

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

**LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED
IDROGEOLOGICA**

SCALA:

-

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

L I 0 2 0 2 D 6 9 R G G E 0 0 0 1 0 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione definitiva	S. Romano	Sett. 2018	M. Sciarra R. Briganti	Sett. 2018	B.M. Bianchi	Sett. 2018	ITALFERR S.P.A. Dott. Geologo Francesco MARCESI Resp. UO GEOLOGIA Ordine Geologi Lazio
B	Emissione definitiva	S. Romano	Mag. 2019	M. Sciarra R. Briganti	Mag. 2019	B.M. Bianchi	Mag. 2019	

File: LI02 02 D 69 RG GE0001 001 B.docx

n. Elab

INDICE

1	PREMESSA.....	5
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	5
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	5
4	ALLEGATI	7
5	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA	8
6	CAMPAGNA DI INDAGINE	9
6.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE	10
6.1.1	<i>Sondaggi geognostici</i>	10
6.1.2	<i>Pozzetti esplorativi</i>	15
6.1.3	<i>Prove penetrometriche</i>	16
6.1.4	<i>Prospezioni geofisiche</i>	18
6.2	RILIEVI DI CAMPO	19
6.2.1	<i>Rilievi geologici</i>	19
7	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	20
7.1	EVOLUZIONE GEOLOGICA.....	21
7.2	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE	25
7.3	CARATTERISTICHE STRUTTURALI	28
8	ASSETTO GEOLOGICO LOCALE.....	29
8.1	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO	29
8.1.1	<i>Unità della Fossa Bradanica</i>	30
8.1.2	<i>Depositi marini quaternari</i>	34
8.1.3	<i>Depositi continentali quaternari</i>	36
8.2	ASSETTO STRUTTURALE.....	40
9	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE	40
9.1	MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DELLA ZONA COSTIERA	40

9.2	MORFOLOGIA DELLE AREE FLUVIALI	41
9.3	MORFOLOGIA DEI VERSANTI COLLINARI	43
10	ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE	43
10.1	ELEMENTI IDROGRAFICI	44
10.2	ELEMENTI STRUTTURALI E TETTONICI.....	45
10.3	FORME POLIGENICHE	45
10.4	FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI.....	45
10.5	FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI	47
10.6	FORME, PROCESSI E DEPOSITI DI ORIGINE MARINA	47
10.7	FORME ANTROPICHE E MANUFATTI.....	48
10.8	EVOLUZIONE DELLA FOCE DEL FIUME BIFERNO	49
11	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE.....	61
11.1	LA PIANA DEL F. BIFERNO	63
11.2	IL TAVOLIERE DELLE PUGLIE	63
12	ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE	66
12.1	COMPLESSI IDROGEOLOGICI	66
	12.1.1 <i>Complessi delle unità del substrato sedimentario</i>	66
	12.1.2 <i>Complessi dei depositi di copertura.....</i>	67
12.2	PROVE DI PERMEABILITÀ.....	69
12.3	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO	71
12.4	OPERE DI CAPTAZIONE ED EMERGENZE SORGENTIZIE.....	104
12.5	CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO.....	105
12.6	VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI	106
13	SISMICITÀ DELL'AREA	108
13.1	SISMICITÀ STORICA.....	111
13.2	SISMICITÀ ATTUALE.....	120

13.3	PERICOLOSITÀ SISMICA	123
13.4	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	125
14	CRITICITÀ GEOLOGICHE	128
14.1	CRITICITÀ GEOLOGICO-TECNICHE.....	128
14.2	CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE	131
14.3	CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE.....	139
14.4	SUSCETTIVITÀ ALLA LIQUEFAZIONE	141
	14.4.1 <i>Analisi qualitative</i>	141
	14.4.2 <i>Analisi semi-quantitative</i>	143
15	DESCRIZIONE DEI SETTORI D'INTERVENTO.....	172
15.1	OPERE ALL'APERTO TRA IL KM 0+000 – KM 1+877.....	173
15.2	OPERE ALL'APERTO TRA IL KM 1+877 – KM 2+781.....	174
15.3	OPERE ALL'APERTO TRA IL KM 2+781 – KM 5+246.....	175
15.4	GALLERIA TRA IL KM 5+246– KM 7+011.....	175
15.5	OPERE ALL'APERTO TRA IL KM 7+011 – KM 8+487.....	177
15.6	OPERE ALL'APERTO TRA IL KM 8+487 – KM 9+662.....	177
15.7	OPERE ALL'APERTO TRA IL KM 9+662 – KM 12+751.....	177
15.8	OPERE ALL'APERTO TRA IL KM 12+751 – KM 15+105.....	178
15.9	OPERE ALL'APERTO TRA IL KM 15+105 – KM 16+185.....	178
15.10	OPERE ALL'APERTO TRA IL KM 16+185 – KM 20+287.....	178
15.11	OPERE ALL'APERTO TRA IL KM 20+287 – KM 22+702.....	179
15.12	OPERE ALL'APERTO TRA IL KM 22+702 – KM 23+542.....	179
15.13	OPERE ALL'APERTO TRA IL KM 23+542 – KM 24+930.25	180
16	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	181

1 PREMESSA

Nell'ambito dell'esecuzione dello Studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico per la progettazione definitiva della "Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli – Lesina – Lotti 2 e 3 – Raddoppio Termoli-Ripalta", sono stati effettuati i rilievi e gli approfondimenti propedeutici alla redazione degli elaborati di sintesi previsti dal progetto stesso. In particolare il presente studio 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 nell'area 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.

Il modello geologico applicativo proposto, in riferimento ad un volume geologico significativo (*sensu* NTC 2008) 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:

"Raddoppio della linea Pescara-Bari Tratta Termoli - Chieti"		
PROGETTO ESECUTIVO - 2001		
Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA2F 00 E 69 RG GE0000 001 A	Relazione geologica ed idrogeologica	-
IA2F 00 E 69 N5 GE0001 001 A	Carta geologica	1:5000
IA2F 00 E 69 N5 GE0003 001 A	Carta geomorfologica	1:5000
IA2F 00 E 69 N5 GE0002 001 A	Carta idrogeologica	1:5000
IA2F 00 E 69 N5 GE0005 001 A	Carta geolitologica ad indirizzo tecnico	1:5000
IA2F 00 E 69 F5 GE0005 001 A	Profilo geotecnico	1:5000/500
IA2F 00 E 69 PR GE0005 001-5 A	Certificati prove geotecniche di laboratorio	-
	Stratigrafie dei sondaggi	-

“Raddoppio della linea Pescara-Bari Tratta Termoli - Chieti”
PROGETTO ESECUTIVO - 2001

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
	Prove penetrometriche	-

“Linea Ferroviaria adriatica-tratta Chieti-Lesina Interventi di messa in sicurezza della linea in corrispondenza della Piana del Fiume Fortore – Variante in viadotto tra le progressive chilometriche fs dal km 466 al km 470 circa”
PROGETTO DEFINITIVO - 2009

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IAZ2 00 D 69 RG GE0001 001 A	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	-
IAZ2 00 D 69 IG GE0001 002 A	Prospezioni geofisiche in foro di sondaggio	-
IAZ2 00 D 69 IG GE0001 001 A	Indagine elettrica	-
IAZ2 00 D 69 PR GE0001 001 A	Certificati delle prove geotecniche di laboratorio	-
IAZ2 00 D 69 SG GE0001 001 A	Indagini geognostiche stratigrafie sondaggi e prove penetrometriche	-

“Linea Pescara-Bari - Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)”
PROGETTO PRELIMINARE - 2012

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
L032 00 R 69 RG GE0001 001 A	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	-
L032 00 R 69 N4 GE0001 001 A	Carta geologica d'insieme	1:10000
L032 01 R 69 N5 GE0001 001 A	Carta geologica con ubicazione delle indagini e profilo geologico	1:5000/500
L032 02 R 69 N5 GE0001 001 A	Carta geologica con ubicazione delle indagini e profilo geologico	1:5000/500
L032 03 R 69 N5 GE0001 001 A	Carta geologica con ubicazione delle indagini e profilo geologico	1:5000/500
L032 01 R 69 N5 GE0002 001 A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:5000/500
L032 02 R 69 N5 GE0002 001 A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:5000/500
L032 03 R 69 N5 GE0002 001 A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:5000/500
L032 01 R 69 N5 GE0003 001 A	Carta geomorfologica	1:5000
L032 02 R 69 N5 GE0003 001 A	Carta geomorfologica	1:5000
L032 03 R 69 N5 GE0003 001 A	Carta geomorfologica	1:5000
L032 03 R 69 IG GE0001 001 A	Relazione geofisica	-
L032 03 R 69 PR GE0001 001 A	Prove geotecniche di laboratorio	-
L032 03 R 69 SG GE0001 001 A	Sondaggi geognostici	-

“Linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli (e) – Lesina (e) – Raddoppio Termoli (e) – Ripalta (Lotti 2 e 3) – “Soluzione Molise”

PROGETTO PRELIMINARE - 2017

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
LI03 00 R 69 SG GE0005 001-9 A	Indagini geognostiche e prove in situ	-
LI03 00 R 69 IG GE0005 001 A	Indagini geofisiche - rapporto tecnico	-
LI03 00 R 69 IG GE0005 002 A	Indagini geofisiche - inquadramento territoriale	-
LI03 00 R 69 IG GE0005 003 A	Indagini geofisiche- rilievo geoelettrico	-
LI03 00 R 69 IG GE0005 004 A	Indagini geofisiche - rapporto tecnico	-
LI03 00 R 69 IG GE0005 005 A	Indagini geofisiche - inquadramento territoriale	-
LI03 00 R 69 RH GE0005 001 A	Monitoraggio piezometrico – relazione preliminare	-
LI03 00 R 69 PR GE0005 001-9 A	Prove geotecniche di laboratorio	-
LI03 00 R 69 RG GE0001 001 A	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	-
LI03 00 R 69 N5 GE0001 001-3 A	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico	1:5000/500
LI03 00 R6 9 N5 GE0002 001-3 A	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:5000/500

“Linea Pescara-Bari – Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina - Lotti 2 e 3 – Raddoppio Termoli-Ripalta”

PROGETTO DEFINITIVO - 2017

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
LI02 02 D 69 SG GE0001 001-8 A	Indagini geognostiche e prove in situ	-
LI02 02 D69 PR GE0001 001-2 A	Prove geotecniche di laboratorio	-
LI02 02 D69 IG GE0001 001-2-4 A	Relazione geofisica	-
LI02 02 D69 IG GE0001 003-5 A	Prospezioni geofisiche	-
LI02 02 D69 RH GE0001 001 A	Monitoraggio piezometrico	-
LI02 02 D69 N4 GE0005 001 A	Carta ubicazioni indagini	1:10000

4 ALLEGATI

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

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
LI02 02 D69 RH GE0001 001 A	Rapporto di campagna – Stop geologici	-
LI02 02 D69 N5 GE0001 001-6 B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico	1:5000/500
LI02 02 D69 N6 GE0001 001 B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Imbocco nord Galleria	1:2000/200



LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D69RG	GE 00 01 001	B	8 di 189

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
LI02 02 D69 N6 GE0001 002 B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Imbocco sud Galleria	1:2000/200
LI02 02 D69 N6 GE0001 003 B	Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Imbocco uscita d'emergenza finestra F1 nord	1:2000/200
LI02 02 D69 N5 GE0002 001-6 B	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:5000/500
LI02 02 D69 N4 GE0002 001-3 B	Carta della vulnerabilità degli acquiferi	1:10000
LI02 02 D69 N5 GE0005 001-6 B	Carta ubicazioni indagini	1:5000

5 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area di studio ricade a ridosso della costa adriatica, nel settore compreso tra le regioni Molise e Puglia, estendendosi per una lunghezza di 24+200 chilometri in direzione all'incirca NW-SE. Il tracciato ferroviario interessa il territorio dei comuni di Termoli e Campomarino, in provincia di Campobasso, e dei comuni di Chieuti e Serracapriola in provincia di Foggia.

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 del Foglio 155 "San Severo" in scala 1:100000, nelle Tavole 155 IV NO (Termoli), 155 IV NE (Torre Fantine), 155 IV SE (Chieuti), 155 I SO (Ripalta) in scala 1:25000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Molise, negli elementi 381041, 382013, 382014, 382054, 382052, 382051, 382061, 382062, 382063, 382064 mentre, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Puglia, negli elementi 382072, 382073 in scala 1:5000.



Figura 1 – Corografia dell’area di studio con individuazione della tratta ferroviaria in progetto (in blu).

Dal punto di vista orografico il tracciato impegna settori di territorio di pianura posti a quote comprese tra il livello del mare e circa 70 m s.l.m.. Dal punto di vista morfologico, l’area di studio si caratterizza per la presenza di ampi settori pianeggianti o subpianeggianti riconducibili alla fascia costiera adriatica e alle piane alluvionali o foci fluviali dei principali corsi d’acqua che vengono intercettati lungo il tracciato ferroviario. Localmente il tracciato impegna settori rilevati rispetto al livello del mare rappresentati da terrazzi marini o blandi rilievi collinari.

I principali corsi d’acqua dell’area in studio sono rappresentati dal Fiume Biferno, dal Torrente Saccione che segna il confine tra le regioni Molise e Puglia e dal Fiume Fortore. Ad essi si aggiungono altri corsi d’acqua secondari, a carattere generalmente stagionale e/o torrentizio, e numerosi solchi da ruscellamento concentrato, attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.

6 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

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

di sito hanno 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. Complessivamente sono state analizzate le seguenti indagini di sito:

- n. 135 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo di cui 33 non attrezzati, 73 strumentati con piezometro e 29 attrezzati per sismica in foro;
- n. 54 prove penetrometriche, di cui n. 43 CPT e n. 11 DP;
- n. 13 pozzetti esplorativi;
- n. 11 tomografie elettriche;
- n. 29 prove MASW;
- n. 5 prove RE.MI.

Il numero totale dei campioni di roccia e terreno prelevati è di 703, mentre quello delle prove SPT effettuate nei fori di sondaggio è di 577.

6.1 Indagini geognostiche

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi delle indagini realizzate nel settore di studio.

6.1.1 Sondaggi geognostici

Si 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 (Sigla, pk, X e Y nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, strumentazione, profondità, numero dei campioni, numero prove SPT, numero prove Lefranc/Lugeon, numero prove Dilatometriche e numero prove Pressiometriche).

Sigla	pk	X	Y	Quota <i>m s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni	SPT	Lefranc/Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
S1	0+444	2519983	4648964	25.5	Piezometro	20.0	4	4	0	0	0
S2	0+550	2520032	4648870	23.5	Piezometro	20.0	0	0	0	0	0
S4	0+632	2520083	4648804	10.0	Piezometro	10.0	2	2	0	0	0
S3	0+693	2520104	4648747	21.5	Piezometro	20.0	0	5	0	0	0
S5	1+777	2520724	4647865	26.0	Piezometro	10.0	1	3	0	0	0
S6	2+227	2520960	4647475	3.5	Piezometro	10.0	2	2	0	0	0
S7	2+772	2521110	4646941	4.5	Piezometro	50.0	5	0	0	0	0
S8	2+808	2521117	4646907	4.0	Non attrezzato	20.0	4	1	0	0	0
S9	2+856	2521130	4646862	4.0	Piezometro	25.0	3	0	0	0	0

Sigla	pk	X	Y	Quota <i>m s.l.m.</i>	Strumentazione	Profondità <i>m</i>	Campioni	SPT	Lefranc/Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
S10	2+883	2521134	4646836	4.0	Piezometro	25.0	4	1	0	0	0
S11	2+958	2521175	4646774	3.0	Piezometro	25.0	4	0	0	0	0
S12	3+052	2521219	4646689	2.0	Piezometro	25.0	7	0	0	0	0
S13	3+154	2521289	4646607	2.0	Piezometro	25.0	5	1	0	0	0
S14	3+275	2521373	4646509	2.0	Piezometro	25.0	3	1	0	0	0
S15	3+381	2521451	4646425	2.0	Piezometro	25.0	5	0	0	0	0
S18	3+630	2521667	4646240	1.5	Piezometro	25.0	5	2	0	0	0
S19	3+712	2521748	4646182	1.5	Piezometro	25.0	4	2	0	0	0
S20	3+795	2521834	4646126	1.5	Piezometro	25.0	4	2	0	0	0
S21	3+872	2521918	4646075	1.5	Piezometro	25.0	3	1	0	0	0
S22	3+938	2522012	4646039	2.0	Piezometro	60.0	6	3	0	0	0
S23	4+000	2522074	4645997	3.0	Piezometro	35.0	4	4	0	0	0
S24	4+075	2522162	4645950	3.0	Piezometro	50.0	5	5	0	0	0
S25	4+182	2522333	4645899	3.0	Piezometro	40.0	3	2	0	0	0
S26	4+250	2522426	4645861	3.0	Piezometro	40.0	4	3	0	0	0
S27	4+325	2522517	4645822	3.0	Piezometro	35.0	5	2	0	0	0
S28	4+458	2522631	4645768	2.0	Piezometro	25.0	2	3	0	0	0
S29	4+537	2522718	4645721	2.0	Piezometro	25.0	3	2	0	0	0
S30	4+618	2522804	4645670	1.5	Piezometro	25.0	3	3	0	0	0
S31	4+713	2522898	4645607	1.5	Piezometro	25.0	3	2	0	0	0
S33	4+827	2523015	4645533	1.1	Piezometro	25.0	3	2	0	0	0
S34	5+230	2523163	4645377	1.5	Piezometro	10.0	1	2	0	0	0
S39	8+282	2524788	4643899	3.5	Piezometro	10.0	0	3	0	0	0
S40	8+950	2525286	4643475	4.5	Piezometro	20.0	1	2	0	0	0
S41	8+981	2525314	4643458	3.5	Non attrezzato	20.0	0	4	0	0	0
S42	9+462	2525788	4643262	2.5	Piezometro	10.0	0	3	0	0	0
Totale							108	72	0	0	0

Tabella 1 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini IA2F00E-2001, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	X	Y	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
DHLIA3V01	10+531	2526625	4642369	3.3	Sismica in foro	30.0	4	3	0	0	0
PCLIA3V02	12+144	2527921	4641402	3.0	Piezometro	30.0	4	3	0	0	0
PCLIA3V03	13+706	2529422	4640991	3.5	Piezometro	30.0	4	3	0	0	0
DHLIA3V04	15+660	2531306	4640530	2.8	Sismica in foro	30.0	4	3	0	0	0
DHLIA3V05	18+532	2534121	4640004	10.7	Sismica in foro	30.0	1	4	0	0	0
PNLIA3V06	21+179	2536746	4639838	19.2	Piezometro	30.0	3	4	0	0	0
PNLIA3V07	22+007	2537571	4639788	11.6	Piezometro	30.0	3	3	0	0	0
DHLIA3V08	22+953	2538487	4639985	4.1	Sismica in foro	30.0	3	4	0	0	0
PNLIA3V09	23+343	2538883	4639974	4.2	Piezometro	30.0	4	4	0	0	0
Totale							30	31	0	0	0

Tabella 2 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini L03203R-2012, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	X	Y	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
S1	0+262	2519869	4649110	28.5	Non attrezzato	30.0	4	6	1	0	0
C1	0+274	2519886	4649105	24.1	Non attrezzato	10.0	1	0	0	0	0
C2	0+590	2520033	4648826	25.1	Non attrezzato	10.0	0	0	0	0	0
C3	0+625	2520050	4648794	25.2	Non attrezzato	10.0	2	0	0	0	0
C4	0+689	2520080	4648738	25.3	Non attrezzato	10.5	3	0	0	0	0
S3	1+120	2520335	4648388	32.9	Piezometro	30.0	4	5	1	0	0
S4	1+786	2520669	4647834	27.8	Non attrezzato	30.0	4	5	0	0	0
S1V	2+516	2520931	4647153	20.5	Sismica in foro	30.0	4	6	1	0	0
S3V	2+985	2521141	4646732	4.4	Sismica in foro	40.0	4	6	1	0	0
S4V	3+165	2521207	4646564	5.2	Piezometro	40.0	4	6	1	0	0
S5V	3+413	2521319	4646342	2.0	Piezometro	40.0	4	6	1	0	0
S6V	3+585	2521366	4646176	1.5	Non attrezzato	40.0	4	6	1	0	0
S7V	3+757	2521434	4646018	2.1	Piezometro	40.0	4	6	1	0	0
S8V	3+885	2521427	4645878	3.0	Piezometro	50.0	5	8	1	0	0
S9v	4+089	2521521	4645696	2.3	Piezometro	50.0	6	8	2	0	0

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D69RG	GE 00 01 001	B	13 di 189

Sigla	pk	X	Y	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
S10v	4+154	2521526	4645628	2.7	Piezometro	40.0	5	8	0	0	0
S1VP	4+223	2521769	4645645	3.5	Sismica in foro	30.0	4	5	1	0	0
S11v	4+350	2521635	4645461	3.5	Sismica in foro	40.0	5	8	1	0	0
S12v	4+664	2521735	4645164	3.1	Piezometro	40.0	4	7	0	0	0
S13v	4+798	2521795	4645044	5.8	Non attrezzato	50.0	6	7	1	0	0
S14v	4+841	2521896	4645040	5.1	Piezometro	50.0	5	7	0	0	0
S16v-bis	4+944	2521814	4644893	4.0	Piezometro	50.0	6	9	0	0	0
S16v	5+019	2521903	4644853	4.6	Piezometro	50.0	8	8	1	0	0
S17v-bis	5+154	2521897	4644700	13.3	Non attrezzato	40.0	5	10	0	0	0
S17v	5+225	2522005	4644682	18.9	Piezometro	40.3	6	7	1	0	0
S18v	5+237	2521684	4644473	30.9	Sismica in foro	30.6	4	6	0	0	0
S1Gall-bis	5+325	2522001	4644563	62.9	Piezometro	50.0	1	10	2	2	0
S1Gall	5+408	2522086	4644521	64.9	Sismica in foro	62.6	10	8	3	3	0
S2Gall	5+930	2522452	4644173	71.3	Piezometro	60.0	8	8	3	3	0
S2Gall-bis	6+156	2522555	4643948	69.8	Piezometro	50.0	4	9	2	0	2
S3Gall	6+323	2522728	4643908	65.1	Sismica in foro	40.0	6	7	3	1	2
S4Gall	7+009	2523320	4643575	40.3	Piezometro	40.0	5	8	3	2	1
S20v	7+135	2523438	4643529	27.8	Non attrezzato	50.0	4	7	1	0	0
S21v	7+174	2523477	4643524	26.7	Piezometro	50.0	8	8	1	0	0
S22v-bis	7+268	2523608	4643533	27.4	Piezometro	50.0	2	10	0	0	0
S22v	7+377	2523724	4643611	22.3	Piezometro	30.0	3	6	1	0	0
S21v-bis	7+386	2523669	4643430	36.8	Non attrezzato	30.0	4	10	0	0	0
S23v	7+484	2523767	4643416	42.3	Non attrezzato	30.0	4	5	0	0	0
S26v	7+633	2523840	4643178	41.4	Piezometro	50.0	4	7	1	0	0
S24v	7+666	2523946	4643374	38.4	Sismica in foro	30.0	2	5	0	0	0
S25v	7+722	2523948	4643213	39.7	Non attrezzato	50.0	2	7	2	0	0
S27v	8+185	2524426	4643176	31.4	Sismica in foro	30.0	3	5	1	0	0
S28v	8+450	2524688	4643122	21.8	Non attrezzato	40.0	3	6	1	0	0
S29v	8+659	2524866	4642994	8.6	Piezometro	50.0	7	7	1	0	0
S32v	9+212	2525420	4642923	16.8	Sismica in foro	30.0	4	5	1	0	0
S33v	9+525	2525709	4642794	15.0	Piezometro	40.0	4	5	1	0	0
S34v	9+885	2526028	4642631	6.7	Sismica in foro	40.0	4	5	1	0	0
S35v	9+974	2526109	4642595	6.5	Non attrezzato	40.0	3	5	1	0	0

Sigla	pk	X	Y	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
S9-36v	10+336	2526414	4642401	3.9	Piezometro	31.7	4	4	0	0	0
S10	11+092	2527044	4641984	3.2	Non attrezzato	30.0	4	4	0	0	0
S11	12+096	2527874	4641418	3.0	Sismica in foro	30.0	4	5	0	0	0
S12	12+468	2528207	4641247	3.5	Piezometro	31.7	3	5	0	0	0
S13	13+678	2529356	4640865	2.9	Non attrezzato	30.0	3	4	1	0	0
S14	14+305	2529960	4640698	2.2	Sismica in foro	30.0	3	4	0	0	0
S15	15+125	2530775	4640600	2.9	Sismica in foro	32.4	4	5	0	0	0
S16	15+485	2531135	4640565	3.0	Piezometro	50.0	6	8	0	0	0
S17	15+675	2531333	4640599	3.5	Non attrezzato	50.0	4	8	0	0	0
S18	15+772	2531409	4640468	4.0	Sismica in foro	30.0	4	3	1	0	0
S19	16+059	2531684	4640381	2.9	Piezometro	40.0	4	5	2	0	0
S20	16+220	2531844	4640360	5.4	Piezometro	40.0	4	5	2	0	0
S21	16+397	2532020	4640333	12.0	Sismica in foro	30.0	2	4	0	0	0
S22	17+052	2532653	4640163	12.8	Non attrezzato	30.0	5	4	0	0	0
S23	17+869	2533444	4639955	13.9	Sismica in foro	30.0	5	4	1	0	0
S24	18+170	2533730	4639832	15.5	Piezometro	30.0	3	4	1	0	0
S25	18+661	2534230	4639852	13.6	Sismica in foro	30.0	1	5	2	0	0
S26	19+444	2535012	4639818	13.1	Piezometro	30.0	4	4	2	0	0
S27	20+229	2535797	4639828	13.2	Sismica in foro	30.0	2	5	2	0	0
S28	20+646	2536213	4639841	18.6	Piezometro	30.0	2	4	2	0	0
S29	20+991	2536556	4639811	24.5	Piezometro	30.0	1	5	1	0	0
S30	21+024	2536589	4639814	23.8	Sismica in foro	30.0	1	4	1	0	0
S33	22+126	2537691	4639775	29.0	Non attrezzato	40.0	1	9	1	0	0
S34	22+765	2538312	4639913	6.0	Non attrezzato	40.0	1	9	1	0	0
S35	23+037	2538572	4639995	4.6	Sismica in foro	30.0	1	7	0	0	0
S36	23+511	2539049	4639906	4.7	Piezometro	40.0	4	6	1	0	0
Totale							286	437	67	11	5

Tabella 3 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini 2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	X	Y	Quota m s.l.m.	Strumentazione	Profondità m	Campioni	SPT	Lefranc/Lugeon	Dilatometriche	Pressiometriche
S8	4+934	2522791	4645342	-	Non attrezzato	20.0	1	0	0	0	0
S1-DH	5+391	2522914	4645120	-	Sismica in foro	37.6	2	2	0	0	0
S10-DH	5+429	2522203	4644581	60.0	Sismica in foro	32.0	0	2	0	0	0
S3	5+443	2522674	4644911	-	Non attrezzato	15.0	0	1	0	0	0
S11	5+447	2522889	4645063	-	Non attrezzato	12.0	0	0	0	0	0
S7	5+597	2523112	4645141	-	Non attrezzato	13.5	1	0	0	0	0
S2	5+673	2522606	4644639	-	Non attrezzato	15.0	0	1	0	0	0
S1	5+730	2523018	4644964	-	Non attrezzato	20.0	0	2	0	0	0
S9-DH	5+852	2522908	4644752	-	Sismica in foro	32.0	0	2	0	0	0
S6	5+931	2522761	4644514	-	Non attrezzato	30.0	0	6	0	0	0
S5	6+216	2522849	4644258	-	Non attrezzato	12.5	1	2	0	0	0
S4	6+314	2523045	4644410	-	Non attrezzato	15.0	1	2	0	0	0
Totale							6	20	0	0	0

Tabella 4 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini Microzonazione, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

6.1.2 Pozzetti esplorativi

Si seguito vengono elencati tutti i pozzetti esplorativi eseguiti, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (Sigla, pk, X e Y nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, profondità e numero di campioni).

Sigla	pk	X	Y	Quota m s.l.m.	Profondità m	Campioni
PZ1v	2+799	2521034	4646891	5.0	2.2	1
PZ2v	2+954	2521132	4646762	6.0	2.2	1
PZ1vp	3+882	2521425	4645880	3.0	2.2	1
PZ3v	7+222	2523529	4643527	28.0	2.3	1
PZ4v	8+513	2524737	4643072	17.0	2.2	1
PZ6v	9+470	2525656	4642809	16.0	2.2	1
PZ7v	10+145	2526260	4642515	5.0	2.4	1
PZ3	10+701	2526707	4642183	4.0	2.2	1
PZ4	12+063	2527841	4641429	4.0	2.2	1
PZ6	13+825	2529493	4640812	2.0	2.0	1
PZ7	14+864	2530514	4640624	3.0	2.2	1

Sigla	pk	X	Y	Quota m s.l.m.	Profondità m	Campioni
PZ8	16+522	2532130	4640259	11.0	2.2	1
PZ10	23+660	2539191	4640117	4.0	2.0	1

Tabella 5 - Sintesi dei pozzetti esplorativi realizzati nell'ambito della campagna indagini 2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

6.1.3 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 (Sigla, pk, X e Y nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, tipologia di indagine e profondità).

Sigla	pk	X	Y	Quota m s.l.m.	Tipologia di prova	Profondità m
CPT21	3+000	2521168	4646726	2.4	CPT	26.8
CPT23	3+127	2521279	4646632	1.6	CPT	29.8
CPT20	3+198	2521327	4646574	1.6	CPT	29.8
CPT19	3+314	2521411	4646482	2.2	CPT	30.0
CPT18	3+653	2521702	4646228	2.5	CPT	29.8
CPT22	3+673	2521721	4646214	2.5	CPT	30.0
CPT17	3+726	2521774	4646178	2.5	CPT	30.0
CPT16	3+767	2521817	4646150	2.4	CPT	29.8
CPT15	3+806	2521859	4646123	2.4	CPT	30.0
CPT14	3+836	2521892	4646104	2.4	CPT	30.0
CPT13	3+883	2521945	4646073	2.3	CPT	29.8
CPT12	3+921	2521990	4646050	2.3	CPT	29.6
CPT11	3+957	2522035	4646028	2.3	CPT	29.8
CPT10	3+975	2522057	4646017	2.7	CPT	29.8
CPT9	4+011	2522103	4645996	2.7	CPT	29.8
CPT8	4+046	2522149	4645976	3.0	CPT	30.0
CPT7	4+216	2522380	4645880	1.6	CPT	16.6
CPT6	4+284	2522472	4645842	1.7	CPT	28.0
CPT5	4+408	2522586	4645790	2.0	CPT	18.0
CPT4	4+568	2522751	4645701	1.8	CPT	26.0
CPT3	4+688	2522874	4645624	1.3	CPT	7.6
CPT2	4+797	2522977	4645549	0.9	CPT	25.0
CPT24	4+842	2523017	4645517	1.2	CPT	26.8
CPT1	4+863	2523034	4645504	1.2	CPT	10.0

Tabella 6 - Sintesi delle prove penetrometriche realizzate nell'ambito della campagna indagini IA2F00E-2001, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

Sigla	pk	X	Y	Quota m s.l.m.	Tipologia di prova	Profondità m
DPSH2	1+420	2520559	4648186	29.9	DP	13.2
DPSH1v	1+772	2520708	4647865	26.9	DP	8.2
DPSH2v	2+798	2521080	4646906	6.0	DP	4.2
DPSH3v	3+086	2521178	4646638	4.5	DP	10.2
DPSH4v	3+277	2521249	4646460	3.7	DP	13.2
CPTU5v	3+486	2521329	4646267	1.9	CPT	29.9
CPTU6v	3+658	2521387	4646106	2.0	CPT	29
CPTU7v	3+857	2521426	4645907	2.4	CPT	26
CPTU8v	4+169	2521552	4645622	2.7	CPT	22.1
CPTU9v	4+334	2521621	4645472	3.4	CPT	15.1
CPTU10v	4+729	2521741	4645096	3.7	CPT	11.7
CPTU11v	4+820	2521833	4645037	6.0	CPT	14.9
CPTU12v	5+083	2521936	4644801	4.0	CPT	5.7
CPTU13v	7+143	2523439	4643510	28.2	CPT	9.0
DPSH23vbis	7+647	2523973	4643506	36.0	DP	9.8
CPTU14v	8+583	2524793	4643017	12.7	CPT	4.9
DPSH14v	8+585	2524795	4643017	12.6	DP	5.4
CPTU16v	9+921	2526070	4642634	6.3	CPT	9.1
CPTU17v	10+134	2526260	4642537	4.6	CPT	6.7
CPTU5	11+824	2527659	4641588	2.9	CPT	6.9
CPTU6	13+898	2529560	4640781	4.0	CPT	7.0
CPTU7	14+763	2530414	4640636	2.3	CPT	14.8
CPTU8	15+486	2531134	4640561	3.0	CPT	27.5
CPTU9	15+775	2531412	4640470	4.0	CPT	27.9
CPTU10	16+053	2531679	4640383	2.9	CPT	25.6
DPSH11	20+232	2535800	4639783	14.0	DP	10.4
DPSH12	22+223	2537793	4639732	28.7	DP	3.8
CPTU14	23+249	2538777	4640053	3.8	CPT	3.9
DPSH14	23+249	2538777	4640053	3.8	DP	9.8
DPSH15	23+436	2538963	4640095	3.9	DP	11.4

Tabella 7 - Sintesi delle prove penetrometriche realizzate nell'ambito della campagna indagini 2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

6.1.4 Prospezioni geofisiche

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 (sigla, pk, X e Y del punto iniziale (a) e del punto finale (b) di ogni singolo stendimento nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), tipologia di indagine e lunghezza).

Sigla	Punto iniziale (a)			Punto finale (b)			Tipologia indagine	Lunghezza m
	pk	X	Y	pk	X	Y		
ERT2	0+279	2519895	4649104	0+421	2519962	4648979	Geoelettrica	142.0
ERT1	0+533	2520014	4648880	0+723	2520103	4648712	Geoelettrica	190.0
MASW5	0+564	2520028	4648852	0+610	2520048	4648811	MASW	46.0
MASW1	1+503	2520613	4648120	1+547	2520632	4648078	MASW	46.0
MASW2	3+719	2521379	4646038	3+765	2521394	4645994	MASW	46.0
MASW3	3+785	2521392	4645972	3+831	2521412	4645930	MASW	46.0
ERT3-4	4+352	2521542	4645422	4+686	2521665	4645110	Geoelettrica	336.0
MASW S14v	4+822	2521843	4645038	4+837	2521885	4645040	MASW	42.0
MASW4	5+048	2521875	4644807	5+095	2521897	4644767	MASW	46.0
MASW S18v	5+219	2521684	4644496	5+253	2521683	4644450	MASW	46.0
RA	5+541	2522168	4644422	-	-	-	ReMi	70.0
L1	5+660	2522282	4644367	6+685	2523046	4643753	Geoelettrica	1002.0
T2	5+687	2522188	4644247	5+625	2522389	4644503	Geoelettrica	330.0
RB	5+733	2522415	4644395	-	-	-	ReMi	70.0
RC	5+918	2522438	4644174	-	-	-	ReMi	70.0
RD	6+250	2522676	4643958	-	-	-	ReMi	70.0
L2	6+741	2523075	4643683	7+118	2523417	4643523	Geoelettrica	378.0
RE	6+866	2523181	4643612	-	-	-	ReMi	70.0
T3	6+966	2523229	4643449	7+025	2523394	4643735	Geoelettrica	330.0
M19	7+269	2523534	4643401	7+305	2523583	4643432	MASW	57.5
M20	7+879	2524112	4643207	7+907	2524156	4643244	MASW	57.5
M21	8+442	2524680	4643123	8+494	2524721	4643082	MASW	57.5
M22	8+727	2524941	4643008	8+778	2524984	4642970	MASW	57.5
M23	9+014	2525216	4642927	9+046	2525259	4642966	MASW	57.5
M24	9+402	2525577	4642776	9+439	2525624	4642809	MASW	57.5
M25	9+728	2525869	4642654	9+757	2525915	4642688	MASW	57.5
M26	9+960	2526066	4642548	9+979	2526109	4642586	MASW	57.5
M18	10+334	2526391	4642368	10+338	2526424	4642415	MASW	57.5

Sigla	Punto iniziale (a)			Punto finale (b)			Tipologia indagine	Lunghezza m
	pk	X	Y	pk	X	Y		
M17	11+101	2527038	4641957	11+075	2527044	4642014	MASW	57.5
M16	12+734	2528440	4641113	12+724	2528455	4641168	MASW	57.5
M15	13+055	2528748	4641007	13+048	2528758	4641063	MASW	57.5
M14	13+678	2529358	4640872	13+689	2529384	4640924	MASW	57.5
M13	15+481	2531134	4640586	15+492	2531136	4640529	MASW	57.5
LD	15+668	2531328	4640613	16+407	2532057	4640440	Geoelettrica	795.0
M12	15+680	2531341	4640611	15+736	2531394	4640589	MASW	57.5
M10	16+342	2532001	4640484	16+395	2532047	4640449	MASW	57.5
LC	16+821	2532412	4640153	17+436	2533009	4640005	Geoelettrica	615.0
M9	16+978	2532603	4640269	17+033	2532660	4640272	MASW	57.5
M11	17+861	2533439	4639974	17+884	2533453	4639919	MASW	57.5
M8	18+721	2534279	4639771	18+771	2534326	4639738	MASW	57.5
M7	19+450	2535019	4639784	19+455	2535025	4639727	MASW	57.5
M6	20+249	2535816	4639852	20+245	2535813	4639794	MASW	57.5
LB	20+251	2535818	4639870	20+526	2536093	4639854	Geoelettrica	275.0
LA	21+215	2536777	4639764	21+491	2537051	4639743	Geoelettrica	275.0
M5	21+577	2537150	4639903	21+563	2537132	4639848	MASW	57.5

Tabella 8 - Sintesi delle indagini geofisiche di superficie realizzate nell'ambito della campagna indagini 2017, elencati in ordine di progressiva chilometrica (pk).

6.2 Rilievi di campo

Nell'ambito del presente studio sono stati effettuati appositi rilievi di campo volti alla definizione delle principali caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geomeccaniche e idrogeologiche dei termini litologici affioranti e sub-affioranti nella zona di intervento.

6.2.1 Rilievi geologici

Per poter definire le principali caratteristiche delle differenti litologie proprie dei settori di intervento, nell'ambito della presente fase di approfondimento progettuale sono stati effettuati appositi rilievi di campo, opportunamente distribuiti su tutta la zona di interesse. Per il presente lotto funzionale sono stati condotti n. 28 stop geologici, tutti riportati sulla cartografia geologica di riferimento (LI02 02 D69 N5 GE0001 001-6).

Per ogni stop geologico è stata realizzata una apposita scheda di sintesi, contenente le principali informazioni geologiche e spaziali (comune di riferimento, località, stralcio cartografico, coordinate, unità geologica, descrizione geologica, foto). Le schede di sintesi sono identificate da un codice univoco e sono riportate nel relativo rapporto di campagna (LI02 02 D69 RH GE0001 001).

7 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Nel suo complesso, l'Appennino rappresenta un tipico *thrust and fold belt* con vergenza orientale (Mostardini & Merlini 1986; Doglioni et al. 1991; Bigi et al. 1992; Bonardi et al. 2009), compreso tra il Bacino Tirrenico ad Ovest e l'Avampaese Apulo a Est (Scrocca et al. 2007; Bonardi et al. 2009). L'Appennino è quindi una catena per pieghe e sovrascorrimenti connessa all'arretramento flessurale della litosfera apulo-adriatica (Malinverno & Ryan 1986; Doglioni et al. 1991), che si struttura verso i settori di avampaese a partire dal Miocene inferiore (Bally et al. 1986; Mostardini & Merlini 1986; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009).

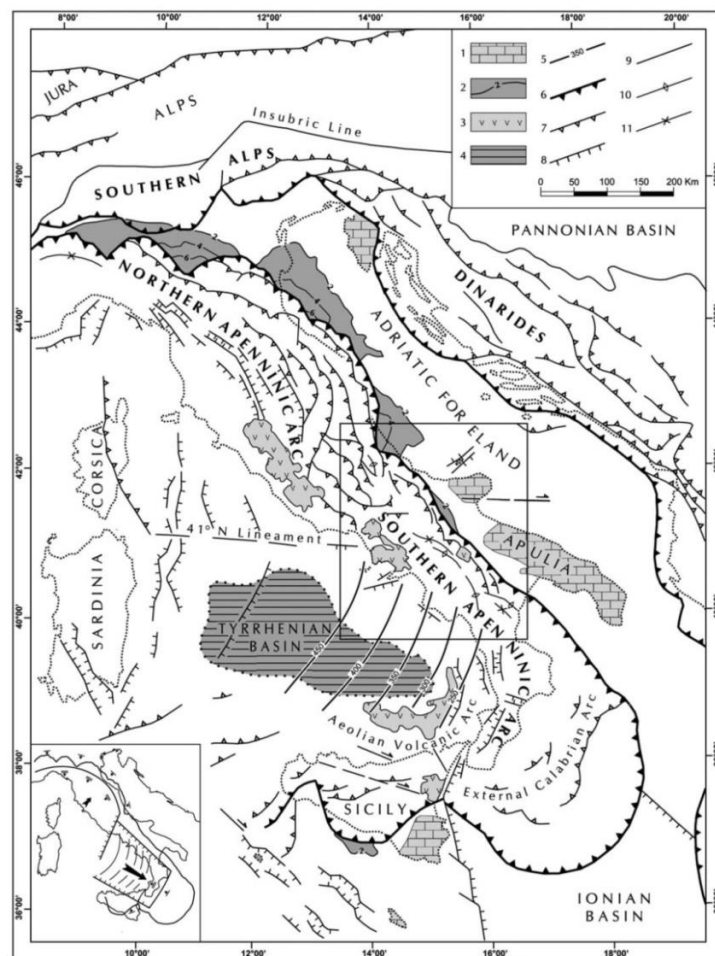


Figura 2 – Schema strutturale della penisola italiana ed aree adiacenti, mostrante la suddivisione della Catena Appenninica in due archi principali: l'Arco Appenninico Settentrionale e l'Arco Appenninico Meridionale; nel riquadro in basso a sinistra è schematizzata la diversa struttura litosferica nei due archi: 1) carbonati meso-cenozoici delle aree di avampaese; 2) profondità (in km) della base dei depositi plio-pleistocenici nei bacini di avanfossa; 3) principali edifici vulcanici quaternari; 4) aree del Mar Tirreno 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).

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

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 (Mostardini & Merlini 1986; 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, 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, invece, 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). Tutte queste strutture sono a loro volta sovrastanti a un *floor thrust* profondo, che le porta in accavallamento sui domini più esterni in flessurazione (Bonardi et al. 2009).

7.1 Evoluzione geologica

La Catena Appenninica si colloca in un contesto tettonico post-collisionale connesso all'interazione tra la Zolla Africana, la Zolla Europea e le altre microzolle interposte (Alvarez et al. 1974; Roure et al. 1991; Guerrero et al. 1993). L'attuale configurazione geometrica della catena è quindi il risultato di complessi eventi compressivi, trascorrenti e distensivi legati alla subduzione e al successivo arretramento flessurale della Microplacca Apulo-Adriatica (Sartori 1989; Bonardi et al. 2009). Successivamente, a causa dell'apertura del Bacino di retroarco Tirrenico, tali eventi sono accompagnati da fenomeni distensivi sul bordo interno della catena (Sartori 1989; Patacca et al. 1990; Scrocca et al. 2007; Bonardi et al. 2009).

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 (Patacca & Scandone 2007; 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; Patacca & Scandone 2007). 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 (Patacca & Scandone 2007; 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; Patacca & Scandone 2007, 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.

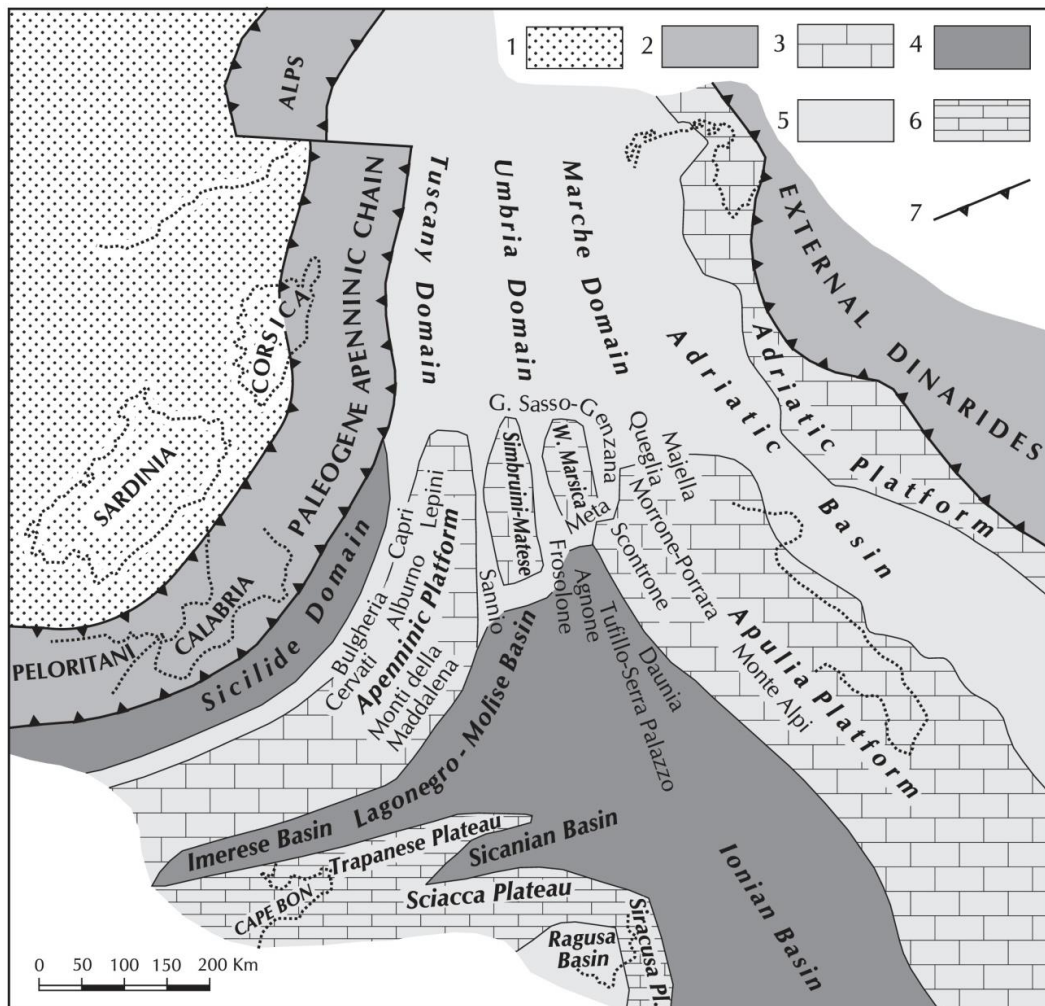


Figura 3 – Ricostruzione palinspastica dell'area centro-mediterranea nell'Oligocene superiore, mostrante la distribuzione dei domini dell'Appennino centro-meridionale prima della loro incorporazione nella Catena: 1) Avampaese europeo; 2) Catena paleogenica; 3-6) Avampaese africano: 3) carbonati di piattaforma 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).

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 (Ricchetti et al. 1988; 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).

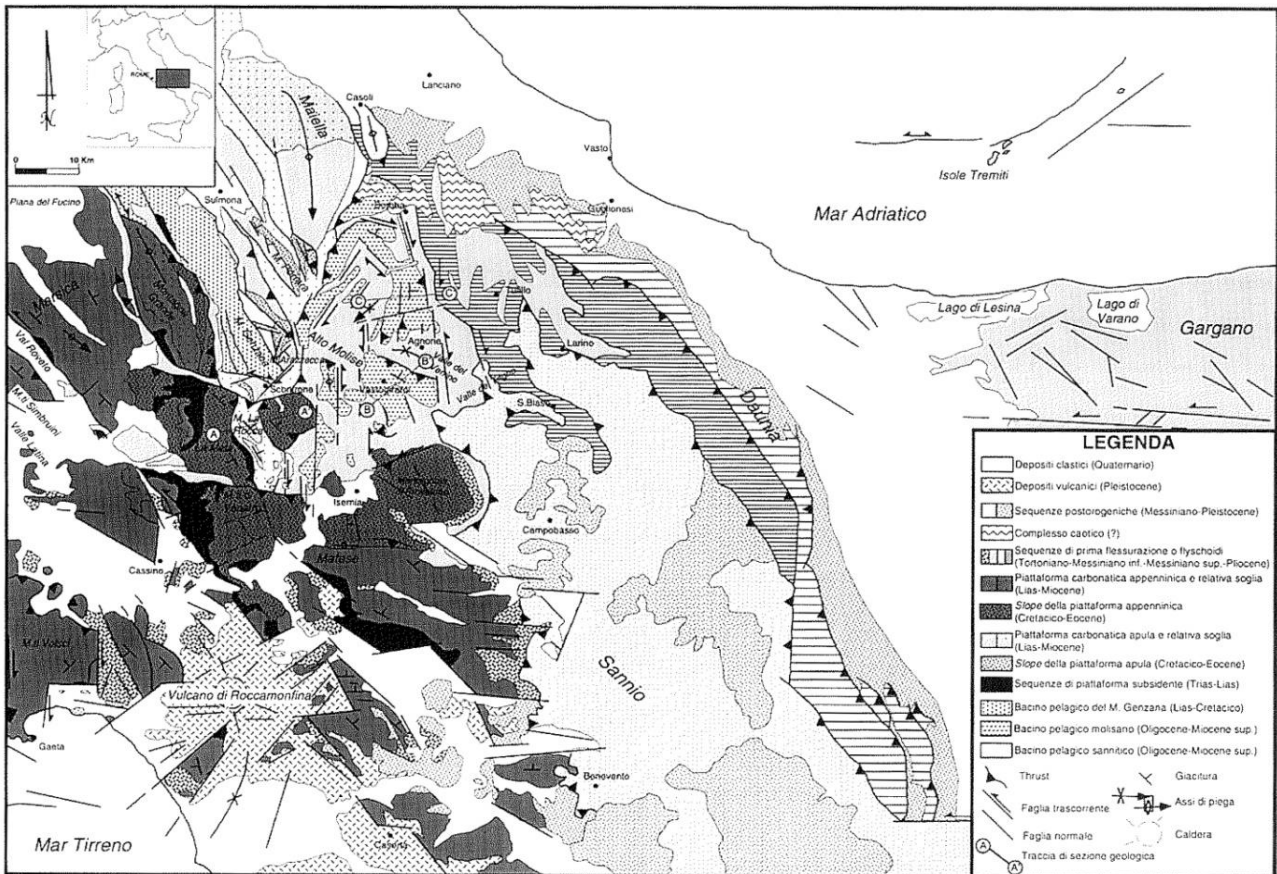


Figura 4 – Schema geologico semplificato della porzione molisana e nord pugliese dell'Appennino centro-meridionale (da Di Bucci et al. 1999).

Le principali fasi deformative che hanno strutturato il settore più meridionale della Catena Appenninica sono avvenute tra il Miocene ed il Quaternario, anche se gran parte dell'edificio a falde si è strutturato a partire dal Langhiano (Mostardini & Merlini 1986; Di Staso & Giardino 2002; Patacca & Scandone 2007). Infatti, 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; Patacca & Scandone 2007), formando un prisma di accrezione saturato da una successione di *thrust top* (Bonardi et al. 2009).

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

A partire dal Tortoniano, questo assieme è sovrascorso sui domini di piattaforma carbonatica impostati su crosta continentale (Mostardini & Merlini 1986; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009). Successivamente il prisma tettonico si è ulteriormente spostato verso l'esterno, coinvolgendo nella deformazione l'ampio Bacino di Lagonegro e tutti i domini paleogeografici più esterni, sino al raggiungimento della Piattaforma Apula interna (Mostardini & Merlini 1986; Bonardi et al. 2009). Le fasi tettoniche tortoniane hanno quindi condizionato in maniera evidente la sedimentazione di tutte le aree bacinali, portando alla formazione dell'assetto strutturale pressoché definitivo della catena (Torre et al. 1988; Patacca & Scandone 1989).

L'Avanfossa plio-pleistocenica si struttura a partire dal Pliocene inferiore, quando la formazione della Catena Appenninica era quasi ultimata (Cinque et al. 1993; Patacca & Scandone 2007; Moretti et al. 2011). Il tratto pugliese della suddetta avanfossa, noto in letteratura come Fossa Bradanica, 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 (Scrocca & Tozzi 1999; Moretti et al. 2011).

Sotto il profilo strutturale, la Fossa Bradanica rappresenta un *foreland basin* sviluppato prevalentemente sulla rampa regionale dell'avampaese. 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; Moretti et al. 2011). In relazione alla suddetta evoluzione geologica, il bacino presenta una sezione trasversale marcatamente asimmetrica (Scrocca & Tozzi 1999), con un margine occidentale (appenninico) molto acclive e un margine orientale (avampaese) di bassa pendenza (Scrocca & Tozzi 1999; 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 (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, 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 (Demangeot 1965; Parea 1986; Ascione et al. 2008). 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).

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

7.2 Caratteristiche stratigrafiche

Il settore di studio si colloca nei settori esterni dell'Appennino meridionale, nel settore di transizione tra i domini di avampaese e quelli di avanfossa (Spalluto & Moretti 2006; Calamita et al. 2011). I settori di avanfossa sono caratterizzati dalla presenza di sequenze silicoclastiche tardo-cenozoiche (Lanzafame & Tortorici 1976; Patacca & Scandone 2007; Calamita et al. 2011), mentre la porzione di avampaese affiorante risulta composta da potenti successioni carbonatiche meso-cenozoiche di piattaforma carbonatica (D'Argenio 1974; Calamita et al. 2011), spesso interessate da una deformazione tettonica di tipo disgiuntivo (Funicello et al. 1988; Bertotti et al. 1999; Chilovi et al. 2000).

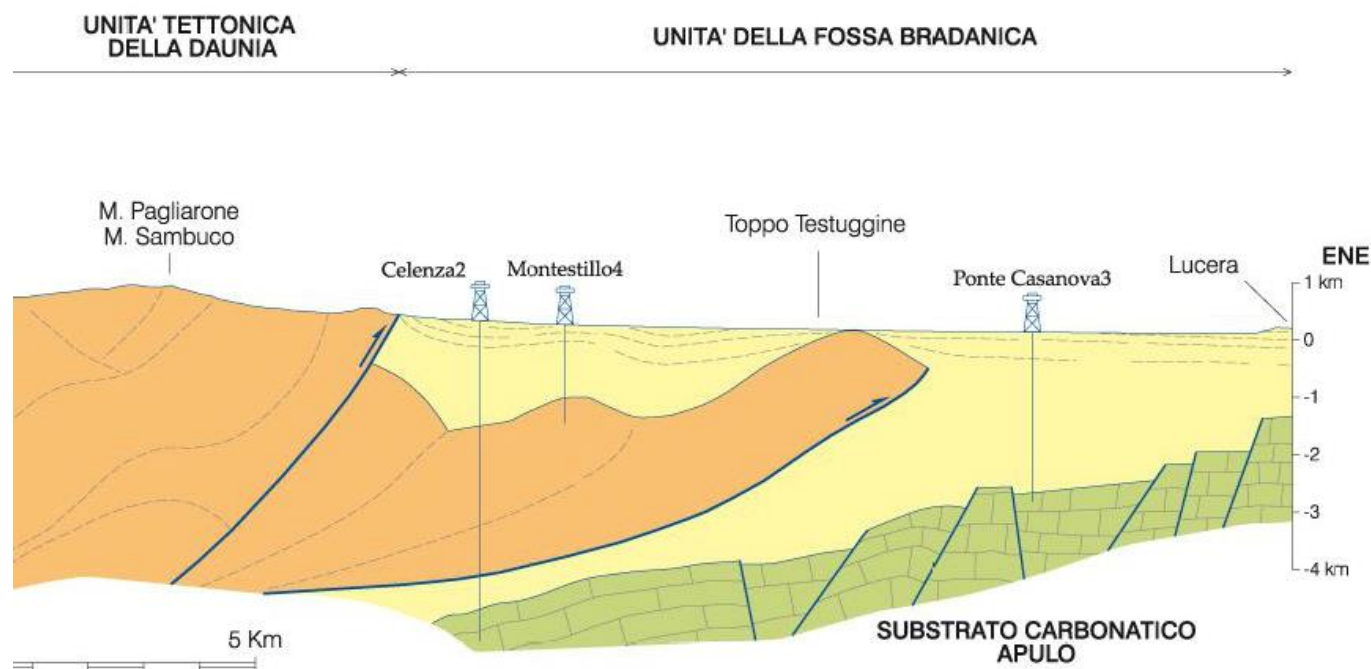


Figura 5 – Schema dei rapporti stratigrafici tra le unità tettoniche presenti nei settori esterni dell'Appennino centro-meridionale (da ISPRA 2011).

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

A partire dal Pleistocene medio, l'intero Avampaese Apulo è stato soggetto da un moderato sollevamento tettonico (Ciaranfi et al. 1983; Ricchetti et al. 1988; Doglioni et al. 1994; Gambini & Tozzi 1996), testimoniato a livello regionale dai depositi regressivi della Fossa Bradanica e dai depositi marini terrazzati che spesso si rinvencono nell'area, a quote decrescenti da più antichi ai più recenti (Ciaranfi et al. 1988; Tropeano et al. 2002). Tali depositi, che vengono comunemente indicati con denominazioni differenti (Spalluto & Moretti 2006), sono descritti talora in

continuità sulle Argille Subappennine (Boni et al. 1969; Cremonini et al. 1971) talora come depositi marini terrazzati post-calabrian (Jacobacci et al. 1967; Merla et al. 1969).

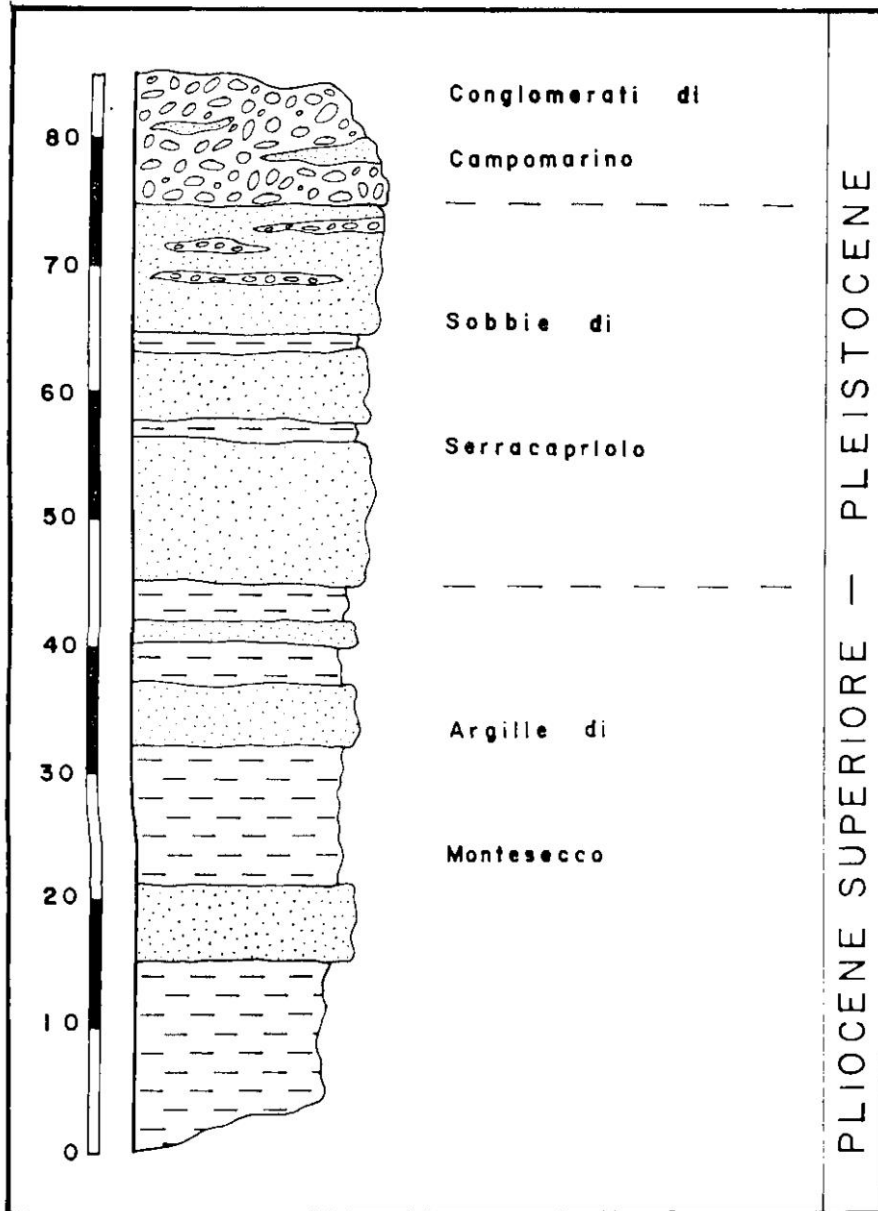


Figura 6 – Colonna litostratigrafica della successione regressiva plio-pleistocenica (da Lanzafame & Tortorici 1976).

