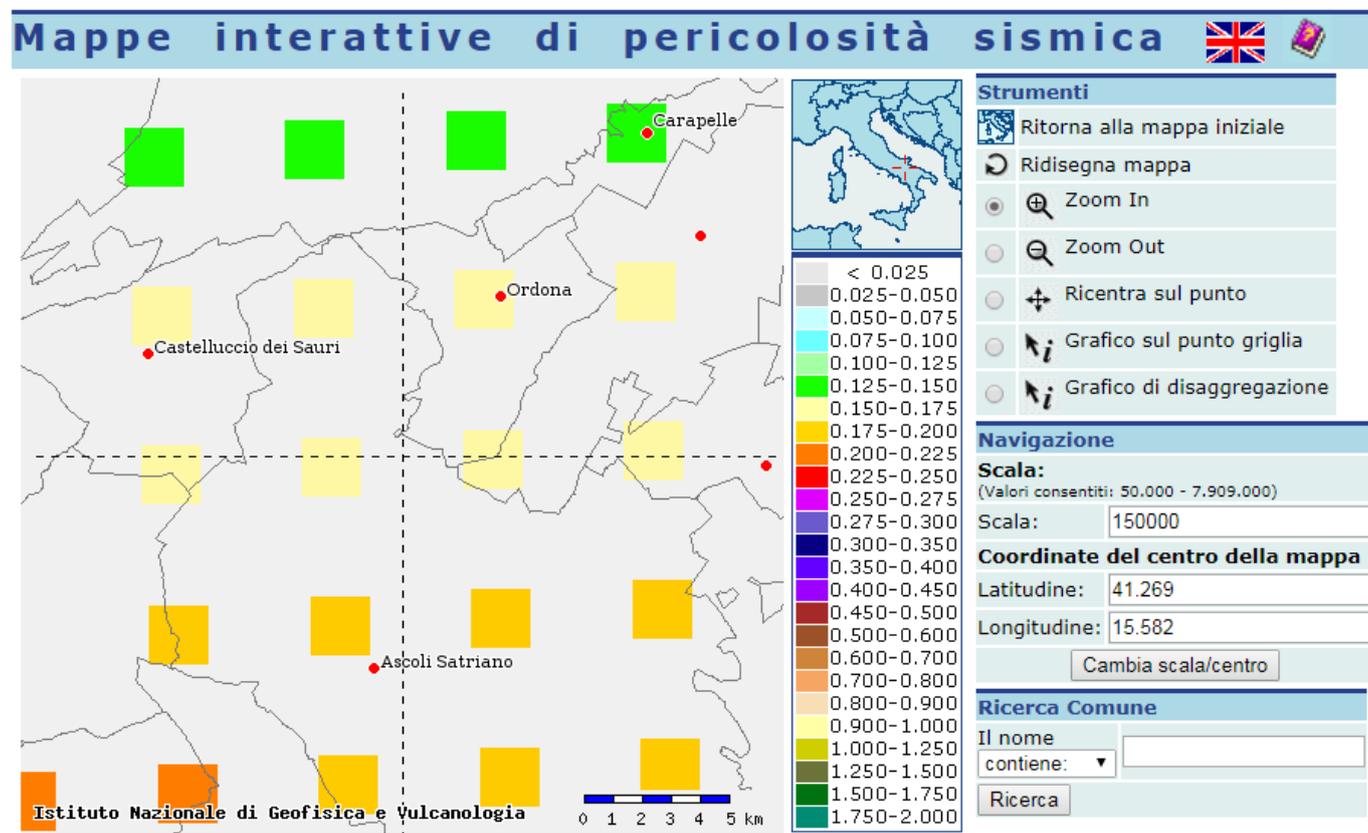


Figura 22 – Mappa interattiva di pericolosità sismica per il settore di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Infine, il database del progetto ITHACA (*Italy HAZARD from CAPable faults*) riporta la presenza di alcune faglie capaci nell'area di studio, ovvero di elementi tettonici attivi che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. In particolare, nell'area di studio sono presenti diversi elementi tettonici di una certa rilevanza, relativi sia ai domini di catena che a quelli di avanfossa.

Dei suddetti elementi tettonici, due interessano direttamente il tracciato ferroviario nella tratta più settentrionale, in corrispondenza delle chilometriche 17+200 e 23+800 circa, mentre un altro si colloca nelle immediate vicinanze, all'altezza del confine regionale tra Puglia e Basilicata. Ad ogni modo, in relazione alle caratteristiche sismo-tettoniche dell'area appenninica, anche gli elementi strutturali che non interessano direttamente i settori di intervento rappresentano degli elementi di potenziale criticità per le opere, essendo in grado di produrre eventi sismici di una certa rilevanza e con sicuro risentimento nelle zone di stretto interesse progettuale.

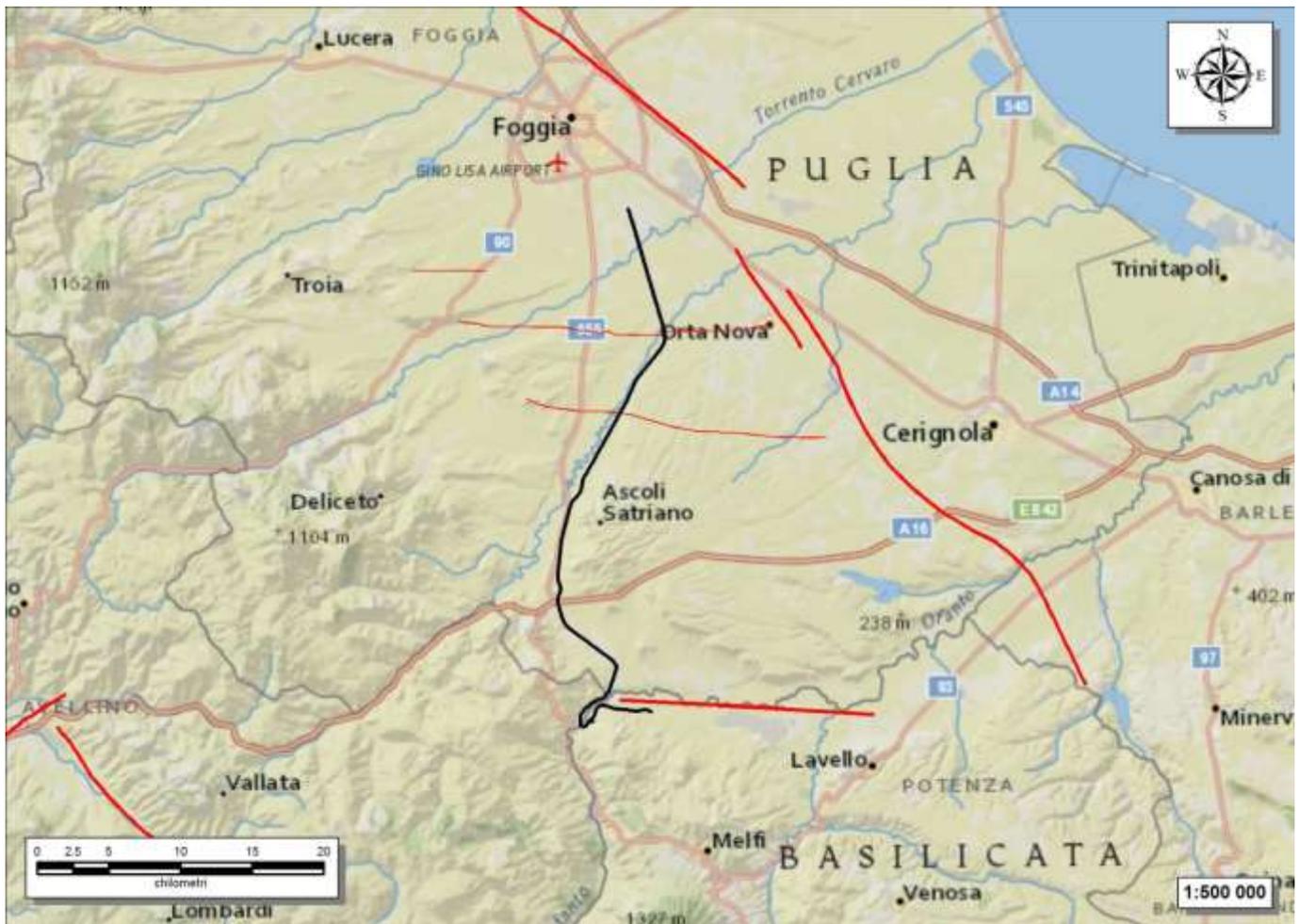


Figura 23 – Stralcio cartografico dell'area di studio con indicazione della tratta ferroviaria di progetto (in nero) e delle faglie capaci (in rosso) (<http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>).

10.2.4.2 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'*input* sismico in termini di variazione del

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 68 di 179

contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475. I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

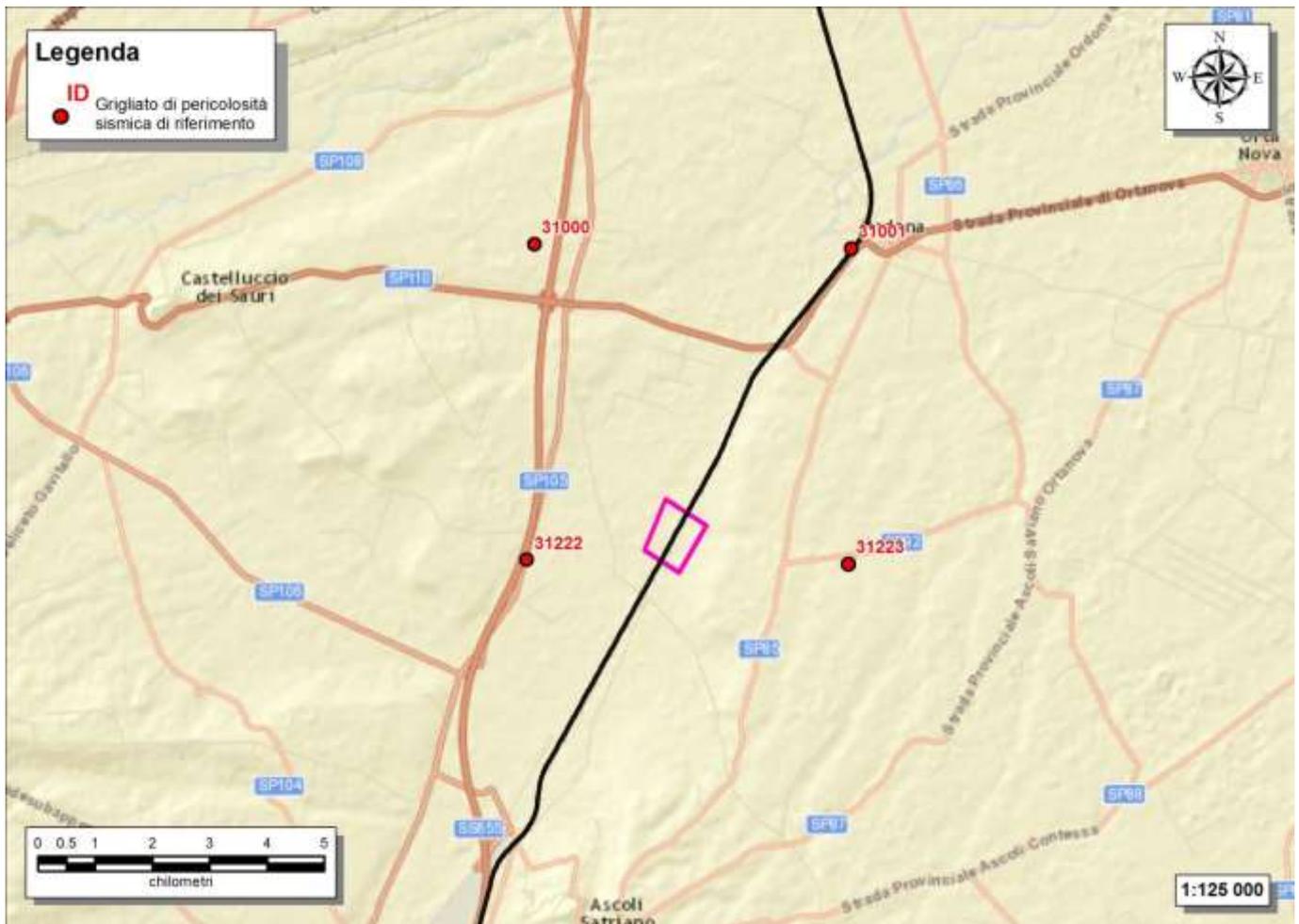


Figura 24 – Griglia di riferimento per il settore B dell’area di studio, con individuazione del tracciato ferroviario (in nero), dell’ area di interesse progettuale (in magenta) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
31222	15.552	41.266	0.173	2.50	0.41
31000	15.554	41.316	0.1529	2.57	0.43
31223	15.619	41.265	0.1725	2.50	0.41
31001	15.62	41.315	0.1526	2.57	0.43

Tabella 21 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni.

10.2.4.3 Categoria di sottosuolo

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale. La Nuova Normativa Tecnica per le Costruzioni prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 70 di 179

17/01/2018 – Capitoli 3.2 e 7.11), una classificazione del sottosuolo sulla base delle condizioni stratigrafiche e dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con: h_i spessore dell' i -esimo strato; $V_{s,i}$ 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 V_s 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 $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Sulla scorta dei dati a disposizione, tale determinazione è stata effettuata attraverso indagini di tipo geofisico, quali prove *down-hole* e prospezioni sismiche MASW, che forniscono indicazioni dirette relativamente al valore di $V_{s,eq}$. Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

- **A:** 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:** 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.
- **C:** Depositati 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.
- **D:** Depositati 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.
- **E:** 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

Nell'ambito del presente studio, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione delle prove MASW appositamente realizzate durante la presente fase progettuale.

Sigla	Tipologia	Lunghezza <i>m</i>	Vseq= Vs30 <i>m/s</i>	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
M_1	Masw	69	474	B	bn/ASP

Tabella 22 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini L2-2017.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 71 di 179

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche a disposizione, i terreni presenti nelle aree di intervento possono essere caratterizzati con una **Categoria di sottosuolo B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*).

10.2.5 Campagna di indagine

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate tutte le indagini geognostiche disponibili e appositamente realizzate nel settore di territorio interessato dagli interventi in progetto. L'intero *set* di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione alla specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

Nel corso del complesso *iter* progettuale sino ad oggi espletato, si sono succedute differenti campagne di indagini geognostiche, nelle quali sono state realizzate sia indagini dirette che indirette. Nel settore B del lotto 2 complessivamente sono state analizzate le seguenti indagini di sito:

- n. 2 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo non attrezzati;
- n. 1 prova MASW.

Il numero totale dei campioni di roccia e terreno prelevati è di 8, mentre quello delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio è di 8.

10.2.5.1 Sondaggi geognostici

Di seguito vengono elencati tutti i sondaggi geognostici eseguiti nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk della tratta Foggia-Potenza, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, strumentazione, profondità, numero dei campioni, numero prove SPT, numero prove Lefranc/Lugeon).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S25	24+241	548734	4568784	143.4	non attrezzato	15	4	4	1
S26	24475	548623	4568580	144.1	non attrezzato	15	4	4	1
Totale							8	8	2

Tabella 23 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini L2-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.2.5.2 Prospezioni sismiche

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi di tutte le indagini sismiche e geoelettriche eseguite nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk del centroide lungo la tratta Foggia-Potenza, longitudine e latitudine di ogni singolo stendimento nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), tipologia di indagine e lunghezza).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 72 di 179

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
M_1	24+354	548695	4568681	Masw	69

Tabella 24 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini L2-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.2.6 Suscettività alla liquefazione

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace (Riga 2007). Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione inter-granulare.

L'incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

Al fine di verificare la possibile suscettività a liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto sono state condotte una serie di analisi basate sia sugli studi bibliografici di maggior rilievo a livello internazionale, che sulle procedure di analisi dettate dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

L'attuale normativa vigente in materia di costruzioni edilizie (NTC2018) prevede che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) distribuzione esterna ai fusi granulometrici indicati da normativa, distinti in funzione del coefficiente di uniformità U_c .

In particolare, se la condizione 1 non risulta soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4. Pertanto, in relazione a quanto previsto dall'NTC 2018, sono state condotte una serie di analisi puntuali volte a verificare tutte le condizioni predisponenti elencate in precedenza, al fine di determinare la possibile suscettività a liquefazione di tutti i campioni di terreno prelevati durante la campagna di indagini appositamente condotta.

Per quanto detto in precedenza, le verifiche sono state condotte unicamente per i terreni alluvionali posti a profondità inferiori ai 15-20 m dal p.c., in quanto al di sotto non è possibile che si verificano tali fenomeni. Ovviamente le suddette analisi hanno un carattere generale e, pertanto, andranno puntualmente dettagliate

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 73 di 179

attraverso verifiche geotecniche basate sulla resistenza dinamica e sull'effettivo stato di addensamento dei terreni investigati.

Le fonti bibliografiche a disposizione e lo studio relativo alla sismicità storica e alla pericolosità sismica del sito hanno evidenziato che nell'area di intervento si sono verificati diversi terremoti con magnitudo M superiore a 5 e, in particolare, il massimo terremoto atteso nell'area presenta una M pari a 6.83. Anche le accelerazioni massime attese al piano campagna, in condizioni di campo libero, sono risultate superiori al limite definito da normativa, in quanto variabili tra 0.125 e 0.200 a_g . In relazione a quanto detto e considerata la presenza della condizione predisponente esposta nel punto 1 dell'NTC 2018, si è quindi proceduto alla verifica dei punti 2, 3 e 4 del paragrafo 7.11.3.4.2, in modo da rispondere puntualmente a tutti i quesiti posti da norma.

Per quanto concerne la falda, in assenza di dati di monitoraggio sono state considerate le letture della superficie piezometrica in corso di perforazione. Tali dati hanno evidenziato la presenza di una falda posta ad una profondità media di circa 8-10 m dal p.c., quindi ben al di sopra del limite di 15 m previsto da normativa. Tale misura viene cautelativamente adottata per le analisi anche se condizionata dai liquidi utilizzati in corso di perforazione.

Dal punto di vista tessiturale, in assenza di specifiche indagini per la definizione delle curve granulometriche di laboratorio, le analisi sono state condotte in relazione a quanto emerso dalle indagini geognostiche appositamente condotte. Pertanto, sono stati considerati come potenzialmente suscettibili di liquefazione unicamente i terreni sabbiosi e sabbioso-limosi dei depositi alluvionali attuali e recenti, in quanto privi di un'alta percentuale di frazione fine o grossolana. Gli orizzonti pelitici e ghiaiosi delle suddette unità sono risultati chiaramente non suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione per via della composizione granulometrica del deposito, mentre i termini litologici delle unità più antiche risultano non suscettibili a causa dell'elevato stato di addensamento e di locali fenomeni di cementazione chimica.

Relativamente alle unità intercettate dalle perforazioni è possibile escludere la presenza di orizzonti potenzialmente suscettibili di liquefazione, trattandosi di Depositi alluvionali terrazzati.

Mentre, in assenza di dati diretti non è possibile escludere la presenza di depositi alluvionali attuali e recenti a granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa con bassa resistenza penetrometrica, al di fuori delle aree investigate che possono essere considerati suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione dinamica.

10.2.7 Descrizione dell'area

Questo tratto si trova nel settore settentrionale dell'area di studio e ricade nel territorio comunale di Ascoli Satriano. In tale settore è prevista la realizzazione di tombini idraulici per una futura sistemazione idraulica. Il tracciato attraversa inizialmente i Depositi alluvionali recenti (**bb**) della valle alluvionale del Torrente Cervaro, in contatto sui Depositi alluvionali terrazzati (**bn**) intercettati direttamente nel tratto centrale e finale della tratto di linea ferroviaria in oggetto.

Dal punto di vista geomorfologico non sono presenti elementi di particolare criticità, a meno della presenza di una conoide alluvionale quiescente che interessa l'area nord-orientale del settore di studio.

10.3 Settore C (dal km 29+400 al km 24+800)

Tale settore ricade nell'area centrale del settore di studio, tra le km 29+400 e 31+400 circa della linea Foggia-Potenza, nel territorio comunale di Ascoli Satriano.



Foto 3 – Vista panoramica del settore C del lotto 2, la realizzazione viadotto al km 30+390 circa.

10.3.1 Assetto geologico locale

L'assetto stratigrafico-strutturale dell'area di stretto interesse progettuale è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico effettuato con tutte le informazioni ricavate dalla fotointerpretazione appositamente condotta, dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini di sito esistenti o appositamente realizzate per il presente studio.

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze metamorfiche e sedimentarie di substrato che a successioni clastiche di copertura. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle numerose indagini geognostiche a disposizione.

Nei settori di studio, quindi, sono state individuate e perimetrare quattordici unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico. Si sottolinea che seguendo i criteri definiti dal Servizio Geologico (Pasquaré et

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 75 di 179

al. 1992) le successioni sono state suddivise utilizzando Unità Stratigrafiche Convenzionali, talora ulteriormente suddivise in membri con particolare composizione litologica.

10.3.1.1 Unità della Fossa Bradanica

Tale unità è rappresentata da una successione marina plio-pleistocenica, direttamente affiorante nei settori orientali dell'area di interesse progettuale.

10.3.1.1.1 **Argille Subappennine**

Questa unità si rinviene ampiamente nella parte centrale dell'area di studio, a Ovest del centro abitato di ascolti Satriano. È formata da argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro (**ASP**), in strati da sottili a molto spessi, generalmente poco evidenti e a laminazione pianoparallela, con sottili intercalazioni di argille marnose, sabbie limose e sabbie medio-fini più frequenti verso l'alto stratigrafico; nella parte alta della successione si riconosce una porzione costituita da sabbie limose e limi sabbiosi di colore giallastro e grigio-verdastro, in strati da sottili a spessi, progressivamente passanti a conglomerati poligenici grossolanamente stratificati e ben selezionati. L'unità è composta da depositi costieri, di scarpata superiore e di piattaforma con uno spessore massimo di circa 1000 m, ascrivibili all'intervallo Pliocene medio - Pleistocene inferiore.

10.3.1.2 Unità continentali di copertura

Le successioni continentali quaternarie sono rappresentate da tre differenti unità geologiche, estesamente affioranti in tutta l'area di intervento come copertura di tutte le sequenze vulcaniche e sedimentarie più antiche.

10.3.1.2.1 **Depositi alluvionali terrazzati**

Tali depositi si rinvencono diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza dei margini dei fondovalle più importanti ed estesi. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bn**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; si rinvencono frequenti lenti di conglomerati poligenici a ciottoli arrotondati, massivi o a stratificazione incrociata, e diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni sabbioso-limose grigiastre. L'unità è composta da depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, ascrivibili al Pleistocene medio – Pleistocene superiore.

10.3.1.2.2 **Depositi alluvionali recenti**

Questa unità si rinviene diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza del fondovalle del principale corso d'acqua dell'area rappresentato dal T. Carapelle. È costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bb**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; si rinvencono diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni sabbioso-limose grigiastre. L'unità è rappresentata da depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, riferibili al Pleistocene superiore – Olocene.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 76 di 179

10.3.1.2.3 Coltri eluvio colluviali

Questa unità si rinviene diffusamente in tutta l'area di interesse progettuale, come copertura di tutte le unità geologiche più antiche. Si tratta di argille limose e limi argillosi di colore marrone e nerastro (**b2**), privi di struttura, con abbondanti resti vegetali e locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; talora si rinvengono limi sabbiosi e sabbie limose di colore marrone e giallastro, prive di struttura, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate. L'unità è formata da depositi di versante e di alterazione del substrato, interamente ascrivibili all'Olocene.

10.3.2 Assetto geomorfologico locale

L'evoluzione geomorfologica dell'area ed i principali elementi morfologici presenti sul territorio sono direttamente connessi con il deflusso delle acque correnti superficiali e con l'evoluzione morfologica dei principali sistemi fluviali. In particolare, il deflusso idrico lungo la piana alluvionale del T. Cervaro rappresenta il principale fattore morfogenetico del territorio e, quindi, la causa di accumulo di depositi alluvionali in *facies* di canale, piana inondabile e conoide.

Dal punto di vista morfologico, si tratta di un territorio sub-pianeggiante, caratterizzato da diverse superficie terrazzate poste a quote variabili sui fondovalle attuali. Nel complesso la spessa copertura alluvionale conferisce al settore di interesse un andamento piuttosto regolare e blandamente immergente verso NE. Le superfici terrazzate degradano in direzione del fondovalle del T. Carapelle, che rappresenta il principale asse di drenaggio superficiale dell'intera area di studio.

Il settore di studio si colloca al margine della piana alluvionale in una zona di raccordo con le principali dorsali collinari. In tale settore sono presenti conoidi alluvionali con stato quiescente, che intercettano direttamente le opere in progetto del lotto in esame. Tali elementi, in virtù della ridotta intensità e degli spessori generalmente contenuti, non costituiscono elementi di rilevante criticità geomorfologica per le opere in progetto.

In particolare, secondo quanto riportato nelle cartografie tematiche del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico della Autorità di Bacino della Puglia l'intera tratta in esame è interessata da un areale a pericolosità pericolosità **PG1** (media o moderata). Mentre, la viabilità di ricucitura prevista in questo settore intercetta solo parzialmente tale areale di pericolosità (cfr. Figura 25). Tale areale è riconducibile essenzialmente ad una serie di conoidi alluvionali quiescenti di modeste dimensioni, essenzialmente connesse al deflusso delle acque correnti superficiali provenienti dal margine del terrazzo alluvionale.

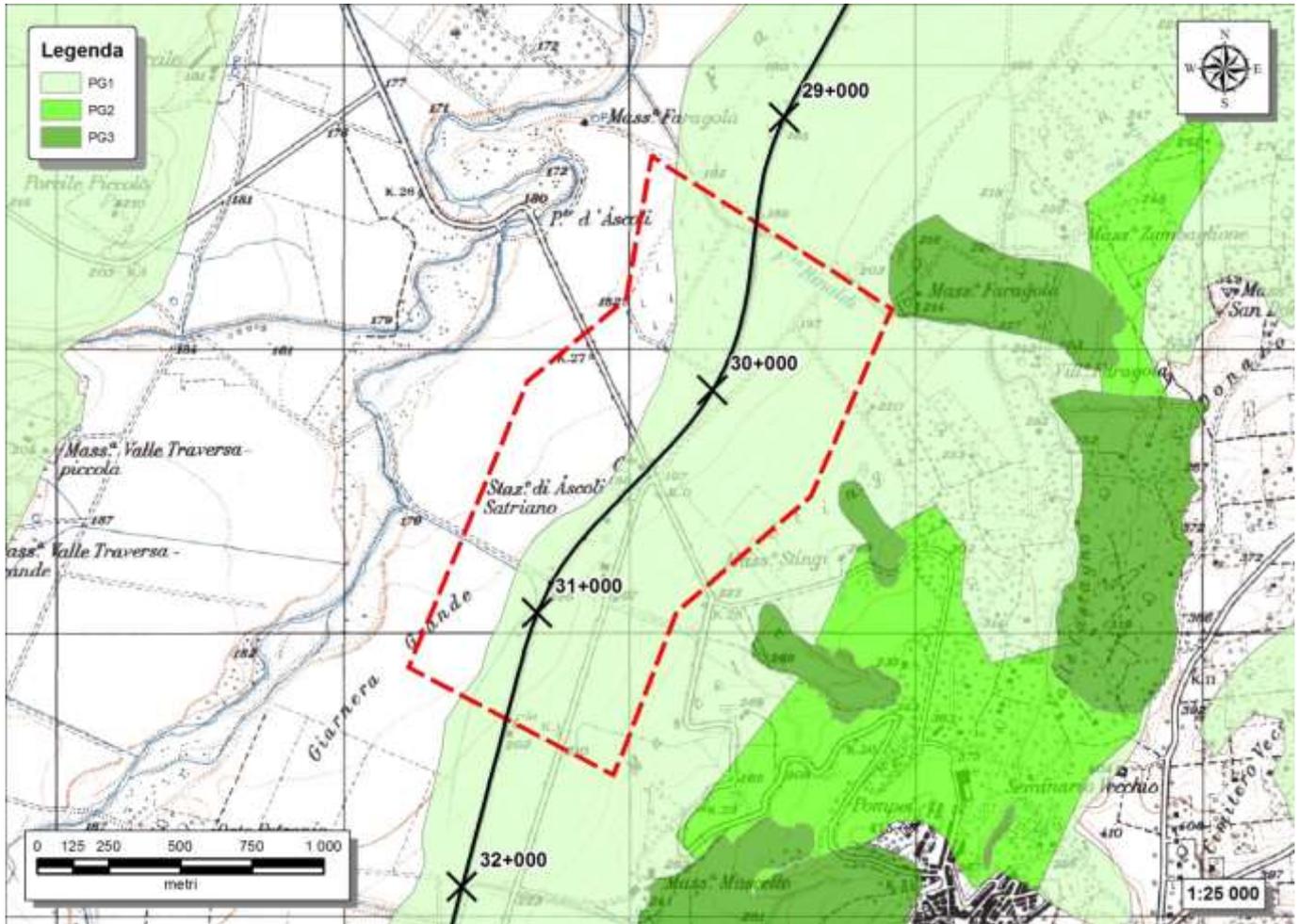


Figura 25 - Stralcio della carta della pericolosità tratto dal Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino della Puglia (2005, aggiorn. 2016), con individuazione del Settore C.

10.3.3 Assetto idrogeologico locale

L’approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche dell’area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologico-strutturali a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella vasta letteratura scientifica riguardante l’area.

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato, ove possibile, con le prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre, i dati piezometrici reperiti e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo di alcuni settori caratteristici dell’area di studio.

Infine, lo studio geologico condotto ha permesso di definire lo stato di alterazione/fessurazione degli ammassi rocciosi e le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell’area di studio.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 78 di 179

10.3.3.1 Complessi idrogeologici

Nell'area in esame sono stati individuati tre complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area in esame.

10.3.3.1.1 **Complessi delle unità di substrato**

Questo gruppo è rappresentato da un singolo complesso idrogeologici, costituito da successioni sedimentarie meso-cenozoiche.

10.3.3.1.1.1 *Complesso argilloso-marnoso*

Al complesso in esame sono riferiti i depositi essenzialmente pelitici della successioni sedimentaria **ASP**. È costituito da argille limose e limi argillosi massivi o sottilmente stratificati (**CAM**), con locali intercalazioni di siltiti, argille marnose, sabbie limose e sabbie medio-fini; sono inoltre presenti argille, argille marnose e marne in strati generalmente sottili, con sporadici passaggi di calcari marnosi, calcilutiti e calcareniti bioclastiche e rare intercalazioni di diaspri, arenarie e microconglomerati.

I presenti depositi costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di importanza significativa. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-9} < k < 1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

10.3.3.1.2 **Complessi dei terreni di copertura**

Il presente gruppo è rappresentato da due complessi idrogeologici, essenzialmente costituiti da depositi fluviali sedimentari quaternari.

10.3.3.1.2.1 *Complesso fluvio-lacustre*

Il presente complesso è rappresentato dai depositi alluvionali, lacustri e palustri delle unità **bb**, e **bn**. Si tratta di conglomerati poligenici a ciottoli arrotondati (**CFL**), massivi o a stratificazione incrociata, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; sono presenti abbondanti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; talora si rinvencono argille limose e limi argillosi a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni limoso-sabbiose e rari passaggi torbosi.

Questi depositi costituiscono acquiferi porosi particolarmente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, principalmente per porosità, è variabile da bassa ad alta. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-1}$ m/s.

10.3.3.1.2.2 *Complesso detritico-colluviale*

Al complesso in questione vengono riferiti i terreni di copertura dell'unità continentale **b2**. È costituito da ghiaie e ciottoli fortemente eterometrici (**CDC**), da angolosi a sub-angolosi, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 79 di 179

scarsa ad abbondante; si rinvennero diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi privi di struttura, con frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; sono inoltre presenti argille limose e limi argillosi privi di struttura, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e abbondanti resti vegetali.

Tali litotipi costituiscono acquiferi porosi fortemente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa ad alta, in funzione della classe granulometrica prevalente. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

10.3.3.2 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove relative al settore C del Lotto 2: Linea Foggia-Potenza, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e dei relativi complessi idrogeologici di appartenenza, distinti per campagna indagine.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S16	CV	Lefranc	7.0 - 8.0	1.75E-04	CFL

Tabella 25 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IA0X00D-2014, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S31	LF1	Lefranc	7.2 – 9.3		

Tabella 26 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IA4J11E-2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S11	LF_01	Lefranc	2.8 - 5.0	8.57E-07	CFL
S11	LF_02	Lefranc	11.9 - 14.0	6.45E-08	CAM
S12	LF_01	Lefranc	2.8 - 5.0	8.56E-06	CFL
S12	LF_02	Lefranc	13.0 - 15.5	2.22E-08	CAM
S14	LF_01	Lefranc	2.8 - 5.3	2.85E-06	CFL
S14	LF_02	Lefranc	14.5 - 16.5	-	-

Tabella 27 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica L2-2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

10.3.4 Sismicità

Nella tabella seguente sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15) al fine di documentare la storia sismica del centro abitato di Ascoli Satriano, (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Ascoli Satriano
[41.205, 15.561]

Numero eventi: 41

Effetti	In occasione del terremoto del:				
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io
6	1349 09 09	Lazio-Molise	24	10	6.8
10	1361 07 17 17 15	Subappennino dauno	2	9	6.03
8	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
7	1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6.66
7-8	1646 05 31	Gargano	35	10	6.72
7	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
6-7	1720 06 07	Tavoliere delle Puglie	7	6-7	5.22
8	1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
5	1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
7-8	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
7	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7.12
NF	1882 06 06 05 40	Isernino	50	7	5.2
5	1899 08 16 00 05	Subappennino dauno	32	6	4.57
NF	1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7	4.9
3-4	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5.18
7	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
4	1912 07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55
3	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5.35
2-3	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
4	1923 11 08 12 28	Appennino campano-lucano	28	6	4.73
2-3	1927 12 27 08 49	Deliceto	2	5-6	4.4
8	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
4	1931 05 10 10 48 55.00	Irpinia	43	5-6	4.64
4	1937 07 17 17 11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96
6-7	1948 08 18 21 12 20.00	Gargano	58	7-8	5.55
3	1956 09 22 03 19 39.00	Gargano	57	6	4.64
6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
5	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5.02
6	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
4-5	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
NF	1992 11 05 13 34 27.86	Gargano	32	5	4.34

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 82 di 179

d'Italia. Secondo tale normativa, il comune di Ascoli Satriano (FG) ricade in **Zona sismica 1**, ossia aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici forti.

