

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:

Mandataria



Mandanti



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA



MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

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

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

L'Appaltatore A.A.D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l.
Ing. Gianguido Babini Il Direttore Tecnico
(Ing. Gianguido Babini)

I progettisti (il Direttore della progettazione)
Ing. Massimo Facchini

Data Ottobre 2023

firma

Data Ottobre 2023

firma



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

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	Prima emissione	M.Santoro	Dicembre 2022	G.De Fazio	Dicembre 2022	G.Cerchiaro	Dicembre 2022	
B	Revisione	M.Santoro	Giugno 2023	G.De Fazio	Giugno 2023	G.Cerchiaro	Giugno 2023	
C	Revisione	M.Santoro	Agosto 2023	G.De Fazio	Agosto 2023	G.Cerchiaro	Agosto 2023	
D	Revisione	M.Santoro	Ottobre 2023	G.De Fazio	Ottobre 2023	G.Cerchiaro	Ottobre 2023	



File: LI0B02EZZRHGE0001001D

n. Elab.

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	1

INDICE

1..	PREMESSA	3
1.1	OGGETTO E SCOPO	5
1.2	SVOLGIMENTO DEL LAVORO	6
1.3	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	8
2..	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO	11
3..	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	13
3.1	QUADRO GEOLOGICO REGIONALE	13
3.2	EVOLUZIONE GEOLOGICA	14
3.3	INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO	16
3.4	CARATTERISTICHE STRUTTURALI	19
3.5	ASSETTO GEOLOGICO LOCALE	20
3.6	ASSETTO STRUTTURALE	28
4..	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	29
4.1	CARATTERI GEOMORFOLOGICI GENERALI	29
4.2	MORFOLOGIA E SEDIMENTOLOGIA DELLA ZONA COSTIERA	30
4.3	MORFOLOGIA DEI VERSANTI COLLINARI	31
4.4	ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE	32
4.5	ELEMENTI IDROGRAFICI	32
4.6	ELEMENTI STRUTTURALI E TETTONICI	33
4.7	FORME POLIGENICHE	33
4.8	FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI	33
4.9	FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI	34
4.10	FORME, PROCESSI E DEPOSITI DI ORIGINE MARINA	34
4.11	FORME ANTROPICHE E MANUFATTI	35
4.12	EVOLUZIONE DELLA FOCE DEL FIUME BIFERNO	36
5..	PIANO DI STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) E PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)	49
6..	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	57
6.1	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE	57
6.2	ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE	60
6.3	CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO	63
6.4	VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI	64
7..	INDAGINI GEOGNOSTICHE	67

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	2

7.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE	67
7.2	INDAGINI PROGETTO ESECUTIVO	71
8..	ANALISI DELLE POTENZIALI CRITICITÀ	91
8.1	CRITICITÀ CONNESSE ALL'ASSETTO GEOLOGICO	91
8.2	CRITICITÀ CONNESSE ALL'ASSETTO GEOMORFOLOGICO.....	92
8.3	CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE	92
8.4	CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO GRISÙ DEI TERRENI INTERESSATI DALLO SCAVO DELLA GALLERIA NATURALE CAMPOMARINO.....	93
9..	DESCRIZIONE IN ASSE AL TRACCIATO	95
9.1	Opere dalla pk 0+000 alla p.k. 2+784.....	95
9.2	Opere dalla PK 2+784 alla PK 5+229.....	95
9.3	Opere dalla PK 5+229 alla PK 8+487.....	96
9.4	Opere dalla PK 8+847 alla PK 9+662.....	110
9.5	Opere dalla P.K. 9+662 alla P.K. 15+105	110
9.6	Opere dalla P.K. 15+105 alla P.K. 16+185	111
9.7	Opere dalla P.K. 16+185 alla P.K. 20+287	111
9.8	Opere dalla P.K. 20+287 a fine lotto.....	112

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001	REV D

1. PREMESSA

Nell'ambito dell'esecuzione dello studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico per la progettazione esecutiva della **"Linea Pescara – Bari Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina lotti 2 e 3 - raddoppio Termoli – Ripalta"**.