Tralasciando il basamento carbonatico meso-cenozoico (D'Argenio 1974; Calamita et al. 2011), l'assetto stratigrafico dei settori di interesse può essere descritto attraverso la giustapposizione di differenti unità silicoclastiche tardo-cenozoiche, generalmente ricoperte da depositi quaternari continentali, marini e transizionali (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976; Casnedi & Moruzzi 1978; Casnedi et al. 1982; Spalluto & Moretti 2006; Calamita et al. 2011):

- **Argille Subappennine** (Pliocene medio – Pleistocene inferiore): questa formazione corrisponde alle Argille di Montesecco (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976) e alla ben nota Formazione di Mutignano (Calamita et al. 2011). Dal punto di vista litologico è costituita da un complesso di depositi argillosi, limosi e sabbiosi depositati tra il Pliocene medio ed il Pleistocene inferiore nel bacino della Fossa Bradanica (Azzaroli 1968; Casnedi & Moruzzi 1978; Spalluto & Moretti 2006). È formata da argille limose di colore grigio-azzurro, in strati spessi da qualche decimetro ad oltre un metro, in alternanza con argille marnose, limi e sabbie di colore grigio scuro (Lanzafame & Tortorici 1976; Spalluto & Moretti 2006; Calamita et al. 2011). La laminazione è generalmente piano-parallela, incrociata solo negli intervalli sabbiosi, mentre la bioturbazione è molto diffusa e piuttosto intensa (Spalluto & Moretti 2006; Calamita et al. 2011). I banchi sabbiosi presenti nella parte mediana della formazione diventano via via più frequenti verso l'alto, dove si assiste al graduale passaggio stratigrafico alle più recenti Sabbie di Serracapriola (Lanzafame & Tortorici 1976). Lo spessore della formazione è difficilmente valutabile a causa dell'assenza in affioramento dei livelli basali, anche se può essere stimato nell'ordine dei 1000 m sulla base di dati di pozzo (Lanzafame & Tortorici 1976; Casnedi et al. 1982; Sella et al. 1988).
- **Sabbie di Serracapriola** (Pleistocene inferiore): tale unità corrisponde alla Formazione di Atesa (Festa et al. 2006) e alla parte sommitale della Formazione di Mutignano (Calamita et al. 2011). Sotto il profilo litologico è formata da sabbie quarzose di colore giallastro e rossastro, in strati o banchi di spessore da decimetrico a metrico, con locali intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976; Capuano et al. 1996; Pavia et al. 2010). Il grado di cementazione risulta piuttosto variabile mentre la stratificazione è in genere mal definita e poco evidente (Lanzafame & Tortorici 1976; Calamita et al. 2011). Si rinvencono locali livelli di arenarie ben cementate e passaggi di argille biancastre o verde chiaro, più frequenti verso il basso della successione (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). Il limite tra questa unità e le sottostanti Argille Subappenniniche è generalmente eteropico e viene posto, convenzionalmente, dove iniziano i banchi sabbiosi più spessi (Lanzafame & Tortorici 1976; Capuano et al. 1996; Calamita et al. 2011). Lo spessore è mediamente piuttosto limitato e solo raramente supera i 30 m (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976).
- **Conglomerati di Campomarino** (Pleistocene inferiore – Pleistocene medio?): questa formazione corrisponde ai litotipi del Ciclo trasgressivo-regressivo dell'Avanfossa Plio-Pleistocenica (Festa et al. 2006) e all'unità delle Argille e Conglomerati di Ripa Teatina (Calamita et al. 2011). In generale, l'unità si riferisce ai depositi psefitici che rappresentano la fase terminale della sequenza regressiva plio-pleistocenica (Lanzafame & Tortorici 1976; Capuano et al. 1996). Si tratta di depositi conglomeratico-sabbiosi più o meno cementati, con sporadici livelli di conglomerati compatti e locali intercalazioni di sabbie a stratificazione incrociata e argille verdastre (Boni et al. 1969; Capuano et al. 1996; Calamita et al. 2011). I ciottoli mostrano un buon grado di arrotondamento e sono costituiti, essenzialmente, da elementi arenacei e calcareo-marnosi, anche se non mancano tipi litologici provenienti dalle numerose formazioni appenniniche (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). I conglomerati poggiano, in contatto erosivo concordante, sulle sottostanti Sabbie di Serracapriola, e solo nelle zone più esterne è possibile osservare una lieve discordanza angolare (Boni et al. 1969; Capuano et al. 1996). Lo spessore è mediamente più elevato in prossimità della zona costiera, dove può raggiungere i 40 m circa (Boni et al. 1986; Lanzafame & Tortorici 1976).
- **Depositi alluvionali terrazzati** (Pleistocene superiore): lungo i corsi dei principali corsi d'acqua ed in prossimità della costa adriatica è presente una serie di depositi alluvionali distinguibili, sulla base di considerazioni essenzialmente morfologiche, in almeno 3 ordini di terrazzi (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). I terrazzi più antichi sono costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie con locali passaggi di argille, con una copertura superficiale di "terre nere" (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). I depositi terrazzati più recenti sono formati, invece, da sabbie e argille con locali livelli ghiaiosi (Boni et al.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

1969; Calamita et al. 2011). Tali depositi poggiano in discordanza su una superficie di erosione intagliata nei terreni della successione plio-pleistocenica o, in prossimità della costa, sui Conglomerati di Campomarino (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976; Spalluto & Moretti 2006; Calamita et al. 2011). Gli spessori sono piuttosto variabili ma generalmente compresi tra qualche metro e i 15 m circa (Boni et al. 1969; Calamita et al. 2011).

- **Depositi alluvionali recenti** (Pleistocene superiore - Olocene): si tratta di limi, argille e sabbie alle quali si intercalano locali lenti conglomeratiche grossolane (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976; Calamita et al. 2011). Costituiscono ripiani elevati di alcuni metri rispetto agli alvei attuali, progressivamente in diminuzione verso la costa (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976).
- **Depositi alluvionali attuali** (Olocene): si rinvengono diffusamente in corrispondenza dei fondovalle più estesi ed importanti. Sono costituiti da ciottoli arrotondati di varie dimensioni, generalmente immersi in una matrice sabbiosa progressivamente più abbondante man mano che si ci avvicina alla foce (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976).
- **Depositi costieri attuali e recenti** (Pleistocene superiore – Olocene): si tratta di sabbie a granulometria medio-grossolana, spesso rimaneggiate dal vento, con abbondanti resti di lamellibranchi (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). Nei settori più interni è possibile riconoscere allineamenti sub-paralleli di dune, localmente elevati di alcuni metri rispetto ai depositi alluvionali circostanti (Boni et al. 1969).

7.3 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);
- 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, l'area di studio ricade nella zona di transizione tra i domini di avampaese e quelli di avanfossa (Spalluto & Moretti 2006), in una porzione di territorio caratterizzata dalla presenza elementi strutturali riferibili alla tettonica attiva tra il Pliocene ed il Pleistocene (Moretti et al. 2011). In questo periodo, quindi, l'intero Avampaese Apulo risulta interessato da due distinte fasi di evoluzione geodinamica, una di subsidenza e una di sollevamento (Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011).

La fase di subsidenza risulta attiva dal Pliocene inferiore al Pleistocene inferiore (Doglioni et al. 1994; Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011) e, a livello regionale, è segnata dalla sedimentazione della Calcarenite di Gravina e delle Argille subappennine (Ciaranfi et al. 1983; Moretti et al. 2011). A tale fase sono connesse alcune faglie dirette ad attività sinsedimentaria, prodottesi durante la deposizione della Calcarenite di Gravina (Moretti et al.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

2011). Si tratta di stretti *semigraben* estesi per poche decine di metri, con rigetti piuttosto contenuti e tendenzialmente in diminuzione verso l'alto (Moretti et al. 2011).

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

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

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

8 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.

8.1 Assetto litostratigrafico

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a successioni marine plio-pleistoceniche che a depositi marini e continentali quaternari. 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.

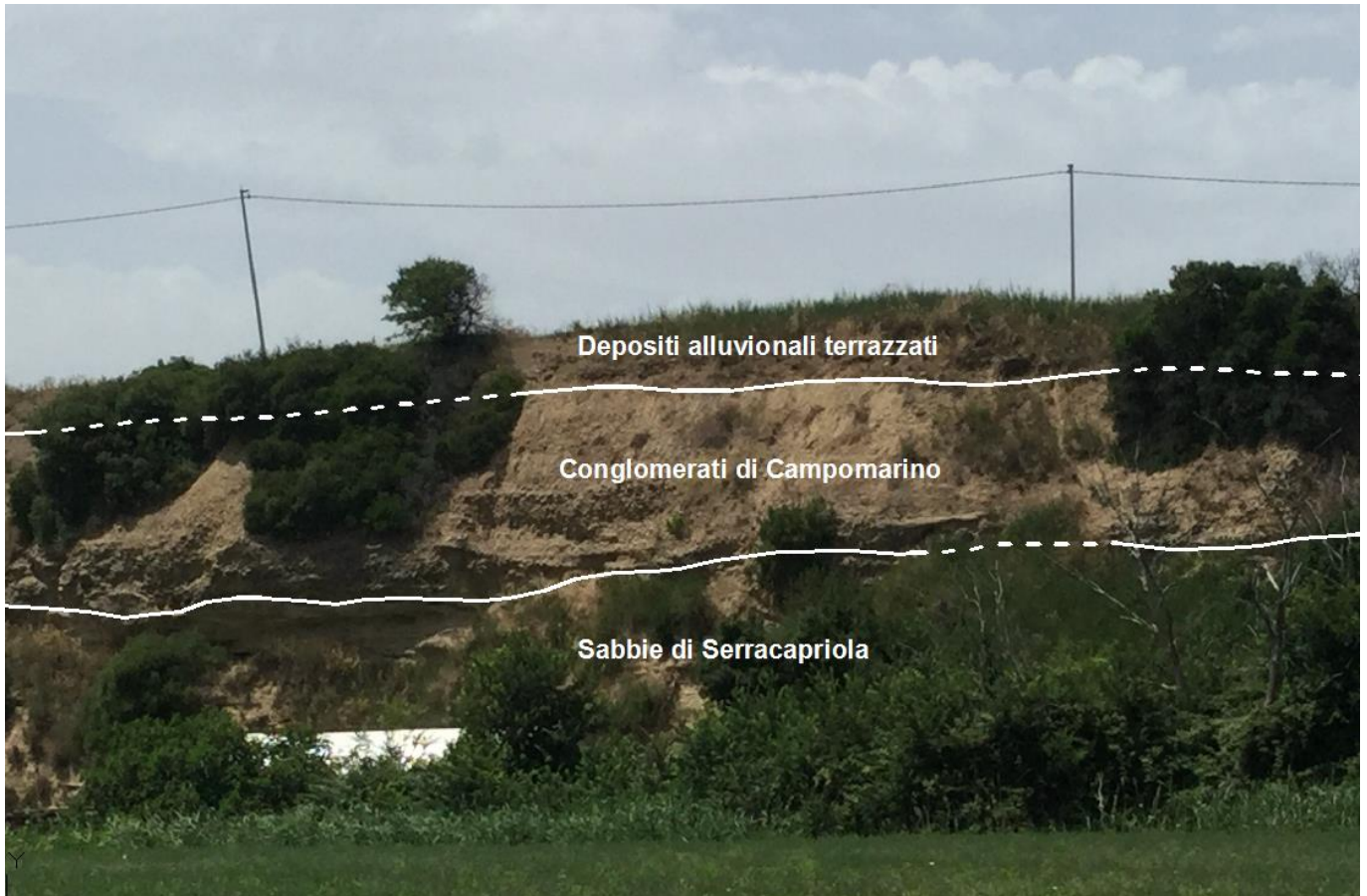


Foto 1 - Affioramento delle Unità della Fossa Bradanica (Sabbie di Serracapriola e Conglomerati di Campomarino) con le relative coperture di Depositi continentali quaternari (Depositi alluvionali terrazzati) nei settori nord-occidentali dell'area di studio, al margine della superficie terrazzata su cui sorge l'area industriale di Termoli.

8.1.1 Unità della Fossa Bradanica

Tale unità è rappresentata da tre successioni marine plio-pleistoceniche, ampiamente affioranti nella porzione nord-occidentale ed in quella sud-orientale dell'area di studio.

8.1.1.1 Argille Subappennine

La formazione in esame non affiora direttamente nell'area di studio ma si rinviene localmente alla base delle unità geologiche più recenti, soprattutto nei settori nord-occidentali della zona di intervento, in corrispondenza delle dorsale morfologiche di Termoli e Campomarino. Si tratta di depositi marini di piattaforma e scarpata superiore, costituiti da una singola litofacies a composizione argilloso-limosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche, mediante una base erosiva ondulata e fortemente irregolare. Tale unità presenta uno spessore massimo di circa 1000 m ed è ascrivibile al Pliocene superiore - Pleistocene inferiore.



Foto 2 - Formazione delle Argille Subappennine (ASP) nel foro di sondaggio S16v, tra i 45.0 ed i 50.0 m dal p.c..

Dal punto di vista sedimentologico, l'unità è formata prevalentemente da argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro (**ASP**), in strati da sottili a spessi, generalmente bioturbati e a laminazione piano-parallela, con sottili intercalazioni di argille marnose, limi sabbiosi e sabbie fini di colore grigio e giallastro; i livelli psammitici diventano progressivamente più frequenti verso l'alto stratigrafico, dove si assiste al graduale passaggio all'unità soprastante.

8.1.1.2 Sabbie di Serracapriola

Questa sequenza affiora localmente nella porzione nord-occidentale dell'area di studio, alla base delle principali scarpate morfologiche che bordano le superfici terrazzate su cui sorgono i centri abitati di Termoli e Campomarino, mentre nei settori sud-orientali della stessa si rinviene solo in profondità al di sotto delle spesse successioni silicoclastiche quaternarie. Si tratta di depositi marini di spiaggia e piattaforma superiore, costituiti da una singola litofacies a composizione sabbioso-limosa. Poggiano in parziale eteropia di *facies* sui depositi delle Argille Subappennine, secondo un limite posto convenzionalmente in corrispondenza degli orizzonti psammitici più spessi. Questi depositi mostrano uno spessore massimo di circa 60 m e sono riferibili al Pleistocene inferiore.



Foto 3 - Affioramento delle Sabbie di Serracapriola (SSR) lungo la scarpata della cava inattiva a NW del centro abitato di Campomarino.

Dal punto di vista litologico si tratta di sabbie medio-fini di colore giallastro e rossastro (SSR), prevalentemente quarzose e a grado di cementazione variabile, in strati da medi a molto spessi, generalmente bioturbati e a laminazione piano-parallela o incrociata a basso angolo; a luoghi si rinvencono intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi, da poco a discretamente cementati; talora sono presenti sottili livelli di arenarie medio-fini di colore grigio e giallastro, da mediamente a ben cementate, e passaggi di argille limose e argille marnose di colore grigio, biancastro e verde chiaro, più frequenti verso il basso stratigrafico.

8.1.1.3 Conglomerati di Campomarino

Tale unità affiora diffusamente nei settori nord-occidentali e sud-orientali dell'area di studio, in corrispondenza delle superfici terrazzate più elevate presenti ai margini della fascia costiera attuale. Si tratta di depositi marini di spiaggia e piana fluvio-deltizia, costituiti da due distinte litofacies a composizione conglomeratico-sabbiosa e argilloso-sabbiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sui depositi delle Sabbie di Serracapriola, secondo

una base erosiva costituita da canali generalmente ampi e poco profondi. Tale successione presenta uno spessore massimo di circa 40 m ed è ascrivibile all'intervallo Pleistocene inferiore - Pleistocene medio?.



Foto 4 - Affioramento della facies conglomeratico-sabbiosa dei Conglomerati di Campomarino (CGC1), nel comune di Serracapriola, in località Mass.a della Brecciara.

La facies conglomeratico-sabbiosa è formata prevalentemente da conglomerati poligenici ed eterometrici (CGC1), ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi, da sub-angolosi ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono sottili livelli di argille limose di colore verdastro e intercalazioni medio-fini di sabbie grossolane di colore grigio e giallastro, spesso a stratificazione incrociata.



Foto 5 - Affioramento della facies argilloso-sabbiosa dei Conglomerati di Campomarino (CGC2), nel comune di Campomarino, in destra idrografica del V.ne Giardino.

La litofacies argilloso-sabbiosa, invece, è costituita da argille limose e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, marrone e verdastro (CGC2), a struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, in strati da medi a spessi, e orizzonti lentiformi di ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

8.1.2 Depositi marini quaternari

Questi terreni sono rappresentati da due distinte unità marine quaternarie, ampiamente affioranti in prossimità della costa adriatica. In generale, tali depositi poggiano in discordanza stratigrafica su tutte le unità geologiche più antiche e sono parzialmente eteropici ai coevi Depositi continentali quaternari.

8.1.2.1 Depositi costieri recenti

I depositi in esame affiorano diffusamente in prossimità del litorale adriatico, in corrispondenza della estesa piana costiera presente immediatamente a valle dei principali terrazzi morfologici dell'area. Si tratta di depositi marini di spiaggia, cordone litoraneo, duna, palude salmastra e retrobarra, costituiti da tre distinte litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e risultano parzialmente eteropici ai depositi alluvionali recenti. Tali terreni mostrano uno spessore massimo di circa 40 m e sono riferibili al Pleistocene superiore – Olocene.



Foto 6 - Vista panoramica dei depositi sabbioso-limosi dei Depositi costieri recenti (gb1), nel comune di Serracapriola, in località Mass.a della Brecciara.

La litofacies ghiaioso-sabbiosa è formata da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**gb1**), da arrotondate a molto arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e marrone, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, a stratificazione indistinta o incrociata, con abbondanti resti di lamellibranchi e locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate.

La porzione sabbioso-limosa è invece costituita da sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro (**gb2**), a stratificazione indistinta o incrociata, con abbondanti resti di lamellibranchi e locali ghiaie poligeniche da arrotondate a molto arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante.

Infine, la litofacies limoso-argillosa è formata da argille, argille limose e argille sabbiose di colore grigio e marrone (**gb3**), a struttura indistinta o laminata, con abbondante sostanza organica e locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di limi e limi sabbiosi di colore grigio scuro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondante sostanza organica e locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate.

8.1.2.2 Depositi costieri attuali

Tali depositi affiorano unicamente nella zona settentrionale dell'area di studio, in corrispondenza la costa adriatica attuale. Si tratta di depositi marini di spiaggia e cordone litoraneo, costituiti da una singola litofacies a composizione sabbioso-limosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e risultano parzialmente eteropici ai depositi alluvionali attuali. Questi depositi mostrano uno spessore massimo di circa 6 m e sono ascrivibili all'Olocene.

Dal punto di vista sedimentologico si tratta di sabbie e sabbie limose di colore giallastro (**ga2**), a stratificazione prevalentemente incrociata, con abbondanti resti di lamellibranchi e locali ghiaie poligeniche da arrotondante a molto arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante.

8.1.3 Depositi continentali quaternari

Questi terreni sono rappresentati da quattro unità continentali quaternarie, ampiamente affioranti in tutto il settore di studio alla base dei rilievi montuosi o in corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area. In generale, tali depositi poggiano in discordanza stratigrafica su tutte le unità geologiche più antiche, anche se localmente risultano eteropici ai coevi Depositi marini quaternari.

8.1.3.1 Depositi alluvionali terrazzati

Tali terreni affiorano in tutta l'area di studio e, prevalentemente, nei settori centrali della stessa, in corrispondenza di estese superfici terrazzate elevate di alcuni metri dalla piana alluvionale attuale. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale, piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono, costituiti da tre distinte litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e, in corrispondenza dei terrazzi morfologici più elevati, presentano una estesa copertura di "terre nere". I depositi in esame mostrano uno spessore massimo di circa 40 m e sono riferibili al Pleistocene superiore.



Foto 7 - Vista panoramica dei terreni ghiaioso-sabbiosi dei Depositi alluvionali terrazzati (bn1), nel comune di Campomarino, in località Cianaluca.

La porzione più grossolana è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bn1**), da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e marrone, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, a stratificazione indistinta o incrociata, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate.

La litofacies a composizione prevalentemente sabbioso-limosa è formata da sabbie e sabbie limose di colore grigio, marrone e giallastro (**bn2**), a stratificazione indistinta o incrociata, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ed arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante.



Foto 8 - Affioramento dei terreni limoso-sabbiosi dei Depositi alluvionali terrazzati (bn3), nel comune di Campomarino, in destra idrografica del Vallone due Miglia.

Infine, i depositi più fini sono costituiti da argille limose e limi argillosi di colore grigio, marrone e verdastro (**bn3**), a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

rinvengono passaggi di limi sabbiosi e sabbie limose di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate.

8.1.3.2 Depositi alluvionali recenti

Tali depositi si rinvengono in corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area, come il F. Biferno e il T. Saccione. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale, piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono, costituiti da quattro distinte litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa, limoso-argillosa e torbosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e risultano parzialmente eteropici ai depositi costieri recenti. Tali terreni presentano uno spessore massimo di circa 45 m e sono ascrivibili all'intervallo Pleistocene superiore – Olocene.

La litofacies più grossolana è formata da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bb1**), da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e giallastro, a stratificazione indistinta o incrociata, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate.

La litofacies prevalentemente psammitica è costituita da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro (**bb2**), a stratificazione indistinta o incrociata, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante.

La litofacies pelitica è costituita da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, marrone e bruno-rossastro (**bb3**), a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate.

Infine, la litofacies a composizione torbosa è formata da torbe e terreni organici di colore grigio scuro (**bb4**), a struttura indistinta, con locali frammenti di foglie e radici; a luoghi si rinvengono passaggi di argille limose e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio scuro e marrone, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate.

8.1.3.3 Depositi alluvionali attuali

I terreni in questione si rinvengono in corrispondenza delle principali aste fluviali dell'area, come quelle del F. Biferno, del T. Saccione e dei loro affluenti maggiori. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale e argine, costituiti da tre distinte litofacies a composizione ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e risultano parzialmente eteropici ai depositi costieri attuali. L'unità in esame presenta uno spessore massimo di circa 6 m ed è ascrivibile all'Olocene.

La litofacies più grossolana è formata da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**ba1**), da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e giallastro, a stratificazione indistinta o incrociata, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate.

La litofacies a composizione prevalentemente sabbioso-limosa, invece, è costituita da sabbie e sabbie limose di colore grigio, marrone e giallastro (**ba2**), a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-

arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante.

Infine, la litofacies prevalentemente pelitica è costituita da argille e argille limose di colore grigio e marrone (**ba3**), a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di limi e limi sabbiosi di colore grigio scuro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate.

8.1.3.4 Coltri eluvio-colluviali

Tali terreni si rinvencono in tutta l'area di studio, in corrispondenza delle depressioni impluviali o alla base delle scarpate morfologiche più acclivi ed estese. Si tratta di depositi continentali di versante e di alterazione del substrato, costituiti da una singola litofacies a composizione sabbioso-limosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e risultano parzialmente eteropici ai riporti antropici e ai depositi alluvionali attuali e recenti. Tali depositi mostrano uno spessore massimo di circa 8 m e sono ascrivibili all'Olocene.



Foto 9 - Affioramento dei terreni sabbioso-limosa delle Coltri eluvio-colluviali (b2), nel comune di Campomarino, in sinistra del V.ne de Miglia.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

Dal punto di vista litologico si tratta di limi sabbiosi e sabbie limose di colore marrone, grigio e giallastro (**b2**), a struttura caotica o indistinta, con diffusi resti vegetali e locali ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore marrone e brunastro, a struttura caotica o indistinta, con diffusi resti vegetali e locali passaggi di sabbie e sabbie ghiaiose.

8.2 Assetto strutturale

Dal punto di vista strutturale, l'area di studio è caratterizzata da un assetto piuttosto regolare ed omogeneo, dovuto essenzialmente alle ultime fasi di tettonica distensiva e trascorrente che hanno interessato i settori più esterni della Catena Appenninica. Tale tettonica si esplica fondamentalmente attraverso faglie dirette e transtensive ad alto angolo, caratterizzate da modesta estensione areale e da rigetti variabili da qualche metro a poche decine di metri. I principali elementi strutturali smembrano, localmente, i litotipi più antichi in blocchi geometrici di modeste dimensioni, che risultano variamente basculati e dislocati tra loro.

In relazione all'elevata erodibilità dei termini litologici affioranti ed alla diffusa presenza di depositi di copertura recenti, non è stato possibile rilevare sul terreno dati diretti circa gli elementi tettonici presenti nell'area, che non si presentano mai con morfologie proprie e chiaramente identificabili. L'unico elemento tettonico riconosciuto nei settori studio è rappresentato, infatti, dalla faglia che borda verso NW la superficie terrazzata su cui sorge il centro abitato di Campomarino, in prossimità del fondovalle del F. Biferno.

Tale elemento presenta un andamento circa SW-NE e risulta ricoperto dai Depositi alluvionali terrazzati presenti lungo il margine sud-orientale della piana. La faglia è caratterizzata da un piano di taglio sub-verticale e, come visibile dai dati di sondaggio, ribassa i termini litologici del substrato presenti al centro della piana di circa 25-30 m rispetto a quelli presenti lungo il rilievo di Campomarino.

9 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 (Demangeot 1965; Rapisardi 1978; Parea 1986; Aucelli et al. 1996; Ascione et al. 2008) che ha prodotto, nel corso del tempo, costanti incrementi dell'energia di rilievo e marcati approfondimenti del reticolo idrografico locale (Calamita et al. 2011).

9.1 Morfologia e sedimentologia della zona costiera

Dal punto di vista morfologico e sedimentologico, il settore di territorio compreso tra il centro abitato di Termoli e la foce del F. Fortore è caratterizzato da una costa bassa a spiaggia prevalentemente sabbiosa (Parea 1978; Brondi et al. 1976). Alla spalle della costa sono presenti vari ordini di terrazzi quaternari, costituiti da terreni pelitici di ambiente costiero e da depositi sabbioso-ghiaiosi di ambiente litorale ed alluvionale, che passano verso l'interno ad un esteso altopiano intagliato nei sedimenti pliocenici presenti fino a rilievi più esterni della Catena Appenninica (Demangeot 1965; Parea 1978; Aucelli et al. 2009a; Calamita et al. 2011).

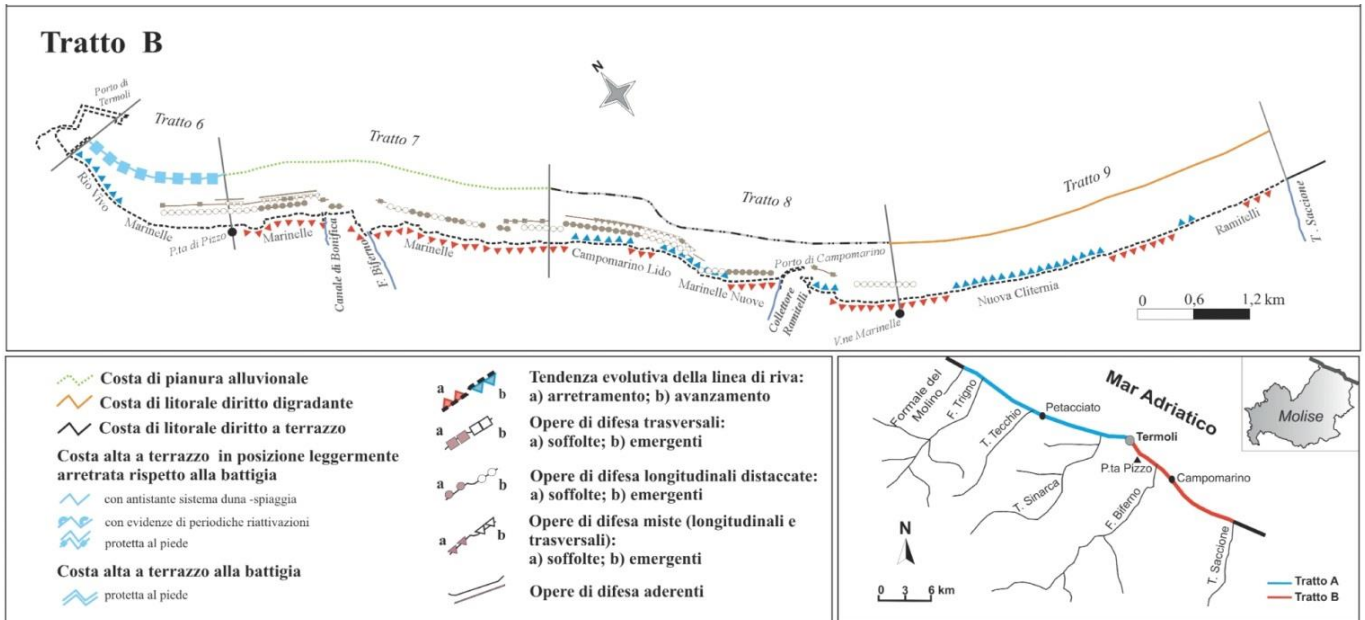


Figura 7 – Schema di sintesi di morfotipi costieri, tendenze evolutive e strutture di protezione costiera presenti lungo la costa molisana (da Aucelli et al. 2009a).

In generale, lungo tutto il margine appenninico, è chiaramente individuabile una scarpata più o meno ripida e frastagliata dall'erosione, interrotta solo in corrispondenza dei corsi d'acqua più importanti ed estesi (Parea 1986; Aucelli et al. 2009a). A monte di questa scarpata, per una larghezza generalmente non superiore ai 4÷6 km, i crinali che separano le principali incisioni fluviali sono caratterizzati dalla presenza di estese scarpate che rappresentano le antiche linee di costa (Parea 1986). Il relazione al continuo sollevamento del fronte della catena, le varie linee di costa intagliate dal mare nei periodi di livello alto (stadi interglaciali) sono state sollevate, sotto forma di terrazzi marini, fino a quote superiori ai 400 m circa s.l.m. (Demangeot 1965; Parea 1986).

L'evoluzione recente del tratto di costa in esame è controllato da una prevalente tendenza all'erosione, che ha interessato soprattutto i tratti costieri che includono le principali foci fluviali (Parea 1978; Aucelli et al. 2004; Iannantuono 2007; Aucelli et al. 2009a). L'arretramento della costa, ovviamente, è minore in corrispondenza dei segmenti di spiaggia addossati alla falesia e più accentuato lungo i tratti di spiaggia bassa, dove l'elevato tasso di erosione marina ha prodotto lo smantellamento quasi completo dei delta a cuspidi dei principali corsi d'acqua dell'area (Parea 1978; Aucelli et al. 2009a). Solo in corrispondenza di ridottissimi segmenti di costa le spiagge risultano in accrescimento, come nei settori al riparo di barriere frangiflutto e a ridosso delle principali opere portuali, sul lato sopraflutto (Parea 1978).

9.2 Morfologia delle aree fluviali

I settori costieri dell'Appennino meridionale sono caratterizzati dalla presenza di numerosi corsi d'acqua di una certa importanza, che incidono la spianata posta tra i settori di catena ed il mare con percorsi grossomodo perpendicolari alla linea di costa (Demangeot 1965; Parea 1978; Aucelli et al. 2009a; Roskopf & Scorpio 2013). Ai suddetti elementi idrografici si aggiungono, localmente, corsi d'acqua secondari di scarsa rilevanza e incisioni torrentizie che drenano solo ridotte porzioni dei settori collinari posti a monte della zona costiera attuale.

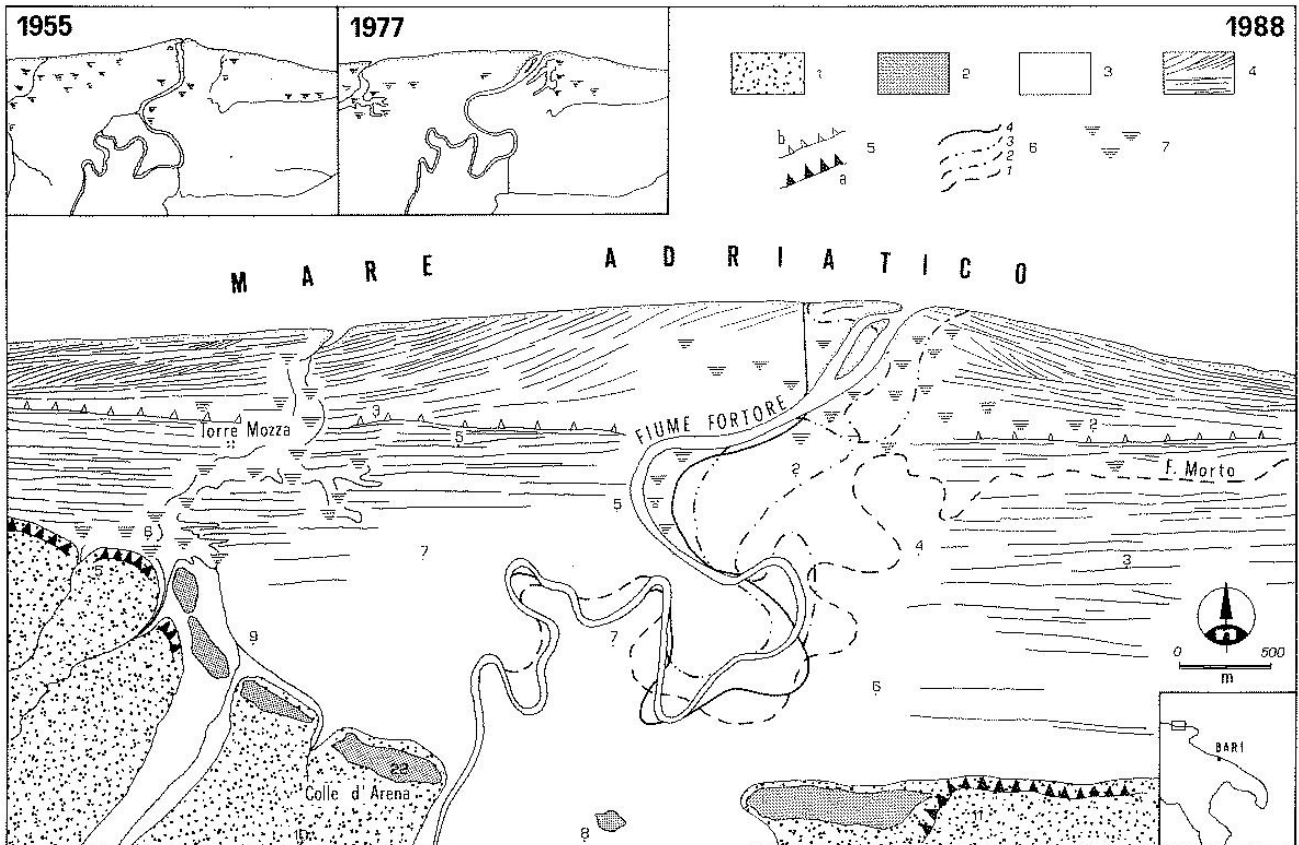


Figura 8 – Aspetti morfologici della zona di foce del F. Fortore: 1) depositi alluvionali terroso-sabbiosi pre-olocenici; 2) lembi residui di un cordone dunare costruito probabilmente durante l’optimum climatico; 3) depositi alluvionali olocenici; 4) allineamenti di creste di dune; 5) ripe di abrasione marina, a) dell’Olocene medio e b) recenti; 6) posizioni successive dell’alveo del F. Fortore; 7) aree paludose in parte bonificate (da Mastronuzzi et al. 1989).

I principali corsi d’acqua che sfociano nel tratto di litorale compreso tra Termoli e la Punta delle “Pietre Nere” sono rappresentati, da Nord a Sud, dal Fiume Biferno, dal Torrente Saccione e dal Fiume Fortore (Brondi et al. 1976). Nei settori di valle, i suddetti fiumi scorrono principalmente nei depositi alluvionali quaternari e nelle successioni pelitiche plio-pleistoceniche mentre, verso monte, risultano incisi nelle formazioni calcareo-marnose e pelitico-arenacee del Miocene (Brondi et al. 1976; Calamita et al. 2011).

Il F. Fortore, prima di giungere nell’attuale piana costiera, incide con una valle ampia e relativamente poco profonda, costituita da un analogo ripiano che lo stesso corso d’acqua aveva costruito durante la sua precedente fase evolutiva (Mastronuzzi et al. 1989). Tale ripiano, localmente elevato fino a 25 m di quota, si affaccia sulla piana attraverso un gradino di abrasione alto tra i 5 ed i 10 m, al piede del quale si riconoscono i lembi del cordone dunare di Colle dell’Arena (Mastronuzzi et al. 1989).

La piana costiera attuale è a sua volta articolata in un tratto interno ed uno esterno, che comprende tra l’altro l’attuale apparato deltizio (Mastronuzzi et al. 1989). Questi tratti si distinguono per il differente orientamento dei numerosi allineamenti di creste dunari e sono separati, dal punto di vista morfologico, da un gradino rettilineo allungato in direzione E-W ed elevato di circa 2 m. Nel tratto più interno, esteso tra i 5 ed i 7 m di quota, le creste dunari sono sempre parallele fra loro e allungate mediamente in direzione circa E-W. Nel tratto più esterno invece,

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

elevato fino ai 3 m di quota, le creste dunari sono disposte a ventaglio aperto verso l'entroterra, simmetricamente rispetto al corso d'acqua e con cerniera in corrispondenza della sua foce (Mastronuzzi et al. 1989).

9.3 Morfologia dei versanti collinari

I rilievi collinari che bordano fascia costiera derivano dall'interazione tra diversi fattori e processi morfogenetici. Tra questi, i principali sono: la natura litostrutturale delle diverse successioni affioranti, i fenomeni di sollevamento generalizzato che hanno interessato l'area dopo l'emersione del Pleistocene inferiore, le variazioni climatiche ed eustatiche, il conseguente approfondimento del reticolo idrografico e, infine, l'intensa morfogenesi di versante (Demangeot 1965; Ascione et al. 2008; Calamita et al. 2011; Piacentini et al. 2015).

La struttura e la forma dei versanti, insieme alle caratteristiche del reticolo idrografico e alla distribuzione dei processi geomorfologici, consentono di definire i principali elementi del rilievo in relazione ai fattori morfogenetici che ne hanno determinato la genesi (Centamore et al. 1997; Piacentini et al. 2015). In particolare, si individuano forme tipo *cuesta*, in corrispondenza di intercalazioni arenacee più resistenti all'interno delle successioni marine plio-pleistoceniche, o forme tipo *mesa*, con sommità del rilievo pianeggiante e caratterizzata dalla presenza di litologie resistenti all'erosione (Piacentini et al. 2015).

A causa della presenza di termini litologici di substrato costituiti da successioni argilloso-sabbioso-conglomeratiche con depositi erodibili sovrastati da litotipi più competenti, l'area è spesso interessata da fenomeni gravitativi di differente tipologia e intensità (Demangeot 1965; Centamore et al. 1997; Piacentini et al. 2015; Sciarra et al. 2016; Bozzano et al. 2017). Le caratteristiche morfologiche dei processi di versante sono essenzialmente controllate dalle diverse condizioni orografiche, idrografiche, litostrutturali, climatiche e vegetazionali (Piacentini et al. 2015; Bozzano et al. 2017).

In particolare, i fenomeni di colamento e scivolamento traslativo o rotazionale sono molto diffusi in corrispondenza dei versanti più acclivi, dove affioranti litotipi prevalentemente pelitici (Centamore et al. 1997; Piacentini et al. 2015). I fenomeni complessi costituiti da crolli, ribaltamenti, scivolamenti e colamenti sono invece presenti lungo i versanti caratterizzati da termini ghiaioso-sabbiosi dei terrazzi fluviali o da litologie di substrato sabbioso-conglomeratiche poste al tetto della successione plio-pleistocenica (Centamore et al. 1997; Piacentini et al. 2015). Infine, le deformazioni superficiali lente (quali creep e soliflussi) hanno una grande diffusione in tutto il settore pedemontano-collinare e interessano in modo particolare le coltri eluvio-colluviali e fasce di alterazione del substrato argilloso (Centamore et al. 1997).

10 ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE

L'area di studio, in relazione con la complessa evoluzione geologica subita, risulta fortemente influenzata dal locale assetto stratigrafico e strutturale dei termini litologici affioranti, oltre che dai fenomeni di modellamento superficiale che l'hanno interessata durante tutto il quaternario e dalle importanti variazioni eustatiche succedutesi nel tempo.

L'evoluzione morfologica del territorio ed i principali elementi geomorfologici rilevati, pertanto, sono connessi principalmente ai meccanismi di erosione ed accumulo operati dalle acque superficiali, continentali e marine. Ad essi si aggiungono, inoltre, locali elementi di origine strutturale e gravitativa, forme e depositi connessi con l'attività antropica ed elementi di genesi mista dovuti all'azione congiunta di più fattori morfogenetici.

10.1 Elementi idrografici

In generale, la struttura della rete idrografica locale è fortemente influenzata dalle caratteristiche morfologiche del territorio e dalla natura litologica dei terreni affioranti. Nelle aree collinari più interne ed in corrispondenza dei principali terrazzi morfologici, il reticolo idrografico locale presenta uno sviluppo poco ramificato ed un *pattern* sub-dendritico che segue, almeno in parte, i principali allineamenti strutturali dell'area. Nei settori di piana alluvionale e costiera, al contrario, la rete idrografica superficiale risulta piuttosto sviluppata e articolata, anche se profondamente modificata dalle numerose opere di bonifica e regimazione idraulica realizzate nel corso degli ultimi secoli.



Foto 10 – Vista panoramica dell'alveo attuale del F. Biferno, in prossimità di Località Marinelle Vecchie.

Il principale corso d'acqua dell'area di studio è rappresentato dal Fiume Biferno, che scorre in direzione all'incirca SSW-NNE in corrispondenza del limite territoriale tra i comuni di Termoli e Campomarino. Nel settore centro-meridionale dell'area si rinviene invece il Torrente Saccione, che scorre in direzione circa SSW-NNE in corrispondenza del confine territoriale tra la Regione Molise e la Regione Puglia. Nel tratto più meridionale dell'area di studio si rinviene infine il Fiume Fortore, che si sviluppa in direzione circa SSW-NNE, che scorre circa 1.7 km al di fuori della zona di intervento.

Tutti i corsi d'acqua più importanti presentano un carattere perenne e hanno recapito nel Mare Adriatico. Ad essi si aggiungono altri corsi d'acqua secondari, a carattere generalmente stagionale e/o torrentizio, e numerosi solchi da ruscellamento concentrato, attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTE 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

10.2 Elementi strutturali e tettonici

Un importante ruolo nell'evoluzione morfologica del territorio è svolto, ovviamente, dall'assetto strutturale dei litotipi affioranti e dal loro differente grado di erodibilità. Quest'ultimo risulta legato, essenzialmente, alla natura litologica dei depositi ed alla loro età, nonché al relativo grado di alterazione e diagenesi degli stessi.

In generale, la morfogenesi selettiva ha portato allo sviluppo di forme morbide e poco marcate, con rilievi generalmente poco acclivi ed estesi intervallati ad ampie spianate di genesi marina ed alluvionale. La continuità del paesaggio è localmente interrotta da alte scarpate di erosione fluviale e marina, intagliate nei terreni sabbioso-conglomeratici del substrato pleistocenico, particolarmente evidenti nei settori nord-occidentali dell'area di intervento, tra Termoli e Campomarino, e nella parte più meridionale della stessa.

Dal punto di vista giaciturale, tutte le successioni sedimentarie presenti nei settori di studio sono caratterizzate da un assetto prevalentemente tabulare o, al più, blandamente immergente verso la costa. Ciò si traduce in un assetto morfologico essenzialmente dolce e poco articolato, anche se spesso interrotto da ampie valli di erosione fluviale. Infine, gli elementi tettonici che interessano i termini litologici del substrato sono piuttosto rari e limitati alla faglia sub-verticale presente nei settori nord-occidentali del terrazzo morfologico di Campomarino, in corrispondenza del margine sud-orientale del fondovalle del F. Biferno.

10.3 Forme poligeniche

L'intero settore di studio è caratterizzato dalla presenza di diversi fattori morfogenetici, che interessano i terreni affioranti con intensità e caratteristiche differenti, spesso sovrapponendosi e combinandosi in vario modo tra loro. Ad essi va aggiunto, inoltre, l'importante ruolo svolto dalle caratteristiche stratigrafiche e sedimentologiche dei litotipi affioranti, nonché dagli elementi strutturali e tettonici localmente presenti.

Da questo quadro geomorfologico derivano, quindi, una serie di forme poligeniche originate dalla complessa sovrapposizione dei differenti fattori morfogenetici agenti sul territorio. Tali elementi sono rappresentati da estese scarpate morfologiche di origine fluviale o marina, spesso con influenza strutturale e attualmente in evoluzione per fenomeni di dilavamento, alterazione ed erosione. Non di rado, inoltre, i suddetti elementi risultano ulteriormente rielaborati dall'attività antropica, che tende a riprendere e riadattare le forme geomorfologiche più importanti già presenti sul territorio.

10.4 Forme, processi e depositi gravitativi

I fenomeni gravitativi di versante, nell'attuale contesto morfoclimatico, rappresentano un fattore morfoevolutivo di secondaria importanza, in quanto scarsamente influenti sul modellamento dei rilievi e sull'evoluzione morfologica generale dell'intero territorio in esame. Infatti, a causa dell'assetto morfologico piuttosto regolare e blandamente degradante verso i settori costieri, i suddetti elementi geomorfologici sono piuttosto rari e comunque limitati alle scarpate morfologiche che bordano le superfici terrazzate più estese.



Foto 11 – Movimento franoso di genesi complessa presente nei settori nord-occidentali dell'area di studio, in località Rio Vivo, al margine della superficie terrazzata su cui sorge l'area industriale di Termoli.

Per quanto detto in precedenza, gran parte dei fenomeni gravitativi presenti nell'area si rinvencono nei settori nord-occidentali della zona di intervento, in corrispondenza delle scarpate morfologiche che bordano le superfici terrazzate su cui sorgono i centri abitati di Termoli e Campomarino. Ulteriori elementi di dissesto, più sporadici e con minore intensità morfoevolutiva, si rinvencono inoltre nei settori sud-orientali dell'area di studio, tra i fondovalle del Fiume Fortore e del Vallone della Castagna.

Si tratta essenzialmente di piccole movimenti franosi in terra, riconducibili a colamenti, scivolamenti e frane complesse con stato variabile dall'attivo al quiescente. I fenomeni presentano spessori piuttosto contenuti, generalmente variabili tra 1 e 5 m circa, e una estensione areale molto limitata, in quanto condizionata dalla ridotta altezza morfologica delle scarpate da cui si originano. La distribuzione dei movimenti franosi è generalmente retrogressiva e connessa al progressivo arretramento morfologico delle scarpate ad opera dei fenomeni di erosione superficiale.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTE 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

Ai suddetti elementi si aggiungono, inoltre, ulteriori fenomeni di dissesto di minore importanza ed intensità, quali crolli e processi di deformazione viscosa delle coltri (*creep* e/o soliflusso). I primi sono limitati ai banchi lapidei di natura arenacea e conglomeratica affioranti in corrispondenza delle scarpate morfologiche più acclivi ed estese, come quella che borda i settori nord-occidentali del terrazzo morfologico su cui sorge il centro abitato di Campomarino. I secondi si rinvencono, invece, in corrispondenza dei versanti e delle scarpate morfologiche dove affiorano termini litologici prevalentemente sabbioso-limosi e argilloso-sabbiosi, prevalentemente in associazione a movimenti franosi s.s. e fenomeni di erosione superficiale concentrata.

10.5 Forme, processi e depositi dovuti alle acque correnti superficiali

Le maggiori forme di accumulo connesse al deflusso idrico superficiale derivano, essenzialmente, dai processi deposizionali dei principali sistemi fluviali presenti, che conferiscono all'area di studio una morfologia blandamente ondulata e piuttosto regolare. Tali depositi presentano al loro interno vistose variazioni granulometriche e tessiturali, dovute fondamentalmente all'elevata variabilità spazio-temporale dei processi di accumulo, e tendono a creare dei complessi sistemi deposizionali parzialmente interdigerati con i depositi marini recenti della piana costiera adriatica.

In corrispondenza dei corsi d'acqua principali, e lungo gli alvei di quelli secondari, si rinvencono vistose scarpate fluviali e zone di erosione laterale delle sponde. Gli alvei secondari mostrano, in generale, una marcata tendenza all'approfondimento, mentre i corsi d'acqua più importanti sono caratterizzati da zone di erosione laterale e settori di prevalente deposizione. Ulteriori scarpate fluviali, ormai inattive e fortemente degradate, sono inoltre presenti in corrispondenza dei margini delle incisioni fluviali più estese, in particolare nei settori di affioramento di antichi terrazzi alluvionali.

Infine, in corrispondenza dei rilievi collinari e dei settori terrazzati, sono presenti chiari fenomeni erosivi connessi col deflusso non regimato delle acque correnti superficiali, come solchi di erosione concentrata e vallecole a fondo concavo. I primi sono particolarmente diffusi nelle aree di affioramento di termini litologici sciolti o poco consistenti, mentre i secondi sono più frequenti nelle aree di affioramento di termini arenacei e conglomeratici. Tali elementi portano, in genere, all'accumulo di frequenti depositi eluvio-colluviali alla base delle principali scarpate morfologiche e delle aree impluviali più estese, che localmente possono superare i 3 m di spessore.

10.6 Forme, processi e depositi di origine marina

Gli elementi connessi con l'azione delle acque marine risultano particolarmente diffusi in tutta l'area di studio, che si sviluppa sempre a breve distanza dalla costa adriatica. La spiaggia attuale, essenzialmente sabbiosa, presenta una modesta estensione areale ed è caratterizzata da prevalenti fenomeni erosivi, anche se non mancano locali settori di accumulo in corrispondenza delle scogliere in pietra più importanti.

In posizione più interna si rinviene, quindi, un'ampia pianura costiera che si estende per diverse centinaia di metri tra la spiaggia attuale ed i primi terrazzi morfologici. La piana è costituita da una serie di dune e cordoni litorali estesi in direzione circa parallela alla linea di costa, localmente intervallati da ampie depressioni morfologiche che corrispondono ad antichi sistemi lagunari o di stagno costiero. Localmente, la continuità della piana costiera è interrotta dalle foci dei principali sistemi fluviali dell'area, come quello del F. Biferno e del T. Saccione.



Foto 12 – Veduta d’insieme della piana costiera recente di Località Pantano, a SE del centro abitato di Termoli, bordata verso l’interno da un’importante scarpata marina intagliata nei depositi sabbioso-conglomeratici del substrato pleistocenico dell’area.

Verso l’interno sono invece presenti ampie superfici terrazzate di origine sia marina che fluviale, distribuite su più ordini di differente età ed importanza. Le superfici marine sono prevalentemente di tipo erosivo e risultano intagliate, praticamente ovunque, nei termini sabbioso-conglomeratici del substrato pleistocenico. Tali superfici risultano delimitate verso il mare da estese scarpate di abrasione marina, ad andamento circa parallelo all’attuale linea di costa.

10.7 Forme antropiche e manufatti

I principali elementi connessi con l’attività antropica sul territorio sono rappresentati dai numerosi manufatti realizzati in corrispondenza delle principali zone urbanizzate e da tutti gli elementi connessi con la costruzione delle principali infrastrutture a rete. Ad essi si aggiungono, localmente, importanti attività estrattive per il reperimento di inerti e materiali da costruzione.

Nei settori più antropizzati si rinvencono, inoltre, estesi terreni di riporto provenienti da cavature e sbancamenti, realizzati sia nei termini litologici del substrato che nei depositi di copertura continentali e marini. La maggior parte delle zone di riporto corrispondono, ovviamente, ai rilevati delle principali infrastrutture a rete ed ai terreni accumulati in corrispondenza delle aree urbane più importanti.

Ai suddetti elementi si aggiungono, ovviamente, numerosi tagli e scarpate antropiche realizzate sia lungo le principali arterie stradali che in corrispondenza di fabbricati e abitazioni. Tali elementi presentano in genere altezze contenute, raramente superiori ai 3 m, e sono spesso posti in corrispondenza di elementi geomorfologici e scarpate naturali preesistenti.

Infine, lungo gli alvei dei maggiori corsi d’acqua dell’area, sono presenti numerose opere di regimazione idraulica, rappresentate da briglie e argini artificiali. In corrispondenza del litorale adriatico, invece, sono presenti importanti scogliere in pietra per la difesa della linea di costa dall’erosione.

10.8 Evoluzione della foce del Fiume Biferno

La dinamica e l'evoluzione geomorfologica del basso corso del Fiume Biferno sono il risultato di una complessa interazione di numerosi fattori, come clima, contesto tettonico e attività antropica (Aucelli et al. 2009b; Scorpio et al. 2015; Amorosi et al. 2016). In particolare, l'evoluzione olocenica dei sistemi fluviali ha risentito direttamente dei cambiamenti climatici che si sono succeduti a partire dall'ultima glaciazione, oltre che dalla presenza dell'uomo (Aucelli et al. 2009b; Scorpio et al. 2015). Tutti questi elementi hanno portato ad alterne fasi di avanzamento e arretramento della linea di costa, che ne hanno fortemente condizionato lo sviluppo recente (Parea 1978; Iannantuono 2007; Aucelli et al. 2009a; 2009b).

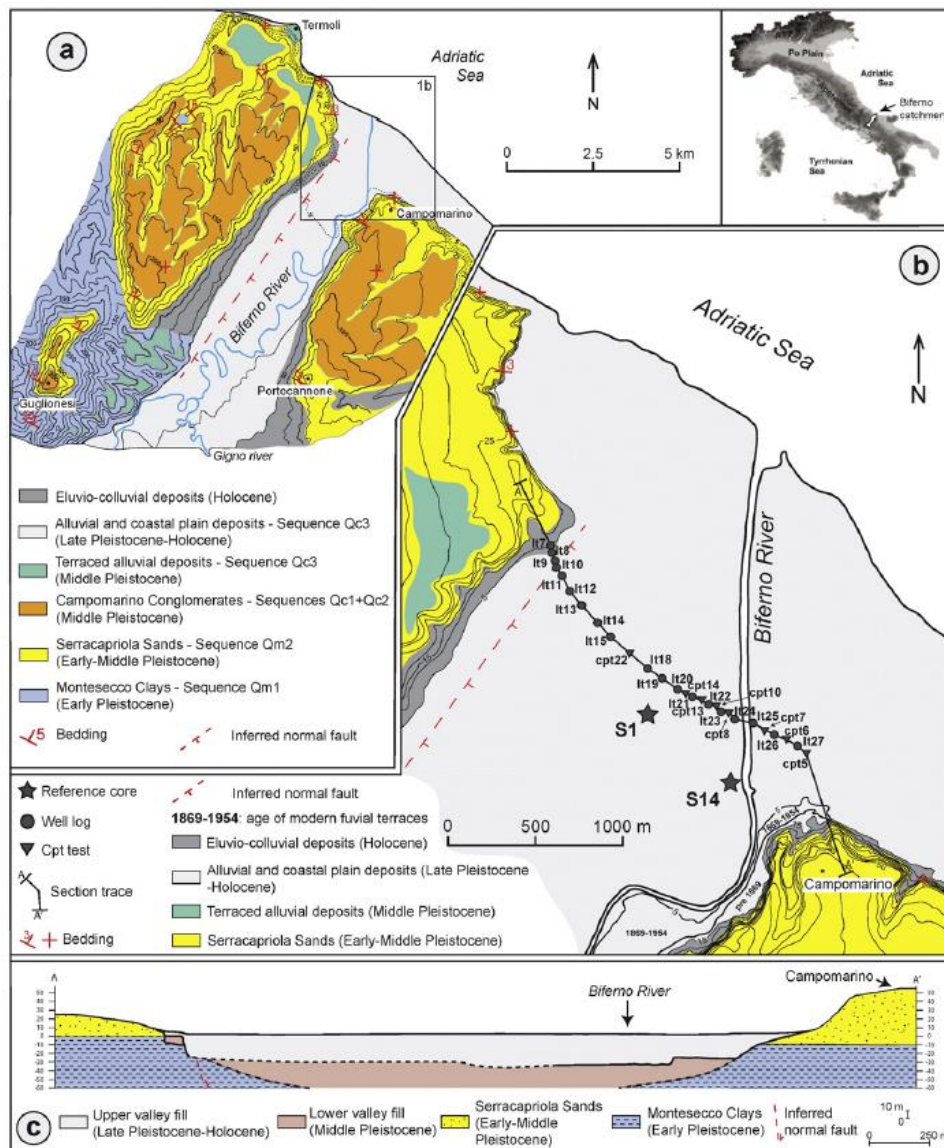


Figura 9 – Piana costiera del Fiume Biferno (da Amorosi et al. 2016): a) schema geologico della bassa valle del Fiume Biferno, b) schema geologico di dettaglio del sistema di foce, c) sezione trasversale nella zona di foce.

Come evidenziato da numerosi studi geomorfologici (Aucelli & Roskopf 2000; Surian & Rinaldi 2003; Aucelli et al. 2009b), nel corso degli ultimi 50 anni la maggior parte dei corsi d'acqua italiani ha subito rapide e consistenti variazioni morfologiche e piano altimetriche del proprio alveo fluviale. Nella quasi totalità dei casi, si tratta di fenomeni di restringimento dell'alveo fluviale e della pianura alluvionale, oltre che di abbassamento del fondo del letto (Aucelli et al. 2009b; Ziliani & Surian 2012; Scorpio et al. 2015).

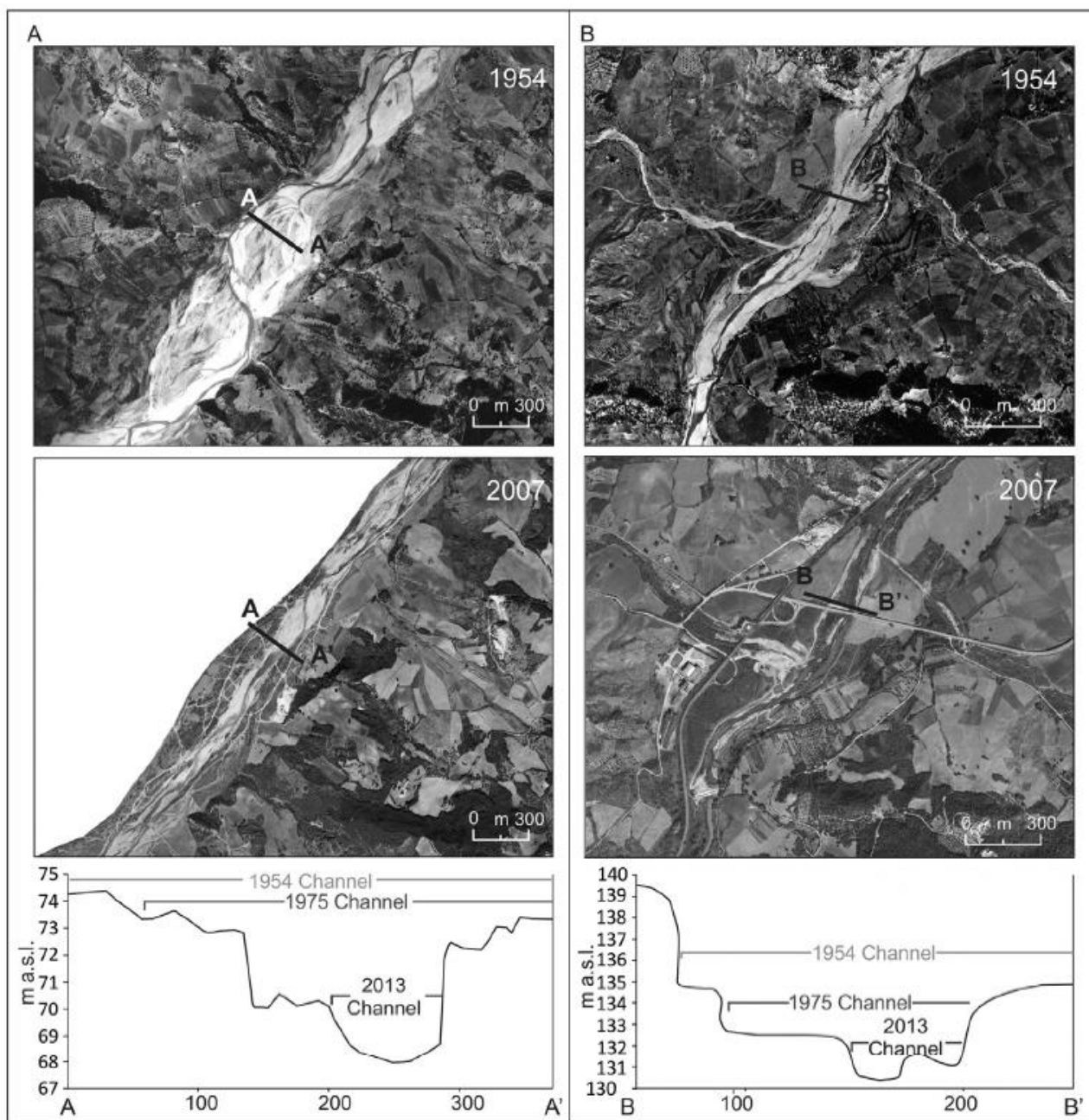


Figura 10 – Sezioni trasversali mostrandoti l'incisione del canale fluviale durante il periodo compreso tra il 1954 e il 2013 (da Scorpio et al. 2015): a) Fiume Trigno; b) Fiume Biferno.

Il basso corso del Fiume Biferno si sviluppa interamente a valle dell'invaso artificiale di Guardialfiera e si sviluppa, per circa 22 km in direzione SW-NE fino alla costa adriatica. Questa porzione di fondovalle è caratterizzata dalla presenza di quattro ordini di terrazzo, che bordano l'alveo attuale e la sua relativa piana alluvionale (Aucelli et al. 2009b; Roskopf & Scorpio 2013). Le analisi morfologiche condotte su questo settore hanno evidenziato che il tratto di monte, compreso tra la diga di Guardialfiera e lo sbocco del Vallone delle Tortore, è quello che ha subito le variazioni morfologiche più importanti nel corso degli ultimi decenni, soprattutto a causa della realizzazione dell'invaso artificiale (Aucelli et al. 2009b).