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC. Detto studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.

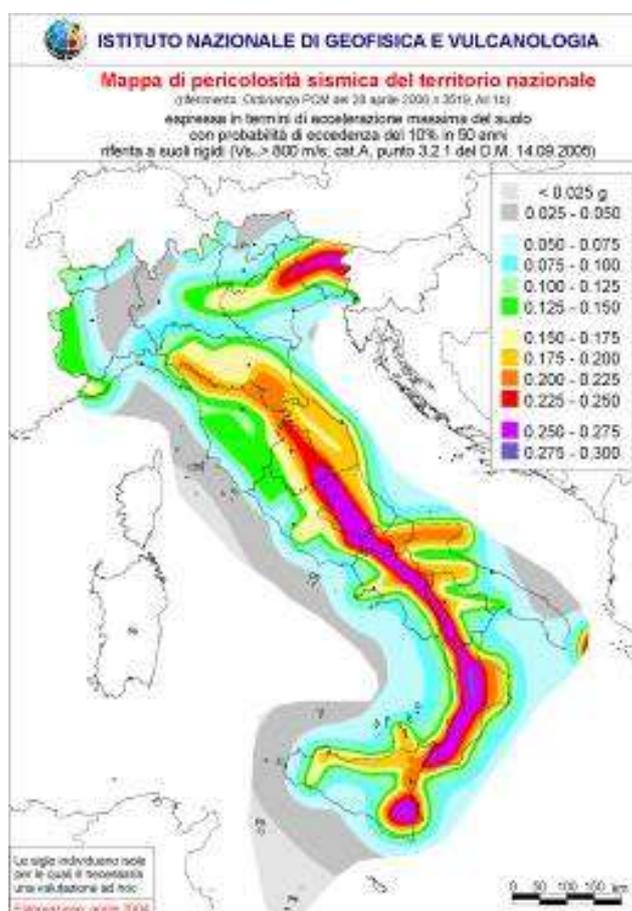


Figura 27 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, infatti, numerose situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici in un breve arco di territorio.

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono sempre continue e graduali. Successivamente verrà quindi mantenuta

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 83 di 179

la classificazione del territorio nazionale in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (cfr. figura seguente). Nello specifico, per il settore di studio i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.150-0.225 a_g (accelerazione massima del suolo).

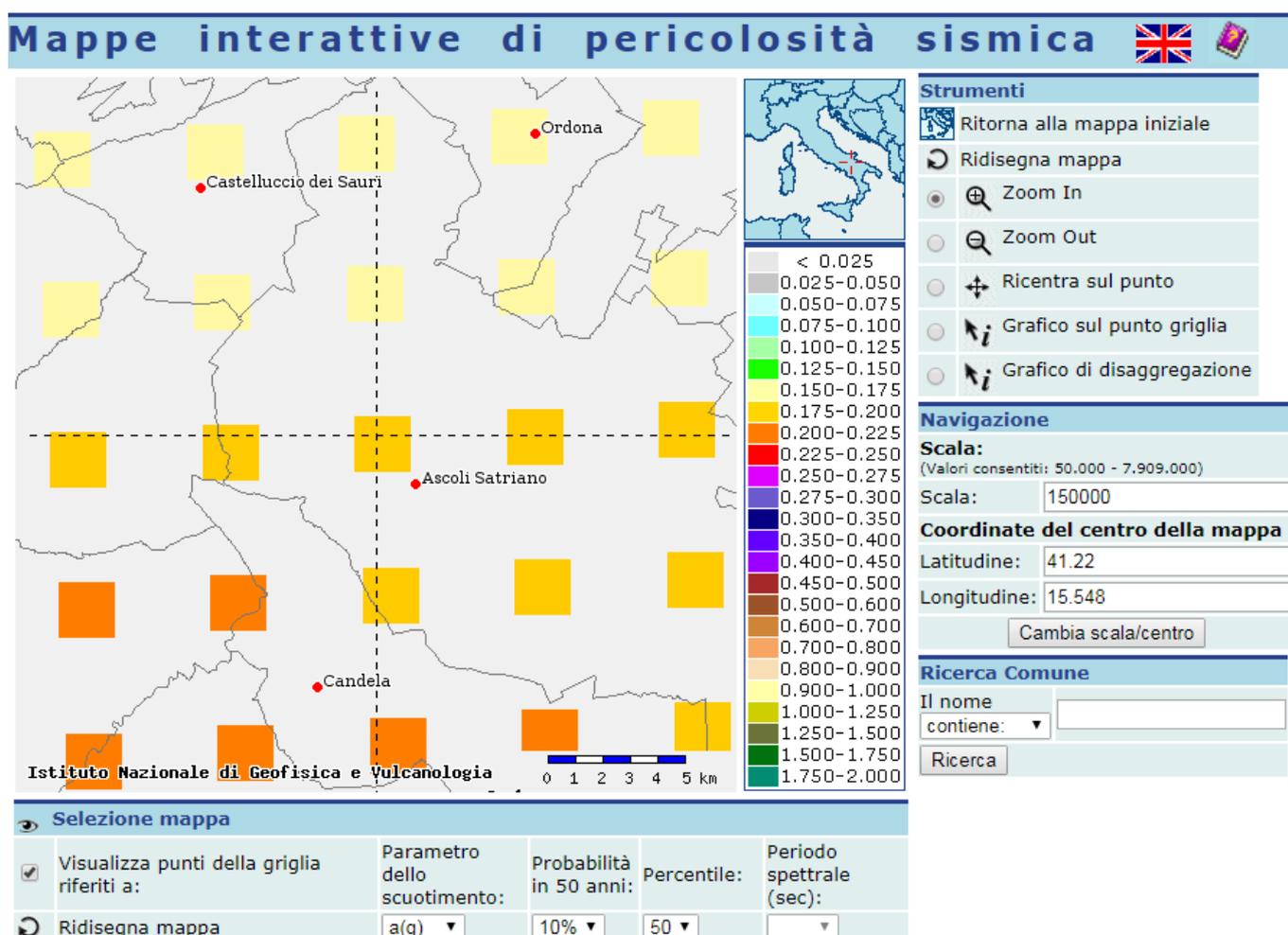


Figura 28 – Mappa interattiva di pericolosità sismica per il settore di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Infine, il database del progetto *ITHACA (Italy HAZard from CAPable faults)* riporta la presenza di alcune faglie capaci nell'area di studio, ovvero di elementi tettonici attivi che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. In particolare, nell'area di studio sono presenti diversi elementi tettonici di una certa rilevanza, relativi sia ai domini di catena che a quelli di avanfossa.

Dei suddetti elementi tettonici, due interessano direttamente il tracciato ferroviario nella tratta più settentrionale, in corrispondenza delle chilometriche 17+200 e 23+800 circa, mentre un altro si colloca nelle immediate vicinanze, all'altezza del confine regionale tra Puglia e Basilicata. Ad ogni modo, in relazione alle caratteristiche sismo-tettoniche dell'area appenninica, anche gli elementi strutturali che non interessano direttamente i settori di intervento rappresentano degli elementi di potenziale criticità per le opere, essendo in grado di produrre eventi sismici di una certa rilevanza e con sicuro risentimento nelle zone di stretto interesse progettuale.

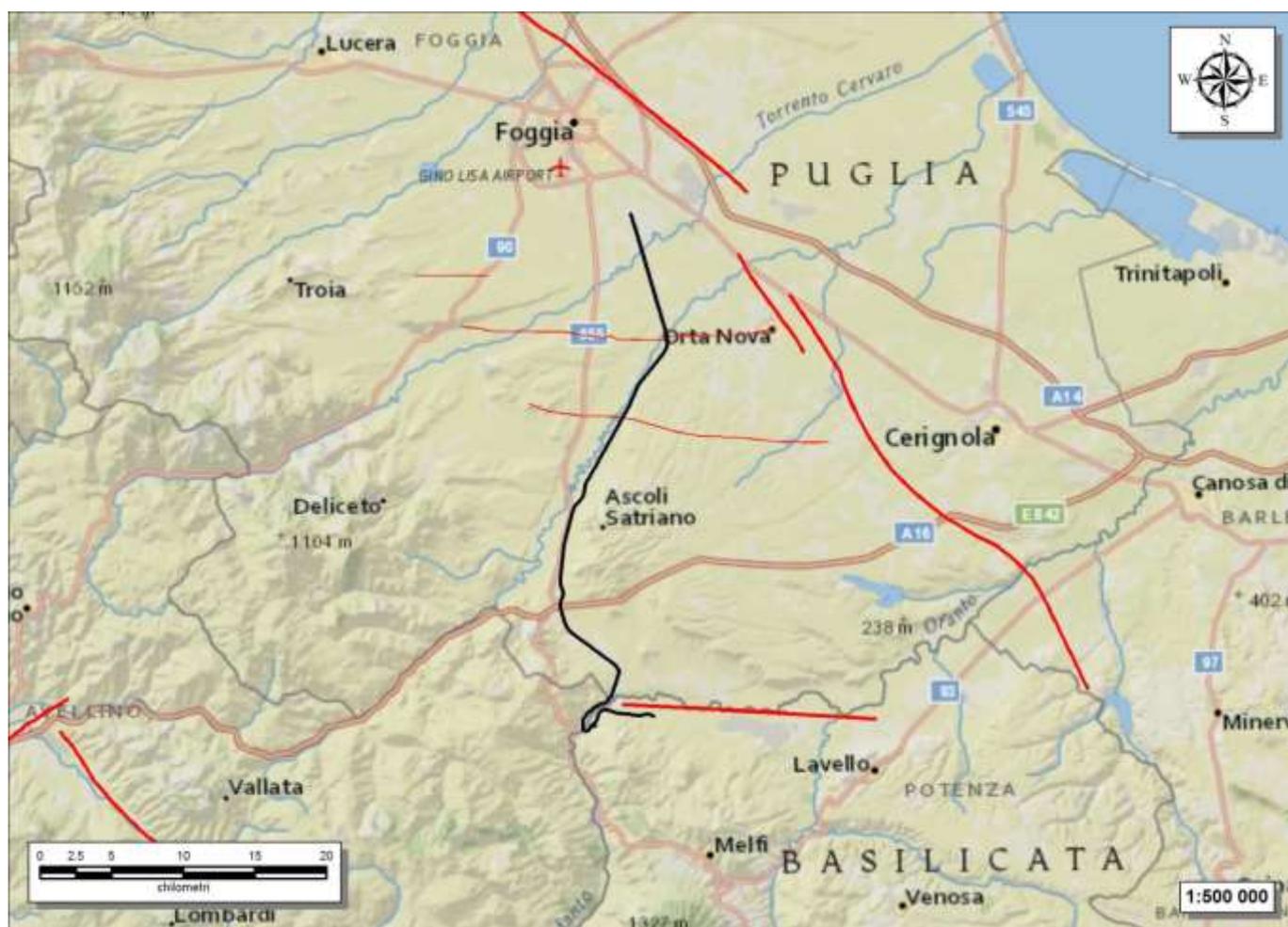


Figura 29 – Stralcio cartografico dell'area di studio con indicazione della tratta ferroviaria di progetto (in nero) e delle faglie capaci (in rosso) (<http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>).

10.3.4.2 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 85 di 179

intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'*input* sismico in termini di variazione del contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475. I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

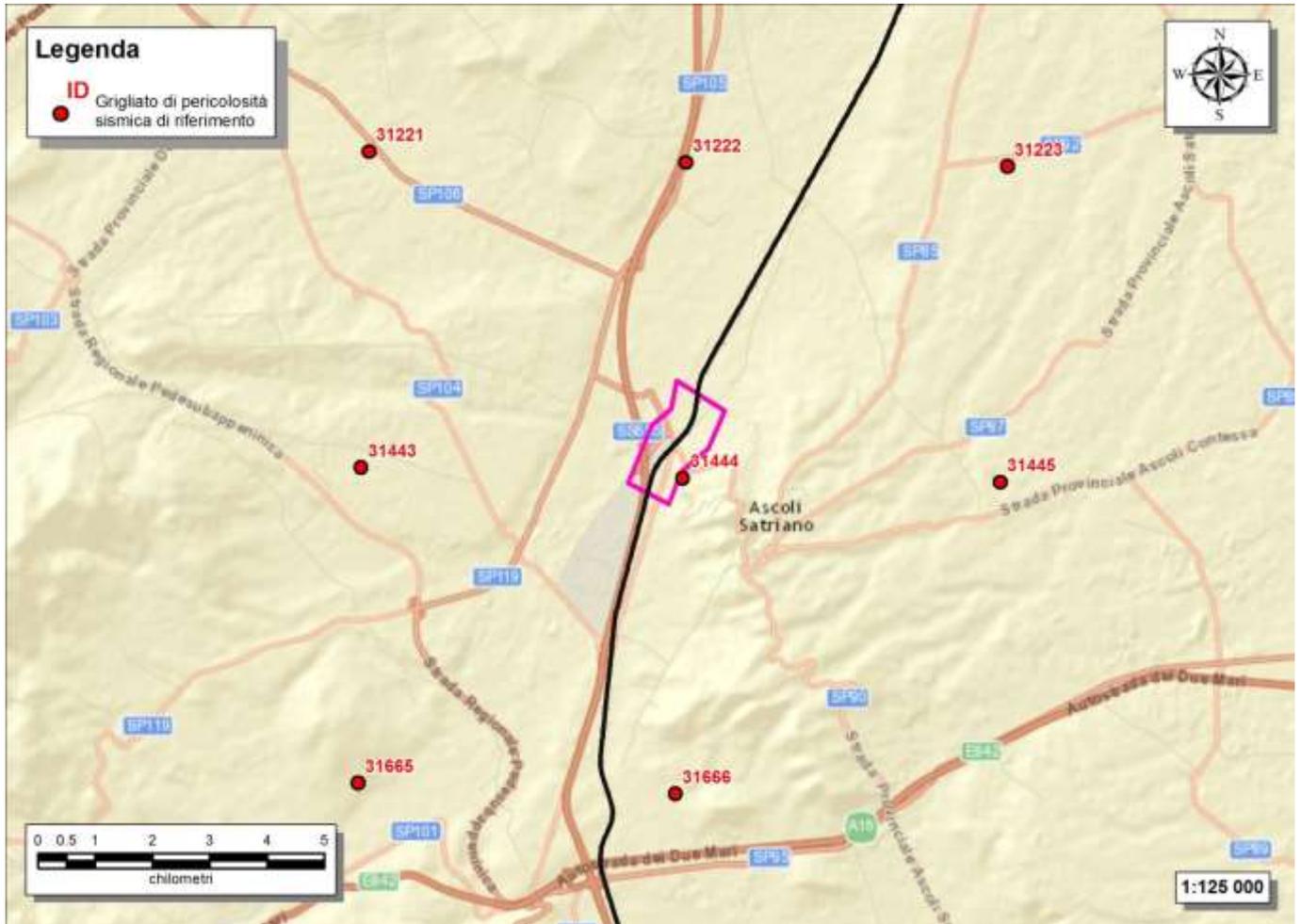


Figura 30 – Griglia di riferimento per il settore C dell’area di studio, con individuazione del tracciato ferroviario (in nero), dell’area di interesse progettuale (in magenta) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
31665	15.483	41.168	0.2002	2.45	0.41
31443	15.484	41.218	0.1902	2.46	0.41
31221	15.486	41.268	0.1738	2.51	0.42
31444	15.551	41.216	0.1889	2.47	0.41
31222	15.552	41.266	0.173	2.50	0.41
31666	15.549	41.166	0.1983	2.45	0.41
31444	15.551	41.216	0.1889	2.47	0.41
31445	15.617	41.215	0.1879	2.46	0.41

Tabella 29 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 87 di 179

10.3.4.3 Categoria di sottosuolo

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale. La Nuova Normativa Tecnica per le Costruzioni prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 17/01/2018 – Capitoli 3.2 e 7.11), una classificazione del sottosuolo sulla base delle condizioni stratigrafiche e dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con: h_i spessore dell' i -esimo strato; $V_{s,i}$ 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 V_s 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 $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Sulla scorta dei dati a disposizione, tale determinazione è stata effettuata attraverso indagini di tipo geofisico, quali prove *down-hole* e prospezioni sismiche MASW, che forniscono indicazioni dirette relativamente al valore di $V_{s,eq}$. Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

- **A:** 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:** 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.
- **C:** Depositati 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.
- **D:** Depositati 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.
- **E:** 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

Nell'ambito del presente studio, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione delle prove MASW e Down-Hole disponibili nei settori di intervento o appositamente realizzate durante la presente fase progettuale. Nelle tabelle seguenti si riporta una sintesi delle prove effettuate, contenente i valori di $V_{s,eq}$ determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 88 di 179

Sigla	Tipologia	Lunghezza <i>m</i>	Vseq= Vs30 <i>m/s</i>	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
M07	MASW	57	431	B	bb/ASP

Tabella 30 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013.

Sigla	Tipologia	Lunghezza <i>m</i>	Vseq= Vs30 <i>m/s</i>	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
S16	Down-Hole	30	243	C	bb/ASP

Tabella 31 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini IA0X00D-2014.

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche a disposizione, i terreni presenti nelle aree di intervento possono essere caratterizzati con categorie di sottosuolo comprese tra una **Categoria di sottosuolo C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*), e una **Categoria di sottosuolo B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*).

10.3.5 Campagna di indagine

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate tutte le indagini geognostiche disponibili e appositamente realizzate nel settore di territorio interessato dagli interventi in progetto. L'intero *set* di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione alla specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

Nel corso del complesso *iter* progettuale sino ad oggi espletato, si sono succedute differenti campagne di indagini geognostiche, nelle quali sono state realizzate sia indagini dirette che indirette. Nel settore C del lotto 2 complessivamente sono state analizzate le seguenti indagini di sito:

- n. 6 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 2 non attrezzati, 2 strumentati con piezometro e 2 attrezzati per sismica in foro;
- n. 1 prova penetrometrica statica;
- n. 1 prova penetrometrica dinamica;
- n. 1 prova geoelettrica;
- n. 1 prova MASW;

Il numero totale dei campioni di roccia e terreno prelevati è di 30, mentre quello delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio è di 34.

10.3.5.1 Sondaggi geognostici

Di seguito vengono elencati tutti i sondaggi geognostici eseguiti nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk della tratta Foggia-Potenza, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, strumentazione, profondità, numero dei campioni, numero prove SPT, numero prove Lefranc/Lugeon).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S16	30+406	545962	4563325	197.3	sismica in foro	30.0	4	4	0
Totale							4	4	0

Tabella 32 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IA0X00D-2014, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S31	30+493	545900	4563264	197.2	piezometro	30.0	5	4	1
SH51	29+958	546223	4563689	192.3	non attrezzato	11.5	2	0	0
Totale							7	4	1

Tabella 33 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IA4J11E-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S11	30+332	545928	4563460	191.1	piezometro	30.0	6	8	2
S12	30+377	545953	4563374	194.4	sismica in foro	40.0	7	10	2
S14	30+401	546055	4563243	201.3	non attrezzato	30.0	6	8	2
Totale							19	26	6

Tabella 34 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini L2-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.3.5.2 Prove penetrometriche

Di seguito vengono elencati tutte le prove penetrometriche in sito eseguite nell'ambito della presente fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk della tratta Foggia-Potenza, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, tipologia di indagine e profondità).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Tipologia di prova	Profondità m
P4 CPTU 2	30+445	545939	4563294	197.1	prova penetrometrica statica	3.3

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Tipologia di prova	Profondità m
P4 DPSH 4	30+445	545939	4563294	197.1	prova penetrometrica dinamica	7.8

Tabella 35 - Sintesi delle prove penetrometriche realizzati nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013, elencate in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.3.5.3 Prospezioni sismiche

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi di tutte le indagini sismiche e geoelettriche eseguite nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk del centroide lungo la tratta Foggia-Potenza, longitudine e latitudine di ogni singolo stendimento nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), tipologia di indagine e lunghezza).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
M07	30+377	545974	4563354	MASW	57.0

Tabella 36 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
L5	30+342	545994	4563383	geoelettrica	487.0

Tabella 37 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini IA0X00D-2014, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.3.6 *Suscettività alla liquefazione*

A ogni modo, in relazione al ridotto numero di dati disponibili e alla notevole eterogeneità dei terreni nonché all'assenza di dati di monitoraggio, in questa fase non è possibile escludere la presenza di locali orizzonti potenzialmente suscettibili di liquefazione.

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace (Riga 2007). Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione inter-granulare.

L'incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

Al fine di verificare la possibile suscettività a liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto sono state condotte una serie di analisi basate sia sugli studi bibliografici di maggior rilievo a livello internazionale, che sulle procedure di analisi dettate dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 91 di 179

L'attuale normativa vigente in materia di costruzioni edilizie (NTC2018) prevede che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) distribuzione esterna ai fusi granulometrici indicati da normativa, distinti in funzione del coefficiente di uniformità U_c .

In particolare, se la condizione 1 non risulta soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4. Pertanto, in relazione a quanto previsto dall'NTC 2018, sono state condotte una serie di analisi puntuali volte a verificare tutte le condizioni predisponenti elencate in precedenza, al fine di determinare la possibile suscettività a liquefazione di tutti i campioni di terreno prelevati durante la campagna di indagini appositamente condotta.

Per quanto detto in precedenza, le verifiche sono state condotte unicamente per i terreni alluvionali posti a profondità inferiori ai 15-20 m dal p.c., in quanto al di sotto non è possibile che si verifichino tali fenomeni. Ovviamente le suddette analisi hanno un carattere generale e, pertanto, andranno puntualmente dettagliate attraverso verifiche geotecniche basate sulla resistenza dinamica e sull'effettivo stato di addensamento dei terreni investigati.

Le fonti bibliografiche a disposizione e lo studio relativo alla sismicità storica e alla pericolosità sismica del sito hanno evidenziato che nell'area di intervento si sono verificati diversi terremoti con magnitudo M superiore a 5 e, in particolare, il massimo terremoto atteso nell'area presenta una M pari a 6.83. Anche le accelerazioni massime attese al piano campagna, in condizioni di campo libero, sono risultate superiori al limite definito da normativa, in quanto variabili tra 0.125 e 0.200 g . In relazione a quanto detto e considerata la presenza della condizione predisponente esposta nel punto 1 dell'NTC 2018, si è quindi proceduto alla verifica dei punti 2, 3 e 4 del paragrafo 7.11.3.4.2, in modo da rispondere puntualmente a tutti i quesiti posti da norma.

Per quanto concerne la falda, in assenza di dati di monitoraggio sono state considerate le letture della superficie piezometrica in corso di perforazione. Tali dati hanno evidenziato la presenza di una falda posta ad una profondità media di circa 8-11 m dal p.c., quindi ben al di sopra del limite di 15 m previsto da normativa. Tale misura viene cautelativamente adottata per le analisi anche se condizionata dai liquidi utilizzati in corso di perforazione.

Dal punto di vista tessiturale, in assenza di specifiche indagini per la definizione delle curve granulometriche di laboratorio, le analisi sono state condotte in relazione a quanto emerso dalle indagini geognostiche appositamente condotte. Pertanto, sono stati considerati come potenzialmente suscettibili di liquefazione unicamente i terreni sabbiosi e sabbioso-limosi dei depositi alluvionali attuali e recenti, in quanto privi di un'alta percentuale di frazione fine o grossolana. Gli orizzonti pelitici e ghiaiosi delle suddette unità sono risultati chiaramente non suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione per via della composizione granulometrica del deposito, mentre i termini litologici delle unità più antiche risultano non suscettibili a causa dell'elevato stato di addensamento e di locali fenomeni di cementazione chimica.



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO

LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	92 di 179

Relativamente alla resistenza penetrometrica dei terreni, le verifiche sono state condotte in relazione alle prove SPT realizzate nei fori di sondaggio durante le fasi di perforazione. Come detto in precedenza, sono state considerate unicamente le prove condotte sui depositi alluvionali attuali e recenti a granulometria sabbiosa e sabbioso-limoso. Tali prove hanno evidenziato la presenza di terreni generalmente piuttosto addensati, con valori di resistenza penetrometrica normalizzata spesso superiori al limite previsto da normativa. Fanno eccezione alcuni orizzonti litologici che presentano una resistenza penetrometrica ben al di sotto del limite previsto da normativa e che, quindi, possono quindi ritenersi suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione.

Sondaggio	Litologia	Profondità prova <i>m</i>	N _{SPT}	(N ₁) ₆₀
S14	Depositi alluvionali sabbioso-limosi	3.2	19	10
	Depositi alluvionali sabbioso-limosi	6.7	32	19
S12	Depositi alluvionali sabbioso-limosi	3.2	26	16
	Depositi alluvionali sabbioso-limosi	5.6	34	20
S11	Depositi alluvionali sabbioso-limosi	3.2	30	19
	Depositi alluvionali sabbioso-limosi	6.0	R	R
S16	Depositi alluvionali sabbioso-limosi	9.7	79	46

Tabella 38 - Parametri di sintesi dei valori di N_{SPT} e di resistenza penetrometrica normalizzata (N₁)₆₀ relativi ai terreni interessati dalle analisi di suscettività a liquefazione.

In definitiva, in relazione a quanto esposto in precedenza, i depositi alluvionali attuali e recenti a granulometria sabbiosa e sabbioso-limoso con bassa resistenza penetrometrica possono essere considerati suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione dinamica. Si sottolinea comunque che alcuni degli orizzonti potenzialmente suscettibili di liquefazione risultano posti al di sopra del livello piezometrico registrato in fase di perforazione. Considerando l'elevata variabilità della superficie piezometrica nel corso dell'anno e le poche misure piezometriche a disposizione, tali orizzonti sono comunque da ritenersi suscettibili poiché non è possibile escludere la risalita della falda nei periodi più piovosi.

10.3.7 Descrizione dell'area

Questo tratto si trova nel settore centrale dell'area di studio e ricade nel territorio comunale di Ascoli Satriano. In questo settore è prevista la realizzazione di un viadotto al km 30+390 circa, con deviazione della viabilità esistente. Il tracciato attraversa esclusivamente i Depositi alluvionali recenti (**bb**) della valle alluvionale del Torrente Cervaro, in appoggio sui Depositi alluvionali terrazzati (**bn**). Alla base dei versanti, nel settore orientale, si rinvengono i terreni delle Coltri eluvio-colluviali (**b2**). Il substrato geologico dell'area è rappresentato dalle Argille Subappennine (**ASP**).

Dal punto di vista geomorfologico tale settore ricade in una zona di raccordo tra la piana alluvionale e il versante occidentale del rilievo collinare su cui giace l'abitato di Ascoli Satriano. In particolare, sono presenti una serie di conoidi alluvionali, con stato quiescente, che intercettano direttamente le opere in progetto del lotto in esame. Tali elementi, in virtù della ridotta intensità e degli spessori generalmente contenuti, non costituiscono elementi di rilevante criticità geomorfologica per le opere in progetto.

10.4 Settore D (dal km 35+600 al km 40+200)

Tale settore ricade nell'area centro-meridionale del settore di studio, tra le km 35+600 e 40+200 circa della linea Foggia-Potenza, nel territorio comunale di Ascoli Satriano e di Candela.



Foto 4 – Vista panoramica dell'area meridionale del settore D del lotto 2, viabilità di ricucitura per la soppressione del PL al km 39+550.

10.4.1 Assetto geologico locale

L'assetto stratigrafico-strutturale dell'area di stretto interesse progettuale è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico effettuato con tutte le informazioni ricavate dalla fotointerpretazione appositamente condotta, dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini di sito esistenti o appositamente realizzate per il presente studio.

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze metamorfiche e sedimentarie di substrato che a successioni clastiche di

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 94 di 179

copertura. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle numerose indagini geognostiche a disposizione.

Nei settori di studio, quindi, sono state individuate e perimetrare quattordici unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico. Si sottolinea che seguendo i criteri definiti dal Servizio Geologico (Pasquaré et al. 1992) le successioni sono state suddivise utilizzando Unità Stratigrafiche Convenzionali, talora ulteriormente suddivise in membri con particolare composizione litologica.

10.4.1.1 Unità della Fossa Bradanica

Tale unità è rappresentata da una successione marina plio-pleistocenica, diffusamente affiorante nei settori dell'area di interesse progettuale.

10.4.1.1.1 **Argille Subappennine**

Questa unità si rinviene ampiamente nella parte centro-meridionale dell'area di studio, a sud della stazione di Candela. È formata da argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro (**ASP**), in strati da sottili a molto spessi, generalmente poco evidenti e a laminazione pianoparallela, con sottili intercalazioni di argille marnose, sabbie limose e sabbie medio-fini più frequenti verso l'alto stratigrafico; nella parte alta della successione si riconosce una porzione costituita da sabbie limose e limi sabbiosi di colore giallastro e grigio-verdastro, in strati da sottili a spessi, progressivamente passanti a conglomerati poligenici grossolanamente stratificati e ben selezionati. L'unità è composta da depositi costieri, di scarpata superiore e di piattaforma con uno spessore massimo di circa 1000 m, ascrivibili all'intervallo Pliocene medio - Pleistocene inferiore.

10.4.1.2 Unità continentali di copertura

Le successioni continentali quaternarie sono rappresentate da tre differenti unità geologiche, estesamente affioranti in tutta l'area di intervento come copertura di tutte le sequenze vulcaniche e sedimentarie più antiche.

10.4.1.2.1 **Depositi alluvionali terrazzati**

Tali depositi si rinvengono diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza dei fondovalle più importanti ed estesi. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bn**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; si rinvengono frequenti lenti di conglomerati poligenici a ciottoli arrotondati, massivi o a stratificazione incrociata, e diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni sabbioso-limose grigiastre. L'unità è composta da depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, ascrivibili al Pleistocene medio – Pleistocene superiore.

10.4.1.2.2 **Depositi alluvionali recenti**

Questa unità si rinviene diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza dei fondovalle dei principali corsi d'acqua dell'area e dei loro affluenti maggiori. È costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bb**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; si rinvengono diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 95 di 179

locali intercalazioni sabbioso-limose grigiastre. L'unità è rappresentata da depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, riferibili al Pleistocene superiore – Olocene.

10.4.1.2.3 Coltri eluvio colluviali

Questa unità si rinviene diffusamente in tutta l'area di interesse progettuale, come copertura di tutte le unità geologiche più antiche. Si tratta di argille limose e limi argillosi di colore marrone e nerastro (**b2**), privi di struttura, con abbondanti resti vegetali e locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; talora si rinvengono limi sabbiosi e sabbie limose di colore marrone e giallastro, prive di struttura, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate. L'unità è formata da depositi di versante e di alterazione del substrato, interamente ascrivibili all'Olocene.

10.4.2 Assetto geomorfologico locale

L'evoluzione geomorfologica dell'area ed i principali elementi morfologici presenti sul territorio sono direttamente connessi con il deflusso delle acque correnti superficiali e con l'evoluzione morfologica dei principali sistemi fluviali. In particolare, il deflusso idrico lungo la piana alluvionale del T. Cervaro rappresenta il principale fattore morfogenetico del territorio e, quindi, la causa di accumulo di depositi alluvionali in *facies* di canale, piana inondabile e conoide.

Dal punto di vista morfologico, si tratta di un territorio sub-pianeggiante, caratterizzato da diverse superficie terrazzate poste a quote variabili sui fondovalle attuali. Nel complesso la spessa copertura alluvionale conferisce al settore di interesse un andamento piuttosto regolare e blandamente immergente verso N. Le superfici terrazzate degradano in direzione del fondovalle del T. Carapelle, che rappresenta il principale asse di drenaggio superficiale dell'intera area di studio.

In particolare, secondo quanto riportato nelle cartografie tematiche del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico della Autorità di Bacino della Puglia l'intero settore di studio presenta interferenze dirette con gli areali di pericolosità **PG1** (media o moderata) (cfr. figure seguenti). Tale areale risulta connesso al deflusso delle acque correnti superficiali e in relazione alle caratteristiche geomorfologiche dell'area ed al ridotto livello di rischio non rappresenta un elemento ostativo alla realizzazione delle opere.

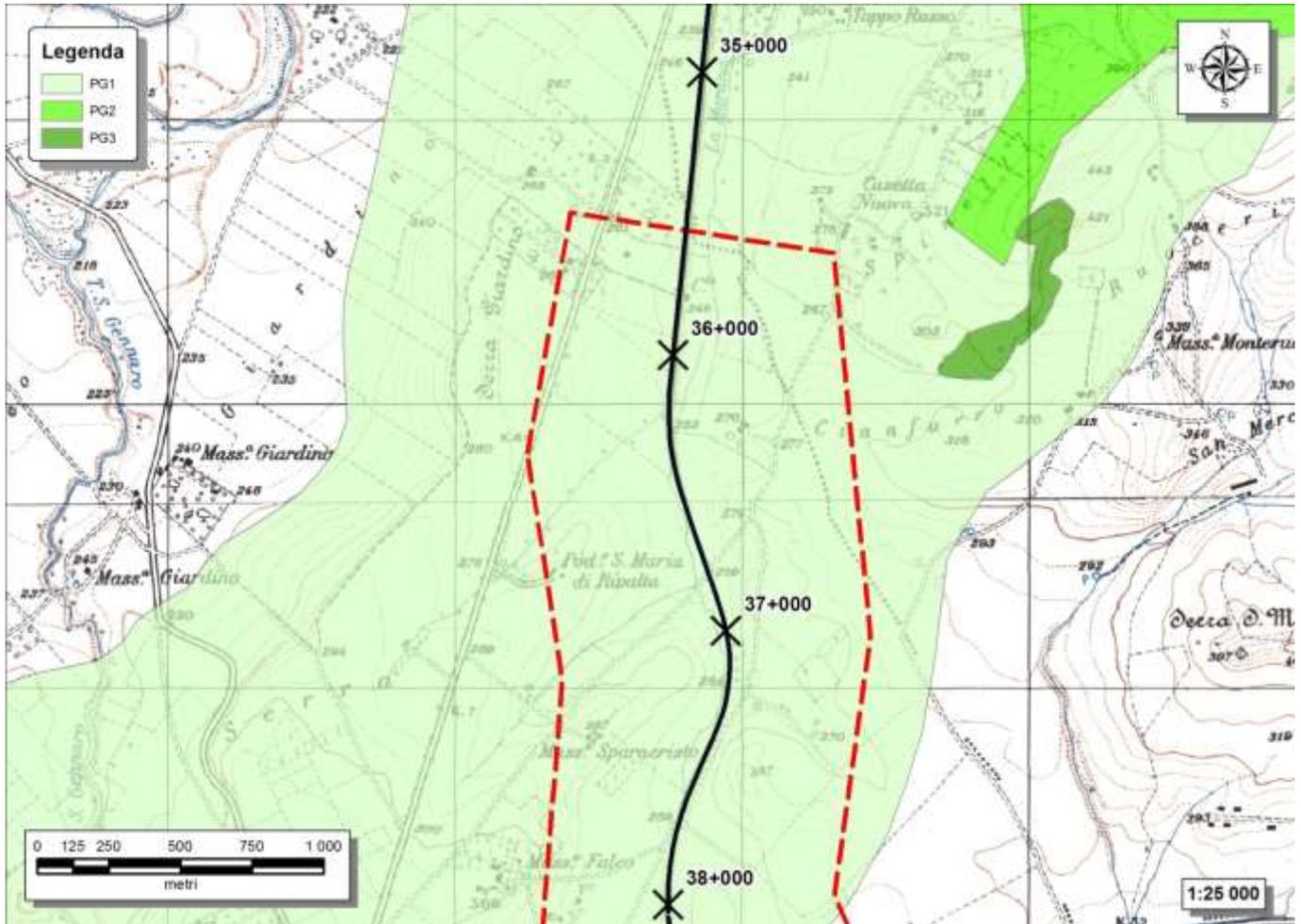


Figura 31 - Stralcio della carta della pericolosità tratto dal Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino della Puglia (2005, aggiorn. 2016), con individuazione dell’area settentrionale del Settore D.