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

Per la redazione del presente studio, oltre a documentazione bibliografica, si è fatto riferimento alla documentazione allegata al Progetto Definitivo, il quale è corredato da un esaustivo studio geologico-tecnico, basato sugli esiti di numerose indagini geognostiche, eseguite in più fasi.

Successivamente, sono stati eseguiti rilievi geologici e geomorfologici di campagna e si è dato corso ad una campagna geognostica integrativa, incentrata sulla necessità di approfondimenti puntuali e rispondente alle prescrizioni di capitolato.

La presente relazione si completa con i seguenti elaborati grafici allegati al Progetto Esecutivo, elencati nella tabella seguente, cui si rimanda per maggiori dettagli:

ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO		
Codice elaborato	Titolo/sottotitolo	Scala
LI0B02EZZN5GE0001001	Carta geologica generale tav. 1 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0001002	Carta geologica generale tav. 2 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0001003	Carta geologica generale tav. 3 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0001004	Carta geologica generale tav. 4 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0001005	Carta geologica generale tav. 5 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0001006	Carta geologica generale tav. 6 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0001007	Carta geologica generale tav. 7 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0001008	Carta geologica generale tav. 8 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0001009	Carta geologica generale tav. 9 di 9	1:5000
LI0B02EZZN6GE0003001	Carta geomorfologica tav. 1 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003002	Carta geomorfologica tav. 2 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003003	Carta geomorfologica tav. 3 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003004	Carta geomorfologica tav. 4 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003005	Carta geomorfologica tav. 5 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003006	Carta geomorfologica tav. 6 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003007	Carta geomorfologica tav. 7 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003008	Carta geomorfologica tav. 8 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003009	Carta geomorfologica tav. 9 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003010	Carta geomorfologica tav. 10 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003011	Carta geomorfologica tav. 11 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003012	Carta geomorfologica tav. 12 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003013	Carta geomorfologica tav. 13 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003014	Carta geomorfologica tav. 14 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003015	Carta geomorfologica tav. 15 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003016	Carta geomorfologica tav. 16 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0003017	Carta geomorfologica tav. 17 di 17	1:2000
LI0B02EZZN5GE0002001	Carta idrogeologica tav. 1 di 9	1:5000

**Relazione geologica, geomorfologica
ed idrogeologica**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	4

ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO

Codice elaborato	Titolo/sottotitolo	Scala
LI0B02EZZN5GE0002002	Carta idrogeologica tav. 2 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0002003	Carta idrogeologica tav. 3 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0002004	Carta idrogeologica tav. 4 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0002005	Carta idrogeologica tav. 5 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0002006	Carta idrogeologica tav. 6 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0002007	Carta idrogeologica tav. 7 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0002008	Carta idrogeologica tav. 8 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0002009	Carta idrogeologica tav. 9 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0003001	Planimetria con classificazione sismica tav. 1 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0003002	Planimetria con classificazione sismica tav. 2 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0003003	Planimetria con classificazione sismica tav. 3 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0003004	Planimetria con classificazione sismica tav. 4 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0003005	Planimetria con classificazione sismica tav. 5 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0003006	Planimetria con classificazione sismica tav. 6 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0003007	Planimetria con classificazione sismica tav. 7 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0003008	Planimetria con classificazione sismica tav. 8 di 9	1:5000
LI0B02EZZN5GE0003009	Planimetria con classificazione sismica tav. 9 di 9	1:5000
LI0B02EZZN6GE0001020	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 1 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001021	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 2 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001022	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 3 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001023	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 4 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001024	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 5 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001025	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 6 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001026	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 7 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001027	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 8 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001028	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 9 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001029	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 10 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001030	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 11 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001031	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 12 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001032	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 13 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001033	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 14 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001034	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 15 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001035	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 16 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001036	Carta geologico-tecnica di dettaglio tav. 17 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001001	Carta ubicazione indagini tav. 1 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001002	Carta ubicazione indagini tav. 2 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001003	Carta ubicazione indagini tav. 3 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001004	Carta ubicazione indagini tav. 4 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001005	Carta ubicazione indagini tav. 5 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001006	Carta ubicazione indagini tav. 6 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001007	Carta ubicazione indagini tav. 7 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001008	Carta ubicazione indagini tav. 8 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001009	Carta ubicazione indagini tav. 9 di 17	1:2000