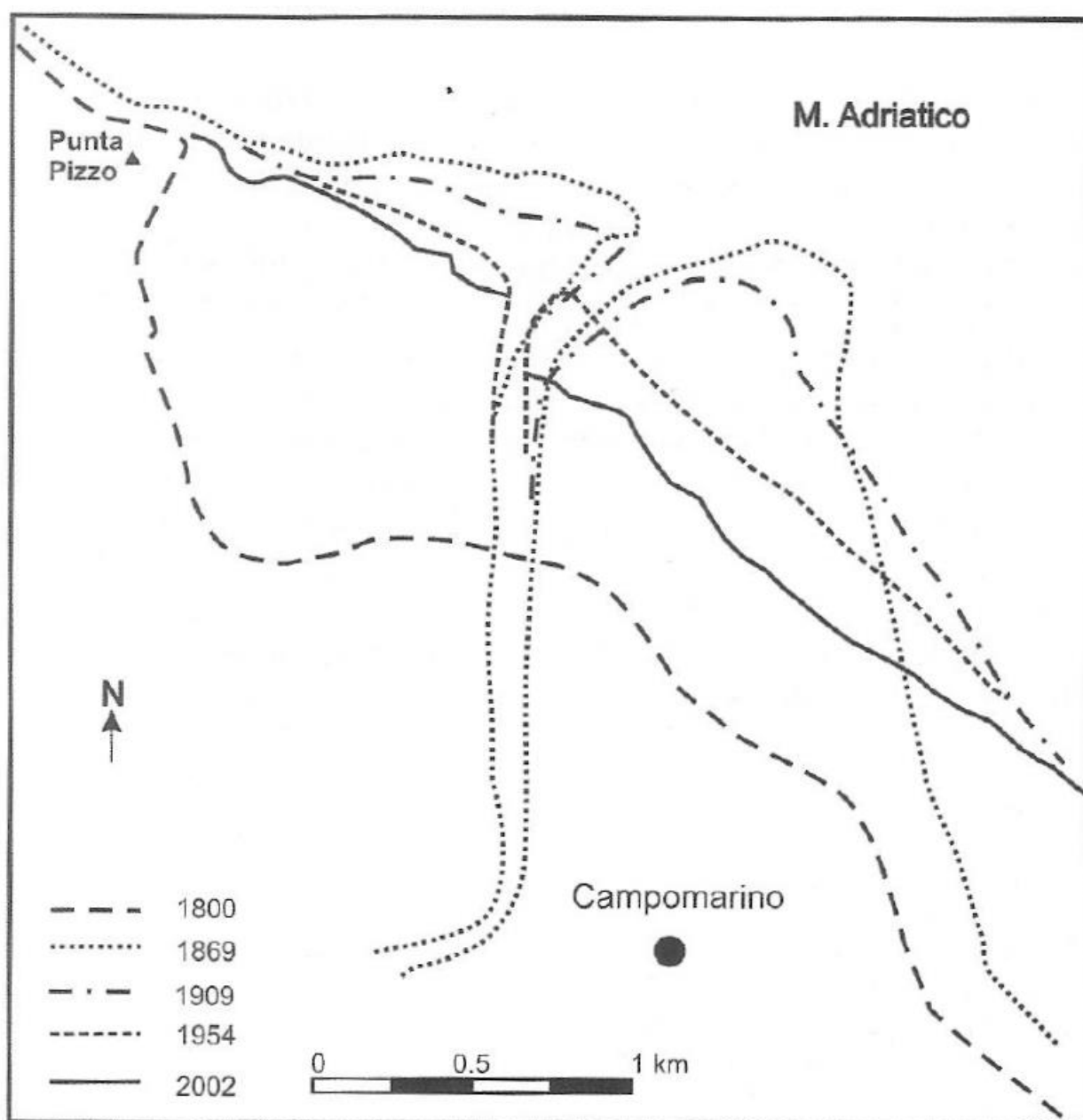
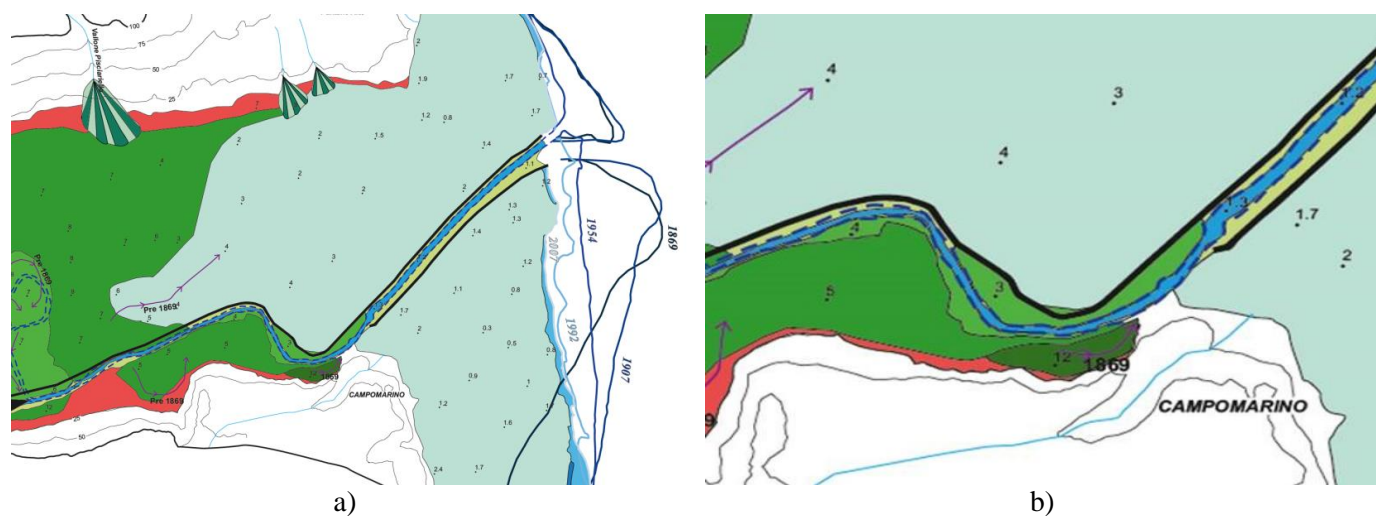
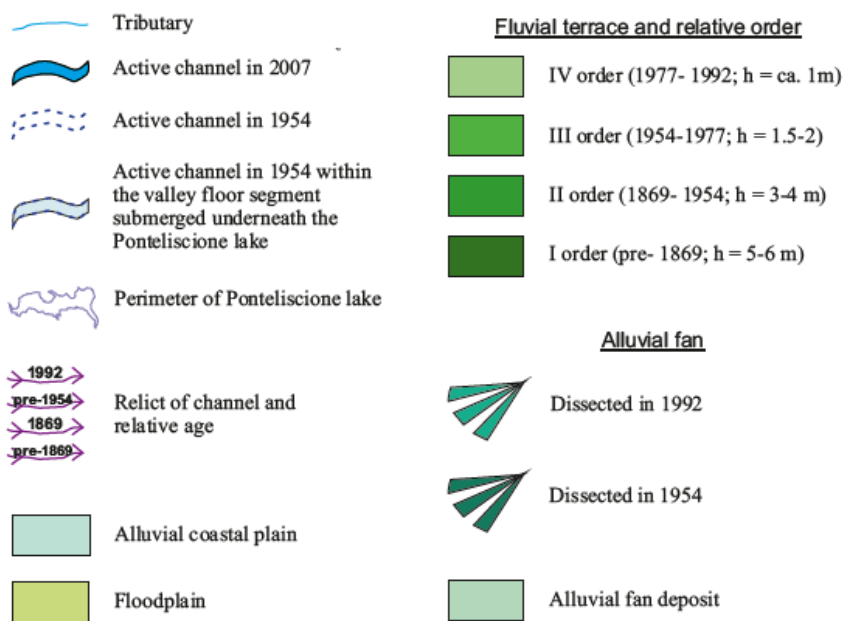


Figura 11 – Evoluzione morfologica recente della foce del Fiume Biferno tra 1800 al 2004 (da Aucelli et al. 2009).

Il tratto nord-occidentale del fondovalle, compreso tra lo sbocco del Vallone delle Tortore e la costa adriatica, è stato invece caratterizzato da una evoluzione morfologica poco evidente nel corso degli ultimi decenni (Aucelli et al. 2009b), in quanto conserva una morfologia d'alveo di tipo meandriforme con canale monocursale a media sinuosità (Aucelli et al. 2009b; Rosskopf & Scorpio 2013). Tra il 1869 e il 1954 le variazioni morfologiche consistono essenzialmente nella formazione e nell'accentuazione di alcune anse di meandro, come quella posta immediatamente a valle della confluenza col Torrente Tentillo (Aucelli et al. 2009b). La relativa mobilità dell'alveo in questo periodo è testimoniata dai numerosi interventi di bonifica e protezione delle sponde realizzati all'inizio del 1900 per proteggere il tratto terminale di fondovalle dalle frequenti inondazioni (Aucelli et al. 2009b).



Fluvial landforms and deposits



c)

Figura 12 – Carta geomorfologica della foce del Fiume Biferno (da Rosskopf & Scorpio 2013): a) carta geomorfologica del basso corso del Fiume Biferno; b) dettaglio geomorfologico della zona di interesse; c) legenda geomorfologica.

Dopo il 1954, l'ansa destra che separa i due meandri subisce un taglio parziale prima con la riattivazione di un canale secondario (*chute cut-off*) e successivamente con l'abbandono definitivo dell'originario canale principale (Aucelli et al. 2009b). Tra il 1954 e il 1977 avviene anche il taglio artificiale del meandro di Drizzagno, in sinistra idrografica del Fiume Biferno, nella zona industriale di località Rivolta del Re (Aucelli et al. 2009b). L'evoluzione morfologica dell'alveo è stata accompagnata da un notevole restringimento sia dell'alveo attivo che della piana alluvionale, con un approfondimento della linea di fondo pari a 4-5 m (Aucelli et al. 2009b; Roskopf & Scorpio 2013), come testimoniato dai terrazzi di I e II ordine che già nel 1954 costituivano delle superfici terrazzate.

L'evoluzione della zona di foce del Fiume Biferno è caratterizzata, dalla fine del XVIII fino all'inizio del XX secolo, da una importante fase di progradazione che porta ad un avanzamento marcato della linea di costa (Aucelli et al. 2009b). A seguito di questa progradazione, connessa agli apporti solidi durante le ultime fasi della Piccola Età Glaciale, si genera un tipo delta a cuspidata e la foce risulta nettamente pronunciata rispetto alla costa adiacente (Aucelli et al. 2009b). Dall'inizio del XX secolo inizia quindi la progressiva riduzione del delta che, nel 1954, risulta praticamente smantellato e con un andamento plano-altimetrico molto simile all'attuale (Aucelli et al. 2009a, 2009b).

Per poter verificare in maniera puntuale e dettagliata l'evoluzione recente dei principali corsi d'acqua attraversati dalle opere in progetto, come il Fiume Biferno e il Torrente Saccione, sono state condotte una serie di analisi multitemporali su foto aeree e ortofoto di sette differenti voli. Le foto spaziano dal 1954 al 2012 e sono sintetizzate nella tabella seguente. Sulle foto aeree dei diversi voli regionali e nazionali analizzati sono stati individuati tutti i principali elementi geomorfologici, con particolare riferimento alle forme connesse al deflusso delle acque correnti superficiali, alla gravità e all'azione dell'uomo sul territorio.

Volo	Scala	Strisciata	Fotogrammi
Volo Base 1954 (I.G.M.)	1:33.000	125	4334-4336
		126	4414-4416
Volo 1988-1989 (ortofoto)	1:33.000		
Volo Regione Molise 1992	1:13.000	8-41	204-206/59-61
Volo Italia Alta Quota 1994 (ortofoto)	1:75.000		
Volo 2000	1:5.000		
Volo Regione Abruzzo 2006 (ortofoto)	1:5.000		
Volo 2012	1:5.000		

Tabella 9 – Sintesi delle foto aeree e delle ortofoto utilizzate per l'analisi multitemporale dei principali sistemi fluviali della zona di intervento.

Analisi multitemporale del Fiume Biferno



Figura 13 – A) Foto aerea 1954, B) Ortofoto 1988 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>).



Figura 14 – Foto aerea 1992.

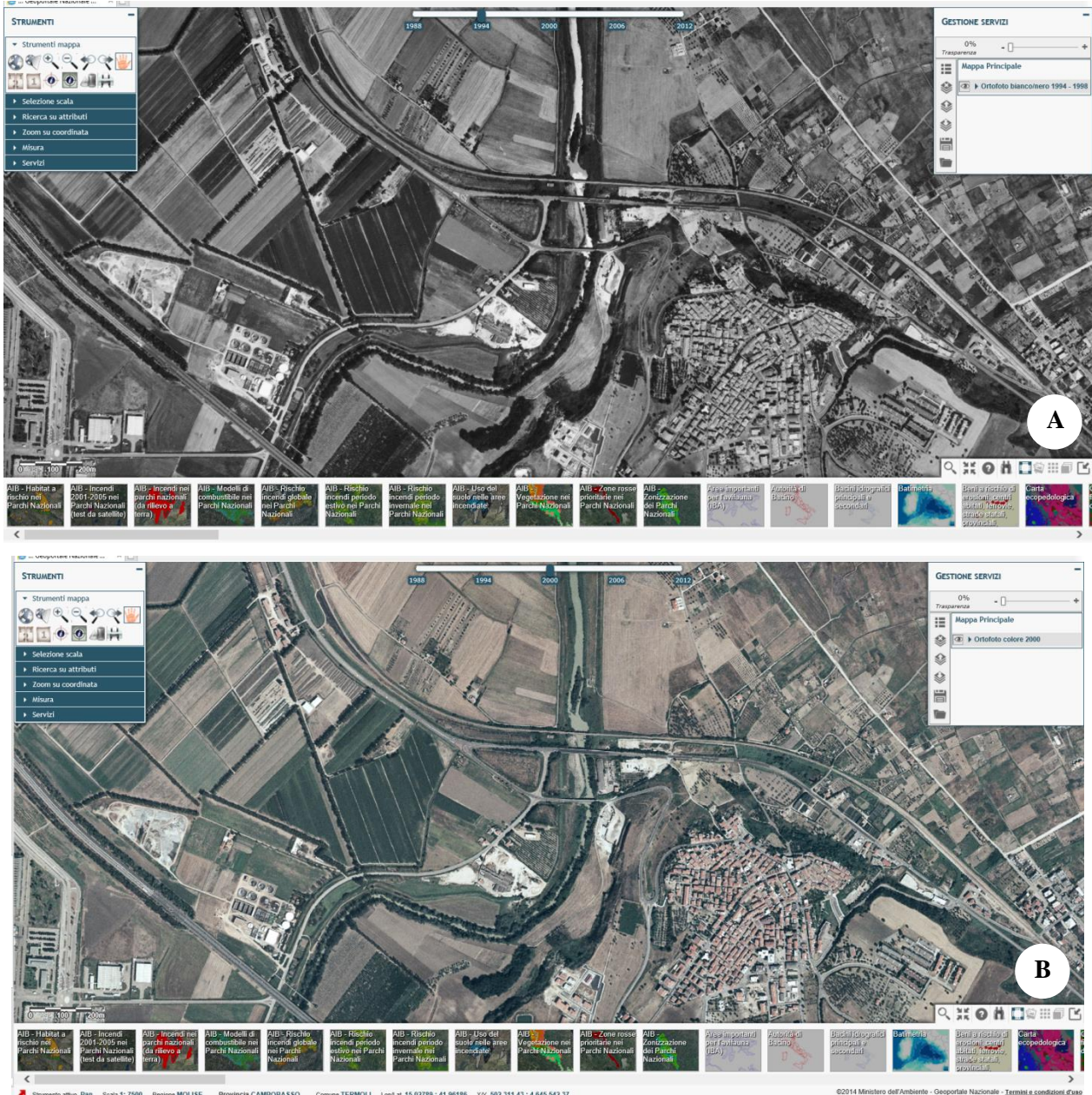


Figura 15 – A) Ortofotografia 1994 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>), B) Ortofotografia 2000 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>).



Figura 16 – A) Ortofoto 2006 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>), B) Ortofoto 2012 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>).

Analisi multitemporale del Torrente Saccione

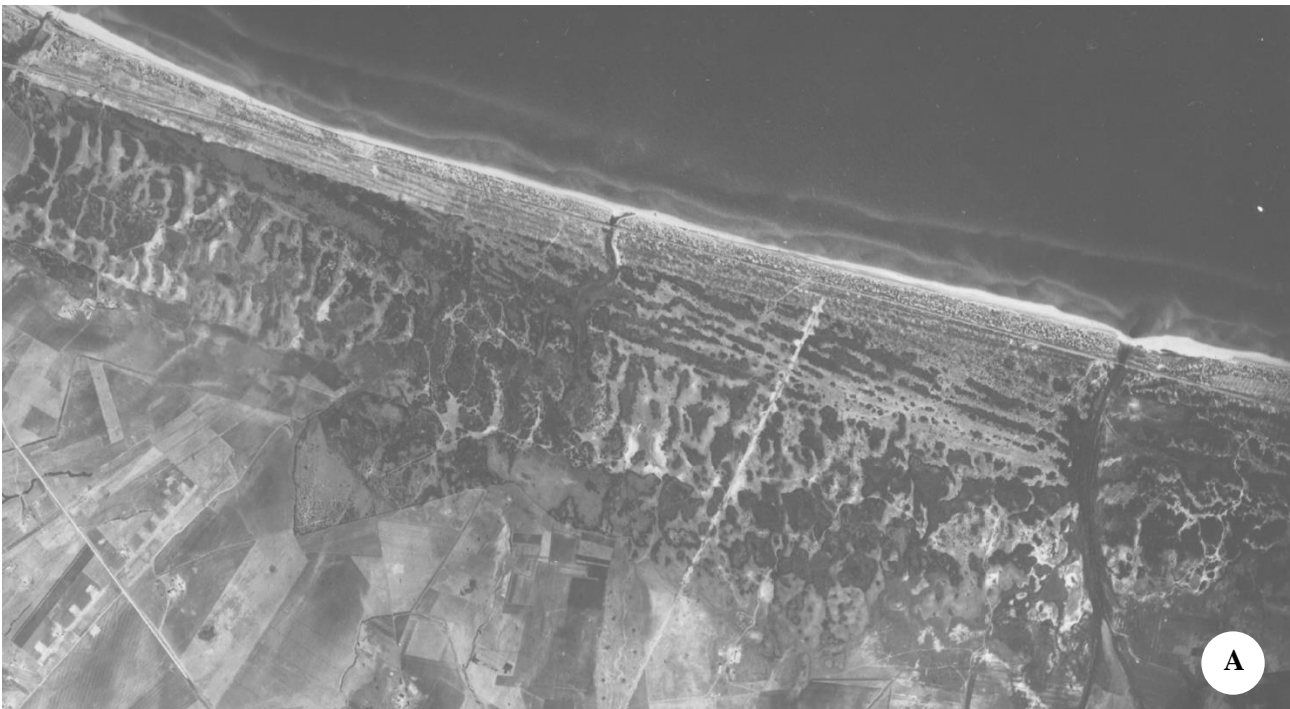


Figura 17 – A) Foto aerea 1954, B) Ortofoto 1988 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>).



Figura 18 – A) Ortofoto 1994 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>), B) Ortofoto 2000 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>).



Figura 19 – A) Ortofotografia 2006 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>), B) Ortofotografia 2012 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>).

La bassa mobilità degli alvei principali è in accordo con le informazioni geomorfologiche presenti in letteratura (Aucelli et al. 2009b; Roskopf & Scorpio 2013) e possono pertanto essere considerati stabili, con la sola eccezione di alcune piccole aree. Con l'immagine di Google Earth del 2000 è stato possibile individuare un'area interessata da un movimento gravitativo lungo il versante di Campomarino, riconducibile ad una frana di tipo complesso. Inoltre

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

si può notare come in prossimità della foce del Torrente Saccione, dal 1954 ad oggi, le aree dunari hanno subito un rapido smantellamento (Aucelli et al. 2009b), essenzialmente a causa dell'intensa antropizzazione della fascia costiera a seguito della coltivazione di cave in alveo e sui litorali, della costruzione di strutture e infrastrutture sui cordoni dunari e degli interventi di bonifica e regimazione idraulica.

Da quanto esposto risulta evidente che i settori di piana alluvionale del Fiume Biferno e del Torrente Saccione sono attualmente caratterizzati da una debole tendenza evolutiva, connessa sia alla caratteristiche climatiche e geomorfologiche dell'area che alla forte attività antropica sviluppatasi sul territorio a partire dai primi anni del 1900. In particolare, le numerose opere di regimazione idraulica e di difesa spondale realizzate in questo settore di territorio hanno permesso di mantenere praticamente invariato l'andamento del suddetto corso d'acqua in tutti i settori di territorio prossimi all'attuale linea di costa. Allo stato attuale, pertanto, gli unici fenomeni fluviali che si registrano nella piana alluvionale sono connessi all'erosione puntuale delle sponde e a sporadici fenomeni di alluvionamento delle zone più depresse, mentre non si registrano importanti fenomeni erosivi o marcate variazioni di forma del fondovalle e dei meandri che lo costituiscono.

11 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE

I settori esterni dell'Appennino meridionale sono caratterizzati da una elevata complessità delle caratteristiche idrogeologiche, riconducibile sia al particolare assetto strutturale dell'area che alla grande varietà di termini litologici affioranti (Desiderio & Rusi 2003; Allocca et al. 2007; Desiderio et al. 2007; De Vita et al. 2018). In generale, i litotipi presenti nei settori di specifico interesse progettuale possono essere riferiti all'ambito idrogeologico degli acquiferi porosi plio-quadernari (Maggiore et al. 1996; Allocca et al. 2007).

Questi acquiferi sono costituiti da sedimenti detritico-colluviali, alluvionali, lacustri e costieri, formati in ambiente subaereo o marino, in parte emersi a seguito delle fasi di sollevamento della Catena Appenninica (Maggiore et al. 1996; Allocca 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 (Allocca et al. 2007; De Vita et al. 2018).

I terreni in questione costituiscono acquiferi continui in genere eterogenei ed anisotropi, sempre permeabili per porosità e, solo in rari casi, anche per fessurazione (Celico 1986; Allocca et al. 2007; De Vita et al. 2018). Tale carattere idrogeologico è riconducibile alla natura prevalentemente clastica dei depositi, che solo in pochi casi presentano un certo grado di cementazione (Allocca 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 (Allocca 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 (Maggiore et al. 1996; Allocca et al. 2007). In particolare, possono essere individuati due distinti gruppi di ambienti sedimentari caratterizzati da differenti processi sedimentari, rispettivamente controllati dalla gravità e dalle acque di ruscellamento (Allocca et al. 2007).

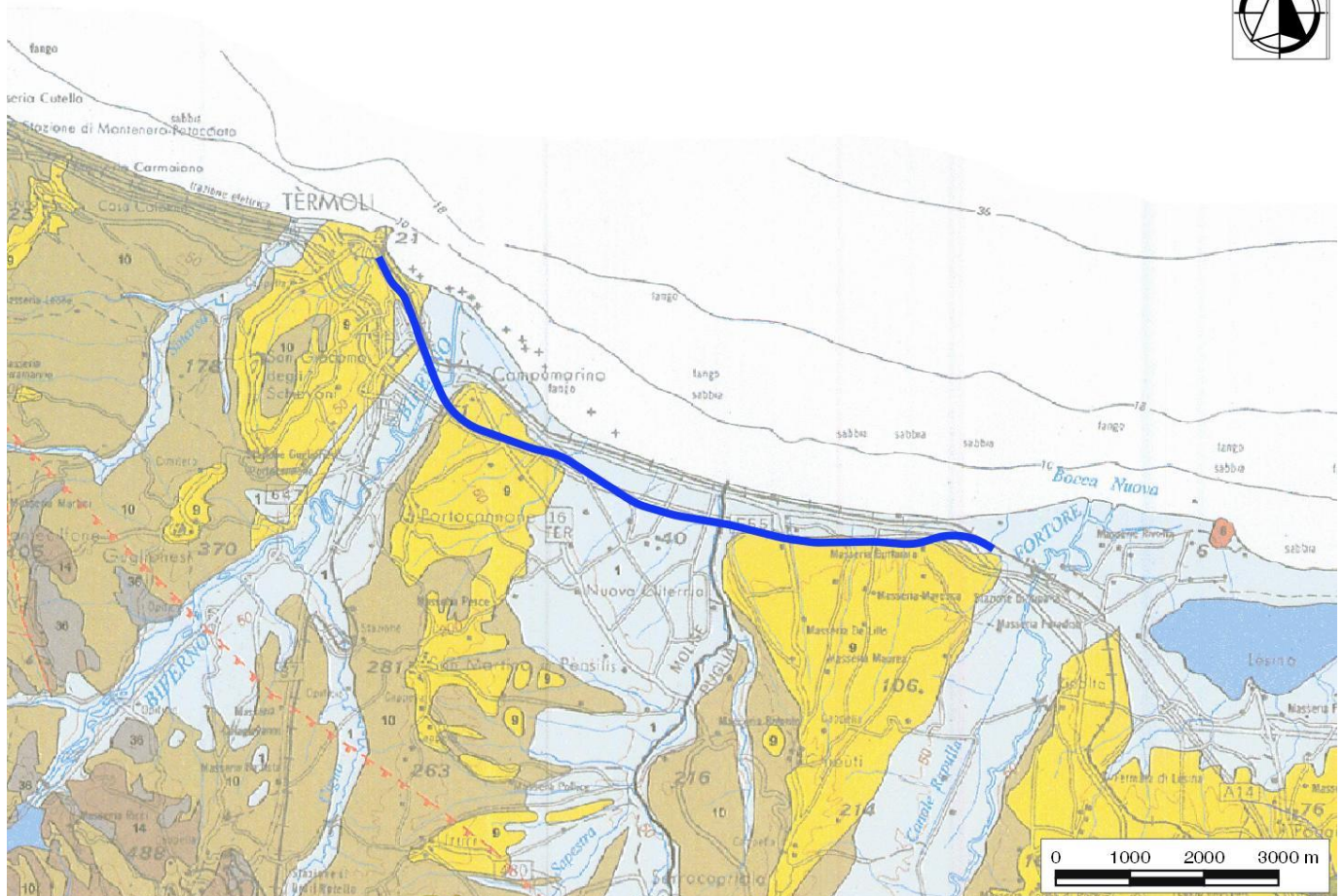


Figura 20 – Stralcio della Carta idrogeologica dell'Italia Meridionale, in scala 1:250,000 (da Allocca et al. 2007), con indicazione del tracciato di progetto (in blu).

Al primo gruppo di terreni 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 1986; Allocca et al. 2007). Nei settori dove risultano 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 (Allocca et al. 2007).

I depositi che ricadono nel secondo gruppo di ambienti sedimentari sono i più rappresentati nei settori di studio e, a loro volta, possono essere suddivisi in numerosi sub-ambienti, contraddistinti da differente energia del mezzo di trasporto idraulico (Allocca 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 (Allocca 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 (Allocca et al. 2007). Ciò comporta la deposizione di termini

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

litologici fortemente eterogenei che, per la continua divagazione dei corsi d'acqua, si ritrovano variamente giustapposti tra loro sia lateralmente che verticalmente (Celico 1986). 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. 1996; Allocca et al. 2007).

In questi ambiti idrogeologici la presenza di intercalazioni pelitiche all'interno dei depositi sabbioso-ghiaiosi determina una scomposizione del deflusso idrico sotterraneo in una serie di falde sovrapposte, da libere a confinate (Celico 1986; Allocca et al. 2007). 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 (Allocca 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 (Allocca et al. 2007). Invece, a scala globale, il comportamento di questi acquiferi è assimilabile a quello di un unico corpo idrico sotterraneo, avente un recapito unitario (Maggiore et al. 2004; Allocca et al. 2007).

Ovviamente, le falde degli ambienti alluvionali e costiere 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; Allocca et al. 2007). Il recapito di tali falde è rappresentato, generalmente, da un limite a potenziale imposto corrispondente ad un corpo idrico superficiale, come fiumi, laghi e mari (Allocca et al. 2007; De Vita et al. 2018). Localmente, la tipologia di rapporti tra falde sotterranee ed corpi idrici continentali può essere anche di segno opposto, o comunque mutare nel corso dell'anno idrologico in relazione alla variazione relativa dei livelli idrici (Allocca et al. 2007).

11.1 La Piana del F. Biferno

L'unità idrogeologica del F. Biferno (Celico 1978, 1983) è composta da terreni ghiaiosi, sabbiosi ed argillosi presenti nelle immediate vicinanze del corso d'acqua e da depositi argilloso-sabbiosi nella restante parte del fondovalle (Allocca et al. 2007; Calamita et al. 2011). Ai margini della piana, invece, affiorano terreni ghiaioso-conglomeratici pleistocenici, che danno origine a numerose sorgenti di interesse locale (Allocca et al. 2007).

Per quest'area manca una caratterizzazione idrodinamica accurata dell'acquifero, così come non esiste uno schema di circolazione idrica sotterranea valido ed aggiornato. Gli scarsi dati idrogeologici a disposizione evidenziano, comunque, che la falda idrica risulta drenata sia dal F. Biferno che dai numerosi canali affluenti in sinistra idrografica, mentre l'acquifero di interesse presenta una permeabilità complessiva generalmente scarsa (Allocca et al. 2007; Calamita et al. 2011).

11.2 Il Tavoliere delle Puglie

La particolare condizione stratigrafico-strutturale dell'area del Tavoliere delle Puglie consente di riconoscere tre unità acquifere principali, situate a differenti profondità (Maggiore et al. 1996). Procedendo dal basso verso l'alto, la successione può essere schematizzata come segue (Maggiore et al. 1996, 2004; Moretti et al. 2011):

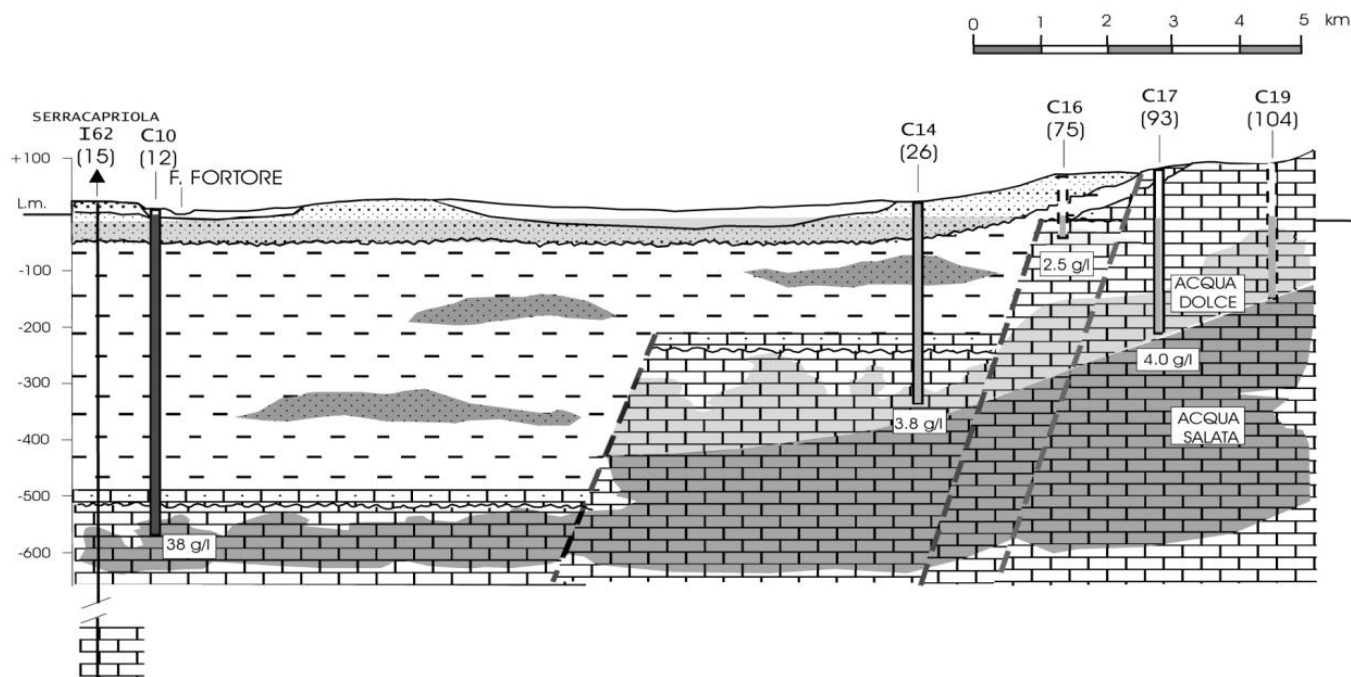


Figura 21 – Sezione idrogeologica relativa alla zona del Tavoliere delle Puglie posta a Ovest del Promontorio del Gargano, tra il F. Fortore e Apricena (da Maggiore et al. 2004).

- **Acquifero fessurato-carsico profondo:** è situato in corrispondenza del substrato carbonatico pre-pleiocenico del Tavoliere e risulta collegato, lateralmente, alla vasta falda idrica del Gargano (Maggiore et al. 1996, 2004). Le acque di falda circolano all'interno delle rocce carbonatiche fessurate e risultano confinate, generalmente, dalla successione pelitica plio-pleistocenica o dai livelli meno fratturati delle stesse rocce calcaree (Maggiore et al. 2004). Ovviamente, le modalità di deflusso della falda sono condizionate sia dalla presenza di numerosi allineamenti tettonici, che determinano direttrici di deflusso preferenziali, sia dal grado di fessurazione e carsismo della roccia, che influiscono sulle caratteristiche idrauliche dell'acquifero (Grassi & Tadolini 1992; Maggiore et al. 1996, 2004).
- La possibilità di utilizzo di questa risorsa idrica è tuttavia limitato alle zone dove il substrato si trova a profondità inferiori a qualche centinaio di metri (Moretti et al. 2011), come nella fascia pede-garganica del Tavoliere (Maggiore et al. 1996, 2004). Questa limitazione deriva, fondamentalmente, dal marcato incremento del contenuto salino delle acque con l'aumentare della profondità, fino ad assumere valori caratteristici dell'acqua marina (Maggiore et al. 2004). L'intrusione del mare verso l'entroterra è maggiore nella fascia pede-garganica che si sviluppa verso il Golfo di Manfredonia, mentre nella zona a Sud del Lago di Lesina risulta parzialmente ostacolata dal brusco incremento di spessore dei terreni impermeabili del Tavoliere (Maggiore et al. 1996, 2004).

Una caratteristica peculiare delle acque sotterranee lungo il margine garganico del Tavoliere è data dall'elevato valore delle temperature registrate sia nei pozzi idrici che in corrispondenza di alcune sorgenti (Mongelli & Ricchetti 1970; Maggiore & Mongelli 1991; Grassi & Tadolini 1992; Maggiore et al. 1996; Pagliarulo 1996; Maggiore & Pagliarulo 2004), come quella di S. Nazario e quella di Siponto (Maggiore et al. 2004). Le alte temperature registrate possono essere spiegate attraverso un fenomeno di *mixing* tra le acque sotterranee di origine meteorica e le acque connate più profonde, che risalgono verso il Gargano attraverso la struttura a gradinata del substrato carbonatico (Maggiore et al. 2004; Moretti et al. 2011).

- **Acquifero poroso profondo:** si colloca in corrispondenza dei diversi livelli di sabbie limose, localmente ghiaiose, presenti a diverse altezze stratigrafiche nella successione pelitica plio-pleistocenica del Tavoliere (Maggiore et al. 1996, 2004). Le caratteristiche del suddetto acquifero sono poco conosciute, in particolare per ciò che concerne la distribuzione e la geometria dei corpi idrici, la connessione idraulica tra i diversi livelli e le altre falde del Tavoliere, le modalità di alimentazione e di deflusso (Maggiore et al. 2004).

I livelli acquiferi sono quindi rappresentati da corpi discontinui di forma lenticolare, dello spessore di pochi metri, localizzati a profondità variabili tra i 150 ed i 500 m circa (Cotecchia et al. 1995; Maggiore et al. 2004). Nelle lenti più profonde si rinvencono acque connate associate ad idrocarburi, caratterizzate da valori di temperatura piuttosto elevati (tra 22° e 26°C) e dalla ricorrente presenza di idrogeno solforato (Maggiore et al. 1996). La falda è sempre in pressione e presenta forti caratteri di artesianità (Maggiore et al. 1996, 2004).

La produttività dei livelli idrici è estremamente differente da luogo a luogo ma presenta, mediamente, portate variabili tra 1 e 20 l/s (Maggiore et al. 1996). Nel caso di pozzi idrici, la produttività tende a diminuire rapidamente a partire dall'inizio della fase di esercizio, facendo registrare localmente il completo esaurimento della falda (Maggiore et al. 2004). Ciò dimostra che tali livelli possono costituire solo delle limitate fonti di approvvigionamento idrico, essendo la ricarica molto lenta (Cotecchia et al. 1995).

- **Acquifero poroso superficiale:** si rinviene nelle lenti sabbioso-ghiaiose dei depositi marini e alluvionali quaternari, che nell'area ricoprono con notevole continuità la successione argilloso plio-pleistocenica (Maggiore et al. 1996, 2004). I diversi livelli sono idraulicamente interconnessi e danno luogo, quindi, ad un unico sistema acquifero caratterizzato da una successione di terreni sabbioso-ghiaiosi molto permeabili con intercalati livelli limoso-argillosi di bassa permeabilità (Maggiore et al. 2004).

In linea generale i depositi più grossolani e permeabili, che svolgono il ruolo di acquifero, prevalgono nelle zone di alta pianura, mentre i livelli più fini e meno permeabili diventano più spessi e frequenti verso la costa (Maggiore et al. 2004). Tali caratteristiche influenzano profondamente le modalità di deflusso delle acque sotterranee, che circolano prevalentemente a pelo libero nella zona pedemontana e in pressione nella zona medio-bassa, con locale carattere di artesianità (Cotecchia 1956; Maggiore et al. 1996).

Lo spessore di questi terreni è piuttosto ridotto in corrispondenza del margine appenninico, mentre aumenta notevolmente verso Est, dove raggiunge i 50 m nella zona mediana della pianura e i 100 m presso il litorale adriatico (Maggiore et al. 1996, 2004). La superficie piezometrica è posta ad una quota di circa 250 m s.l.m. nelle zone più interne e degrada, fino alla costa, con gradienti compresi tra 0.10 % e 0.25% (Ricchetti et al. 1989).

La risalienza e la soggiacenza della falda idrica aumentano generalmente verso la costa, dove la qualità delle acque risente notevolmente degli effetti dell'intrusione marina (Maggiore et al. 1996). La produttività dell'acquifero è piuttosto variabile e, in genere, strettamente dipendente da fattori di ordine morfologico e stratigrafico. Infatti, le acque sotterranee tendono ad accumularsi preferenzialmente dove il tetto delle argille forma dei veri e propri impluvi o dove i terreni permeabili risultano più spessi e grossolani (Tadolini et al. 1989; Caldara & Pennetta 1993). Per quanto riguarda l'alimentazione dell'acquifero, un importante contributo proviene dai corsi d'acqua che attraversano la zona (Colacicco 1953; Cotecchia 1956; Zorzi & Reina 1956; Maggiore et al. 1996), mentre solo il 17% del totale della precipitazione media annua costituisce la ricarica (Maggiore et al. 2004).

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTE 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

12 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 ulteriori dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni appositamente installate nei fori di sondaggio e dalle numerose 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 e/o fessurazione degli ammassi e le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto. Questi infatti influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell'intera area di studio.

12.1 Complessi idrogeologici

Nell'area in esame sono stati individuati sette 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.

Nello specifico, la definizione delle caratteristiche idrogeologiche dei vari complessi presenti nell'area è stata compiuta prevalentemente in considerazione delle numerose prove di permeabilità realizzate nei fori di sondaggio nel corso delle diverse campagne di indagine. Nel paragrafo "Prove di permeabilità" si riporta una sintesi di tali prove, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e dei relativi complessi idrogeologici di appartenenza.

Ovviamente, la stima del *range* di variazione del coefficiente di permeabilità relativo ad ogni complesso idrogeologico ha tenuto conto, oltre che delle prove di permeabilità condotte, anche delle caratteristiche sedimentologiche e litologiche dei terreni, nonché del grado di alterazione e fessurazione degli ammassi. In tal modo è stato quindi possibile integrare il *set* di dati idrogeologici disponibili anche in settori di territorio e complessi idrogeologici sprovvisti di specifiche prove in foro.

12.1.1 Complessi delle unità del substrato sedimentario

Questo gruppo è rappresentato da tre distinti complessi idrogeologici, costituiti da successioni sedimentarie plio-pleistoceniche del substrato.

12.1.1.1 Complesso argilloso-limoso

Al presente complesso sono associati i depositi plio-pleistocenici delle Argille Subappenniniche e della litofacies argilloso-limoso dei Conglomerati di Campomarino (**ASP** e **CGC2**). Dal punto di vista litologico è quindi costituito da argille limose (**CAL**), limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi, in strati da sottili a spessi, a struttura indistinta o debolmente laminata, con sottili intercalazioni di argille marnose, limi sabbiosi e sabbie fini; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, in strati da medi a spessi.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTE 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

I litotipi in esame costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente; e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *acquiclude* di notevole importanza per gli acquiferi dei terreni del substrato; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da impermeabile a bassa. A questo complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-10}$ e $1 \cdot 10^{-7}$ m/s.

12.1.1.2 Complesso sabbioso-arenaceo

A tale complesso sono riferiti i depositi pleistocenici delle Sabbie di Serracapriola (**SSR**). Si tratta, essenzialmente, di sabbie medio-fini (**CSA**), prevalentemente quarzose e a grado di cementazione variabile, in strati da medi a molto spessi; a luoghi si rinvengono intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi, da poco a discretamente cementati; talora sono presenti sottili livelli di arenarie medio-fini, da mediamente a ben cementate, e passaggi di argille limose e argille marnose

I presenti terreni costituiscono acquiferi misti di buona trasmissività, localmente piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, frazionate o a deflusso unitario. La permeabilità, per porosità e per fessurazione, è variabile da bassa ad media. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

12.1.1.3 Complesso conglomeratico-sabbioso

A questo complesso sono associati i depositi pleistocenici della litofacies conglomeratico-sabbiosa dei Conglomerati di Campomarino (**CGC1**). Dal punto di vista litologico è formato da conglomerati poligenici ed eterometrici (**CCS**), ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi, da sub-angolosi ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvengono sottili livelli di argille limose e intercalazioni medio-fini di sabbie grossolane.

Questi litotipi costituiscono acquiferi misti di buona trasmissività, moderatamente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, frazionate o a deflusso unitario. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da bassa ad alta. A questo complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

12.1.2 *Complessi dei depositi di copertura*

Tale gruppo è rappresentato da quattro differenti complessi idrogeologici, composti essenzialmente da depositi quaternari di natura alluvionale, marina e detritico-colluviale.

12.1.2.1 Complesso ghiaioso-sabbioso

Questo complesso è costituito dalle litofacies ghiaioso-sabbiose dei depositi alluvionali e marini (**gb1**, **bn1**, **bb1**, **ba1**) che si rinvengono, localmente, in corrispondenza delle superfici terrazzate che bordano i principali fondovalle attuali o in prossimità della costa adriatica. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche (**CGS**), da sub-arrotondate a molto arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi, a stratificazione indistinta o incrociata, con abbondanti resti di lamellibranchi e locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate.

I terreni in esame costituiscono acquiferi porosi di buona trasmissività, piuttosto 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

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da media ad alta. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-5}$ e $1 \cdot 10^{-1}$ m/s.

12.1.2.2 Complesso sabbioso-limoso

A tale complesso sono riferiti i terreni sabbioso-limosi dei depositi alluvionali e costieri (**gb2, ga2, bn2, bb2, ba2**) che si rinvergono, in tutta l'area di studio, lungo le piane alluvionali attuali o in prossimità della costa adriatica. È costituito da sabbie (**CSL**), sabbie limose e limi-sabbiosi, a stratificazione indistinta o incrociata, con abbondanti resti di lamellibranchi e locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate a molto arrotondate; a luoghi si rinvergono passaggi di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limoso, da scarsa ad abbondante.

Tali depositi costituiscono acquiferi porosi di discreta trasmissività, eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di modesta 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, esclusivamente per porosità, è variabile da molto bassa a media. A questo complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

12.1.2.3 Complesso limoso-argilloso

Il presente complesso è rappresentato dai depositi di natura limoso-argillosa dei depositi alluvionali e marini (**gb3, bn3, bb3, ba3**), che si rinvergono a copertura delle unità geologiche più antiche. È formato prevalentemente da argille, argille limose, limi argillosi, argille sabbiose e limi argilloso-sabbiosi (**CLA**), a struttura indistinta o laminata, con abbondante sostanza organica e locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; a luoghi si rinvergono passaggi di limi, limi sabbiosi, sabbie e sabbie limose, a struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondante sostanza organica e locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; torbe e terreni organici, a struttura indistinta, con locali frammenti di foglie e radici; a luoghi si rinvergono passaggi di argille limose e limi argilloso-sabbiosi, a struttura indistinta o laminata, con locali ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate.

I suddetti depositi costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *acquitard* di importanza variabile in relazione allo spessore dei depositi, generalmente rappresentati da orizzonti discontinui e di esigua potenza; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da molto bassa a bassa. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-9}$ e $1 \cdot 10^{-6}$ m/s.

12.1.2.4 Complesso detritico-colluviale

Il presente complesso è rappresentato dai depositi olocenici, di natura essenzialmente detritico-colluviale (**b2**), che spesso si rinvergono a copertura delle unità geologiche più antiche. È formato da limi sabbiosi e sabbie limose (**CDC**), a struttura caotica o indistinta, con diffusi resti vegetali e locali ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvergono passaggi argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi, a struttura caotica o indistinta, con diffusi resti vegetali e locali passaggi di sabbie e sabbie ghiaiose.

Tali terreni costituiscono acquiferi porosi di scarsa trasmissività, 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 a media. A questo complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-3}$ m/s.

12.2 Prove di permeabilità

Di seguito si riporta una sintesi delle prove relative alla tratta in esame, con indicazione dei principali dati (Sigla, prova, Tipologia, Profondità, Permeabilità, Complesso idrogeologico di riferimento).

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità <i>m</i>	Permeabilità <i>m/s</i>	Complesso idrogeologico di riferimento
S11V	LF_1	Lefranc	29.7 - 32.7	8.84E-08	CSL/CGS
S13	LF_1	Lefranc	14.7 - 18.2	7.44E-06	CLA
S13v	LF_1	Lefranc	7.2 - 9.8	9.35E-06	CSL
S16v	LF_1	Lefranc	10.2 - 13.7	1.74E-04	CGS/CAL
S17v	LF_1	Lefranc	14.7 - 17.0	1.60E-06	CAL
S18	LF_1	Lefranc	5.6 - 11.1	8.52E-07	CLA
S19	LF_1	Lefranc	16.2 - 19.6	2.80E-07	CLA
S19	LF_2	Lefranc	27.4 - 31.1	2.87E-06	CLA/CAL
S1Gall-bis	LF_01	Lefranc	4.4 - 6.3	5.43E-05	CCS
S1Gall-bis	LF_02	Lefranc	8.8 - 12.5	2.38E-06	CAL/CSA
S1Gall	LF_2	Lefranc	40.1 - 42.5	4.64E-05	CSA
S1Gall	LU_1	Lugeon	26.4 - 29.5	2.46E-06	CSA
S1Gall	LU_3	Lugeon	46.7 - 51.0	2.90E-07	CSA
S20	LF_1	Lefranc	16.3 - 17.7	1.66E-04	CGS
S20	LF_2	Lefranc	31.1 - 34.2	7.04E-06	CSA
S20v	LF_1	Lefranc	13.0 - 15.5	1.11E-06	CSA
S21v	LF_1	Lefranc	29.6 - 34.0	7.80E-07	CSA
S22v	LF_1	Lefranc	17.7 - 19.6	9.62E-07	CSA
S23	LF_1	Lefranc	14.6 - 18.0	3.20E-07	CLA/CSL
S24	LF_1	Lefranc	7.1 - 9.1	5.42E-07	CSL
S25	LF_1	Lefranc	8.6 - 11.4	1.92E-06	CGS/CSL
S25	LF_2	Lefranc	19.1 - 23.6	6.06E-08	CLA
S25v	LF_1	Lefranc	8.6 - 11.4	1.48E-08	CAL
S25v	LF_2	Lefranc	19.4 - 22.5	1.31E-06	CSA
S26	LF_1	Lefranc	5.5 - 7.3	9.79E-06	CSL
S26	LF_2	Lefranc	16.1 - 18.0	3.62E-06	CSL
S26v	LF_1	Lefranc	20.6 - 23.3	1.16E-06	CSA
S27	LF_1	Lefranc	5.6 - 7.5	8.27E-06	CSL
S27	LF_2	Lefranc	16.0 - 17.4	6.40E-05	CCS
S27v	LF_1	Lefranc	11.7 - 13.4	2.07E-06	CAL

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità m	Permeabilità m/s	Complesso idrogeologico di riferimento
S28	LF_1	Lefranc	5.8 - 8.1	9.90E-05	CCS
S28	LF_2	Lefranc	14.7 - 18.1	2.06E-05	CCS
S28v	LF_1	Lefranc	14.7 - 17.1	1.34E-05	CSA
S29	LF_1	Lefranc	4.1 - 5.8	1.95E-04	CCS
S29v	LF_1	Lefranc	29.7 - 33.3	1.88E-05	CSA
S2Gall-bis	LF_01	Lefranc	8.8 - 12.0	1.69E-06	CAL
S2Gall-bis	LF_02	Lefranc	25.2 - 28.6	1.10E-08	CAL/CSA
S2Gall	LF_1	Lefranc	25.0 - 28.4	1.46E-06	CAL/CSA
S2Gall	LF_2	Lefranc	39.5 - 42.8	3.39E-07	CSA
S2Gall	LF_3	Lefranc	46.0 - 48.0	6.09E-08	CSA
S30	LF_1	Lefranc	14.7 - 17.6	1.34E-06	CCS
S32v	LF_1	Lefranc	14.6 - 16.1	7.46E-07	CSL/CGS
S33	LF_1	Lefranc	17.7 - 21.0	8.39E-07	CCS
S33v	LF_1	Lefranc	14.6 - 17.4	1.58E-06	CSL/CGS
S34	LF_1	Lefranc	7.3 - 9.0	1.44E-04	CCS
S34v	LF_1	Lefranc	14.6 - 16.8	1.10E-05	CLA
S35v	LF_1	Lefranc	14.6 - 17.6	7.27E-07	CLA/CGS
S36	LF_1	Lefranc	5.8 - 8.5	2.68E-07	CSL
S37	LF_1	Lefranc	5.6 - 7.1	1.41E-05	CSL
S3Gall	LF_01	Lefranc	16.2 - 18.2	3.44E-06	CAL
S3Gall	LF_02	Lefranc	20.8 - 23.0	3.92E-08	CAL
S3Gall	LF_03	Lefranc	28.4 - 30.6	1.05E-06	CSA
S4Gall	LF_1	Lefranc	16.1 - 18.0	4.87E-06	CSA
S4Gall	LF_2	Lefranc	22.2 - 26.0	8.29E-07	CSA
S4Gall	LF_3	Lefranc	32.7 - 35.7	4.60E-06	CSA
S9v	LF_1	Lefranc	20.7 - 25.5	1.60E-07	CLA
S9v	LF_2	Lefranc	31.3 - 35.0	1.45E-06	CLA/CGS
S1	LF_1	Lefranc	9.0 - 10.0	6.20E-07	CSA
S1V	LF_1	Lefranc	9.0 - 10.0	6.47E-08	CCS/CSA
S1VP	LF_1	Lefranc	9.0 - 10.0	1.63E-07	CLA
S3	LF_1	Lefranc	9.0 - 10.0	3.65E-07	CCS
S3V	LF_1	Lefranc	9.0 - 10.0	0.00E00	CLA
S4V	LF_1	Lefranc	9.0 - 10.0	3.22E-08	CLA
S5V	LF_1	Lefranc	9.0 - 10.0	1.29E-08	CLA
S6V	LF_1	Lefranc	9.0 - 10.0	6.52E-07	CLA
S7V	LF_1	Lefranc	9.0 - 10.0	n.d.	-

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTE 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

Sigla	Prova	Tipologia	Profondità m	Permeabilità m/s	Complesso idrogeologico di riferimento
S8V	LF_1	Lefranc	12.0 - 13.0	n.d.	-

Tabella 10 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nel corso della campagna geognostica 2017, con indicazione del complesso idrogeologico di appartenenza.

12.3 Monitoraggio piezometrico

Allo scopo di indagare l'effettiva presenza di falde idriche sotterranee ed il relativo andamento della superficie piezometrica, nel corso delle studio sono state eseguite apposite campagne di monitoraggio consistenti nella misura del livello di falda nei tubi piezometrici precedentemente installati nei fori di sondaggio. In particolare, durante le varie campagne indagine eseguite sono stati attrezzati con piezometri n. 73 fori di sondaggio di cui n. 36 a tubo aperto, n. 6 con due tubi aperti, n. 25 con una cella di Casagrande, n. 6 a tubo aperto più una cella di Casagrande.

Le diverse campagne di monitoraggio del livello della falda sono iniziate a luglio 2001. Più in dettaglio il primo monitoraggio dei livelli piezometrici è stato condotto nel periodo che va da luglio 2001 a giugno 2002. Mentre l'ultima serie di misure del livello piezometrico è stata condotta nel periodo che va dal marzo 2017 fino a agosto 2018. La campagna di monitoraggio piezometrico è ancora attiva, in corso di esecuzione, e proseguirà durante tutto l'iter di approvazione e approfondimento progettuale.

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
S1	Tubo aperto <i>finestrato: 0.0 - 20.0 m</i>	07/2001	assente	assente	
		08/2001	assente	assente	
		08/2001	assente	assente	
		09/2001	assente	assente	
		11/2001	assente	assente	
		12/2001	assente	assente	
		01/2002	assente	assente	
		02/2002	assente	assente	
		03/2002	assente	assente	
		04/2002	assente	assente	
		05/2002	assente	assente	
06/2002	assente	assente			
S2	Tubo aperto <i>finestrato: 0.0 - 20.0 m</i>	07/2001	assente	assente	
		08/2001	assente	assente	
		08/2001	assente	assente	
		09/2001	assente	assente	
		11/2001	assente	assente	
		12/2001	assente	assente	
		01/2002	assente	assente	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		02/2002	assente	assente	
		03/2002	assente	assente	
		04/2002	assente	assente	
		05/2002	assente	assente	
		06/2002	assente	assente	
S4	Tubo aperto <i>finestrato: 0.0 - 10.0 m</i>	07/2001	8.07	1.93	
		08/2001	8.10	1.90	
		08/2001	8.15	1.85	
		09/2001	8.12	1.88	
		11/2001	ND	ND	distrutto
S3	Tubo aperto <i>finestrato: 0.0 - 20.0 m</i>	07/2001	assente	assente	
		08/2001	assente	assente	
		08/2001	assente	assente	
		09/2001	ND	ND	distrutto
S5	Tubo aperto <i>finestrato: 0.0 - 10.0 m</i>	07/2001	assente	assente	
		08/2001	assente	assente	
		08/2001	assente	assente	
		09/2001	assente	assente	
		11/2001	assente	assente	
		12/2001	assente	assente	
		01/2002	assente	assente	
		02/2002	assente	assente	
		03/2002	assente	assente	
		04/2002	assente	assente	
		05/2002	assente	assente	
S6	Tubo aperto <i>finestrato: 0.0 - 10.0 m</i>	07/2001	2.25	1.25	
		08/2001	2.23	1.27	
		08/2001	2.22	1.28	
		09/2001	2.06	1.44	
		11/2001	1.89	1.61	
		12/2001	1.68	1.82	
		01/2002	1.68	1.82	
		02/2002	1.66	1.84	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		03/2002	1.65	1.85	
		04/2002	1.70	1.80	
		05/2002	1.85	1.65	
		06/2002	2.06	1.44	
S7	Casagrande Cella 1: 50.0 m	07/2001	0.90	3.60	
		08/2001	0.85	3.65	
		08/2001	0.85	3.65	
		09/2001	0.52	3.98	
		11/2001	0.45	4.05	
		12/2001	0.38	4.12	
		01/2002	0.35	4.15	
		02/2002	0.30	4.20	
		03/2002	0.00	4.50	
		04/2002	0.25	4.25	
		05/2002	0.45	4.05	
		06/2002	0.70	3.80	
S9	Casagrande Cella 1: 22.0 m	07/2001	2.40	1.60	
		08/2001	2.00	2.00	
		08/2001	1.85	2.15	
		09/2001	ND	ND	
		11/2001	ND	ND	
		12/2001	1.68	2.32	
		01/2002	1.67	2.33	
		02/2002	1.65	2.35	
		03/2002	1.57	2.43	
		04/2002	1.68	2.32	
		05/2002	1.79	2.21	
		06/2002	1.90	2.10	
S10	Casagrande Cella 1: 16.0 m	07/2001	2.40	1.60	
		08/2001	2.60	1.40	
		08/2001	2.90	1.10	
		09/2001	ND	ND	
		11/2001	ND	ND	
		12/2001	2.88	1.12	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		01/2002	2.85	1.15	
		02/2002	2.70	1.30	
		03/2002	2.65	1.35	
		04/2002	2.65	1.35	
		05/2002	2.70	1.30	
		06/2002	2.75	1.25	
		03/2017	2.30	1.70	
		04/2017	2.40	1.60	
		05/2017	2.55	1.45	
		06/2017	2.68	1.32	
		07/2017	2.70	1.30	
		08/2017	2.70	1.30	
		09/2017	2.70	1.30	
		10/2017	2.70	1.30	
		11/2017	2.70	1.30	
		12/2017	2.36	1.64	
		01/2018	2.65	1.35	
		02/2018	2.50	1.50	
		03/2018	2.35	1.65	
		04/2018	2.38	1.62	
		05/2018	2.55	1.45	
		06/2018	2.60	1.40	
		07/2018	2.70	1.30	
		08/2018	2.68	1.32	
S11	Casagrande Cella 1: 15.0 m	07/2001	2.40	0.60	
		08/2001	2.40	0.60	
		08/2001	2.40	0.60	
		09/2001	ND	ND	
		11/2001	ND	ND	
		12/2001	2.50	0.50	
		01/2002	2.40	0.60	
		02/2002	2.30	0.70	
		03/2002	2.12	0.88	
		04/2002	2.15	0.85	

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D69RG	GE 00 01 001	B	75 di 189

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		05/2002	2.25	0.75	
		06/2002	2.31	0.69	
		03/2017	1.74	1.26	
		04/2017	1.90	1.10	
		05/2017	2.00	1.00	
		06/2017	2.28	0.72	
		07/2017	2.38	0.62	
		08/2017	2.42	0.58	
		09/2017	2.30	0.70	
		10/2017	ND	ND	distretto
		05/2018	2.00	1.00	
		06/2018	2.20	0.80	
		07/2018	ND	ND	
		08/2018	2.35	0.65	
S12	Casagrande Cella 1: 25.0 m	07/2001	1.00	1.00	
		08/2001	0.65	1.35	
		08/2001	0.50	1.50	
		09/2001	ND	ND	
		11/2001	ND	ND	
		12/2001	0.36	1.64	
		01/2002	0.35	1.65	
		02/2002	0.36	1.64	
		03/2002	0.35	1.65	
		04/2002	0.40	1.60	
		05/2002	0.44	1.56	
		06/2002	0.53	1.47	
S13	Casagrande Cella 1: 9.0 m	07/2001	1.80	0.20	
		08/2001	1.85	0.15	
		08/2001	1.88	0.12	
		09/2001	1.86	0.14	
		11/2001	1.83	0.17	
		12/2001	1.73	0.27	
		01/2002	1.60	0.40	
		02/2002	1.45	0.55	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		03/2002	1.30	0.70	
		04/2002	1.40	0.60	
		05/2002	1.49	0.51	
		06/2002	1.65	0.35	
S14	Casagrande Cella 1: 12.5 m	07/2001	1.75	0.25	
		08/2001	1.82	0.18	
		08/2001	1.90	0.10	
		09/2001	1.88	0.12	
		11/2001	1.75	0.25	
		12/2001	1.75	0.25	
		01/2002	1.70	0.30	
		02/2002	1.50	0.50	
		03/2002	1.35	0.65	
		04/2002	1.44	0.56	
		05/2002	1.55	0.45	
		06/2002	1.72	0.28	
S15	Casagrande Cella 1: 9.0 m	07/2001	1.72	0.28	
		08/2001	1.20	0.80	
		08/2001	1.20	0.80	
		09/2001	1.18	0.82	
		11/2001	1.22	0.78	
		12/2001	1.12	0.88	
		01/2002	1.07	0.93	
		02/2002	0.96	1.04	
		03/2002	0.89	1.11	
		04/2002	1.00	1.00	
		05/2002	1.05	0.95	
		06/2002	1.13	0.87	
S18	Casagrande Cella 1: 24.0 m	07/2001	0.00	1.50	
		08/2001	0.00	1.50	
		08/2001	0.00	1.50	
		09/2001	0.00	1.50	
		11/2001	0.00	1.50	
		12/2001	0.00	1.50	

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D69RG	GE 00 01 001	B	77 di 189

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		01/2002	0.00	1.50	
		02/2002	0.00	1.50	
		03/2002	0.00	1.50	
		04/2002	0.00	1.50	
		05/2002	0.00	1.50	
		06/2002	0.00	1.50	
S19	Casagrande Cella 1: 23.0 m	07/2001	0.45	1.05	
		08/2001	0.60	0.90	
		08/2001	0.70	0.80	
		09/2001	0.68	0.82	
		11/2001	0.66	0.84	
		12/2001	0.68	0.82	
		01/2002	0.60	0.90	
		02/2002	0.45	1.05	
		03/2002	0.31	1.19	
		04/2002	0.40	1.10	
		05/2002	0.47	1.03	
		06/2002	0.56	0.94	
S20	Casagrande Cella 1: 24.0 m	07/2001	0.35	1.15	
		08/2001	0.52	0.98	
		08/2001	0.60	0.90	
		09/2001	0.58	0.92	
		11/2001	0.53	0.97	
		12/2001	0.70	0.80	
		01/2002	0.63	0.87	
		02/2002	0.50	1.00	
		03/2002	0.39	1.11	
		04/2002	0.43	1.07	
		05/2002	0.46	1.04	
		06/2002	0.50	1.00	
S21	Casagrande Cella 1: 24.5 m	07/2001	0.90	0.60	
		08/2001	0.90	0.60	
		08/2001	0.88	0.62	
		09/2001	0.88	0.62	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		11/2001	0.82	0.68	
		12/2001	0.81	0.69	
		01/2002	0.80	0.70	
		02/2002	0.73	0.77	
		03/2002	0.57	0.93	
		04/2002	0.66	0.84	
		05/2002	0.75	0.75	
		06/2002	0.80	0.70	
S22	Casagrande Cella 1: 35.0 m	07/2001	1.48	0.52	
		08/2001	1.60	0.40	
		08/2001	1.61	0.39	
		09/2001	1.60	0.40	
		11/2001	1.52	0.48	
		12/2001	1.70	0.30	
		01/2002	1.65	0.35	
		02/2002	1.50	0.50	
		03/2002	1.38	0.62	
		04/2002	1.47	0.53	
		05/2002	1.50	0.50	
		06/2002	1.54	0.46	
S23	Casagrande Cella 1: 35.0 m	07/2001	1.73	1.27	
		08/2001	1.80	1.20	
		08/2001	1.80	1.20	
		09/2001	1.80	1.20	
		11/2001	1.76	1.24	
		12/2001	1.74	1.26	
		01/2002	1.69	1.31	
		02/2002	1.57	1.43	
		03/2002	1.44	1.56	
		04/2002	1.53	1.47	
		05/2002	1.64	1.36	
		06/2002	1.71	1.29	
S24	Casagrande Cella 1: 33.8 m	07/2001	2.30	0.70	
		08/2001	3.30	-0.30	

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D69RG	GE 00 01 001	B	79 di 189

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		08/2001	2.34	0.66	
		09/2001	2.32	0.68	
		11/2001	2.18	0.82	
		12/2001	2.17	0.83	
		01/2002	2.10	0.90	
		02/2002	1.98	1.02	
		03/2002	1.80	1.20	
		04/2002	1.93	1.07	
		05/2002	2.15	0.85	
		06/2002	2.20	0.80	
S25	Casagrande Cella 1: 28.0 m	07/2001	1.90	1.10	
		08/2001	1.85	1.15	
		08/2001	1.82	1.18	
		09/2001	1.81	1.19	
		11/2001	1.74	1.26	
		12/2001	1.78	1.22	
		01/2002	1.70	1.30	
		02/2002	1.62	1.38	
		03/2002	1.51	1.49	
		04/2002	1.62	1.38	
		05/2002	1.73	1.27	
		06/2002	1.78	1.22	
S26	Casagrande Cella 1: 17.0 m	07/2001	1.10	1.90	
		08/2001	1.50	1.50	
		08/2001	1.67	1.33	
		09/2001	1.59	1.41	
		11/2001	1.50	1.50	
		12/2001	1.55	1.45	
		01/2002	1.52	1.48	
		02/2002	1.33	1.67	
		03/2002	1.15	1.85	
		04/2002	1.24	1.76	
		05/2002	1.35	1.65	
		06/2002	1.46	1.54	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
S27	Casagrande Cella 1: 16.8 m	07/2001	1.85	1.15	
		08/2001	1.60	1.40	
		08/2001	1.60	1.40	
		09/2001	1.59	1.41	
		11/2001	1.51	1.49	
		12/2001	1.53	1.47	
		01/2002	1.46	1.54	
		02/2002	1.30	1.70	
		03/2002	1.16	1.84	
		04/2002	1.25	1.75	
		05/2002	1.38	1.62	
06/2002	1.50	1.50			
S28	Casagrande Cella 1: 20.5 m	07/2001	1.73	0.27	
		08/2001	1.75	0.25	
		08/2001	1.77	0.23	
		09/2001	1.77	0.23	
		11/2001	1.70	0.30	
		12/2001	1.68	0.32	
		01/2002	1.56	0.44	
		02/2002	1.39	0.61	
		03/2002	1.20	0.80	
		04/2002	1.30	0.70	
		05/2002	1.45	0.55	
06/2002	1.63	0.37			
S29	Casagrande Cella 1: 7.5 m	07/2001	1.55	0.45	
		08/2001	1.55	0.45	
		08/2001	1.55	0.45	
		09/2001	1.52	0.48	
		11/2001	1.47	0.53	
		12/2001	1.39	0.61	
		01/2002	1.32	0.68	
		02/2002	1.19	0.81	
		03/2002	1.05	0.95	
04/2002	1.15	0.85			

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
S30	Tubo aperto <i>finestrato: 0.0 - 16.5 m</i>	05/2002	1.25	0.75	
		06/2002	1.38	0.62	
		07/2001	0.80	0.70	
		08/2001	1.20	0.30	
		08/2001	1.29	0.21	
		09/2001	1.21	0.29	
		11/2001	1.12	0.38	
		12/2001	1.00	0.50	
		01/2002	0.95	0.55	
		02/2002	0.76	0.74	
		03/2002	ND	ND	distrutto
S31	Casagrande <i>Cella 1: 7.9 m</i>	07/2001	0.60	0.90	
		08/2001	0.80	0.70	
		08/2001	0.90	0.60	
		09/2001	0.87	0.63	
		11/2001	0.83	0.67	
		12/2001	0.72	0.78	
		01/2002	0.65	0.85	
		02/2002	0.53	0.97	
		03/2002	0.40	1.10	
		04/2002	0.50	1.00	
		05/2002	0.61	0.89	
		06/2002	0.73	0.77	
		S32	Casagrande <i>Cella 1: 25.0 m</i>	07/2001	0.60
08/2001	1.00			0.00	
08/2001	1.00			0.00	
09/2001	0.85			0.15	
11/2001	0.81			0.19	
12/2001	0.69			0.31	
01/2002	0.56			0.44	
02/2002	0.32			0.68	
03/2002	0.18			0.82	
04/2002	0.27			0.73	
05/2002	0.48	0.52			

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
S33	Casagrande Cella 1: 7.8 m	06/2002	0.65	0.35	
		07/2001	0.70	0.40	
		08/2001	1.00	0.10	
		08/2001	1.05	0.05	
		09/2001	0.98	0.12	
		11/2001	0.88	0.22	
		12/2001	0.83	0.27	
		01/2002	0.70	0.40	
		02/2002	0.70	0.40	
		03/2002	0.40	0.70	
		04/2002	0.45	0.65	
		05/2002	0.56	0.54	
		06/2002	0.74	0.36	
S34	Tubo aperto finestrato: 0.0 - 10.0 m	07/2001	1.00	0.50	
		08/2001	1.30	0.20	
		08/2001	1.30	0.20	
		09/2001	1.11	0.39	
		11/2001	1.02	0.48	
		12/2001	0.88	0.62	
		01/2002	0.70	0.80	
		02/2002	0.57	0.93	
		03/2002	0.41	1.09	
		04/2002	0.50	1.00	
S35	Tubo aperto finestrato: 0.0 - 20.0 m	07/2001	0.10	1.40	
		08/2001	0.30	1.20	
		08/2001	0.32	1.18	
		09/2001	0.23	1.27	
		11/2001	0.20	1.30	
		12/2001	0.19	1.31	
		01/2002	0.15	1.35	
		02/2002	0.08	1.42	
03/2002	0.00	1.50			

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		04/2002	0.00	1.50	
		05/2002	0.00	1.50	
		06/2002	0.10	1.40	
		03/2017	in pressione	1.50	
		04/2017	in pressione	1.50	
		05/2017	in pressione	1.50	
		06/2017	in pressione	1.50	
		07/2017	in pressione	1.50	
		08/2017	in pressione	1.50	
		09/2017	in pressione	1.50	
		10/2017	in pressione	1.50	
		11/2017	in pressione	1.50	
		12/2017	in pressione	1.50	
		01/2018	in pressione	1.50	
		02/2018	in pressione	1.50	
		03/2018	in pressione	1.50	
		04/2018	in pressione	1.50	
		05/2018	in pressione	1.50	
		06/2018	in pressione	1.50	
		07/2018	in pressione	1.50	
		08/2018	in pressione	1.50	
S37	Tubo aperto <i>finestrato: 0.0 - 10.0 m</i>	07/2001	0.40	1.10	
		08/2001	0.30	1.20	
		08/2001	0.23	1.27	
		09/2001	0.18	1.32	
		11/2001	0.13	1.37	
		12/2001	0.15	1.35	
		01/2002	0.12	1.38	
		02/2002	0.10	1.40	
		03/2002	0.00	1.50	
		04/2002	0.00	1.50	
		05/2002	0.10	1.40	
		06/2002	0.21	1.29	
S39	-	07/2001	0.80	2.70	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		08/2001	1.10	2.40	
		08/2001	1.15	2.35	
		09/2001	ND	ND	
		11/2001	0.67	2.83	
		12/2001	0.70	2.80	
		01/2002	0.60	2.90	
		02/2002	0.48	3.02	
		03/2002	0.32	3.18	
		04/2002	0.42	3.08	
		05/2002	0.53	2.97	
		06/2002	0.60	2.90	
S40	Tubo aperto <i>finestrato: 0.0 - 20.0 m</i>	07/2001	1.10	3.40	
		08/2001	1.35	3.15	
		08/2001	1.44	3.06	
		09/2001	1.27	3.23	
		11/2001	1.24	3.26	
		12/2001	1.25	3.25	
		01/2002	1.14	3.36	
		02/2002	0.98	3.52	
		03/2002	0.89	3.61	
		04/2002	0.95	3.55	
		05/2002	1.03	3.47	
		06/2002	1.08	3.42	
S42	Tubo aperto <i>finestrato: 0.0 - 10.0 m</i>	07/2001	0.75	1.75	
		08/2001	1.10	1.40	
		08/2001	1.22	1.28	
		09/2001	1.04	1.46	
		11/2001	0.89	1.61	
		12/2001	0.90	1.60	
		01/2002	0.80	1.70	
		02/2002	0.68	1.82	
		03/2002	0.50	2.00	
		04/2002	0.55	1.95	
		05/2002	0.60	1.90	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		06/2002	0.66	1.84	

Tabella 11 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio della campagna indagini IA2F00E-2001, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blue la minima.