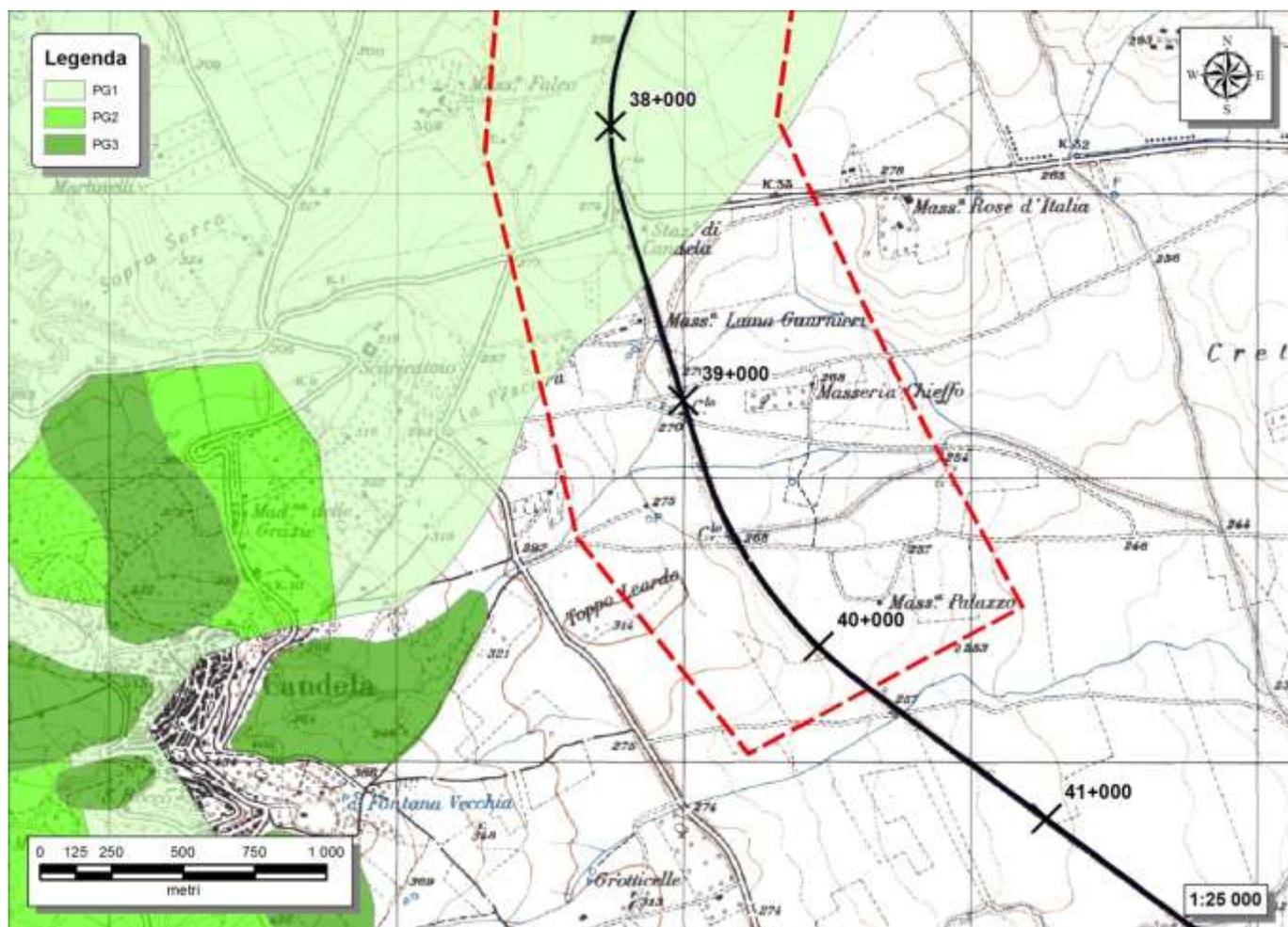


Figura 32 - Stralcio della carta della pericolosità tratto dal Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino della Puglia (2005, aggiorn. 2016), con individuazione dell’area meridionale del Settore D.

10.4.3 Assetto idrogeologico locale

L’approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche dell’area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologico-strutturali a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella vasta letteratura scientifica riguardante l’area.

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato, ove possibile, con le prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre, i dati piezometrici reperiti e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo di alcuni settori caratteristici dell’area di studio.

Infine, lo studio geologico condotto ha permesso di definire lo stato di alterazione/fessurazione degli ammassi rocciosi e le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell’area di studio.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 98 di 179

10.4.3.1 Complessi idrogeologici

Nell'area in esame sono stati individuati tre complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area in esame.

10.4.3.1.1 **Complessi delle unità di substrato**

Questo gruppo è rappresentato da un singolo complessi idrogeologici, costituito da successioni sedimentarie meso-cenozoiche.

10.4.3.1.1.1 *Complesso argilloso-marnoso*

Al complesso in esame sono riferiti i depositi essenzialmente pelitici della successioni sedimentaria **ASP**. È costituito da argille limose e limi argillosi massivi o sottilmente stratificati (**CAM**), con locali intercalazioni di siltiti, argille marnose, sabbie limose e sabbie medio-fini; sono inoltre presenti argille, argille marnose e marne in strati generalmente sottili, con sporadici passaggi di calcari marnosi, calcilutiti e calcareniti bioclastiche e rare intercalazioni di diaspri, arenarie e microconglomerati.

I presenti depositi costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di importanza significativa. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-9} < k < 1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

10.4.3.1.2 **Complessi dei terreni di copertura**

Il presente gruppo è rappresentato da due complessi idrogeologici, essenzialmente costituiti da depositi fluviali sedimentari quaternari.

10.4.3.1.2.1 *Complesso fluvio-lacustre*

Il presente complesso è rappresentato dai depositi alluvionali, lacustri e palustri delle unità **bb**, e **bn**. Si tratta di conglomerati poligenici a ciottoli arrotondati (**CFL**), massivi o a stratificazione incrociata, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; sono presenti abbondanti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; talora si rinvencono argille limose e limi argillosi a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni limoso-sabbiose e rari passaggi torbosi.

Questi depositi costituiscono acquiferi porosi particolarmente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, principalmente per porosità, è variabile da bassa ad alta. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-1}$ m/s.

10.4.3.1.2.2 *Complesso detritico-colluviale*

Al complesso in questione vengono riferiti i terreni di copertura dell'unità continentale **b2**. È costituito da ghiaie e ciottoli fortemente eterometrici (**CDC**), da angolosi a sub-angolosi, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da

scarsa ad abbondante; si rinvennero diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi privi di struttura, con frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; sono inoltre presenti argille limose e limi argillosi privi di struttura, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e abbondanti resti vegetali.

Tali litotipi costituiscono acquiferi porosi fortemente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa ad alta, in funzione della classe granulometrica prevalente. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

10.4.3.2 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove relative al settore D del Lotto 2: Linea Foggia-Potenza, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e dei relativi complessi idrogeologici di appartenenza, distinti per campagna indagine.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S3	PP1	Lefranc	6.0 - 7.5	3.15E-08	CAM
S4	PP1	Lefranc	6.0 - 7.5	4.46E-07	CFL

Tabella 39 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IAZU00R-2013, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S17	CV	Lefranc	7.0 - 8.0	2.69E-05	CAM
S18	CV	Lefranc	10.0 - 11.0	1.38E-05	CAM

Tabella 40 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IA0X00D-2014, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S47	LF_01	Lefranc	4.1 - 7.0	2.24E-05	CFL

Tabella 41 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IA4J11E-2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S15	LF_01	Lefranc	5.0 - 7.0	-	-
S16	LF_01	Lefranc	2.9 - 4.7	2.92E-07	CAM
S16	LF_02	Lefranc	14.5 - 15.6	4.40E-08	CAM
S17	LF_01	Lefranc	2.8 - 4.7	9.91E-08	CAM
S17	LF_02	Lefranc	11.8 - 13.5	1.72E-08	CAM



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO

LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	100 di 179

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S35	LF_01	Lefranc	2.7 - 5.0	7.86E-06	CFL

Tabella 42 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica L2-2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S80	LF_01	Lefranc	2.8 - 5.0	2.48E-08	CFL
S80	LF_02	Lefranc	13.0 - 15.0	-	-
S81	LF_01	Lefranc	2.2 - 4.2	5.74E-06	CFL
S81	LF_02	Lefranc	13.0 - 16.0	-	-
S82	LF_01	Lefranc	3.0 - 5.0	-	-
S82	LF_02	Lefranc	13.5 - 15.8	-	-

Tabella 43 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica L4-2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

10.4.4 Sismicità

Nella tabella seguente sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15) al fine di documentare la storia sismica del centro abitato di Candela (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Candela

[41.136, 15.515]

Numero eventi: 37

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
7	1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6.66
6-7	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
7-8	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
NF	1882 06 06 05 40	Isernino	50	7	5.2
NF	1893 01 25	Vallo di Diano	134	7	5.15
3-4	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5.11
4	1899 08 16 00 05	Subappennino dauno	32	6	4.57
NF	1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7	4.9
3	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5.18
F	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
F	1912 07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55
8	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
3-4	1931 05 10 10 48 55.00	Irpinia	43	5-6	4.64

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
4	1931 11 10 21 10	Vulture	7	5	4.16
5	1933 03 07 14 39	Irpinia	42	6	4.96
6-7	1948 08 18 21 12 20.00	Gargano	58	7-8	5.55
3	1956 09 22 03 19 39.00	Gargano	57	6	4.64
3	1962 01 19 05 01 25.00	Gargano	31	5	4.42
5-6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
2	1964 02 18 06 58 28.00	Irpinia	18	5-6	4.44
4	1971 05 06 03 45 05.00	Irpinia	68	6	4.83
5	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5.02
7	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5.86
3	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	342	7	5.47
5-6	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
5-6	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
4-5	1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	145	6	5.15
4-5	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
3	1998 04 07 21 36 55.30	Valle dell'Ofanto	45	5	4.31
NF	2002 04 18 20 56 48.67	Appennino lucano	164	5	4.34
4-5	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
NF	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4.44
NF	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53
NF	2004 02 24 05 21 26.53	Appennino lucano	140	5	4.21
NF	2004 09 03 00 04 12.75	Potentino	156	5	4.41
5	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64

Tabella 44 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Candela (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

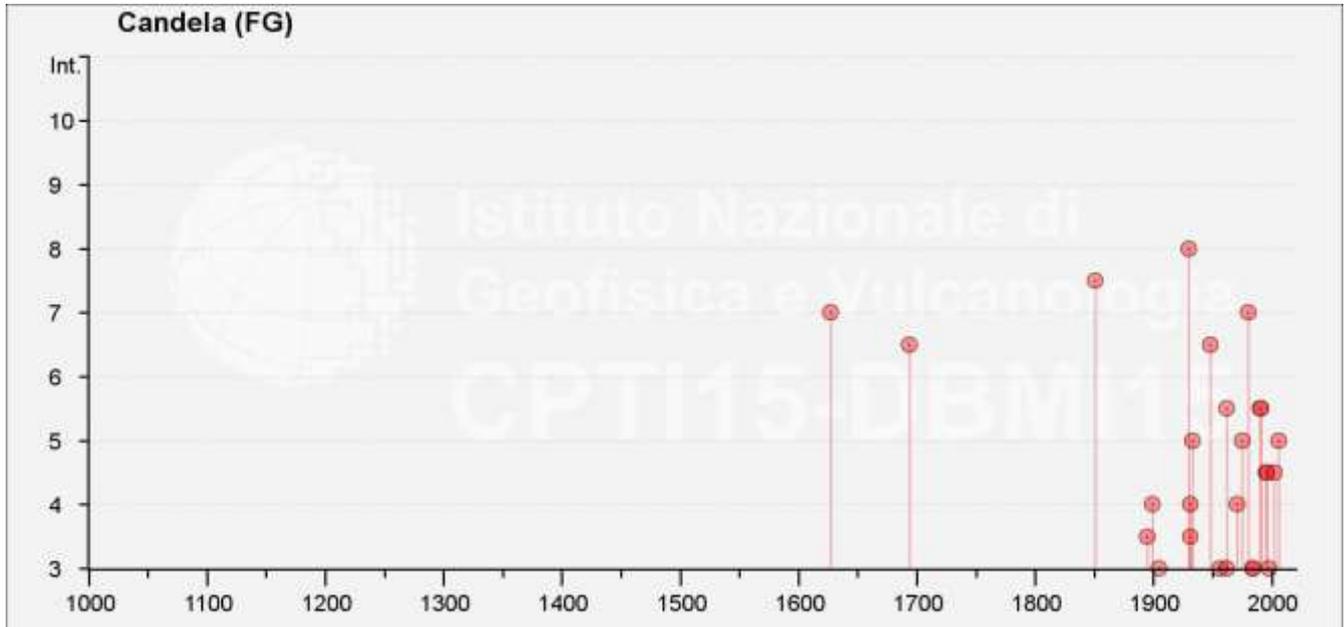


Figura 33 – Grafico illustrante la storia sismica di Candela. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

10.4.4.1 Sismicità attuale

L’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” disciplinava la classificazione sismica dei comuni d’Italia. Secondo tale normativa, il comune di Candela (FG) ricade in **Zona sismica 1**, ossia aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici forti.

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d’Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l’adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell’INGV-DPC. Detto studio è stato condotto dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l’intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell’immediato in provvedimenti normativi.

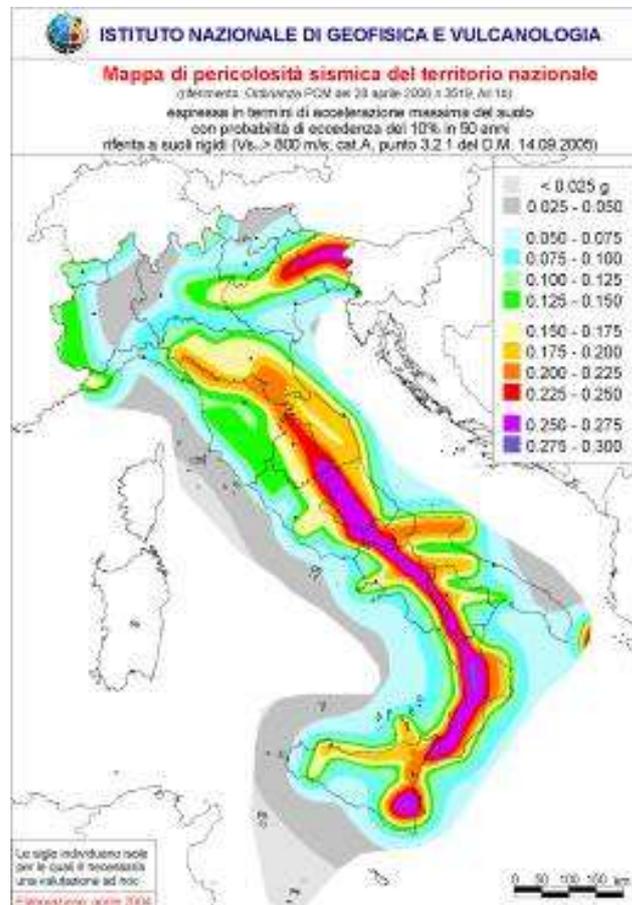


Figura 34 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, infatti, numerose situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici in un breve arco di territorio.

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono sempre continue e graduali. Successivamente verrà quindi mantenuta la classificazione del territorio nazionale in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (cfr. figura seguente). Nello specifico, per il settore di studio i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo $0.150-0.225 a_g$ (accelerazione massima del suolo).

Mappe interattive di pericolosità sismica  

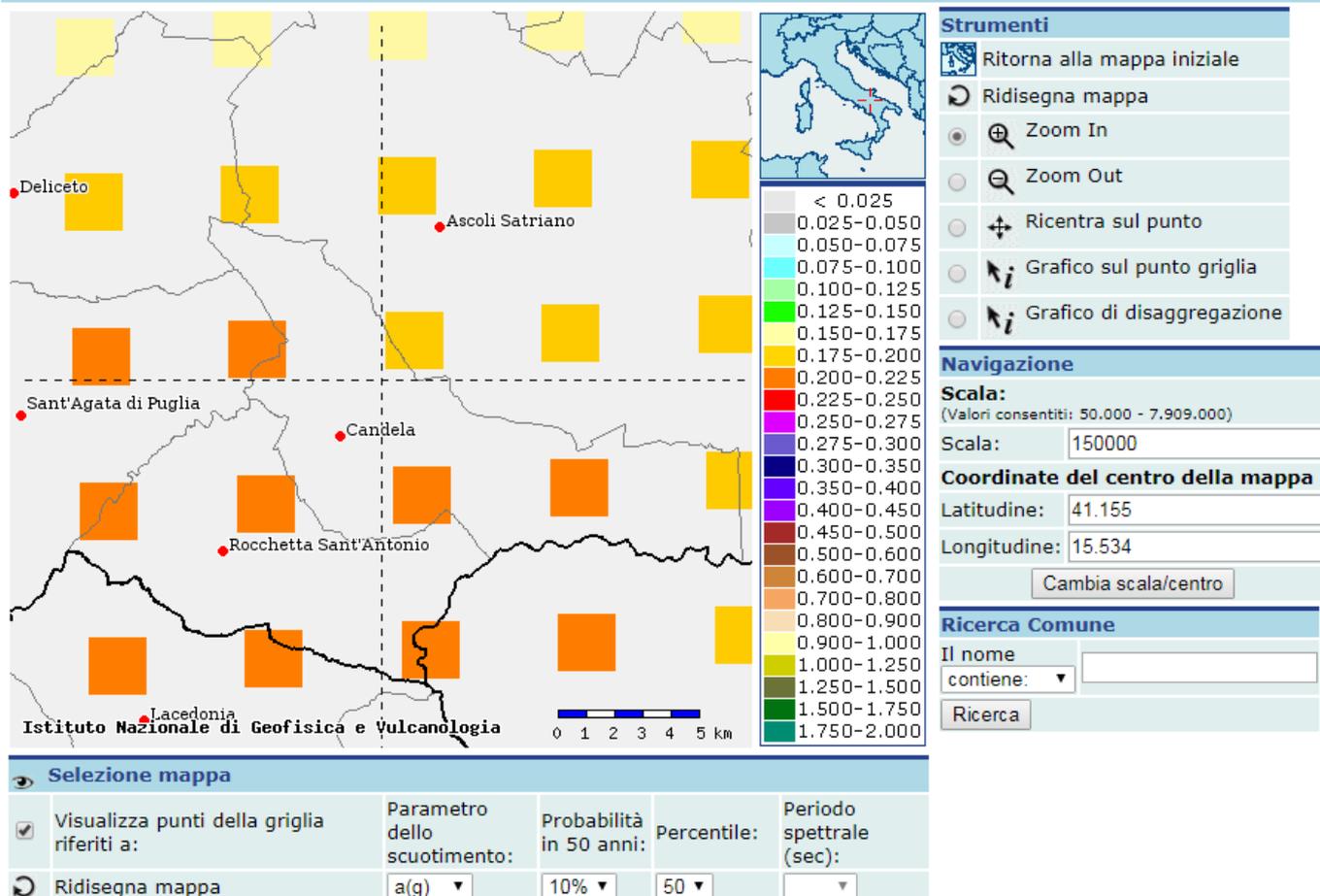


Figura 35 – Mappa interattiva di pericolosità sismica per il settore di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Infine, il database del progetto ITHACA (*Italy HAZard from CAPable faults*) riporta la presenza di alcune faglie capaci nell'area di studio, ovvero di elementi tettonici attivi che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. In particolare, nell'area di studio sono presenti diversi elementi tettonici di una certa rilevanza, relativi sia ai domini di catena che a quelli di avanfossa.

Dei suddetti elementi tettonici, due interessano direttamente il tracciato ferroviario nella tratta più settentrionale, in corrispondenza delle chilometriche 17+200 e 23+800 circa, mentre un altro si colloca nelle immediate vicinanze, all'altezza del confine regionale tra Puglia e Basilicata. Ad ogni modo, in relazione alle caratteristiche sismo-tettoniche dell'area appenninica, anche gli elementi strutturali che non interessano direttamente i settori di intervento rappresentano degli elementi di potenziale criticità per le opere, essendo in grado di produrre eventi sismici di una certa rilevanza e con sicuro risentimento nelle zone di stretto interesse progettuale.

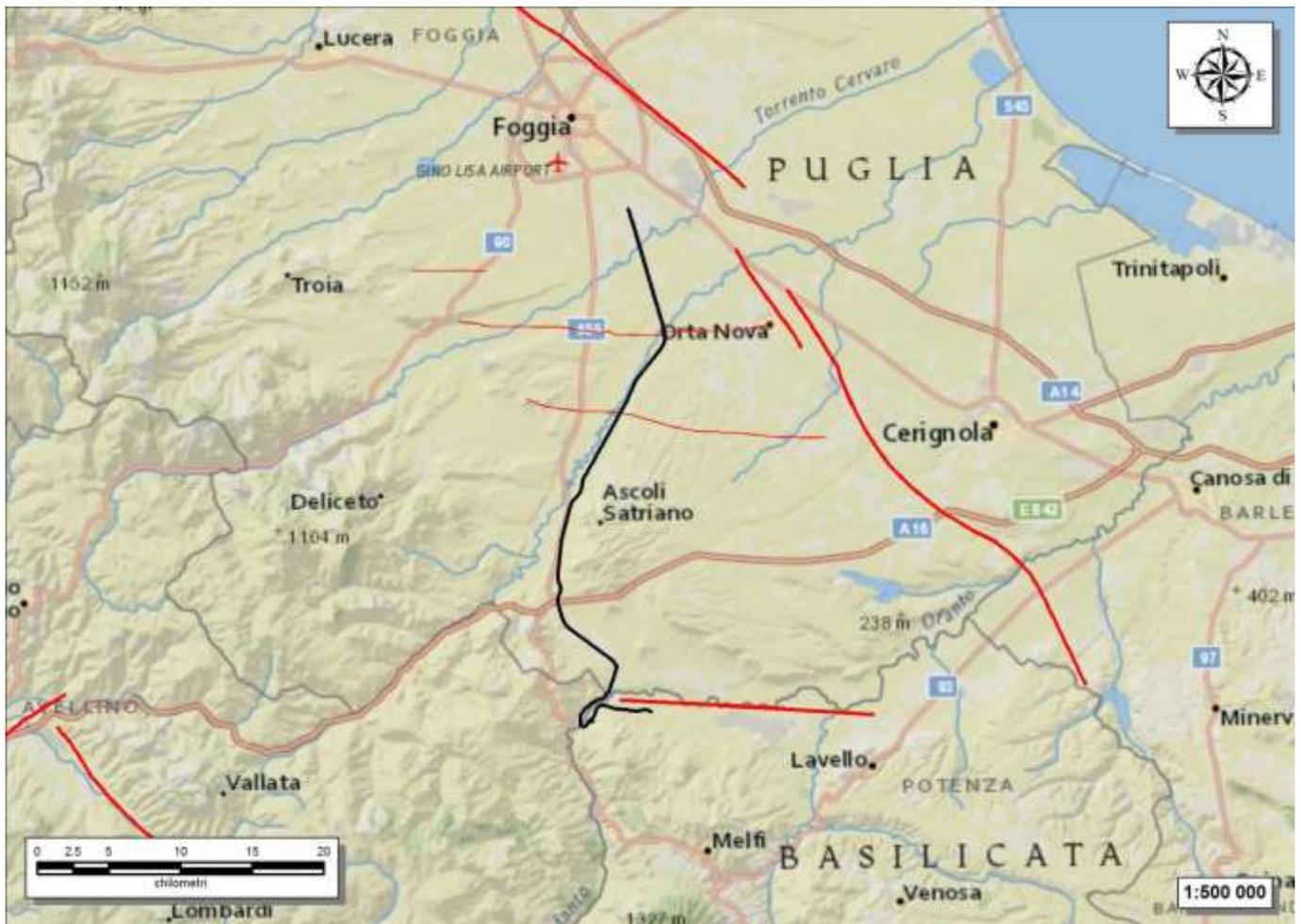


Figura 36 – Stralcio cartografico dell'area di studio con indicazione della tratta ferroviaria di progetto (in nero) e delle faglie capaci (in rosso) (<http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>).

10.4.4.2 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'*input* sismico in termini di variazione del

**LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO****LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	106 di 179

contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475. I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

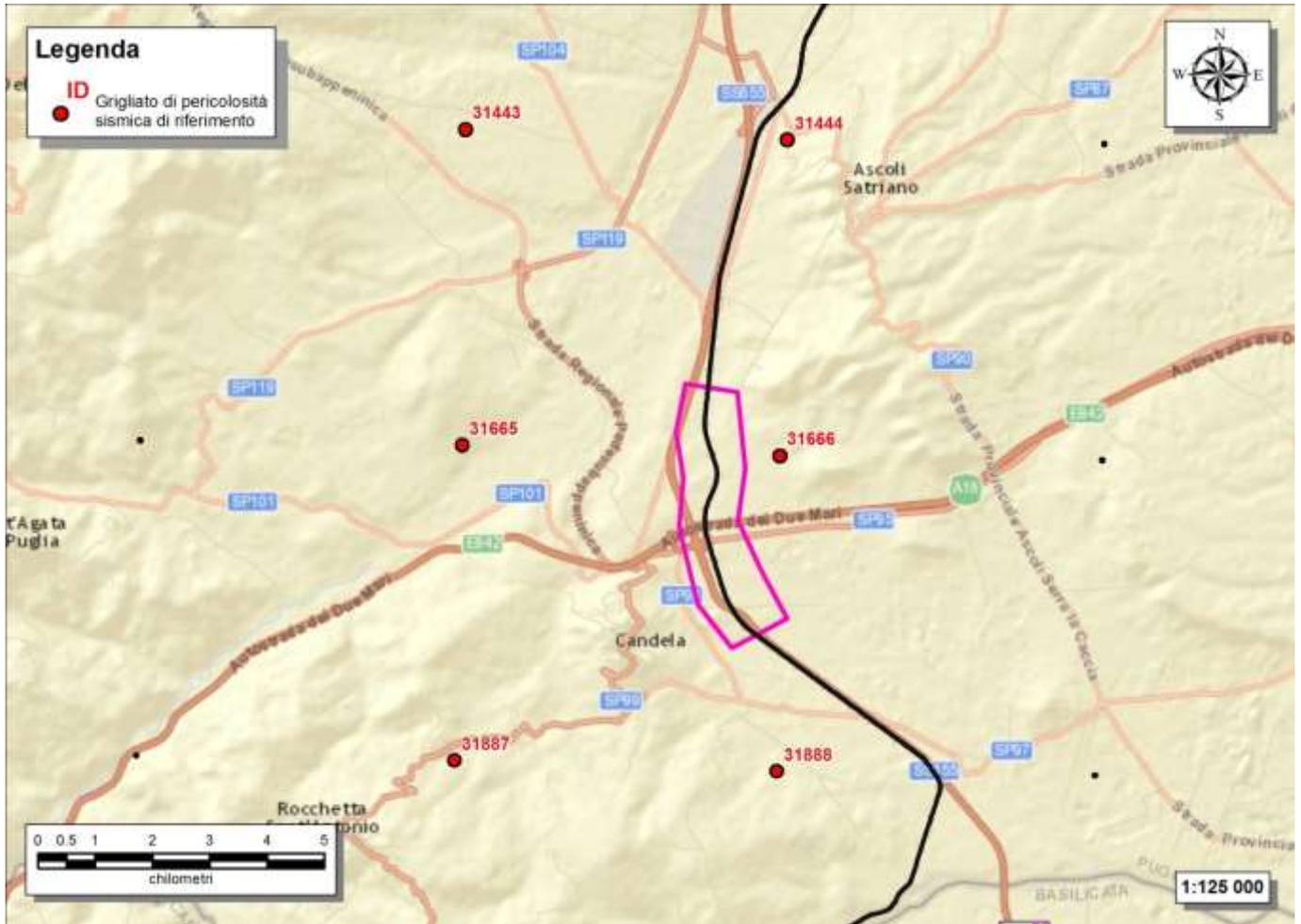


Figura 37 – Griglia di riferimento per il settore D dell’area di studio, con individuazione del tracciato ferroviario (in nero), dell’area di interesse progettuale (in magenta) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
31887	15.481	41.118	0.2069	2.43	0.41
31665	15.483	41.168	0.2002	2.45	0.41
31443	15.484	41.218	0.1902	2.46	0.41
32110	15.546	41.066	0.2060	2.44	0.41
31888	15.548	41.116	0.2036	2.45	0.41
31666	15.549	41.166	0.1983	2.45	0.41
31444	15.551	41.216	0.1889	2.47	0.41

Tabella 45 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 108 di 179

10.4.4.3 Categoria di sottosuolo

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale. La Nuova Normativa Tecnica per le Costruzioni prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 17/01/2018 – Capitoli 3.2 e 7.11), una classificazione del sottosuolo sulla base delle condizioni stratigrafiche e dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con: h_i spessore dell' i -esimo strato; $V_{s,i}$ 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 V_s 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 $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Sulla scorta dei dati a disposizione, tale determinazione è stata effettuata attraverso indagini di tipo geofisico, quali prove *down-hole* e prospezioni sismiche MASW, che forniscono indicazioni dirette relativamente al valore di $V_{s,eq}$. Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

- **A:** 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:** 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.
- **C:** Depositati 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.
- **D:** Depositati 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.
- **E:** 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

Nell'ambito del presente studio, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione delle prove MASW disponibili nei settori di intervento o appositamente realizzate durante la presente fase progettuale. Nelle tabelle seguenti si riporta una sintesi delle prove effettuate, contenente i valori di $V_{s,eq}$ determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO

LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	109 di 179

Sigla	Tipologia	Lunghezza m	Vseq= Vs30 m/s	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
M08	MASW	57	456	B	b2/bn/ASP
M09	MASW	57	313	C	ASP
M10	MASW	57	377	B	b2/bn/ASP

Tabella 46 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013.

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche a disposizione, i terreni presenti nelle aree di intervento possono essere caratterizzati con categorie di sottosuolo comprese tra una **Categoria di sottosuolo C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*). e una **Categoria di sottosuolo B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*).

10.4.5 Campagna di indagine

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate tutte le indagini geognostiche disponibili e appositamente realizzate nel settore di territorio interessato dagli interventi in progetto. L'intero set di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione alla specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

Nel corso del complesso iter progettuale sino ad oggi espletato, si sono succedute differenti campagne di indagini geognostiche, nelle quali sono state realizzate sia indagini dirette che indirette. Nel settore D del lotto 2 complessivamente sono state analizzate le seguenti indagini di sito:

- n. 12 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 4 non attrezzati, 6 strumentati con piezometro e 2 attrezzati per sismica in foro;
- n. 2 prove penetrometriche statiche;
- n. 2 tomografie elettriche;
- n. 3 prove MASW.

Il numero totale dei campioni di roccia e terreno prelevati è di 53, mentre quello delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio è di 84.

10.4.5.1 Sondaggi geognostici

Di seguito vengono elencati tutti i sondaggi geognostici eseguiti nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk della tratta Foggia-Potenza, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, strumentazione, profondità, numero dei campioni, numero prove SPT, numero prove Lefranc/Lugeon).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S3	37+742	544701	4556286	267.8	piezometro	30.0	0	10	1
S4	36+779	544835	4557212	259.2	piezometro	30.0	0	10	1
Totale							0	20	2

Tabella 47 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S17	39+556	545155	4554561	268.0	piezometro	30.0	4	4	0
S18	38+179	544704	4555854	272.6	piezometro	30.0	4	4	0
Totale							8	8	0

Tabella 48 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IA0X00D-2014, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S47	23+625	549061	4569312	143.5	non attrezzato	10.0	2	2	1
Totale							2	2	1

Tabella 49 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IA4J11E-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S16	38+071	544664	4555957	271.2	sismica in foro	40.0	7	8	2
S17	38+088	544753	4555951	271.2	non attrezzato	30.0	7	8	2
S15	38+146	544614	4555871	272.5	non attrezzato	30.0	8	8	0
S35	37+197	544860	4556801	264.1	piezometro	30.0	7	8	1

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
<i>Totale</i>							29	32	5

Tabella 50 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini L2-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S80	36+849	544701	4557092	263.1	piezometro	30.0	7	8	2
S81	36+817	544818	4557166	259.0	sismica in foro	40.0	7	6	2
S82	36+707	544918	4557301	259.0	non attrezzato	30.0	7	8	2
<i>Totale</i>							21	22	6

Tabella 51 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini L4-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.4.5.2 Prove penetrometriche

Di seguito vengono elencati tutte le prove penetrometriche in sito eseguite nell'ambito della presente fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk della tratta Foggia-Potenza, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, tipologia di indagine e profondità).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Tipologia di prova	Profondità m
P5 CPTU 3	37+243	544885	4556749	265.1	prova penetrometrica statica	9.3
P5 CPTU 4	37+706	544724	4556317	267.2	prova penetrometrica statica	10.5

Tabella 52 - Sintesi delle prove penetrometriche realizzati nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013, elencate in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.4.5.3 Prospezioni sismiche

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi di tutte le indagini sismiche e geoelettriche eseguite nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk del centroide lungo la tratta Foggia-Potenza, longitudine e latitudine di ogni singolo stendimento nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), tipologia di indagine e lunghezza).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 112 di 179

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
M08	36+744	544832	4557248	MASW	57.0
M09	38+200	544727	4555839	MASW	57.0
M10	39+500	545108	4554598	MASW	57.0

Tabella 53 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
L66	38+157	544703	4555877	geoelettrica	244.0
L6	38+110	544686	4555921	geoelettrica	235.0

Tabella 54 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini IA0X00D-2014, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.4.6 Suscettività alla liquefazione

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace (Riga 2007). Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione inter-granulare.