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001	REV D

ELABORATI PROGETTO ESECUTIVO		
Codice elaborato	Titolo/sottotitolo	Scala
LI0B02EZZN6GE0001010	Carta ubicazione indagini tav. 10 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001011	Carta ubicazione indagini tav. 11 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001012	Carta ubicazione indagini tav. 12 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001013	Carta ubicazione indagini tav. 13 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001014	Carta ubicazione indagini tav. 14 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001015	Carta ubicazione indagini tav. 15 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001016	Carta ubicazione indagini tav. 16 di 17	1:2000
LI0B02EZZN6GE0001017	Carta ubicazione indagini tav. 17 di 17	1:2000
LI0B02EZZF6GE0004001	Profilo geologico tav. 1 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF6GE0004002	Profilo geologico tav. 2 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF6GE0004003	Profilo geologico tav. 3 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF6GE0004004	Profilo geologico tav. 4 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF6GE0004005	Profilo geologico tav. 5 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF6GE0004006	Profilo geologico tav. 6 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF6GE0004007	Profilo geologico tav. 7 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF6GE0004008	Profilo geologico tav. 8 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF6GE0004009	Profilo geologico tav. 9 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF6GE0004010	Profilo geologico tav. 10 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF6GE0004011	Profilo geologico tav. 11 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF6GE0004012	Profilo geologico tav. 12 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF6GE0004013	Profilo geologico tav. 13 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF6GE0004014	Profilo geologico tav. 14 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF6GE0004015	Profilo geologico tav. 15 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF6GE0004016	Profilo geologico tav. 16 di 16	1:2000/200
LI0B02EZZF7GE0005001	Sezioni geologico-tecniche	varie

Tabella 1.1 - Elaborati grafici del Progetto Esecutivo.

Il lavoro è stato svolto in ottemperanza al D.M. del 14/01/2008.

Per quanto concerne gli aspetti geodinamici e sismici, si rimanda alla “Relazione sismica” (LI0B02EZZRHGE0001002).

1.1 OGGETTO E SCOPO

Oggetto del presente lavoro è la progettazione esecutiva del “Linea Pescara – Bari Raddoppio della tratta ferroviaria Termoli – Lesina lotti 2 e 3 - raddoppio Termoli – Ripalta”.

Scopo della relazione è fornire, sulla base della documentazione e delle indagini disponibili, le informazioni necessarie per lo sviluppo della progettazione delle opere.

Il presente documento, redatto attraverso l’ausilio di studi mirati sul territorio permette quindi di:

- ✓ ricostruire dettagliatamente gli aspetti naturalistici del territorio ove sono collocate le opere;
- ✓ rappresentare ed illustrare le informazioni geologiche, stratigrafiche ed idrogeologiche;
- ✓ riconoscere le principali forme di erosione, di accumulo e più in generale di pericolosità geologica, geomorfologica ed idrogeologica nelle aree limitrofe e/o direttamente interessate dai lavori;
- ✓ definire la distribuzione e la caratterizzazione delle principali falde idriche presenti nel sottosuolo;
- ✓ illustrare gli esiti delle indagini ereditate dalle precedenti fasi progettuali;
- ✓ fornire il modello stratigrafico, idrogeologico, geotecnico e sismico da porre a base della progettazione;

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	6

- ✓ individuare le interazioni fra le opere ed i terreni fornendo gli elementi per una corretta progettazione geologica, idrogeologica e sismica;
- ✓ individuare la presenza di situazioni tali da determinare vincoli nell'ambito dello sviluppo della fase progettuale o durante l'esecuzione dei lavori.