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
PCLIA3V02	Casagrande cella 1: 9.0 m	-	-	-	
PCLIA3V03	Casagrande cella 1: 22.0 m	-	-	-	
PNLIA3V06	Tubo aperto cieco: 0.0 - 6.0 m finestrato: 6.0 - 30.0 m	-	-	-	
PNLIA3V07	Tubo aperto cieco: 0.0 - 6.0 m finestrato: 6.0 - 21.0 m	03/2017	6.75	4.83	
		04/2017	6.95	4.63	
		05/2017	6.93	4.65	
		06/2017	7.18	4.40	
		07/2017	7.28	4.30	
		08/2017	7.37	4.21	
		09/2017	7.45	4.13	
		10/2017	7.20	4.38	
		11/2017	7.05	4.53	
		12/2017	6.97	4.61	
		01/2018	6.80	4.78	
		02/2018	6.68	4.90	
		03/2018	6.80	4.78	
		05/2018	6.85	4.73	
		06/2018	6.95	4.63	
07/2018	7.00	4.58			
08/2018	ND	ND	non letto		
PNLIA3V09	Tubo aperto cieco: 0.0 - 6.0 finestrato: 6.0 - 24.0	03/2017	0.33	3.87	
		04/2017	0.48	3.72	
		05/2017	0.66	3.54	
		06/2017	0.87	3.33	
		07/2017	1.00	3.20	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda <i>m dal p.c.</i>	Quota falda <i>m s.l.m.</i>	Note
		08/2017	1.08	3.12	
		09/2017	1.19	3.01	
		10/2017	1.15	3.05	
		11/2017	0.60	3.60	
		12/2017	0.60	3.60	
		01/2018	0.55	3.65	
		02/2018	0.40	3.80	
		03/2018	0.30	3.90	
		04/2018	0.35	3.85	
		05/2018	ND	ND	
		06/2018	0.65	3.55	
		07/2018	0.92	3.28	
		08/2018	1.00	3.20	

Tabella 12 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio della campagna indagini L03203R-2012, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blue la minima.

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda <i>m dal p.c.</i>	Quota falda <i>m s.l.m.</i>	Note
S3	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 12.0 m</i> <i>finestrato: 12.0 - 30.0 m</i>	08/2017	ND	ND	non trovato
		09/2017	24.93	7.97	
		10/2017	25.00	7.90	
		11/2017	25.00	7.90	
		12/2017	24.95	7.95	
		01/2018	24.90	8.00	
		02/2018	25.05	7.85	
		03/2018	25.10	7.80	
		04/2018	25.10	7.80	
		05/2018	24.95	7.95	
		06/2018	24.90	8.00	
		07/2018	24.90	8.00	
		08/2018	24.98	7.92	
S4V	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 7.0 m</i> <i>finestrato: 7.0 - 40.0 m</i>	08/2017	1.88	3.32	
		09/2017	2.20	3.00	
		10/2017	2.19	3.01	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		11/2017	2.19	3.01	
		12/2017	2.20	3.00	
		01/2018	1.98	3.22	
		02/2018	1.98	3.22	
		03/2018	2.20	3.00	
		04/2018	2.23	2.97	
		05/2018	2.20	3.00	
		06/2018	2.18	3.02	
		07/2018	2.10	3.10	
		08/2018	1.80	3.40	
S5V	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 7.0 m</i> <i>finestrato: 7.0 - 40.0 m</i>	07/2017	in pressione	2.00	
		08/2017	in pressione	2.00	
		09/2017	in pressione	2.00	
		10/2017	in pressione	2.00	
		11/2017	in pressione	2.00	
		12/2017	in pressione	2.00	
		01/2018	in pressione	2.00	
		02/2018	in pressione	2.00	
		03/2018	in pressione	2.00	
		04/2018	in pressione	2.00	
		05/2018	in pressione	2.00	
		06/2018	ND	ND	non letto
		07/2018	ND	ND	non letto
		08/2018	in pressione	2.00	
S7V	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 6.0 m</i> <i>finestrato: 6.0 - 27.0 m</i> <i>cieco: 27.0 - 40.0 m</i>	07/2017	in pressione	2.10	
		08/2017	in pressione	2.10	
		09/2017	in pressione	2.10	
		10/2017	in pressione	2.10	
		11/2017	in pressione	2.10	
		12/2017	in pressione	2.10	
		01/2018	in pressione	2.10	
		02/2018	in pressione	2.10	
		03/2018	in pressione	2.10	
		04/2018	in pressione	2.10	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		05/2018	in pressione	2.10	
		06/2018	in pressione	2.10	
		07/2018	in pressione	2.10	
		08/2018	in pressione	2.10	
S8V	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 27.0 m</i> <i>finestrato: 27.0 - 36.0 m</i> <i>cieco: 36.0 - 50.0 m</i>	07/2017	0.25	2.75	
		08/2017	0.33	2.67	
		09/2017	0.40	2.60	
		10/2017	0.65	2.35	
		11/2017	0.40	2.60	
		12/2017	0.20	2.80	
		01/2018	0.20	2.80	
		02/2018	0.10	2.90	
		03/2018	in pressione	3.00	
		04/2018	in pressione	3.00	
		05/2018	in pressione	3.00	
		06/2018	in pressione	3.00	
		07/2018	0.30	2.70	
		08/2018	0.30	2.70	
S9v	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 4.8 m</i> <i>finestrato: 4.8 - 28.8 m</i> Casagrande <i>Cella 1: 34.0 m</i>	08/2017	c1: 0.65	c1: 1.62	
		08/2017	TA: 0.95	TA: 1.32	
		09/2017	c1: 0.75	c1: 1.52	
		09/2017	TA: 1.40	TA: 0.87	
		10/2017	ND	ND	no accesso
		11/2017	c1: 0.57	c1: 1.70	
		11/2017	TA: 1.10	TA: 1.17	
		12/2017	c1: 0.47	c1: 1.80	
		12/2017	TA: 1.00	TA: 1.27	
		01/2018	c1: 0.40	c1: 1.87	
		01/2018	TA: 1.05	TA: 1.22	
		02/2018	c1: 1.44	c1: 0.83	
		02/2018	TA: 2.32	TA: -0.05	
		03/2018	c1: 0.25	c1: 2.02	
		03/2018	TA: 0.85	TA: 1.42	
		04/2018	c1: 0.20	c1: 2.07	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		04/2018	TA: 0.82	TA: 1.45	
		05/2018	cl: 0.35	cl: 1.92	
		05/2018	TA: 1.00	TA: 1.27	
		06/2018	cl: 0.70	cl: 1.57	
		06/2018	TA: 1.20	TA: 1.07	
		07/2018	ND	ND	
		08/2018	cl: 0.65	cl: 1.62	
		08/2018	TA: 1.20	TA: 1.07	
S10v	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 – 3.0 m</i> <i>finestrato: 3.0 – 11.6 m</i> Casagrande <i>Cella 1: 34.0 m</i>	08/2017	cl: 0.61	cl: 2.12	
		08/2017	TA: 1.50	TA: 1.23	
		09/2017	cl: 0.68	cl: 2.05	
		09/2017	TA: 2.22	TA: 0.51	
		10/2017	ND	ND	no accesso
		11/2017	cl: 0.60	cl: 2.13	
		11/2017	TA: 1.90	TA: 0.83	
		12/2017	cl: 0.53	cl: 2.20	
		12/2017	TA: 1.60	TA: 1.13	
		01/2018	cl: 0.60	cl: 2.13	
		01/2018	TA: 1.80	TA: 0.93	
		02/2018	cl: 0.63	cl: 2.10	
		02/2018	TA: 2.50	TA: 0.23	
		03/2018	cl: 0.30	cl: 2.43	
		03/2018	TA: 1.33	TA: 1.40	
		04/2018	cl: 0.40	cl: 2.33	
		04/2018	TA: 1.55	TA: 1.18	
		05/2018	cl: 0.57	cl: 2.16	
		05/2018	TA: 1.80	TA: 0.93	
		06/2018	cl: 0.55	cl: 2.18	
		06/2018	TA: 1.90	TA: 0.83	
		07/2018	cl: 0.55	cl: 2.18	
		07/2018	TA: 1.90	TA: 0.83	
		08/2018	TA: 2.10	TA: 0.63	
		08/2018	cl: 0.69	cl: 2.04	
S12v	Tubo aperto	09/2017	2.78	0.31	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
	<i>cieco: 0.0 - 10.0 m</i> <i>finestrato: 10.0 - 37.0 m</i> <i>cieco: 37.0 - 40.0 m</i>	10/2017	ND	ND	no accesso
		11/2017	3.15	-0.06	
		12/2017	2.98	0.11	
		01/2018	3.25	-0.16	
		02/2018	2.50	0.59	
		03/2018	2.68	0.41	
		04/2018	2.90	0.19	
		05/2018	3.10	-0.01	
		06/2018	3.30	-0.21	
		07/2018	3.33	-0.24	
		08/2018	3.50	-0.41	
S14v	2 Tubi aperti <u>TA1</u> <i>cieco: 0.0 - 12.0 m</i> <i>finestrato: 12.0 - 15.0 m</i> <i>cieco: 15.0 - 16.0 m</i> <u>TA2</u> <i>cieco: 0.0 - 3.0 m</i> <i>finestrato: 3.0 - 6.0 m</i>	09/2017	TA1: 4.50	TA1: 0.64	
		09/2017	TA2: 4.50	TA2: 0.64	
		10/2017	TA1: 4.57	TA1: 0.57	
		10/2017	TA2: 4.57	TA2: 0.57	
		11/2017	TA1: 4.57	TA1: 0.57	
		11/2017	TA2: 4.57	TA2: 0.57	
		12/2017	TA1: 4.25	TA1: 0.89	
		12/2017	TA2: 4.25	TA2: 0.89	
		01/2018	TA1: 4.20	TA1: 0.94	
		01/2018	TA2: 4.20	TA2: 0.94	
		02/2018	TA1: 4.15	TA1: 0.99	
		02/2018	TA2: 4.15	TA2: 0.99	
		03/2018	TA1: 3.75	TA1: 1.39	
		03/2018	TA2: 3.75	TA2: 1.39	
		04/2018	TA1: 3.60	TA1: 1.54	
		04/2018	TA2: 3.60	TA2: 1.54	
		05/2018	TA1: 3.80	TA1: 1.34	
		05/2018	TA2: 3.80	TA2: 1.34	
		06/2018	TA1: 4.02	TA1: 1.12	
		06/2018	TA2: 4.02	TA2: 1.12	
07/2018	TA1: 4.40	TA1: 0.74			
07/2018	TA2: 4.40	TA2: 0.74			
		08/2018	ND	ND	non letto

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
S16v-bis	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 9.0 m</i> <i>finestrato: 9.0 - 50.0 m</i>	03/2018	2.65	1.37	
		04/2018	2.40	1.62	
		05/2018	3.05	0.97	
		06/2018	3.00	1.02	
		07/2018	3.20	0.82	
		08/2018	3.18	0.84	
S16v	2 Tubi aperti <u>TA1</u> <i>cieco: 0.0 - 20.0 m</i> <i>finestrato: 20.0 - 50.0 m</i> <u>TA2</u> <i>cieco: 0.0 - 3.0 m</i> <i>finestrato: 3.0 - 7.5 m</i>	06/2017	TA1: 1.10	TA1: 3.51	
		06/2017	TA2: 3.69	TA2: 0.92	
		07/2017	TA1: 1.38	TA1: 3.23	
		07/2017	TA2: 3.62	TA2: 0.99	
		08/2017	TA1: 1.75	TA1: 2.86	
		08/2017	TA2: 3.73	TA2: 0.88	
		09/2017	TA1: 1.87	TA1: 2.74	
		09/2017	TA2: 3.80	TA2: 0.81	
		10/2017	TA1: 1.77	TA1: 2.84	
		10/2017	TA2: 3.70	TA2: 0.91	
		11/2017	TA1: 1.70	TA1: 2.91	
		11/2017	TA2: 3.60	TA2: 1.01	
		12/2017	TA1: 1.60	TA1: 3.01	
		12/2017	TA2: 3.65	TA2: 0.96	
		01/2018	TA1: 1.55	TA1: 3.06	
		01/2018	TA2: 3.60	TA2: 1.01	
		02/2018	TA1: 1.50	TA1: 3.11	
		02/2018	TA2: 3.62	TA2: 0.99	
		03/2018	TA1: 0.70	TA1: 3.91	
		03/2018	TA2: 3.25	TA2: 1.36	
		05/2018	TA1: 1.25	TA1: 3.36	
		05/2018	TA2: 3.50	TA2: 1.11	
		06/2018	TA1: 1.15	TA1: 3.46	
		06/2018	TA2: 3.56	TA2: 1.05	
07/2018	TA1: 1.40	TA1: 3.21			
07/2018	TA2: 3.70	TA2: 0.91			
08/2018	TA1: 1.50	TA1: 3.11			
08/2018	TA2: 3.67	TA2: 0.94			

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
S17v	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 7.0 m</i> <i>finestrato: 7.0 - 40.0 m</i>	07/2017	8.50	10.36	
		08/2017	8.50	10.36	
		09/2017	8.38	10.48	
		10/2017	8.25	10.61	
		11/2017	8.16	10.70	
		12/2017	7.96	10.90	
		01/2018	7.88	10.98	
		02/2018	7.80	11.06	
		03/2018	7.30	11.56	
		04/2018	7.20	11.66	
		05/2018	ND	ND	
		06/2018	7.30	11.56	
		07/2018	6.90	11.96	
08/2018	7.10	11.76			
S1Gall-bis	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 3.0 m</i> <i>finestrato: 3.0 - 15.0 m</i>	03/2018	assente	assente	
		04/2018	assente	assente	
		05/2018	assente	assente	
		06/2018	assente	assente	
		07/2018	assente	assente	
		08/2018	assente	assente	
S2Gall	2 Tubi aperti <u>TA1</u> <i>cieco: 0.0 - 21.0 m</i> <i>finestrato: 21.0 - 60.0 m</i> <u>TA2</u> <i>cieco: 0.0 - 2.6 m</i> <i>finestrato: 2.6 - 15.6 m</i>	06/2017	TA1: 37.30	TA1: 34.04	
		06/2017	TA2: 15.16	TA2: 56.18	
		07/2017	TA1: 37.58	TA1: 33.76	
		07/2017	TA2: 15.48	TA2: 55.86	
		08/2017	TA1: 37.62	TA1: 33.72	
		08/2017	TA2: 15.50	TA2: 55.84	
		09/2017	TA1: 37.76	TA1: 33.58	
		09/2017	TA2: 15.54	TA2: 55.80	
		10/2017	TA1: 37.80	TA1: 33.54	
		10/2017	TA2: 15.57	TA2: 55.77	
		11/2017	TA1: 37.90	TA1: 33.44	
		11/2017	TA2: 15.50	TA2: 55.84	
		12/2017	TA1: 37.85	TA1: 33.49	
12/2017	TA2: 15.55	TA2: 55.79			

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		01/2018	TA1: 37.95	TA1: 33.39	
		01/2018	TA2: 15.55	TA2: 55.79	
		02/2018	TA1: 37.93	TA1: 33.41	
		02/2018	TA2: 15.57	TA2: 55.77	
		03/2018	TA1: 38.15	TA1: 33.19	
		03/2018	TA2: 15.65	TA2: 55.69	
		04/2018	TA1: 38.10	TA1: 33.24	
		04/2018	TA2: 15.63	TA2: 55.71	
		05/2018	TA1: 37.94	TA1: 33.40	
		05/2018	TA2: 15.42	TA2: 55.92	
		06/2018	TA1: 38.20	TA1: 33.14	
		06/2018	TA2: 15.60	TA2: 55.74	
		07/2018	TA1: 38.24	TA1: 33.10	
		07/2018	TA2: 15.60	TA2: 55.74	
		08/2018	TA1: 38.22	TA1: 33.12	
		08/2018	TA2: 15.64	TA2: 55.70	
S2Gall-bis	Tubo aperto cieco: 0.0 - 12.0 m finestrato: 12.0 - 27.0 m cieco: 27.0 - 30.0 m	03/2018	9.85	59.95	
		04/2018	9.87	59.93	
		05/2018	9.85	59.95	
		06/2018	9.90	59.90	
		07/2018	9.95	59.85	
		08/2018	9.70	60.10	
S4Gall	Tubo aperto cieco: 0.0 - 24.0 m finestrato: 24.0 - 40.0 m Casagrande cella 1: 18.5 m	06/2017	TA: 23.50	TA: 16.84	
		07/2017	c1: assente	c1: assente	
		07/2017	TA: 23.50	TA: 16.84	
		08/2017	c1: assente	c1: assente	
		08/2017	TA: 23.68	TA: 16.66	
		09/2017	c1: assente	c1: assente	
		09/2017	TA: 23.70	TA: 16.64	
		10/2017	c1: assente	c1: assente	
		10/2017	TA: 23.68	TA: 16.66	
		11/2017	c1: assente	c1: assente	
		11/2017	TA: 23.75	TA: 16.59	
		12/2017	c1: assente	c1: assente	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		12/2017	TA: 23.60	TA: 16.74	
		01/2018	cl: assente	cl: assente	
		01/2018	TA: 23.90	TA: 16.44	
		02/2018	cl: assente	cl: assente	
		02/2018	TA: 23.82	TA: 16.52	
		03/2018	cl: assente	cl: assente	
		03/2018	TA: 23.80	TA: 16.54	
		04/2018	cl: assente	cl: assente	
		04/2018	TA: 23.75	TA: 16.59	
		05/2018	cl: assente	cl: assente	
		05/2018	TA: 23.62	TA: 16.72	
		06/2018	ND	ND	
		07/2018	cl: assente	cl: assente	
		07/2018	TA: 23.58	TA: 16.76	
		08/2018	cl: assente	cl: assente	
		08/2018	TA: 23.60	TA: 16.74	
S21v	2 Tubi aperti	06/2017	TA1: 11.78	TA1: 14.91	
	<u>TA1</u>	06/2017	TA2: 10.47	TA2: 16.22	
	<i>cieco: 0.0 - 17.0 m</i>	07/2017	TA1: 11.78	TA1: 14.91	
	<i>finestrato: 17.0 - 50.0 m</i>	07/2017	TA2: 10.30	TA2: 16.39	
	<u>TA2</u>	08/2017	TA1: 11.90	TA1: 14.79	
	<i>cieco: 0.0 - 6.0 m</i>	08/2017	TA2: 10.20	TA2: 16.49	
	<i>finestrato: 6.0 - 14.0 m</i>	09/2017	TA1: 11.89	TA1: 14.80	
		09/2017	TA2: 10.22	TA2: 16.47	
		10/2017	TA1: 11.90	TA1: 14.79	
		10/2017	TA2: 10.30	TA2: 16.39	
		11/2017	TA1: 11.87	TA1: 14.82	
		11/2017	TA2: 10.28	TA2: 16.41	
		12/2017	TA1: 11.80	TA1: 14.89	
		12/2017	TA2: 10.57	TA2: 16.12	
		01/2018	TA1: 12.00	TA1: 14.69	
		01/2018	TA2: 10.80	TA2: 15.89	
		02/2018	TA1: 11.91	TA1: 14.78	
		02/2018	TA2: 10.68	TA2: 16.01	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		03/2018	TA1: 11.83	TA1: 14.86	
		03/2018	TA2: 10.50	TA2: 16.19	
		05/2018	TA1: 11.68	TA1: 15.01	
		05/2018	TA2: 10.48	TA2: 16.21	
		06/2018	TA1: 12.10	TA1: 14.59	
		06/2018	TA2: 10.45	TA2: 16.24	
		07/2018	ND	ND	non trovato
		08/2018	ND	ND	non trovato
S22v-bis	Tubo aperto <i>cieco:0.0 - 19.0 m</i> <i>finestrato:19.0 - 49.0 m</i>	03/2018	22.20	5.16	
		04/2018	22.16	5.20	
		05/2018	22.20	5.16	
		06/2018	22.19	5.17	
		07/2018	22.20	5.16	
		08/2018	22.23	5.13	
S22v	Tubo aperto <i>cieco:0.0 - 3.7 m</i> <i>finestrato:3.7 - 30.0 m</i>	04/2017	8.85	13.40	
		05/2017	8.82	13.43	
		06/2017	8.84	13.41	
		07/2017	8.68	13.57	
		08/2017	8.85	13.40	
		09/2017	8.80	13.45	
		10/2017	8.80	13.45	
		11/2017	8.87	13.38	
		12/2017	8.77	13.48	
		01/2018	9.00	13.25	
		02/2018	8.92	13.33	
		03/2018	9.00	13.25	
		04/2018	9.00	13.25	
		05/2018	9.00	13.25	
		06/2018	9.00	13.25	
		07/2018	8.90	13.35	
		08/2018	8.95	13.30	
S26v	Tubo aperto <i>cieco:0.0 - 17.0 m</i> <i>finestrato:17.0 - 50.0 m</i>	06/2017	27.47	13.94	
		07/2017	27.45	13.96	
		08/2017	27.58	13.83	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		09/2017	27.60	13.81	
		10/2017	27.55	13.86	
		11/2017	27.55	13.86	
		12/2017	27.50	13.91	
		01/2018	27.70	13.71	
		02/2018	27.50	13.91	
		03/2018	27.65	13.76	
		04/2018	27.58	13.83	
		05/2018	27.67	13.74	
		06/2018	27.65	13.76	
		07/2018	27.65	13.76	
		08/2018	27.65	13.76	
S29v	2 Tubi aperti	06/2017	TA1: 1.35	TA1: 7.20	
	<u>TA1</u>	06/2017	TA2: 2.15	TA2: 6.40	
	<i>cieco: 0.0 - 16.0 m</i>	07/2017	TA1: 1.35	TA1: 7.20	
	<i>finestrato: 16.0 - 50.0 m</i>	07/2017	TA2: 2.27	TA2: 6.28	
	<u>TA2</u>	08/2017	TA1: 1.50	TA1: 7.05	
	<i>cieco: 0.0 - 6.0 m</i>	08/2017	TA2: 2.32	TA2: 6.23	
	<i>finestrato: 6.0 - 13.0 m</i>	09/2017	TA1: 1.42	TA1: 7.13	
		09/2017	TA2: 2.21	TA2: 6.34	
		10/2017	TA1: 1.35	TA1: 7.20	
		10/2017	TA2: 2.25	TA2: 6.30	
		11/2017	TA1: 1.35	TA1: 7.20	
		11/2017	TA2: 2.25	TA2: 6.30	
		12/2017	TA1: 1.30	TA1: 7.25	
		12/2017	TA2: 2.25	TA2: 6.30	
		01/2018	TA1: 1.50	TA1: 7.05	
		01/2018	TA2: 2.38	TA2: 6.17	
		02/2018	TA1: 1.44	TA1: 7.11	
		02/2018	TA2: 2.32	TA2: 6.23	
		03/2018	TA1: 1.30	TA1: 7.25	
		03/2018	TA2: 2.20	TA2: 6.35	
		04/2018	TA1: 1.30	TA1: 7.25	
		04/2018	TA2: 2.20	TA2: 6.35	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda <i>m dal p.c.</i>	Quota falda <i>m s.l.m.</i>	Note
		05/2018	TA1: 1.29	TA1: 7.26	
		05/2018	TA2: 2.22	TA2: 6.33	
		06/2018	TA1: 1.30	TA1: 7.25	
		06/2018	TA2: 2.30	TA2: 6.25	
		07/2018	TA1: 1.33	TA1: 7.22	
		07/2018	TA2: 2.35	TA2: 6.20	
		08/2018	TA1: 1.42	TA1: 7.13	
		08/2018	TA2: 2.39	TA2: 6.16	
S33v	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 13.0 m</i> <i>finestrato: 13.0 - 19.0 m</i> <i>cieco: 19.0 - 22.0 m</i> Casagrande <i>cella 1: 40.0 m</i>	04/2017	c1: 10.40	c1: 4.63	
		04/2017	TA: 10.40	TA: 4.63	
		05/2017	c1: 10.64	c1: 4.39	
		05/2017	TA: 10.52	TA: 4.51	
		06/2017	c1: 10.85	c1: 4.18	
		06/2017	TA: 10.75	TA: 4.28	
		07/2017	c1: 10.78	c1: 4.25	
		07/2017	TA: 11.00	TA: 4.03	
		08/2017	c1: 10.90	c1: 4.13	
		08/2017	TA: 11.50	TA: 3.53	
		09/2017	TA: 10.92	TA: 4.11	
		09/2017	c1: 10.50	c1: 4.53	
		10/2017	c1: 10.97	c1: 4.06	
		10/2017	TA: 10.60	TA: 4.43	
		11/2017	c1: 10.65	c1: 4.38	
		11/2017	TA: 10.67	TA: 4.36	
		12/2017	c1: 10.90	c1: 4.13	
		12/2017	TA: 10.75	TA: 4.28	
		01/2018	c1: 11.00	c1: 4.03	
		01/2018	TA: 10.90	TA: 4.13	
		02/2018	c1: 10.95	c1: 4.08	
		02/2018	TA: 10.80	TA: 4.23	
		03/2018	c1: 10.80	c1: 4.23	
		03/2018	TA: 10.75	TA: 4.28	
		04/2018	c1: 10.80	c1: 4.23	
		04/2018	TA: 10.75	TA: 4.28	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		05/2018	c1: 10.90	c1: 4.13	
		05/2018	TA: 10.90	TA: 4.13	
		06/2018	c1: 11.00	c1: 4.03	
		06/2018	TA: 11.00	TA: 4.03	
		07/2018	c1: 11.10	c1: 3.93	
		07/2018	TA: 11.10	TA: 3.93	
		08/2018	TA: 11.20	TA: 3.83	
		08/2018	c1: 11.20	c1: 3.83	
S9-36v	Tubo aperto cieco: 0.0 - 19.0 m finestrato: 19.0 - 28.0 m cieco: 28.0 - 31.0 m	04/2017	in pressione	3.94	
		05/2017	in pressione	3.94	
		06/2017	in pressione	3.94	
		07/2017	in pressione	3.94	
		08/2017	0.10	3.84	
		09/2017	in pressione	3.94	
		10/2017	in pressione	3.94	
		11/2017	in pressione	3.94	
		12/2017	in pressione	3.94	
		01/2018	in pressione	3.94	
		02/2018	in pressione	3.94	
		03/2018	in pressione	3.94	
		04/2018	in pressione	3.94	
		05/2018	in pressione	3.94	
		06/2018	ND	ND	
		07/2018	in pressione	3.94	
		08/2018	ND	ND	non letto
S12	Tubo aperto cieco: 0.0 - 1.0 m finestrato: 1.0 - 9.0 m cieco: 9.0 - 10.0 m Casagrande cella 1: 30.2 m	06/2017	c1: in pressione	c1: 3.46	
		06/2017	TA: 0.68	TA: 2.78	
		07/2017	c1: in pressione	c1: 3.46	
		07/2017	TA: 0.70	TA: 2.76	
		08/2017	c1: in pressione	c1: 3.46	
		08/2017	TA: 0.78	TA: 2.68	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		09/2017	c1: in pressione	c1: 3.46	
		09/2017	TA: 0.72	TA: 2.74	
		10/2017	c1: in pressione	c1: 3.46	
		10/2017	TA: 0.70	TA: 2.76	
		11/2017	c1: in pressione	c1: 3.46	
		11/2017	TA: 0.40	TA: 3.06	
		12/2017	c1: in pressione	c1: 3.46	
		12/2017	TA: 0.36	TA: 3.10	
		01/2018	c1: in pressione	c1: 3.46	
		01/2018	TA: 0.55	TA: 2.91	
		02/2018	c1: in pressione	c1: 3.46	
		02/2018	TA: 0.45	TA: 3.01	
		03/2018	c1: in pressione	c1: 3.46	
		03/2018	TA: 0.45	TA: 3.01	
		04/2018	c1: in pressione	c1: 3.46	
		04/2018	TA: 0.48	TA: 2.98	
		05/2018	ND	ND	
		06/2018	c1: in pressione	c1: 3.46	
		06/2018	TA: 0.80	TA: 2.66	
		07/2018	c1: in pressione	c1: 3.46	
		07/2018	TA: 0.85	TA: 2.61	
		08/2018	c1: in pressione	c1: 3.46	
		08/2018	TA: 0.40	TA: 3.06	
S16	Tubo aperto cieco: 0.0 - 16.0 m finestrato: 16.0 - 22.0 m cieco: 22.0 - 23.0 m	04/2017	c1: 0.05	c1: 2.99	
		04/2017	TA: 0.67	TA: 2.37	
		05/2017	c1: 0.24	c1: 2.80	
		05/2017	TA: 0.67	TA: 2.37	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
	Casagrande cella 1: 30.0 m	06/2017	c1: 0.33	c1: 2.71	
		06/2017	TA: 0.94	TA: 2.10	
		07/2017	c1: 0.55	c1: 2.49	
		07/2017	TA: 1.10	TA: 1.94	
		08/2017	c1: 0.60	c1: 2.44	
		08/2017	TA: 1.14	TA: 1.90	
		09/2017	c1: 0.58	c1: 2.46	
		09/2017	TA: 1.10	TA: 1.94	
		10/2017	c1: 0.50	c1: 2.54	
		10/2017	TA: 1.00	TA: 2.04	
		11/2017	c1: 0.25	c1: 2.79	
		11/2017	TA: 0.75	TA: 2.29	
		12/2017	c1: 0.21	c1: 2.83	
		12/2017	TA: 0.70	TA: 2.34	
		01/2018	c1: 0.23	c1: 2.81	
		01/2018	TA: 0.80	TA: 2.24	
		02/2018	c1: 0.21	c1: 2.83	
		02/2018	TA: 0.78	TA: 2.26	
		03/2018	c1: 0.10	c1: 2.94	
		03/2018	TA: 0.70	TA: 2.34	
		04/2018	c1: 0.27	c1: 2.77	
		04/2018	TA: 0.80	TA: 2.24	
		05/2018	c1: 0.24	c1: 2.80	
		05/2018	TA: 0.70	TA: 2.34	
		06/2018	c1: 0.22	c1: 2.82	
		06/2018	TA: 0.68	TA: 2.36	
		07/2018	c1: 0.38	c1: 2.66	
		07/2018	TA: 0.85	TA: 2.19	
08/2018	TA: 0.80	TA: 2.24			
08/2018	c1: 0.37	c1: 2.67			
S19	Tubo aperto cieco: 0.0 - 9.0 m finestrato: 9.0 - 40.0 m	08/2017	in pressione	2.89	
		09/2017	in pressione	2.89	
		10/2017	in pressione	2.89	
		11/2017	in pressione	2.89	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		12/2017	in pressione	2.89	
		01/2018	in pressione	2.89	
		02/2018	in pressione	2.89	
		03/2018	in pressione	2.89	
		04/2018	in pressione	2.89	
		05/2018	in pressione	2.89	
		06/2018	in pressione	2.89	
		07/2018	in pressione	2.89	
		08/2018	in pressione	2.89	
S20	2 Tubi aperti	08/2017	TA1: 1.00	TA1: 4.41	
	<u>TA1</u>	08/2017	TA2: 1.20	TA2: 4.21	
	<i>cieco: 0.0 - 9.0 m</i>	09/2017	TA1: 1.10	TA1: 4.31	
	<i>finestrato: 9.0 - 40.0 m</i>	09/2017	TA2: 1.05	TA2: 4.36	
	<u>TA2</u>	10/2017	TA1: 1.00	TA1: 4.41	
	<i>cieco: 0.0 - 1.0 m</i>	10/2017	TA2: 0.98	TA2: 4.43	
	<i>finestrato: 1.0 - 6.0 m</i>	11/2017	TA1: 0.95	TA1: 4.46	
	<i>cieco: 6.0 - 7.0 m</i>	11/2017	TA2: 0.80	TA2: 4.61	
		12/2017	TA1: 0.73	TA1: 4.68	
		12/2017	TA2: 0.63	TA2: 4.78	
		01/2018	TA1: 0.68	TA1: 4.73	
		01/2018	TA2: 0.50	TA2: 4.91	
		02/2018	TA1: 0.71	TA1: 4.70	
		02/2018	TA2: 0.57	TA2: 4.84	
		03/2018	TA1: 0.70	TA1: 4.71	
		03/2018	TA2: 0.60	TA2: 4.81	
		04/2018	TA1: 0.70	TA1: 4.71	
		04/2018	TA2: 0.55	TA2: 4.86	
		05/2018	TA1: 0.70	TA1: 4.71	
		05/2018	TA2: 0.50	TA2: 4.91	
		06/2018	TA1: 0.81	TA1: 4.60	
		06/2018	TA2: 0.69	TA2: 4.72	
		07/2018	TA1: 0.93	TA1: 4.48	
		07/2018	TA2: 0.75	TA2: 4.66	
		08/2018	TA1: 1.15	TA1: 4.26	

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
		08/2018	TA2: 0.98	TA2: 4.43	
S24	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 6.0 m</i> <i>finestrato: 6.0 - 27.0 m</i> <i>cieco: 27.0 - 30.0 m</i>	04/2017	11.70	3.78	
		05/2017	11.81	3.67	
		06/2017	12.60	2.88	
		07/2017	12.27	3.21	
		08/2017	12.50	2.98	
		09/2017	12.64	2.84	
		10/2017	12.60	2.88	
		11/2017	12.20	3.28	
		12/2017	12.39	3.09	
		01/2018	12.45	3.03	
		02/2018	12.48	3.00	
		03/2018	12.23	3.25	
		04/2018	12.24	3.24	
		05/2018	12.25	3.23	
		06/2018	12.30	3.18	
		07/2018	12.50	2.98	
08/2018	12.50	2.98			
S26	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 6.0 m</i> <i>finestrato: 6.0 - 30.0 m</i>	04/2017	10.54	2.52	
		05/2017	10.69	2.37	
		06/2017	10.90	2.16	
		07/2017	11.10	1.96	
		08/2017	11.40	1.66	
		09/2017	11.55	1.51	
		10/2017	11.30	1.76	
		11/2017	11.00	2.06	
		12/2017	10.79	2.27	
		01/2018	11.25	1.81	
		02/2018	11.05	2.01	
		03/2018	10.70	2.36	
		04/2018	10.62	2.44	
		05/2018	10.70	2.36	
		06/2018	11.20	1.86	
07/2018	11.28	1.78			

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda m dal p.c.	Quota falda m s.l.m.	Note
S28	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 7.0 m</i> <i>finestrato: 7.0 - 30.0 m</i>	08/2018	11.30	1.76	
		04/2017	15.28	3.35	
		05/2017	15.22	3.41	
		06/2017	15.88	2.75	
		07/2017	16.00	2.63	
		08/2017	16.80	1.83	
		09/2017	15.80	2.83	
		10/2017	16.10	2.53	
		11/2017	15.55	3.08	
		12/2017	15.60	3.03	
		01/2018	15.60	3.03	
		02/2018	15.56	3.07	
		03/2018	15.65	2.98	
		05/2018	15.48	3.15	
		06/2018	15.55	3.08	
07/2018	15.68	2.95			
08/2018	15.70	2.93			
S29	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 6.0 m</i> <i>finestrato: 6.0 - 30.0 m</i>	04/2017	21.24	3.21	
		05/2017	21.30	3.15	
		06/2017	21.48	2.97	
		07/2017	21.50	2.95	
		08/2017	21.95	2.50	
		09/2017	22.10	2.35	
		10/2017	22.15	2.30	
		11/2017	21.90	2.55	
		12/2017	21.77	2.68	
		01/2018	22.10	2.35	
		02/2018	21.88	2.57	
		03/2018	21.78	2.67	
		04/2018	21.70	2.75	
		05/2018	21.55	2.90	
		06/2018	21.60	2.85	
07/2018	21.76	2.69			
08/2018	21.80	2.65			

Sigla	Piezometro	Data	Prof. falda <i>m dal p.c.</i>	Quota falda <i>m s.l.m.</i>	Note
S36	Tubo aperto <i>cieco: 0.0 - 6.8 m</i> <i>finestrato: 6.8 - 27.8 m</i> <i>cieco: 27.8 - 30.8 m</i>	08/2017	0.78	3.91	
		09/2017	0.70	3.99	
		10/2017	0.65	4.04	
		11/2017	0.35	4.34	
		12/2017	0.35	4.34	
		01/2018	0.30	4.39	
		02/2018	0.33	4.36	
		03/2018	0.10	4.59	
		04/2018	0.12	4.57	
		05/2018	0.40	4.29	
		06/2018	0.50	4.19	
		07/2018	0.65	4.04	
08/2018	0.70	3.99			

Tabella 13 - Dati di monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio della campagna indagini 2017, utilizzati nello studio di ricostruzione della falda; in rosso è evidenziata la misura massima rilevata, mentre in blue la minima.

Nello specifico, nelle cartografie e nei profili idrogeologici sono stati riportati unicamente i valori massimi e minimi della falda registrati nel corso delle diverse fasi di monitoraggio. In tal modo, è stato possibile ricostruire l'andamento della superficie piezometrica nelle condizioni più penalizzanti e definire, per ogni punto, la massima variabilità del livello idrico durante l'intero anno idrologico.

12.4 Opere di captazione ed emergenze sorgentizie

Per poter ricostruire con maggior dettaglio l'andamento e le caratteristiche delle falde idriche presenti nell'area, nel corso della presente fase di studio si è provveduto ad acquisire tutte le informazioni disponibili relativamente ai punti d'acqua esistenti nel settore di intervento. Le emergenze sorgentizie non sono state individuate e non vi è traccia neanche in bibliografia e negli archivi degli enti operanti sul territorio, mentre le opere di captazione (pozzi) sono diffuse anche se generalmente di scarsa rilevanza, in quanto si tratta generalmente di pozzi superficiali e pozzi cisterna.

Relativamente a questi ultimi il rilevamento di campagna non ha consentito di monitorare direttamente i rari pozzi presenti nell'area in quanto posti in aree private non accessibili o comunque non ispezionabili. Al contrario sono stati reperiti presso l'archivio nazionale dell'ISPRA (Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo - Legge 464/1984) i pozzi che ricadono ad una distanza inferiore a 500 m dal tracciato di progetto e riportati nella carta idrogeologica allegata allo studio (LI02 02 D 69 N5 GE0002 001-6). Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei dati raccolti con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singolo punto (Sigla, Codice ISPRA, X e Y nel sistema di riferimento Gauss-Boaga fuso Est (Roma 40), quota, uso, data rilevamento, falda, profondità, comune).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTE 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

Sigla	Codice ISPRA	X	Y	Quota m s.l.m.	Uso	Data rilevamento	Falda m s.l.m.	Profondità m	Comune
P01	163531	2519757	4649150	29.6	industriale	mar-98	-1.40	50	Termoli

Tabella 14 – Censimento pozzi disponibile presso la banca dati ISPRA - Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo (Legge 464/1984) <http://sgi2.isprambiente.it/indagini/>.

12.5 Condizioni di deflusso idrico sotterraneo

Tutti i dati raccolti durante il presente studio, di carattere sia geologico che idrogeologico, hanno permesso di definire le caratteristiche peculiari dell'area e di individuare, per grandi linee, il regime di deflusso idrico sotterraneo proprio dei settori di interesse.

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 della estensione areale e verticale dei depositi. Ad essi si aggiungono, inoltre, alcuni corpi idrogeologici secondari che nello specifico contesto di riferimento possono essere considerati degli *acquiclude*, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei più importanti.

L'acquifero alluvionale e marino, rappresentato da depositi fortemente eterogenei dal punto di vista granulometrico e tessiturale, costituisce un complesso sistema idrogeologico sede di corpi idrici in parte separati e in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o semiconfinate. Tale acquifero risulta poggiante sui depositi pelitici e sabbioso-conglomeratici del substrato plio-pleistocenico e presenta, in generale, spessori estremamente variabili in relazione alle locali condizioni morfologiche ed alla distanza dai principali rilievi collinari dell'area.

L'alimentazione deriva, in buona sostanza, dagli apporti idrici superficiali dei principali corsi d'acqua dell'area, anche se non mancano scambi idrici con gli acquiferi minori dei complessi conglomeratico-sabbioso e sabbioso-arenaceo. Verso la costa, il suddetto acquifero risente in maniera evidente degli effetti dell'intrusione marina, anche se non sono disponibili dati diretti circa l'andamento dell'interfaccia tra acque dolci e acque salate.

L'acquifero alluvionale e marino presenta, nei settori di interesse, un deflusso in direzione circa SW-NE, che ricalca fortemente l'andamento morfologico delle principali zone di piana fluviale e costiera. Tale condizione è dettata, principalmente, dalle forti variazioni granulometriche dei depositi costituenti l'acquifero e, quindi, dalle presenza di importanti passaggi grossolani corrispondenti alle antiche aste fluviali dei principali corsi d'acqua dell'area, che rappresentano ovviamente degli assi di drenaggio preferenziale per le acque di falda.

In relazione a quanto esposto è evidente che l'elevata permeabilità media dei depositi e la ridotta distanza dalla costa impedisce, di fatto, la formazione di sorgenti o punti d'acqua di particolare interesse, nonostante la ridotta soggiacenza media della falda. Le acque sotterranee, pertanto, tendono a defluire generalmente verso il mare, anche se non sono da escludere locali scambi idrici con i principali corsi d'acqua dell'area, almeno nei periodi più piovosi dell'anno.

Relativamente agli altri acquiferi presenti nell'area, si sottolinea la presenza di deflussi idrici sotterranei di una certa importanza anche all'interno dei depositi alluvionali terrazzati e dei termini sabbioso-conglomeratici del substrato pleistocenico. In particolare i depositi terrazzati, data la loro elevata permeabilità media e gli spessori generalmente piuttosto esigui, sono caratterizzati da falde stagionali di scarsa importanza anche se, talora, molto estese arealmente. Tali falde seguono, in generale, l'andamento della superficie topografica e presentano locali scambi idrici con gli acquiferi limitrofi.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTE 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

I depositi grossolani pleistocenici, al contrario, mostrano sempre una permeabilità piuttosto buona e, in relazione alla maggiore estensione areale ed agli spessori generalmente più elevati, sono generalmente sede di falde a superficie libera di una certa importanza. Tali falde, come nel caso dei depositi alluvionali terrazzati, ricalcano in linea di massima l'andamento della superficie topografica e, come detto, presentano locali scambi idrici con l'acquifero alluvionale e marino delle zone di pianura.

12.6 Vulnerabilità degli acquiferi

La vulnerabilità all'inquinamento indica la facilità con cui le sostanze contaminanti si possono introdurre, si possono propagare e possono persistere all'interno di un determinato acquifero (Celico 1986). L'introduzione può essere connessa sia a cause naturali che a fattori antropici, mentre la propagazione e la persistenza sono essenzialmente connessi a elementi naturali (Margat & Monition 1970; Celico 1986), quali l'assetto idrogeologico dell'area e le caratteristiche dei litotipi costituenti l'acquifero.

Nel presente studio, per la valutazione della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento si è fatto riferimento a due differenti studi a carattere regionale. Per quanto riguarda la zona nord-occidentale del tracciato è stato considerato lo studio riportato nel "Piano di Tutela delle Acque" della Regione Molise (2016), nell'elaborato "R15: Piano Nitrati", mentre per quella sud-orientale si è fatto riferimento a quanto riportato nel "Piano Territoriale di Coordinamento della Provincia di Foggia" (2008), nella "Tavola A2 - Vulnerabilità degli acquiferi".

In entrambi gli studi, l'analisi della vulnerabilità è stata condotta attraverso il noto protocollo metodologico SINTACS (Civita 1994; Civita et al. 1997; Civita & De Maio 2000). Questo metodo si basa sull'analisi di alcuni parametri idrogeologici di particolare rilevanza, a cui vengono attribuiti relativi punteggi e pesi (Civita et al. 1997; Civita & De Maio 2000). Tali parametri sono la Soggiacenza, l'Infiltrazione efficace, l'effetto di autodepurazione del Non saturo, la Tipologia di copertura, la tipologia dell'Acquifero, la Conducibilità idraulica e l'acclività della Superficie topografica (Civita et al. 1997). La vulnerabilità è quindi data dalla sommatoria dei punteggi pesati di ogni singolo parametro, secondo la relazione:

$$I_s = \sum_{i=1}^{i=7} P_i W_i$$

dove I_s è l'indice di vulnerabilità intrinseca, P_i il punteggio di ciascuno dei 7 parametri considerati e W_i il relativo peso della stringa prescelta. L'integrazione dei valori così ottenuti fornisce, per ogni maglia, un valore numerico rappresentativo della vulnerabilità intrinseca all'inquinamento, variabile da un minimo di 26 ad un massimo di 260 punti (Civita et al. 1997; Civita & De Maio 2000).

Legenda

Complessi idrogeologici
Grado di vulnerabilità intrinseca

- Elevato
- Alto
- Medio
- Basso
- Molto Basso

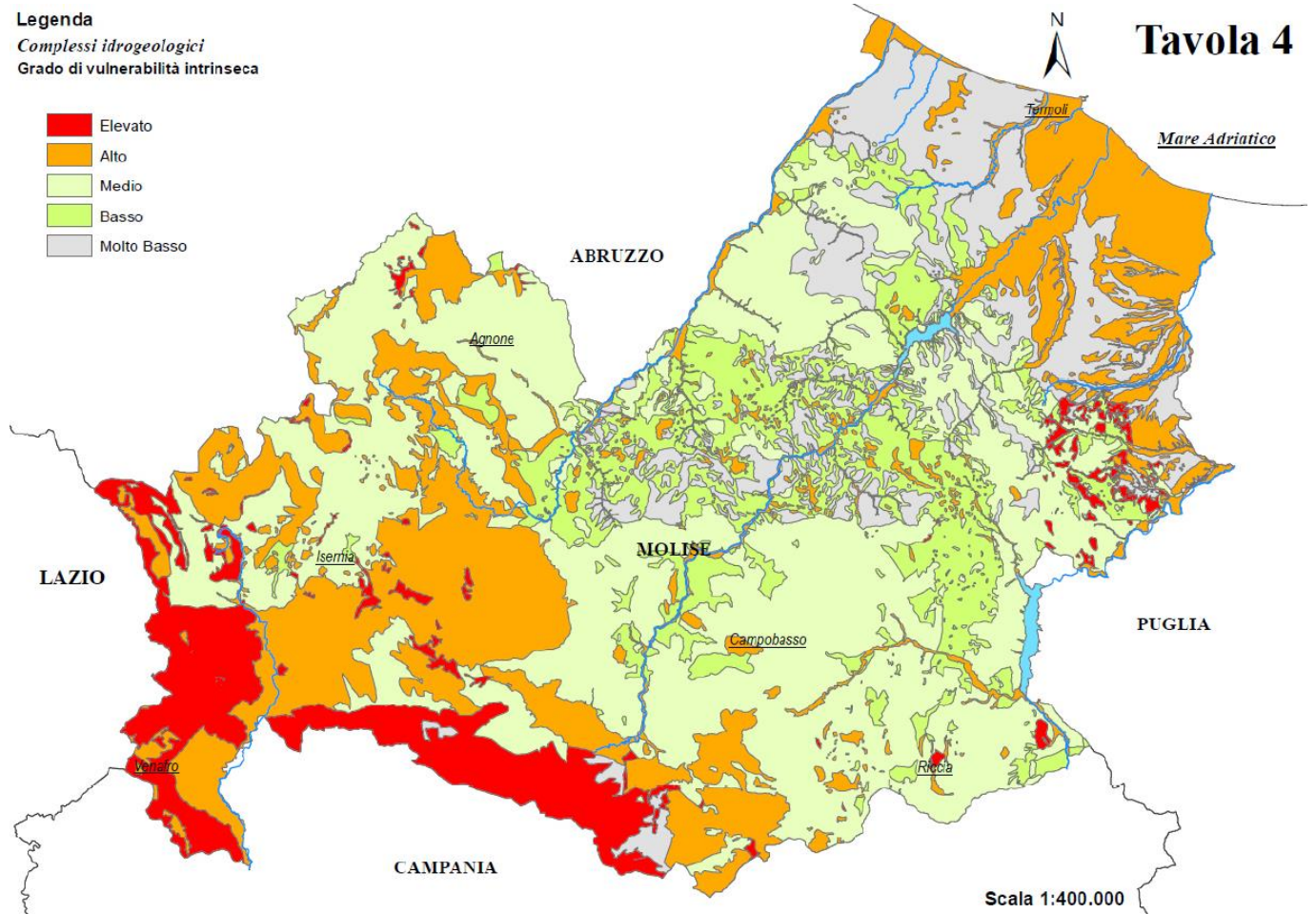


Figura 22 – Carta della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi all'inquinamento della Regione Molise (2016).

Come visibile dalla carta della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi all'inquinamento della Regione Molise, tutta la zona costiera a SE di Termoli è caratterizzata da un grado di vulnerabilità "Alto". Ciò è connesso sia alla presenza in spessi depositi sabbioso-limosi e sabbioso-ghiaiosi di elevata permeabilità che alla ridotta soggiacenza della superficie freatica rispetto all'attuale piano campagna.

Allo stesso modo, la zona costiera compresa tra il fondovalle del Torrente Saccione e quello del Fiume Fortore presenta una vulnerabilità all'inquinamento "significativa". Anche in questo caso, l'elevato grado di vulnerabilità degli acquiferi risulta fortemente condizionato dalla elevata permeabilità dei depositi e dalla ridotta soggiacenza della falda libera rispetto all'attuale piano campagna.

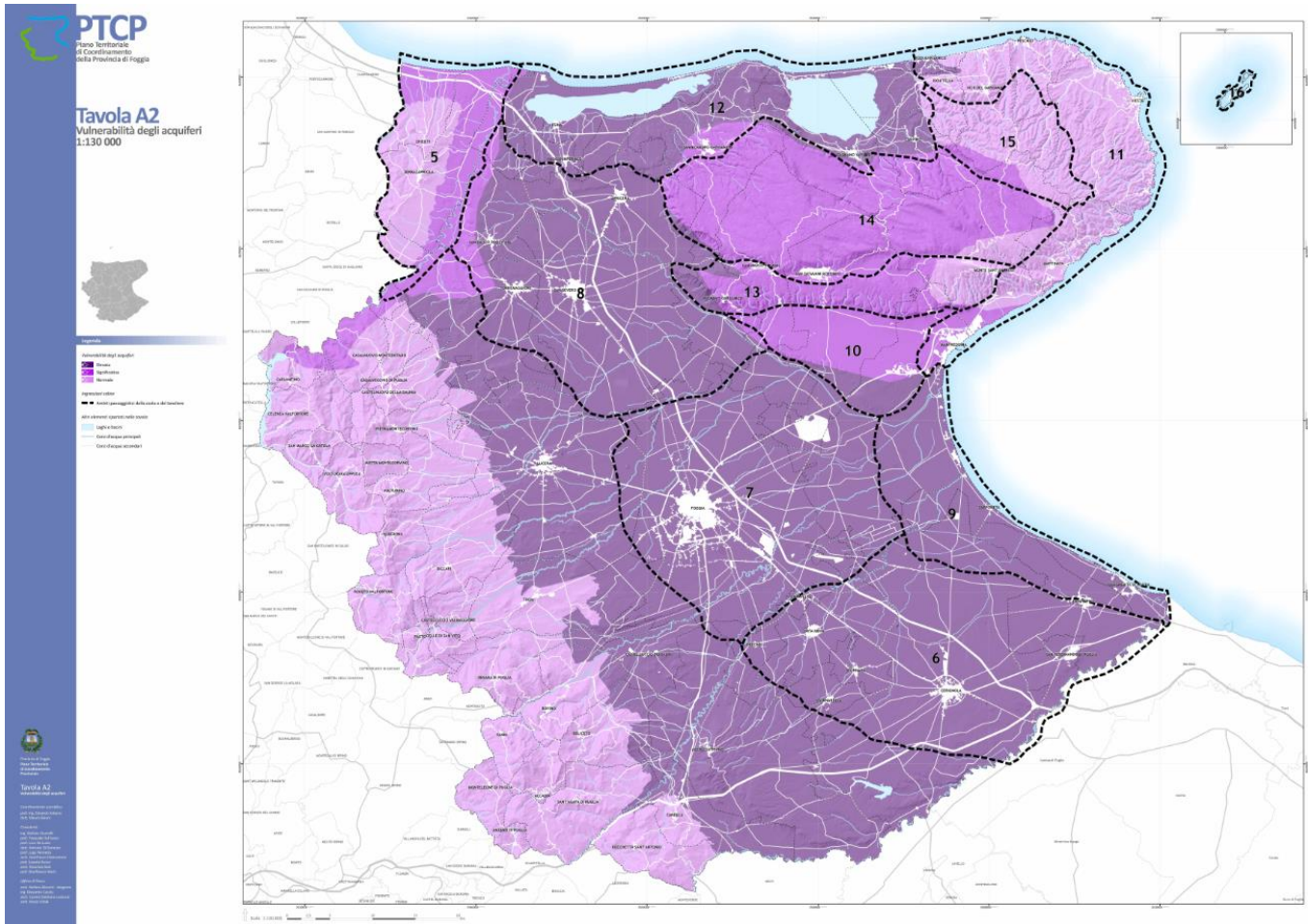


Figura 23 – Carta della vulnerabilità degli acquiferi della Provincia di Foggia (2008).

In relazione a quanto esposto in precedenza, tutto il settore di territorio interessato dalla realizzazione degli interventi in progetto presenta una elevata vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento. Considerata la scala di realizzazione degli studi, localmente possono essere presenti anomalie litologiche e sedimentologiche che determinano un parziale aumento o decremento dei valori medi di vulnerabilità degli acquiferi, come ad esempio una sostanziale variazione delle caratteristiche granulometriche dei depositi. Tali variazioni sono comunque piuttosto puntuali e, pertanto, non incidono significativamente sul grado di vulnerabilità determinato dagli studi suddetti e precedentemente descritto.

13 SISMICITÀ DELL'AREA

Le caratteristiche di sismicità della Puglia settentrionale e dei settori esterni del Molise sono da porre in relazione, essenzialmente, con l'assetto geologico-strutturale della zona di avanfossa-avampaese a cui essi appartengono (Del Gaudio et al. 2007). 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 (Venisti et al. 2004; Del Gaudio et al. 2007; Pierri et al. 2008).

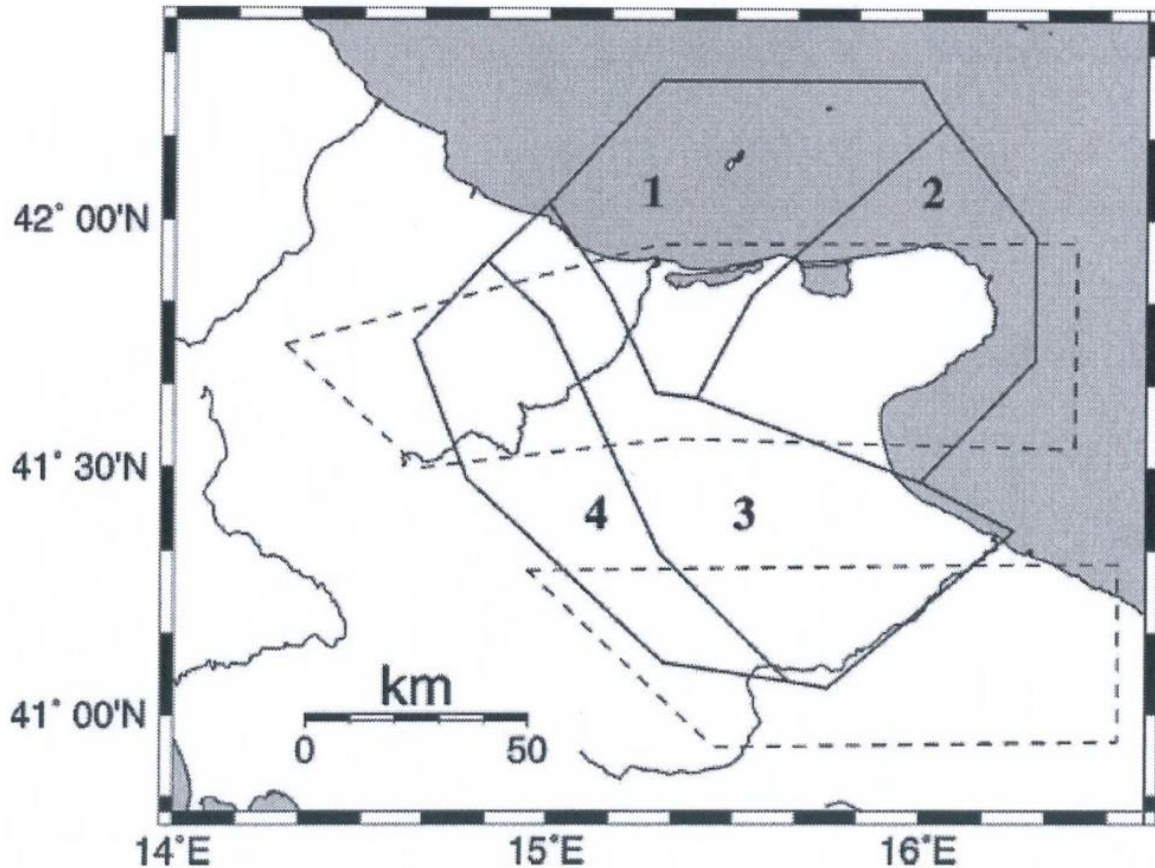


Figura 24 – Suddivisione della Puglia settentrionale in quattro zone (linee continue) con caratteristiche di sismicità differenti, suggerita dalla revisione delle caratteristiche di sismicità storica e strumentale condotta nello studio di Del Gaudio et al. 2007: 1) Zona basso Fortore-Lesina-Isole Tremiti; 2) Promontorio del Gargano; 3) Avanfossa del Tavoliere; 4) Sub-Appennino Dauno-Molise sud-orientale. Le linee tratteggiate indicano i confini delle zone sismogenetiche definite nella zonazione ZS9 (da Pierri et al. 2008).