L'incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

Al fine di verificare la possibile suscettività a liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto sono state condotte una serie di analisi basate sia sugli studi bibliografici di maggior rilievo a livello internazionale, che sulle procedure di analisi dettate dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

L'attuale normativa vigente in materia di costruzioni edilizie (NTC2018) prevede che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) distribuzione esterna ai fusi granulometrici indicati da normativa, distinti in funzione del coefficiente di uniformità U_c .

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 113 di 179

In particolare, se la condizione 1 non risulta soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4. Pertanto, in relazione a quanto previsto dall'NTC 2018, sono state condotte una serie di analisi puntuali volte a verificare tutte le condizioni predisponenti elencate in precedenza, al fine di determinare la possibile suscettività a liquefazione di tutti i campioni di terreno prelevati durante la campagna di indagini appositamente condotta.

Per quanto detto in precedenza, le verifiche sono state condotte unicamente per i terreni alluvionali posti a profondità inferiori ai 15-20 m dal p.c., in quanto al di sotto non è possibile che si verifichino tali fenomeni. Ovviamente le suddette analisi hanno un carattere generale e, pertanto, andranno puntualmente dettagliate attraverso verifiche geotecniche basate sulla resistenza dinamica e sull'effettivo stato di addensamento dei terreni investigati.

Le fonti bibliografiche a disposizione e lo studio relativo alla sismicità storica e alla pericolosità sismica del sito hanno evidenziato che nell'area di intervento si sono verificati diversi terremoti con magnitudo M superiore a 5 e, in particolare, il massimo terremoto atteso nell'area presenta una M pari a 6.83. Anche le accelerazioni massime attese al piano campagna, in condizioni di campo libero, sono risultate superiori al limite definito da normativa, in quanto variabili tra 0.150 e 0.225 g . In relazione a quanto detto e considerata la presenza della condizione predisponente esposta nel punto 1 dell'NTC 2018, si è quindi proceduto alla verifica dei punti 2, 3 e 4 del paragrafo 7.11.3.4.2, in modo da rispondere puntualmente a tutti i quesiti posti da norma.

Per quanto concerne la falda, in assenza di dati di monitoraggio sono state considerate le letture della superficie piezometrica in corso di perforazione. Tali dati hanno evidenziato la presenza di una falda posta ad una profondità media di circa 6-13 m dal p.c., quindi ben al di sopra del limite di 15 m previsto da normativa. Tale misura viene cautelativamente adottata per le analisi anche se condizionata dai liquidi utilizzati in corso di perforazione.

Dal punto di vista tessiturale, in assenza di specifiche indagini per la definizione delle curve granulometriche di laboratorio, le analisi sono state condotte in relazione a quanto emerso dalle indagini geognostiche appositamente condotte. Pertanto, sono stati considerati come potenzialmente suscettibili di liquefazione unicamente i terreni sabbiosi e sabbioso-limosi dei depositi alluvionali attuali e recenti, in quanto privi di un'alta percentuale di frazione fine o grossolana. Gli orizzonti pelitici e ghiaiosi delle suddette unità sono risultati chiaramente non suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione per via della composizione granulometrica del deposito, mentre i termini litologici delle unità più antiche risultano non suscettibili a causa dell'elevato stato di addensamento e di locali fenomeni di cementazione chimica.

Tali terreni non coinvolgono direttamente le opere in progetto, pertanto per le unità intercettate dalle perforazioni è possibile escludere la presenza di orizzonti potenzialmente suscettibili di liquefazione.

10.4.7 Descrizione dell'area

Il tratto in esame si colloca nel settore centrale dell'area di studio e ricade nel territorio comunale di Ascoli Satriano e di Candela. Nel settore in esame è prevista la rettificazione del tracciato tra il km 36+50 e il km 37+500 e due viabilità di ricucitura per la soppressione dei PL al km 38+203 e al km 39+550. Il tracciato attraversa per gran parte del suo sviluppo i depositi delle Coltri eluvio-colluviali (**b2**), che interessano la base dei versanti. Nel tratto iniziale il tracciato intercetta i Depositi alluvionali recenti (**bb**), con uno spessore modesto. Solo nel tratto centro-meridionale il tracciato intercetta direttamente il substrato geologico dell'area, rappresentato dai termini delle Argille Subappennine (**ASP**). Inoltre, sono presenti Depositi alluvionali terrazzati (**bn**) che interessano direttamente la viabilità di ricucitura per la soppressione del PL privato al km 36+782.

Dal punto di vista geomorfologico non sono presenti elementi di particolare criticità, a meno della presenza di conoidi alluvionali, con stato quiescente, che interessano l'area nord-orientale e su-orientale del settore di studio.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 114 di 179

10.5 Settore E (dal km 42+400 al km 45+800)

Tale settore ricade nell'area centro-meridionale del settore di studio, tra le km 42+400 e 45+800 circa della linea Foggia-Potenza, nel territorio comunale di Candela.



Foto 5 – Vista panoramica del settore E del lotto 2, viabilità di ricucitura per la soppressione del PL al 44+443.

10.5.1 Assetto geologico locale

L'assetto stratigrafico-strutturale dell'area di stretto interesse progettuale è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico effettuato con tutte le informazioni ricavate dalla fotointerpretazione appositamente condotta, dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini di sito esistenti o appositamente realizzate per il presente studio.

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze metamorfiche e sedimentarie di substrato che a successioni clastiche di copertura. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 115 di 179

derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle numerose indagini geognostiche a disposizione.

Nei settori di studio, quindi, sono state individuate e perimetrare quattro unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico. Si sottolinea che seguendo i criteri definiti dal Servizio Geologico (Pasquarè et al. 1992) le successioni sono state suddivise utilizzando Unità Stratigrafiche Convenzionali, talora ulteriormente suddivise in membri con particolare composizione litologica.

10.5.1.1 Unità Tettonica della Daunia

Questa unità tettonica è rappresentata da una successioni marina meso-cenozoiche, localmente affiorante diffusamente nel settore occidentale dell'area di interesse.

10.5.1.1.1 **Flysch di Faeto**

Tale unità affiora nel settore sud-occidentale dell'area di studio, a nord del Fiume Ofanto. È costituita da calcareniti, calcari marnosi e arenarie di colore grigio e biancastro (**FAE**), in strati da sottili a medi, con frequenti intercalazioni di argille limose e argille marnose di colore grigio e verdastro; localmente sono presenti intercalazioni di brecciole calcaree di colore biancastro e livelli a struttura caotica riferibili a *slumps*. L'unità è composta da depositi di bacino e base scarpata con uno spessore compreso tra 300 e 400 m ed è riferibile al periodo Langhiano - Serravalliano.

10.5.1.2 Unità della Fossa Bradanica

Tale unità è rappresentata da una successione marina plio-pleistocenica, direttamente affiorante nei settori occidentali dell'area di interesse progettuale.

10.5.1.2.1 **Argille Subappennine**

Questa unità si rinviene ampiamente nella parte centrale dell'area di studio, a nord del Fiume Ofanto. È formata da argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro (**ASP**), in strati da sottili a molto spessi, generalmente poco evidenti e a laminazione pianoparallela, con sottili intercalazioni di argille marnose, sabbie limose e sabbie medio-fini più frequenti verso l'alto stratigrafico; nella parte alta della successione si riconosce una porzione costituita da sabbie limose e limi sabbiosi di colore giallastro e grigio-verdastro, in strati da sottili a spessi, progressivamente passanti a conglomerati poligenici grossolanamente stratificati e ben selezionati. L'unità è composta da depositi costieri, di scarpata superiore e di piattaforma con uno spessore massimo di circa 1000 m, ascrivibili all'intervallo Pliocene medio - Pleistocene inferiore.

10.5.1.3 Unità continentali di copertura

Le successioni continentali quaternarie sono rappresentate da tre differenti unità geologiche, estesamente affioranti in tutta l'area di intervento come copertura di tutte le sequenze vulcaniche e sedimentarie più antiche.

10.5.1.3.1 **Depositi alluvionali terrazzati**

Tali depositi si rinvengono diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza dei margini dei fondovalle più importanti ed estesi. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bn**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; si rinvengono frequenti lenti di conglomerati poligenici a ciottoli arrotondati, massivi o a stratificazione incrociata, e diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose e limi argillosi

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 116 di 179

di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni sabbioso-limose grigiastre. L'unità è composta da depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, ascrivibili al Pleistocene medio – Pleistocene superiore.

10.5.1.3.2 Depositi alluvionali recenti

Questa unità si rinviene diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza dei fondovalle dei principali corsi d'acqua dell'area e dei loro affluenti maggiori. È costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bb**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; si rinvengono diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni sabbioso-limose grigiastre. L'unità è rappresentata da depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, riferibili al Pleistocene superiore – Olocene.

10.5.1.3.3 Coltri eluvio colluviali

Questa unità si rinviene diffusamente in tutta l'area di interesse progettuale, come copertura di tutte le unità geologiche più antiche. Si tratta di argille limose e limi argillosi di colore marrone e nerastro (**b2**), privi di struttura, con abbondanti resti vegetali e locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; talora si rinvengono limi sabbiosi e sabbie limose di colore marrone e giallastro, prive di struttura, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate. L'unità è formata da depositi di versante e di alterazione del substrato, interamente ascrivibili all'Olocene.

10.5.2 Assetto geomorfologico locale

L'evoluzione geomorfologica dell'area ed i principali elementi morfologici presenti sulla fascia di territorio oggetto di studi sono direttamente connessi con il deflusso delle acque correnti superficiali e di prima infiltrazione e con l'azione della gravità. In particolare il deflusso idrico, sia superficiale che sotterraneo, rappresenta uno dei maggiori fattori predisponenti e/o scatenanti al verificarsi di fenomeni gravitativi (frane s.s. e deformazioni viscoso delle coltri) e la causa di accumulo di depositi quaternari di genesi diversa (depositi alluvionali e coltri eluvio-colluviali). I fenomeni gravitativi, invece, svolgono una azione di erosione ed accumulo lungo i versanti.

Lungo i versanti il reticolo idrografico, come detto, presenta uno sviluppo piuttosto ramificato ed un *pattern* sub-dendritico che segue, almeno in parte, le principali direttrici tettoniche dell'area e le principali linee di fratturazione. La struttura della rete idrografica superficiale è, quindi, condizionata sia dalla natura litologica del substrato sia dagli elementi strutturali che lo hanno interessato. Nell'area di studio sono presenti numerosi solchi da ruscellamento concentrato, attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.

Il principale corso d'acqua dell'area è rappresentato dal F. Ofanto, un importante corso d'acqua a carattere perenne che si sviluppa in direzione W-N, che scorre a sud dell'area di studio. Ad esso si aggiungono una serie di corsi d'acqua secondari, a carattere sia perenne che stagionale.

In linea generale tutti i corsi d'acqua presenti nell'area hanno una marcata tendenza all'approfondimento e sono, pertanto, la causa della genesi di forme caratteristiche come valli a V, scarpate fluviali e zone di erosione laterale delle sponde. Il deflusso idrico superficiale non regimato, invece, genera forme sia lineari che areali quali solchi da ruscellamento concentrato (*gully erosion*), zone a ruscellamento embrionale (*rill erosion*) e aree a ruscellamento diffuso (*sheet erosion*).

In particolare, secondo quanto riportato nelle cartografie tematiche del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico della Autorità di Bacino della Puglia non sono presenti interferenze dirette tra areali di pericolosità e il settore di studio (cfr. Figura 38).

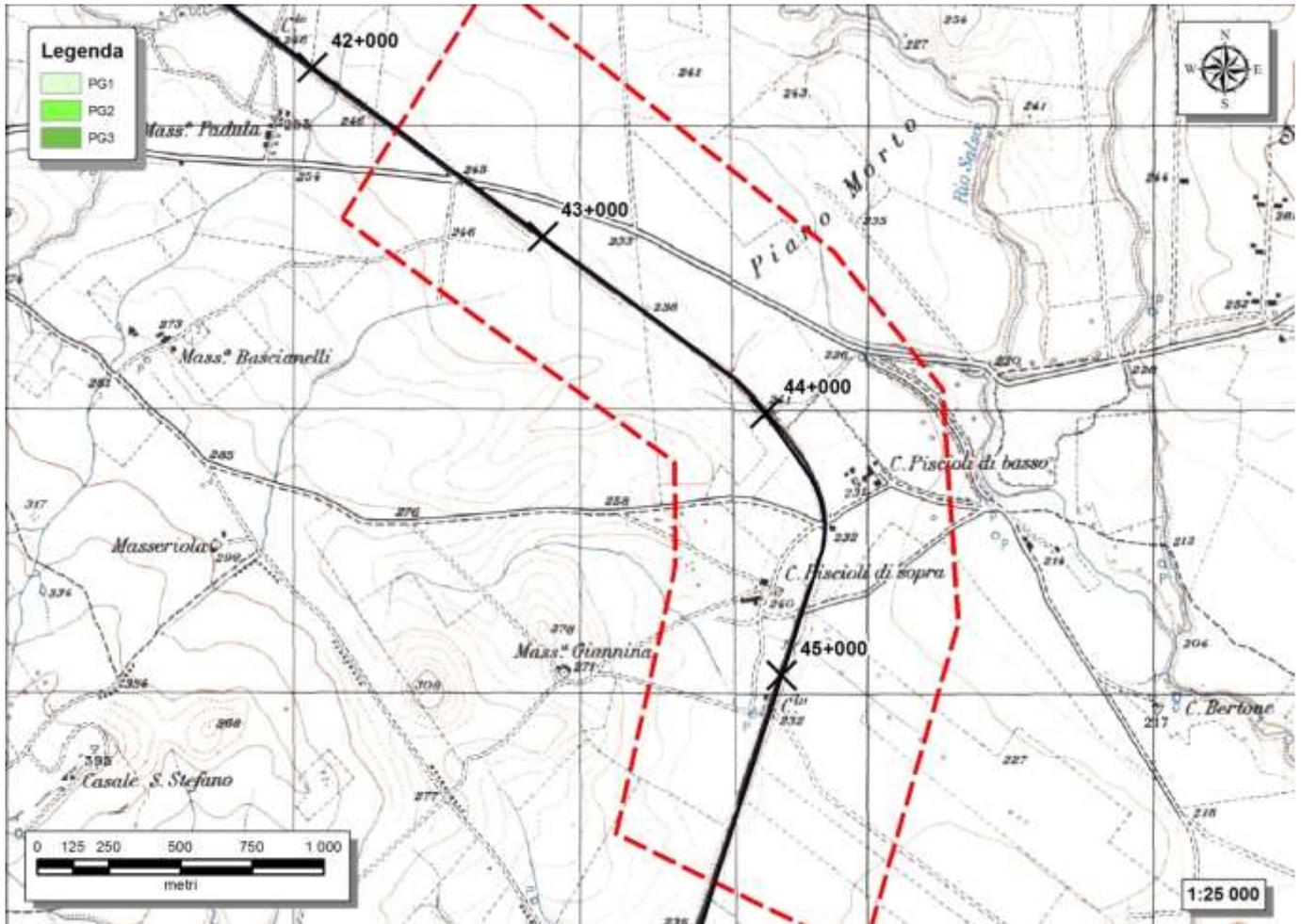


Figura 38 - Stralcio della carta della pericolosità tratto dal Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino della Puglia (2005, aggiorn. 2016), con individuazione del Settore E.

10.5.3 Assetto idrogeologico locale

L’approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche dell’area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologico-strutturali a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella vasta letteratura scientifica riguardante l’area.

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato, ove possibile, con le prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre, i dati piezometrici reperiti e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo di alcuni settori caratteristici dell’area di studio.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 118 di 179

Infine, lo studio geologico condotto ha permesso di definire lo stato di alterazione/fessurazione degli ammassi rocciosi e le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell'area di studio.

10.5.3.1 Complessi idrogeologici

Nell'area in esame sono stati individuati tre complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area in esame.

10.5.3.1.1 **Complessi delle unità di substrato**

Questo gruppo è rappresentato da due differenti complessi idrogeologici, costituito da successioni sedimentarie meso-cenozoiche.

10.5.3.1.1.1 *Complesso calcareo-marnoso*

A questo complesso sono associati i terreni calcareo-marnosi dell'unità **FAE**. È formato da calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi in strati da sottili a spessi (**CCM**), con frequenti intercalazioni di argille marnose, marne e marne calcaree in strati sottili; a luoghi sono presenti livelli di brecciole calcaree, arenarie, siltiti e diaspri ben stratificati.

Tali litotipi costituiscono acquiferi fessurati di discreta trasmissività, localmente piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di buona rilevanza, contenute nelle porzioni più carsificate e fessurate dell'ammasso. La permeabilità, per fessurazione e carsismo, è variabile da bassa a media. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-6} < k < 1 \cdot 10^{-3}$ m/s.

10.5.3.1.1.2 *Complesso argilloso-marnoso*

Al complesso in esame sono riferiti i depositi essenzialmente pelitici della successioni sedimentaria **ASP**. È costituito da argille limose e limi argillosi massivi o sottilmente stratificati (**CAM**), con locali intercalazioni di siltiti, argille marnose, sabbie limose e sabbie medio-fini; sono inoltre presenti argille, argille marnose e marne in strati generalmente sottili, con sporadici passaggi di calcari marnosi, calcilutiti e calcareniti bioclastiche e rare intercalazioni di diaspri, arenarie e microconglomerati.

I presenti depositi costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di importanza significativa. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-9} < k < 1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

10.5.3.1.2 **Complessi dei terreni di copertura**

Il presente gruppo è rappresentato da due complessi idrogeologici, essenzialmente costituiti da depositi fluviali sedimentari quaternari.

10.5.3.1.2.1 *Complesso fluvio-lacustre*

Il presente complesso è rappresentato dai depositi alluvionali, lacustri e palustri dell'unità **bn**. Si tratta di conglomerati poligenici a ciottoli arrotondati (**CFL**), massivi o a stratificazione incrociata, con matrice sabbiosa e

sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; sono presenti abbondanti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; talora si rinvencono argille limose e limi argillosi a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni limoso-sabbiose e rari passaggi torbosi.

Questi depositi costituiscono acquiferi porosi particolarmente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, principalmente per porosità, è variabile da bassa ad alta. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-1}$ m/s.

10.5.3.1.2.2 Complesso detritico-colluviale

Al complesso in questione vengono riferiti i terreni di copertura dell'unità continentale **b2**. È costituito da ghiaie e ciottoli fortemente eterometrici (**CDC**), da angolosi a sub-angolosi, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; si rinvencono diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi privi di struttura, con frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; sono inoltre presenti argille limose e limi argillosi privi di struttura, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e abbondanti resti vegetali.

Tali litotipi costituiscono acquiferi porosi fortemente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa ad alta, in funzione della classe granulometrica prevalente. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

10.5.3.2 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove relative al Lotto 2: Linea Foggia-Potenza, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e dei relativi complessi idrogeologici di appartenenza, distinti per campagna indagine.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S5	PP1	Lefranc	6.0 - 9.0	2.63E-09	CAM

Tabella 55 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IAZU00R-2013, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S21	CV	Lefranc	12.0 - 13.0	2.00E-05	CAM

Tabella 56 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IA0X00D-2014, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
SD9	PP1	Lefranc	3.0 - 4.5	1.57E-09	CFL
SD9	PP2	Lefranc	27.0 - 28.5	8.03E-10	CAM

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 120 di 179

Tabella 57 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IA0R00-2014, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S60	LF_01	Lefranc	4.5 - 6.5	5.88E-08	CFL
S62	LF_01	Lefranc	4.3 - 6.6	3.79E-08	CFL

Tabella 58 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IA4J11E-2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S21	LF_01	Lefranc	4.5 - 7.0	4.37E-08	CFL
S21	LF_02	Lefranc	14.6 - 16.7	-	-
S23	LF_01	Lefranc	4.1 - 6.0	-	-
S18	LF_01	Lefranc	3.0 - 5.0	-	-
S18	LF_02	Lefranc	11.7 - 13.4	-	-
S19	LF_01	Lefranc	2.9 - 5.6	-	-
S19	LF_02	Lefranc	13.5 - 15.6	-	-
S20	LF_01	Lefranc	2.7 - 4.6	4.21E-06	CDC/CAM
S20	LF_02	Lefranc	13.0 - 15.0	-	-
S22	LF_01	Lefranc	3.0 - 5.6	-	-
S22	LF_02	Lefranc	13.0 - 14.6	-	-
S23	LF_02	Lefranc	14.0 - 16.7	-	-
S27	LF_01	Lefranc	5.8 - 8.8	-	-
S27	LF_02	Lefranc	13.0 - 15.5	-	-

Tabella 59 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica L2-2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

10.5.4 Sismicità

Nella tabella seguente sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15) al fine di documentare la storia sismica del centro abitato di Candela (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Candela

[41.136, 15.515]

Numero eventi: 37

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
7	1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6.66
6-7	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
7-8	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
NF	1882 06 06 05 40	Isernino	50	7	5.2
NF	1893 01 25	Vallo di Diano	134	7	5.15
3-4	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5.11
4	1899 08 16 00 05	Subappennino dauno	32	6	4.57
NF	1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7	4.9
3	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5.18
F	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
F	1912 07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55
8	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
3-4	1931 05 10 10 48 55.00	Irpinia	43	5-6	4.64
4	1931 11 10 21 10	Vulture	7	5	4.16
5	1933 03 07 14 39	Irpinia	42	6	4.96
6-7	1948 08 18 21 12 20.00	Gargano	58	7-8	5.55
3	1956 09 22 03 19 39.00	Gargano	57	6	4.64
3	1962 01 19 05 01 25.00	Gargano	31	5	4.42
5-6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
2	1964 02 18 06 58 28.00	Irpinia	18	5-6	4.44
4	1971 05 06 03 45 05.00	Irpinia	68	6	4.83
5	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5.02
7	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5.86
3	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	342	7	5.47
5-6	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
5-6	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
4-5	1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	145	6	5.15
4-5	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
3	1998 04 07 21 36 55.30	Valle dell'Ofanto	45	5	4.31
NF	2002 04 18 20 56 48.67	Appennino lucano	164	5	4.34
4-5	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
NF	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4.44
NF	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53
NF	2004 02 24 05 21 26.53	Appennino lucano	140	5	4.21
NF	2004 09 03 00 04 12.75	Potentino	156	5	4.41
5	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64

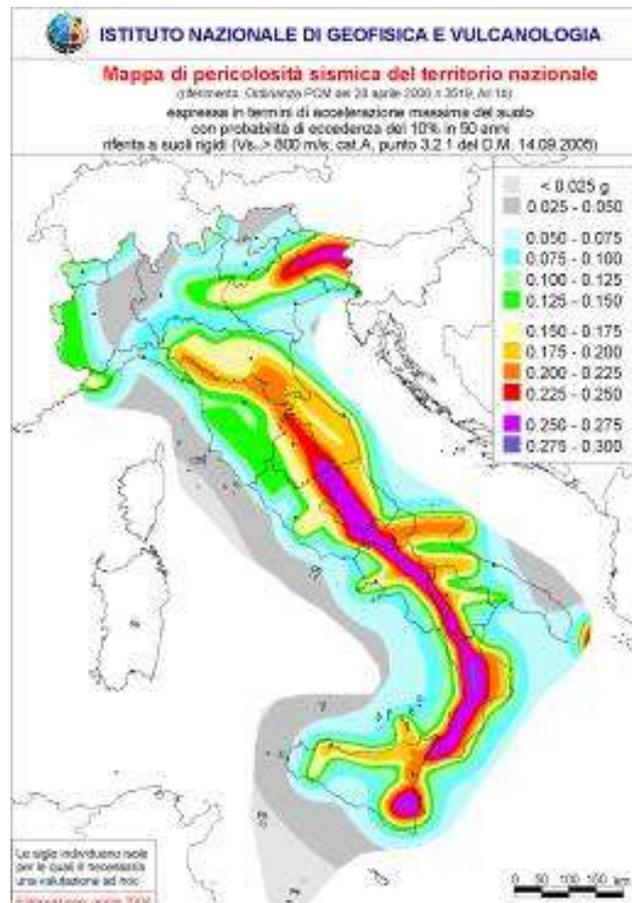


Figura 40 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell’INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, infatti, numerose situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici in un breve arco di territorio.

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono sempre continue e graduali. Successivamente verrà quindi mantenuta la classificazione del territorio nazionale in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

All’attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l’applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (cfr. figura seguente). Nello specifico, per il settore di studio i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all’incirca nell’intervallo 0.175-0.225 a_g (accelerazione massima del suolo).

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 124 di 179

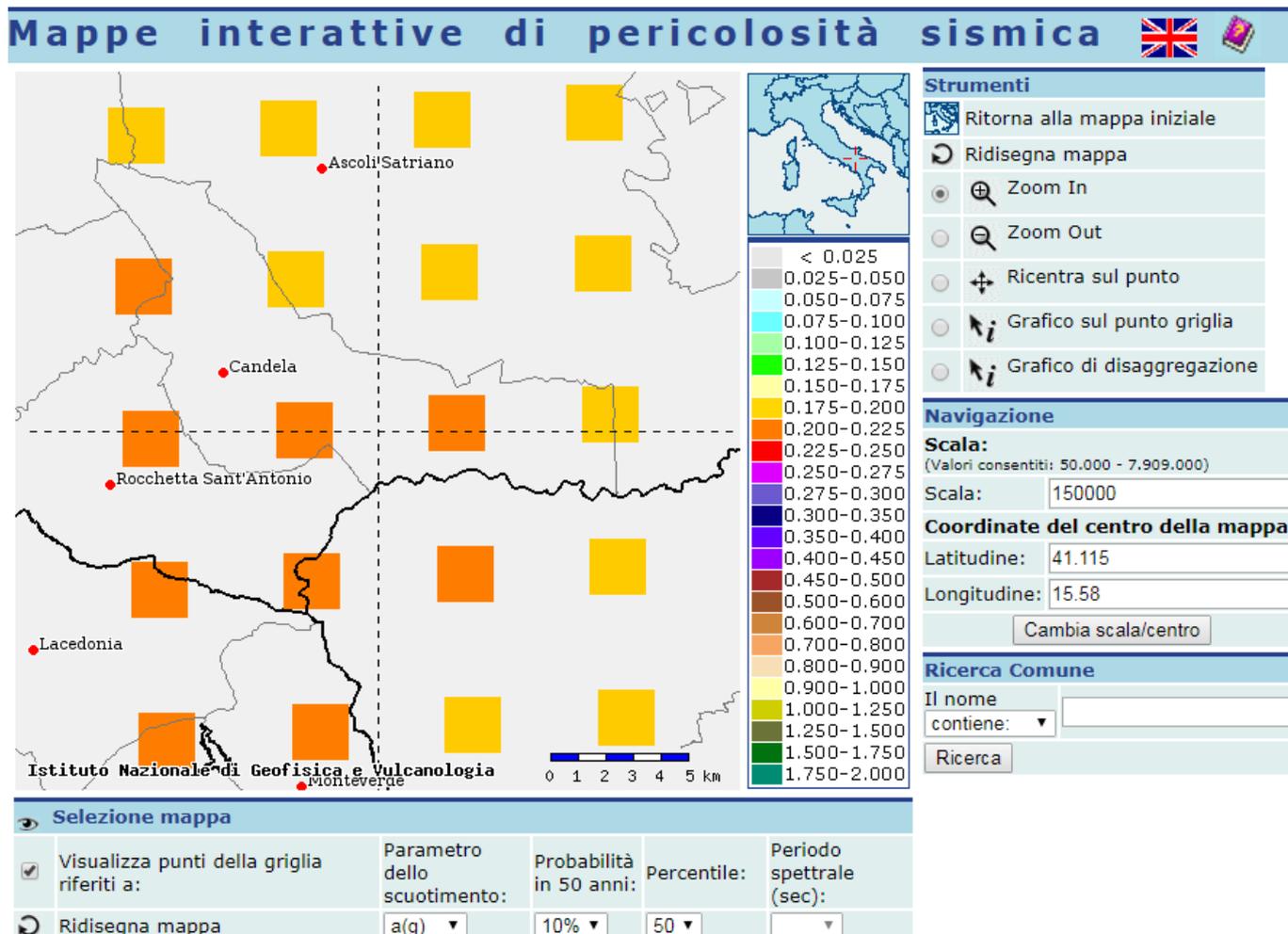


Figura 41 – Mappa interattiva di pericolosità sismica per il settore di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Infine, il database del progetto ITHACA (*Italy HAZard from CAPable faults*) riporta la presenza di alcune faglie capaci nell'area di studio, ovvero di elementi tettonici attivi che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. In particolare, nell'area di studio sono presenti diversi elementi tettonici di una certa rilevanza, relativi sia ai domini di catena che a quelli di avanfossa.

Dei suddetti elementi tettonici, due interessano direttamente il tracciato ferroviario nella tratta più settentrionale, in corrispondenza delle chilometriche 17+200 e 23+800 circa, mentre un altro si colloca nelle immediate vicinanze, all'altezza del confine regionale tra Puglia e Basilicata. Ad ogni modo, in relazione alle caratteristiche sismo-tettoniche dell'area appenninica, anche gli elementi strutturali che non interessano direttamente i settori di intervento rappresentano degli elementi di potenziale criticità per le opere, essendo in grado di produrre eventi sismici di una certa rilevanza e con sicuro risentimento nelle zone di stretto interesse progettuale.

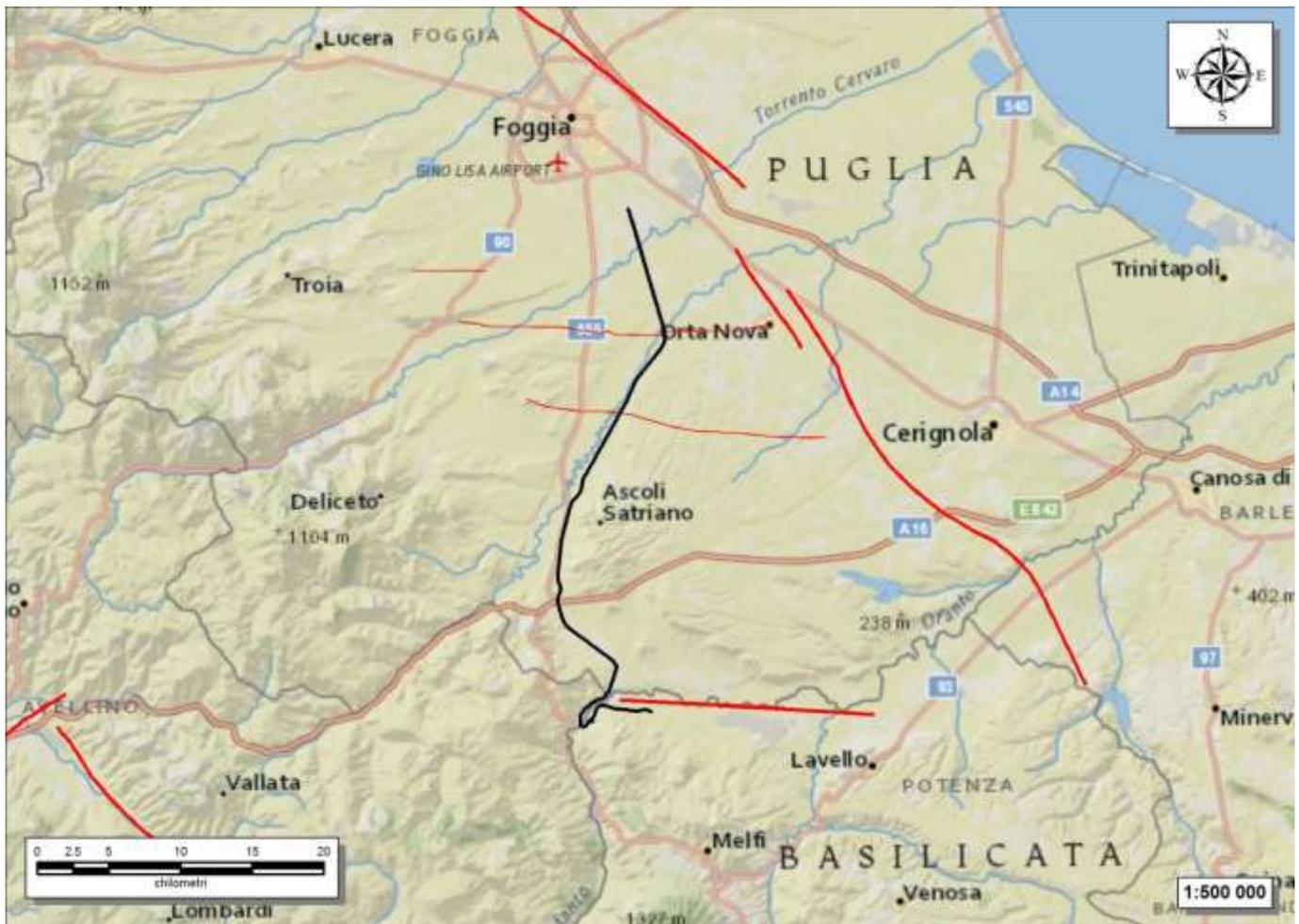


Figura 42 – Stralcio cartografico dell'area di studio con indicazione della tratta ferroviaria di progetto (in nero) e delle faglie capaci (in rosso) (<http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>).