1.2 SVOLGIMENTO DEL LAVORO

Passando per il Progetto Definitivo (di seguito PD), il lavoro è stato svolto seguendo una successione coordinata di diverse fasi propedeutiche. In particolare, alla fase preliminare di disamina, che ha visto l'acquisizione di tutte le conoscenze significative sull'area, basata sulla consultazione del materiale disponibile e sull'apposita raccolta di materiale bibliografico, è seguita una fase di studio di dettaglio, consistente in primo luogo nell'analisi foto interpretativa e nel rilevamento di superficie.

Nel dettaglio il lavoro ha previsto una prima fase di analisi, basata su:

- ✓ lo studio della documentazione redatta nel corso delle precedenti fasi progettuali;
- ✓ la consultazione della documentazione bibliografica reperita presso Enti di Ricerca e Amministrazioni;
- ✓ fotointerpretazione di fotogrammi di riprese aeree effettuate in passato.

I risultati di tale analisi sono stati quindi verificati ed integrati con quelli dall'indagine geologica, costituita dal rilevamento geologico e geomorfologico di campagna, oltre che dai dati emersi dalla campagna di indagini geognostiche in corso e pregresse. Complessivamente, in linea con gli studi del PD, è stata definita la distribuzione spaziale dei litotipi, l'individuazione degli elementi morfo-strutturali e la caratterizzazione degli elementi geologici e idrogeologici significativi per la successiva descrizione geologica.

Di seguito sono descritte nel dettaglio le attività sopra descritte per quanto concerne l'approccio metodologico adottato.

Studio del progetto definitivo ed indagine storica e bibliografica: è stata eseguita un'approfondita disamina della documentazione del PD, la cui documentazione è stata analizzata secondo il seguente schema logico, lungo il tracciato ed in specifico per ciascuna opera in progetto:

- ✓ analisi dei risultati delle campagne di indagini geognostiche;
- ✓ analisi e confronto delle differenti cartografie ed elaborati tematici (geologia, geomorfologia, idrogeologia);
- ✓ analisi e confronto dei profili tecnici.

Le analisi hanno consentito di condividere gli studi precedenti e di sintetizzare le previsioni relative al contesto geologico, idrogeologico, geomorfologico e geotecnico in base a quanto desumibile e previsto a livello di PD e successivamente di individuare, rispetto alle informazioni ed agli scenari in esso delineati, le principali criticità ed incertezze residue da cui si è partiti per sviluppare le successive fasi di studio ed indagine. Inoltre, si è proceduto all'esame della documentazione bibliografica disponibile, anche al fine di verificare eventuali modifiche soprattutto in termini di vincolistica rispetto al quadro esistente in fase di progettazione definitiva.

Dunque, l'approfondimento delle conoscenze è stato eseguito mediante una ulteriore ricerca bibliografica, condotta presso gli istituti universitari e di ricerca e presso gli enti amministrativi e territoriali interessati dall'opera; in particolare, il materiale consultato è stato reperito presso enti di ricerca (ISPRA e CNR), amministrazioni (Termoli e Campomarino, in provincia di Campobasso, e dei comuni di Chieuti e Serracapriola in provincia di Foggia), Autorità di Bacino Interregionale dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore e Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale; in seno a queste ultime sono stati visionati gli elaborati del "Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino interregionale del Fiume Fortore" (parallelamente consultando anche l'Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia - I.F.F.I.) ed "Piano di Gestione del Rischio di Alluvione-PGRA".

Tutte le informazioni sull'assetto geologico, idrogeologico e geomorfologico ricavate da questa fase di lavoro, oltre a far comprendere meglio l'assetto territoriale su cui intervenire, sono state utilizzate per calibrare la successiva fase di lavoro.

Nella tabella seguente sono elencati gli elaborati geologici consultati nell'ambito della progettazione definitiva.