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

- **Zona basso Fortore-Lesina-Isole Tremiti:** si trova al bordo della eterogeneità strutturale sopra descritta; è caratterizzata da sismicità superficiale (ipocentri a profondità comprese nell'intervallo 5÷15 km) e da faglie *strike-slip* N-S sinistre o E-W destre, debolmente transpressive per compressione NW ed estensione NE;
- **Promontorio del Gargano:** il campo di *stress* ha proprietà simili alla zona sismogenetica precedente, ma è caratterizzata da ipocentri leggermente più profondi (10÷25 km), da un minor tasso di rilascio energetico e da una distribuzione spaziale che suggerisce un'orientazione preferenziale N-S, piuttosto che E-W;
- **Zona di Avanfossa del Tavoliere:** il tasso di rilascio energetico è decisamente inferiore alle due zone precedenti; il campo di *stress* vede più accentuata la componente estensiva NE rispetto a quella

compressiva NW, probabilmente per effetto di una minore efficienza nella trasmissione della compressione assiale lungo il bordo meno rigido della placca adriatica;

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

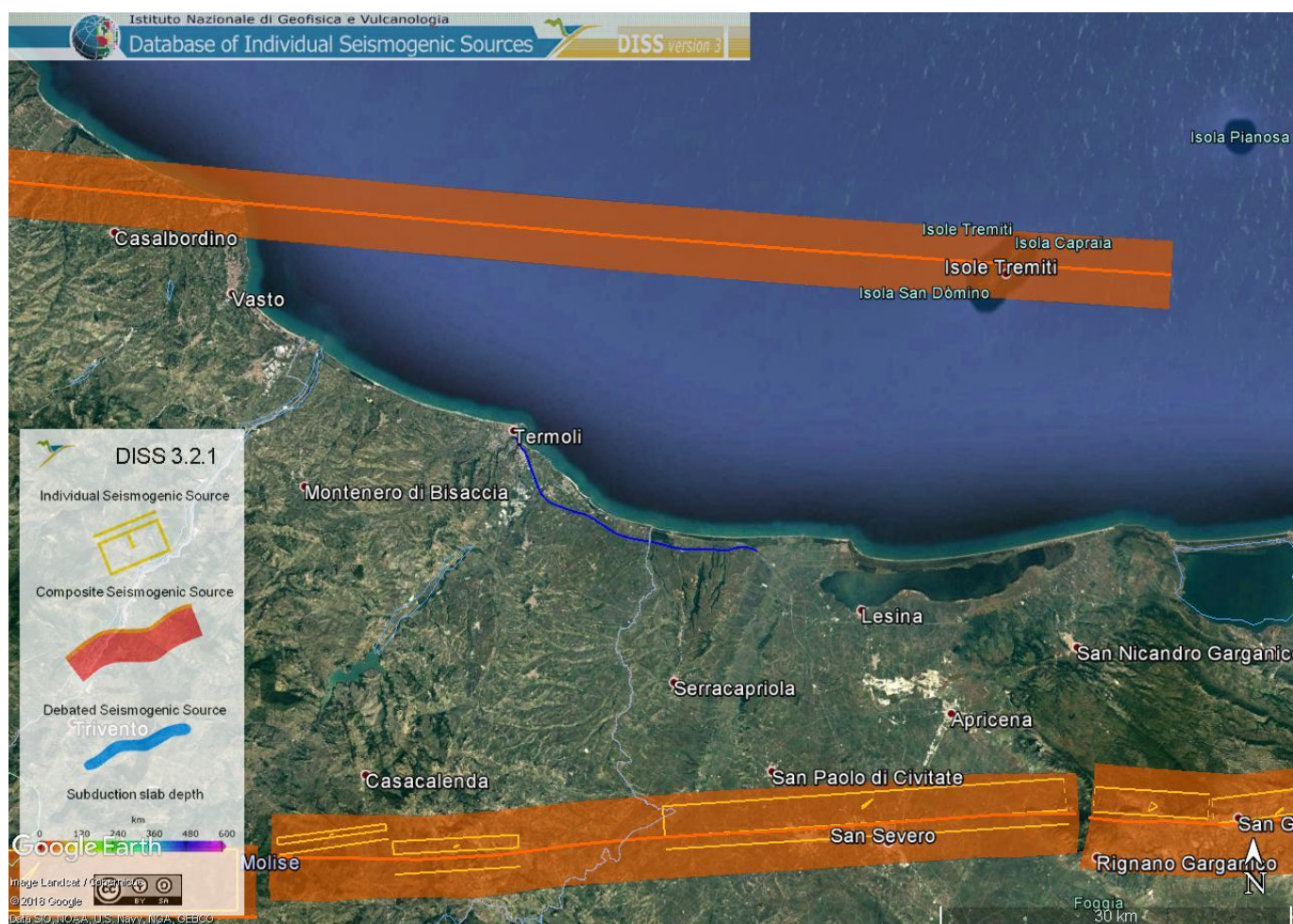


Figura 25 - Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5.5$ nell'area di studio (da DISS Working group 2018, *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)*, versione 3.2.1., <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.html>); in blu è riportato il tracciato di progetto.

La consultazione del database DISS (vers. 3.2.1., 2018), relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che il tracciato di progetto non risulta essere interessato direttamente dalla presenza di potenziali faglie sismogenetiche. La fascia di sorgenti composite più vicina è posta, nel settore settentrionale dell'area di interesse progettuale, a circa 16 km di distanza a nord del tracciato; si tratta della fascia di sorgenti composite ITCS059 Tocco Casauria-Tremiti (profondità stimata 11.0-18.5 km, magnitudo massima 6.0, *Slip rate* 0.1-0.5 mm/anno), che include la sorgente individuale ITIS094 Tocco da Casauria (profondità stimata 5.4-11.0 km, magnitudo massima 6.0, ultimo evento 30 dicembre 1456).

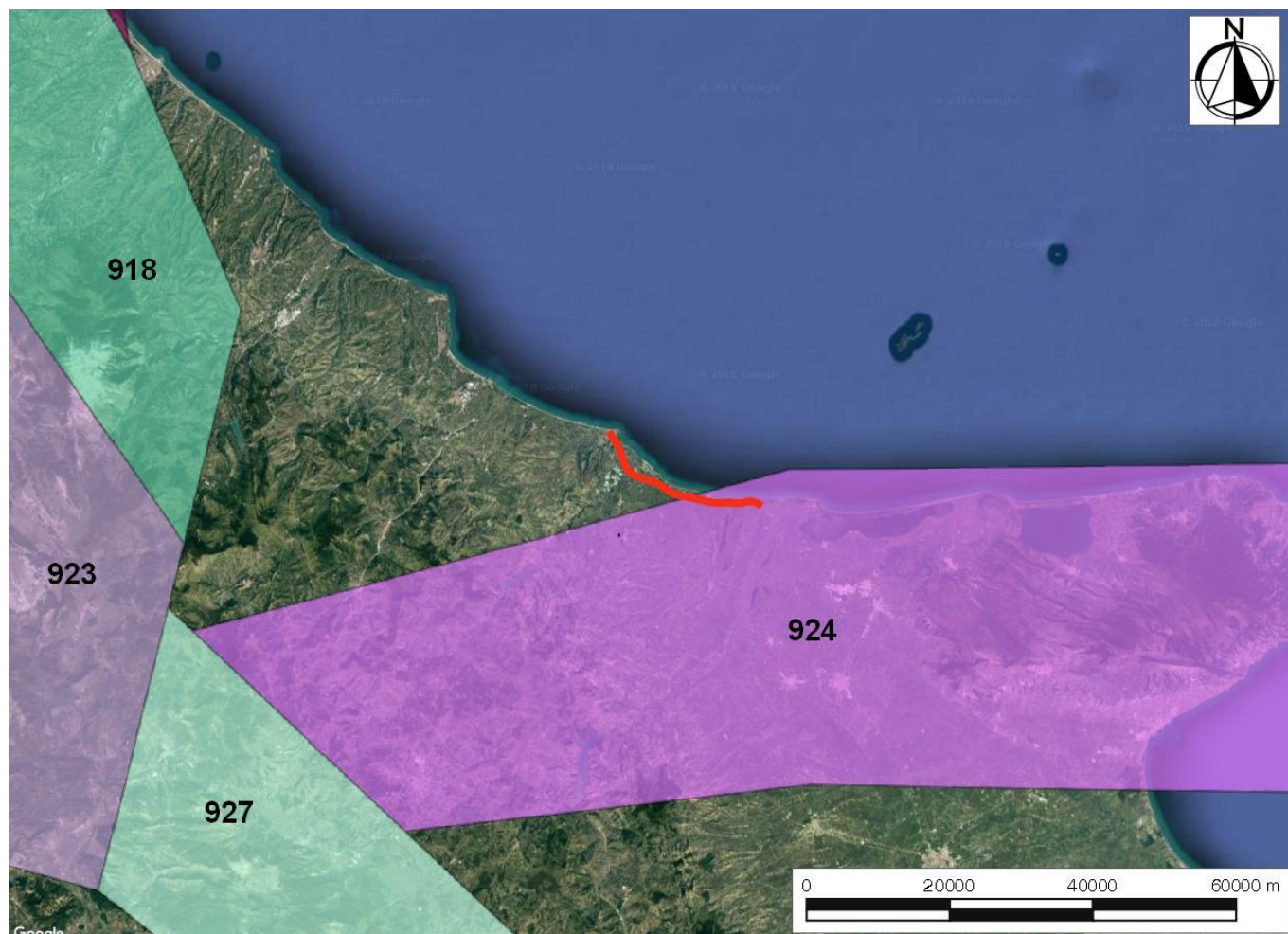


Figura 26 – Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9. In colore rosso è riportata la traccia della tratta ferroviaria di interesse progettuale.

Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004), il tratto ferroviario di interesse progettuale, nella zona a sud, nel territorio di competenza della regione puglia, ricade nella **Zona 924 Molise-Gargano**. Sulla base degli studi sismologici più aggiornati, in tale settore sono attesi terremoti di elevata profondità ($P = 13-20$ km) e di elevata magnitudo ($M_{max} = 6.83$), riconducibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente trascorrente. Tale zona presenta un andamento circa E-W ed è caratterizzata da strutture essenzialmente transtensive ad andamento appenninico, anti-appenninico ed E-W. Tra queste si ricorda la ben nota Faglia di Mattinata, posta nella porzione meridionale dell'area garganica e ritenuta generalmente attiva con una cinematica di tipo trascorrente destra, simile a quella del terremoto molisano del 2002 (Piccardi 1998; Piccardi et al. 2002).

13.1 Sismicità storica

In tempi recenti, diversi terremoti hanno causato lievi danni nella zona del Gargano e nelle aree ad essa limitrofe, come l'evento di magnitudo momento $M_w=5.15$ (CPTI15) che ha colpito la parte nord-orientale del promontorio il 30 settembre 1995. Al contrario, a sud del F. Ofanto nessun evento ha causato effetti di danneggiamento

comparabili con quelli dei maggiori terremoti verificatisi nella Puglia settentrionale e anche la sismicità strumentale mostra un tasso di ricorrenza degli eventi sismici minore (Del Gaudio et al. 2009).

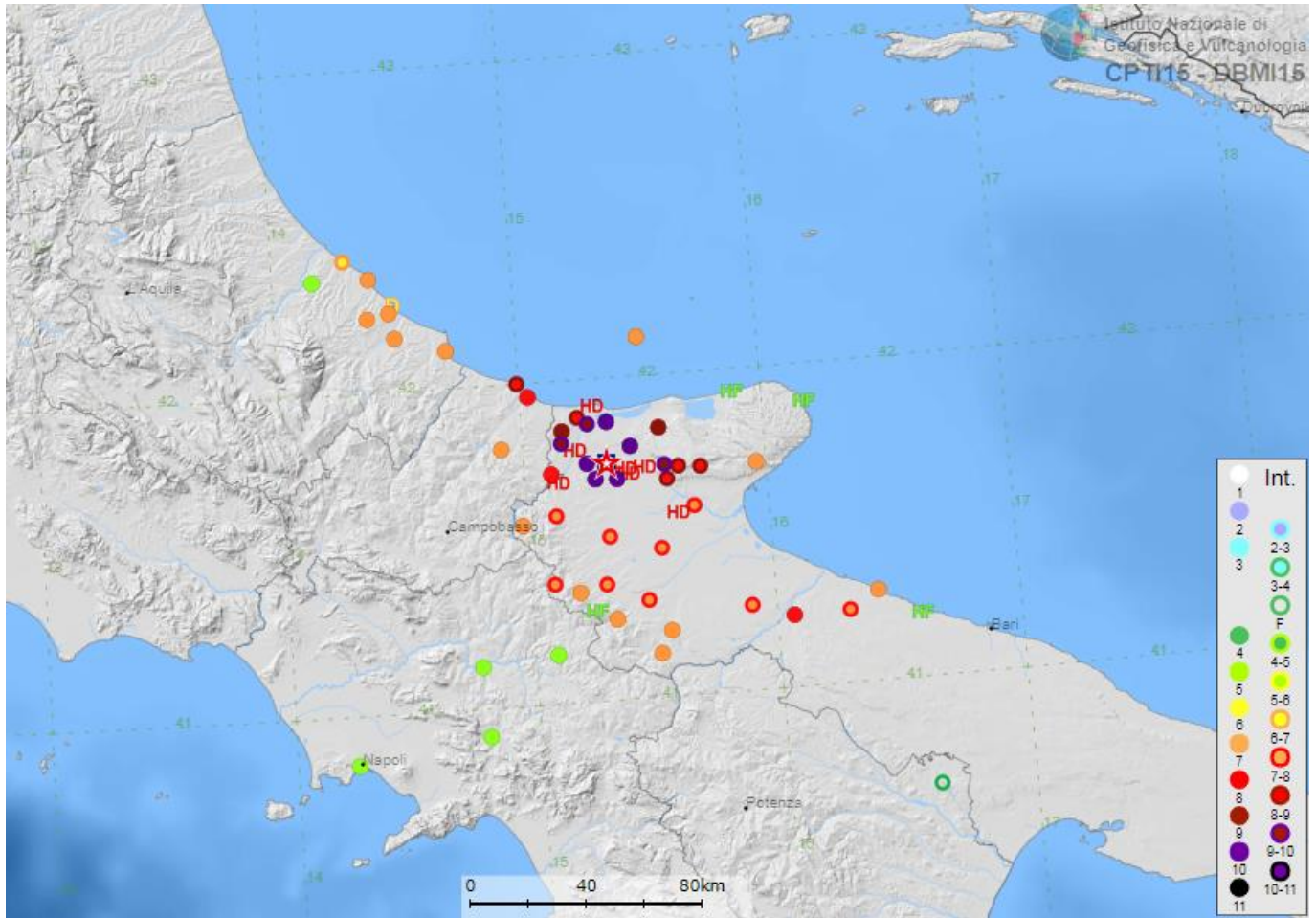


Figura 27 - Distribuzione del danneggiamento prodotto dal terremoto del 30 luglio 1627 nell'area di studio (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>).

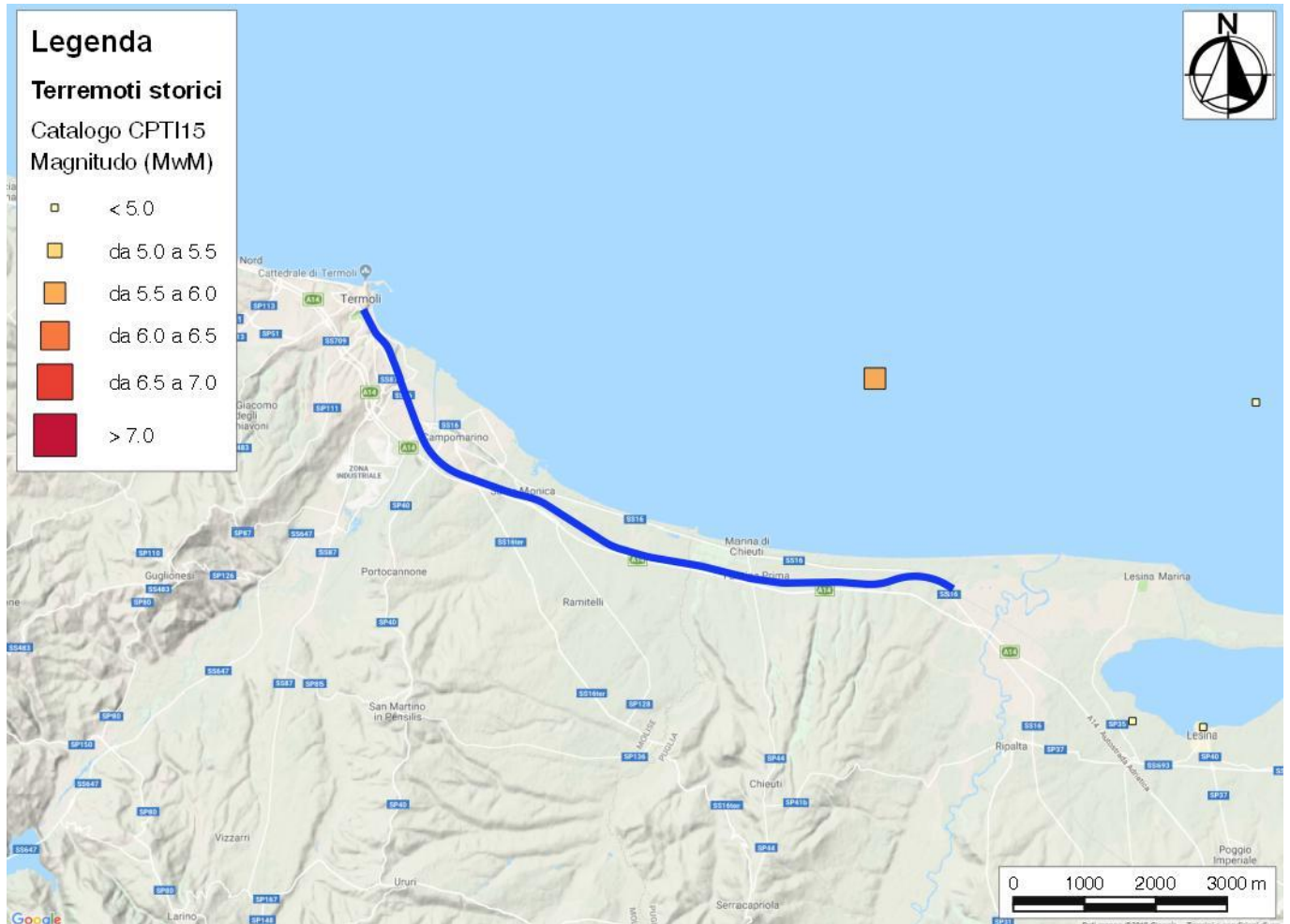


Figura 28 – Ubicazione epicentrale dei principali terremoti storici che hanno interessato l’area di studio (da catalogo CPTI15).

Nelle figure 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 Termoli, Campomarino, Chieuti e Serracapriola (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Termoli

[42.000, 14.993]

Numero eventi: 43

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
6	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
8-9	1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6.66
NC	1706 11 03 13	Maiella	99	10-11	6.84
7-8	1821 11 22 01 15	Costa molisana	9	7-8	5.59

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
5-6	1838 03 05	Costa molisana	2	4-5	3.93
5	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7.12
5	1889 12 08	Gargano	122	7	5.47
3-4	1892 06 06	Isole Tremiti	68	6	4.88
3	1894 03 25	Gargano	27	6-7	4.9
5	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5.11
NF	1897 05 28 22 40 02.00	Ionio	132	6	5.46
NF	1904 04 08 08 22	Gargano	27	6	4.75
4	1905 08 18 04 07	Tavoliere delle Puglie	41	5	4.61
NF	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5.18
NF	1907 01 23 00 25	Adriatico centrale	93	5	4.75
2	1908 12 28 04 20 27.00	Stretto di Messina	772	11	7.1
NF	1912 07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55
4-5	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5.35
3	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
5	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
NF	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
4	1933 09 26 03 33 29.00	Maiella	325	9	5.9
3	1937 07 17 17 11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96
NC	1937 12 15 21 25	Tavoliere delle Puglie	16	4-5	4.58
4	1951 01 16 01 11	Gargano	73	7	5.22
5	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
5	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4-5	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5.86
4-5	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	342	7	5.47
NF	1990 02 01 06 24 14.15	Isole Tremiti	27		4.43
3	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
4	1996 11 10 23 23 10.77	Tavoliere delle Puglie	55	5-6	4.35
NF	2001 07 02 10 04 43.18	Tavoliere delle Puglie	60	5	4.26
5	2002 10 31 10 32 59.05	Molise	51	7-8	5.74
5	2002 11 12 09 27 48.57	Molise	174	5-6	4.57
NF	2003 01 27 04 03 46.57	Molise	60	5	3.84
NF	2003 03 29 17 42 13.74	Adriatico centrale	68		5.43
3-4	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
3	2005 03 01 05 41 37.38	Molise	136	4	3.68
4	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
3	2006 12 10 11 03 41.57	Adriatico centrale	54		4.48

Tabella 15 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Termoli (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.

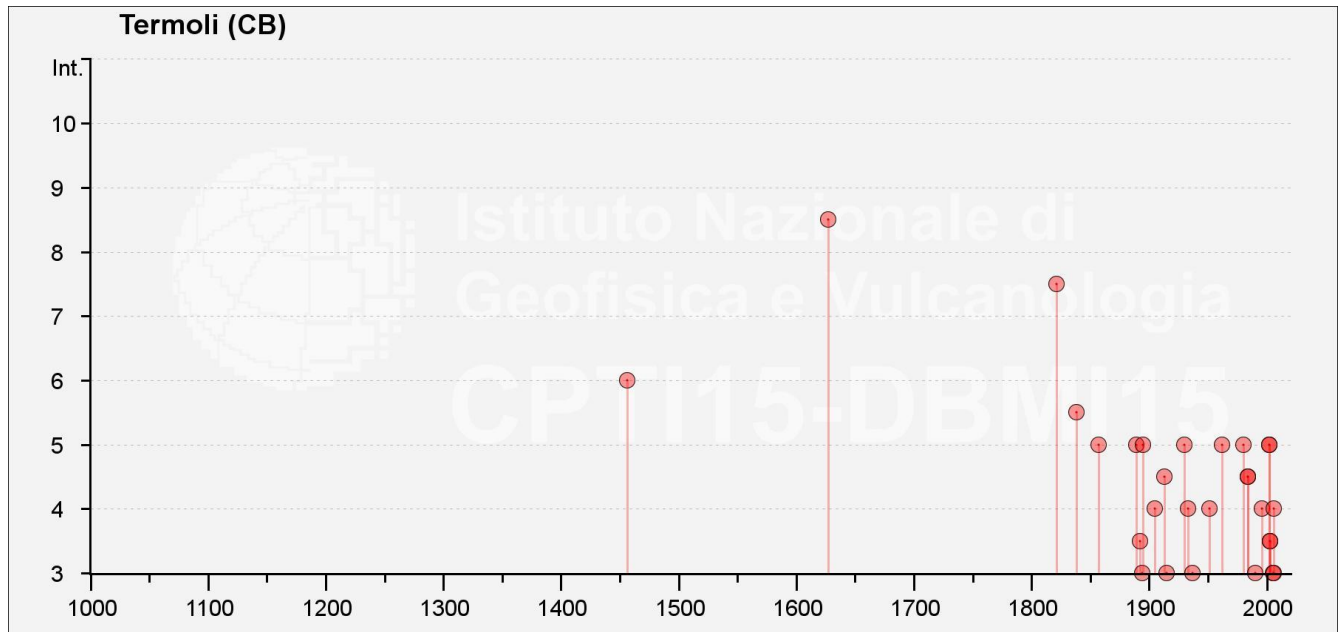


Figura 29– Grafico illustrante la storia sismica di Termoli. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Campomarino

[41.957, 15.035]

Numero eventi: 23

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
8	1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6.66
5	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5.11
3-4	1900 12 23 22 30	Gargano	20	5	4.37
5	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
5	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5.86

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
NF	1988 04 26 00 53 43.83	Adriatico centrale	78		5.36
NF	1989 03 11 21 05	Gargano	61	5	4.34
NF	1990 02 01 06 24 14.15	Isole Tremiti	27		4.43
3	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
3-4	1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	145	6	5.15
4	1996 11 10 23 23 10.77	Tavoliere delle Puglie	55	5-6	4.35
3-4	2001 07 02 10 04 43.18	Tavoliere delle Puglie	60	5	4.26
5	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
4	2002 11 12 09 27 48.57	Molise	174	5-6	4.57
4	2003 01 27 04 03 46.57	Molise	60	5	3.84
3-4	2003 03 29 17 42 13.74	Adriatico centrale	68		5.43
3-4	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
2	2005 03 01 05 41 37.38	Molise	136	4	3.68
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 16 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Campomarino (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.

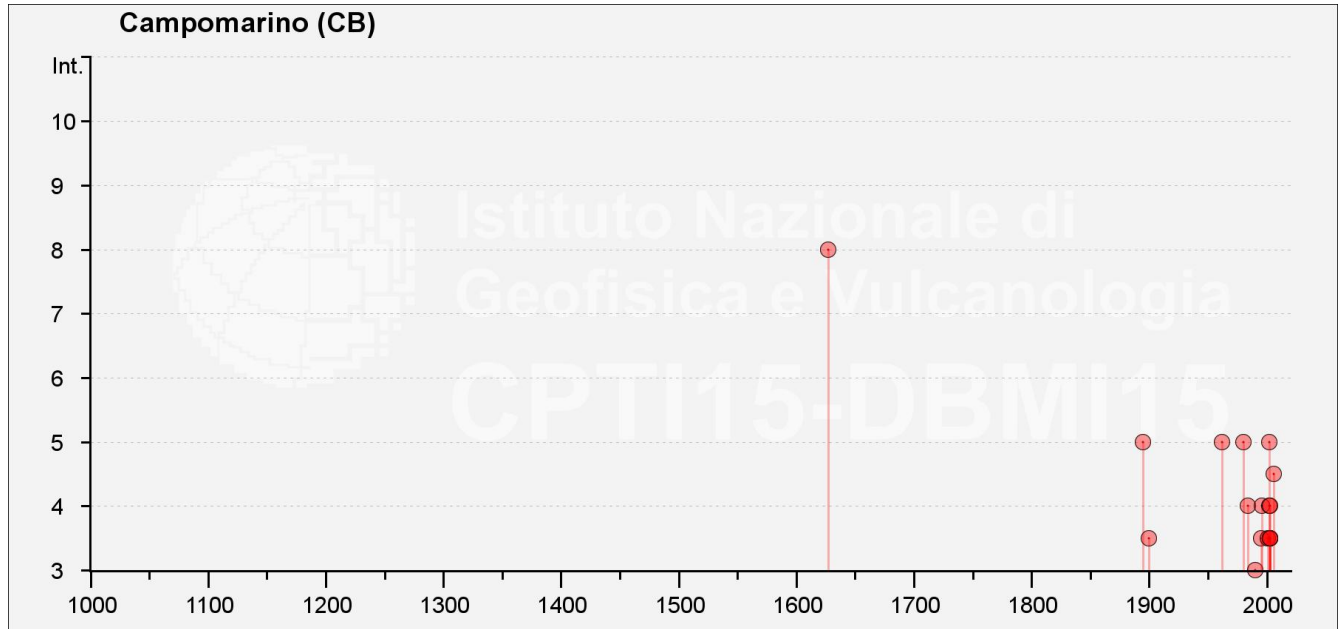


Figura 30– Grafico illustrante la storia sismica di Campomarino. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Chieti

[41.844, 15.166]

Numero eventi: 20

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
9	1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6.66
NF	1882 06 06 05 40	Isernino	50	7	5.2
5	1894 03 25	Gargano	27	6-7	4.9
5	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5.11
3	1956 09 22 03 19 39.00	Gargano	57	6	4.64
5	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
3-4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5.86
NF	1988 04 26 00 53 43.83	Adriatico centrale	78		5.36
NF	1990 02 01 06 24 14.15	Isole Tremiti	27		4.43
4-5	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
5	1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	145	6	5.15
4-5	1996 11 10 23 23 10.77	Tavoliere delle Puglie	55	5-6	4.35
4-5	2001 07 02 10 04 43.18	Tavoliere delle Puglie	60	5	4.26
5-6	2002 10 31 10 32 59.05	Molise	51	7-8	5.74

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
5	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
5	2002 11 12 09 27 48.57	Molise	174	5-6	4.57
3	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53
3	2005 03 01 05 41 37.38	Molise	136	4	3.68
4-5	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64
3-4	2006 12 10 11 03 41.57	Adriatico centrale	54		4.48

Tabella 17 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Chieuti (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.

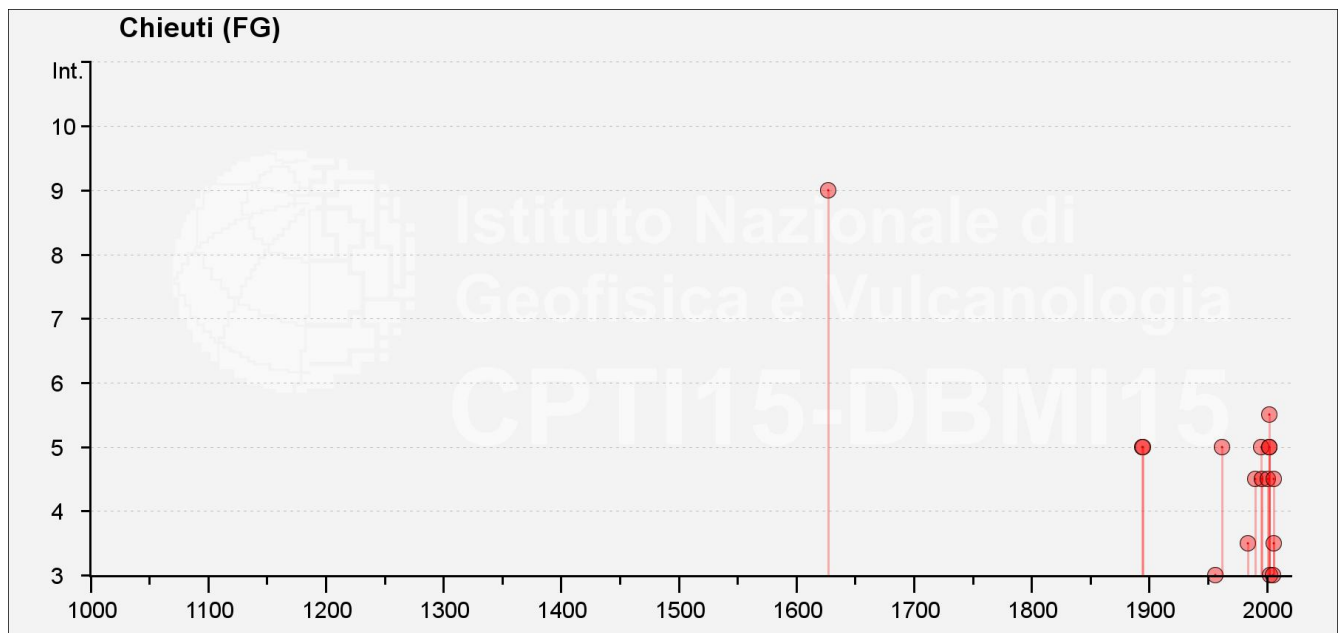


Figura 31- Grafico illustrante la storia sismica di Chieuti. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Serracapriola

[41.806, 15.160]

Numero eventi: 48

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
9-10	1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6.66
9	1627 08 07 16 40	Capitanata	5	9	6.03
8-9	1646 05 31	Gargano	35	10	6.72
6-7	1647 05 05 12 30	Gargano	5	7-8	5.69

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
HF	1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9	6.33
6	1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
6	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
4-5	1852 12 09 21 15	Gargano	12	5	4.31
2	1882 06 06 05 40	Isernino	50	7	5.2
4-5	1889 12 08	Gargano	122	7	5.47
NF	1893 08 10 20 52	Gargano	69	8	5.39
5	1894 03 25	Gargano	27	6-7	4.9
2-3	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5.18
NF	1908 01 08 21 41	Isole Tremiti	3	5	4.16
4-5	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
3	1912 07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie	49	5	4.55
5	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5.35
4	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7.08
5	1919 10 21 00 24	Gargano	24	5-6	5.03
6	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
6	1937 07 17 17 11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96
4	1951 01 16 01 11	Gargano	73	7	5.22
3	1956 09 22 03 19 39.00	Gargano	57	6	4.64
5-6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
NF	1970 01 21 18 36 25.00	Gargano	14	5	4.34
4	1971 05 06 03 45 05.00	Irpinia	68	6	4.83
4-5	1972 02 29 20 54 17.74	Gargano	21	6	4.71
6	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
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
4	1989 03 11 21 05	Gargano	61	5	4.34
NF	1990 02 01 06 24 14.15	Isole Tremiti	27		4.43
3-4	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
NF	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
5	1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	145	6	5.15
5	1996 11 10 23 23 10.77	Tavoliere delle Puglie	55	5-6	4.35
4-5	2001 07 02 10 04 43.18	Tavoliere delle Puglie	60	5	4.26
5	2002 10 31 10 32 59.05	Molise	51	7-8	5.74

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
5	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
5	2002 11 12 09 27 48.57	Molise	174	5-6	4.57
3	2003 01 27 04 03 46.57	Molise	60	5	3.84
4-5	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4.44
4-5	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53
NF	2005 03 01 05 41 37.38	Molise	136	4	3.68
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
3	2006 12 10 11 03 41.57	Adriatico centrale	54		4.48

Tabella 18 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Serracapriola (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.

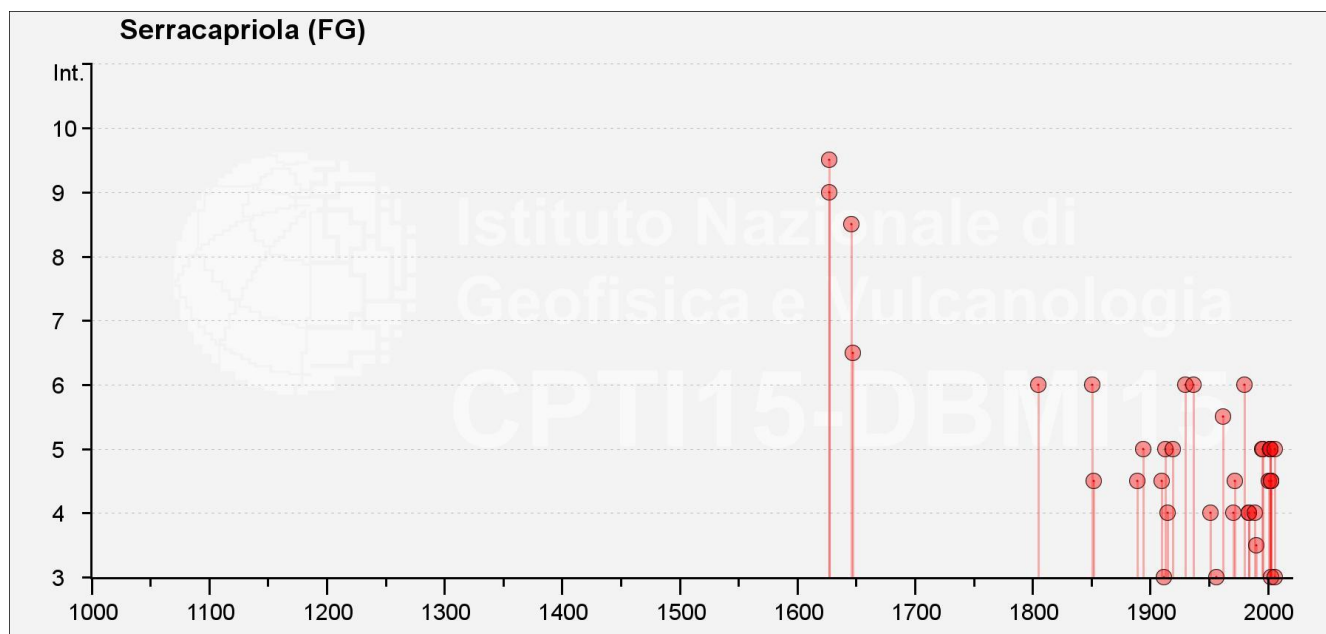


Figura 32– Grafico illustrante la storia sismica di Serracapriola. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

13.2 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 classificazione sismica dei comuni d'Italia. Secondo tale normativa, il comune di Termoli ricadeva in Zona 3, ossia aree che potrebbero essere interessate da

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

eventi sismici poco forti, mentre i comuni di Campomarino, Chieti e Serracapriola ricadevano in Zona 2, ovvero aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici abbastanza forti.

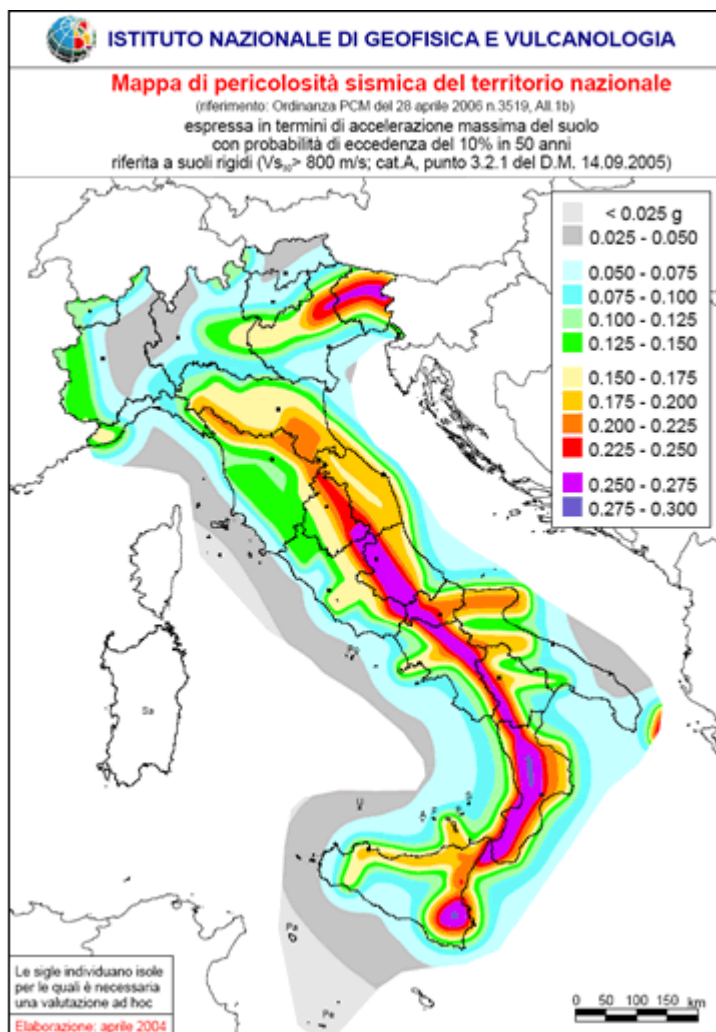


Figura 33 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell’INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

In 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.

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, sovente, situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTE 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici che avveniva 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 continue e graduali. Successivamente verrà mantenuta, infatti, la classificazione secondo la quale il territorio nazionale è suddivisibile in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

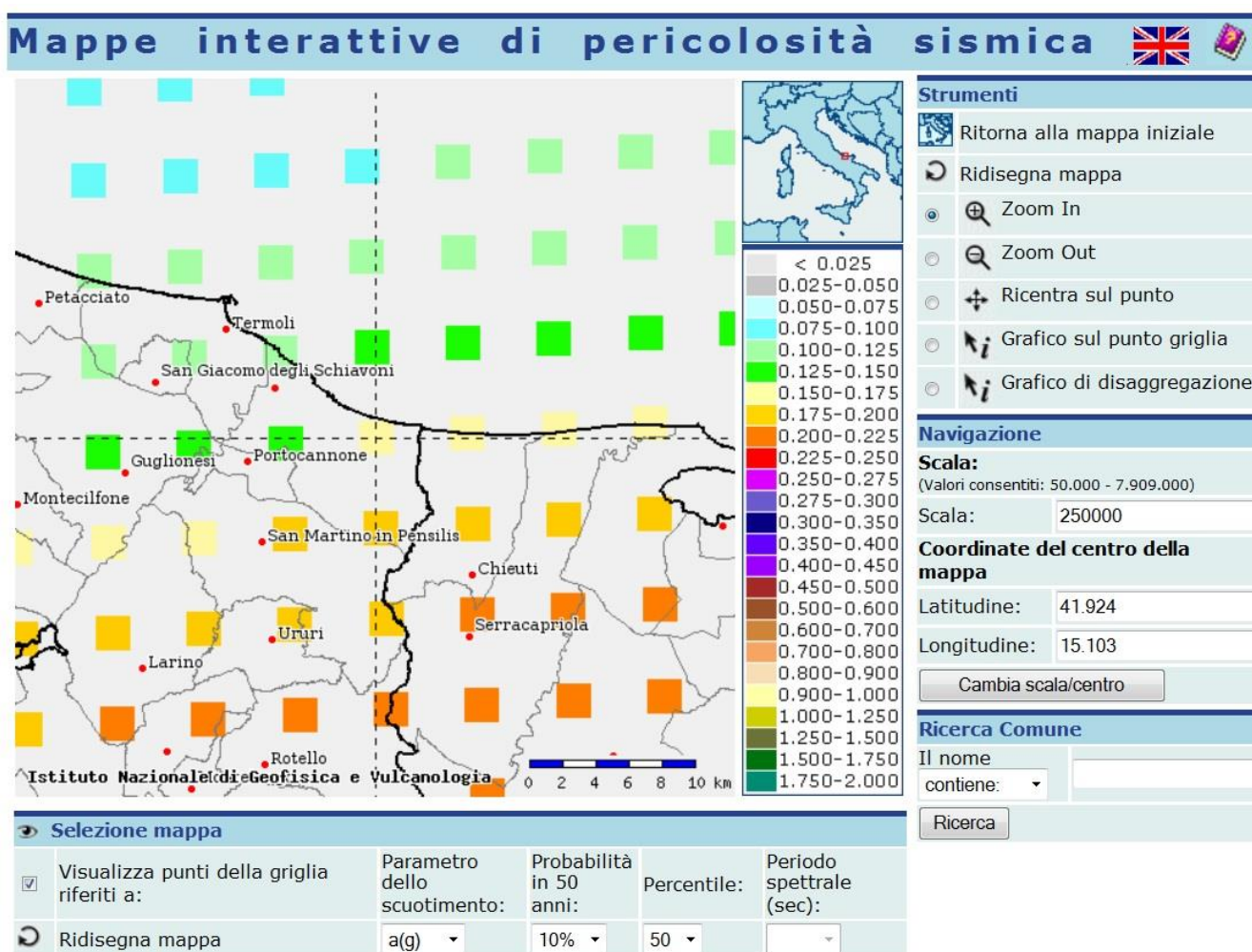


Figura 34 – Mappa interattiva di pericolosità sismica per l’area di interesse; i colori della leggenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

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 la zona di interesse, i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all’incirca nell’intervallo $0.100-0.200 a_g$ (accelerazione massima al suolo).

Inoltre, il *database* del progetto ITHACA (*Italy HAZARD from Capable faults*) mostra, nell'area di stretto interesse progettuale, l'assenza di faglie capaci, definite come lineamenti tettonici attivi che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni diretti dagli effetti distruttivi per le opere antropiche.

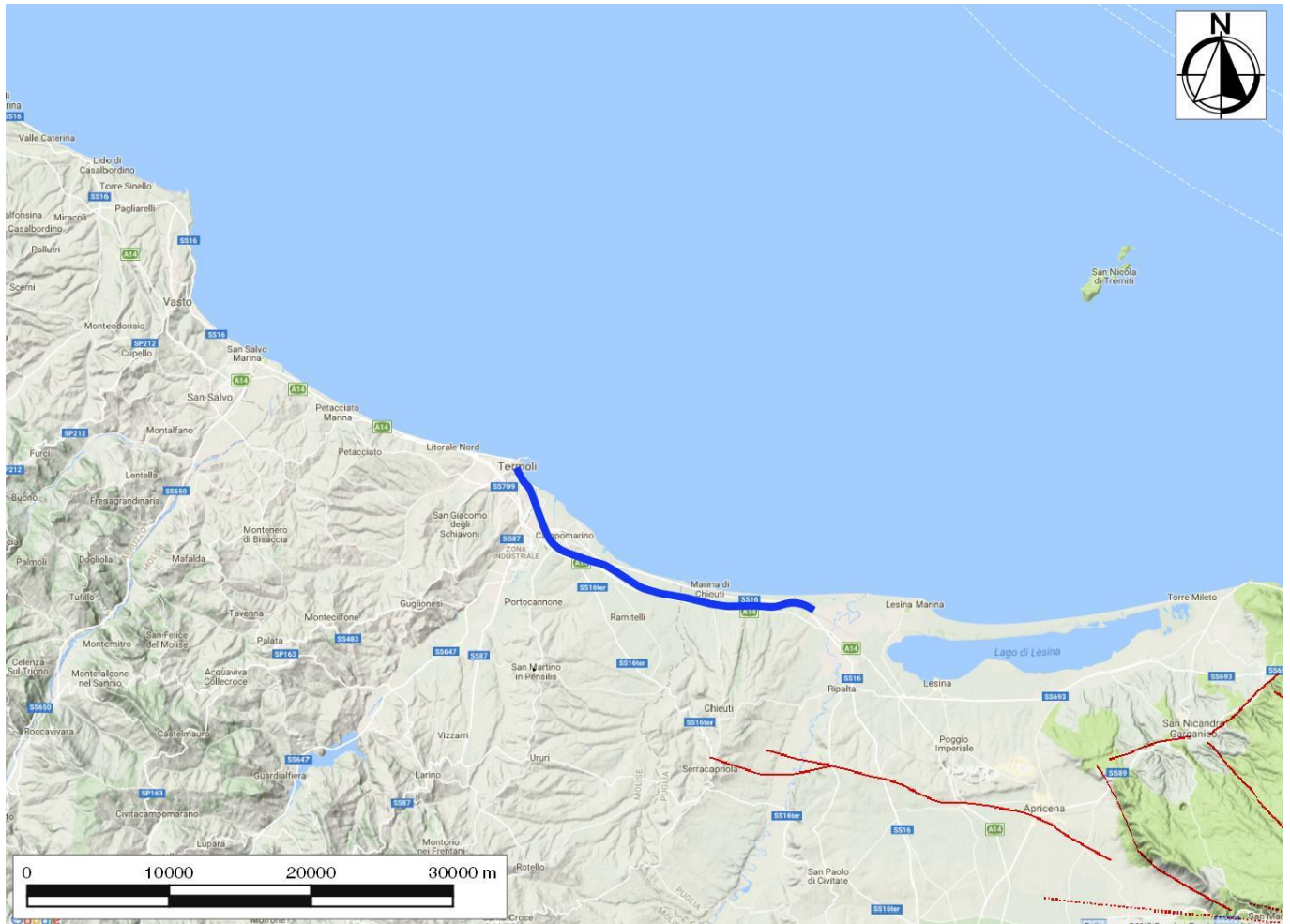


Figura 21 – Stralcio cartografico dell'area di interesse con indicazione schematica della tratta in questione (in blu) e delle faglie capaci (in rosso).

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

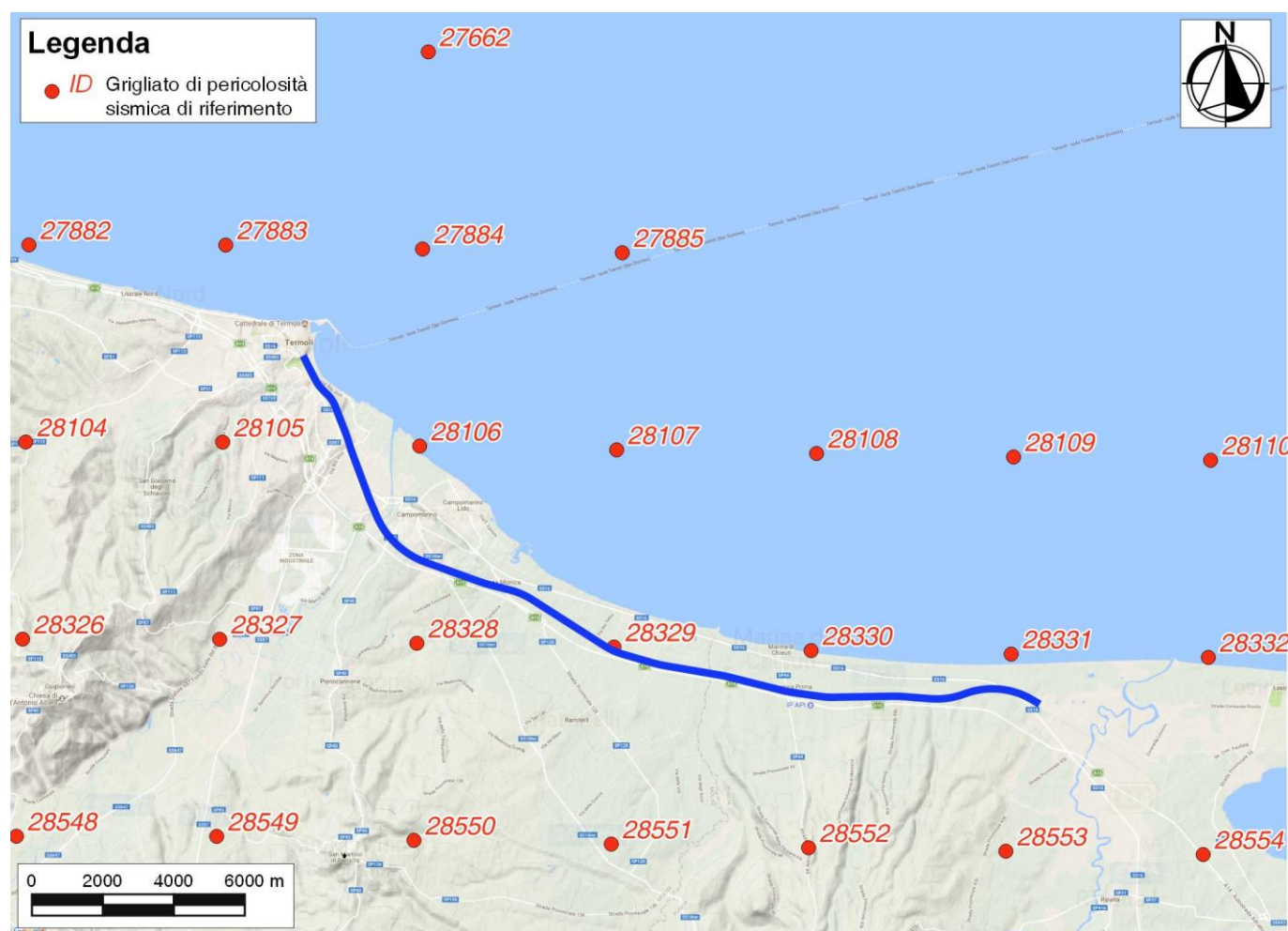


Figura 35 – Griglia di riferimento per il settore oggetto di studio, con individuazione del lotto in esame (in blu) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).

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 14 gennaio 2008).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008, 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 2008 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 2008, 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.

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
28106	15.037	41.975	0.125	2.61	0.37
27884	15.038	42.025	0.108	2.61	0.41
28330	15.170	41.923	0.162	2.52	0.34
28551	15.102	41.874	0.182	2.49	0.34
28329	15.103	41.924	0.155	2.54	0.35
28107	15.104	41.974	0.130	2.58	0.37
28553	15.236	41.872	0.191	2.46	0.33
28327	14.969	41.926	0.142	2.56	0.36
28105	14.970	41.976	0.120	2.59	0.4
28331	15.238	41.922	0.169	2.50	0.34
27883	14.971	42.026	0.106	2.62	0.42
28554	15.303	41.871	0.194	2.46	0.33
28550	15.035	41.875	0.176	2.50	0.34
28332	15.305	41.921	0.174	2.49	0.34
28328	15.036	41.925	0.149	2.55	0.36
28552	15.169	41.873	0.187	2.47	0.34

Tabella 19 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni.

13.4 Categoria di sottosuolo

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, 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. 14/01/2008 – Capitoli 3.2 e 7.11), 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 di:

- n. 29 prove MASW;
- n. 26 prove Down-Hole;

In Tabella 20e Tabella 21 si riporta una sintesi delle prove effettuate, con indicazione della Sigla, della campagna indagine, della Tipologia, dei valori di $V_{S,30}$ determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.

Sigla	Tipologia	Lunghezza <i>m</i>	Vs30 <i>m/s</i>	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
DHLIA3V01	Down-Hole	30.0	432	B	gb1/gb2/gb3
DHLIA3V05	Down-Hole	30.0	403	B	bn1/bn2/bn3
DHLIA3V08	Down-Hole	30.0	450	B	gb2/CGC1/CGC2/SSR

Tabella 20 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini L03203R-2012.

Sigla	Tipologia	Lunghezza <i>m</i>	Vs30 <i>m/s</i>	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
M10	Masw	57.5	359	C	bn1/bn2/bn3/SSR
M11	Masw	57.5	487	B	bn1/bn2/bn3
M12	Masw	57.5	252	C	bb1/bb2/bb3/bb4
M13	Masw	57.5	216	C	bb1/bb2/bb3

Sigla	Tipologia	Lunghezza m	Vs30 m/s	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
M14	Masw	57.5	363	B	gb1/gb2/gb3
M15	Masw	57.5	346	C	b2/gb2/gb3
M16	Masw	57.5	337	C	b2/gb2/gb3
M17	Masw	57.5	313	C	gb2/gb3
M18	Masw	57.5	364	B	gb1/gb2/gb3
M19	Masw	57.5	329	C	b2/CGC2/SSR
M20	Masw	57.5	320	C	b2/CGC2/SSR
M21	Masw	57.5	349	C	CGC2/SSR
M22	Masw	57.5	389	B	b2/bb3/bn2/bn3/SSR
M23	Masw	57.5	343	C	bn1/bn2/bn3
M24	Masw	57.5	340	C	bn1/bn2/bn3
M25	Masw	57.5	338	C	bb2/gb3
M26	Masw	57.5	308	C	bb1/bb2/bb3/gb1/gb2/gb3
M5	Masw	57.5	375	B	b2/CGC1/CG2
M6	Masw	57.5	431	B	ba2/bb2/CG1/SSR
M7	Masw	57.5	524	B	b2/bn1/bn2/bn3
M8	Masw	57.5	470	B	bb2/bn1/bn2/bn3
M9	Masw	57.5	413	B	bn1/bn2/bn3
MASW S14v	Masw	45.0	227	C	ba3/bb1/bb2/bb3/ASP
MASW S18v	Masw	45.0	419	B	bn1/bn2/bn3/ASP
MASW1	Masw	45.0	263	C	bn3/CGC1/SSR
MASW2	Masw	45.0	165	D	bb2/bb3
MASW3	Masw	45.0	179	D	bb2/bb3
MASW4	Masw	45.0	231	C	bb1/bb2/ASP
MASW5	Masw	45.0	314	C	CGC1/SSR
S11	Down-Hole	30.0	279	C	gb1/gb2/gb3
S11V	Down-Hole	40.0	172	D	bb2/bb3
S14	Down-Hole	30.0	304	C	gb2/gb3
S15	Down-Hole	32.4	270	C	gb2/gb3
S18	Down-Hole	30.0	200	C	bb1/bb2/bb3
S18v	Down-Hole	30.6	416	B	SSR/ASP
S1Gall	Down-Hole	62.6	300	C	CGC1/CGC2/SSR
S1v	Down-Hole	30.0	323	C	CGC1/SSR/ASP
S1vp	Down-Hole	30.0	160	D	bb2/bb3
S21	Down-Hole	30.0	406	B	b2/bn1/bn2/bn3/SSR

Sigla	Tipologia	Lunghezza m	Vs30 m/s	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
S23	Down-Hole	30.0	426	B	bn1/bn2/bn3
S24v	Down-Hole	30.0	284	C	CGC2/SSR
S25	Down-Hole	30.0	422	B	bn1/bn2/bn3
S27	Down-Hole	30.0	397	B	ba2/bb2/CGC1/SSR
S27v	Down-Hole	30.0	372	B	CGC1/CGC2/SSR
S30	Down-Hole	30.0	546	B	CGC1/CGC2
S32v	Down-Hole	30.0	349	C	bn1/bn2/bn3
S34v	Down-Hole	40.0	354	C	bb2/bb3/gb1/gb3
S35	Down-Hole	30.0	443	B	gb2/CGC1/CGC2/SSR
S37	Down-Hole	30.0	362	B	gb2/CGC1/SSR
S3Gall	Down-Hole	40.0	274	C	CGC2/SSR
S3v	Down-Hole	40.0	146	D	bb1/bb2/bb3

Tabella 21 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini 2017.

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche a disposizione, per i settori in esame varia 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*). Inoltre, per i settori di fondovalle del Fiume Biferno si registra una **Categoria di sottosuolo D** (*Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*).

14 CRITICITÀ GEOLOGICHE

A conclusione delle presenti note, vengono di seguito sintetizzati i principali elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, che risultano direttamente connessi con le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche che contraddistinguono l'area di studio.

14.1 Criticità geologico-tecniche

Dal punto di vista geologico, i principali elementi di criticità per le opere in progetto sono connessi con il locale assetto litostratigrafico dell'area e con la sismicità attuale della zona garganica. Per questo secondo aspetto, in particolare, si rimanda a quanto riportato nel Capitolo 13 "Sismicità dell'area", dove sono descritte in maniera dettagliata tutte le caratteristiche sismogenetiche dell'area ed i principali elementi di pericolosità dal punto di vista sismico.

Per quanto concerne l'assetto litostratigrafico locale, i principali elementi di criticità geologica sono connessi con la presenza di depositi di copertura fortemente eterogenei, sia dal punto di vista litologico che per quanto concerne le caratteristiche fisico-meccaniche. Nei settori di piana alluvionale e costiera, pertanto, sono presenti locali orizzonti di depositi marini, alluvionali e transizionali con caratteristiche geotecniche mediocri o addirittura scadenti.

In particolare, gli orizzonti argilloso-limosi intercalati alle porzioni granulometriche più grossolane dei suddetti terreni sono caratterizzati da una resistenza al taglio variabile, ma generalmente modesta, e da una elevata compressibilità, sia elastica che edometrica. I livelli sabbioso-limosi presenti all'interno dei depositi di copertura, invece, presentano una discreta resistenza al taglio ed una modesta compressibilità elastica.

Inoltre, è opportuno segnalare la diffusa presenza di coltri di copertura di genesi pedologica e detritico-colluviale. Tali terreni, infatti, presentano un comportamento meccanico generalmente scadente, fortemente eterogeneo e di certa inaffidabilità geotecnica, tale da consigliarne la bonifica preventiva ai fini dell'individuazione del piano di posa delle strutture fondali e dei rilevati ferroviari.

Per quanto detto, i suddetti depositi non garantiscono alcun tipo di tenuta lungo i fronti di scavo, neanche nel breve periodo e soprattutto se esposti agli agenti atmosferici. Nel caso di opere realizzate in settori di affioramento di spesse coltri di copertura detritico-colluviali, quindi, dovranno essere previste delle specifiche analisi di carattere geotecnico volte alla definizione delle effettive condizioni di stabilità di eventuali tagli o scarpate, in particolare in corrispondenza delle zone di imbocco delle opere in sotterraneo.

Infine, sulla scorta di tutti i dati bibliografici disponibili, è stato possibile individuare nella zona più meridionale dell'area di studio una faglia attiva, nota in letteratura come Faglia di Apricena. Tale elemento è caratterizzato da numerose evidenze di fagliazione superficiale e non risulta direttamente interferente col tracciato di progetto, infatti si colloca a circa 10 km a sud del tratto più meridionale del tracciato di progetto. Di seguito la scheda delle caratteristiche fisiche e geologiche tratta dal DataBase ITHACA – Catalogo delle faglie capaci.

Faglia di Apricena	
GEOLOGIC SETTING	The Apricena Fault is located few kilometers east of the southern Apennines thrust belt and west of the Gargano Promontory. This area, affected by the 1627 earthquake, matches with a portion of the foredeep basin extending in the Basso Molise and Northern Capitanata regions . Mesozoic-Tertiary platform-to-basin carbonates belonging to the Apulia foreland are widely exposed in the Gargano Promontory . The Mesozoic-Tertiary Apulia carbonates cropping out in Western Gargano make up in Basso Molise and Capitanata the rigid substratum of the foredeep basin The foredeep basin is filled with a thick pile of Plio-Pleistocene terrigenous deposits exceeding 3000 metres in the inner part of the basin. The Lower Pleistocene open-marine clays grading upwards into sands and conglomerates dubitably attributed to the Middle Pleistocene represent the uppermost part of the Plio-Pleistocene foredeep sequence. These regressive deposits are disconformably overlain by Middle-Upper Pleistocene continental conglomerates and subordinate sands. The Apricena fault cuts across the entire pile of Plio-Pleistocene deposits displaying evidence of activity in recent times. The top-carbonate throw exceeding 500 metres and a rollover anticline developed in the Quaternary deposits of the hangingwall block indicate a prevailing dip-slip displacement (Patacca & Scandone 2004).
SYNOPSIS	The Apricena Fault, striking WNW-ESE and dipping towards SSW, extends in the subsurface for about 30 kilometres from Serracapriola to Santa Maria di Stignano cutting through the whole Quaternary sequence. The fault extends north of the Chieuti High, in the area damaged by the 1627 earthquake. Among the several faults active during the Pleistocene in this area the WNW-ESE Apricena Fault is the only tectonic structure showing evidence of activity in recent times. This observation obviously makes the Apricena Fault the best candidate for the source of the 1627 earthquake

Faglia di Apricena

(Patacca & Scandone 2004). The fault trace fits well with the source of the earthquake obtained from the macroseismic data and the northern long side of the computed 'seismogenic box' almost coincides with the surface projection of the fault recognised in the subsurface. Toward East, the the Apricena Fault and the high-angle fault system delimiting the Chieuti High join an important W-E fault system known in the geological literature as the Mattinata Fault. The latter, in turn, joins in the Adriatic offshore area another important fault system, called the Gondola-Grifone structure that extends with a W-E direction for about 130 kilometres. The Mattinata and Gondola-Grifone fault system are controversial structures: in the geological literature, different and often conflicting interpretations exist about their kinematics. They are two important seismogenic structure of the Gargano region, an earthquake-prone area which has undergone in historical times two destructive events with magnitude ≥ 6 (1223 Eastern Gargano earthquake with IX MCS at Santa Tecla and Sfilzi and with VIII-IX at Vico del Gargano; 1646 Eastern Gargano earthquake with IX-X MCS at Ischitella and Carpino and with IX at Vico del Gargano, Vieste and Monte Sant'Angelo, according to Boschi et al. 1995).