10.5.4.2 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'*input* sismico in termini di variazione del

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 126 di 179

contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475. I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

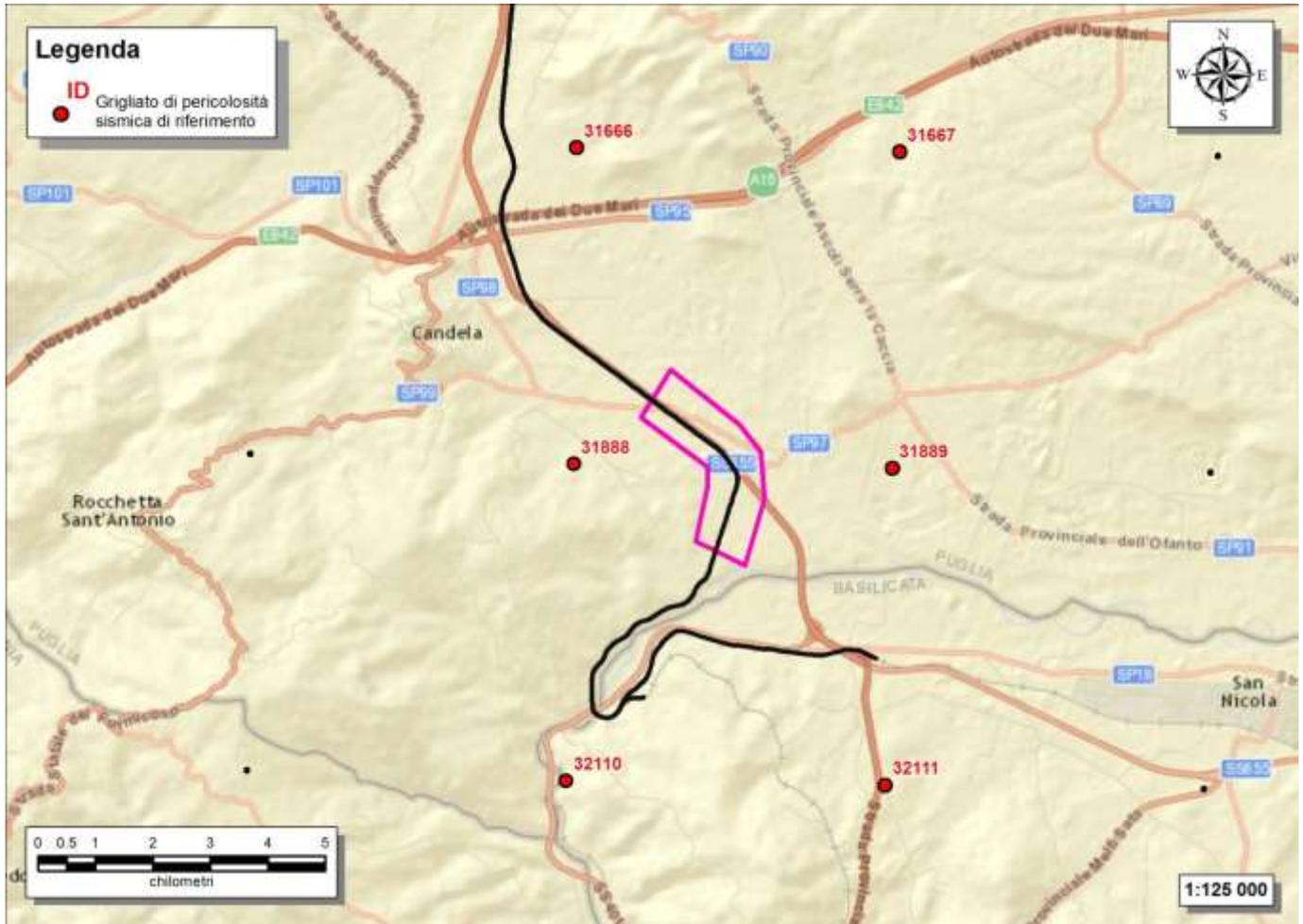


Figura 43 – Griglia di riferimento per il settore E dell’area di studio, con individuazione del tracciato ferroviario (in nero), dell’area di interesse progettuale (in magenta) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
32110	15.546	41.066	0.2060	2.44	0.41
31888	15.548	41.116	0.2036	2.45	0.41
31666	15.549	41.166	0.1983	2.45	0.41
32111	15.612	41.065	0.2015	2.45	0.41
31889	15.614	41.115	0.2008	2.45	0.40
31667	15.616	41.165	0.1967	2.45	0.40

Tabella 61 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni.

10.5.4.3 Categoria di sottosuolo

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 128 di 179

progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale. La Nuova Normativa Tecnica per le Costruzioni prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 17/01/2018 – Capitoli 3.2 e 7.11), una classificazione del sottosuolo sulla base delle condizioni stratigrafiche e dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con: h_i spessore dell' i -esimo strato; $V_{s,i}$ 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 V_s 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 $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Sulla scorta dei dati a disposizione, tale determinazione è stata effettuata attraverso indagini di tipo geofisico, quali prove *down-hole* e prospezioni sismiche MASW, che forniscono indicazioni dirette relativamente al valore di $V_{s,eq}$. Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

- **A:** 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:** 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.
- **C:** Depositati 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.
- **D:** Depositati 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.
- **E:** 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

Nell'ambito del presente studio, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione delle prove MASW disponibili nei settori di intervento o appositamente realizzate durante la presente fase progettuale. Nelle tabelle seguenti si riporta una sintesi delle prove effettuate, contenente i valori di $V_{s,eq}$ determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO

LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	129 di 179

Sigla	Tipologia	Lunghezza m	Vseq= Vs30 m/s	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
M11	MASW	57	295	C	b2/bn/ASP
M12	MASW	57	551	B	b2/bn/ASP

Tabella 62 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013.

Sigla	Tipologia	Lunghezza m	Vseq= Vs30 m/s	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
M_2	MASW	69	339	C	b2/bn/ASP

Tabella 63 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini L2-2017.

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche a disposizione, i terreni presenti nelle aree di intervento possono essere caratterizzati con categorie di sottosuolo comprese tra una **Categoria di sottosuolo C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*), e una **Categoria di sottosuolo B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*).

10.5.5 Campagna di indagine

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate tutte le indagini geognostiche disponibili e appositamente realizzate nel settore di territorio interessato dagli interventi in progetto. L'intero set di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione alla specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

Nel corso del complesso iter progettuale sino ad oggi espletato, si sono succedute differenti campagne di indagini geognostiche, nelle quali sono state realizzate sia indagini dirette che indirette. Nel settore E del lotto 2 complessivamente sono state analizzate le seguenti indagini di sito:

- n. 13 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 6 non attrezzati, 6 strumentati con piezometro e 1 attrezzato per sismica in foro;
- n. 1 prova penetrometrica statica;
- n. 1 prova penetrometrica dinamica;
- n. 1 prova geofisica;
- n. 3 prove MASW.

Il numero totale dei campioni di roccia e terreno prelevati è di 57, mentre quello delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio è di 81.

10.5.5.1 Sondaggi geognostici

Di seguito vengono elencati tutti i sondaggi geognostici eseguiti nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk della tratta Foggia-Potenza, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, strumentazione, profondità, numero dei campioni, numero prove SPT, numero prove Lefranc/Lugeon).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S5	44+427	548813	4551409	237.7	piezometro	30.0	0	10	1
Totale							0	10	1

Tabella 64 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
SD9	42+820	547673	4552518	243.0	piezometro	30.0	5	7	2
Totale							5	7	2

Tabella 65 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IA0R00-2014, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S21	44+396	548789	4551439	238.5	piezometro	30.0	4	4	0
Totale							4	4	0

Tabella 66 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IA0X00D-2014, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S60	43+429	548158	4552150	239.4	non attrezzato	10.0	2	2	1
S62	45+338	548515	4550539	232.0	non attrezzato	10.0	2	2	1
SH61	45+201	548554	4550670	233.9	non attrezzato	10.0	3	0	0
Totale							7	4	2

Tabella 67 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IA4J11E-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).



LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO

LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	131 di 179

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S27	42+582	547475	4552648	245.5	piezometro	30.0	7	8	2
S21	43+703	548363	4551965	240.2	piezometro	30.0	6	8	2
S23	44+781	548662	4551076	234.1	non attrezzato	30.0	6	8	1
S18	44+352	548533	4551419	245.0	non attrezzato	30.0	8	8	2
S19	44+427	548630	4551402	242.6	piezometro	40.0	7	7	2
S20	44+421	548656	4551405	242.4	sismica in foro	40.0	7	9	2
S22	44+124	548578	4551622	241.8	non attrezzato	30.0	7	8	2
Totale							48	56	13

Tabella 68 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini L2-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.5.5.2 Prove penetrometriche

Di seguito vengono elencati tutte le prove penetrometriche in sito eseguite nell'ambito della presente fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk della tratta Foggia-Potenza, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, tipologia di indagine e profondità).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Tipologia di prova	Profondità m
P6 DPSH 5	44+425	548766	4551408	239.4	prova penetrometrica dinamica	12.6
P6 CPTU 5	44+704	548744	4551131	231.2	prova penetrometrica statica	12.4

Tabella 69 - Sintesi delle prove penetrometriche realizzati nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013, elencate in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.5.5.3 Prospezioni sismiche

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi di tutte le indagini sismiche e geoelettriche eseguite nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk del centroide lungo la tratta Foggia-Potenza, longitudine e latitudine di ogni singolo stendimento nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), tipologia di indagine e lunghezza).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
M11	44+313	548632	4551470	MASW	57.0
M12	45+084	548584	4550783	MASW	57.0

Tabella 70 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini IAZU00R-2013, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 132 di 179

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza <i>m</i>
L7	44+362	548680	4551450	geoelettrica	459.0

Tabella 71 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini IA0X00D-2014, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza <i>m</i>
M_2					

Tabella 72 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini L2-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.5.6 Suscettività alla liquefazione

A ogni modo, in relazione al ridotto numero di dati disponibili e alla notevole eterogeneità dei terreni nonché all'assenza di dati di monitoraggio, in questa fase non è possibile escludere la presenza di locali orizzonti potenzialmente suscettibili di liquefazione.

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace (Riga 2007). Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione inter-granulare.

L'incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

Al fine di verificare la possibile suscettività a liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto sono state condotte una serie di analisi basate sia sugli studi bibliografici di maggior rilievo a livello internazionale, che sulle procedure di analisi dettate dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

L'attuale normativa vigente in materia di costruzioni edilizie (NTC2018) prevede che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) distribuzione esterna ai fusi granulometrici indicati da normativa, distinti in funzione del coefficiente di uniformità U_c .

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 133 di 179

In particolare, se la condizione 1 non risulta soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4. Pertanto, in relazione a quanto previsto dall'NTC 2018, sono state condotte una serie di analisi puntuali volte a verificare tutte le condizioni predisponenti elencate in precedenza, al fine di determinare la possibile suscettività a liquefazione di tutti i campioni di terreno prelevati durante la campagna di indagini appositamente condotta.

Per quanto detto in precedenza, le verifiche sono state condotte unicamente per i terreni alluvionali posti a profondità inferiori ai 15-20 m dal p.c., in quanto al di sotto non è possibile che si verifichino tali fenomeni. Ovviamente le suddette analisi hanno un carattere generale e, pertanto, andranno puntualmente dettagliate attraverso verifiche geotecniche basate sulla resistenza dinamica e sull'effettivo stato di addensamento dei terreni investigati.

Le fonti bibliografiche a disposizione e lo studio relativo alla sismicità storica e alla pericolosità sismica del sito hanno evidenziato che nell'area di intervento si sono verificati diversi terremoti con magnitudo M superiore a 5 e, in particolare, il massimo terremoto atteso nell'area presenta una M pari a 6.83. Anche le accelerazioni massime attese al piano campagna, in condizioni di campo libero, sono risultate superiori al limite definito da normativa, in quanto variabili tra 0.175 e 0.225_g. In relazione a quanto detto e considerata la presenza della condizione predisponente esposta nel punto 1 dell'NTC 2018, si è quindi proceduto alla verifica dei punti 2, 3 e 4 del paragrafo 7.11.3.4.2, in modo da rispondere puntualmente a tutti i quesiti posti da norma.

Per quanto concerne la falda, in assenza di dati di monitoraggio sono state considerate le letture della superficie piezometrica in corso di perforazione. Tali dati hanno evidenziato la presenza di una falda posta ad una profondità media di circa 2-7 m dal p.c., quindi ben al di sopra del limite di 15 m previsto da normativa. Tale misura viene cautelativamente adottata per le analisi anche se condizionata dai liquidi utilizzati in corso di perforazione.

Dal punto di vista tessiturale, in assenza di specifiche indagini per la definizione delle curve granulometriche di laboratorio, le analisi sono state condotte in relazione a quanto emerso dalle indagini geognostiche appositamente condotte. Pertanto, sono stati considerati come potenzialmente suscettibili di liquefazione unicamente i terreni sabbiosi e sabbioso-limosi dei depositi alluvionali attuali e recenti, in quanto privi di un'alta percentuale di frazione fine o grossolana. Gli orizzonti pelitici e ghiaiosi delle suddette unità sono risultati chiaramente non suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione per via della composizione granulometrica del deposito, mentre i termini litologici delle unità più antiche risultano non suscettibili a causa dell'elevato stato di addensamento e di locali fenomeni di cementazione chimica.

Tali terreni non coinvolgono direttamente le opere in progetto, pertanto per le unità intercettate dalle perforazioni è possibile escludere la presenza di orizzonti potenzialmente suscettibili di liquefazione.

10.5.7 Descrizione dell'area

Questo tratto si trova nel settore meridionale dell'area di studio e ricade nel territorio comunale di Candela. Il tale settore è prevista la rettificazione del tracciato tra le km 43+300 e il km 45+350, e la realizzazione di una viabilità di ricucitura per la soppressione del PL al 44+443. Il tracciato attraversa inizialmente i Depositi alluvionali terrazzati (**bn**) con in appoggio i depositi delle Coltri eluvio-colluviali (**b2**) che bordano estesamente le aree di fondovalle. Il substrato geologico di riferimento è rappresentato dai termini delle Argille Subappennine (**ASP**).

Dal punto di vista geomorfologico non sono presenti elementi di particolare criticità.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 134 di 179

10.6 Settore F (dal km 47+000 al km 51+700)

Tale settore ricade nell'area meridionale del settore di studio, tra le km 47+000 e 51+700 circa della linea Foggia-Potenza, nel territorio comunale di Rocchetta Sant'Antonio e di Melfi.



Foto 6 – Vista panoramica del settore F del lotto 2, viadotto al km 47+796 circa.

10.6.1 Assetto geologico locale

L'assetto stratigrafico-strutturale dell'area di stretto interesse progettuale è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico effettuato con tutte le informazioni ricavate dalla fotointerpretazione appositamente condotta, dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini di sito esistenti o appositamente realizzate per il presente studio.

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze metamorfiche e sedimentarie di substrato che a successioni clastiche di copertura. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 135 di 179

derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle numerose indagini geognostiche a disposizione.

Nei settori di studio, quindi, sono state individuate e perimetrare sei unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico. Si sottolinea che seguendo i criteri definiti dal Servizio Geologico (Pasquaré et al. 1992) le successioni sono state suddivise utilizzando Unità Stratigrafiche Convenzionali, talora ulteriormente suddivise in membri con particolare composizione litologica.

10.6.1.1 Unità Tettonica della Daunia

Questa unità tettonica è rappresentata da due differenti successioni marini meso-cenozoiche, localmente affiorante nel settore meridionale dell'area di interesse.

10.6.1.1.1 **Flysch Rosso**

Questa formazione si rinviene nel settore meridionale dell'area di studio, lungo il corso del Fiume Ofanto. Si tratta di argille, argille marnose e marne di colore rossastro, grigio-azzurro e verdastro (**FYR5**), scagliose o sottilmente laminate; a luoghi si rinvengono passaggi di radiolariti e argille silicizzate di colore rossastro e grigio-verdastro, in strati da molto sottili a sottili. Localmente si rinvengono subordinate intercalazioni di calcari marnosi, calcilutiti e calcareniti rosa e biancastre (**FYR5a**), talora con noduli e lenti di selce scura e abbondanti resti di nummuliti e alveoline. L'unità è formata da depositi marini di bacino e base scarpata con uno spessore massimo di circa 500 m ed è ascrivibile al Cretacico superiore – Burdigaliano superiore.

10.6.1.1.2 **Flysch di Faeto**

Tale unità affiora in lembi di ridotta estensione nel settore settentrionale dell'area di studio, tra i versanti in destra idrografica del Fiume Ofanto e il centro abitato di Melfi. È costituita da calcareniti, calcari marnosi e arenarie di colore grigio e biancastro (**FAE**), in strati da sottili a medi, con frequenti intercalazioni di argille limose e argille marnose di colore grigio e verdastro; localmente sono presenti intercalazioni di brecciole calcaree di colore biancastro e livelli a struttura caotica riferibili a *slumps*. L'unità è composta da depositi di bacino e base scarpata con uno spessore compreso tra 300 e 400 m ed è riferibile al periodo Langhiano - Serravalliano.

10.6.1.2 Unità della Fossa Bradanica

Tale unità è rappresentata da una successione marina plio-pleistocenica, ampiamente affiorante nei settori centrali dell'area di interesse progettuale.

10.6.1.2.1 **Argille Subappennine**

Questa unità si rinviene ampiamente nella parte centrale dell'area di studio, a nord del Fiume Ofanto. È formata da argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro (**ASP**), in strati da sottili a molto spessi, generalmente poco evidenti e a laminazione pianoparallela, con sottili intercalazioni di argille marnose, sabbie limose e sabbie medio-fini più frequenti verso l'alto stratigrafico; nella parte alta della successione si riconosce una porzione costituita da sabbie limose e limi sabbiosi di colore giallastro e grigio-verdastro, in strati da sottili a spessi, progressivamente passanti a conglomerati poligenici grossolanamente stratificati e ben selezionati. L'unità è composta da depositi costieri, di scarpata superiore e di piattaforma con uno spessore massimo di circa 1000 m, ascrivibili all'intervallo Pliocene medio - Pleistocene inferiore.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 136 di 179

10.6.1.3 Unità continentali di copertura

Le successioni continentali quaternarie sono rappresentate da quattro differenti unità geologiche, estesamente affioranti in tutta l'area di intervento come copertura di tutte le sequenze vulcaniche e sedimentarie più antiche.

10.6.1.3.1 **Depositi alluvionali terrazzati**

Tali depositi si rinvencono localmente nell'area di studio, in corrispondenza dei margini meridionale del fondovalle del Fiume Ofanto. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bn**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; si rinvencono frequenti lenti di conglomerati poligenici a ciottoli arrotondati, massivi o a stratificazione incrociata, e diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni sabbioso-limose grigiastre. L'unità è composta da depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, ascrivibili al Pleistocene medio – Pleistocene superiore.

10.6.1.3.2 **Depositi alluvionali recenti**

Questa unità si rinviene diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza del fondovalle del Fiume Ofanto e dei suoi affluenti maggiori. È costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bb**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; si rinvencono diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni sabbioso-limose grigiastre. L'unità è rappresentata da depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, riferibili al Pleistocene superiore – Olocene.

10.6.1.3.3 **Depositi alluvionali attuali**

Tali depositi si rinvencono in tutta l'area di studio, in corrispondenza dell'alveo del Fiume Ofanto e dei suoi affluenti maggiori. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche (**ba**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi sono presenti passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate. L'unità è composta da depositi di canale fluviale e argine, ascrivibili all'Olocene.

10.6.1.3.4 **Coltri eluvio colluviali**

Questa unità si rinviene diffusamente in tutta l'area di interesse progettuale, come copertura di tutte le unità geologiche più antiche. Si tratta di argille limose e limi argillosi di colore marrone e nerastro (**b2**), privi di struttura, con abbondanti resti vegetali e locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; talora si rinvencono limi sabbiosi e sabbie limose di colore marrone e giallastro, prive di struttura, con abbondanti resti vegetali e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate. L'unità è formata da depositi di versante e di alterazione del substrato, interamente ascrivibili all'Olocene.

10.6.2 *Assetto geomorfologico locale*

L'evoluzione geomorfologica dell'area ed i principali elementi morfologici presenti sulla fascia di territorio oggetto di studi sono direttamente connessi con il deflusso delle acque correnti superficiali e di prima infiltrazione e con

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 137 di 179

l'azione della gravità. In particolare il deflusso idrico, sia superficiale che sotterraneo, rappresenta uno dei maggiori fattori predisponenti e/o scatenanti al verificarsi di fenomeni gravitativi (frane s.s. e deformazioni viscoso delle coltri) e la causa di accumulo di depositi quaternari di genesi diversa (depositi alluvionali e coltri eluvio-colluviali). I fenomeni gravitativi, invece, svolgono una azione di erosione ed accumulo lungo i versanti e rappresentano, pertanto, l'elemento geomorfologico più importante per l'evoluzione dell'intera porzione di territorio.

Lungo i versanti il reticolo idrografico, come detto, presenta uno sviluppo piuttosto ramificato ed un *pattern* sub-dendritico che segue, almeno in parte, le principali direttrici tettoniche dell'area e le principali linee di fratturazione. La struttura della rete idrografica superficiale è, quindi, condizionata sia dalla natura litologica del substrato sia dagli elementi strutturali che lo hanno interessato. Nell'area di studio sono presenti numerosi solchi da ruscellamento concentrato, attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.

Il principale corso d'acqua dell'area è rappresentato dal F. Ofanto, un importante corso d'acqua a carattere perenne che si sviluppa in direzione W-N. Ad esso si aggiungono una serie di corsi d'acqua secondari, a carattere sia perenne che stagionale.

In linea generale tutti i corsi d'acqua presenti nell'area hanno una marcata tendenza all'approfondimento e sono, pertanto, la causa della genesi di forme caratteristiche come valli a V, scarpate fluviali e zone di erosione laterale delle sponde. Il deflusso idrico superficiale non regimato, invece, genera forme sia lineari che areali quali solchi da ruscellamento concentrato (*gully erosion*), zone a ruscellamento embrionale (*rill erosion*) e aree a ruscellamento diffuso (*sheet erosion*).

Il deflusso delle acque correnti superficiali lungo i versanti, ed in corrispondenza dei maggiori corsi d'acqua dell'area, invece, favorisce l'accumulo di depositi alluvionali ed eluvio-colluviali.

Nel complesso la spessa copertura alluvionale conferisce ai settori di fondovalle del Fiume Ofanto un andamento blandamente immergente verso NNE, mentre lungo i versanti che bordano la piana alluvionale l'andamento piano-altimetrico del territorio è fortemente influenzato dalla natura dei terreni affioranti. Infatti, nelle aree di affioramento dei termini prevalentemente pelitici la morfologia risulta più dolce e caratterizzata da blande acclività, mentre nelle aree in cui risultano dominanti litotipi marnosi, calcarei o arenacei, la morfologia risulta più aspra ed eterogenea.

Il settore di studio si colloca lungo i versanti che bordano il fondovalle del F. Ofanto ed è caratterizzato dalla presenza di estesi fenomeni di deformazione viscosa delle coltri (*creep* e/o soliflusso). Tali fenomeni risultano attivi e in piena evoluzione, ma in virtù della ridotta intensità degli stessi e degli spessori generalmente contenuti, non costituiscono elementi di rilevante criticità geomorfologica per le opere in progetto.

Inoltre, nei settori di versante prossimi al sito di intervento sono presenti numerosi movimenti franosi, riconducibili a colamenti e scivolamenti con stato sia attivo che quiescente. Tali dissesti non interessano direttamente il viadotto in progetto al km 47+796 circa e pertanto non costituiscono un elemento di criticità geomorfologica.

Il settore di studio rientra nel territorio dell'Autorità di Bacino della Puglia. In particolare, secondo quanto riportato nelle cartografie tematiche del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico della Autorità di Bacino della Puglia non sono presenti interferenze dirette tra areali di pericolosità e il settore di studio (cfr. Figura 38).

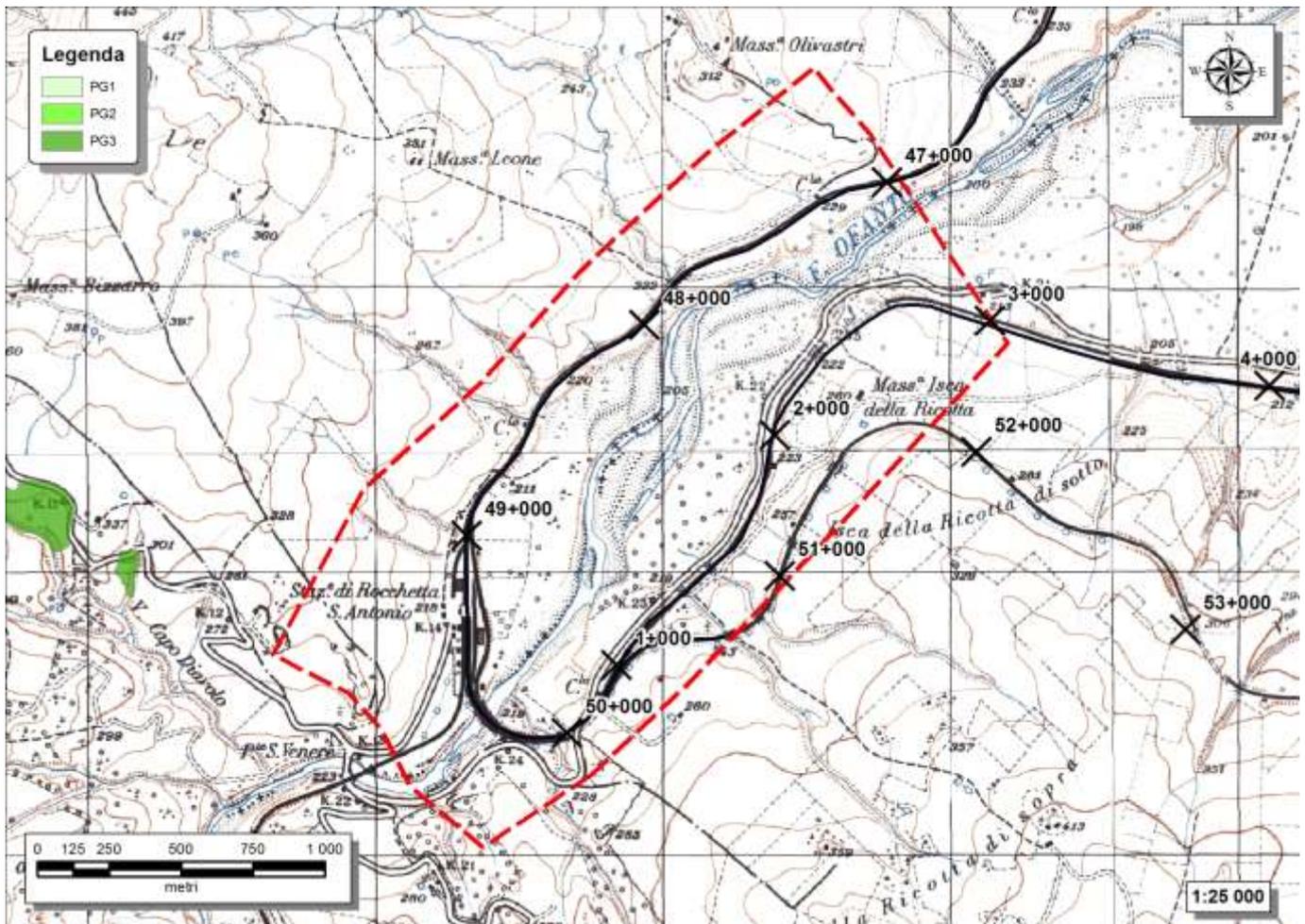


Figura 44 - Stralcio della carta della pericolosità tratto dal Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino della Puglia (2005, aggiorn. 2016), con individuazione del Settore F.

10.6.3 Assetto idrogeologico locale

L’approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche dell’area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologico-strutturali a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella vasta letteratura scientifica riguardante l’area.

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato, ove possibile, con le prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre, i dati piezometrici reperiti e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo di alcuni settori caratteristici dell’area di studio.

Infine, lo studio geologico condotto ha permesso di definire lo stato di alterazione/fessurazione degli ammassi rocciosi e le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell’area di studio.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 139 di 179

10.6.3.1 Complessi idrogeologici

Nell'area in esame sono stati individuati quattro complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area in esame.

10.6.3.1.1 **Complessi delle unità di substrato**

Questo gruppo è rappresentato da due distinti complessi idrogeologici, sempre costituiti da successioni sedimentarie meso-cenozoiche.

10.6.3.1.1.1 *Complesso calcareo-marnoso*

A questo complesso sono associati i terreni calcareo-marnosi delle unità **FYR5a** e **FAE**. È formato da calcareniti, calcilutiti e calcari marnosi in strati da sottili a spessi (**CCM**), con frequenti intercalazioni di argille marnose, marne e marne calcaree in strati sottili; a luoghi sono presenti livelli di brecciole calcaree, arenarie, siltiti e diaspri ben stratificati.

Tali litotipi costituiscono acquiferi fessurati di discreta trasmissività, localmente piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di buona rilevanza, contenute nelle porzioni più carsificate e fessurate dell'ammasso. La permeabilità, per fessurazione e carsismo, è variabile da bassa a media. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-6} < k < 1 \cdot 10^{-3}$ m/s.

10.6.3.1.1.2 *Complesso argilloso-marnoso*

Al complesso in esame sono riferiti i depositi essenzialmente pelitici delle successioni sedimentarie **ASP** e **FYR5**. È costituito da argille limose e limi argillosi massivi o sottilmente stratificati (**CAM**), con locali intercalazioni di siltiti, argille marnose, sabbie limose e sabbie medio-fini; sono inoltre presenti argille, argille marnose e marne in strati generalmente sottili, con sporadici passaggi di calcari marnosi, calcilutiti e calcareniti bioclastiche e rare intercalazioni di diaspri, arenarie e microconglomerati.

I presenti depositi costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di importanza significativa. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a bassa. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-9} < k < 1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

10.6.3.1.2 **Complessi dei terreni di copertura**

Il presente gruppo è rappresentato da due complessi idrogeologici, essenzialmente costituiti da depositi fluviali sedimentari quaternari.

10.6.3.1.2.1 *Complesso fluvio-lacustre*

Il presente complesso è rappresentato dai depositi alluvionali, lacustri e palustri delle unità **ba**, **bb**, e **bn**. Si tratta di conglomerati poligenici a ciottoli arrotondati (**CFL**), massivi o a stratificazione incrociata, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; sono presenti abbondanti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 140 di 179

poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; talora si rinvencono argille limose e limi argillosi a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni limoso-sabbiose e rari passaggi torbosi.

Questi depositi costituiscono acquiferi porosi particolarmente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, principalmente per porosità, è variabile da bassa ad alta. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-1}$ m/s.

10.6.3.1.2.2 *Complesso detritico-colluviale*

Al complesso in questione vengono riferiti i terreni di copertura dell'unità continentale **b2**. È costituito da ghiaie e ciottoli fortemente eterometrici (**CDC**), da angolosi a sub-angolosi, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; si rinvencono diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi privi di struttura, con frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; sono inoltre presenti argille limose e limi argillosi privi di struttura, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e abbondanti resti vegetali.