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	7

GEOLOGIA																				
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	L	I	0	2	0	2	D	6	9	R	G	G	E	0	0	0	1	0	0	1
Rapporto di Campagna - Stop geologici	L	I	0	2	0	2	D	6	9	R	H	G	E	0	0	0	1	0	0	1
Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Tav. 1 di 6 dal km 0+000 al km 4+000.00	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	1	0	0	1
Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Tav. 2 di 6 dal km 4+000 al km 8+000 - Finestra F1	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	1	0	0	2
Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Tav. 3 di 6 dal km 8+000 al km 12+000.00	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	1	0	0	3
Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Tav. 4 di 6 dal km 12+000.00 al km 16+000.00	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	1	0	0	4
Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Tav. 5 di 6 dal km 16+000.00 al km 20+550.00	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	1	0	0	5
Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico Tav. 6 di 6 dal km 20+550.00 al km 24+935.00	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	1	0	0	6
Carta idrogeologica e profilo idrogeologico Tav. 1 di 6 dal km 0+000 al km 4+000.00	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	2	0	0	1
Carta idrogeologica e profilo idrogeologico Tav. 2 di 6 dal km 4+000 al km 8+000 - Finestra F1	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	2	0	0	2
Carta idrogeologica e profilo idrogeologico Tav. 3 di 6 dal km 8+000 al km 12+000.00	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	2	0	0	3
Carta idrogeologica e profilo idrogeologico Tav. 4 di 6 dal km 12+000.00 al km 16+000.00	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	2	0	0	4
Carta idrogeologica e profilo idrogeologico Tav. 5 di 6 dal km 16+000.00 al km 20+550.00	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	2	0	0	5
Carta idrogeologica e profilo idrogeologico Tav. 6 di 6 dal km 20+550.00 al km 24+935.00	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	2	0	0	6
Carta della vulnerabilità degli acquiferi tav. 1 di 3 dal km 0+000.00 al km 8+000.00	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	4	G	E	0	0	0	2	0	0	1
Carta della vulnerabilità degli acquiferi tav. 3 di 3 dal km 8+000.00 al km 16+000.00	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	4	G	E	0	0	0	2	0	0	2
Carta della vulnerabilità degli acquiferi tav. 3 di 3 dal km 16+000.00 al km 24+930.52	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	4	G	E	0	0	0	2	0	0	3
Carta ubicazioni indagini tav. 1 di 3 dal km 0+000.00 al km 8+000.00	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	5	0	0	1
Carta ubicazioni indagini tav. 2 di 3 dal km 8+000.00 al km 16+000.00	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	5	0	0	2
Carta ubicazioni indagini tav. 3 di 3 dal km 16+000.00 al km 24+930.52	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	5	0	0	3
Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico - Imbocco nord Galleria	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	6	G	E	0	0	0	1	0	0	1
Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico - Imbocco sud Galleria	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	6	G	E	0	0	0	1	0	0	2
Carta geologica con elementi di geomorfologia e profilo geologico - Imbocco uscita d'emergenza finestra F1 nord	L	I	0	2	0	2	D	6	9	N	6	G	E	0	0	0	1	0	0	3
Monitoraggio piezometrico	L	I	0	2	0	2	D	6	9	R	H	G	E	0	0	0	1	0	0	2

Rilievi di campagna ed analisi fotointerpretativa: in base alle informazioni acquisite, sono stati effettuati rilievi di campagna per una fascia significativamente ampia (circa 500m cavallo dell'opera), preceduti ed integrati dall'analisi fotointerpretativa. Le informazioni ed i dati raccolti hanno così permesso di approfondire la distribuzione spaziale dei litotipi, il modello stratigrafico ed in generale l'assetto geologico-strutturale e verificare gli elementi geomorfologici caratteristici del territorio; in tal modo è stato possibile definire con maggiore dettaglio, il modello geologico, geomorfologico ed idrogeologico da porre a base del progetto. Tutti i dati raccolti sono stati, poi, confrontati ed integrati con quelli scaturiti dalla campagna indagini eseguita.

Indagini geognostiche: sono numerose le indagini pregresse, eseguite nell'ambito di diverse fasi di studio inerenti il progetto in esame, comprensive di sondaggi geognostici (con prove in foro di sondaggio, installazione di piezometri e prelievo di campioni di laboratorio), prove penetrometriche continue, pozzetti esplorativi, prove di laboratorio e prospezioni geofisiche; gli esiti delle indagini geognostiche pregresse sono riportati negli elaborati elencati nella tabella seguente.