FAULT NAME	Apricena
FAULT CODE	44200
REGION NAME	Puglia
SYSTEM NAME	Apricena Line
RANK	PRIMARY
TECTONIC ENVIRONMENT	ND
SEGMENTATION	NO
AVERAGE STRIKE	120
DIP	Null
DIP DIRECTION	SW
FAULT LENGHT	0
FAULT DEPTH (km)	0
GEOMETRY	Null
LOCATION RELIABILITY	1:250000
KINEMATICS	NORMAL
GEOMORPHIC EXPRESSION	Null
MONITORING PALEOSEISMOLOGY	Null
SURFACE EVIDENCE	ND
LAST ACTIVITY	Historical (<3.000)
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability
RECURRENCE INTERVAL	0
SLIP RATE	0
MAX CREDIBLE RUPTUR ELENGTH	0

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

Faglia di Apricena	
MAX CREDIBLE SLIP	0
KNOW SEISMIC EVENT	Null
TIME SINCE LAST EVENT	0
MAX CREDIBLE MAGNITUDE	0
MAX CREDIBLE INTENSITY	Null
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	Null

Tabella 22 - Sintesi delle caratteristiche fisiche e geologiche della faglia potenzialmente attiva o capace, posta a circa 10 km a sud del tratto finale del tracciato di studio.

14.2 Criticità geomorfologiche

Sotto il profilo geomorfologico, l'area di studio non presenta elementi di particolare criticità delle opere in progetto, in quanto caratterizzata da un assetto morfologico prevalentemente pianeggiante o basso-collinare, che limita fortemente lo sviluppo di fenomeni erosivi o di dissesto di particolare rilevanza e intensità.

Dai rilievi di campo appositamente realizzati è stata evidenziata una scarpata di erosione marina con stato inattivo, a pochi metri a valle del tracciato lato mare, tra il km 0+300 e il km 0+600 circa, tale struttura non rappresenta un elemento di criticità dato lo stato di inattività.

Inoltre, sono stati evidenziati dei movimenti franosi di ridotte dimensioni lungo la scarpata morfologica in destra del Fiume Biferno. In particolare, sono presenti colamenti lenti, con stato variabile dal quiescente all'attivo, e fenomeni di crollo con stato attivo, non cartografabili. Questi fenomeni coinvolgono il tracciato all'altezza del km 5+250 circa in corrispondenza dell'imbocco settentrionale della Galleria di Campomarino, a monte del Piazzale di emergenza e subito a valle della viabilità NV02B di accesso al piazzale di emergenza, all'altezza del km 0+280. Tali fenomeni vista la ridotta dimensione delle masse mobilitate non rappresentano un elemento di particolare criticità per opere in progetto.

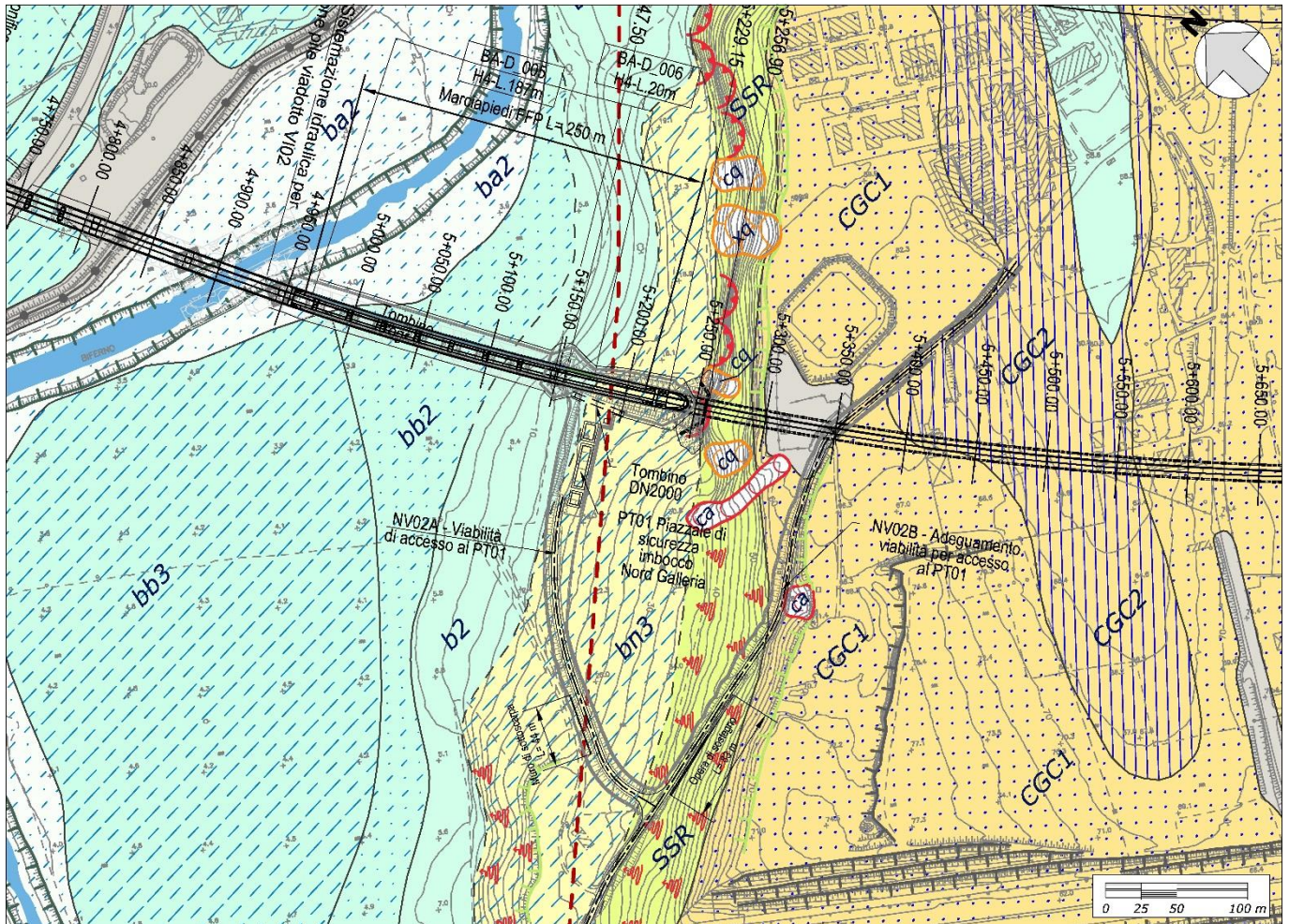


Figura 36 - Stralcio dei principali elementi geomorfologici in corrispondenza dell'imbocco nord della galleria L=1715.85 m.

Quanto detto trova parziale riscontro nelle cartografie tematiche del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di bacino dei Fiumi Biferno e minori, Saccione e Fortore. In particolare viene riportato unicamente un areale di pericolosità da frana elevata (**P2**) che lambisce il tracciato nel tratto iniziale, all'altezza del km 0+200 circa, essenzialmente connessi all'alterazione che interessa la porzione più superficiale ed alterata del sub-strato geologico lungo la scarpata morfologica inattiva a valle del tracciato, che comunque nell'attuale quadro morfodinamico non presenta interferenza diretta con le opere in progetto (cfr. Figura 37).

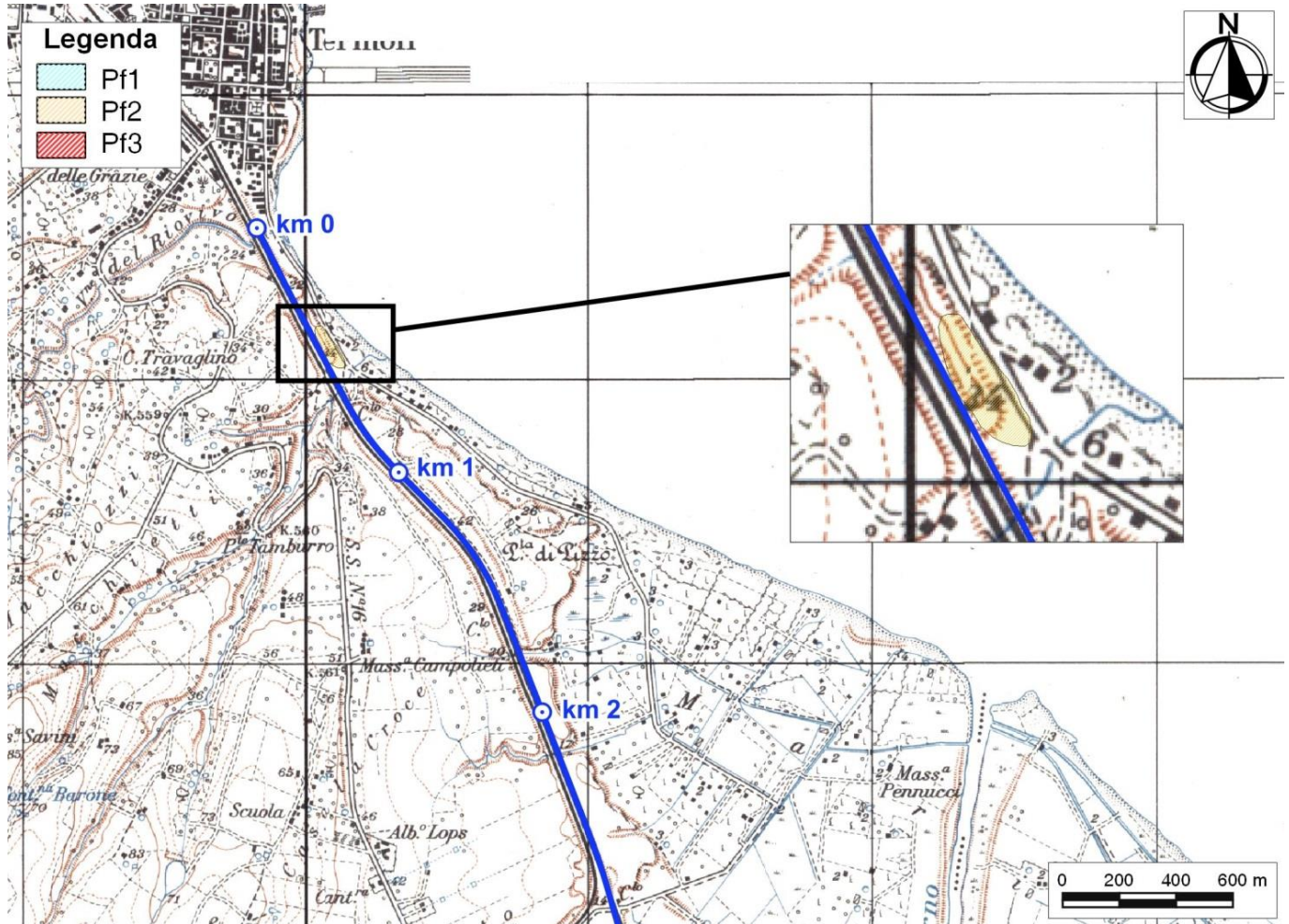


Figura 37 - Stralcio della carta della Pericolosità geomorfologica del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dei Fiumi Biferno e minori, Saccione e Fortore, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (blu).

Lungo la restante tratta le cartografie tematiche del Piano stralcio di Assetto Idrogeologico dell'Autorità di bacino dei Fiumi Biferno e minori, Saccione e Fortore, non riportano areali di pericolosità geomorfologica (cfr. da Figura 38 a Figura 43)

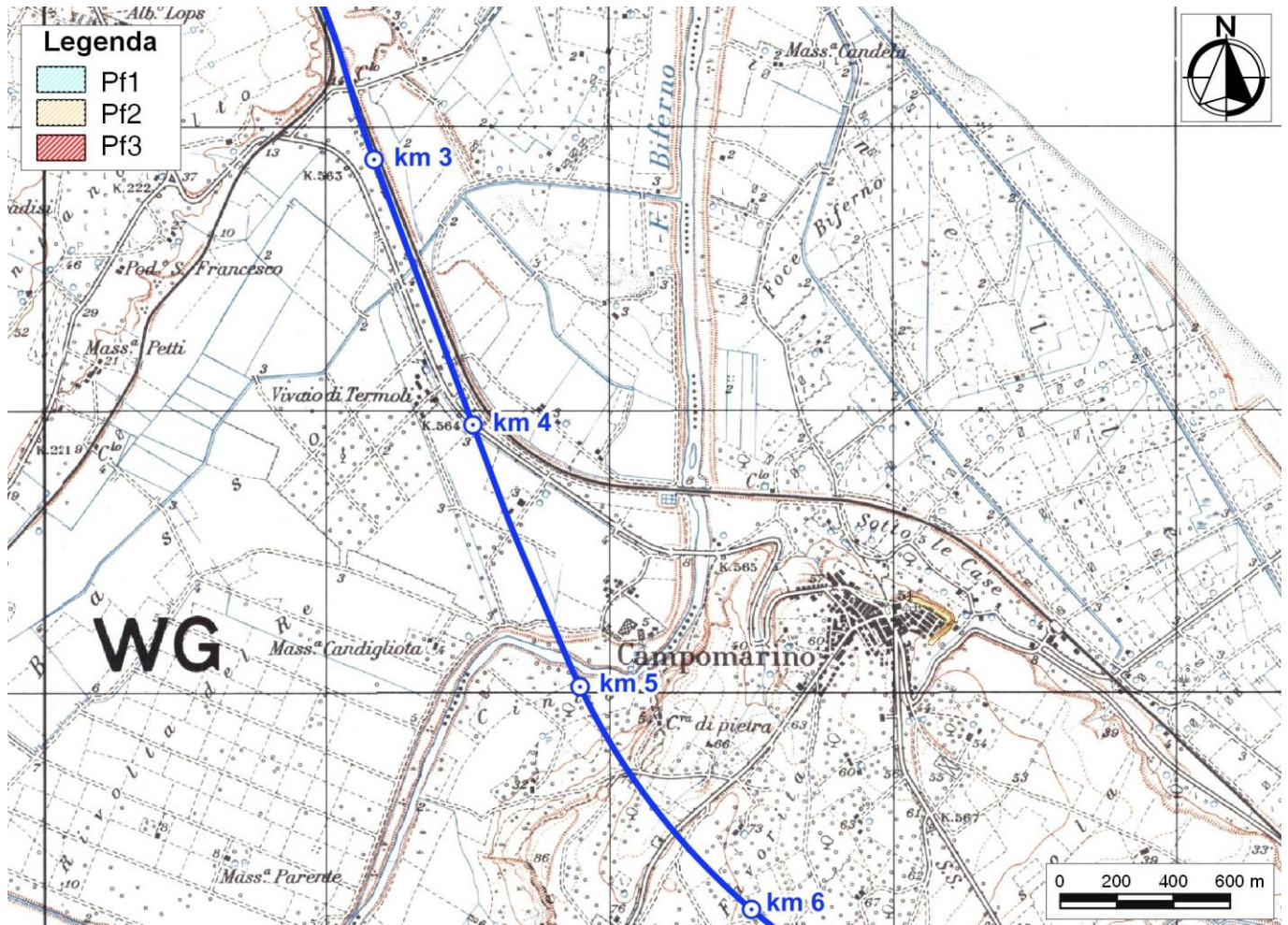


Figura 38 - Stralcio della carta della Pericolosità geomorfologica del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dei Fiumi Biferno e minori, Saccione e Fortore, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (blu).

La condizione di generale stabilità geomorfologica dell'area è confermata, inoltre, dagli studi geomorfologici appositamente condotti per il presente studio, basati sia sul rilevamento di campo che su analisi fotointerpretative di dettaglio. Tali rilievi di campo hanno evidenziato, per questo settore, l'assenza del movimento franoso su indicato nonché la mancanza di indizi geomorfologici che possano far ipotizzare, nel breve o nel medio periodo, il possibile innesco di ulteriori fenomeni di dissesto in corrispondenza della porzione di versante in esame.

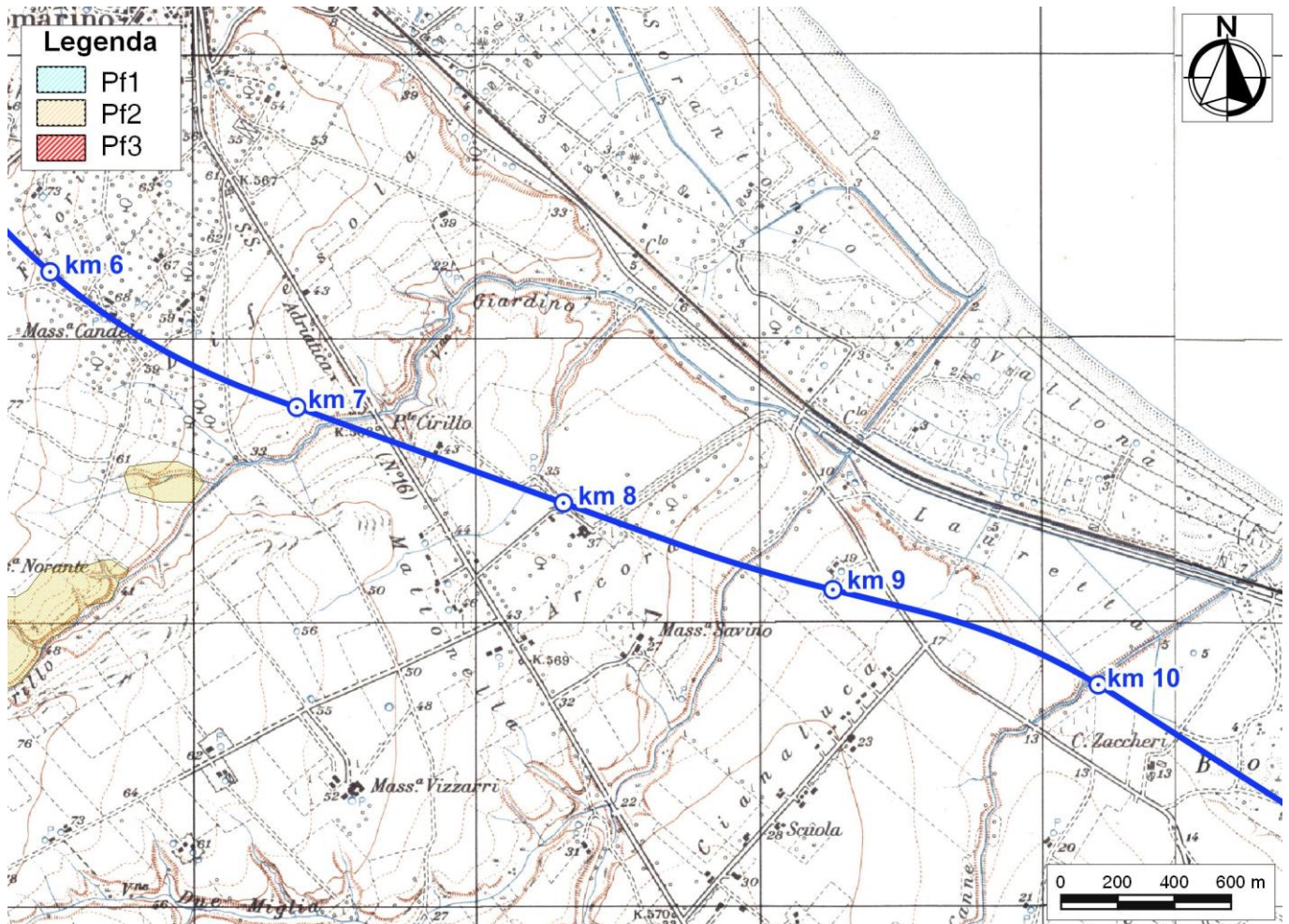


Figura 39 - Stralcio della carta della Pericolosità geomorfologica del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dei Fiumi Biferno e minori, Saccione e Fortore, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (blu).

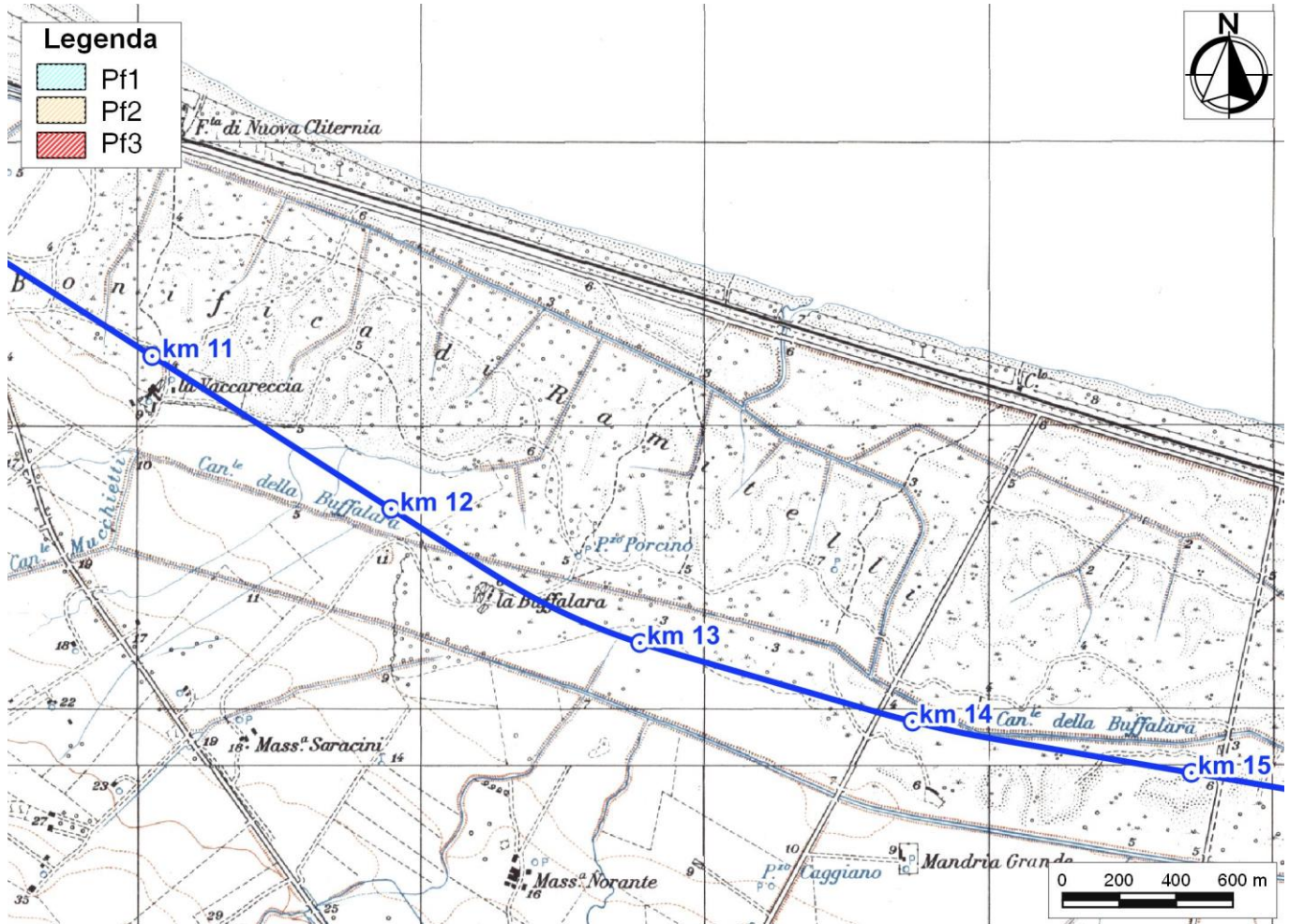


Figura 40 - Stralcio della carta della Pericolosità geomorfologica del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dei Fiumi Biferno e minori, Saccione e Fortore, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (blu).

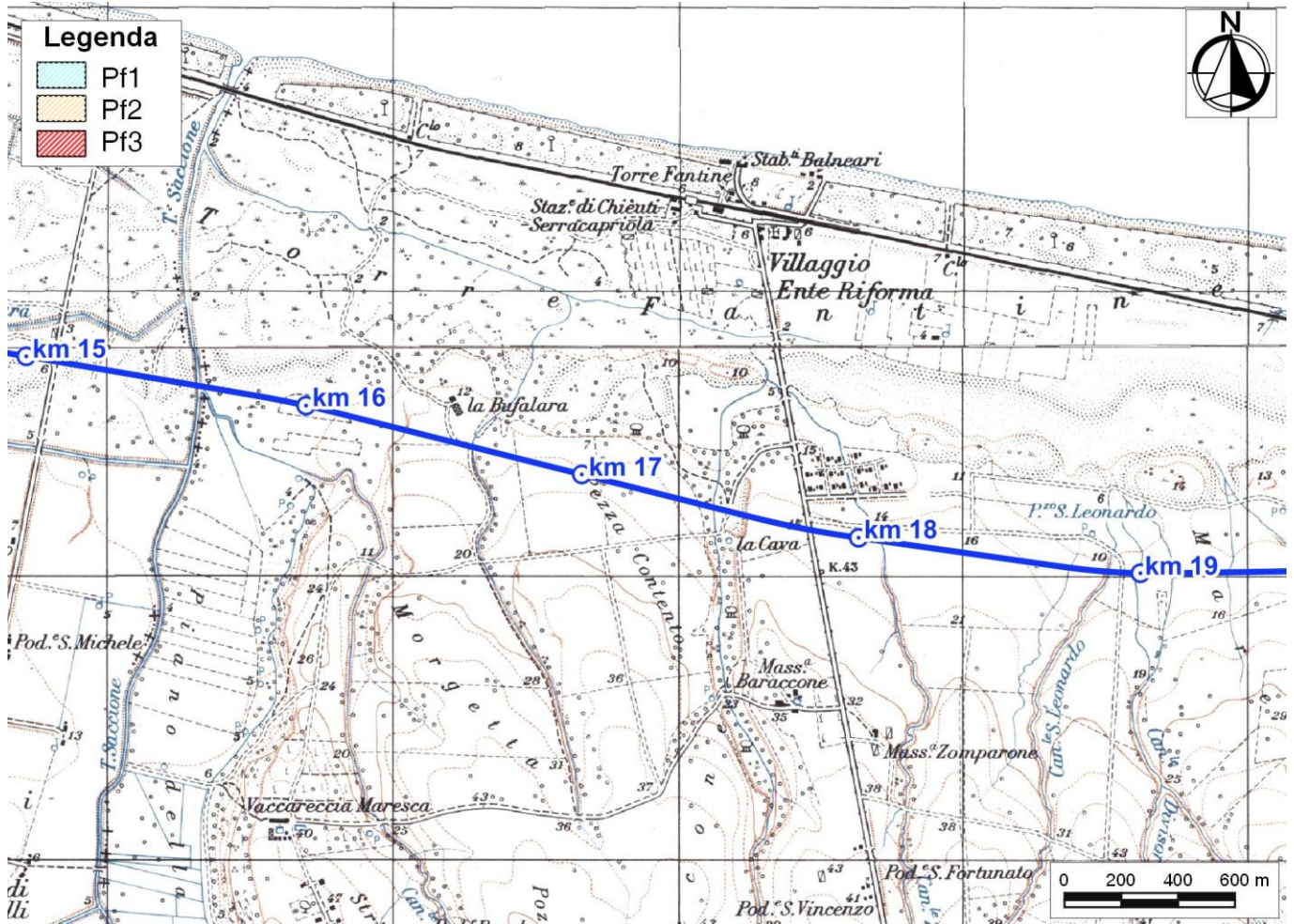


Figura 41 - Stralcio della carta della Pericolosità geomorfologica del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dei Fiumi Biferno e minori, Saccione e Fortore, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (blu).

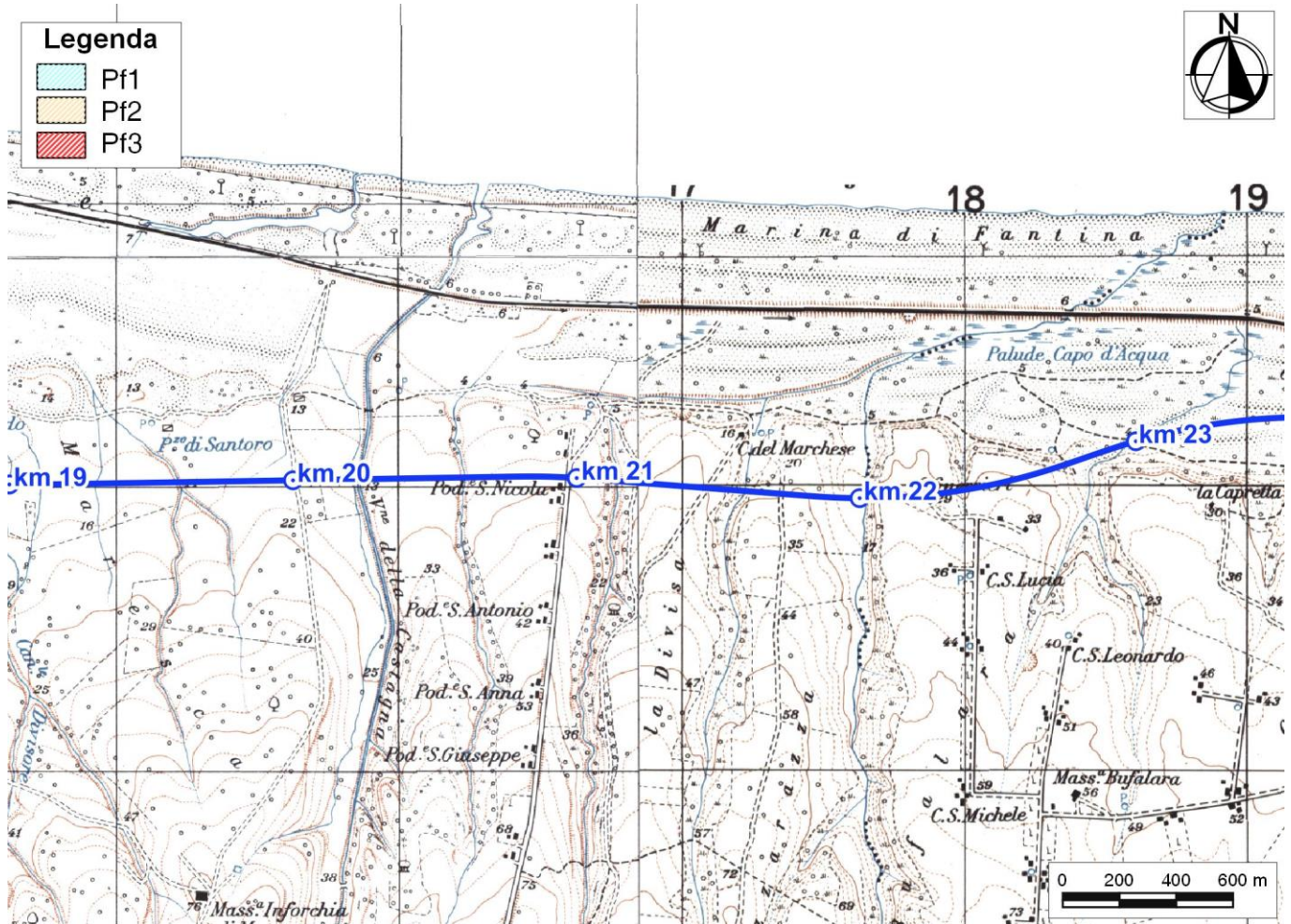


Figura 42 - Stralcio della carta della Pericolosità geomorfologica del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dei Fiumi Biferno e minori, Saccione e Fortore, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (blu).

Ad ogni modo, il livello di criticità specifica dei fenomeni di dissesto è relativo all'attuale contesto antropico e morfo-climatico dell'area. Pertanto, la possibile influenza dei fenomeni di dissesto sulle opere in progetto, dove segnalato, andrà puntualmente valutata ed analizzata in funzione delle specifiche scelte progettuali e delle indicazioni fornite nel presente studio specialistico.

Legenda

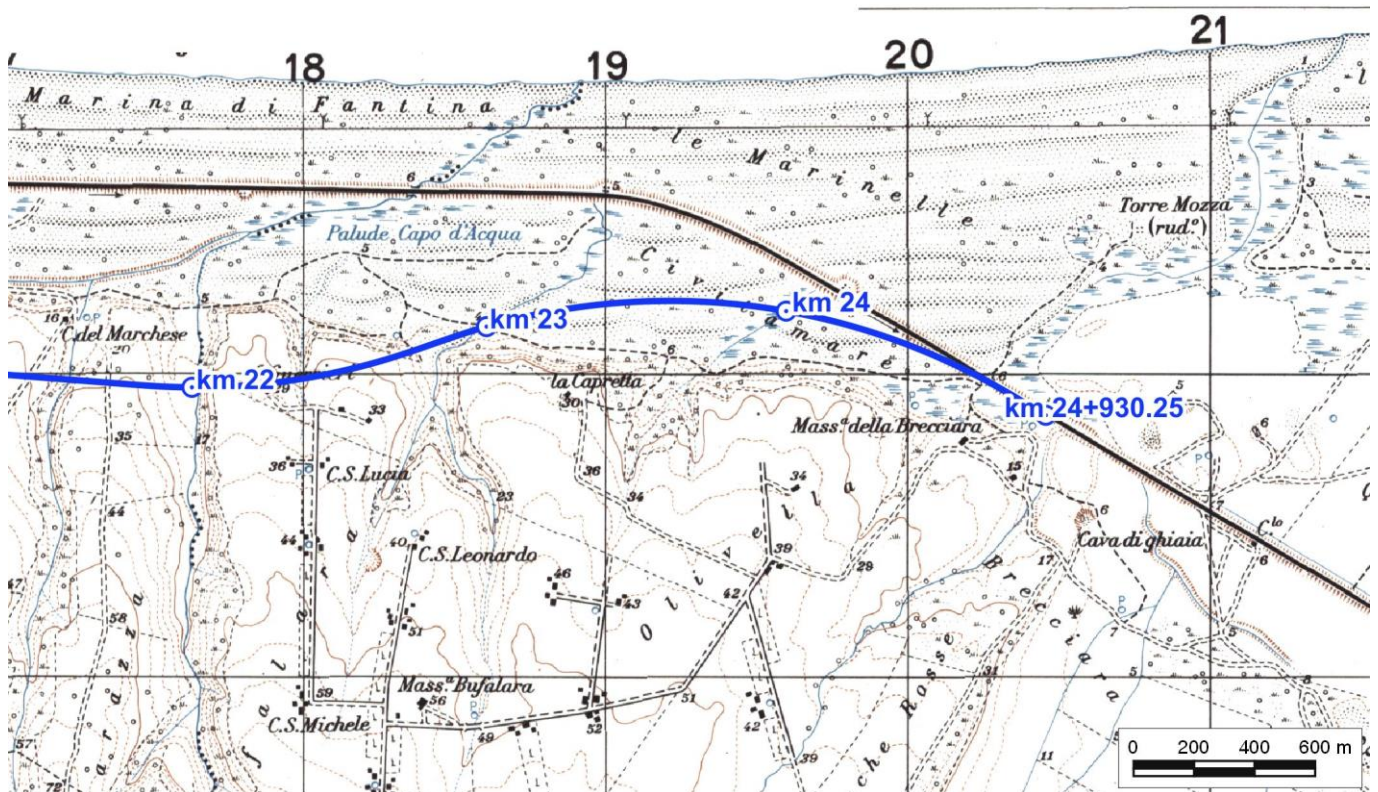
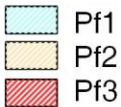


Figura 43 - Stralcio della carta della Pericolosità geomorfologica del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico dei Fiumi Biferno e minori, Saccione e Fortore, con individuazione del tracciato ferroviario in progetto (blu).

14.3 Criticità idrogeologiche

Per quanto concerne gli aspetti connessi con la circolazione delle acque nel sottosuolo, si evidenzia la presenza di diverse falde idriche sotterranee all'interno dei differenti acquiferi individuati lungo il tracciato ferroviario in esame. Tali falde infatti potrebbero rappresentare dei potenziali elementi di criticità per le opere in progetto, sia per le possibili venute d'acqua lungo i fronti di scavo che per la notevole influenza esercitata sul comportamento meccanico dei termini litologici ci attraversati; inoltre sono possibili interferenze dirette o indirette tra le opere in progetto e gli acquiferi locali.

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 della estensione latero-verticale dei depositi. Ad essi si aggiungono, inoltre, alcuni corpi idrogeologici secondari che, nello specifico contesto di riferimento, possono essere considerati come degli *acquiclude*, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei principali, portando alla formazione di locali emergenze sorgentizie.



LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D69RG	GE 00 01 001	B	140 di 189

I principali acquiferi sia per la discreta trasmissività dei terreni che per la notevole estensione areale e verticale sono rappresentati dai litotipi sabbioso-arenaceo e conglomeratico-sabbioso del substrato costituiscono acquiferi misti di buona trasmissività, localmente piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, frazionate o a deflusso unitario. In generale, i suddetti depositi sono sede di una falda freatica di base di una certa rilevanza, a cui si aggiungono numerose falde più superficiali a carattere prevalentemente stagionale.

Mentre, i litotipi argilloso-limosi del substrato presentano una permeabilità per porosità e fessurazione da impermeabile a molto bassa e, quindi, sono caratterizzati dall'assenza di falde o corpi idrici sotterranei. Nello schema di circolazione idrica dell'area tali terreni possono essere considerati come degli *acquiclude*, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei più importanti.

Invece, i sedimenti alluvionali più grossolani, che interessano i tratti all'aperto del presente progetto, rappresentano degli acquiferi di particolare rilevanza per tutta l'area di studio, in quanto caratterizzati da notevole estensione areale ed elevata trasmissività. Sono sede di corpi idrici sotterranei in parte separati ed in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o semiconfinate. Tali falde presentano dei gradienti idraulici generalmente piuttosto bassi e sono caratterizzate da una superficie libera posta a pochi metri di profondità dal piano campagna. Tali falde, in generale, risultano alimentate dalle precipitazioni meteoriche e dai principali corsi d'acqua dell'area, anche se non sono da escludere possibili scambi idrici sotterranei con gli acquiferi giustapposti lateralmente e verticalmente.

Inoltre, i depositi di copertura più fini, che si rinvengono diffusamente in tutto il settore di studio, non presentano corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, sia per la scarsa trasmissività dei terreni che per il ridotto spessore degli stessi. Pertanto, la circolazione idrica avviene principalmente in senso verticale, tramite il passaggio delle acque meteoriche dalla superficie topografica alle falde più profonde degli acquiferi sottostanti. A tali coperture si collegano manifestazioni sorgentizie stagionali ed effimere, che danno origine ad una diffusa circolazione di acque in superficie subito dopo gli eventi piovosi.

Infine, i depositi detritico-colluviali di copertura non presentano corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza, sia per la scarsa trasmissività dei terreni che per il ridotto spessore degli stessi. Pertanto, la circolazione idrica avviene principalmente in senso verticale, tramite il passaggio delle acque meteoriche dalla superficie topografica alle falde più profonde degli acquiferi sottostanti. A tali coperture si collegano manifestazioni sorgentizie spesso effimere, che danno origine ad una diffusa circolazione di acque in superficie subito dopo gli eventi piovosi.

I dati piezometrici a disposizione evidenziano, infatti, la presenza di importanti falde freatiche all'interno di litotipi sabbioso-conglomeratici del substrato che negli orizzonti più grossolani e permeabili dei depositi alluvionali e marini più recenti. In particolare, i settori di piana alluvionale e costiera sono caratterizzati da una estesa falda a superficie libera, drenante verso il Mare Adriatico.

In generale, per l'acquifero del complesso alluvionale e marino, la ridotta soggiacenza della falda e l'elevata permeabilità dei depositi suggeriscono una elevata suscettività all'inquinamento, solo localmente mitigata dalla presenza di orizzonti litologici a dominante pelitica. Per gli acquiferi dei complessi conglomeratico-sabbioso e sabbioso-arenaceo, invece, gli alti valori di permeabilità dei terreni sono parzialmente compensati da una soggiacenza della falda generalmente più elevata, per cui è possibile ipotizzare una moderata suscettività all'inquinamento dei suddetti corpi idrici sotterranei.

In relazione a tale contesto di riferimento la progettazione degli interventi dovrà consentire di minimizzare l'impatto sugli acquiferi, sia in fase di cantierizzazione sia in fase di esercizio, e in particolare nei settori di fondovalle dove la vulnerabilità degli acquiferi risulta più elevata in relazione alla ridotta soggiacenza.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

14.4 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 2008.

14.4.1 Analisi qualitative

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

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

Figura 44 - Unità geomorfologiche e suscettività alla liquefazione (Iwasaki et al. 1982), tratta da “La liquefazione dei terreni” Giulio Riga, 2007 – Dario Flaccovio Editore.

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

Note: ⁽¹⁾ ≤ 10.000 anni; ⁽²⁾ 10.000 - 1,6 milioni di anni

Figura 45 - Fattori, pesi e criterio per valutare la suscettibilità alla liquefazione di un sito (Juang & Elton 1991), tratta da "La liquefazione dei terreni" Giulio Riga, 2007 – Dario Flaccovio Editore.

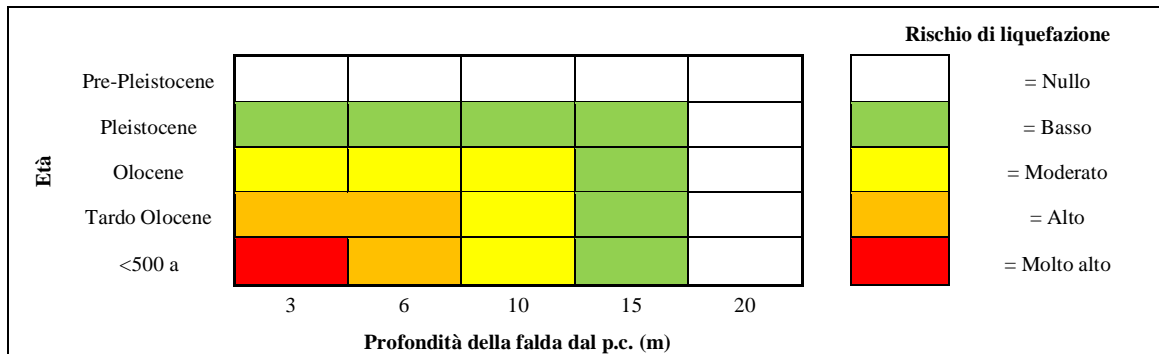


Tabella 23 - Rischio liquefazione in funzione dell'età del deposito e della profondità della falda, tratta da "La liquefazione dei terreni" Riga 2007, ridisegnata – Dario Flaccovio Editore.

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

Tabella 24 - Suscettibilità alla liquefazione (Obermeier 1996), tratta da "La liquefazione dei terreni" Riga 2007 – Dario Flaccovio Editore.

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

Sulla base dei criteri riportati, che considerano la genesi, la natura e l'età assoluta dei depositi, risulta che i terreni presenti nell'area di intervento si presentano da poco a molto suscettibili di liquefazione, in corrispondenza delle aree alluvionali più recenti. Tale considerazione deriva, in particolare, sia dalle condizioni geologiche e stratigrafiche dell'area in esame che dalla presenza di una falda localmente compresa nei primi 20 m dal piano



LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D69RG	GE 00 01 001	B	143 di 189

campagna. Inoltre, la presenza diffusa di depositi prevalentemente di genesi alluvionale caratterizzati localmente da granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa, in particolare di età compresa tra il Pleistocene medio-superiore, per i depositi alluvionali terrazzati (unità geologica **bn**), Pleistocene o Olocene per i depositi costieri (unità **gb**) e l'Olocene o Attuale, per i depositi delle alluvioni recenti o attuali (unità geologiche **bb** e **ba**), consentono di poter considerare potenzialmente liquefacibili alcuni settori specifici dell'area d'intervento. In termini qualitativi i depositi più antichi (**bn**) presentano una bassa o nulla suscettività alla liquefazione, mentre i depositi costieri (**gb**) presentano una suscettività variabile tra bassa e moderata e i depositi recenti ed attuali (**bb** e **ba**) presentano una suscettività variabile da moderata ad alta.

Alla luce delle considerazioni espresse e in linea con l'ultima normativa vigente in materia si è proceduto ad effettuare un approfondimento analitico per le due unità geologiche sopra indicate.

14.4.2 Analisi semi-quantitative

A seguito delle analisi qualitative, lungo la tratta in esame sono state individuate 4 zone con presenza di terreni potenzialmente liquefacibili. Solo in tali zone e per le unità **ba2**, **bb2** e **gb2** sono state svolte le analisi quantitative secondo l'attuale normativa.



Figura 46 – Ubicazione delle 4 zone con presenza di terreni potenzialmente liquefacibili, con indicazione del tracciato di progetto.

L'attuale normativa vigente in materia di costruzioni edilizie (NTC2008) prevede che la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

- eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$, 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;
- distribuzione esterna ai fusi granulometrici indicati da normativa, distinti in funzione del coefficiente di uniformità U_c .

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

In particolare, se le condizioni 1 e 2 non risultano soddisfatte, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5. Pertanto, in relazione a quanto previsto dall'NTC 2008, 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.

Le fonti bibliografiche a disposizione e lo studio relativo alla sismicità storica e alla pericolosità sismica condotto 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, in quanto riferibili alla Zona 924 "Molise-Gargano". Per il settore settentrionale della tratta in esame, non ricadente nella suddetta Zona 924, è stato utilizzato il criterio fornito in *Indizi e criteri per la microzonazione sismica. Parti I e II (Gruppo di lavoro 2008)*, che consente in funzione della distanza di utilizzare la magnitudo della zona sismogenetica circostante.

Anche le accelerazioni massime attese al piano campagna, in condizioni di campo libero, sono risultate essere generalmente superiori al limite definito da normativa, in quanto variabili tra 0.100 e 0.200 a_g . In relazione a quanto detto e considerata la presenza delle condizioni predisponenti esposte nei punti 1 e 2 dell'NTC 2008, si è quindi proceduto alla verifica dei punti 3, 4 e 5 del paragrafo 7.11.3.4.2, in modo da rispondere puntualmente a tutti i quesiti posti da norma.

Per quanto concerne la falda, i dati piezometrici a disposizione hanno mostrato la presenza di un livello idrico piuttosto superficiale, posto a profondità comprese tra 0 e 16 m dal p.c. per le piane alluvionali e nei principali settori impluviali. La falda è generalmente più profonda nei settori dei terrazzi marini a nord e nell'area del rilievo di Campomarino.

Considerata la presenza di tutte le condizioni preliminari precedentemente esposte, si è quindi proceduto allo studio delle caratteristiche granulometriche e tessiture dei terreni analizzati. In particolare, risultano suscettibili di liquefazione gli orizzonti prevalentemente sabbioso-limosi dei depositi alluvionali attuali e recenti e dei depositi marini, 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 gli orizzonti sabbioso-limosi delle unità alluvionali più antiche risultano non suscettibili a causa dell'elevato stato di addensamento e di locali fenomeni di cementazione chimica.

Sulla base di quanto esposto in precedenza e delle analisi qualitative precedentemente descritte, sono stati quindi ritenuti non suscettibili di liquefazione tutti gli orizzonti litologici più fini, indicati nei profili geologici come terreni limoso-argillosi, e quelli più grossolani, indicati come terreni ghiaioso-sabbiosi. Sono stati altresì considerati non suscettibili di liquefazione i terreni granulari delle unità di copertura più antiche e tutti gli orizzonti posti a profondità superiori ai 15 m dal p.c.. Pertanto le analisi quantitative circa la suscettività a liquefazione dei terreni sono state limitate agli orizzonti sabbioso-limosi più superficiali delle unità **ba2**, **bb2** e **gb2**, di natura essenzialmente alluvionale e marina.

Per quanto riguarda le prove penetrometriche dinamiche (SPT e DPSH), sono stati quindi determinati i valori della resistenza normalizzata sulla base della formula seguente (Seed & Idriss 1982; Skempton 1986; Robertson & Wride 1998; Riga 2007):

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

dove N_{SPT} è la misura della resistenza penetrometrica in sito, C_N il fattore per la normalizzazione alla pressione effettiva di 1 atmosfera, e C_E , C_B , C_R e C_S i fattori di correzione rispettivamente per il rapporto di energia, il diametro del foro, la lunghezza delle aste e i campioni.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

Mentre, per quanto riguarda le prove penetrometriche statiche (CPT), sono stati quindi determinati i valori della resistenza normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa sulla base della formula seguente (Seed & Idriss 1982; Skempton 1986; Robertson & Wride 1998; Riga 2007):

$$q_{c1N} = C_q \cdot \left(\frac{q_c}{p_a} \right)$$

$$C_q = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^n$$

dove p_a è la pressione atmosferica (100kPa).

Dopo aver considerato la presenza di tutte le condizioni preliminari esposte nei punti da 1 a 5 secondo quanto previsto dalle NTC 2008, si è quindi proceduto ad un'analisi quantitativa per la valutazione della suscettibilità a liquefazione degli orizzonti granulari più critici. Tali analisi sono ovviamente basata sulla stima della capacità di resistenza alla liquefazione CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) e della domanda di resistenza ciclica alla liquefazione CSR (*Cyclic Stress Ratio*), al fine di giungere alla definizione di un fattore di sicurezza.

Per le prove SPT in foro sono stati quindi determinati i valori della capacità di resistenza alla liquefazione $CRR_{7.5}$ per un terremoto con magnitudo standard pari a 7.5. Nel caso delle prove penetrometriche dinamiche, tali valori sono calcolabili secondo la formulazione proposta dal National Center for Earthquake Engineering Research (Rauch 1998):

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60cs}} + \frac{(N_1)_{60cs}}{135} + \frac{50}{[10 \cdot (N_1)_{60cs} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

dove $(N_1)_{60cs}$ è la resistenza penetrometrica corretta in relazione al contenuto di porzioni a granulometria fine. L'equazione è valida per $(N_1)_{60cs} < 30$, per $(N_1)_{60cs} \geq 30$ i suoli sono classificati non liquefacibili (suoli granulari densi).

Nel caso delle prove penetrometriche statiche, invece, il valore di $CRR_{7.5}$ è determinabile utilizzando le seguenti relazioni empirica (Robertson & Wride 1998):

Se $(q_{c1N})_{cs} < 50$

$$CRR_{7.5} = 0.833 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0.05$$

Se $50 \leq (q_{c1N})_{cs} \leq 160$

$$CRR_{7.5} = 93 \cdot \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08$$

in cui $(q_{c1N})_{cs}$ è la resistenza alla punta normalizzata per considerare l'eventuale presenza di una frazione fine. I suddetti valori di $CRR_{7.5}$, relativi ad un terremoto standard con magnitudo pari a 7.5, sono stati quindi corretti per tenere in considerazione un terremoto di riferimento pari a 6.83 attraverso la formula (Riga 2007):

$$CRR_M = CRR_{7.5} \cdot MSF$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

dove MSF è un fattore di correzione per la magnitudo, calcolato mediante la relazione (Riga 2007):

$$MSF = \frac{10^{2.84}}{M^{3.24}}$$

Quindi, sulla scorta dei dati a disposizione, è stato determinato il valore della domanda di resistenza ciclica alla liquefazione CSR attraverso la formula (Riga 2007):

$$CSR = 0.65 \cdot \left(\frac{a_{max}}{g} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} \right) \cdot r_d$$

dove a_{max} è l'accelerazione massima alla superficie del suolo, g l'accelerazione di gravità, σ_{v0} e σ'_{v0} sono rispettivamente la tensione verticale totale ed effettiva e r_d il fattore di riduzione delle tensioni alla profondità interessata. Nello specifico, i valori utilizzati per il calcolo di a_{max} per ciascuna delle 4 zone sono sintetizzati nella seguente tabella:

Zona	da pk	a pk	Categoria di sottosuolo	Categorie topografica	ag(g)
1	2800	5250	D	T1	0.154
2	9700	16900	C	T1	0.154
3	17300	20350	B	T1	0.154
4	20650	24930	B	T1	0.154

Tale valore di CSR è stato quindi moltiplicato per un fattore aggiuntivo FS_L pari a 1.2, al fine di determinare un valore di CSR_{fs} che tiene conto della variazione delle pressioni interstiziali e delle deformazioni che si sviluppano durante lo scuotimento sismico (Riga 2007).

È stato quindi determinato il Fattore di Sicurezza nei confronti della liquefazione FS_L mediante la relazione (Riga 2007):

$$FS_L = \frac{Capacità}{Domanda} = \frac{CRR_M}{CSR_{fs}}$$

Il suddetto fattore di sicurezza nei confronti della liquefazione, determinato mediante il rapporto tra capacità e la domanda di resistenza, è stato determinato sulla scorta di tutti i dati geotecnici a disposizione.

14.4.2.1 Zona 1

La zona 1 si riferisce al fondovalle del Fiume Biferno, caratterizzata da unità alluvionali. In tale settore come specificato in precedenza in base all'età e alla composizione granulometrica sono stati considerati potenzialmente suscettibili a liquefazione i terreni delle unità ba2 e bb2 a profondità inferiori ai 15 m.

Nella zona in esame i dati a disposizione sono rappresentati da prove penetrometriche in foro, prove penetrometriche statiche e dinamiche e dalle analisi granulometriche eseguite in laboratorio sui campioni prelevati in fase di perforazione dei sondaggi.

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. Tali prove hanno evidenziato la presenza di terreni

sempre con valori di resistenza penetrometrica normalizzata (Liao & Whitman 1986) generalmente inferiori al limite previsto da normativa.

Sondaggio	Campagna indagini	Unità	Profondità prova <i>m</i>	N _{SPT}	(N ₁) ₆₀
s10v	2017	bb2	5.7	5	5
s10v	2017	bb2	9.9	2	2
s11v	2017	bb2	5.8	2	2
s11v	2017	bb2	9.2	10	9
s11v	2017	bb2	12.3	17	13
s11v	2017	bb2	26.2	10	5
s12v	2017	bb2	3.4	8	7
s12v	2017	bb2	6.4	9	8
s12v	2017	bb2	8.4	15	13
S13v	2017	bb2	10.0	7	6
S13v	2017	bb2	12.8	9	7
S14v	2017	bb2	11.6	23	18
S14v	2017	bb2	13.8	R	>30
S16v	2017	bb2	3.5	13	12
S16v	2017	bb2	6.2	18	17
S16v-bis	2017	ba2	3.0	8	7
s9v	2017	bb2	7.2	17	15
s9v	2017	bb2	9.5	32	27
S6v	2017	bb2	7.2	4	4
S7v	2017	bb2	7.7	11	10
S8v	2017	bb2	6.2	12	11
S8v	2017	bb2	10.7	1	1
S8v	2017	bb2	30.2	4	2
S8v	2017	bb2	35.7	22	9

Tabella 25 - 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, sono evidenziati gli orizzonti con (N₁)₆₀ <30.

Inoltre, relativamente alla resistenza penetrometrica dei terreni, le verifiche sono state condotte anche sulla scorta delle prove CPT realizzate nel settore di studio, che interessano sempre la medesima unità sabbioso-limoso. Le profondità degli orizzonti esaminati sono state discriminate sulla base delle ricostruzioni litostratigrafiche del profilo geologico (LI02 02 D 69 N5 GE0001 001-6) e in accordo con la carta di classificazione dei terreni da prove CPT (Robertson 1990).

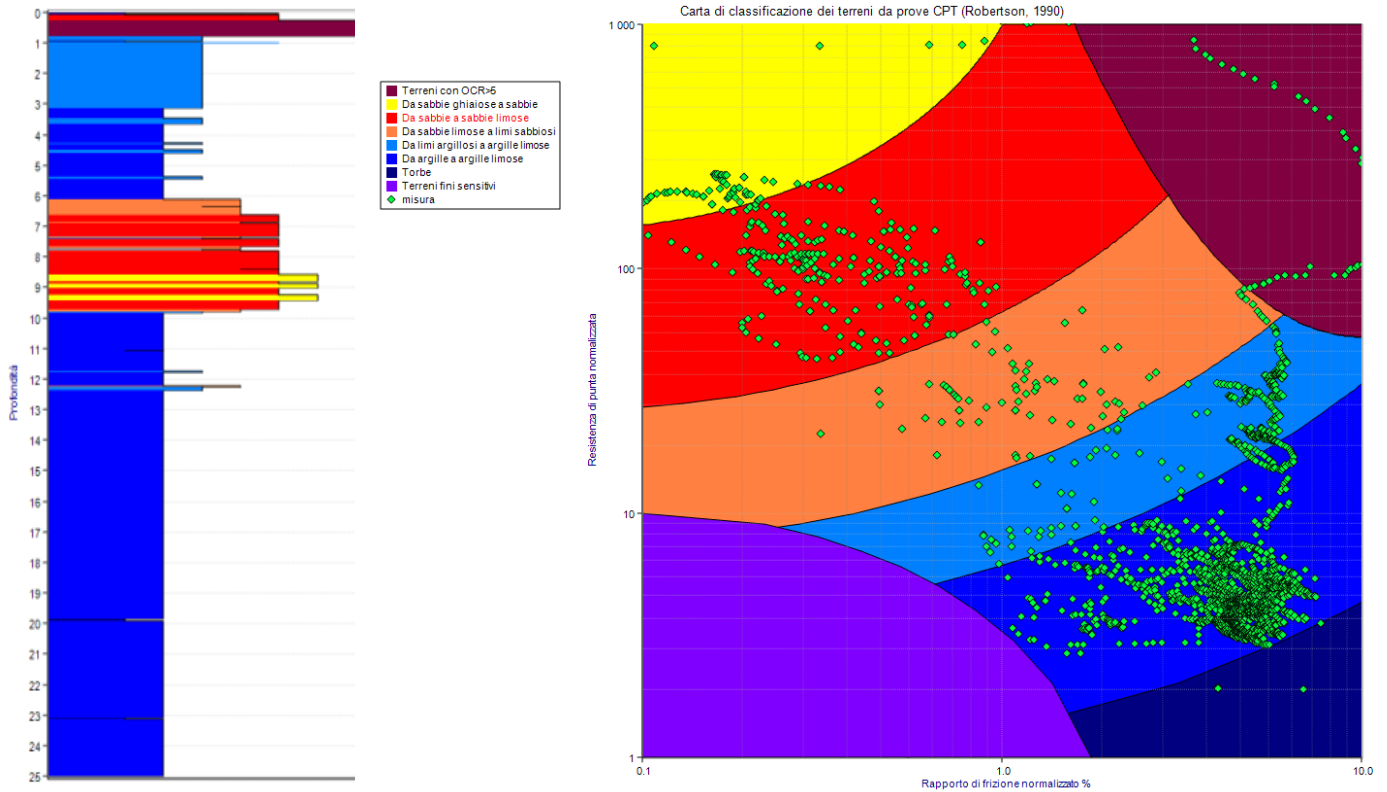


Figura 47 – Esempio di individuazione degli orizzonti potenzialmente liquefacibili, Sabbie e sabbie limose e Sabbie limose e limi sabbiosi (Robertson 1990), lungo la verticale CPTU5v, profilo e relativa carta di classificazione dei terreni.

Di seguito vengono identificati le profondità degli orizzonti che secondo la classificazione di Robertson 1990 rientrano nella classe Sabbie e sabbie limose e nella classe Sabbie limose e limi sabbiosi.

Prova	Campagna indagini	Litologia da profilo	Profondità strato liquefacibile <i>m</i>
CPTU5v	2017	bb2	6.0-10.0
CPTU6v	2017	bb2	7.0-9.0
CPTU7v	2017	bb2	5.5-15.0
CPTU8v	2017	bb2	5.6-13.5
CPTU9v	2017	bb2	5.7-13.5
CPTU10v	2017	bb2	1.4-11.7
CPTU11v	2017	bb2	7.5-15.0
CPTU12v	2017	bb2	0.0-4.5

Tabella 26 – Sintesi delle profondità degli orizzonti sabbioso-limosi individuate lungo ciascuna verticale, nella zona in esame.

Le prove eseguite alle profondità sopra esposte hanno evidenziato la presenza di terreni caratterizzati da valori di resistenza penetrometrica sempre piuttosto bassi e nettamente al di sotto del limite di (q_c1N) definito da normativa e calcolato secondo Robertson & Wride 1998, che confermano la presenza di orizzonti litologici suscettibili di liquefazione, come riportato nella tabella seguente.

Prova	Campagna indagini	Litologia	Profondità prova <i>m</i>	q_c MPa	(q_c1N) kPa
CPTU5v	2017	bb2	6.0-10.0	8.29	104
CPTU6v	2017	bb2	7.0-9.0	7.68	96
CPTU7v	2017	bb2	5.5-15.0	5.82	63
CPTU8v	2017	bb2	5.6-13.5	5.23	59
CPTU9v	2017	bb2	5.7-13.5	5.67	63
CPTU10v	2017	bb2	1.4-11.7	1.96	28
CPTU11v	2017	bb2	7.5-15.0	3.17	32
CPTU12v	2017	bb2	0.0-4.5	4.41	115

Tabella 27 - Parametri di sintesi dei valori di q_c e di resistenza normalizzata(q_c1N) relativi ai terreni interessati dalle analisi di suscettività a liquefazione; sono evidenziati gli orizzonti con $(q_c1N)<180$.

Inoltre, le curve granulometriche dei campioni di terreno disponibili ed analizzati, nonché la rappresentazione schematica dei fusi critici indicati da normativa sono riportate nelle Figura 48-Figura 49. A tal riguardo, si sottolinea che i limiti dimensionali delle varie classi granulometriche, riportati nella parte alta di ogni grafico, sono indicati seguendo gli *standard* metodologici proposti dall'Associazione Geotecnica Italiana (AGI).