Tali litotipi costituiscono acquiferi porosi fortemente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa ad alta, in funzione della classe granulometrica prevalente. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

10.6.3.2 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove relative al settore F del Lotto 2: Linea Foggia-Potenza, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e dei relativi complessi idrogeologici di appartenenza, distinti per campagna indagine.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
SD3	PP1	Lefranc	3.0 - 4.5	4.84E-08	CAM
SD3	PP2	Lefranc	12.0 - 13.5	9.11E-08	CAM
SSE2	PP1	Lefranc	3.0 - 4.5	2.39E-08	CDC
SSE2	PP2	Lefranc	22.5 - 24.0	1.91E-09	CAM

Tabella 73 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IA0R00-2014, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S32	LF_01	Lefranc	7.0 - 9.0	7.99E-08	CAM
S33	LF_01	Lefranc	7.3 - 9.3	3.97E-08	CAM
S64	LF_01	Lefranc	4.0 - 8.0	1.42E-07	CAM

Tabella 74 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica IA4J11E-2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S24	LF_01	Lefranc	2.8 - 5.3	3.53E-03	CDC/CAM
S24	LF_02	Lefranc	10.2 - 11.7	5.63E-07	CAM
S28	LF_01	Lefranc	2.7 - 5.0	1.99E-05	CFL
S28	LF_02	Lefranc	10.0 - 13.4	-	

Tabella 75 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica L2-2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

10.6.4 Sismicità

Nelle tabelle seguenti sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15) al fine di documentare la storia sismica dei centri abitati di Melfi e Rocchetta Sant'Antonio (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Melfi

[40.994, 15.653]

Numero eventi: 58

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
HD		1353 04 22	Vulture	1		
8		1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
8		1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
7		1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
F		1731 10 17 11	Tavoliere delle Puglie	6	6-7	4.86
6-7		1732 11 29 07 40	Irpinia	183	10-11	6.75
5-6		1743 02 20	Ionio settentrionale	84	9	6.68
6		1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
F		1826 02 01 16	Potentino	18	8	5.74
F		1846 08 08	Potentino	13	6-7	5.18
10		1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
8-9		1851 08 14 14 40	Vulture	10	7-8	5.48
5		1852 04 02 09 30	Vulture	5	4	4.13
F		1853 04 09 12 45	Irpinia	47	8	5.6
7		1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7.12
4-5		1875 12 06	Gargano	97	8	5.86
2		1893 01 25	Vallo di Diano	134	7	5.15
3		1897 05 28 22 40 02.00	Ionio	132	6	5.46
4		1905 08 18 04 07	Tavoliere delle Puglie	41	5	4.61
3		1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
7	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata		376	8	5.76
2-3	1913 10 04 18 26	Molise		205	7-8	5.35
3	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica		1041	11	7.08
9	1930 07 23 00 08	Irpinia		547	10	6.67
5-6	1931 05 10 10 48 55.00	Irpinia		43	5-6	4.64
5-6	1931 11 10 21 10	Vulture		7	5	4.16
4-5	1933 03 07 14 39	Irpinia		42	6	4.96
3	1937 07 17 17 11	Tavoliere delle Puglie		40	6	4.96
3-4	1948 08 18 21 12 20.00	Gargano		58	7-8	5.55
4	1951 01 16 01 11	Gargano		73	7	5.22
2	1954 08 06 19 21 12.00	Potentino		13	5-6	5.18
3	1957 05 03 03 29 34.00	Potentino		36	5	4.09
4	1962 01 19 05 01 25.00	Gargano		31	5	4.42
5	1962 08 21 18 19	Irpinia		562	9	6.15
3-4	1967 06 17 15 42 58.00	Gargano		16	5	4.46
4	1969 11 14 06 48 07.00	Potentino		34	5	4.62
4	1973 08 08 14 36 26.00	Appennino campano-lucano		29	5-6	4.75
4-5	1975 06 19 10 11	Gargano		61	6	5.02
NF	1977 07 24 09 55 29.00	Irpinia		85	5-6	4.37
NF	1978 09 24 08 07 44.00	Materano		121	6	4.75
7	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata		1394	10	6.81
5	1980 12 03 23 54 22.00	Irpinia-Basilicata		11	6	4.83
5	1981 11 29 05 06 45.00	Potentino		14	5	4.51
3-4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta		912	8	5.86
3-4	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta		342	7	5.47
3	1986 07 23 08 19 50.87	Potentino		48	6	4.61
4	1987 01 28 05 33 21.76	Potentino		62	5	4.54
NF	1988 01 08 13 05 46.75	Pollino		169	7	4.7
6	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino		1375		5.77
6	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino		597	7	5.08
4	1995 09 30 10 14 33.86	Gargano		145	6	5.15
4	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia		557	6	4.9
NF	1998 04 26 05 38 05.59	Potentino		67	4-5	3.76
3	2002 11 01 15 09 01.92	Molise		638	7	5.72
NF	2003 06 01 15 45 18.04	Molise		501	5	4.44

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
3	2004 02 23 19 48 45.19	Appennino lucano	107	4-5	3.82
4	2004 02 24 05 21 26.53	Appennino lucano	140	5	4.21
4-5	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64

Tabella 76 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Melfi (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

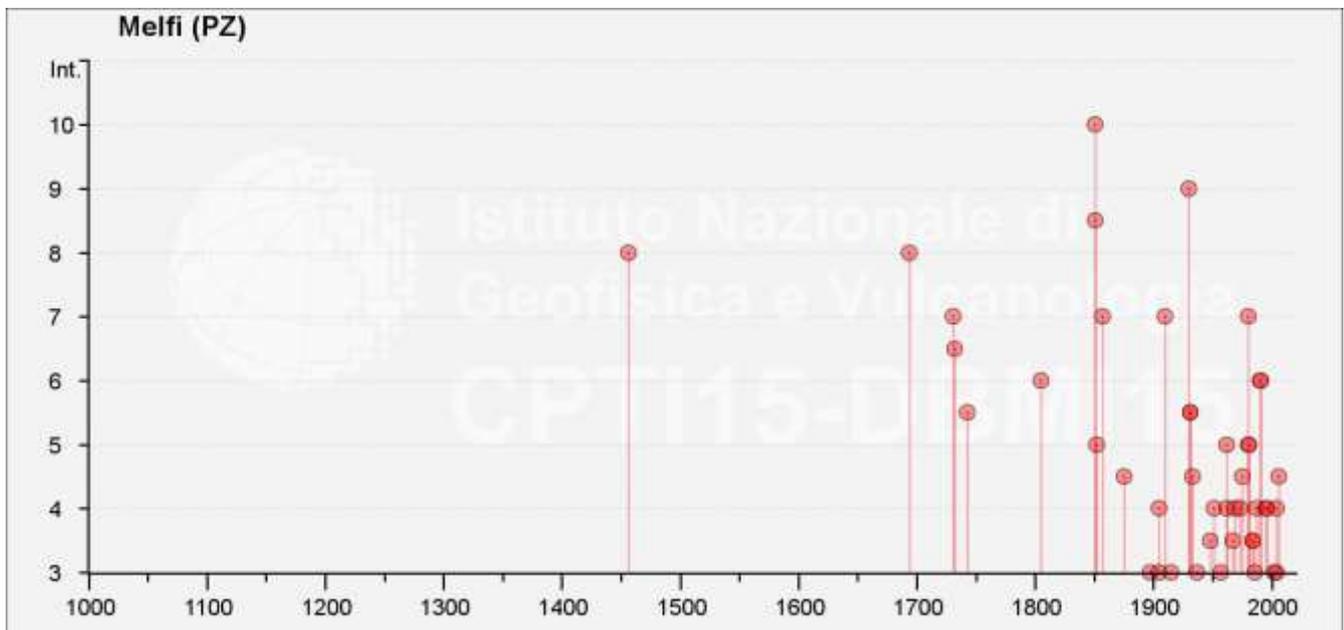


Figura 45 – Grafico illustrante la storia sismica di Melfi. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Rocchetta Sant'Antonio

[41.102, 15.460]

Numero eventi: 26

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
8	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
7	1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
7	1732 11 29 07 40	Irpinia	183	10-11	6.75
7-8	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
4-5	1875 12 06	Gargano	97	8	5.86
7	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
8-9	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
6-7		1948 08 18 21 12 20.00	Gargano	58	7-8	5.55
4		1951 01 16 01 11	Gargano	73	7	5.22
NF		1955 02 09 10 06	Gargano	31	6-7	5.05
6		1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
5-6		1971 05 06 03 45 05.00	Irpinia	68	6	4.83
7		1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5		1988 04 26 00 53 43.83	Adriatico centrale	78		5.36
5-6		1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
5		1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
4-5		1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	145	6	5.15
4		1998 04 07 21 36 55.30	Valle dell'Ofanto	45	5	4.31
NF		2002 04 18 20 56 48.67	Appennino lucano	164	5	4.34
4-5		2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
NF		2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4.44
NF		2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53
NF		2004 02 23 19 48 45.19	Appennino lucano	107	4-5	3.82
NF		2004 02 24 05 21 26.53	Appennino lucano	140	5	4.21
NF		2004 09 03 00 04 12.75	Potentino	156	5	4.41
4-5		2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64

Tabella 77 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Rocchetta Sant'Antonio (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); I₀ intensità massima (MCS); M_w magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

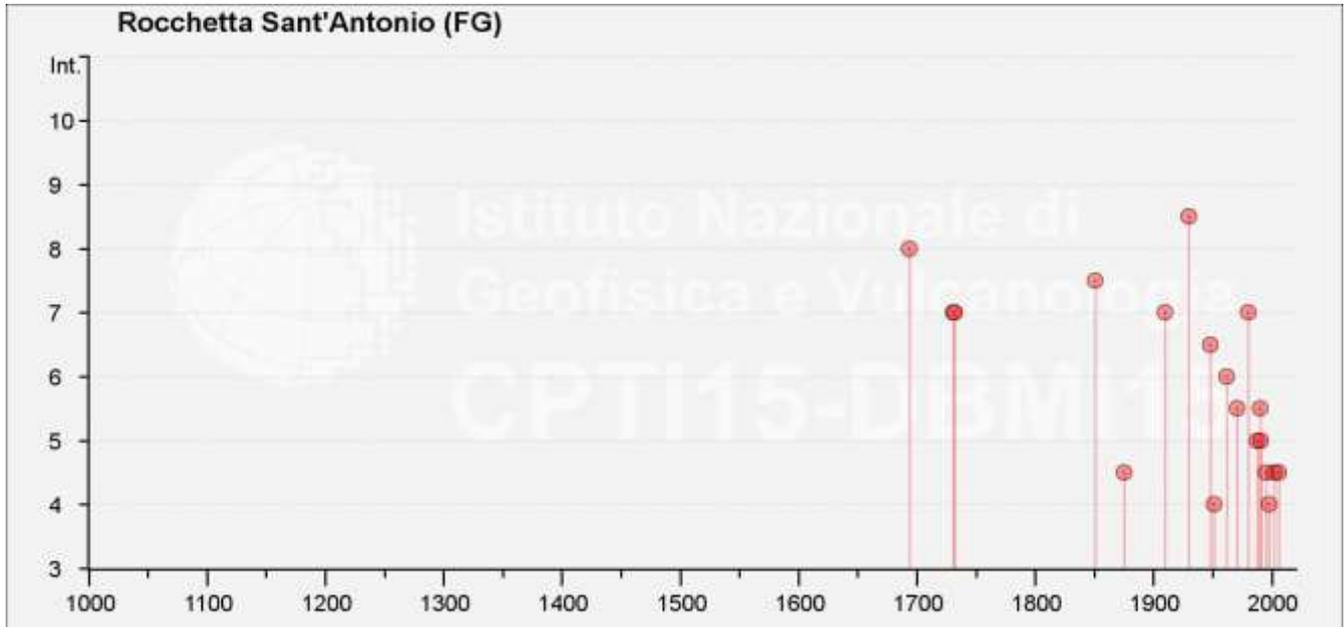


Figura 46 – Grafico illustrante la storia sismica di Rocchetta Sant'Antonio. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

10.6.4.1 Sismicità attuale

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia. Secondo tale normativa, i comuni di Rocchetta Sant'Antonio (FG) e Melfi (PZ) ricadono in **Zona sismica 1**, ossia aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici forti.

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC. Detto studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.

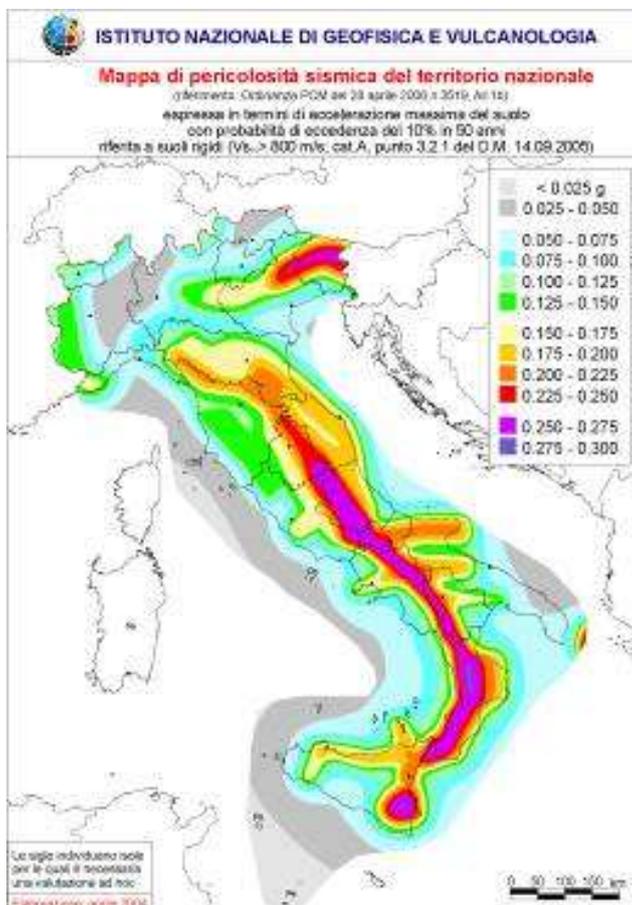


Figura 47 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, infatti, numerose situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici in un breve arco di territorio.

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono sempre continue e graduali. Successivamente verrà quindi mantenuta la classificazione del territorio nazionale in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (cfr. figura seguente). Nello specifico, per il settore di studio i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.175-0.225 a_g (accelerazione massima del suolo).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 147 di 179

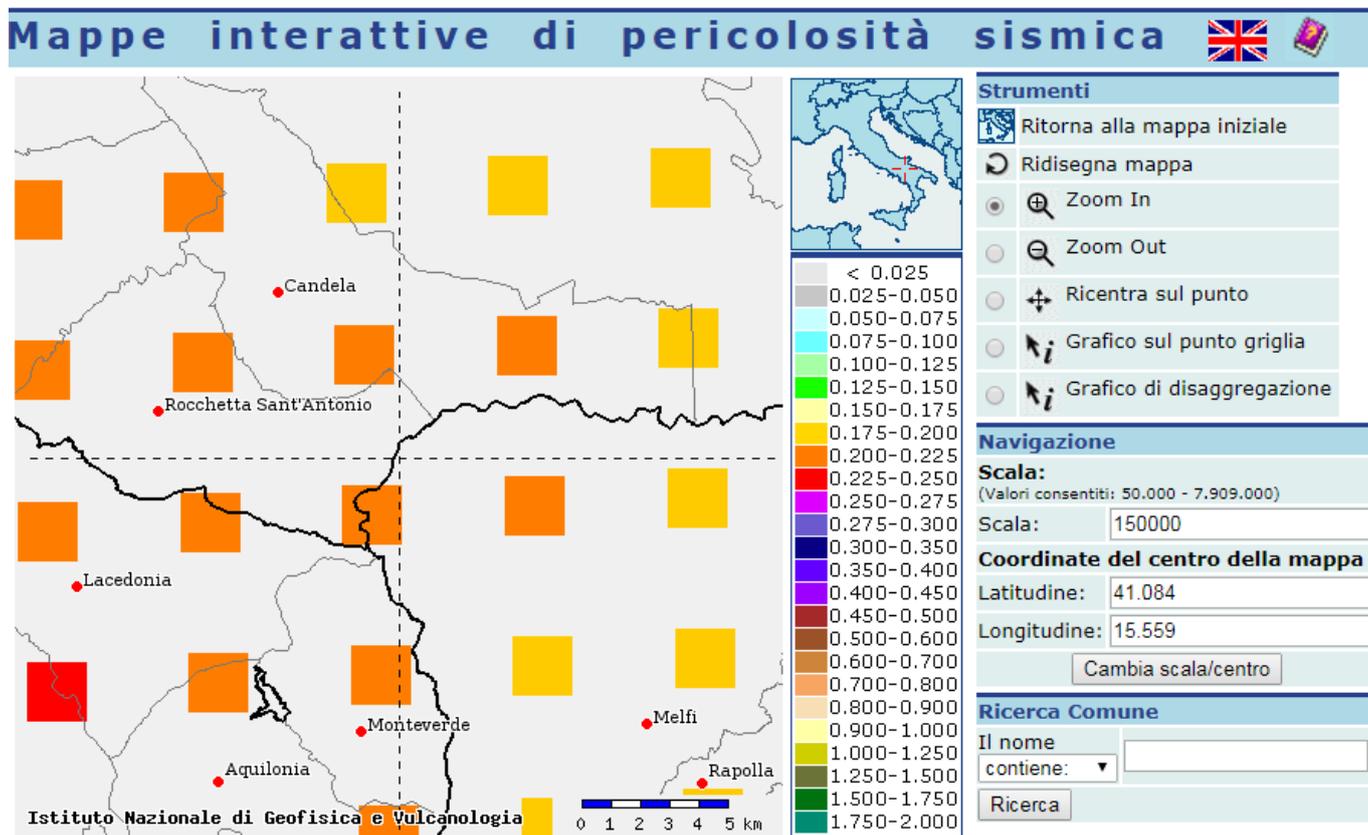


Figura 48 – Mappa interattiva di pericolosità sismica per il settore di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Infine, il database del progetto ITHACA (*Italy HAZard from Capable faults*) riporta la presenza di alcune faglie capaci nell'area di studio, ovvero di elementi tettonici attivi che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. In particolare, nell'area di studio sono presenti diversi elementi tettonici di una certa rilevanza, relativi sia ai domini di catena che a quelli di avanfossa.

Dei suddetti elementi tettonici, due interessano direttamente il tracciato ferroviario nella tratta più settentrionale, in corrispondenza delle chilometriche 17+200 e 23+800 circa, mentre un altro si colloca nelle immediate vicinanze, all'altezza del confine regionale tra Puglia e Basilicata. Ad ogni modo, in relazione alle caratteristiche sismo-tettoniche dell'area appenninica, anche gli elementi strutturali che non interessano direttamente i settori di intervento rappresentano degli elementi di potenziale criticità per le opere, essendo in grado di produrre eventi sismici di una certa rilevanza e con sicuro risentimento nelle zone di stretto interesse progettuale.

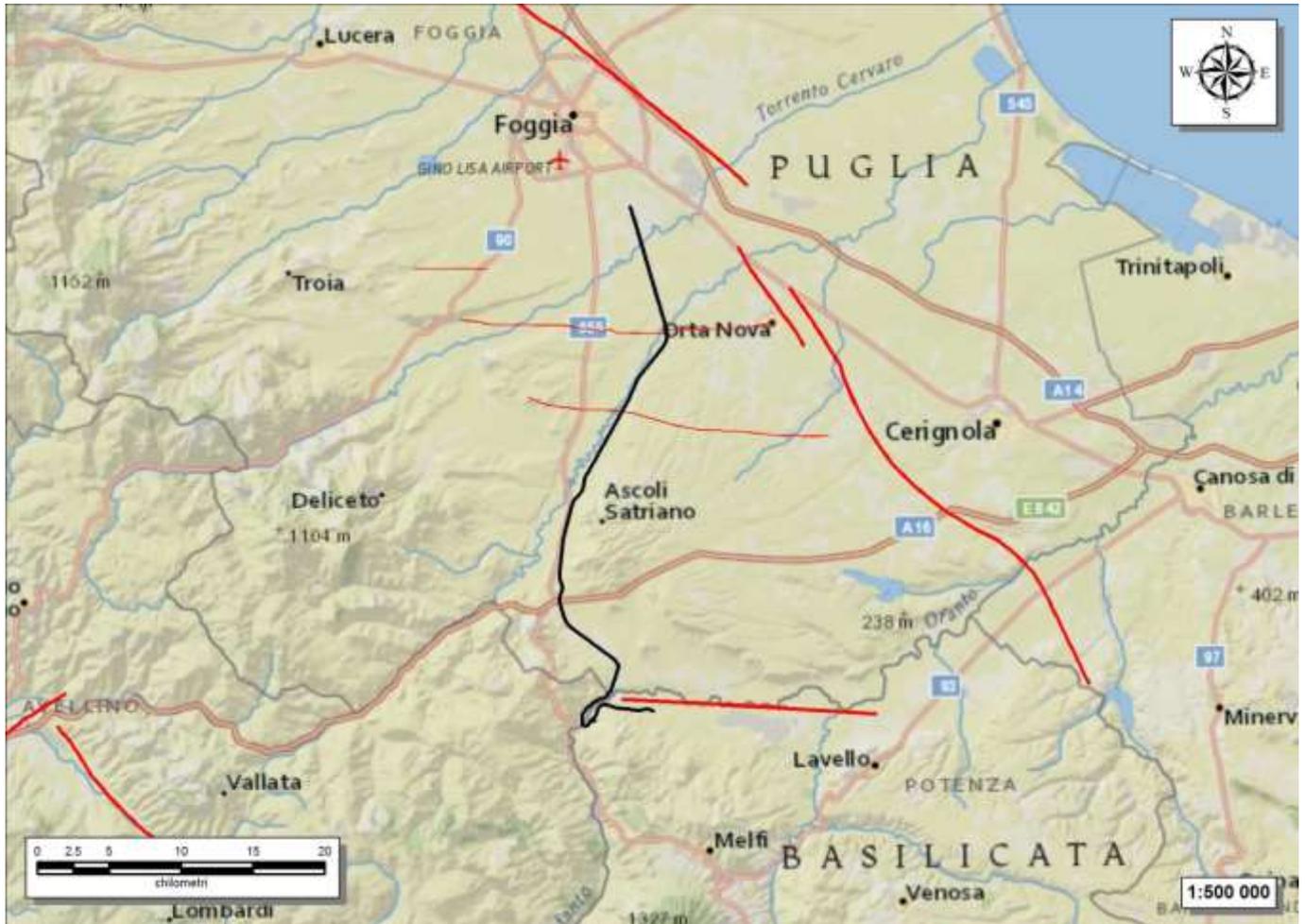


Figura 49 – Stralcio cartografico dell'area di studio con indicazione della tratta ferroviaria di progetto (in nero) e delle faglie capaci (in rosso) (<http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>).

10.6.4.2 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'*input* sismico in termini di variazione del

**LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO****LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	149 di 179

contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475. I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

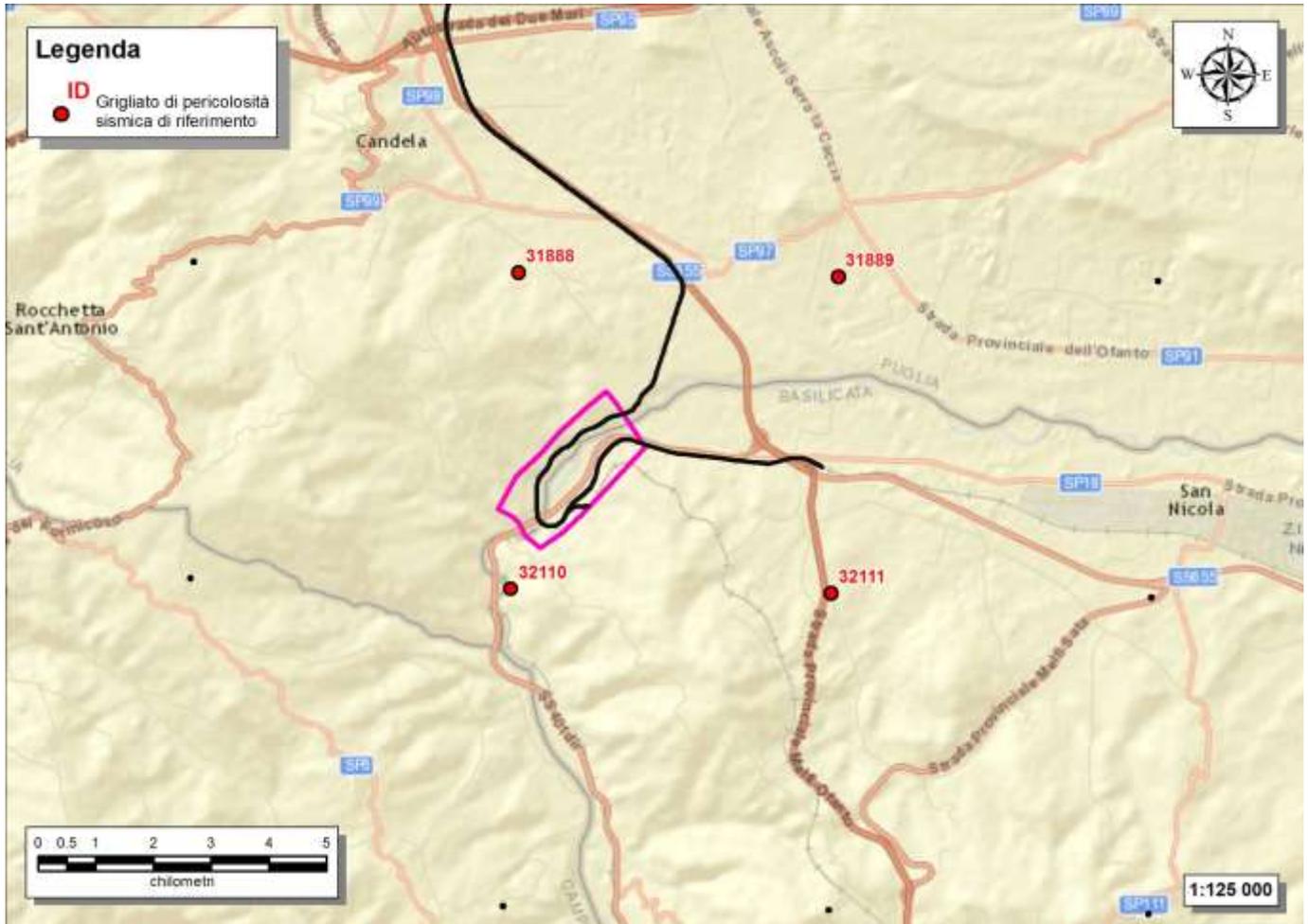


Figura 50 – Griglia di riferimento per il settore F dell’area di studio, con individuazione del tracciato ferroviario (in nero), dell’ area di interesse progettuale (in magenta) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
32110	15.546	41.066	0.2060	2.44	0.41
31888	15.548	41.116	0.2036	2.45	0.41
32111	15.612	41.065	0.2015	2.45	0.41
31889	15.614	41.115	0.2008	2.45	0.40

Tabella 78 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni.

10.6.4.3 Categoria di sottosuolo

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale. La Nuova Normativa Tecnica per le Costruzioni prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 151 di 179

17/01/2018 – Capitoli 3.2 e 7.11), una classificazione del sottosuolo sulla base delle condizioni stratigrafiche e dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con: h_i spessore dell' i -esimo strato; $V_{s,i}$ 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 V_s 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 $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Sulla scorta dei dati a disposizione, tale determinazione è stata effettuata attraverso indagini di tipo geofisico, quali prove *down-hole* e prospezioni sismiche MASW, che forniscono indicazioni dirette relativamente al valore di $V_{s,eq}$. Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

- **A:** 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:** 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.
- **C:** Depositati 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.
- **D:** Depositati 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.
- **E:** 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

Nell'ambito del presente studio, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione delle prove MASW e Down-Hole disponibili nei settori di intervento o appositamente realizzate durante la presente fase progettuale. Nelle tabelle seguenti si riporta una sintesi delle prove effettuate, contenente i valori di $V_{s,eq}$ determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.

Sigla	Tipologia	Lunghezza m	Vs30 m/s	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
SSE2	Down-Hole	30	277	C	b2/FYR5

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 152 di 179

Tabella 79 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini IA0R00-2014.

Sigla	Tipologia	Lunghezza <i>m</i>	Vseq= Vs30 <i>m/s</i>	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
S32	Down-Hole	30	314	C	b2/FYR5

Tabella 80 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini IA4J11E-2017.

Sigla	Tipologia	Lunghezza <i>m</i>	Vseq= Vs30 <i>m/s</i>	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
M_3	MASW	69	383	B	ba/FYR5

Tabella 81 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini L2-2017.

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche a disposizione, i terreni presenti nelle aree di intervento possono essere caratterizzati con categorie di sottosuolo comprese tra una **Categoria di sottosuolo C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*). e una **Categoria di sottosuolo B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*).

10.6.5 Campagna di indagine

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate tutte le indagini geognostiche disponibili e appositamente realizzate nel settore di territorio interessato dagli interventi in progetto. L'intero *set* di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione alla specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

Nel corso del complesso *iter* progettuale sino ad oggi espletato, si sono succedute differenti campagne di indagini geognostiche, nelle quali sono state realizzate sia indagini dirette che indirette. Nel settore F del lotto 2 complessivamente sono state analizzate le seguenti indagini di sito:

- n. 8 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 2 non attrezzati, 4 strumentati con piezometro e 2 attrezzati per sismica in foro;
- n. 1 prova MASW.

Il numero totale dei campioni di roccia e terreno prelevati è di 21, mentre quello delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio è di 38.

10.6.5.1 Sondaggi geognostici

Di seguito vengono elencati tutti i sondaggi geognostici eseguiti nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk della tratta Foggia-Potenza, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, strumentazione, profondità, numero dei campioni, numero prove SPT, numero prove Lefranc/Lugeon).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
SD3	51+646	547641	4548656	243.8	piezometro	20.0	4	5	2
SSE2	49+186	546200	4547753	218.7	sismica in foro	30.0	5	7	2
Totale							9	12	4

Tabella 82 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IA0R00-2014, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S32	50+153	546704	4547379	227.5	sismica in foro	30.0	4	3	1
S33	50+177	546721	4547398	225.2	piezometro	30.0	5	3	1
S63	46+940	547762	4549196	229.4	non attrezzato	10.0	2	2	0
S64	47+528	547236	4548953	224.1	non attrezzato	10.0	2	2	1
Totale							13	10	3

Tabella 83 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IA4J11E-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S24	51+565	547480	4548588	217.3	piezometro	30.0	6	8	2
S28	49+581	546263	4547358	218.2	piezometro	30.0	7	8	2
Totale							13	16	4

Tabella 84 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini L2-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.6.5.2 Prospezioni sismiche

Nella tabella seguente è riportata una sintesi di tutte le indagini sismiche e geoelettriche eseguite nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk del centroide lungo la tratta Foggia-Potenza, longitudine e latitudine di ogni singolo stendimento nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), tipologia di indagine e lunghezza).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 154 di 179

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
M_3	49+571	546255	4547366	MASW	69.0

Tabella 85 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini L2-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.6.6 Suscettività alla liquefazione

A ogni modo, in relazione al ridotto numero di dati disponibili e alla notevole eterogeneità dei terreni nonché all'assenza di dati di monitoraggio, in questa fase non è possibile escludere la presenza di locali orizzonti potenzialmente suscettibili di liquefazione.

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace (Riga 2007). Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione inter-granulare.

L'incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

Al fine di verificare la possibile suscettività a liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto sono state condotte una serie di analisi basate sia sugli studi bibliografici di maggior rilievo a livello internazionale, che sulle procedure di analisi dettate dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

L'attuale normativa vigente in materia di costruzioni edilizie (NTC2018) prevede che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) distribuzione esterna ai fusi granulometrici indicati da normativa, distinti in funzione del coefficiente di uniformità U_c .

In particolare, se la condizione 1 non risulta soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4. Pertanto, in relazione a quanto previsto dall'NTC 2018, sono state condotte una serie di analisi puntuali volte a verificare tutte le condizioni predisponenti elencate in precedenza, al fine di determinare la possibile suscettività a liquefazione di tutti i campioni di terreno prelevati durante la campagna di indagini appositamente condotta.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 155 di 179

Per quanto detto in precedenza, le verifiche sono state condotte unicamente per i terreni alluvionali posti a profondità inferiori ai 15-20 m dal p.c., in quanto al di sotto non è possibile che si verifichino tali fenomeni. Ovviamente le suddette analisi hanno un carattere generale e, pertanto, andranno puntualmente dettagliate attraverso verifiche geotecniche basate sulla resistenza dinamica e sull'effettivo stato di addensamento dei terreni investigati.

Le fonti bibliografiche a disposizione e lo studio relativo alla sismicità storica e alla pericolosità sismica del sito hanno evidenziato che nell'area di intervento si sono verificati diversi terremoti con magnitudo M superiore a 5 e, in particolare, il massimo terremoto atteso nell'area presenta una M pari a 6.83. Anche le accelerazioni massime attese al piano campagna, in condizioni di campo libero, sono risultate superiori al limite definito da normativa, in quanto variabili tra 0.175 e 0.225 g . In relazione a quanto detto e considerata la presenza della condizione predisponente esposta nel punto 1 dell'NTC 2018, si è quindi proceduto alla verifica dei punti 2, 3 e 4 del paragrafo 7.11.3.4.2, in modo da rispondere puntualmente a tutti i quesiti posti da norma.

Per quanto concerne la falda, in assenza di dati di monitoraggio sono state considerate le letture della superficie piezometrica in corso di perforazione. Tali dati hanno evidenziato la presenza di una falda posta ad una profondità media di circa 2-7 m dal p.c., quindi ben al di sopra del limite di 15 m previsto da normativa. Tale misura viene cautelativamente adottata per le analisi anche se condizionata dai liquidi utilizzati in corso di perforazione.

Dal punto di vista tessiturale, in assenza di specifiche indagini per la definizione delle curve granulometriche di laboratorio, le analisi sono state condotte in relazione a quanto emerso dalle indagini geognostiche appositamente condotte. Pertanto, sono stati considerati come potenzialmente suscettibili di liquefazione unicamente i terreni sabbiosi e sabbioso-limosi dei depositi alluvionali attuali e recenti, in quanto privi di un'alta percentuale di frazione fine o grossolana. Gli orizzonti pelitici e ghiaiosi delle suddette unità sono risultati chiaramente non suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione per via della composizione granulometrica del deposito, mentre i termini litologici delle unità più antiche risultano non suscettibili a causa dell'elevato stato di addensamento e di locali fenomeni di cementazione chimica.

Tali terreni non coinvolgono direttamente le opere in progetto, pertanto per le unità intercettate dalle perforazioni è possibile escludere la presenza di orizzonti potenzialmente suscettibili di liquefazione.

10.6.7 Descrizione dell'area

Il tratto in esame si colloca nel settore meridionale dell'area di studio e ricade nel territorio comunale di Rocchetta Sant'Antonio e di Melfi. In tale settore è prevista la realizzazione di un viadotto al km 47+796 circa. Il tracciato intercetta localmente i depositi marini di bacino e base scarpata del Flysch Rosso (**FYR5**) con estese coperture eluvio-colluviali (**b2**). In corrispondenza della valle del Fiume Ofanto si rinvencono i depositi ghiaiosi e sabbiosi alluvionali recenti (**bb**) e alluvionali attuali (**ba**).

Dal punto di vista geomorfologico l'intero versante è caratterizzato dalla presenza di estesi fenomeni di deformazione viscosa delle coltri e numerosi movimenti franosi, essenzialmente riconducibili a colamenti e scivolamenti con stato sia attivo che quiescente. Tutti i fenomeni sono piuttosto superficiali.

10.7 Settore G (dal km 5+100 al km 6+100)

Tale settore ricade nell'area meridionale del settore di studio, tra le km 5+100 e 6+100 circa della tratta Rocchetta-S. Nicola di Melfi, nel territorio comunale di Melfi.



Foto 7 – Vista panoramica del settore G del lotto 2, protezione pile sottovia.

10.7.1 Assetto geologico locale

L'assetto stratigrafico-strutturale dell'area di stretto interesse progettuale è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico effettuato con tutte le informazioni ricavate dalla fotointerpretazione appositamente condotta, dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini di sito esistenti o appositamente realizzate per il presente studio.

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a sequenze metamorfiche e sedimentarie di substrato che a successioni clastiche di copertura. In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-strutturali delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle numerose indagini geognostiche a disposizione.

Nei settori di studio, quindi, sono state individuate e perimetrare sei unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico. Si sottolinea che seguendo i criteri definiti dal Servizio Geologico (Pasquaré et al. 1992)

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 157 di 179

le successioni sono state suddivise utilizzando Unità Stratigrafiche Convenzionali, talora ulteriormente suddivise in membri con particolare composizione litologica.

10.7.1.1 Unità della Fossa Bradanica

Tale unità è rappresentata da una singola successione marine plio-pleistoceniche, ampiamente affioranti nei settori meridionali della zona di interesse progettuale.