INDAGINI GEOGNOSTICHE DEL PROGETTO DEFINITIVO
Report indagini geofisiche - pregresse (pk 0+000 - pk 5+300)
Report indagini geofisiche - pregresse (pk 5+000 - pk 10+500)
Prospezioni geofisiche - Rilievo geoelettrico - pregresse (pk 5+000 - pk 10+500)
Report indagini geofisiche - pregresse (pk 10+000 - pk 24+200)
Prospezioni geofisiche - Rilievo geoelettrico - - pregresse(pk 10+000 - pk 24+200)
Indagini geognostiche e prove in situ pregresse
Indagini geognostiche e prove in situ pregresse - Relazione generale
Indagini geognostiche e prove in situ pregresse -Sondaggi - Stratigrafie e Schemi di installazione piezometri
Indagini geognostiche e prove in situ pregresse -Prove SPT Prove di Permeabilità
Indagini geognostiche e prove in situ pregresse -Prove Pressiometriche "MPT" Prove dilatometriche "DRT"
Indagini geognostiche e prove in situ pregresse -Prove Penetrometriche statiche/dinamiche
Indagini geognostiche e prove in situ pregresse -Pozzetti geognostici - Stratigrafie pozzetti Prove di carico su Piastra in pozzetto
Indagini geognostiche e prove in situ pregresse -Documentazione fotografica Sondaggi e Pozzetti
Prove geotecniche di laboratorio 1 di 2 - pregresse
Prove geotecniche di laboratorio 2 di 2 - pregresse

Indagini geologiche, idrogeologiche e geotecniche integrative sono state pianificate allo scopo di verificare/integrare il modello geologico e geotecnico a base della progettazione. L'ubicazione dei punti d'indagine di PE è stata definita a valle di specifici sopralluoghi, in modo da ottemperare alle specifiche di capitolato e verificare il quadro informativo disponibile. Infatti, la campagna di indagini è stata programmata

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																						
<p>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">LI0B</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">GE</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">8</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	8
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	8													

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

Le operazioni di campo delle indagini da PE risultano concluse, alcune elaborazioni sono ancora in corso. Nella sezione dedicata alle indagini (cfr. paragrafo 7.2 - Indagini progetto esecutivo) vengono tabellate le indagini eseguite ed elaborate e quelle ancora in corso di elaborazione.

1.3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione e gli studi ad essa associati sono redatti in conformità a quanto previsto dalla normativa tecnica, fra cui di seguito sono elencati i principali riferimenti:

- ✓ *L. 10/05/76 n. 319: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";*
- ✓ *L. 08/08/1985 n. 431: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 27 giugno 1985, n. 312, recante disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 22 agosto 1985, n. 197)";*
- ✓ *L. 08/07/86 n. 349: "Istituzione del Ministero dell'Ambiente e norme in materia di danno ambientale";*
- ✓ *D.M. 11/03/88: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce...";*
- ✓ *Circolare Ministero Lavori Pubblici 24 settembre 1988 n.30483 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione". (Pres. Cons. Superiore — Servizio Tecnico Centrale).*
- ✓ *Decreto Ministero dei Lavori Pubblici n. 47 (11 marzo 1988) "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".*
- ✓ *Circolare Min. LL.PP: 24 settembre 1988 n° 30483: "Istruzioni riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione".*
- ✓ *D.P.R. 24/05/88 n. 236: "Attuazione della direttiva CEE n. 80/778 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano", ai sensi dell'art. 15 della legge 183 del 16/04/1987;*
- ✓ *L. 18/05/89 n. 183: "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";*
- ✓ *D.P.C.M. 23/03/1990: "Atto di indirizzo e coordinamento al fini della elaborazione e adozione degli schemi previsionali e programmatici di cui all'art. 31 della legge 18 maggio 1989, n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";*
- ✓ *L. 07/08/1990 n.253: "Disposizioni integrative alla legge 18 maggio 1989 n. 183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo";*
- ✓ *L. 06/12/91 n. 394: "Legge quadro sulle aree protette";*
- ✓ *D.P.R. 07/01/1992: "Programmazione attività conoscitive";*
- ✓ *D.P.R. 14/04/1993: "Criteri e modalità per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica";*
- ✓ *L. 04/12/1993, n. 493: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 5 ottobre 1993, n. 398, recante disposizioni per l'accelerazione degli investimenti a sostegno dell'occupazione e per la semplificazione dei procedimenti in materia edilizia";*
- ✓ *L. 05/01/1994 n. 37: "Norme per la tutela ambientale delle aree demaniali dei fiumi, dei torrenti, dei laghi e delle altre acque pubbliche L. 5 gennaio 1994, n. 36.Disposizioni in materia di risorse idriche";*