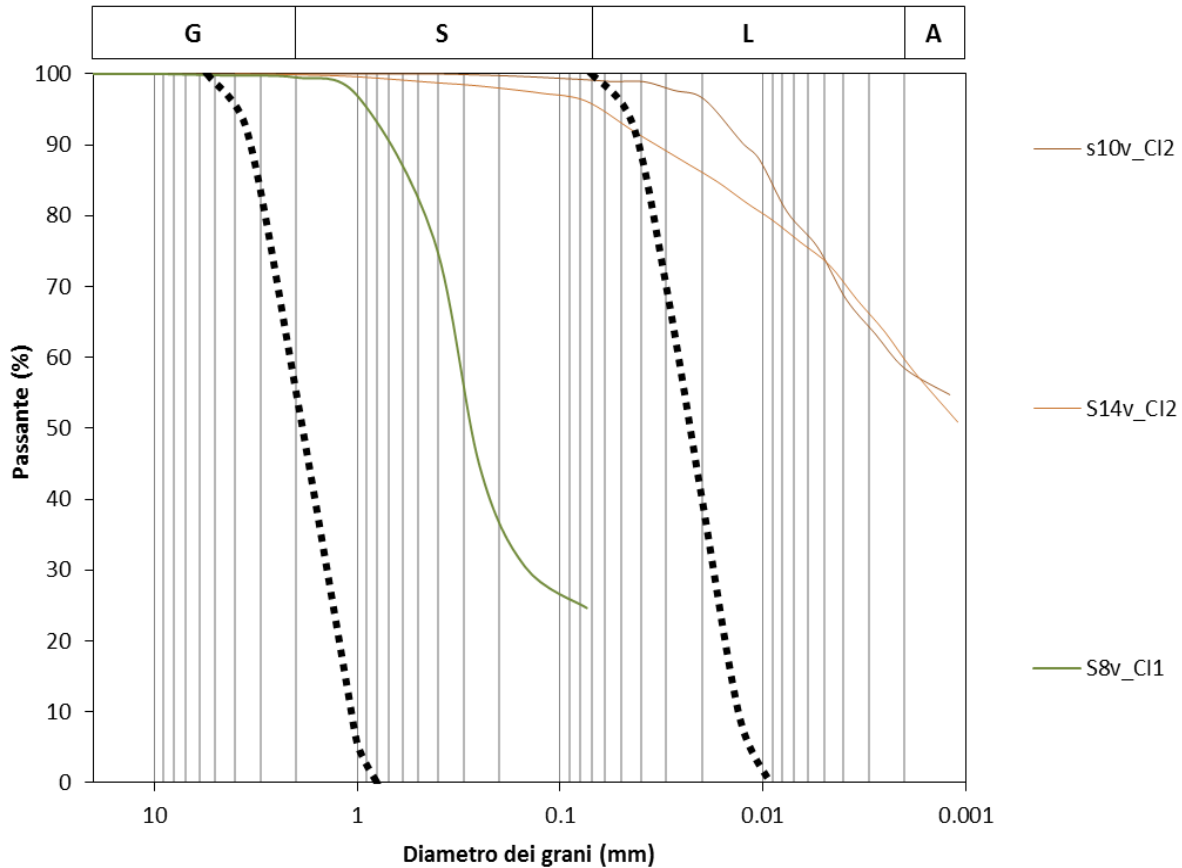


Figura 48 - Curve granulometriche dei campioni disponibili. In nero, a tratteggio, è riportato il fuso granulometrico critico per suoli - $U_c < 3.5$ (NTC 2008).

In generale, le verifiche condotte hanno evidenziato che i campioni di terreno analizzato ricadono dentro al fuso granulometrico critico indicato da normativa e quindi potenzialmente suscettibile di liquefazione, a meno dei campioni S10v CI2 e S14v CI2. Tali campioni, infatti, presentano un contenuto in sabbie e limi sempre piuttosto alto, compreso tra il 36% e il 96% circa, e sono pertanto suscettibili di liquefazione.

Infine, si sottolinea che le presenti analisi hanno l'unico scopo di individuare campioni di terreno potenzialmente suscettibili di liquefazione per condizioni connesse con la presenza di falda e con le caratteristiche granulometriche del terreno. Secondo quanto riportato negli studi scientifici di maggior rilevanza a livello internazionale, comunque, è dimostrata una stretta relazione tra la profondità dell'orizzonte litologico di interesse (intesa come carico verticale efficace agente sul deposito) e la possibilità che esso subisca effettivamente tale processo durante un sisma di sufficiente intensità (Riga 2007).

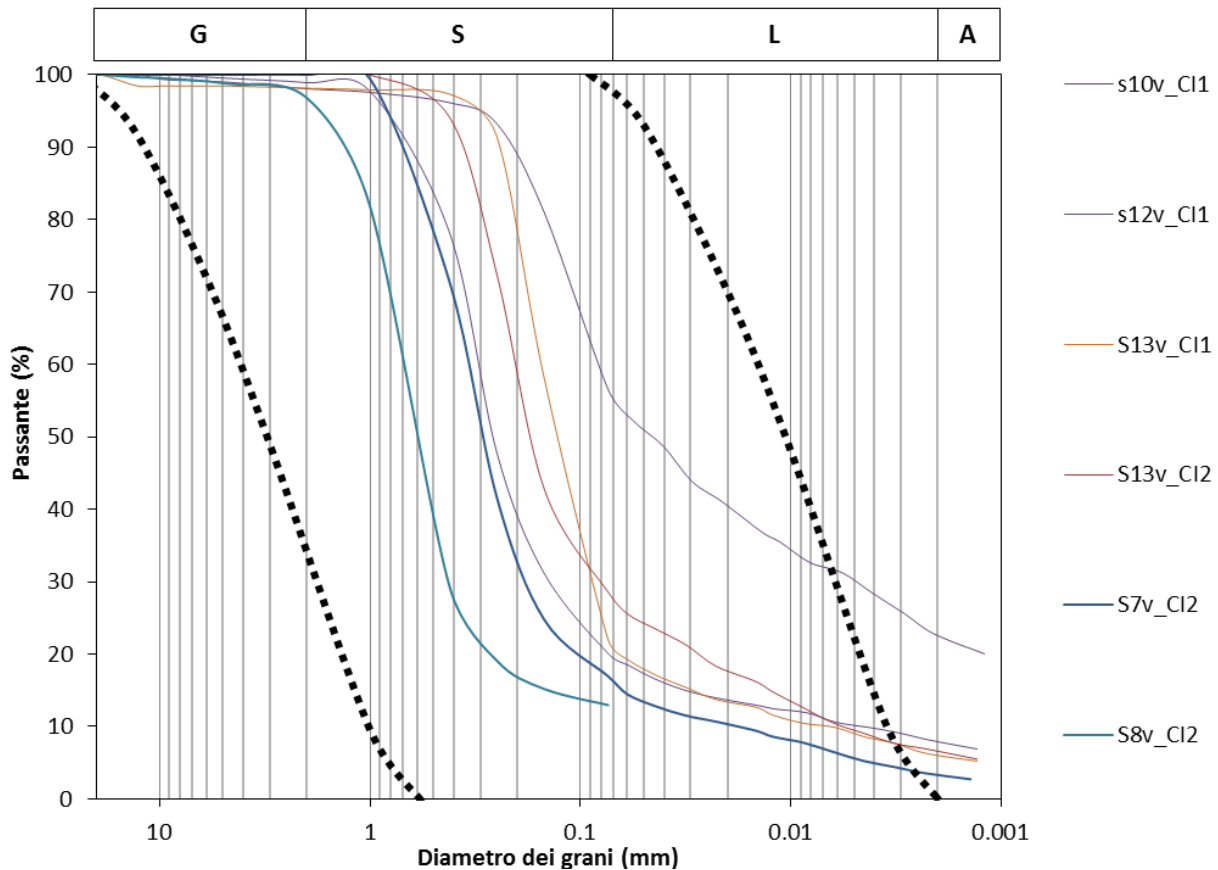


Figura 49 - Curve granulometriche dei campioni disponibili. In nero, a tratteggio, è riportato il fuso granulometrico critico per suoli - $U_c > 3.5$ (NTC 2008).

Sulla base di quanto esposto in precedenza e delle analisi qualitative precedentemente descritte, sono stati quindi ritenuti suscettibili di liquefazione tutti gli orizzonti litologici, indicati nei profili geologici come terreni limoso-sabbiosi e sabbioso-ghiaioso, e tutti gli strati posti a profondità superiori ai 15 m dal p.c.. Pertanto le analisi quantitative circa la suscettibilità a liquefazione dei terreni sono state limitate agli orizzonti sabbioso-limosi più superficiali (Riga 2007).

Considerata la presenza di tutte le condizioni preliminari esposte nei punti da 1 a 5 secondo quanto previsto dall'NTC 2008, si è quindi proceduto ad un'analisi quantitativa per la valutazione della suscettibilità a liquefazione degli orizzonti granulari più critici. Tali analisi sono ovviamente basate sulla stima della capacità di resistenza alla liquefazione CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) e della domanda di resistenza ciclica alla liquefazione CSR (*Cyclic Stress Ratio*), al fine di giungere alla definizione di un fattore di sicurezza.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi delle analisi quantitative condotte, opportunamente suddivise in funzione dell'orizzonte litologico di riferimento.

Sondaggio	Unità	Profondità prova <i>m</i>	F _{SL}
s10v	bb2	5.7	0.28
s10v	bb2	9.9	0.18

Sondaggio	Unità	Profondità prova <i>m</i>	F _{SL}
s11v	bb2	5.8	0.19
s11v	bb2	9.2	0.40
s11v	bb2	12.3	0.61
s11v	2017	26.2	0.51
s12v	bb2	3.4	0.40
s12v	bb2	6.4	0.40
s12v	bb2	8.4	0.56
S13v	bb2	10.0	0.31
S13v	bb2	12.8	0.36
S14v	bb2	11.6	0.86
S14v	bb2	13.8	Non liquefacibile
S16v	bb2	3.5	0.59
S16v	bb2	6.2	0.77
S6v	bb2	7.2	0.23
S7v	bb2	7.7	0.44
S8v	bb2	6.2	0.51
S8v	bb2	10.7	0.17
S8v	bb2	30.2	0.43
S8v	bb2	35.7	1.63
s9v	bb2	7.2	0.68
s9v	bb2	9.5	Non liquefacibile

Tabella 28 – Sintesi dei valori del Fattore di Sicurezza (F_{SL}) da prove SPT in foro, relativi ai terreni interessati dalle analisi di suscettività a liquefazione, “Non liquefacibile” ($(N_1)_{60cs} \geq 30$, Rauch 1998).

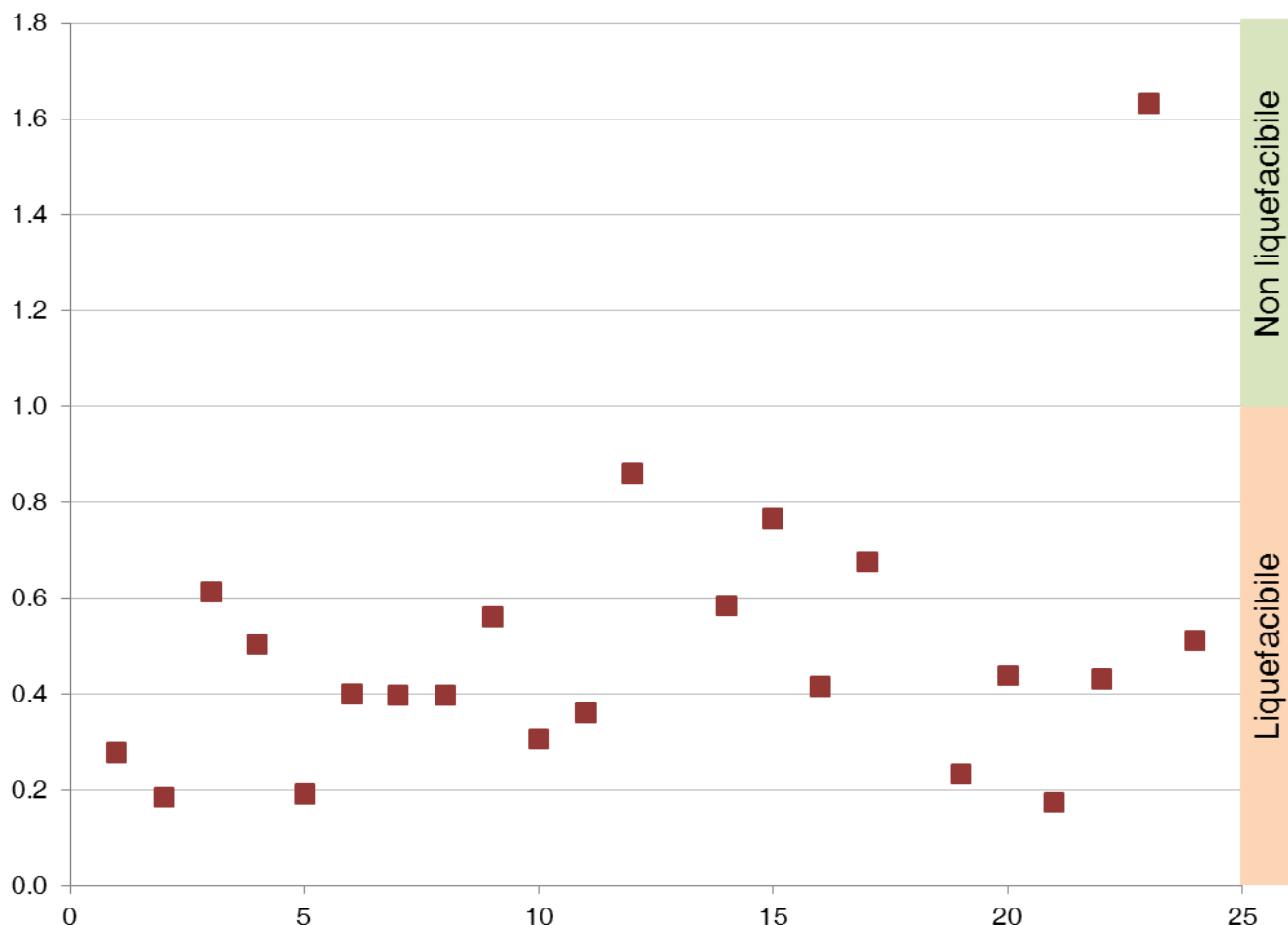


Figura 50 – Sintesi dei risultati ottenuti del Fattore di sicurezza delle prove SPT in foro, nella zona 1.

Dalle analisi eseguite si evince che la maggior parte delle prove SPT, eseguite negli orizzonti sabbioso-limosi presenti nella zona 1, presentano un fattore di sicurezza inferiore all'unità, ad eccezione del sondaggio S14v, S8 e S9v.

Di seguito vengono sintetizzati i risultati dello studio quantitativo sulle prove penetrometriche statiche per la zona in esame.

Prova	Unità	Profondità prova <i>m</i>	F _{SL}
CPTU5v	bb2	6.0-10.0	0.64
CPTU6v	bb2	7.0-9.0	0.56
CPTU7v	bb2	5.5-15.0	0.36
CPTU8v	bb2	5.6-13.5	0.34
CPTU9v	bb2	5.7-13.5	0.36
CPTU10v	bb2	1.4-11.7	0.26

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

Prova	Unità	Profondità prova <i>m</i>	F _{SL}
CPTU11v	bb2	7.5-15.0	0.27
CPTU12v	bb2	0.0-4.5	0.98

Tabella 29 – Tabella riassuntiva dei risultati ottenuti per le prove penetrometriche statiche, nella zona 1.

Dal calcolo del fattore di sicurezza delle prove CPT è stato evidenziato che tutti gli orizzonti sabbioso-limosi intercettati dalle prove presentano un fattore di sicurezza inferiore all'unità.

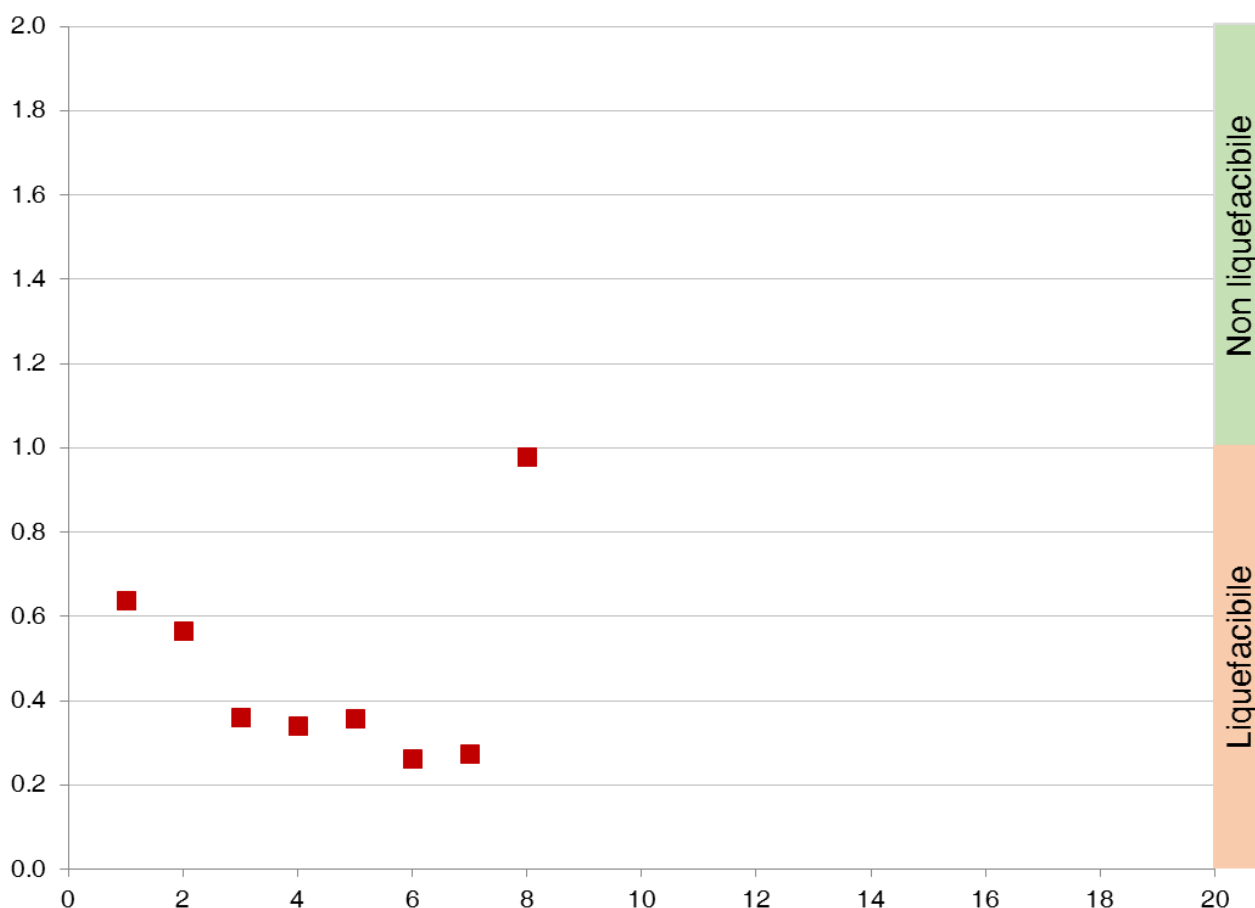


Figura 51 – Sintesi dei risultati ottenuti del Fattore di sicurezza delle prove CPTU, nella zona 1.

Anche i risultati delle prove penetrometriche statiche continue disponibili, confermano una marcata suscettibilità al fenomeno della liquefazione nel settore specifico relativamente agli orizzonti sabbioso limosi analizzati.

14.4.2.2 Zona 2

La zona 2 si riferisce al settore centrale dell'area di studio, caratterizzata da unità costiere e alluvionali. In tale settore come specificato in precedenza in base all'età e alla composizione granulometrica sono stati considerati potenzialmente suscettibili a liquefazione i terreni delle unità ba2, gb2 e bb2 a profondità inferiori ai 15 m.

Nella zona in esame i dati a disposizioni sono rappresentati da prove penetrometriche in foro, prove penetrometriche statiche e dalle analisi granulometriche eseguite in laboratorio sui campioni prelevati in fase di perforazione dei sondaggi.

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. Tali prove hanno evidenziato la presenza di terreni sempre con valori di resistenza penetrometrica normalizzata (Liao & Whitman 1986) generalmente inferiori al limite previsto da normativa.

Sondaggio	Campagna di indagine	Unità	Profondità prova <i>m</i>	N _{SPT}	(N ₁) ₆₀
S10	2017	gb2	3.8	60	53
S11	2017	gb2	4.9	18	18
S12	2017	gb2	21.6	R	>30
S12	2017	gb2	6.5	52	48
S13	2017	gb2	7.9	90	78
S14	2017	gb2	13.8	62	45
S14	2017	gb2	19.8	R	>30
S15	2017	gb2	16.5	R	>30
S15	2017	gb2	21.8	56	32
S16	2017	bb2	29.4	5	2.4
S16	2017	bb2	4.3	18	16
S16	2017	bb2	7.5	31	27
S17	2017	bb2	23.9	14	8
S17	2017	bb2	26.9	14	7
S17	2017	bb2	29.5	30	14
S17	2017	ba2	3.5	18	16
s19	2017	bb2	11.8	5	4
s19	2017	bb2	3.8	25	22
s20	2017	bb2	11.8	R	>30
s35v	2017	gb2	6.8	39	35
S9-36v	2017	gb2	20.1	R	>30
DHLIA3V01	L03203R	gb2	3.2	32	29
DHLIA3V04	L03203R	ba2	3.2	9	8

Tabella 30 – 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, sono evidenziati gli orizzonti con (N₁)₆₀ <30.

Inoltre, relativamente alla resistenza penetrometrica dei terreni, le verifiche sono state condotte anche sulla scorta delle prove CPT realizzate nel settore di studio, che interessano sempre la medesima unità sabbioso-limoso. Le profondità degli orizzonti esaminati sono state discriminate sulla base delle ricostruzioni litostratigrafiche del profilo geologico (LI02 02 D 69 N5 GE0001 001-6) e in accordo con la carta di classificazione dei terreni da prove

CPT (Robertson 1990). Di seguito vengono identificati le profondità degli orizzonti che secondo la classificazione di Robertson 1990 rientrano nella classe Sabbie e sabbie limose e nella classe Sabbie limose e limi sabbiosi.

Prova	Campagna indagini	Litologia da profilo	Profondità strato liquefacibile <i>m</i>
CPTU16v	2017	gb2	0.0-2.0
CPTU17v	2017	gb2	5.7-6.7
CPTU5	2017	gb2	0.0-6.9
CPTU6	2017	gb2	1.0-4.0
CPTU7	2017	gb2	0.0-3.2
CPTU8	2017	bb2	0.0-8.2
CPTU9	2017	bb2	0.0-5.0
CPTU10	2017	bb2	2.0-6.0
CPTU10	2017	bb2	11.2-15.4

Tabella 31 – Sintesi delle profondità degli orizzonti sabbioso-limosi individuate lungo ciascuna verticale, nella zona in esame.

Tali prove hanno evidenziato la presenza di terreni caratterizzati da valori di resistenza penetrometrica sempre piuttosto elevati e nettamente al di sopra del limite di (q_c1N) definito da normativa e calcolato secondo Robertson & Wride 1998. Fanno eccezione alcuni valori di resistenza penetrometrica al di sotto del limite previsto da normativa che quindi possono ritenersi suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione, che confermano la presenza di orizzonti litologici suscettibili di liquefazione, come riportato nella tabella seguente.

Prova	Campagna di indagine	Litologia	Profondità prova <i>m</i>	q_c Mpa	(q_c1N) kPa
CPTU16v	2017	gb2	0.0-2.0	2.92	106
CPTU17v	2017	gb2	0.0-1.3	1.29	19
CPTU5	2017	gb2	0.0-6.9	4.08	85
CPTU6	2017	gb2	0.0-2.0	2.07	51
CPTU7	2017	gb2	0.0-3.2	9.11	276
CPTU8	2017	bb2	0.0-8.2	9.15	173
CPTU9	2017	bb2	0.0-5.0	7.64	188
CPTU10	2017	bb2	2.0-6.0	4.79	92
CPTU10	2017	bb2	11.2-15.4	1.65	15

Tabella 32 – Parametri di sintesi dei valori di q_c e di resistenza normalizzata(q_c1N) relativi ai terreni interessati dalle analisi di suscettività a liquefazione; sono evidenziati gli orizzonti con (q_c1N)<180.

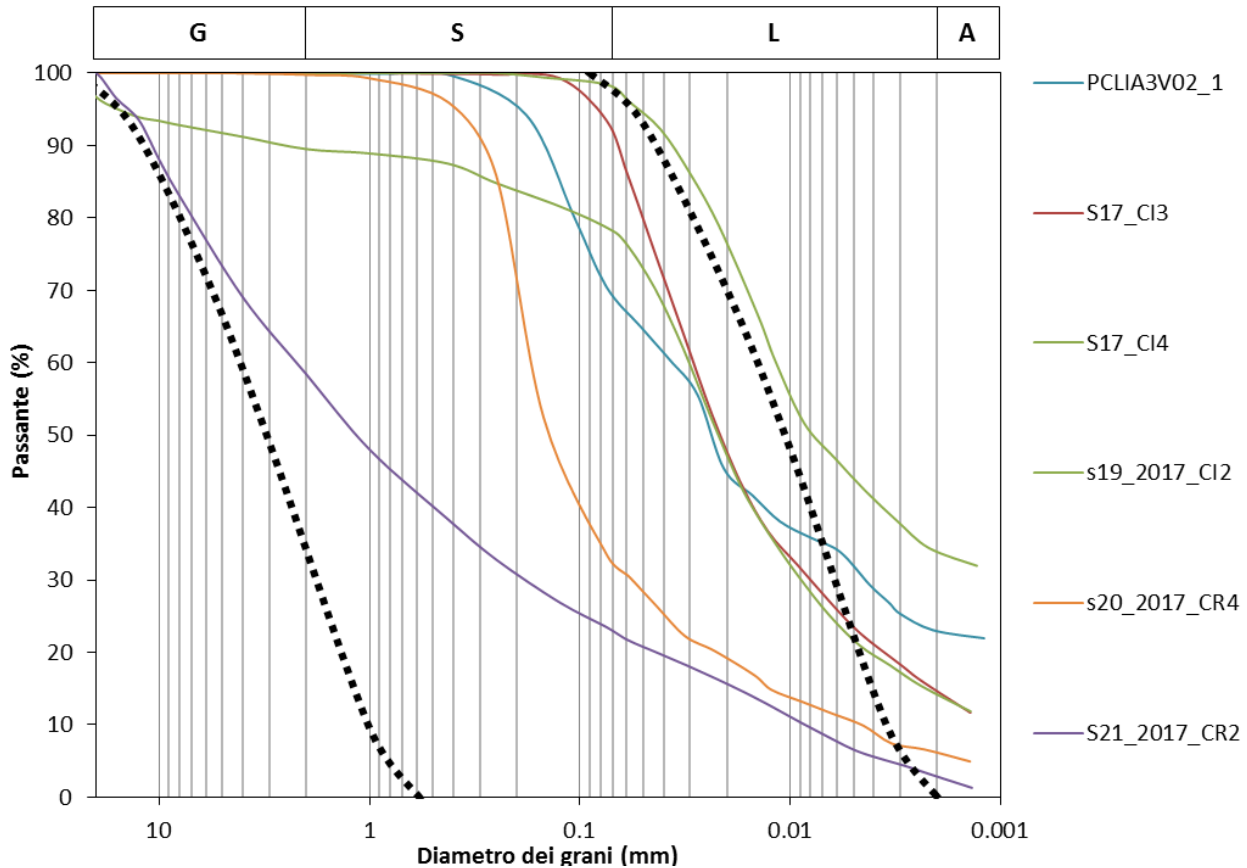


Figura 52 – Curve granulometriche dei campioni disponibili. In nero, a tratteggio, è riportato il fuso granulometrico critico per suoli – $U_c > 3.5$ (NTC 2008).

Le curve granulometriche dei campioni di terreno disponibili ed analizzati, nonché la rappresentazione schematica dei fusi critici indicati da normativa sono riportate nella Figura 52. A tal riguardo, si sottolinea che i limiti dimensionali delle varie classi granulometriche, riportati nella parte alta di ogni grafico, sono indicati seguendo gli *standard* metodologici proposti dall'Associazione Geotecnica Italiana (AGI).

In generale, le verifiche condotte hanno evidenziato che i campioni di terreno analizzato ricadono dentro al fuso granulometrico critico indicato da normativa e quindi potenzialmente suscettibile di liquefazione, a meno del campione S19 CI2. Tali campioni, infatti, presentano un contenuto in sabbie e limi sempre piuttosto alto, compreso tra il 45% e il 93% circa, e sono pertanto suscettibili di liquefazione.

Infine, si sottolinea che le presenti analisi hanno l'unico scopo di individuare campioni di terreno potenzialmente suscettibili di liquefazione per condizioni connesse con la presenza di falda e con le caratteristiche granulometriche del terreno. Secondo quanto riportato negli studi scientifici di maggior rilevanza a livello internazionale, comunque, è dimostrata una stretta relazione tra la profondità dell'orizzonte litologico di interesse (intesa come carico verticale efficace agente sul deposito) e la possibilità che esso subisca effettivamente tale processo durante un sisma di sufficiente intensità (Riga 2007).

Sulla base di quanto esposto in precedenza e delle analisi qualitative precedentemente descritte, sono stati quindi ritenuti suscettibili di liquefazione tutti gli orizzonti litologici, indicati nei profili geologici come terreni limoso-

sabbiosi e sabbioso-ghiaioso, e tutti gli strati posti a profondità superiori ai 15 m dal p.c.. Pertanto le analisi quantitative circa la suscettibilità a liquefazione dei terreni sono state limitate agli orizzonti sabbioso-limosi più superficiali (Riga 2007).

Considerata la presenza di tutte le condizioni preliminari esposte nei punti da 1 a 5 secondo quanto previsto dall'NTC 2008, si è quindi proceduto ad un'analisi quantitativa per la valutazione della suscettibilità a liquefazione degli orizzonti granulari più critici. Tali analisi sono ovviamente basate sulla stima della capacità di resistenza alla liquefazione CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) e della domanda di resistenza ciclica alla liquefazione CSR (*Cyclic Stress Ratio*), al fine di giungere alla definizione di un fattore di sicurezza.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi delle analisi quantitative condotte, opportunamente suddivise in funzione dell'orizzonte litologico di riferimento.

Sondaggio	Campagna di indagine	Unità	Profondità prova <i>m</i>	F _{SL}
S10	2017	gb2	3.8	Non liquefacibile
S11	2017	gb2	4.9	1.05
S12	2017	gb2	21.6	Non liquefacibile
S12	2017	gb2	6.5	Non liquefacibile
S13	2017	gb2	7.9	Non liquefacibile
S14	2017	gb2	13.8	Non liquefacibile
S14	2017	gb2	19.8	Non liquefacibile
S15	2017	gb2	16.5	Non liquefacibile
S15	2017	gb2	21.8	Non liquefacibile
S16	2017	bb2	29.4	0.53
S16	2017	bb2	4.3	0.97
S16	2017	bb2	7.5	Non liquefacibile
S17	2017	bb2	23.9	0.72
S17	2017	bb2	26.9	0.80
S17	2017	bb2	29.5	1.71
S17	2017	bb2	3.5	0.99
s19	2017	bb2	11.8	0.31
s19	2017	bb2	3.8	1.51
s20	2017	gb2	11.8	Non liquefacibile
s35v	2017	gb2	6.8	Non liquefacibile
S9-36v	2017	gb2	20.1	Non liquefacibile
DHLIA3V01	L03203R	gb2	3.2	Non liquefacibile
DHLIA3V04	L03203R	ba2	3.2	0.54

Tabella 33 – Sintesi dei valori del Fattore di Sicurezza (F_{SL}) relativi ai terreni interessati dalle analisi di suscettibilità a liquefazione, “Non liquefacibile” ((N₁)_{60cs} ≥ 30, Rauch 1998).

Dalle analisi eseguite si evince che gli orizzonti sabbioso-limosi dei sondaggi S11, S16, S17, S19 e DHLIA3V04 presentano un fattore di sicurezza inferiore all'unità.

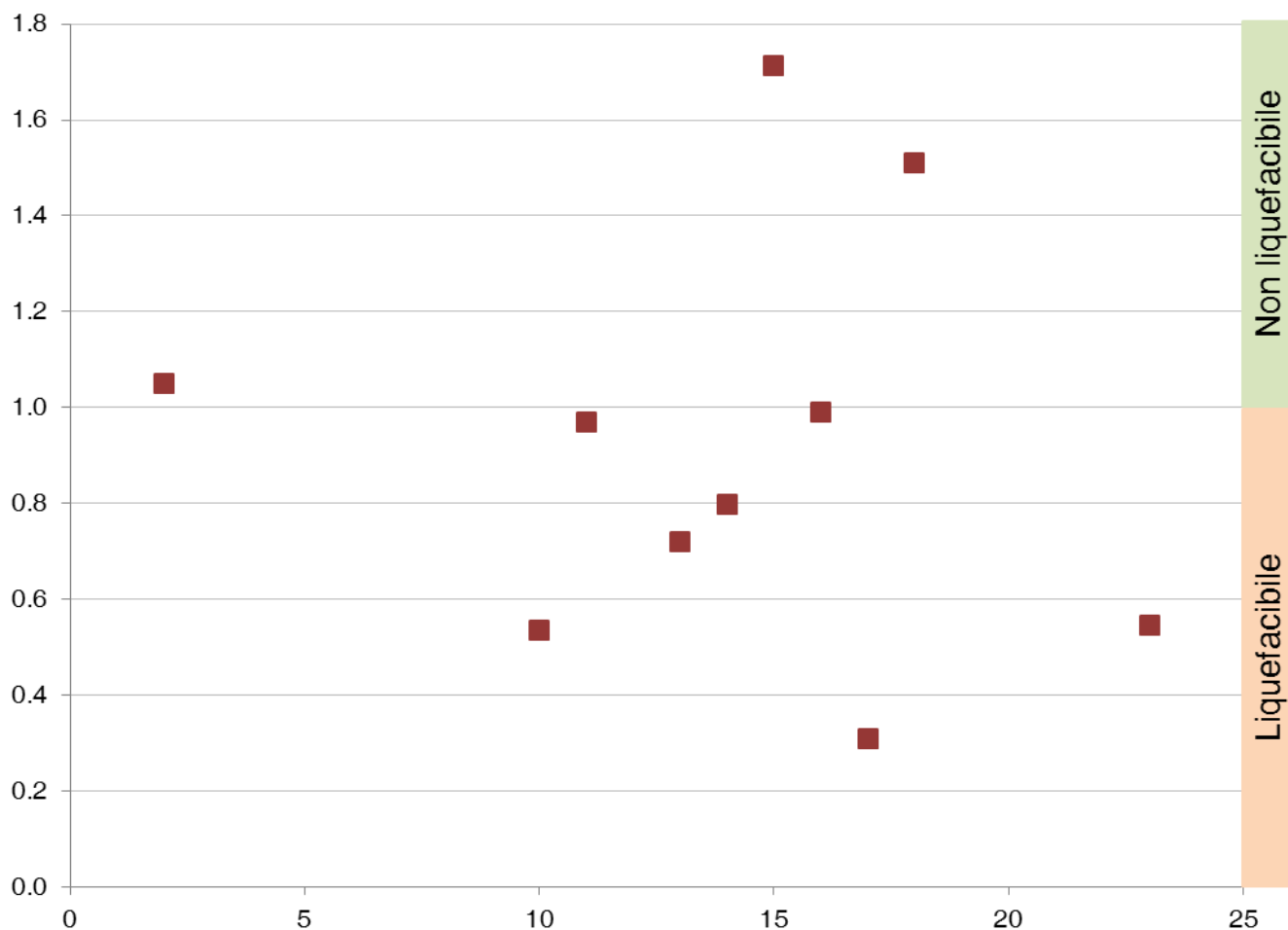


Figura 53 – Sintesi dei risultati ottenuti del Fattore di sicurezza delle prove SPT in foro, nella zona 2.

Di seguito vengono sintetizzati i risultati dello studio quantitativo sulle prove penetrometriche statiche per la zona in esame.

Prova	Campagna di indagine	Unità	Profondità prova <i>m</i>	F _{SL}
CPTU16v	2017	gb2	0.0-2.0	1.91
CPTU17v	2017	gb2	0.0-1.3	1.01
CPTU5	2017	gb2	0.0-6.9	0.80
CPTU6	2017	gb2	0.0-2.0	0.93
CPTU7	2017	gb2	0.0-3.2	Non liquefacibile
CPTU8	2017	bb2	0.0-8.2	Non liquefacibile

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTE 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

CPTU9	2017	bb2	0.0-5.0	Non liquefacibile
CPTU10	2017	bb2	2.0-6.0	0.71

Tabella 34 – Tabella riassuntiva dei risultati ottenuti per le prove penetrometriche statiche, nella zona 2.

Dal calcolo del fattore di sicurezza delle prove CPT è stato evidenziato che gli orizzonti sabbioso-limosi intercettati dalle prove CPTU5, CPTU6 e CPTU10 presentano un fattore di sicurezza inferiore all'unità.

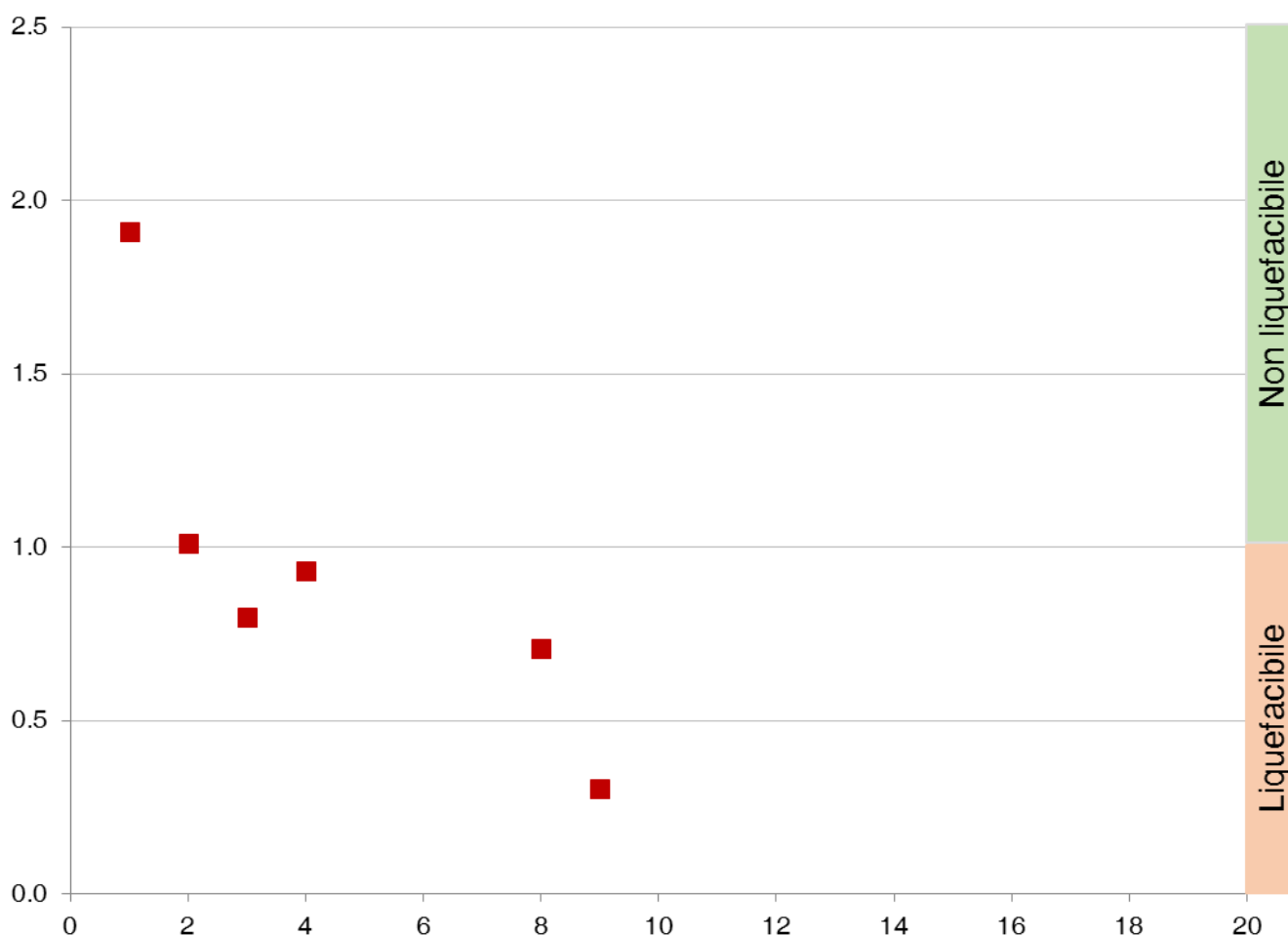


Figura 54 – Sintesi dei risultati ottenuti del Fattore di sicurezza delle prove CPTU, nella zona 2.

Sulla scorta dei dati disponibili e delle analisi condotte emerge che i litotipi ascrivibili ai Depositi alluvionali recenti e ai Depositi costieri presenti nell'area oggetto di studio presentano una elevata suscettibilità al fenomeno della liquefazione.

14.4.2.3 Zona 3

La zona 3 si riferisce settore centro meridionale dell'area di studio, caratterizzata da unità marine e alluvionali. In tale settore come specificato in precedenza in base all'età e alla composizione granulometrica sono stati considerati potenzialmente suscettibili a liquefazione i terreni dell'unità bb2 a profondità inferiori ai 15 m.

Nella zona in esame i dati a disposizione sono rappresentati da prove penetrometriche in foro e dalle analisi granulometriche eseguite in laboratorio sui campioni prelevati in fase di perforazione dei sondaggi.

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. Tali prove hanno evidenziato la presenza di terreni sempre con valori di resistenza penetrometrica normalizzata (Liao & Whitman 1986) generalmente inferiori al limite previsto da normativa.

Sondaggio	Campagna di indagine	Unità	Profondità prova <i>m</i>	N _{SPT}	(N ₁) ₆₀
S27	2017	bb2	4.7	12	12
S27	2017	bb2	7.7	18	16

Tabella 35 - 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, sono evidenziati gli orizzonti con (N₁)₆₀ <30.

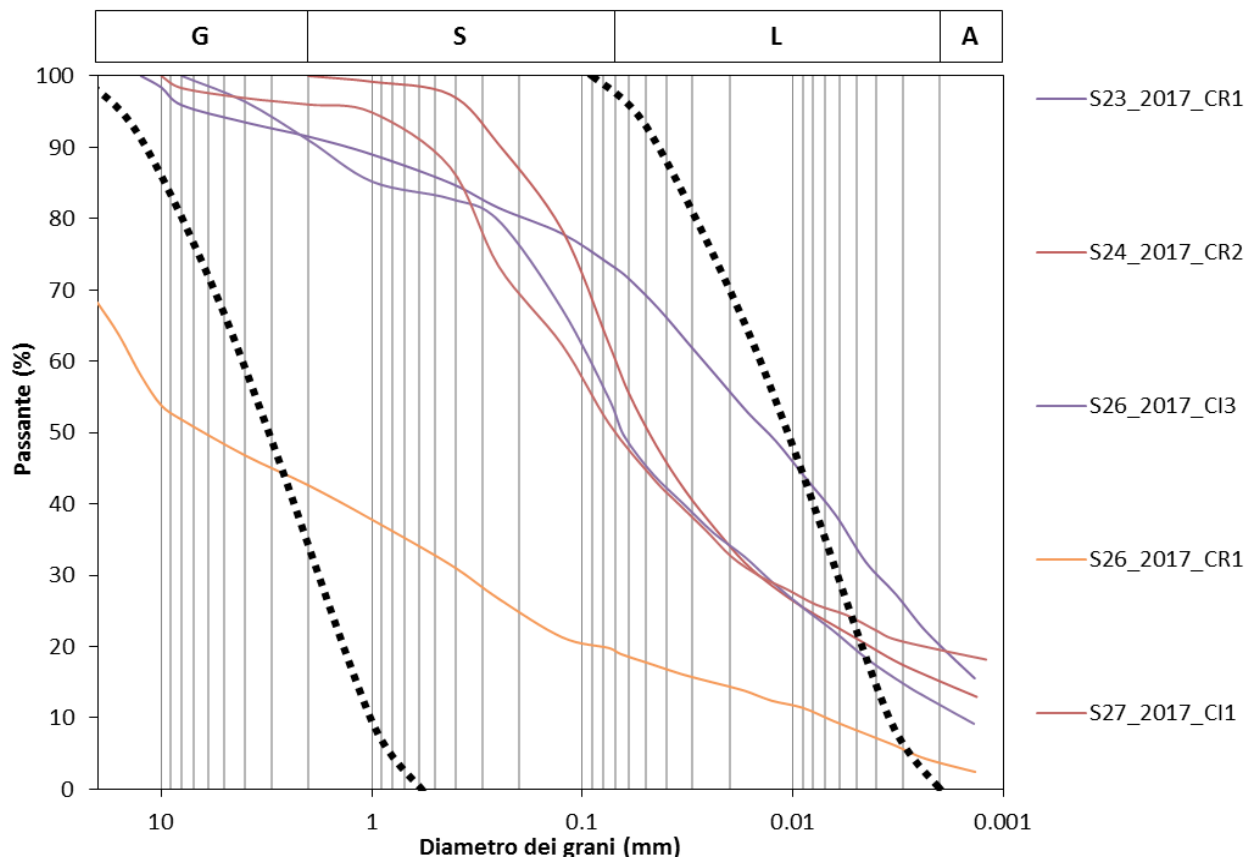


Figura 55 - Curve granulometriche dei campioni disponibili. In nero, a tratteggio, è riportato il fuso granulometrico critico per suoli - $U_c > 3.5$ (NTC 2008).

Le curve granulometriche dei campioni di terreno disponibili ed analizzati, nonché la rappresentazione schematica dei fusi critici indicati da normativa sono riportate nella Figura 55. A tal riguardo, si sottolinea che i limiti dimensionali delle varie classi granulometriche, riportati nella parte alta di ogni grafico, sono indicati seguendo gli *standard* metodologici proposti dall'Associazione Geotecnica Italiana (AGI).

In generale, le verifiche condotte hanno evidenziato che i campioni di terreno analizzato ricadono dentro al fuso granulometrico critico indicato da normativa e quindi potenzialmente suscettibile di liquefazione, a meno del campione S26 CR1. Tali campioni, infatti, presentano un contenuto in sabbie e limi sempre piuttosto alto, compreso tra il 34% e il 83% circa, e sono pertanto suscettibili di liquefazione.

Infine, si sottolinea che le presenti analisi hanno l'unico scopo di individuare campioni di terreno potenzialmente suscettibili di liquefazione per condizioni connesse con la presenza di falda e con le caratteristiche granulometriche del terreno. Secondo quanto riportato negli studi scientifici di maggior rilevanza a livello internazionale, comunque, è dimostrata una stretta relazione tra la profondità dell'orizzonte litologico di interesse (intesa come carico verticale efficace agente sul deposito) e la possibilità che esso subisca effettivamente tale processo durante un sisma di sufficiente intensità (Riga 2007).

Sulla base di quanto esposto in precedenza e delle analisi qualitative precedentemente descritte, sono stati quindi ritenuti suscettibili di liquefazione tutti gli orizzonti litologici, indicati nei profili geologici come terreni limoso-sabbiosi e sabbioso-ghiaioso, e tutti gli strati posti a profondità superiori ai 15 m dal p.c.. Pertanto le analisi quantitative circa la suscettibilità a liquefazione dei terreni sono state limitate agli orizzonti sabbioso-limosi più superficiali (Riga 2007).

Considerata la presenza di tutte le condizioni preliminari esposte nei punti da 1 a 5 secondo quanto previsto dall'NTC 2008, si è quindi proceduto ad un'analisi quantitativa per la valutazione della suscettibilità a liquefazione degli orizzonti granulari più critici. Tali analisi sono ovviamente basate sulla stima della capacità di resistenza alla liquefazione CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) e della domanda di resistenza ciclica alla liquefazione CSR (*Cyclic Stress Ratio*), al fine di giungere alla definizione di un fattore di sicurezza.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi delle analisi quantitative condotte, opportunamente suddivise in funzione dell'orizzonte litologico di riferimento.

Sondaggio	Campagna di indagine	Unità	Profondità prova <i>m</i>	F _{SL}
S27	2017	bb2	4.7	0.85
S27	2017	bb2	7.7	1.05

Tabella 36 – Sintesi dei valori del Fattore di Sicurezza (F_{SL}) relativi ai terreni interessati dalle analisi di suscettibilità a liquefazione, “Non liquefacibile” ($(N_1)_{60cs} \geq 30$, Rauch 1998).

Dal calcolo del fattore di sicurezza delle prove SPT è stato evidenziato che solo l'orizzonte sabbioso-limoso intercettato dalla prova S27 a circa 4.7 m dal p.c. presenta un fattore di sicurezza inferiore all'unità e quindi potenzialmente suscettibile di liquefazione.

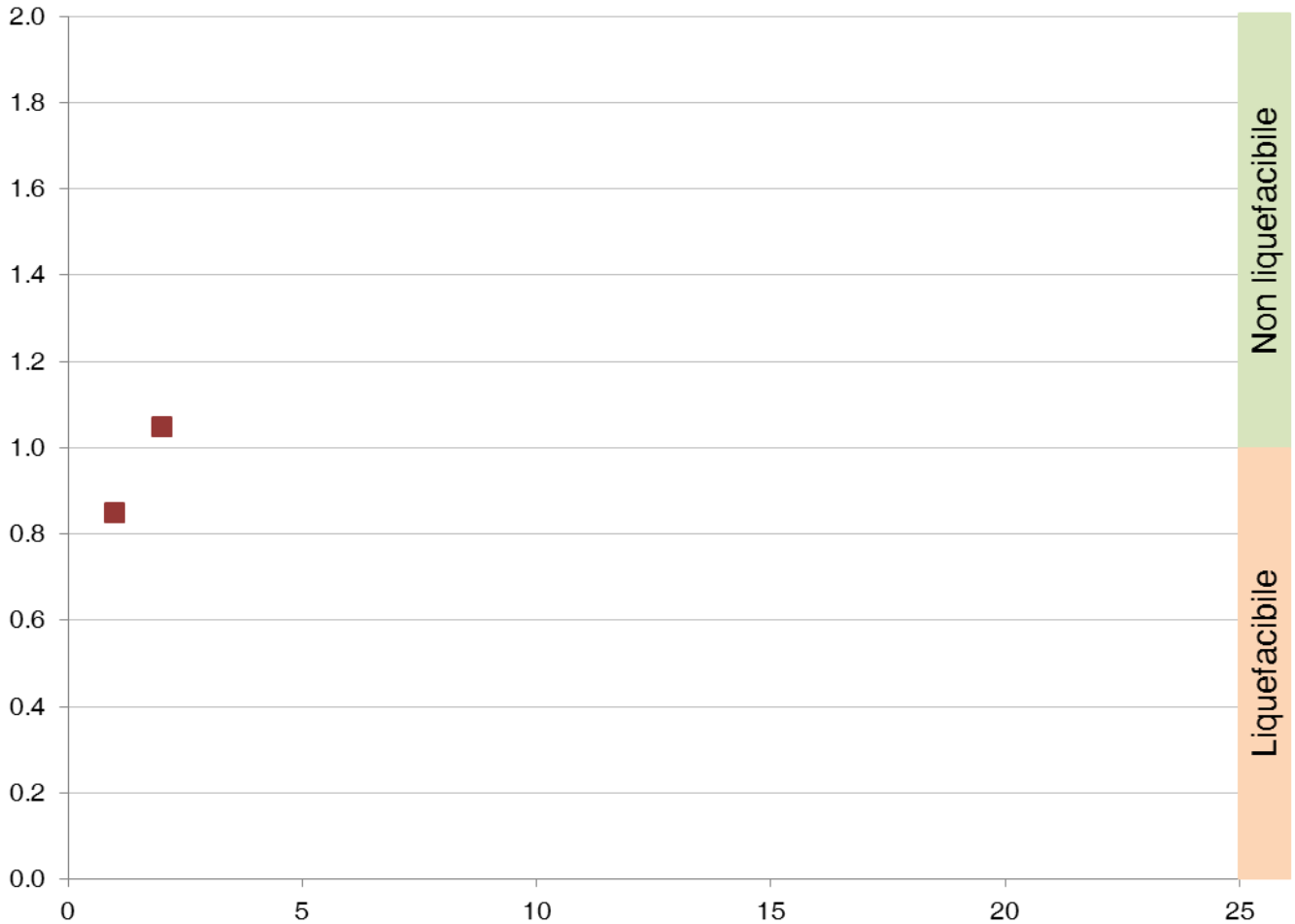


Figura 56 – Sintesi dei risultati ottenuti del Fattore di sicurezza delle prove SPT in foro, nella zona 3.

Di seguito vengono sintetizzati i risultati dello studio quantitativo sulle prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH) per la zona in esame. Tale prova interessa lungo tutta la verticale l'unità **bb2**.

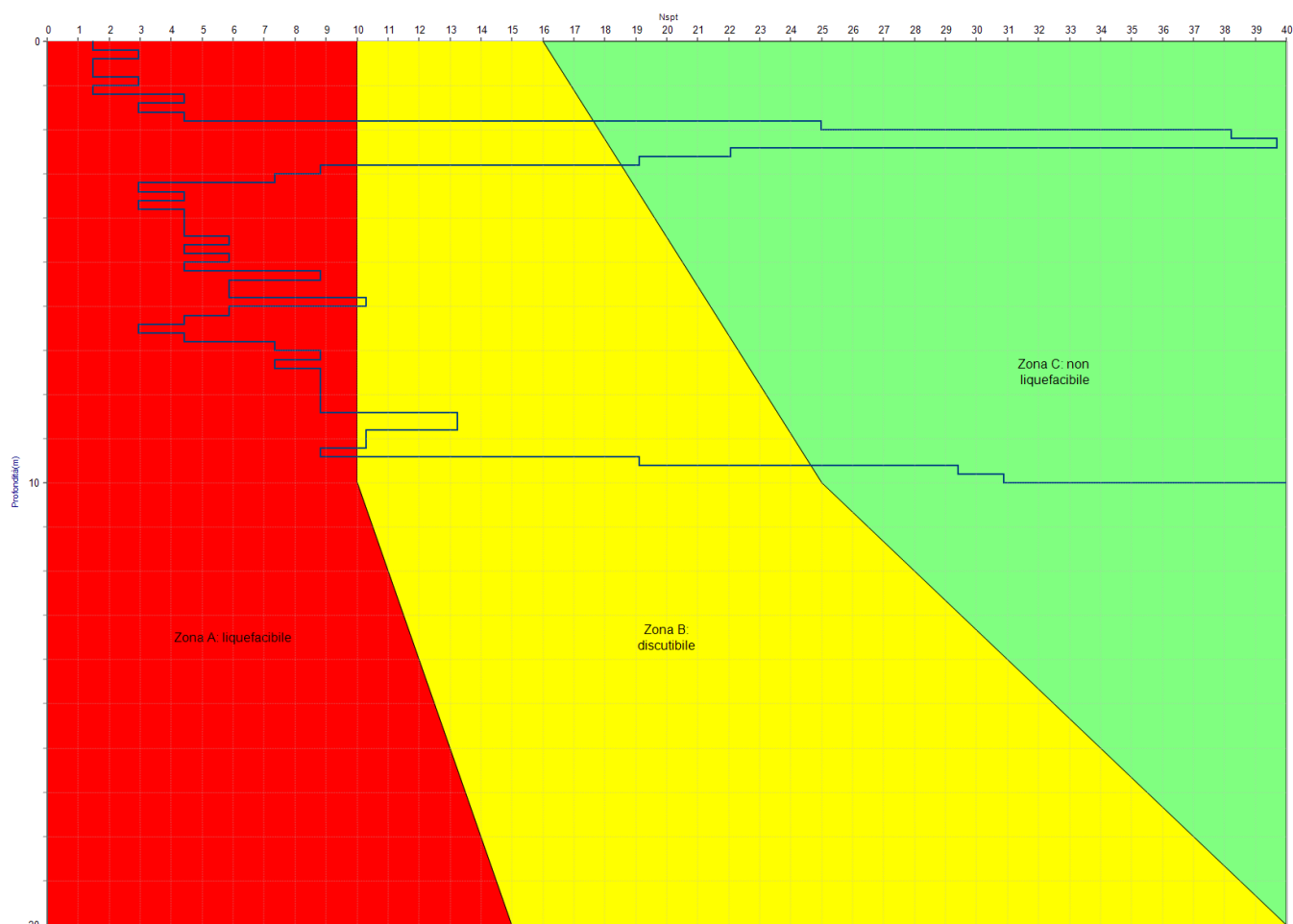


Figura 57 - Risultati dell'analisi di liquefazione con individuazione delle 3 zone (Zona A: Liquefacibile, Zona B: Discutibile, Zona C: Non liquefacibile), profilo critico della prova DPSH 11, nella zona 3.

In conclusione, è possibile affermare che i terreni di fondazione dei Depositi costieri presenti nell'area oggetto di studio, sono suscettibili al fenomeno della liquefazione.

14.4.2.4 Zona 4

La zona a si riferisce al settore più meridionale dell'area di studio, caratterizzata da unità marine. In tale settore come specificato in precedenza in base all'età e alla composizione granulometrica sono stati considerati potenzialmente suscettibili a liquefazione i terreni delle unità gb2 e bb2 a profondità inferiori ai 15 m.

Nella zona in esame i dati a disposizione sono rappresentati da prove penetrometriche in foro, prove penetrometriche statiche e dinamiche e dalle analisi granulometriche eseguite in laboratorio sui campioni prelevati in fase di perforazione dei sondaggi.

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. Tali prove hanno evidenziato la presenza di terreni

sempre con valori di resistenza penetrometrica normalizzata (Liao & Whitman 1986) generalmente inferiori al limite previsto da normativa.

Sondaggio	Campagna di indagine	Unità	Profondità prova <i>m</i>	N _{SPT}	(N ₁) ₆₀
S34	2017	bb2	2.9	10	9
S35	2017	gb2	4.4	R	>30
S35	2017	gb2	6.0	37	35
S37	2017	gb2	3.2	2	2
S37	2017	gb2	4.2	8	7
S37	2017	gb2	7.3	70	62
DHLIA3V08	L03203R	gb2	3.2	37	33
PNLIA3V09	L03203R	gb2	3.2	29	26
PNLIA3V09	L03203R	gb2	6.2	24	22
PNLIA3V09	L03203R	gb2	9.2	34	29

Tabella 37 - 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, sono evidenziati gli orizzonti con (N₁)₆₀ <30.

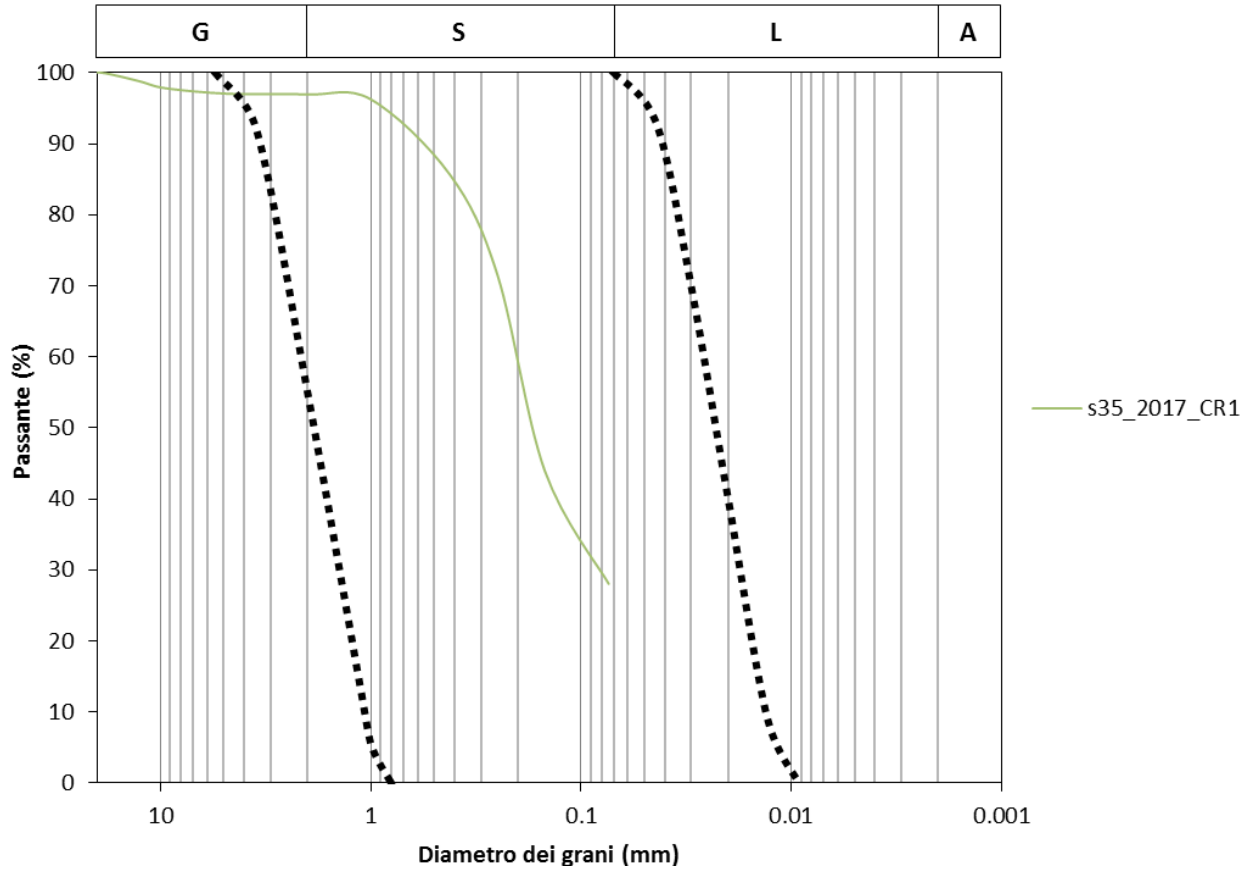


Figura 58 - Curve granulometriche dei campioni disponibili. In nero, a tratteggio, è riportato il fuso granulometrico critico per suoli - $U_e < 3.5$ (NTC 2008).