10.7.1.1.1 **Argille e sabbie del Vallone Meridiano**

L'unità in questione affiora nei settori meridionali dell'area di studio, lungo i versanti meridionali che bordano la piana del Fiume Ofanto. Si tratta di argille limose e limi argillosi di colore grigio (**BVA**), in strati da medi a molto spessi, in alternanza con sabbie medio-fini di colore giallo-bruno e grigio, in strati da sottili a medi, e con sporadiche intercalazioni di lenti ciottolose. La successione è composta da depositi di piattaforma con uno spessore massimo di circa 80 m, riferibili al Pliocene medio.

10.7.1.2 Unità continentali di copertura

Le successioni continentali quaternarie sono rappresentate da quattro differenti unità geologiche, estesamente affioranti in tutta l'area di intervento come copertura di tutte le sequenze vulcaniche e sedimentarie più antiche.

10.7.1.2.1 **Depositi alluvionali terrazzati**

Tali depositi si rinvencono diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza del margine meridionale del fondovalle del Fiume Ofanto. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bn**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; si rinvencono frequenti lenti di conglomerati poligenici a ciottoli arrotondati, massivi o a stratificazione incrociata, e diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni sabbioso-limose grigiastre. L'unità è composta da depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, ascrivibili al Pleistocene medio – Pleistocene superiore.

10.7.1.2.2 **Depositi alluvionali recenti**

Questa unità si rinviene diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza del fondovalle del principale corso d'acqua dell'area. È costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bb**), da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; si rinvencono diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e marrone, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi sono presenti orizzonti di argille limose e limi argillosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni sabbioso-limose grigiastre. L'unità è rappresentata da depositi di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, riferibili al Pleistocene superiore – Olocene.

10.7.1.2.3 **Coltri eluvio colluviali**

Questa unità si rinviene diffusamente in tutta l'area di interesse progettuale, come copertura di tutte le unità geologiche più antiche. Si tratta di argille limose e limi argillosi di colore marrone e nerastro (**b2**), privi di struttura, con abbondanti resti vegetali e locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; talora si rinvencono limi sabbiosi e sabbie limose di colore marrone e giallastro, prive di struttura, con abbondanti resti vegetali e frequenti

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 158 di 179

ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate. L'unità è formata da depositi di versante e di alterazione del substrato, interamente ascrivibili all'Olocene.

10.7.2 Assetto geomorfologico locale

L'evoluzione geomorfologica dell'area ed i principali elementi morfologici presenti sulla fascia di territorio oggetto di studi sono direttamente connessi con il deflusso delle acque correnti superficiali e di prima infiltrazione e con l'azione della gravità. In particolare il deflusso idrico, sia superficiale che sotterraneo, rappresenta uno dei maggiori fattori predisponenti e/o scatenanti al verificarsi di fenomeni gravitativi (frane *s.s.* e deformazioni viscoso delle coltri) e la causa di accumulo di depositi quaternari di genesi diversa (depositi alluvionali e coltri eluvio-colluviali). I fenomeni gravitativi, invece, svolgono una azione di erosione ed accumulo lungo i versanti e rappresentano, pertanto, l'elemento geomorfologico più importante per l'evoluzione dell'intera porzione di territorio.

Lungo i versanti il reticolo idrografico, come detto, presenta uno sviluppo piuttosto ramificato ed un *pattern* sub-dendritico che segue, almeno in parte, le principali direttrici tettoniche dell'area e le principali linee di fratturazione. La struttura della rete idrografica superficiale è, quindi, condizionata sia dalla natura litologica del substrato sia dagli elementi strutturali che lo hanno interessato. Nell'area di studio sono presenti numerosi solchi da ruscellamento concentrato, attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.

Il principale corso d'acqua dell'area è rappresentato dal F. Ofanto, un importante corso d'acqua a carattere perenne che si sviluppa in direzione W-N. Ad esso si aggiungono una serie di corsi d'acqua secondari, a carattere sia perenne che stagionale.

In linea generale tutti i corsi d'acqua presenti nell'area hanno una marcata tendenza all'approfondimento e sono, pertanto, la causa della genesi di forme caratteristiche come valli a V, scarpate fluviali e zone di erosione laterale delle sponde. Il deflusso idrico superficiale non regimato, invece, genera forme sia lineari che areali quali solchi da ruscellamento concentrato (*gully erosion*), zone a ruscellamento embrionale (*rill erosion*) e aree a ruscellamento diffuso (*sheet erosion*).

Il deflusso delle acque correnti superficiali lungo i versanti, ed in corrispondenza dei maggiori corsi d'acqua dell'area, invece, favorisce l'accumulo di depositi alluvionali ed eluvio-colluviali.

Nel complesso la spessa copertura alluvionale conferisce ai settori di fondovalle del Fiume Ofanto un andamento blandamente immergente verso NNE, mentre lungo i versanti che bordano la piana alluvionale l'andamento plano-altimetrico del territorio è fortemente influenzato dalla natura dei terreni affioranti. Infatti, nelle aree di affioramento dei termini prevalentemente pelitici la morfologia risulta più dolce e caratterizzata da blande acclività, mentre nelle aree in cui risultano dominanti litotipi marnosi, calcarei o arenacei, la morfologia risulta più aspra ed eterogenea.

Il settore di studio interessa i versanti che bordano il fondovalle del F. Ofanto ed è caratterizzato da estese porzioni di versante interessate da fenomeni di *creep* e/o soliflusso. Tali fenomeni di deformazione viscosa delle coltri, risultano attivi e in piena evoluzione, ma in virtù delle ridotte intensità di deformazione e degli spessori generalmente contenuti, non costituiscono elementi di rilevante criticità geomorfologica.

Il settore di studio rientra nel territorio dell'Autorità di Bacino della Puglia. In particolare, in accordo con i rilievi di campo, nelle cartografie tematiche del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico della Autorità di Bacino della Puglia non sono presenti areali di pericolosità nel settore di stretto interesse di studio (cfr. Figura 38).

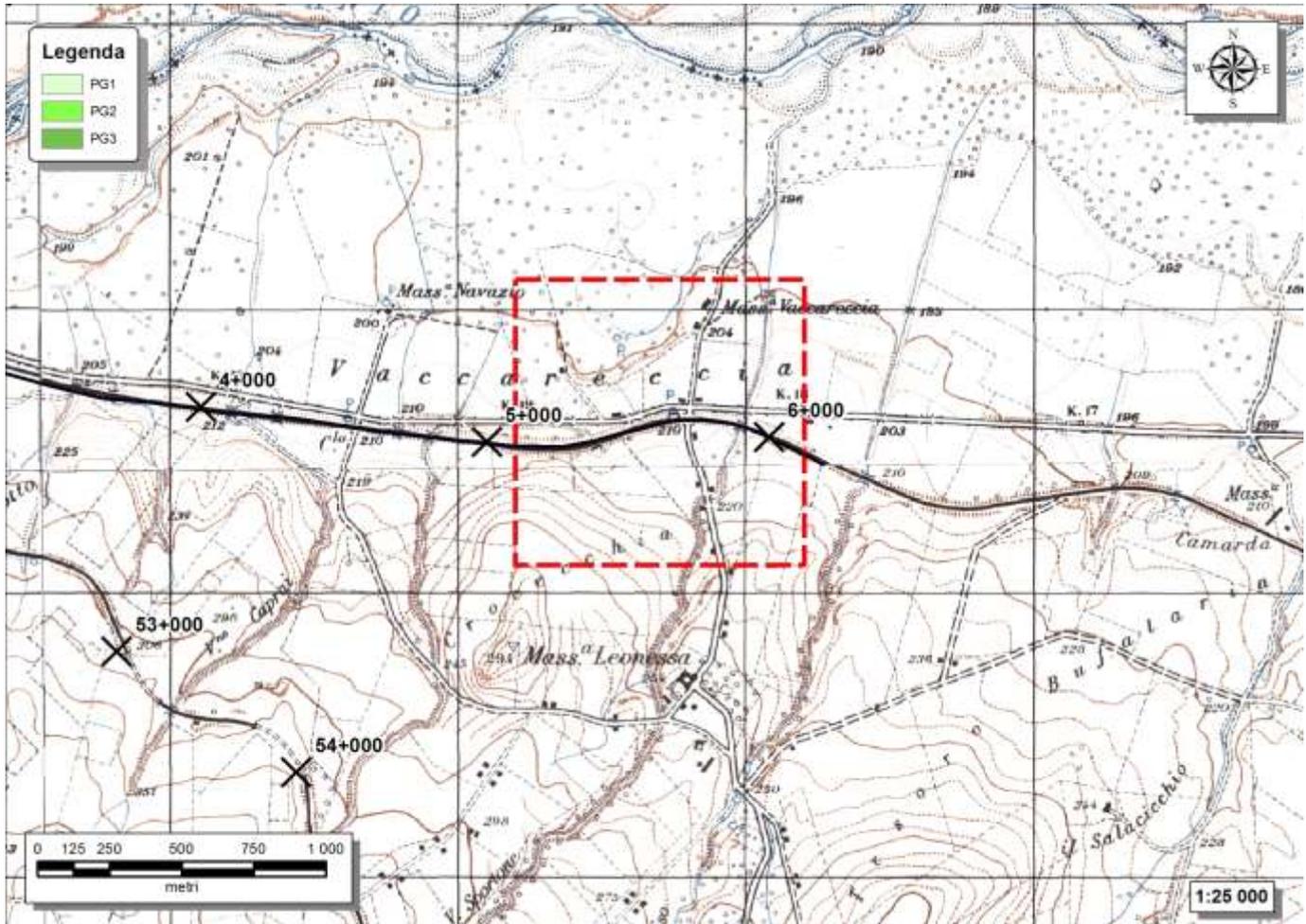


Figura 51 - Stralcio della carta della pericolosità tratto dal Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di Bacino della Puglia (2005, aggiorn. 2016), con individuazione del Settore G.

10.7.3 Assetto idrogeologico locale

L’approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche dell’area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologico-strutturali a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella vasta letteratura scientifica riguardante l’area.

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato, ove possibile, con le prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. Inoltre, i dati piezometrici reperiti e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo di alcuni settori caratteristici dell’area di studio.

Infine, lo studio geologico condotto ha permesso di definire lo stato di alterazione/fessurazione degli ammassi rocciosi e le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell’area di studio.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 160 di 179

10.7.3.1 Complessi idrogeologici

Nell'area in esame sono stati individuati tre complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area in esame.

10.7.3.1.1 **Complessi delle unità di substrato**

Questo gruppo è rappresentato da un singolo complesso idrogeologico, costituito da successioni sedimentarie meso-cenozoiche.

10.7.3.2 Complesso arenaceo-marnoso

A questo complesso sono associati i terreni arenaceo-marnosi delle successioni sedimentarie **BVA**. È formato da quarzoareniti in strati da medi a molto spessi (**CRM**), con locali passaggi di quarzosiltiti e subordinate intercalazioni di argille marnose, marne e calcari marnosi; a luoghi si rinvencono sabbie e arenarie in strati sottili, con frequenti livelli di argille, marne e lenti ciottolose.

Tali litotipi costituiscono acquiferi misti di scarsa trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di ridotta rilevanza, generalmente frazionate e a carattere stagionale. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da bassa a media. A questo complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

10.7.3.2.1 **Complessi dei terreni di copertura**

Il presente gruppo è rappresentato da due complessi idrogeologici, essenzialmente costituiti da depositi fluviali sedimentari quaternari.

10.7.3.2.1.1 *Complesso fluvio-lacustre*

Il presente complesso è rappresentato dai depositi alluvionali, lacustri e palustri delle unità **bb**, e **bn**. Si tratta di conglomerati poligenici a ciottoli arrotondati (**CFL**), massivi o a stratificazione incrociata, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; sono presenti abbondanti ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; talora si rinvencono argille limose e limi argillosi a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni limoso-sabbiose e rari passaggi torbosi.

Questi depositi costituiscono acquiferi porosi particolarmente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, principalmente per porosità, è variabile da bassa ad alta. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-1}$ m/s.

10.7.3.2.1.2 *Complesso detritico-colluviale*

Al complesso in questione vengono riferiti i terreni di copertura dell'unità continentale **b2**. È costituito da ghiaie e ciottoli fortemente eterometrici (**CDC**), da angolosi a sub-angolosi, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; si rinvencono diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi privi di struttura, con

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 161 di 179

frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; sono inoltre presenti argille limose e limi argillosi privi di struttura, con locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate e abbondanti resti vegetali.

Tali litotipi costituiscono acquiferi porosi fortemente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa ad alta, in funzione della classe granulometrica prevalente. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile da $1 \cdot 10^{-7} < k < 1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

10.7.3.3 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove relative al settore G del Lotto 2: tratta Rocchetta-S. Nicola di Melfi, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e dei relativi complessi idrogeologici di appartenenza, distinti per campagna indagine.

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità (m)	Permeabilità (m/s)	Complesso idrogeologico di riferimento
S29	LF_01	Lefranc	2.9 - 5.0	3.47E-07	CFL

Tabella 86 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica L2-2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

10.7.4 Sismicità

Nelle tabelle seguenti sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15) al fine di documentare la storia sismica del centro abitato di Melfi (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Melfi

[40.994, 15.653]

Numero eventi: 58

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
HD	1353 04 22	Vulture	1		
8	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
8	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
7	1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
F	1731 10 17 11	Tavoliere delle Puglie	6	6-7	4.86
6-7	1732 11 29 07 40	Irpinia	183	10-11	6.75
5-6	1743 02 20	Ionio settentrionale	84	9	6.68
6	1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
F	1826 02 01 16	Potentino	18	8	5.74
F	1846 08 08	Potentino	13	6-7	5.18
10	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
8-9	1851 08 14 14 40	Vulture	10	7-8	5.48
5	1852 04 02 09 30	Vulture	5	4	4.13

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
F	1853 04 09 12 45	Irpinia	47	8	5.6
7	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7.12
4-5	1875 12 06	Gargano	97	8	5.86
2	1893 01 25	Vallo di Diano	134	7	5.15
3	1897 05 28 22 40 02.00	Ionio	132	6	5.46
4	1905 08 18 04 07	Tavoliere delle Puglie	41	5	4.61
3	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
7	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
2-3	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5.35
3	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
9	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
5-6	1931 05 10 10 48 55.00	Irpinia	43	5-6	4.64
5-6	1931 11 10 21 10	Vulture	7	5	4.16
4-5	1933 03 07 14 39	Irpinia	42	6	4.96
3	1937 07 17 17 11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96
3-4	1948 08 18 21 12 20.00	Gargano	58	7-8	5.55
4	1951 01 16 01 11	Gargano	73	7	5.22
2	1954 08 06 19 21 12.00	Potentino	13	5-6	5.18
3	1957 05 03 03 29 34.00	Potentino	36	5	4.09
4	1962 01 19 05 01 25.00	Gargano	31	5	4.42
5	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
3-4	1967 06 17 15 42 58.00	Gargano	16	5	4.46
4	1969 11 14 06 48 07.00	Potentino	34	5	4.62
4	1973 08 08 14 36 26.00	Appennino campano-lucano	29	5-6	4.75
4-5	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5.02
NF	1977 07 24 09 55 29.00	Irpinia	85	5-6	4.37
NF	1978 09 24 08 07 44.00	Materano	121	6	4.75
7	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5	1980 12 03 23 54 22.00	Irpinia-Basilicata	11	6	4.83
5	1981 11 29 05 06 45.00	Potentino	14	5	4.51
3-4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5.86
3-4	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	342	7	5.47
3	1986 07 23 08 19 50.87	Potentino	48	6	4.61
4	1987 01 28 05 33 21.76	Potentino	62	5	4.54
NF	1988 01 08 13 05 46.75	Pollino	169	7	4.7

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
6	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
6	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
4	1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	145	6	5.15
4	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
NF	1998 04 26 05 38 05.59	Potentino	67	4-5	3.76
3	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
NF	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4.44
3	2004 02 23 19 48 45.19	Appennino lucano	107	4-5	3.82
4	2004 02 24 05 21 26.53	Appennino lucano	140	5	4.21
4-5	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64

Tabella 87 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Melfi (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

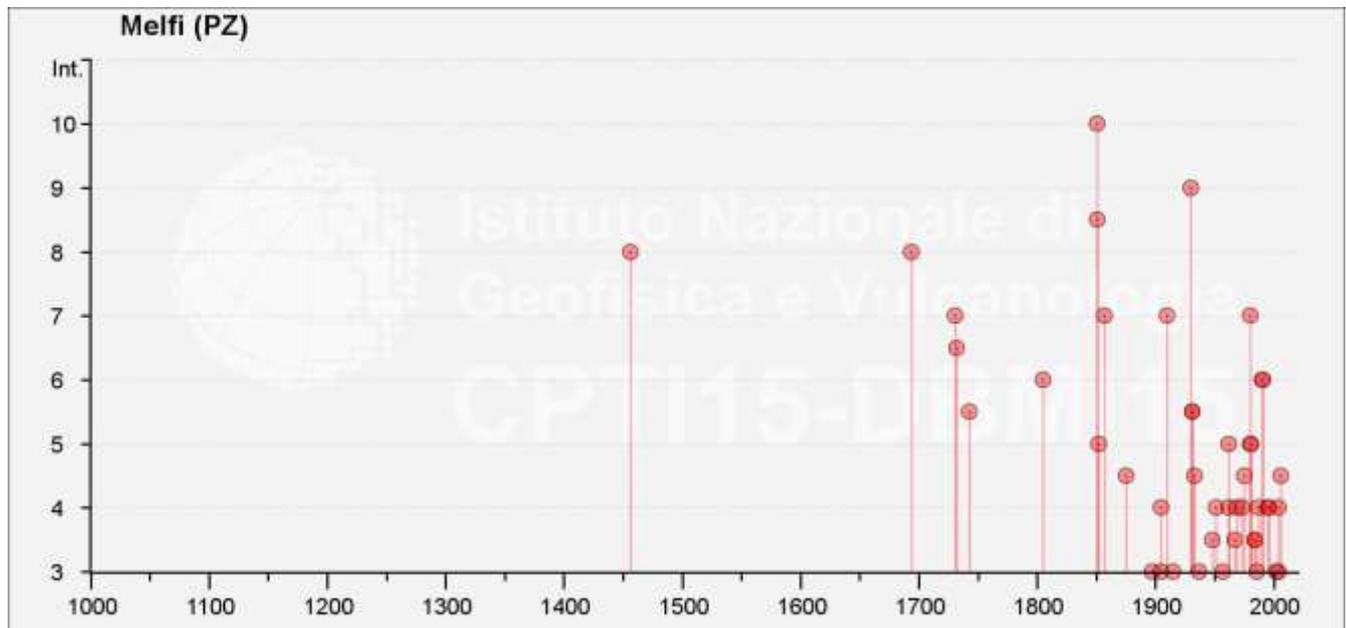


Figura 52 – Grafico illustrante la storia sismica di Melfi. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

10.7.4.1 Sismicità attuale

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” disciplinava la classificazione sismica dei comuni

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO				
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE				
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A FOGLIO 164 di 179

d'Italia. Secondo tale normativa, il comune di Melfi (PZ) ricade in **Zona sismica 1**, ossia aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici forti.

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC. Detto studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.

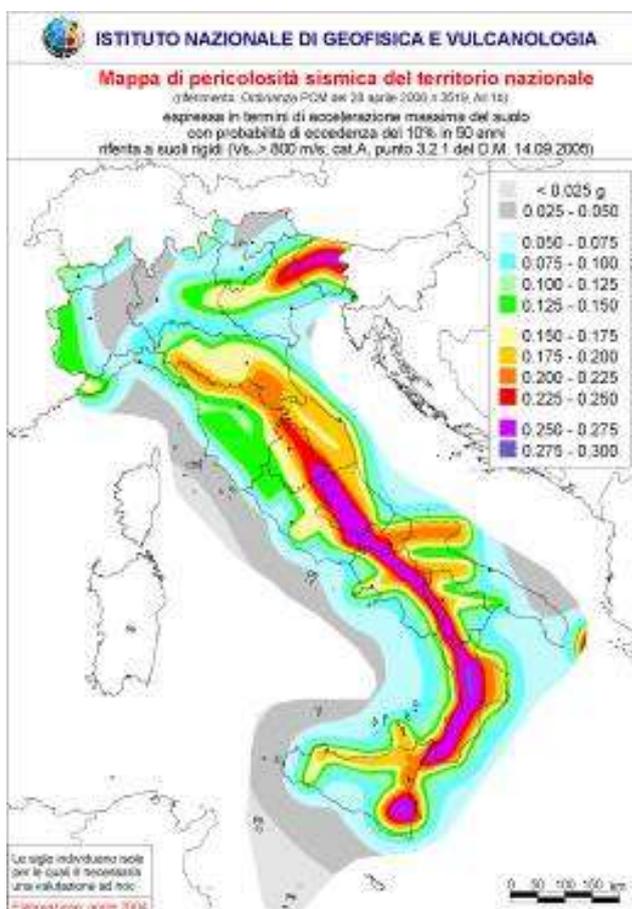


Figura 53 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, infatti, numerose situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici in un breve arco di territorio.

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono sempre continue e graduali. Successivamente verrà quindi mantenuta

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 165 di 179

la classificazione del territorio nazionale in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (cfr. figura seguente). Nello specifico, per il settore di studio i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.175-0.225 a_g (accelerazione massima del suolo).

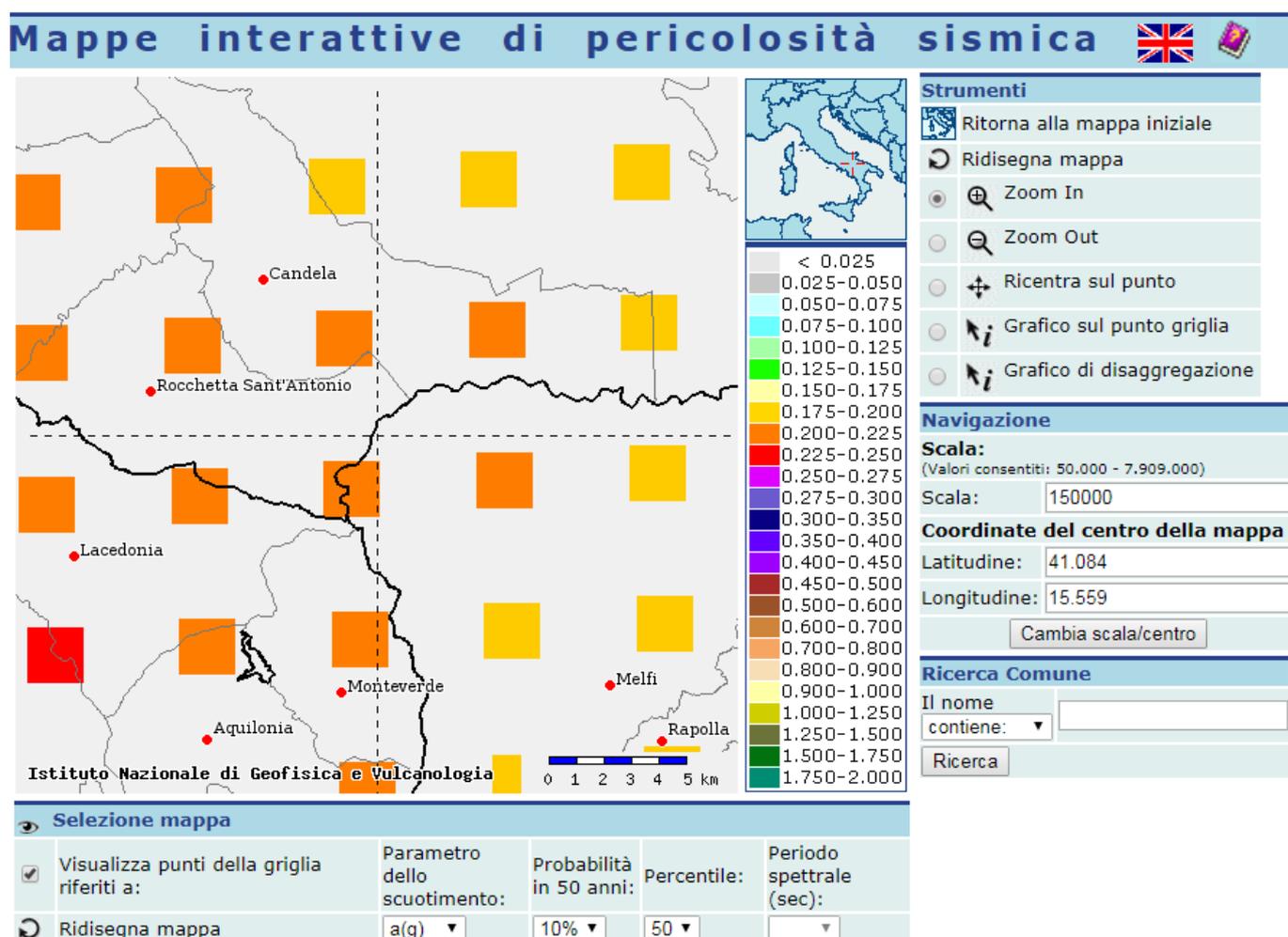


Figura 54 – Mappa interattiva di pericolosità sismica per il settore di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Infine, il database del progetto ITHACA (*Italy HAZard from CAPable faults*) riporta la presenza di alcune faglie capaci nell'area di studio, ovvero di elementi tettonici attivi che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. In particolare, nell'area di studio sono presenti diversi elementi tettonici di una certa rilevanza, relativi sia ai domini di catena che a quelli di avanfossa.

Dei suddetti elementi tettonici, due interessano direttamente il tracciato ferroviario nella tratta più settentrionale, in corrispondenza delle chilometriche 17+200 e 23+800 circa, mentre un altro si colloca nelle immediate vicinanze, all'altezza del confine regionale tra Puglia e Basilicata. Ad ogni modo, in relazione alle caratteristiche sismo-tettoniche dell'area appenninica, anche gli elementi strutturali che non interessano direttamente i settori di intervento rappresentano degli elementi di potenziale criticità per le opere, essendo in grado di produrre eventi sismici di una certa rilevanza e con sicuro risentimento nelle zone di stretto interesse progettuale.

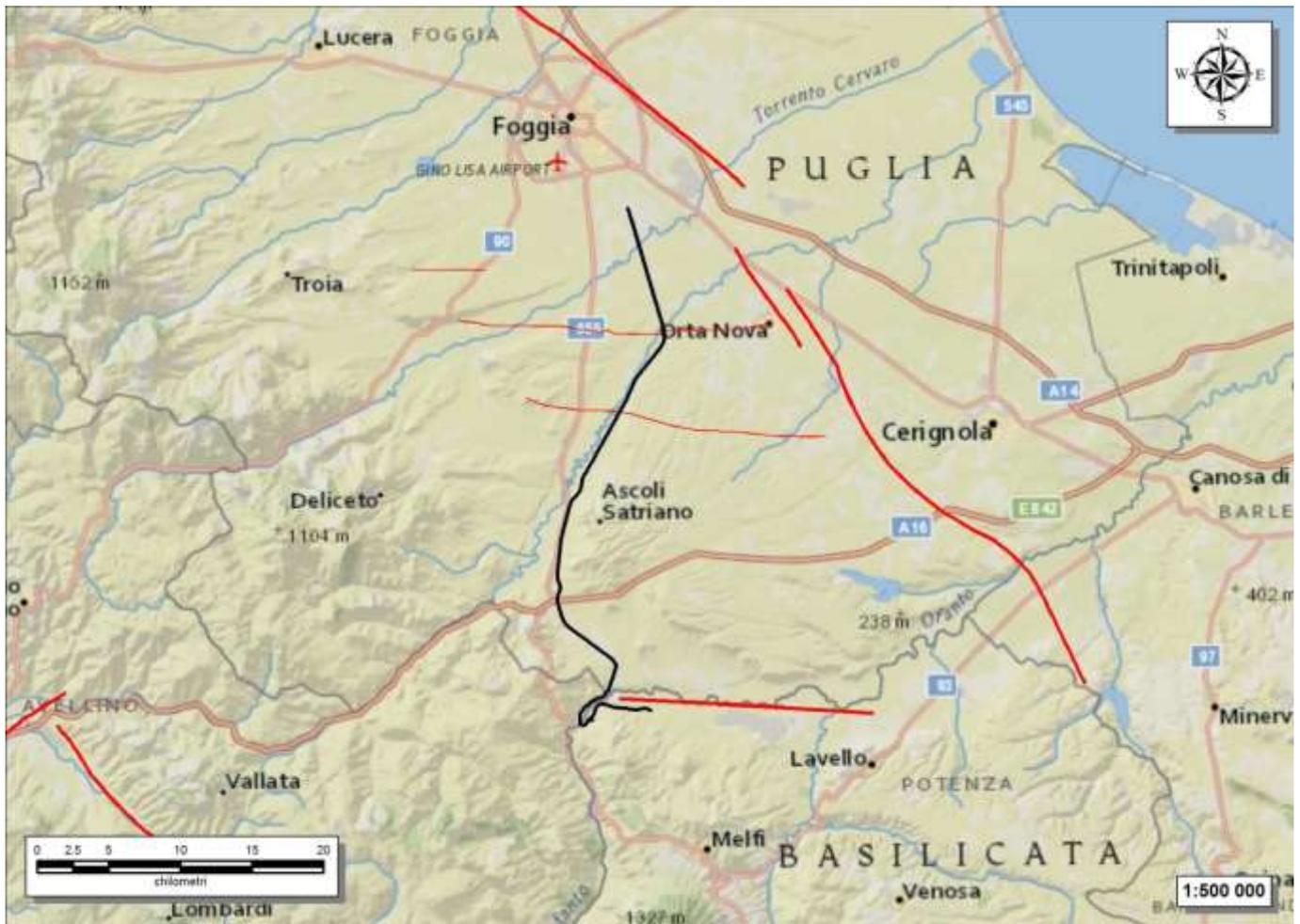


Figura 55 – Stralcio cartografico dell'area di studio con indicazione della tratta ferroviaria di progetto (in nero) e delle faglie capaci (in rosso) (<http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>).

10.7.4.2 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 167 di 179

intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'*input* sismico in termini di variazione del contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475. I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

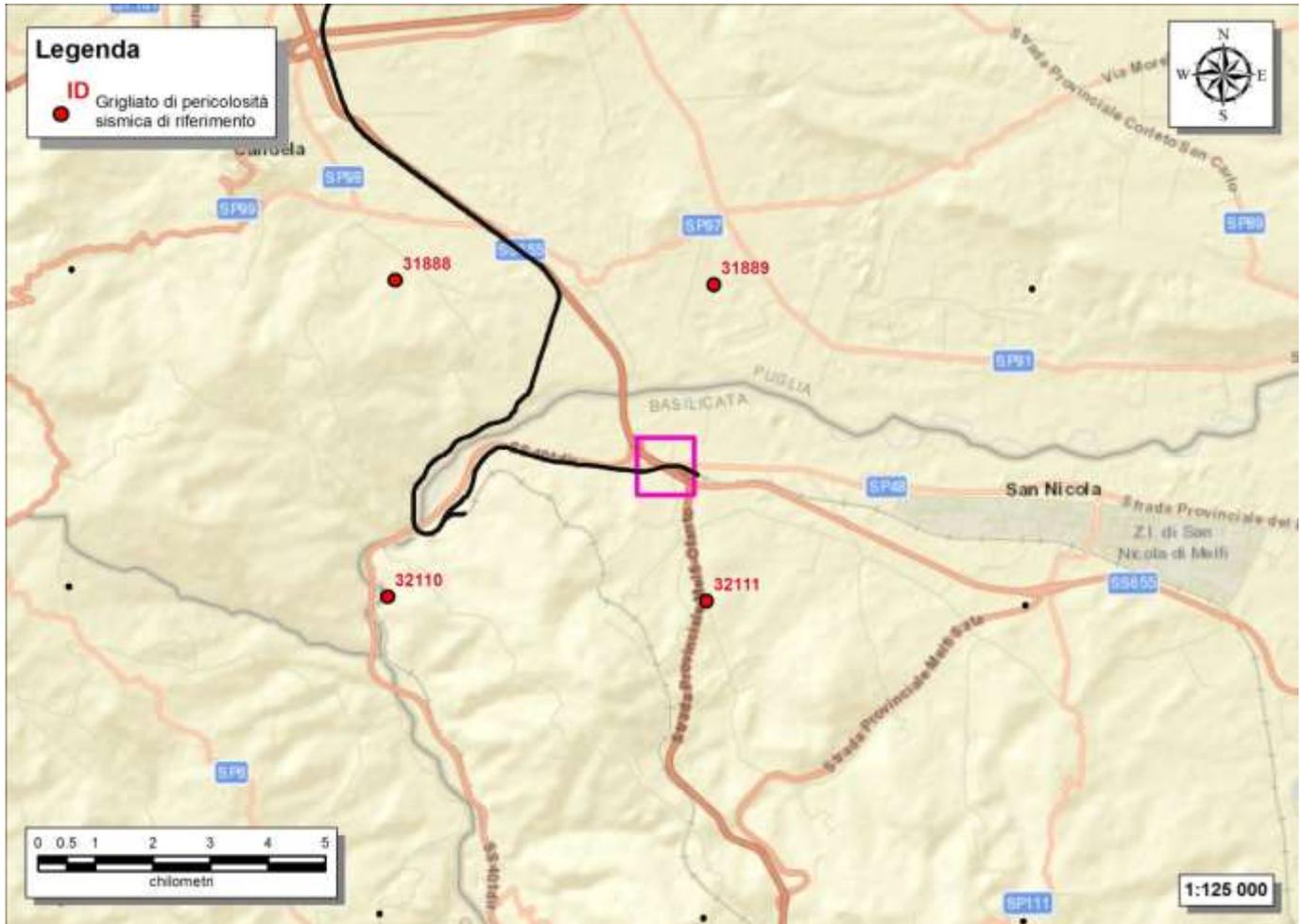


Figura 56 – Griglia di riferimento per il settore G dell’area di studio, con individuazione del tracciato ferroviario (in nero), dell’ area di interesse progettuale (in magenta) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
32110	15.546	41.066	0.2060	2.44	0.41
31888	15.548	41.116	0.2036	2.45	0.41
32111	15.612	41.065	0.2015	2.45	0.41
31889	15.614	41.115	0.2008	2.45	0.40

Tabella 88 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni.

10.7.4.3 Categoria di sottosuolo

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale. La Nuova Normativa Tecnica per le Costruzioni prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 169 di 179

17/01/2018 – Capitoli 3.2 e 7.11), una classificazione del sottosuolo sulla base delle condizioni stratigrafiche e dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

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

con: h_i spessore dell' i -esimo strato; $V_{s,i}$ 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 V_s 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 $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Sulla scorta dei dati a disposizione, tale determinazione è stata effettuata attraverso indagini di tipo geofisico, quali prove *down-hole* e prospezioni sismiche MASW, che forniscono indicazioni dirette relativamente al valore di $V_{s,eq}$. Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

- **A:** 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:** 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.
- **C:** Depositati 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.
- **D:** Depositati 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.
- **E:** 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

Nell'ambito del presente studio, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione delle prove MASW e Down-Hole disponibili nei settori di intervento o appositamente realizzate durante la presente fase progettuale. Nelle tabelle seguenti si riporta una sintesi delle prove effettuate, contenente i valori di $V_{s,eq}$ determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.

Sigla	Tipologia	Lunghezza <i>m</i>	$V_{seq} = V_{s30}$ <i>m/s</i>	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
M_4	MASW	69	345	C	bn

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 170 di 179

Tabella 89 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini L2-2017.

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche a disposizione, i terreni presenti nelle aree di intervento possono essere caratterizzati con una categoria di sottosuolo **Categoria di sottosuolo B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa mediamente molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*).

10.7.5 Campagna di indagine

Nel corso dello studio sono state consultate e analizzate le indagini geognostiche appositamente realizzate nel settore di territorio interessato dagli interventi in progetto. L'intero set di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione alla specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

Nel settore G del lotto 2 complessivamente sono state analizzate le seguenti indagini di sito:

- n. 1 sondaggio a rotazione e carotaggio continuo strumentato con piezometro;
- n. 1 prova MASW.

Il numero totale dei campioni di roccia e terreno prelevati è di 7, mentre quello delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio è di 6.

10.7.5.1 Sondaggi geognostici

Di seguito vengono elencati tutti i sondaggi geognostici eseguiti nell'ambito della presente fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk della tratta Rocchetta-S. Nicola di Melfi, Longitudine e Latitudine nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, strumentazione, profondità, numero dei campioni, numero prove SPT, numero prove Lefranc/Lugeon).

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/ Lugeon
S29	5+600	550635	4548414	210.9	piezometro	30	7	6	2
Totale							7	6	2

Tabella 90 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini L2-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.7.5.2 Prospezioni sismiche

Nella tabella seguente è riportata una sintesi di tutte le indagini sismiche e geoelettriche eseguite nell'ambito di ogni singola fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (pk del centroide lungo la tratta Rocchetta-S. Nicola di Melfi, longitudine e latitudine di ogni singolo stendimento nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), tipologia di indagine e lunghezza).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 171 di 179

Sigla	pk	Longitudine	Latitudine	Tipologia indagine	Lunghezza m
M_4	5+600	550665	4548418	Masw	69

Tabella 91 - Sintesi delle indagini geoelettriche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini L2-2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

10.7.6 Suscettività alla liquefazione

A ogni modo, in relazione al ridotto numero di dati disponibili e alla notevole eterogeneità dei terreni nonché all'assenza di dati di monitoraggio, in questa fase non è possibile escludere la presenza di locali orizzonti potenzialmente suscettibili di liquefazione.

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione della pressione efficace (Riga 2007). Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione inter-granulare.

L'incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

Al fine di verificare la possibile suscettività a liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto sono state condotte una serie di analisi basate sia sugli studi bibliografici di maggior rilievo a livello internazionale, che sulle procedure di analisi dettate dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018.

L'attuale normativa vigente in materia di costruzioni edilizie (NTC2018) prevede che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 3) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$, dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (*Standard Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (*Cone Penetration Test*) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) distribuzione esterna ai fusi granulometrici indicati da normativa, distinti in funzione del coefficiente di uniformità U_c .

In particolare, se la condizione 1 non risulta soddisfatta, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 2, 3 e 4. Pertanto, in relazione a quanto previsto dall'NTC 2018, sono state condotte una serie di analisi puntuali volte a verificare tutte le condizioni predisponenti elencate in precedenza, al fine di determinare la possibile suscettività a liquefazione di tutti i campioni di terreno prelevati durante la campagna di indagini appositamente condotta.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 172 di 179

Per quanto detto in precedenza, le verifiche sono state condotte unicamente per i terreni alluvionali posti a profondità inferiori ai 15-20 m dal p.c., in quanto al di sotto non è possibile che si verifichino tali fenomeni. Ovviamente le suddette analisi hanno un carattere generale e, pertanto, andranno puntualmente dettagliate attraverso verifiche geotecniche basate sulla resistenza dinamica e sull'effettivo stato di addensamento dei terreni investigati.

Le fonti bibliografiche a disposizione e lo studio relativo alla sismicità storica e alla pericolosità sismica del sito hanno evidenziato che nell'area di intervento si sono verificati diversi terremoti con magnitudo M superiore a 5 e, in particolare, il massimo terremoto atteso nell'area presenta una M pari a 6.83. Anche le accelerazioni massime attese al piano campagna, in condizioni di campo libero, sono risultate superiori al limite definito da normativa, in quanto variabili tra 0.175 e 0.225 g . In relazione a quanto detto e considerata la presenza della condizione predisponente esposta nel punto 1 dell'NTC 2018, si è quindi proceduto alla verifica dei punti 2, 3 e 4 del paragrafo 7.11.3.4.2, in modo da rispondere puntualmente a tutti i quesiti posti da norma.

Per quanto concerne la falda, in assenza di dati di monitoraggio sono state considerate le letture della superficie piezometrica in corso di perforazione. Tali dati hanno evidenziato la presenza di una falda posta ad una profondità media di circa 2-7 m dal p.c., quindi ben al di sopra del limite di 15 m previsto da normativa. Tale misura viene cautelativamente adottata per le analisi anche se condizionata dai liquidi utilizzati in corso di perforazione.

Dal punto di vista tessiturale, in assenza di specifiche indagini per la definizione delle curve granulometriche di laboratorio, le analisi sono state condotte in relazione a quanto emerso dalle indagini geognostiche appositamente condotte. Pertanto, sono stati considerati come potenzialmente suscettibili di liquefazione unicamente i terreni sabbiosi e sabbioso-limosi dei depositi alluvionali attuali e recenti, in quanto privi di un'alta percentuale di frazione fine o grossolana. Gli orizzonti pelitici e ghiaiosi delle suddette unità sono risultati chiaramente non suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione per via della composizione granulometrica del deposito, mentre i termini litologici delle unità più antiche risultano non suscettibili a causa dell'elevato stato di addensamento e di locali fenomeni di cementazione chimica.

Tali terreni non coinvolgono direttamente le opere in progetto, pertanto per le unità intercettate dalle perforazioni è possibile escludere la presenza di orizzonti potenzialmente suscettibili di liquefazione.

10.7.7 Descrizione dell'area

Il tratto in esame si colloca nel settore meridionale dell'area di studio e ricade nel territorio comunale di Melfi. Le opere in progetto in tale settore prevedono la protezione pile sottovia. Il tracciato intercetta localmente i depositi di piattaforma delle Argille e sabbie del Vallone Meridiano (**BVA**) con estese coperture eluvio-colluviali (**b2**). In corrispondenza della valle del Fiume Ofanto si rinvengono i depositi ghiaioso dei Depositi alluvionali terrazzati (**bn**) e di depositi ghiaioso-sabbiosi dei Depositi alluvionali recenti (**bb**).

Dal punto di vista geomorfologico non sono presenti elementi di particolare criticità.

11 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Aleotti P. & Chowdhury R. (1999) - *Landslide hazard assessment: summary review and new perspectives*. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, **58**, 21-44.

Ambrosetti P., Carraro F., Deiana G. & Dramis F. (1982) - *Il sollevamento dell'Italia centrale tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio*. In: CNR - Progetto finalizzato alla "Geodinamica" - Contr. Concl. Carta Neotettonica d'Italia, **2**, 219-223, P.F. Geodinamica, CNR.

APAT (2007) - *Rapporto sulle frane in Italia: il Progetto IFFI. Metodologia, risultati e rapporti regionali*. Rapporti APAT, **78**.

**LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO****LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	173 di 179

Atkinson J. (1997) - *Geotecnica. Meccanica delle terre e fondazioni*. McGraw-Hill, Milano.

Autorità di Bacino della Puglia (2005) – *Piano di Assetto Idrogeologico della Puglia*.

Balduzzi A., Casnedi R., Crescenti U. & Tonna M. (1982) – *Il Plio-Pleistocene del sottosuolo del Bacino pugliese (Avanfossa Appenninica)*. *Geologica Romana*, **21**, 1-28.

Balduzzi A., Casnedi R., Crescenti U., Mostardini F. & Tonna M. (1982) – *Il Plio-Pleistocene del sottosuolo del Bacino lucano (Avanfossa appenninica)*. *Geologica Romana*, **21**, 89-111.

Baratta M. (1901) - *I terremoti d'Italia*. Arnaldo Forni, Bologna.

Barchi M., Galadini F., Lavecchia F., Lavecchia G., Messina P., Michetti A.M., Peruzza L., Pizzi A., Tondi E. & Vittori E. (2000) – *Sintesi delle conoscenze sulle faglie attive in Italia Centrale: parametrizzazione ai fini della caratterizzazione della pericolosità sismica*. CNR – Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma.

Bigi S., Centamore E., Fumanti F., Nilli S. & Nisio S. (1996) – *Aspetti geologico-strutturali delle aree di avampaese nell'Appennino centro-orientale*. *Studi Geologici Camerti*, **14**, 201-209.

Bigi S., Cosentino D., Parotto M., Sartori R. & Scandone P. (1992) – *Structural model of Italy. Scale 1:500,000*. CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica, **114**.

Bonadonna F.P., Brocchini D., Laurenzi M.A., Principe C. & Ferrara G. (1998) – *Stratigraphical and chronological correlations between Monte Vulture volcanics and sedimentary deposits of the Venosa basin*. *Quaternary International*, **47**, 87-96.

Bonardi G., Ciarcia S., Di Nocera S., Matano F., Sgrosso I. & Torre M. (2009) – *Carta delle principali unità cinematiche dell'Appennino meridionale. Nota illustrativa*. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, **128**, 47-60.

Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G. & Valensise G. (1995) – *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.c. al 1980*. ING-Roma, SGA-Bologna, con database su CD ROM.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise L. & Gasperini P. (2000) – *Catalogue of Strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997*. *Annali di Geofisica*, **43**, 609-868, con database su CD-ROM

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G. & Gasperini P. (1997) – *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 aC al 1980*. ING-Roma, SGA-Bologna, con database su CD ROM.

Bosellini A. (1991) – *Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche*. Italo Bovolenta Editore, Ferrara.

Bosellini A., Mutti E. & Ricci Lucchi F. (1989) – *Rocce e successioni sedimentarie*. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Bosellini A., Neri C. & Luciani V. (1993) – *Platform margin collapses and sequence stratigraphic organization of carbonate slopes: Cretaceous-Eocene, Gargano Promontory, Southern Italy*. *Terra Nova*, **5**, 282-297.

Bruschi A. (2010) – *Prove geotecniche in situ. Guida alla stima delle proprietà geotecniche e alla loro applicazione alle fondazioni*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Budhu M. (2007) - *Soil mechanics and foundations (2nd edition)*. Wiley, New York.

Buonanno A., Pertusati S. & Zuppetta A. (2007) – *Structural evolution of the Fortore Unit (Southern Apennines, Italy)*. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, **126**, 497-510.

Butler B.C.M. & Bell J.D. (1996) – *Lettura e interpretazione delle carte geologiche*. Zanichelli Editore, Bologna.

Caldara M. & Pennetta L. (1989) – *Dati preliminari sul tetto delle Argille subappennine nel Tavoliere Meridionale*. *Studi Geologici e Geofisici sulle Regioni Pugliese e Lucana*, **33**.

Caldara M. & Pennetta L. (1993) – *Nuovi dati per la conoscenza geologica e morfologica del Tavoliere di Puglia*. *Bonifica*, **8**, 25-42.

**LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO****LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	174 di 179

Camassi R. & Stucchi M. (1996) – *Un catalogo parametrico di terremoti in area italiana al di sopra della soglia del danno*. Rapporto tecnico del CNR-GNDT, 1-86, Milano.

Canuti P. & Esu F. (1995) - *Glossario Internazionale per le frane*. Rivista Italiana di Geotecnica, **1995/2**, 143-150.

Cardinali M., Reichenbach P., Guzzetti F., Ardizzone F., Antonini G., Galli M., Cacciano M., Castellani M. & Salvati P. (2002) - *A geomorphological approach to the estimation of landslide hazards and risks in Umbria, Central Italy*. Natural Hazards and Earth System Sciences, **2**, 57-72.

Casadio M. & Elmi C. (1999) – *Il manuale del geologo*. Pitagora Editrice, Bologna.

Casati P. (1991) – *Scienze della terra*. Città Studi Edizioni, Milano.

Casnedi R. (1978) – *Sedimentazione e tettonica pliocenica nel sottosuolo della bassa Valle del Fortore (Foggia)*. Memorie della Società Geologica Italiana, **19**, 605-612.

Casnedi R. (1988) – *La Fossa Bradanica: origine, sedimentazione e migrazione*. Memorie della Società Geologica Italiana, **35**, 439-448.

Casnedi R., Crescenti U. & Tonna A. (1982) – *Evoluzione dell'avanfossa adriatica meridionale nel Plio-Pleistocene, sulla base dei dati di sottosuolo*. Memorie della Società Geologica Italiana, **24**, 243-260.

Castello B., Selvaggi G., Chiarabba C. & Amato A. (2006) – *CSI Catalogo della Sismicità Italiana 1981-2002, versione 1.1.* INGV-CNT, Disponibile in internet all'indirizzo <http://www.ingv.it/CSI/>.

Castiglioni G.B. (1991) – *Geomorfologia (seconda edizione)*. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Celico P. (1983) – *Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale (Marche e Lazio meridionali, Abruzzo, Molise e Campania)*. Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno, **4**.

Celico P. (1986) – *Prospezioni idrogeologiche*. Liguori Editore, Napoli.

Celico P. (2003) – *Elementi di idrogeologia per lauree triennali in Scienze Geologiche, Scienze della Natura, Scienze Ambientali e Ingegneria Ambientale*. Liguori Editore, Napoli.

Celico P., De Vita P., Manacelli G., Scalise A.R. & Tranfaglia G. (2007) – *Carta Idrogeologica dell'Italia meridionale*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.

Cestari (1996) - *Prove geotecniche in sito*. Italgrafica Segale, Segrate.

Ciaranfi N., Gallicchio S. & Loiacono F. (2011) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 421 Ascoli Satriano*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Ciaranfi N., Ghisetti F., Guida M., Iaccarino G., Lambiase S., Pieri P., Rapisardi L., Ricchetti G., Torre M., Tortorici L. E Vezzani L. (1983) – *Carta Neotettonica dell'Italia meridionale*. CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica, **515**.

Ciaranfi N., Maggiore M., Pieri P., Rapisardi L. Ricchetti G. & Walsh N. (1979) – *Considerazioni sulla neotettonica della Fossa bradanica. Contr. Prel. Realiz. Carta Neotettonica d'Italia*. CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica, **251**.

Ciaranfi N., Pieri P. & Ricchetti G. (1988) – *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centromeridionale)*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 449- 460.

Cinque A., Patacca E., Scandone P. & Tozzi M. (1993) – *Quaternary kinematic evolution of the Southern Apennines. Relationship between surface geological features and deep lithospheric structures*. Annali di Geofisica, **36**, 249-260.

Cipollari P., Cosentino D. & Gliozzi E. (1999) – *Extension and compression related basin in central Italy during the Messinian Lago-Mare event*. Tectonophysics, **315**, 163-185.

Cipollari P., Cosentino D., & Parotto M. (1995) – *Modello cinematico-strutturale dell'Italia centrale*. Studi Geologici Camerti, **1995/2**, 135-143.

**LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO****LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	175 di 179

CNR-PFG (1985) - *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. In: Postpischl D. (ed), CNR-PFG V.2B, Bologna.

Cornell C.A. (1968) – *Engineering seismic risk analysis*. Bulletin of Seismological Society of America, **58**, 1583-1606.

Corrado S., Di Bucci D., Naso G. & Butler R.W.H. (1997) – *Thrusting and strike-slip tectonics in the Alto Molise region (Italy): implications for the Neogene-Quaternary evolution of the Central Apennine orogenic system*. Journal of the Geological Society of London, **154**, 679-688.

Cotecchia V. (1956) – *Gli aspetti idrogeologici del Tavoliere delle Puglie*. L'Acqua, **34**, 168-180.

Cotecchia V., Ferrari G., Fidelibus M.D., Polemio M., Tadolini T. & Tulipano L. (1995) – *Considerazioni sull'origine e rinnovabilità delle acque presenti in livelli sabbiosi profondi del Tavoliere di Puglia*. Quaderni di Geologia Applicata, **1/suppl.**, 1163-1173.

Cremonini G. (1994) – *Rilevamento geologico. Realizzazione e interpretazione delle carte geologiche*. Pitagora Editrice, Bologna.

Cruden D.M. & Varnes D.J. (1996) – *Landslide types and processes*. In: Turner & Schuste (eds), Landslide investigation and mitigation, Special report 247, National Academy of Sciences, 36-75.

Custodio E. (1978) – *Geohidrologia de terrenos e islas volcanicas*. Centro de Estudios Hidrographicos Publications, **128**, 303 pp.

D'Alessandro L., Miccadei E. & Piacentini T. (2003) – *Morphostructural elements of central-eastern Abruzzi– contributions to the study of the role of tectonics on the morphogenesis of the Apennine chain*. Quaternary International, **101-102**, 115-124.

D'Argenio B. (1974) – *Le piattaforme carbonatiche periadriatiche. Una rassegna di problemi nel quadro geodinamico mesozoico dell'area mediterranea*. Memorie della Società Geologica Italiana, **13**, 137-160.

D'Argenio B., Pescatore T. & Scandone P. (1973) – *Schema geologico dell'appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Atti del Convegno Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino, Accademia Nazionale dei Lincei, **183**, 49-72.

Dazzaro L. & Rapisardi L. (1996) – *Schema geologico del margine appenninico tra il Fiume Fortore ed il Fiume Ofanto*. Memorie della Società Geologica Italiana, **51**, 143-147.

Del Gaudio V., Pierri P., Frepoli A., Calcagnile G., Venisti N. & Cimini G.B. (2007) – *A critical revision of the seismicity of Northern Apulia (Adriatic Plate – Southern Italy) and implication of seismogenic structures*. Tectonophysics, **436**, 9-35.

Demangeot J. (1965) – *Geomorphologie des Abruzzes adriatiques*. Centre Recherche et Documentation Cartographique, Memoires et Documents, CNRS, Paris.

Di Bucci D. & Tozzi M. (1992) – *La linea "Ortona-Roccamonfina": Revisione dei dati esistenti e nuovi contributi per il settore settentrionale (Media valle del Sangro)*. Studi Geologici Camerti, vol.spec. **1991/92**, 397-406.

Di Bucci D., Corrado S., Naso G. Parotto M. & Praturlon A. (1999) – *Evoluzione tettonica neogenico-quadernaria dell'area molisana*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **118**, 13-30.

Di Staso A. & Giardino S. (2002) – *New integrate biostratigraphic data about the Saraceno Formation (North-Calabrian Unit; Southern Apennines)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, vol.spec. **1**, 517-526.

DISS Working Groupe (2010) – *Database of individual Seismogenic Sources (DISS), version 3.1.1.*. Disponibile in internet all'indirizzo <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.html>.

Doglion C., Mongelli F. & Pieri P. (1994) – *The Puglia uplift (SE Italy): an anomaly in the foreland of the Apenninic subduction due to buckling of a thick continental lithosphere*. Tectonics, **13**, 1309- 1321.

Doglion C., Tropeano M., Mongelli F., Pieri P. (1996) – *Middle-late Pleistocene uplift of Puglia: an anomaly in the Apenninic foreland*. Memorie della Società Geologica Italiana, **51**, 101-117.

Doulcet A., Cazzola C. & Marinelli S. (1990) – *Il campo di Rospo Mare: un esempio di paleokarst petrolifero*. Memorie della Società Geologica Italiana, **45**, 783-789.

Dramis F. & Bisci C. (1997) – *Cartografia geomorfologica, Manuale di introduzione al rilevamento ed alla rappresentazione degli aspetti fisici del territorio*. Pitagora Editrice, Bologna.

	LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO					
	LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA	COMMESSA IA4M	LOTTO 02	CODIFICA E69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 176 di 179

Faccioli E. & Paolucci R. (2005) – *Elementi di sismologia applicata all'ingegneria*. Pitagora Editrice, Bologna.

Follador U. (1967) – *Il Pliocene ed il Pleistocene dell'Italia centro-meridionale, versante adriatico*. *Biostratigrafia*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **86**, 565-584.

Frepoli A. & Amato A. (2000) – *Spatial variation in stresses in peninsular Italy and Sicily from background seismicity*. *Tectonophysics*, **317**, 109-124.

Funiciello R., Parotto M. & Praturlon A. (1981) – *Carta tettonica d'Italia a scala 1:100.000*. CNR-Progetto Finalizzato Geodinamica, 269.

Galadini F., Meletti C. & Vittori E. (2000) – *Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie. Risultati del progetto 5.1.2 "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili"*. CNR - Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 1-30.

Gallicchio S., Moretti M. & Pieri P. (2002) – *I depositi continentali terrazzati (Pleistocene medio-superiore) nel settore pedemontano del Tavoliere delle Puglie*. Fascicolo degli abstract della IX Riunione del Gruppo di Sedimentologia del CNR, 46-47, Pescara.

Gambini R. & Tozzi M. (1996) – *Tertiary geodynamic evolution of the Southern Adria Microplate*. *Terra Nova*, **8**, 593-602.

Gasparini P. & Mantovani M.S.M (1984) – *Fisica della terra solida*. Liguori Editore, Napoli.

Giannandrea P., La Volpe L., Principe C. & Schiattarella M. (2004) – *Unità stratigrafiche a limiti inconformi e storia evolutiva del vulcano medio-pleistocenico di Monte Vulture (Appennino meridionale, Italia)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **125**, 67-92.

GNDT (1996) – *Zonazione sismogenetica del territorio nazionale ed aree limitrofe ZS 4.0*. Atti del Convegno Annuale del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, **1**, 119-135

Gonzalez de Vallejo L.I. (2005) – *Geoingegneria*. Pearson Education Italia, Milano.

Grassi D. & Tadolini T. (1992) – *Caratteristiche chimico-fisiche delle acque della falda carsica del Gargano*. CNR-GNDICI, **538**, 375-416.

Graziano R. (2000) – *The Aptian-Albian of the Apulia carbonate platform (Gargano Promontory, southern Italy): evidence of paleoceanographic and tectonic controls on the stratigraphic architecture of the platform margin*. *Cretaceous Research*, **21**, 107-126.

Gruppo di Lavoro CPTI (2004) – *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04)*. INGV-Bologna, disponibile on-line: <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>.

Hallam A. (1985) – *Interpretazione delle facies e stratigrafia*. Pitagora Editrice, Bologna.

Hutchinson J.N. (1985) - *Mass movements*. In: Fari Bridge R.W. (ed), *Encyclopaedia of Geomorphology*, 688-695.

IAEG, International Association of Engineering Geology Commission on Landslides (1990) - *Suggested Nomenclature for Landslides*. *IAEG Bulletin*, **41**, 13-16.

INGV (2006) – *Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale per la G.U. n.108 del 11/05/2006*. Disponibile in internet all'indirizzo <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>.

ISPRA (2011) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 421 (Ascoli Satriano)*. Servizio Geologico d'Italia.

ISPRA (2013) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 451 (Melfi)*. In allestimento per la stampa.

ISPRA (2013) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 470 (Potenza)*. In allestimento per la stampa.

IUGS/WGL, International Union of Geological Science Working Group on Landslides (1995) - *A suggested methods for describing the rate of movement of a landslide*. *IAEG Bulletin*, **52**, 75-78.

Lambe T.W. & Whitman R.V. (1997) - *Meccanica dei terreni*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Lancellotta R. (2004) - *Geotecnica (terza edizione)*. Zanichelli Editore, Bologna.

Lanzo G. & Silvestri F. (1999) – *Risposta sismica locale. Teoria ed esperienze*. Hevelius Edizioni, Benevento.

**LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO****LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	177 di 179

Lentini F., Carbone S., Catalano S. & Monaco C. (1990) – *Tettonica a thrust neogenica nella catena appenninico-maghrebide: esempi dalla Lucania e dalla Sicilia*. Studi Geologici Camerti, vol. suppl. **1990**, 19-26.

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D’Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016) - *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.

Maggiore M. & Pagliarulo P. (2004) – *Circolazione idrica ed equilibri idrogeologici negli acquiferi della Puglia*. Atti del Convegno “Uso e tutela dei corpi idrici pugliesi”, 13-35, Bari, Supplemento a “Geologi e Territorio”, **1/2004**.

Maggiore M., Masciale R., Massari R., Pappagallo G., Passarella G. & Vurro M. (2004) – *Caratteri idrostrutturali del Tavoliere di Puglia ed elaborazione di una carta geolitologica a finalità idrogeologiche*. Geologi e Territorio, **2/2004**, 6-16.

Maggiore M., Nuovo G. & Pagliarulo P. (1996) – *Caratteristiche idrogeologiche e principali differenze idrochimiche delle falde sotterranee del Tavoliere di Puglia*. Memorie della Società Geologica Italiana, **51**, 669-684.

Manfredini M. (1963) – *Schema dell’evoluzione tettonica della penisola italiana*. Bollettino della Società Geologia Italiana, **84**, 101-130.

Meletti C. & Montaldo V. (2007) – *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag*. Progetto DPC-INGV S1.

Meletti C. & Valensise G. (2004) – *Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo*. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Meletti C., Patacca E. & Scandone P. (2000) - *Construction of a seismo-tectonic model: The case of Italy*. Pure and Applied Geophysics, **157**, 11-35.

Migliorini C. (1952) – *Lo stato odierno della conoscenza del sottosuolo della fossa bradanica*. Atti VII Convegno Nazionale Metano e Petrolio, 183-188, Palermo.

Monaco C., Tortorici L. & Paltrinieri W. (1998) - *Structural evolution of the Lucanian Apennines, southern Italy*. Journal of Structural Geology, **20**, 617-638.

Montone P., Amato A. & Pondrelli S. (1999) – *Active stress map of Italy*. Journal of Geophysical Research, **104**, 25595-25610.

Morbidelli (2003) – *Le rocce e i loro costituenti*. Bardi Editore, Roma.

Moretti M., Pieri P., Ricchetti G. & Spalluto L. (2011) – *Note illustrative della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:50.000. Foglio 396 San Severo*. Litografia Artistica Cartografica S.r.l.

Mostardini F. & Merlini S. (1986) – *Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di un modello strutturale*. Memorie della Società Geologica Italiana, **35**, 177-202.

Ogniben (1969) – *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. Memorie della Società Geologica Italiana, **8**, 453-763.

Panizza M. (1993) – *Geomorfologia applicata. Metodi di applicazione alla Pianificazione territoriale e alla Valutazione d’Impatto Ambientale*. La Nuova Italia Scientifica, Roma.

Parea G.C. (1986) – *I terrazzi marini tardo-pleistocenici del fronte della Catena Appenninica in relazione alla geologia dell’Avanfossa Adriatica*. Memorie della Società Geologica Italiana, **35**, 913-936.

Parotto M. & Praturlon A. (1975) – *Geological summary of the Central Apennines*. In: Ogniben et al. (eds), Structural Model of Italy, Quaderni della Ricerca Scientifica, **90**, 257-311.

Parotto M. (1980) – *Apennin Central*. In: AA.VV. (eds), Geologie d’Europe, Guida per il 26° Congresso Internazionale di Geologia, 33-37, Parigi.

Patacca E. & Scandone P. (1989) – *Post Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relic lithospheric slab*. In: Boriani et al. (eds), The lithosphere in Italy, 157-176.

**LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO****LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	178 di 179

- Patacca E. & Scandone P. (2007) – *Geology of the Southern Apennines*. Bollettino della Società Geologica Italiana, vol.spec. **7**, 75-199.
- Patacca E., Scandone P., Bellatalla M., Perilli N. & Santini U. (1992) – *La zona di giunzione tra l'arco appenninico settentrionale e l'arco appenninico meridionale nell'Abruzzo e nel Molise*. Studi Geologici Camerti, vol.spec. **1991/92**, 417-441.
- Pavan G. & Pirini C. (1965) – *Stratigrafia del Foglio 157, "Monte S. Angelo"*. Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, **86**, 123-189.
- Pescatore T., Di Nocera S., Matano F. & Pinto F. (2000) – *L'Unità del Fortore nel quadro della geologia del settore orientale dei Monti del Sannio (Appennino meridionale)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **119**, 587-601.
- Pieri M. (1966) – *Tentativo di ricostruzione paleogeografico-strutturale dell'Italia centro-meridionale*. Geologica Romana, **5**, 407-424.
- Pieri P. (1980) – *Principali caratteri geologici e morfologici delle Murge*. Bollettino Gruppo Speleo Martinese, **2**, 13- 19.
- Pieri P., Sabato L. & Tropeano M. (1996) – *Significato geodinamico dei caratteri deposizionali e strutturali della Fossa Bradanica nel Pleistocene*. Memorie della Società Geologica Italiana, **51**, 501-515.
- Pierri P., Del Gaudio V. & Calcagnile G. (2008) – *Ridefinizione della zonazione sismogenetica della Puglia settentrionale e implicazioni per le stime di pericolosità*. Atti GNGTS – Sessione 2.2.
- Pino N.A., Palombo B., Ventura G., Perniola B. & Ferrari G. (2008) – *Waveform modeling of historical seismograms of the 1930 Irpinia earthquake provides insight on "blind" faulting in southern Apennines (Italy)*. Journal of Geophysical Research, **113**, B05303.
- Pizzi A. (2003) – *Plio-Quaternary uplift rates in the outer zone of Central Apennines fold-and-thrust belt, Italy*. Quaternary International, **101-102**, 229-237.
- Postpischl D. (1985) – *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. CNR, P.F. Geodinamica, Graficcop, Bologna.
- Ricchetti E., Salvemini A. & Tadolini T. (1989) – *A hydrogeological study in a sample area of the Apulian Tavoliere between Ortanova and Cerignola*. "Sottosuolo", Congresso Internazionale Geingegneria, **I**, 533-540, Torino.
- Ricchetti G. (1980) – *Contributo alla conoscenza strutturale della Fossa Bradanica e delle Murge*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **99**, 421-430.
- Ricchetti G., Ciaranfi N., Luperto Sinni E., Mongelli F. & Pieri P. (1988) – *Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'avampaese apulo*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 57-82.
- Ricci C., Rusciadelli G. & Scisciani V. (2006) – *Evidenze geologiche di aree bacinali nell'Apulia settentrionale: implicazioni per la ricostruzione paleogeografica delle piattaforme dell'Appennino centrale*. 83° Riunione estiva della Società Geologica Italiana, 159-161, Chieti.
- Ricci Lucchi F. (1980) – *Sedimentologia*. Cooperativa Libreria Universitaria Editrice, Bologna.
- Scrocca D & Tozzi M. (1999) – *Tettoprogenesi mio-pliocenica dell'Appennino molisano*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **118**, 255-286.
- Servizio Geologico d'Italia (1967) – *Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000: Foglio 175 (Cerignola)*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Servizio Geologico d'Italia (1971) – *Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000: Foglio 187 (Melfi)*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Spalluto L. & Moretti M. (2006) – *Evidenze di neotettonica (Pliocene medio – Pleistocene superiore) nel settore occidentale del Promontorio del Gargano (Italia Meridionale)*. Il Quaternario, **19**, 143-154.
- Tanzini M. (2002) – *L'indagine geotecnica*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.
- Tropeano M., Marino M. & Pieri P. (1994) – *Evidenze di tettonica distensiva plio-pleistocenica al margine orientale della Fossa bradanica. L'Horst di Zagarella*. Il Quaternario, **7**, 597-606.

**LINEA POTENZA-FOGGIA – AMMODERNAMENTO****LOTTO 2 - RETTIFICHE DI TRACCIATO, SOPPRESSIONE P.L. E CONSOLIDAMENTO SEDE**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E SISMICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA4M	02	E69RG	GE 00 01 001	A	179 di 179

Tropeano M., Sabato L. & Pieri P. (2002) – *Filling and cannibalization of a foredeep: the Bradanic Trough (Southern Italy)*. In: Jones & Frostick (eds), *Sediment Flux to Basins: Causes, Controls and Consequences*, 55-79.

Tucker M.E. (1996) – *Rocce sedimentarie. Guida alla descrizione sugli affioramenti rocciosi*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Valensise G. & Pantosti D. (1999) – *The database of potential sources for earthquakes larger than magnitude 5.5 in Italy*. EUG 10, volume degli abstract, 542-543.

Vallario A. (1992) – *Frane e territorio. Le frane nella morfogenesi dei versanti e nell'uso del territorio*. Liguori Editore, Napoli.

Varnes D.J. (1976) – *Slope movement types and processes*. Special Report 176, National Academy of Sciences, Washington.

Varnes D.J. (1984) - *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. UNESCO, Paris.

Venisti N., Calcagnile G., Del Gaudio V. & Pierri P. (2004) – *Combined analysis of seismic and gravimetric data in Adriatic plate*. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, **142**, 89-100.

Vittori E., Maschio L., Ferreli L., Michetti A.M. & Serva L. (1997) – *Carta e base di dati delle faglie capaci per l'Italia centro-meridionale: presentazione e stato di avanzamento del progetto ITHACA*. *Il Quaternario*, **10**, 305-312.

WP/WLI, International Geotechnical Societies UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (1990) - *A suggested method for reporting a landslide*. *IAEG Bulletin*, **41**, 5-12.

WP/WLI, International Geotechnical Societies UNESCO Working Party on World Landslide Inventory (1993) - *A suggested method for describing the activity of a landslide*. *IAEG Bulletin*, **47**, 53-57.