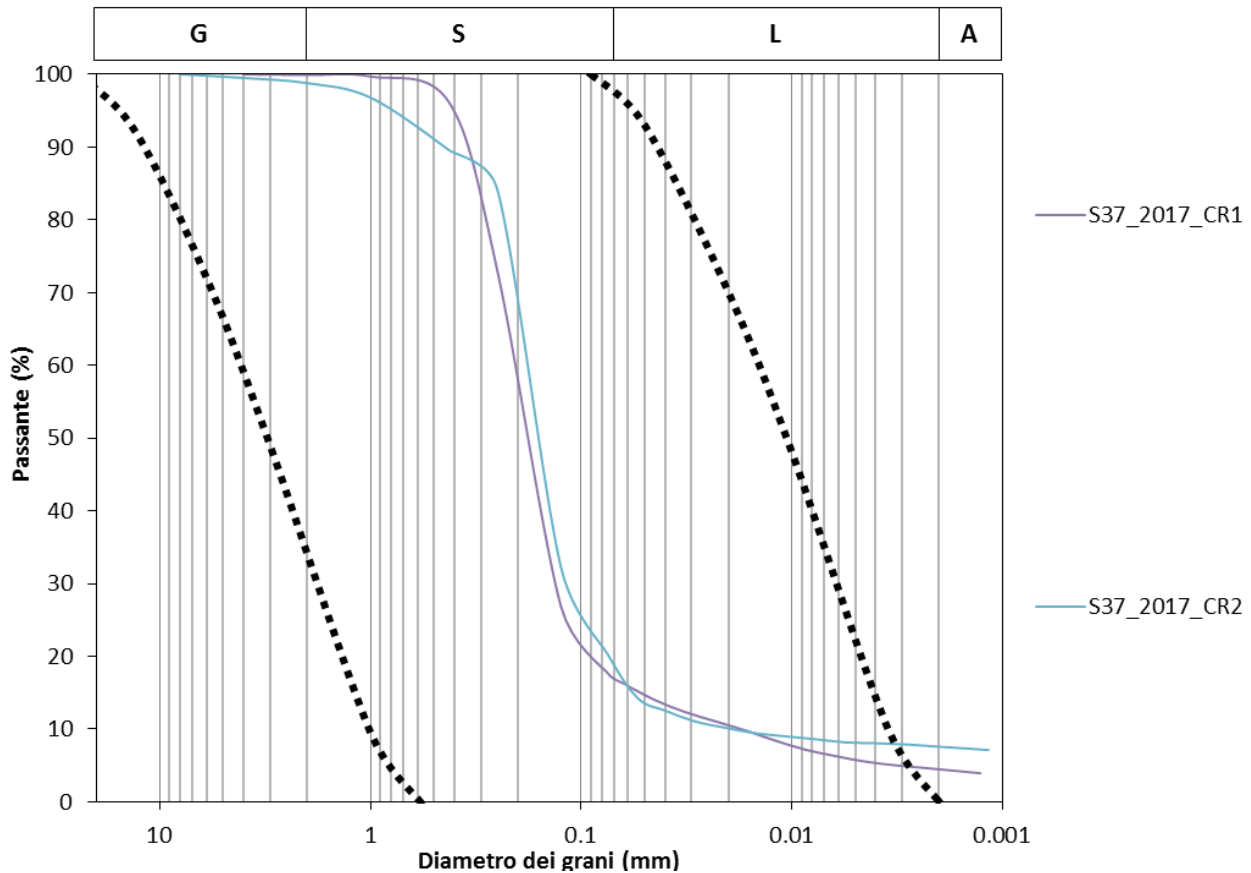


Figura 59 - Curve granulometriche dei campioni disponibili. In nero, a tratteggio, è riportato il fuso granulometrico critico per suoli - $U_c > 3.5$ (NTC 2008).

Le curve granulometriche dei campioni di terreno disponibili ed analizzati, nonché la rappresentazione schematica dei fusi critici indicati da normativa sono riportate nelle Figura 58-Figura 59. A tal riguardo, si sottolinea che i limiti dimensionali delle varie classi granulometriche, riportati nella parte alta di ogni grafico, sono indicati seguendo gli *standard* metodologici proposti dall'Associazione Geotecnica Italiana (AGI).

In generale, le verifiche condotte hanno evidenziato che i campioni di terreno analizzato ricadono dentro al fuso granulometrico critico indicato da normativa e quindi potenzialmente suscettibile di liquefazione. Tali campioni, infatti, presentano un contenuto in sabbie e limi sempre piuttosto alto, compreso tra il 68% e il 95% circa, e sono pertanto suscettibili di liquefazione.

Infine, si sottolinea che le presenti analisi hanno l'unico scopo di individuare campioni di terreno potenzialmente suscettibili di liquefazione per condizioni connesse con la presenza di falda e con le caratteristiche granulometriche del terreno. Secondo quanto riportato negli studi scientifici di maggior rilevanza a livello internazionale, comunque, è dimostrata una stretta relazione tra la profondità dell'orizzonte litologico di interesse (intesa come carico verticale efficace agente sul deposito) e la possibilità che esso subisca effettivamente tale processo durante un sisma di sufficiente intensità (Riga 2007).

Sulla base di quanto esposto in precedenza e delle analisi qualitative precedentemente descritte, sono stati quindi ritenuti suscettibili di liquefazione tutti gli orizzonti litologici, indicati nei profili geologici come terreni limoso-

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

sabbiosi e sabbioso-ghiaioso, e tutti gli strati posti a profondità superiori ai 15 m dal p.c.. Pertanto le analisi quantitative circa la suscettibilità a liquefazione dei terreni sono state limitate agli orizzonti sabbioso-limosi più superficiali (Riga 2007).

Considerata la presenza di tutte le condizioni preliminari esposte nei punti da 1 a 5 secondo quanto previsto dall'NTC 2008, si è quindi proceduto ad un'analisi quantitativa per la valutazione della suscettibilità a liquefazione degli orizzonti granulari più critici. Tali analisi sono ovviamente basate sulla stima della capacità di resistenza alla liquefazione CRR (*Cyclic Resistance Ratio*) e della domanda di resistenza ciclica alla liquefazione CSR (*Cyclic Stress Ratio*), al fine di giungere alla definizione di un fattore di sicurezza.

Nella tabella seguente si riporta una sintesi delle analisi quantitative condotte, opportunamente suddivise in funzione dell'orizzonte litologico di riferimento.

Sondaggio	Campagna di indagine	Unità	Profondità prova <i>m</i>	F _{SL}
S34	2017	gb2	2.9	0.75
S35	2017	gb2	4.4	Non liquefacibile
S35	2017	gb2	6.0	Non liquefacibile
S37	2017	gb2	3.2	0.32
S37	2017	gb2	4.2	0.58
S37	2017	gb2	7.3	Non liquefacibile
DHLIA3V08	L03203R	gb2	3.2	Non liquefacibile
PNLIA3V09	L03203R	gb2	3.2	Non liquefacibile
PNLIA3V09	L03203R	gb2	6.2	1.77
PNLIA3V09	L03203R	gb2	9.2	Non liquefacibile

Tabella 38 – Sintesi dei valori del Fattore di Sicurezza (F_{SL}) relativi ai terreni interessati dalle analisi di suscettività a liquefazione, “Non liquefacibile” ($(N_1)_{60cs} \geq 30$, Rauch 1998)..

Dal calcolo del fattore di sicurezza delle prove SPT è stato evidenziato che gli orizzonti sabbioso-limosi lungo il sondaggio S34 (prof. 2.9 m) e S37 (prof. 3.2 e 4.2 m), intercettati dalle prove presentano un fattore di sicurezza inferiore all'unità.

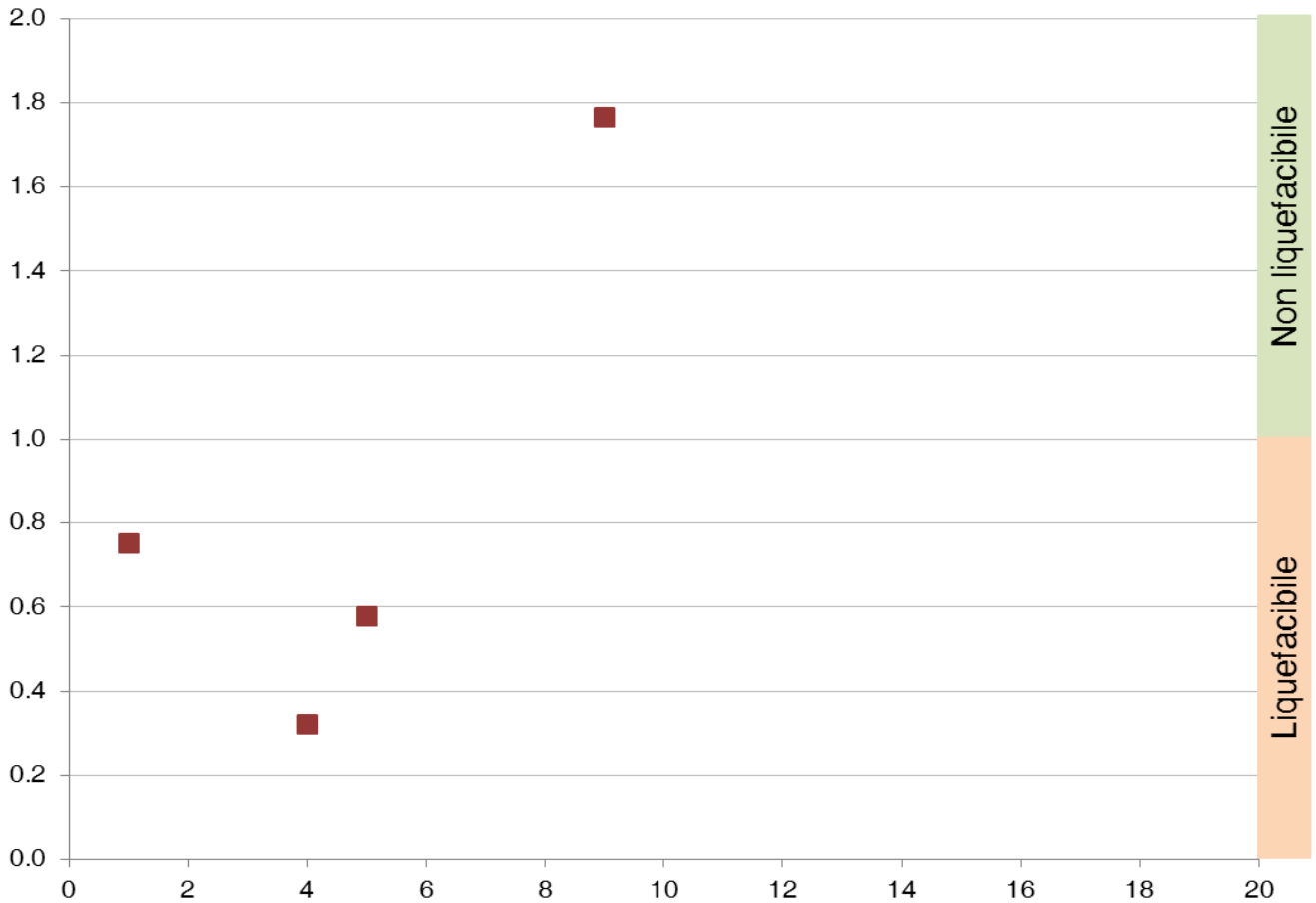


Figura 60 – Sintesi dei risultati ottenuti del Fattore di sicurezza delle prove SPT in foro, nella zona 4.

Di seguito vengono sintetizzati i risultati dello studio quantitativo sulle prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH) per la zona in esame, tale prova interessa lungo tutta la verticale l'unità **gb2**.

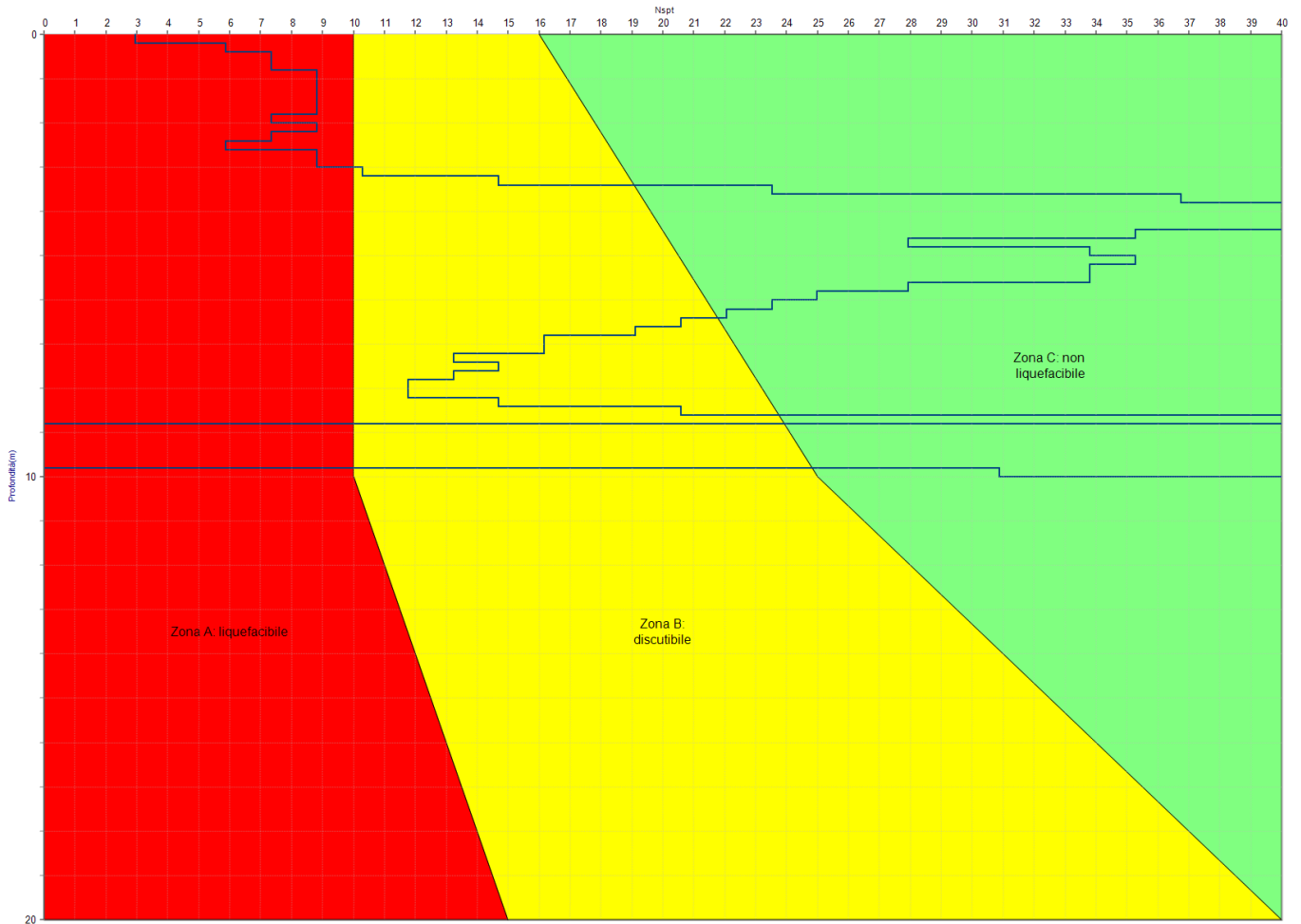


Figura 61 – Risultati dell’analisi di liquefazione, (Zona A: Liquefacibile, Zona B: Discutibile, Zona C: Non liquefacibile), profilo critico della prova DPSH 14, nella zona 4.

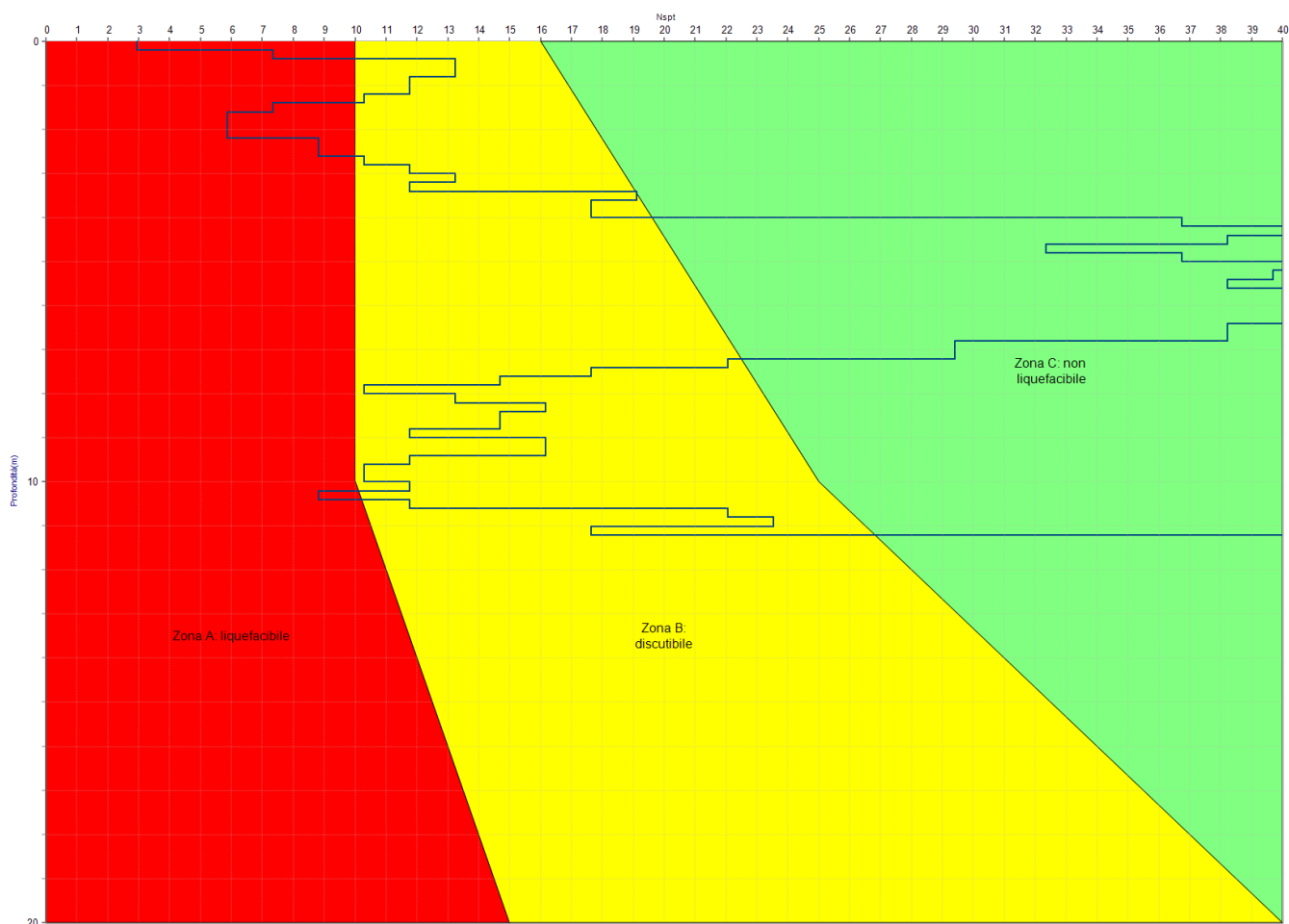


Figura 62 – Risultati dell’analisi di liquefazione, (Zona A: Liquefacibile, Zona B: Discutibile, Zona C: Non liquefacibile), profilo critico della prova DPSH 15, nella zona 4.

I dati disponibili e le analisi condotte, evidenziano per i litotipi riconducibili ai Depositi costieri presenti nell’area oggetto di studio un’elevata suscettibilità al fenomeno della liquefazione.

15 DESCRIZIONE DEI SETTORI D’INTERVENTO

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 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 al profilo longitudinale ricostruito lungo l’asse del tracciato ferroviario. 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

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B	FOGLIO 173 di 189

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 a Sud, i diversi tratti relativi al progetto preliminare del tracciato ferroviario in questione, opportunamente distinti in funzione della tipologia di opere in progetto e delle principali caratteristiche geologico-strutturali dell'area.

Al progetto in esame per il “*Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli-Lesina – Lotti 2 e 3-Raddoppio Termoli-Ripalta*” appartengono i diversi tratti di tracciato compresi tra il km 0+000 e il km 24+930.52.

15.1 Opere all'aperto tra il km 0+000 – km 1+877

Il tratto in questione si colloca nella porzione nord-occidentale dell'area di intervento, a quote variabili tra i 18.8 ed i 26.0 m circa s.l.m.. In tale settore il tracciato attraversa nella porzione iniziale i termini litologici della litofacies conglomeratico-sabbiosa dei Conglomerati di Campomarino (**CGC1**), con uno spessore variabile tra 1 e 9 m dal p.c., localmente ricoperti da terreni di riporto antropico, in appoggio sui litotipi psammitici delle Sabbie di Serracapriola (**SSR**). Tali terreni nella porzione finale del tratto risultano ricoperti dai Depositi alluvionali terrazzati limoso-argillosi (**bn3**), con uno spessore inferiore a 1.5 m. Inoltre, in corrispondenza del Vallone del Rio Vivo (al km 0+060 circa) e del Fosso Mucchietti (al km 0+650 circa), si rinvencono riporti antropici di notevole spessore, rispettivamente 11 m e 20 m, in appoggio sui Depositi alluvionali recenti (**bb3**), con uno spessore di circa 8.5 e 6 m.



Foto 13 – Vista panoramica del settore posto immediatamente a valle della tratta in esame all’altezza del km 1+800 dove il tracciato attraversa un solco di erosione.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali, a meno dell’attraversamento dei due corsi d’acqua al km 0+060 circa al km 0+650 circa. Inoltre, all’altezza del km 1+800 circa il tracciato di progetto attraversa la parte alta di un piccolo solco di erosione. Mentre sotto il profilo idrogeologico il monitoraggio eseguito sui fori di sondaggio ha evidenziato la presenza di una falda freatica all’interno dei depositi del substrato delle Sabbie di Serracapriola e dei Depositi alluvionali recenti, a quote variabili tra 1.8 e 8.0 m s.l.m.

15.2 Opere all’aperto tra il km 1+877 – km 2+784

Il tratto in questione si colloca nella porzione centro-settentrionale dell’area di studio, a quote terreno variabili tra 8.1 ed i 18.8 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, per gran parte del suo sviluppo i termini litologici della litofacies conglomeratico-sabbiosa dei Conglomerati di Campomarino (**CGC1**), con uno spessore compreso tra circa 2.5 e 9.0 m dal p.c., localmente ricoperti da terreni di riporto antropico. Tali terreni passano verso il basso ai depositi psammitici delle Sabbie di Serracapriola (**SSR**) e ai depositi pelitici delle Argille Subappenniniche (**ASP**).

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali, anche se il tracciato di progetto all'altezza del km 2+170 circa attraversa un solco di erosione concentrata, con un'area di modeste dimensioni interessata da deformazioni superficiali lente. Inoltre, all'altezza del km 2+400 circa il tracciato si colloca subito a monte di una scarpata poligenica, che comunque allo stato attuale non rappresenta un elemento di criticità. Mentre sotto il profilo idrogeologico è ipotizzabile la presenza di una falda freatica all'interno dei depositi del substrato, ad una quota variabile tra circa 3.8 e 5.5 m s.l.m..

15.3 Opere all'aperto tra il km 2+784 – km 5+229

Il tratto in questione si colloca nella porzione centro-settentrionale dell'area di studio, a quote terreno variabili tra 0 ed i 19.9 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, per gran parte del suo sviluppo, le tre facies dei depositi alluvionali recenti del Fiume Biferno (**bb1**, **bb2** e **bb3**), in eteropia laterale e verticale, con uno spessore medio di circa 37 m nel tratto iniziale e centrale e con uno spessore di circa 14 m nel tratto finale. Tali depositi in corrispondenza dell'alveo del Fiume Biferno risultano ricoperti dai litotipi ghiaioso-sabbiosi dei Depositi alluvionali attuali (**ba2** e **ba3**), con uno spessore variabile tra circa 5.6 e 9.3 m. Infine, nel tratto finale si rinvergono i Depositi alluvionali terrazzati limoso-argillosi, sabbioso-limosi e ghiaioso-sabbiosi (**bn3**, **bn2** e **bn1**). Il substrato geologico dell'area è rappresentato dai termini delle Argille Subappenniniche (**ASP**) e nel tratto finale dai depositi marini a composizione sabbioso-limosa delle Sabbie di Serracapriola (**SSR**). Inoltre, all'altezza del km 5+195 circa, al di sotto dei depositi terrazzati è presente una faglia subverticale di cinematica sconosciuta, che borda in destra idraulica la valle del F. Biferno e interessa i depositi del substrato plio-pleistocenici.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali, a meno dell'attraversamento di alcuni canali di bonifica e del Fiume Biferno all'altezza del km 4+900 circa. Mentre sotto il profilo idrogeologico è ipotizzabile la presenza di una falda freatica all'interno dei depositi alluvionali che colmano la piana del Fiume Biferno, ad una quota prossima al p.c. variabile tra 1.0 e 12.5 m s.l.m..

15.4 Galleria tra il km 5+229– km 6+945

Tale tratto si colloca nel settore centrale dell'area di interesse progettuale, dove è prevista la realizzazione della galleria L=1+715.85 km, nel comune di Campomarino, a quote del piano ferro comprese tra 16.8 e 34.9 m s.l.m.. Il tratto in esame intercetta, per gran parte del suo sviluppo, i depositi marini a composizione sabbioso-limosa delle Sabbie di Serracapriola (**SSR**), in parziale eteropia di facies sui depositi delle Argille Subappenniniche (**ASP**). Tali termini risultano ricoperti dai terreni conglomeratico-sabbiosi e argilloso-sabbiosi dei Conglomerati di Campomarino (**CGC1** e **CGC2**), in eteropia laterale e verticale. In particolare, in corrispondenza dell'imbocco sud-orientale si rinvergono i depositi argilloso-sabbiosi dei Conglomerati di Campomarino (**CGC2**). Inoltre, in corrispondenza dell'imbocco nord si rinvergono i Depositi alluvionali terrazzati (**bn2** e **bn3**).



Foto 14 – Vista panoramica dell’imbocco nord-occidentale della galleria di progetto L=1+715.85 km, vista dai settori nord-occidentali.

Dal punto di vista geomorfologico, l’imbocco sud-orientale risulta privo di elementi di criticità, mentre in corrispondenza dell’imbocco nord-occidentale sono presenti scarpate, piuttosto acclivi, di erosione fluviale. Tali scarpate risultano soggette a fenomeni di erosione superficiale e colamenti lenti, con stato variabile dal quiescente all’attivo, e fenomeni di crollo con stato attivo di ridotte dimensioni, non cartografabili. Questi fenomeni si collocano inoltre a monte del Piazzale di emergenza e subito a valle della viabilità NV02B di accesso al piazzale di emergenza, all’altezza del km 0+280. Tali fenomeni vista la ridotta dimensione delle masse mobilitate non rappresentano un elemento di particolare criticità per opere in progetto e comunque non rappresentano elementi ostativi alle opere in progetto. Mentre sotto il profilo idrogeologico i dati di monitoraggio evidenziano la presenza di una falda freatica all’interno dei depositi del substrato delle Sabbie di Serracapriola, sostenuta dai termini delle Argille Subappennine poco permeabili, ad una quota variabile tra circa 12.4 e 33.8 m s.l.m.. Tale livello idrico interessa direttamente il cavo della galleria in progetto.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

15.5 Opere all'aperto tra il km 6+945 – km 8+487

Il tratto in esame si colloca nella porzione centrale dell'area di studio, in corrispondenza della fermata di Campomarino, a quote variabili tra 19.0 e 42.7 m s.l.m.. Il tracciato intercetta direttamente i depositi in facies argilloso-sabbiosa ascritti ai Conglomerati di Campomarino (**CGC2**). Tali terreni poggiano in discordanza erosiva sulle Sabbie di Serracapriola (**SSR**). Questi ultimi passano in eteropia di *facies* e in contatto tettonico sulle Argille Subappennine (**ASP**). Mentre, all'altezza del km 7+150 circa, in corrispondenza del Vallone Cirillo, il tracciato di progetto attraversa i terreni delle Coltri eluvio-colluviali (**b2**), con uno spessore massimo di 1.5 m, in appoggio sui Depositi alluvionali recenti (**bb3**), con una potenza di circa 7 m, con locali Depositi alluvionali attuali (**ba2**) in corrispondenza dell'alveo, di ridotto spessore, circa 1.5 m.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali, a meno dell'attraversamento di Vallone Cirillo all'altezza del km 7+150 circa. Mentre, sotto il profilo idrogeologico i dati di monitoraggio evidenziano nel settore iniziale una falda freatica con superficie ad una quota variabile tra circa 13.6 e 17.8 m s.l.m., mentre nel tratto finale non si hanno dati diretti di monitoraggio ma è comunque possibile ipotizzabile la presenza di una falda freatica all'interno dei depositi del substrato ad una quota di circa 8.0-8.5 m s.l.m..

15.6 Opere all'aperto tra il km 8+487 – km 9+662

Tale tratto si colloca nella porzione centrale dell'area di intervento, a quote variabili tra 8.3 e 19.0 m s.l.m.. Il tracciato di progetto intercetta nel tratto iniziale i terreni i depositi in facies argilloso-sabbiosa ascritti ai Conglomerati di Campomarino (**CGC2**), con uno spessore variabile tra 4.0 e 1.4 m. In seguito, il tracciato di progetto intercetta i terreni dei Depositi eluvio-colluviali (**b2**), con uno spessore di circa 1.5 m. In corrispondenza del settore impluviale in corrispondenza del Vallone due Miglia, all'altezza del km 8+680 circa, si rinvencono locali Depositi alluvionali recenti (**bb3**), con uno spessore variabile tra circa 6 e 9 m, e Depositi alluvionali attuali (**ba2**), con uno spessore esiguo. Mentre, nel tratto centrale e finale, il tracciato intercetta i Depositi alluvionali terrazzati (**bn1**, **bn2** e **bn3**), in eteropia tra loro, con uno spessore medio di circa 30 m. Il substrato geologico dell'area è rappresentato dai terreni sabbioso-limosi delle Sabbie di Serracapriola (**SSR**), che passano in eteropia di *facies* laterale e verticale alle Argille Subappennine (**ASP**).

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali, a meno dell'attraversamento del settore impluviale al km 8+680 circa e della presenza di una scarpata poligenica a valle del tracciato di progetto, che comunque allo stato attuale non rappresenta un elemento di criticità. Mentre sotto il profilo idrogeologico si sottolinea la presenza di una estesa falda a superficie libera posta all'interno dei depositi alluvionali terrazzati e dei depositi alluvionali recenti. Tale falda presenta una superficie piezometrica posta a quote variabili tra circa 4.6 e 8.3 m s.l.m.

15.7 Opere all'aperto tra il km 9+662 – km 12+751

Il tratto in questione si colloca nel settore centro-meridionale dell'area di studio, a quote variabili tra circa 2.2 e 10.1 m s.l.m.. Il tracciato attraversa inizialmente i Depositi alluvionali recenti (**bb1**, **bb2** e **bb3**), con uno spessore compreso tra 1.5 e 6.0 m, con locali Depositi alluvionali attuali (**ba1**) in corrispondenza dell'alveo del Vallone delle Canne. Tali terreni passano lateralmente in eteropia ai depositi marini recenti (**gb1**, **gb2** e **gb3**), con uno spessore superiore ai 32 m. Il substrato geologico dell'area che si rinviene a profondità superiori ai 30 m è rappresentato dai terreni sabbioso-limosi delle Sabbie di Serracapriola (**SSR**).

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA				
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali, a meno dell'attraversamento del Vallone delle Canne canale al km 9+980 circa e della presenza di una scarpata poligenica a monte del tracciato di progetto, che comunque allo stato attuale non rappresenta un elemento di criticità. Sotto il profilo idrogeologico invece, si sottolinea la presenza di una estesa falda a superficie libera posta all'interno dei depositi alluvionali e marini. Questa falda, defluente grossomodo verso NE presenta una superficie piezometrica posta a quote variabili tra 1.3 e 4.5 m circa s.l.m., prossima al piano campagna.

15.8 Opere all'aperto tra il km 12+751 – km 15+105

Questo tratto si colloca nel settore centro-meridionale del settore di studio, a quote variabili tra circa 1.9 e 2.9 m s.l.m.. Il tracciato attraversa per tutto il suo sviluppo i depositi marini recenti (**gb1**, **gb2** e **gb3**), con uno spessore superiore ai 32 m. Il substrato geologico dell'area che si rinviene a profondità superiori ai 30 m è rappresentato dai terreni sabbioso-limosi delle Sabbie di Serracapriola (**SSR**).

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali. Mentre sotto il profilo idrogeologico, si sottolinea la presenza di una estesa falda a superficie libera posta all'interno dei depositi marini. Questa falda, defluente grossomodo verso NE presenta una superficie piezometrica posta a quote variabili tra 1.4 e 2.5 m circa s.l.m..

15.9 Opere all'aperto tra il km 15+105 – km 16+185

Il tratto in esame si colloca nel settore centro-meridionale dell'area di intervento, a quote variabili tra circa 0.1 e 5.6 m s.l.m.. Il tracciato attraversa inizialmente depositi marini recenti (**gb1**, **gb2** e **gb3**), con uno spessore superiore ai 32 m. Tali terreni passano lateralmente in eteropia ai Depositi alluvionali recenti (**bb1**, **bb2** e **bb3**), con uno spessore medio di 32 m, con locali Depositi alluvionali attuali (**ba2** e **b3**) in corrispondenza dell'alveo del Torrente Saccione, con uno spessore di circa 5 m. Il substrato geologico dell'area che si rinviene a profondità superiori ai 30 m è rappresentato dai terreni sabbioso-limosi delle Sabbie di Serracapriola (**SSR**).

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali, a meno dell'attraversamento del Torrente Saccione al km 15+614 circa e del Torrente Fantine al km 15+700 circa. Mentre, sotto il profilo idrogeologico si sottolinea la presenza di una estesa falda a superficie libera posta all'interno dei depositi alluvionali. Questa falda, defluente grossomodo verso NE e presenta una superficie piezometrica posta a quote variabili tra 0.5 e 3.6 m circa s.l.m..

15.10 Opere all'aperto tra il km 16+185 – km 20+287

La tratta in esame si colloca nel settore meridionale dell'area di studio, a quote variabili tra circa 4.4 e 17.5 m s.l.m.. Il tracciato attraversa per gran parte del suo sviluppo i Depositi marini terrazzati (**bn1**, **bn2** e **bn3**), con uno spessore superiore ai 23 m. Nel tratto iniziale il tracciato attraversa Depositi alluvionali recenti (**bb1**, **bb2** e **bb3**), con uno spessore variabile tra 25.3 e 7.2 m. Inoltre, in corrispondenza dell'alveo Pezza Contento, dell'alveo Baraccone, dell'alveo Zomparone, dell'alveo del Torrente Fantine e dell'alveo della Castagna, il tracciato di progetto attraversa i Depositi alluvionali recenti (**bb2**), con uno spessore variabile tra 2.0 e 9.3 m. Infine, in corrispondenza dell'alveo Pezza Contento e dell'alveo della Castagna si rinvengono locali Depositi alluvionali attuali (**ba2**). Tali depositi risultano localmente ricoperti dai terreni delle Coltri eluvio-colluviali (**b2**) e dei riporti antropici. Il substrato geologico dell'area che si rinviene a profondità superiori ai 30 m dal p.c.. è rappresentato dai terreni sabbioso-limosi delle Sabbie di Serracapriola (**SSR**).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTE 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali, a meno dell'attraversamento degli alvei ai km 16+695, 17+480, 18+820, 19+020 e 20+240 circa. Invece, sotto il profilo idrogeologico si sottolinea la presenza di una falda a superficie libera posta all'interno dei depositi alluvionali recenti e terrazzati. Questa falda, defluente grossomodo verso NE e presenta una superficie piezometrica posta a quote variabili tra 1.8 e 6.0 m circa s.l.m..

15.11 Opere all'aperto tra il km 20+287 – km 22+702

Tale tratto si colloca nel settore meridionale dell'area di studio, a quote variabili tra circa 7.9 e 129.1m s.l.m.. Il tracciato attraversa in corrispondenza dell'alveo al km 20+600 circa, dell'alveo Del Colle Finocchio, dell'alveo Divisa, dell'alveo Campo d'acqua e del corso d'acqua al km 22+370 circa, il tracciato di progetto attraversa i Depositi alluvionali attuali (**ba2**), con uno spessore esiguo. Inoltre, in corrispondenza dell'alveo Campo d'acqua si rinvencono Depositi alluvionali recenti (**bb2**), con uno spessore di circa 3m. Tali depositi risultano localmente ricoperti dai terreni delle Coltri eluvio-colluviali (**b2**) e dei riporti antropici. Infine, il tracciato di progetto attraversa per gran parte del suo sviluppo i termini litologici della litofacies conglomeratico-sabbiosa dei Conglomerati di Campomarino (**CGC1**), con uno spessore variabile tra 18.5 e 40.0 m, con locali lenti di depositi in facies argilloso-sabbiosa dei Conglomerati di Campomarino (**CGC2**), con una potenza variabile tra 1.8 e 5.9 m. Inoltre, Tali terreni poggiano in contatto stratigrafico sui terreni sabbioso-limosi delle Sabbie di Serracapriola (**SSR**) e si rinvencono a profondità superiori ai 18 m dal p.c..

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali, a meno dell'attraversamento degli alvei ai km 20+600, 21+150, 21+590, 21+990 e 22+370 circa. Sotto il profilo idrogeologico invece, si sottolinea la presenza di una estesa falda a superficie libera posta all'interno dei depositi dei Conglomerati di Campomarino. Questa falda presenta una superficie piezometrica posta a quote variabili tra 3.2 e 6.5 m circa s.l.m..

15.12 Opere all'aperto tra il km 22+702 – km 23+542

Questo tratto si colloca nel settore meridionale dell'area di intervento, a quote variabili tra circa 3.9 e 15.3 m s.l.m.. Il tracciato attraversa per gran parte del suo sviluppo i Depositi costieri recenti (**gb2**), con uno spessore variabile tra 2.9 e 12.5 m. Nel tratto iniziale tali depositi risultano in eteropia laterale con i depositi alluvionali recenti (**bb2**), con una potenza di circa 5.5 m. In corrispondenza degli alvei al km 22+770 e 22+980 circa, si rinvencono i terreni sabbioso-limosi dei Depositi alluvionali attuali (**ba2**). Tali depositi quaternari poggiano sul substrato geologico rappresentato dai termini litologici della litofacies conglomeratico-sabbiosa dei Conglomerati di Campomarino (**CGC1**), i quali affiorano direttamente nel tratto iniziale. Inoltre, nel tratto centrale si rinviene una lente di depositi in facies argilloso-sabbiosa dei Conglomerati di Campomarino (**CGC2**), ad una profondità di circa 16 m dal p.c., con uno spessore di circa 3.5 m.. Questi depositi risultano a loro volta in appoggio sui terreni sabbioso-limosi delle Sabbie di Serracapriola (**SSR**), che si rinvencono a profondità superiori ai 17 m dal p.c..

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali, a meno dell'attraversamento degli alvei ai km 22+770 e 22+980 circa. Mentre, sotto il profilo idrogeologico si sottolinea la presenza di una estesa falda a superficie libera posta all'interno dei depositi alluvionali e marini. Questa falda presenta una superficie piezometrica posta a quote variabili tra 2.4 e 4.5 m circa s.l.m..



LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D69RG	GE 00 01 001	B	180 di 189

15.13 Opere all'aperto tra il km 23+542 – km 24+930.52

Questo tratto si colloca nel settore più meridionale dell'area di intervento, a quote variabili tra circa 2.9 e 6.3 m s.l.m.. Il tracciato attraversa per tutto il suo sviluppo i Depositi costieri recenti (**gb2**), con uno spessore variabile tra 7.0 e 12.7 m. Tali depositi quaternari poggiano sul substrato geologico rappresentato dai termini litologici della litofacies conglomeratico-sabbiosa dei Conglomerati di Campomarino (**CGC1**). Questi depositi risultano a loro volta in appoggio sui terreni sabbioso-limosi delle Sabbie di Serracapriola (**SSR**), che si rinvencono a profondità superiori ai 23.7 m dal p.c..

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali. Mentre sotto il profilo idrogeologico si sottolinea la presenza di una estesa falda a superficie libera posta all'interno dei depositi marini. Questa falda presenta una superficie piezometrica posta a quote variabili tra 2.3 e 2.9 m circa s.l.m..

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTE 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>					
	<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA</p>	<p>COMMESSA LI02</p>	<p>LOTTO 02</p>	<p>CODIFICA D69RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 01 001</p>	<p>REV. B</p>

16 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Allocca V., Celico F., Celico P., De Vita P., Fabbrocino S., Mattia S., Monacelli G., Musilli I., Piscopo V., Scalise A.R., Summa G. & Tranfaglia G., 2007. Note illustrative della Carta idrogeologica dell'Italia meridionale (Responsabili Scientifici: Celico P., De Vita P., Monacelli G., Tranfaglia G.). Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

Alvarez W., Coccozza T., Wezel F.C., 1974. Fragmentation of the Alpine orogenic belt by microplate dispersal. *Nature* 248: 309-314.

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.

Amorosi A., Bracone V., Campo B., D'Amico C., Rossi V., Roskopf C.M., 2016. A late Quaternary multiple paleovalley system from the Adriatic coastal plain (Biferno River, Southern Italy). *Geomorphology* 254: 146-159.

APAT, 2007. Rapporto sulle frane in Italia: il Progetto IFFI. Metodologia, risultati e rapporti regionali. Rapporti APAT 78: 681.

Ascione A., Cinque A., Miccadei E., Villani F., Berti C., 2008. The Plio-Quaternary uplift of the Apennine chain: new data from the analysis of topography and river valleys in Central Italy. *Geomorphology* 102: 105-118.

Atkinson J., 1997. *Geotecnica. Meccanica delle terre e fondazioni*. McGraw-Hill, Milano.

Aucelli P.P.C., Cavinato G.P., Cinque A., 1996. Indizi Geomorfologici di Tettonica Plio-Quaternaria sul Piedimonte Adriatico dell'Appennino Abruzzese. *Il Quaternario* 9: 299-302.

Aucelli P.P.C., Faillace P.I., Pellegrino P., Roskopf C.M., Scapillati N., 2004. L'Evoluzione recente della costa molisana. *Il Quaternario* 17: 21-31.

Aucelli P.P.C., Faillace P.I., Roskopf C.M., 2009b. Evoluzione geomorfologica del tratto finale del fondovalle del Fiume Biferno (Molise) dal 1800 ad oggi. *Memorie della Società Geologica Italiana* 87: 367-378.

Aucelli P.P.C., Iannantuono E., Roskopf C.M., 2009a. Evoluzione recente e rischio di erosione della costa molisana (Italia Meridionale). *Bollettino della Società Geologica Italiana* 128: 759-771.

Aucelli P.P.C., Roskopf C., 2000. Last Century valley floor modifications of the Trigno river (S. Italy): A preliminary report. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 23: 105-115.

Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore, 2006. Piano di Assetto Idrogeologico.

Azzaroli A., 1968. Calcarenite di Gravina. Studi illustrativi della Carta Geologica d'Italia - Formazioni Geologiche. Servizio Geologico d'Italia I; 183-185.

Bally A.W., Burbi L., Cooper C., Ghelardoni R., 1986. Balanced sections and seismic reflection profiles across the Central Apennines. *Memorie della Società Geologica Italiana* 35: 257-310.

Bertotti G., Casolari E., Picotti V., 1999. The Gargano Promontory: a Neogene contractional belt within the Adriatic plate. *Terra Nova* 11: 168-173.

Bigi S., Cosentino D., Parotto M., Sartori R., Scandone P., 1992. Structural model of Italy. Scale 1:500000. CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica: 114.

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.



LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D69RG	GE 00 01 001	B	182 di 189

Boni A., Casnedi R., Centamore E., Colantoni P., Cremonini G., Elmi C., Monesi A., Selli R., Valletta M., 1969. Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100000. Foglio 155 "San Severo". Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato - Direzione Generale delle Miniere - Servizio Geologico di Italia.

Boni C., Bono P., Capelli G., 1986. Schema Idrogeologico dell'Italia Centrale. Memorie della Società Geologica Italiana 35: 991-1012.

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-SGA, Bologna.

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.

Bozzano F., Mazzanti P., Perissin D., Rocca A., De Pari P., Discenza M.E., 2017. Basin scale assessment of landslides geomorphological setting by advanced InSAR analysis. Remote Sensing 9: doi:10.3390/rs9030267.

Brondi A., Ferretti O., Anselmi B., 1976. Studio sulla dispersione dei sedimenti della piattaforma costiera compresa tra Termoli e Barletta mediante l'uso dei detriti della formazione delle "Pietre Nere" come traccianti naturali. Bollettino della Società Geologica Italiana 95: 1347-1363.

Bruschi A., 2010. Prove geotecniche in situ. Guida alla stima delle proprietà geotecniche e alla loro applicazione alle fondazioni. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Buonanno A., Pertusati S., Zupetta A., 2007. Structural Evolution of the Fortore Unit (Southern Apennines, Italy). Bollettino della Società Geologica Italiana 126: 497-510.

Calamita F., Satolli S., Scisciani V., Esestine P., Pace P., 2011. Contrasting styles of fault reactivation in curved orogenic belts: Examples from the Central Apennines (Italy). Geological Society of America Bulletin 123(5): 1097-1111

Caldara M., Pennetta L., 1993. Nuovi dati per la conoscenza geologica e morfologica del Tavoliere di Puglia. Bonifica 8: 25-42.

Capuano N., Pappafico G., Aucelli G., 1996. Ricostruzione dei Sistemi Deposizionali Plio-Pleistocenici del Margine Settentrionale dell'Avanfossa Pugliese. Memorie della Società Geologica Italiana 51: 273-292.

Casadio M., Elmi C., 1999. Il manuale del geologo. Pitagora Editrice, Bologna.

Casati P., 1991. Scienze della terra. Città Studi Edizioni.

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 M., 1982. Evoluzione della Avanfossa Adriatica Meridionale nel Plio-Pleistocene, sulla Base di Dati di Sottosuolo. Memorie della Società Geologica Italiana 24: 243-260.

Casnedi R., Moruzzi G., 1978. Geologia del Campo Gassifero di Chieuti (Foggia). Bollettino della Società Geologica Italiana 97: 189-196.

Castiglioni G.B., 1991. Geomorfologia (seconda edizione). Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.



LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D69RG	GE 00 01 001	B	183 di 189

Celico P., 1978. Considerazioni sull'idrogeologia di alcune zone dell'Italia centro-meridionale alla luce dei risultati di recenti indagini geognostiche. Memorie e note dell'Istituto di Geologia Applicata 15.

Celico P., 1983. Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale (Marche e Lazio meridionale, Abruzzo, Molise e Campania). Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno 4: 1-225.

Celico P., 1986. Prospezioni idrogeologiche. Liguori Editore, Napoli.

Centamore E., Nisio S., Prestinanzi A., Scarascia Mugnozza G., 1997. Evoluzione morfodinamica e fenomeni franosi nel settore periadriatico dell'Abruzzo settentrionale. Studi Geologici Camerti 14: 9-27.

Chilovi C., De Feyter A.J., Pompucci A., 2000. Wrench Zone Reactivation in the Adriatic Block: The Example of the Mattinata Fault System (SE Italy). Bollettino della Società Geologica Italiana 119: 3-8.

Ciaranfi N., Guida M., Iaccarino G., Pescatore T., Pieri P., Rapisardi L., Ricchetti G., Sgrosso I., Torre M., Tortorici L., Turco E., Scarpa R., Cuscito M., Guerra I., Iannaccone G., Panza G.F., Scandone P., 1983. Elementi Sismotettonici dell'Appennino Meridionale. Bollettino della Società Geologica Italiana 102: 201-222.

Ciaranfi N., Pieri P., Ricchetti G., 1988. Note alla Carta Geologica delle Murge e del Salento (Puglia Centro-Meridionale). Memorie della Società Geologica Italiana 41: 449-460.

Cinque A., Patacca E., Scandone P., Tozzi M., 1993. Quaternary kinematic evolution of the Southern Apennines. Relationships between surface geological features and deep lithospheric structures. Annali di Geofisica 36: 121-142.

Civita M., 1994. Le carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: teoria e pratica. Pitagora Editrice, Bologna.

Civita M., De Maio M., 2000. Valutazione e cartografia automatica della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento con il sistema parametrico SINTACS R5. Quaderni e Tecniche di Protezione Ambientale 72, Pitagora Editrice, Bologna.

Civita M., De Maio M., Berberi F., 1997. Sintacs: un sistema parametrico per la valutazione e la cartografia della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento: metodologia e automatizzazione. Pitagora Editrice, Bologna.

Colacicco G., 1953. La carta delle acque sotterranee del Tavoliere – osservazioni e perforazioni eseguite nel biennio 1951-1952. Arti Grafiche Pescatore, Foggia.

Commissione per la Microzonazione Sismica, Università degli Studi del Molise - Dipartimento STAT & Servizio Geologico Regionale – Struttura del Commissario Delegato, 2009. Microzonazione sismica del Comune di Campomarino. Regione Molise.

Corrado S., Di Bucci D., Leschiutta I., Naso G., Trigari A., 1997. La Tettonica Quaternaria della Piana d'Isernia nell'Evoluzione Strutturale del Settore Molisano. Il Quaternario 10: 609-614.

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.

Cremonini G., Elmi C., Selli R., 1971. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100000. Foglio 156 "S. Marco in Lamis". Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato - Direzione Generale delle Miniere - Servizio Geologico di Italia.



LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTE 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI02	02	D69RG	GE 00 01 001	B	184 di 189

D'Alessandro A., La Perna R., Ciaranfi N., 2003. Response of Macrobenthos to Changes in Palaeoenvironments in the Lower-Middle Pleistocene (Lucania Basin, Southern Italy). *Il Quaternario* 16: 167-182.

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). *Accademia Nazionale dei Lincei* 183: 49-72.

De Vita P., Allocca V., Celico F., Fabbrocino S., Mattia C., Monacelli G., Musilli I., Piscopo V., Scalise A.R., Summa G., Tranfaglia G., Celico P., 2018. Hydrogeology of continental southern Italy. *Journal of Maps*, 14: 230-241.

Del Gaudio V., Pierri P., Calcagnile G., 2009. Seismogenic zonation and seismic hazard estimates in a Southern Italy area (Northern Apulia) characterised by moderate seismicity rates. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 9: 161-174.

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. *Mémoires et documents C.N.R.S.*, 403 pp.

Desiderio G., Ferracuti L., Rusi S., 2007. Structural-stratigraphic setting of middle Adriatic alluvial plains and its control on quantitative and qualitative groundwater circulation. *Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia LXXXVI*: 147-162.

Desiderio G., Rusi S., 2003. Il fenomeno dell'intrusione marina nei subalvei della costa abruzzese. *Quaderni di Geologia Applicata* 10 (1): 17-31.

Di Bucci D., Corrado S., Naso G., Parotto M., Praturlon A., 1999. Evoluzione Tettonica Neogenico-Quaternaria dell'Area Molisana. *Bollettino della Società Geologica Italiana* 118: 13-30.

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 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 Group, 2018. Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Dogliani 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.

Dogliani C., Moretti I., Roure F., 1991. Basal lithospheric detachment, eastward mantle flow and Mediterranean geodynamics: a discussion. *Journal of Geodynamics* 13: 47-65.

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.

Faccioli E., Paolucci R., 2005. Elementi di sismologia applicata all'ingegneria. Pitagora Editrice, Bologna.

Festa A., Ghisetti F., Vezzani L., 2006. Carta geologica del Molise (scala 1:100.000). Regione Molise.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

Funciello R., Montone P., Salvini F., Tozzi M., 1988. Caratteri strutturali del Promontorio del Gargano. *Memorie della Società Geologica Italiana* 41: 1235-1243.

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", CNE Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma: 1-30.

Gambini R., Tozzi M., 1996. Tertiary geodynamic evolution of the Southern Adria Microplate. *Terra Nova* 8: 593-602.

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-GNDCI* 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.

Guerrera F., Martin Algarra A., Perrone V., 1993. Late Oligocene-Miocene syn-late-orogenic successions in western and central Mediterranean Chains from the Betic Cordillera to the southern Apennines. *Terra Nova* 5: 525-544.

Hallam A., 1985. *Interpretazione delle facies e stratigrafia*. Pitagora Editrice, Bologna.

Iannantuono E., 2007. *Morfodinamica e tendenze evolutive del tratto di costa compreso tra P.ta Penna e P.ta Pietre Nere*. Dottorato di Ricerca XIX ciclo in Scienze Ambientali, Università dell'Aquila.

Iwasaki T., Tokida K., Tatsuoka F., Watanabe S., Yasuda S., Sato H., 1982. Microzonation for soil liquefaction potential using simplified methods. *Proceedings 3rd International Conference on Microzonation, Seattle, USA*. 1319-1330.

Jacobacci A., Malatesta A., Martelli G., Stampanoni G., 1967. Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000. Foglio 163 "Lucera". Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato - Direzione Generale delle Miniere - Servizio Geologico di Italia.

Juang C.H., Elton D.J., 1991. Use of fuzzy sets for liquefaction susceptibility zonation. *Proceedings of the Fourth seismic zonation* 2: 629-636.

Lambe T.W., Whitman R.V., 1997. *Meccanica dei terreni*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Lancellotta R., 2004. *Geotecnica (terza edizione)*. Zanichelli Editore, Bologna.

Lanzafame G., Tortorici L., 1976. Osservazioni Geologiche sul Medio e Basso Bacino del F. Biferno (Molise, Italia Centro-Meridionale). *Geologica Romana* 15: 199-222.

Lanzo G., Silvestri F., 1999. *Risposta sismica locale. Teoria ed esperienze*. Hevelius Edizioni, Benevento.

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.

Liao S.S.C., Whitman R.V., 1986. Overburden correction factors for SPT in sand. *ASCE Journal of Geotechnical Engineering* 112: 373-377.

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 Macro seismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTE 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

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: 6-16.

Maggiore M., Mongelli F., 1991. Hydrogeothermal model of ground water supply to San Nazario Spring (Gargano, Southern Italy). *Proceedings of the International Conference on Environmental Changes in Karst Areas*, Padova 27 Sept. 1991; *Quaderni del Dipartimento di Geografia* 13: 307-324.

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.

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.

Malinverno A., Ryan W.B.F., 1986. Extension in the Tyrrhenian Sea and shortening in the Apennines as result of arc migration driven by sinking of the lithosphere. *Tectonics* 5: 227-245.

Margat J., Monition L., 1970. Qualité des eaux-pollutions. *Bulletin fo BRGM* 4.

Mastronuzzi G., Palmentola G., Ricchetti G., 1989. Aspetti della Evoluzione Olocenica della Costa Pugliese. *Memorie della Società Geologica Italiana* 42: 287-300.

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.

Merla G., Ercoli A., Torre D., 1969. Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100000. Foglio 164 "Foggia". Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato - Direzione Generale delle Miniere - Servizio Geologico di Italia.

Mongelli F., Ricchetti G., 1970. Heat flow along the Candelaro fault, Gargano headland (Italy). *Geothermics Spec. Issue* 2: 450-458.

Morbidelli L., 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 1:50000. Foglio 396, San Severo. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Mostardini F., Merlini S., 1986. Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di un modello strutturale. *Memorie della Società Geologica Italiana* 35: 177-202.

Obermeier S.F., 1996. Use of liquefaction-induced features for paleoseismic analysis — An overview of how seismic liquefaction features can be distinguished from other features and how their regional distribution and properties of source sediment can be used to infer the location and strength of Holocene paleo-earthquakes. *Engineering Geology* 44(1).

Pagliarulo P., 1996. Migrazione di fluidi profondi nel substrato prepliocenico del bacino apulo e lucano (avanfossa appenninica). *Memorie della Società Geologica Italiana* 51: 659-668.

Parea G.C., 1978. Trasporto dei Sedimenti ed Erosione Costiera lungo il Litorale fra il Tronto ed il Fortore (Adriatico Centrale). *Memorie della Società Geologica Italiana* 19: 361-367.

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.

Patacca E., Sartori R., Scandone P., 1990. Tyrrhenian basin and Apenninic arcs: kinematic relation since Late Tortonian times. *Memorie della Società Geologica Italiana* 45: 425-451.

Patacca E., Scandone P., 1989. Post-Tortonian mountain building in the Apennines, the role of the passive sinking of a relic lithospheric slab. In: *The Lithosphere in Italy - Advances in Earth Science Research*. *Atti dei convegni Lincei* 80: 157-176.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTE 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

Patacca E., Scandone P., 2004. The 1627 Gargano earthquake (Southern Italy): Identification and characterization of the causative fault. *Journal of Seismology* 8: 259-273.

Patacca E., Scandone P., 2007. Geology of the Southern Apennines. *Bollettino della Società Geologica Italiana* vol. spec. 7: 75-119.

Patacca E., Scandone P., Bellatalla M., Perilli N., Santini U., 1992a. 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.

Patacca E., Scandone P., Bellatalla M., Perilli N., Santini U., 1992b. The Numidian-sand event in the Southern Apennines. *Memorie della Società Geologica Italiana* 18: 297-337.

Pavan G., Pirini C., 1965. Stratigrafia del Foglio 157, "Monte S. Angelo". *Bollettino del Servizio Geologico d'Italia* 86: 123-189.

Pavia G., Bertok C., Ciampo G., Di Donato V., Martire L., Masini F., Pavia M., Santangelo N., Taddei Ruggiero E., Zunino M., 2010. Tectono-Sedimentary Evolution of the Pliocene to Lower Pleistocene Succession of the Apricena-Lesina-Poggio Imperiale Quarryng District (Western Gargano, Southern Italy). *Bollettino della Società Geologica Italiana* 129: 132-155.

Piacentini T., Sciarra M., Miccadei E., Urbano T., 2015. Near-surface deposits and hillslope evolution of the Adriatic piedmont of the Central Apennines (Feltrino Stream basin and minor coastal basins, Abruzzo, Italy). *Journal of Maps* DOI: 10.1080/17445647.2014.949884.

Piccardi L., 1998. Cinematica attuale, comportamento sismico e sismologia storica della faglia di Monte Sant'Angelo (Gargano, Italia): la possibile rottura superficiale del "leggendario" terremoto del 493 d.C.. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 21: 141-149.

Piccardi L., Ferrelly L., Michetti A.M., Tondi E., Vittori E., 2002. First trench investigation along the Gargano Fault, Apulia foreland, southern Italy. In: *Environmental Catastrophes and Recoveries in the Holocene*, Departement of Geography & Earth Sciences, Brunel University Uxbridge, UK, August 29 – September 2, 2002.

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.

Pierrri 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*.

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.

Pomar L., Tropeano M., 2001. The Calcarenite di Gravina Formation in Matera (Southern Italy) new insights for coarse-grained large scale, cross-bedded bodies encased in offshore deposits. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 85: 661-689.

Rapisardi L., 1978. Trattati di neotettonica al confine molisano-abruzzese. *Geologia Applicata e Idrogeologia* 13: 223-232.

Rauch A.F., 1998. Evaluating Cyclic Liquefaction Potential Using Cone Penetration Test. *Canadian Geotechnical Journal* 35: 442-459.

Ricchetti E., Salvemini A., Tadolini T., 1989. A hydrogeological study in a sample area of the Apulian Tavoliere between Ortanova and Cerignola. *Atti del Congresso Internazionale Geingegneria* 1: 533-540.

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.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTE 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B

Ricci Lucchi F., 1980. Sedimentologia. Cooperativa Libreria Universitaria Editrice, Bologna.

Riga G., 2007. La liquefazione dei terreni. Analisi, valutazione, calcolo. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Robertson P.K., 1990. Soil classification using CPT. Canadian Geotechnical Journal 27(1): 151–158.

Robertson P.K., Wride C.E., 1998. Evaluating cyclic liquefaction potential using the cone penetration test. Canadian Geotechnical Journal 35: 442-459.

Roskopf C.M., Scorpio V., 2013. Geomorphologic map of the Biferno River valley floor system (Molise, Southern Italy). Journal of Maps DOI:10.1080/17530350.2012.755385

Roure F., Casero P., Vially R., 1991. Growth processes and melange formation in the southern Apennines accretionary wedge. Earth and Planetary Science Letters 102: 395-412.

Rovida A., Camassi R., Gasperini P., Stucchi M., 2011. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2011. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano.

Sartori R., 1989. Evoluzione neogenico-recente del bacino tirrenico e suoi rapporti con la geologia delle aree circostanti. Giornale di Geologia 51: 1-39.

Sciarra M., Coco L., Urbano L., 2016. Assessment and validation of GIS-based landslide susceptibility maps: a case study from Feltrino stream basin (Central Italy). Bulletin of Engineering Geology and the Environment DOI 10.1007/s10064-016-0954-7.

Scorpio V., Aucelli P.P.C., Giano S.I., Pisano L., Robustelli G., Roskopf C.M., Schiattarella M., 2015. River channel adjustments in Southern Italy over the past 150 years and implications for channel recovery. Geomorphology 251: 77-90.

Scrocca D., Sciamanna S., Di Luzio E., Tozzi M., Nicolai C., Gambini R., 2007. Structural Setting along the CROP-04 Deep Seismic Profile (Southern Apennines - Italy). Bollettino della Società Geologica Italiana vol. spec. 7: 283-296.

Scrocca D., Tozzi M., 1999. Tettogenesi Mio-Pliocenica dell'Appennino Molisano. Bollettino della Società Geologica Italiana 118: 255-286.

Seed H.B., Idriss I.M., 1982. Ground motions and soil liquefaction during earthquakes. Earthquake Engineering Research Institute, Oakland.

Sella M., Turci C., Riva A., 1988. Sintesi geopetrolifera della Fossa Bradanica (avanfossa della catena appenninica meridionale). Memorie della Società Geologica Italiana 41: 87-107.

Servizio Geologico d'Italia - ISPRA - ITHACA, Italy Hazard from Capable faults. Disponibile in internet all'indirizzo <http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>.

Servizio Geologico d'Italia, 1969. Carta geologica d'Italia: Foglio 155 (San Severo). 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.

Surian N., Rinaldi M., 2003. Morphological response to river engineering and management on alluvial channels in Italy. Geomorphology 50: 307-326.

Tadolini T., Sdao F., Ferrari G., 1989. Valutazioni sul grado di protezione della falda superficiale del Tavoliere di Foggia nei confronti dei rilasci in superficie di corpi inquinanti e sulle modalità di propagazione degli stessi in seno all'acquifero. Atti delle giornate di studio su Analisi Statistica di Dati Territoriali: 461-472.

	LINEA PESCARA - BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA LOTTI 2 e 3 - RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA LI02	LOTTO 02	CODIFICA D69RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. B	FOGLIO 189 di 189

Tanzini M., 2002. L'indagine geotecnica. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Torre M., Di Nocera S., Ortolani F., 1988. Evoluzione post-tortoniana nell'Appennino meridionale. Memorie della Società Geologica Italiana 41: 47-56.

Tropeano M., Sabato L., 2000. Response of Plio- Pleistocene mixed bioclastic-lithoclastic temperate-water carbonate systems to forced regression: the Calcarene di Gravina Formation, Puglia, SE Italy. In: "Sedimentary responses to forced regression" (D. Hunt & R.L. Gawthorpe, Eds.). Geological society of London 171: 217-243.

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.

Vallario A., 1992. Frane e territorio. Le frane nella morfogenesi dei versanti e nell'uso del territorio. Liguori Editore, Napoli.

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.

Ziliani L., Surian N., 2012. Evolutionary trajectory of channel morphology and controlling factors in a large gravel-bed river. Geomorphology 173-174: 104-117.

Zorzi L., Reina C., 1956. Le acque sotterranee in terra d'Otranto. Considerazioni ed orientamenti per la ricerca e l'utilizzazione delle acque sotterranee nella zona adriatica compresa tra Lecce ed Otranto. Cassa per opere straordinarie di pubblico interesse nell'Italia meridionale 4: 94.