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	9

- ✓ D.P.R. 14/04/1994: "Delimitazione bacini";
- ✓ D.P.R. 18/07/1995: "Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento concernente i criteri per la redazione dei piani di bacino";
- ✓ D.M. 14/02/1997: "Direttive tecniche per l'individuazione perimetrazione, da parte delle regioni delle aree a rischio idrogeologico";
- ✓ Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica (1997).
- ✓ Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture. Parte 5: Fondazioni, Strutture di contenimento ed Aspetti geotecnici (1998).
- ✓ D.L. 11/06/1998, n. 180: "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";
- ✓ L. 03/08/1998 n. 267: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180, recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania";
- ✓ D.P.C.M. 29/09/1998: "Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri relativi agli adempimenti di cui all'art. 1, commi 1 e 2, del decreto-legge 11 giugno 1998, n. 180".
- ✓ D.L. 11/05/99 n. 152: "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della Direttiva CEE 91/271 e 91/676";
- ✓ L. 13/07/1999 n. 226 (G.U. 14.07.1999, n. 112): "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto - legge 13 maggio 1999, n.132, recante interventi urgenti in materia di protezione civile." (in vigore dal 15.7.1999);
- ✓ D.L. 18/08/2000 n. 258: "Disposizioni correttive ed integrative del D.L. 152/99";
- ✓ L. 11/12/2000 n. 365: "Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 12 ottobre 2000, n. 279, recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile, nonche' a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamita' idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000";
- ✓ L. 23/03/2001 n. 93: "Disposizioni in campo ambientale";
- ✓ D.P.R 6 giugno 2001 n. 380: "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia";
- ✓ D.M. 18/09/2001 n. 468: "Regolamento recante programma nazionale di bonifica e ripristino ambientale";
- ✓ Autorità di Bacino Interregionale dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore, 2005. Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino interregionale del Fiume Fortore. Relazione Generale; Norme di Attuazione; Cartografia della pericolosità idraulica e da frana e valanga.
- ✓ D.L. 03/04/2006 n. 152: "Norme in materia ambientale";
- ✓ L.R. 11/05/2007 n. 9: "Provvedimento generale recante norme di tipo ordinamentale e finanziario (collegato alla manovra di finanza regionale per l'anno 2007 Art. 3, comma 4, della Legge regionale n. 8/2002)";
- ✓ DM 14/01/2008: "Nuove Norme tecniche per le costruzioni".
- ✓ Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al DM 14/01/2008. Circolare 02/02/2009 n° 617 C.S.LL.PP;
- ✓ O.P.C.M. 13/11/2010 n. 3907: "Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico";
- ✓ Decreto dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale n° 540 del 13/10/2020 - Adozione Misure di Salvaguardia relative alle aree soggette a modifica di perimetrazione e/o classificazione della pericolosità e rischio dei Piani di assetto Idrogeologico configurate nei progetti di varianti di aggiornamento dei PAI alle nuove mappe del PGRA da approvarsi ai sensi dell'articolo 68 comma 4 -

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	10

ter del D.Lgs n°152 del 3 aprile 2006, integrato dall'art 54 della legge 120 dell'11 settembre 2020 "Misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitale".

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro S.p.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

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 Chieti e Serracapriola in provincia di Foggia.

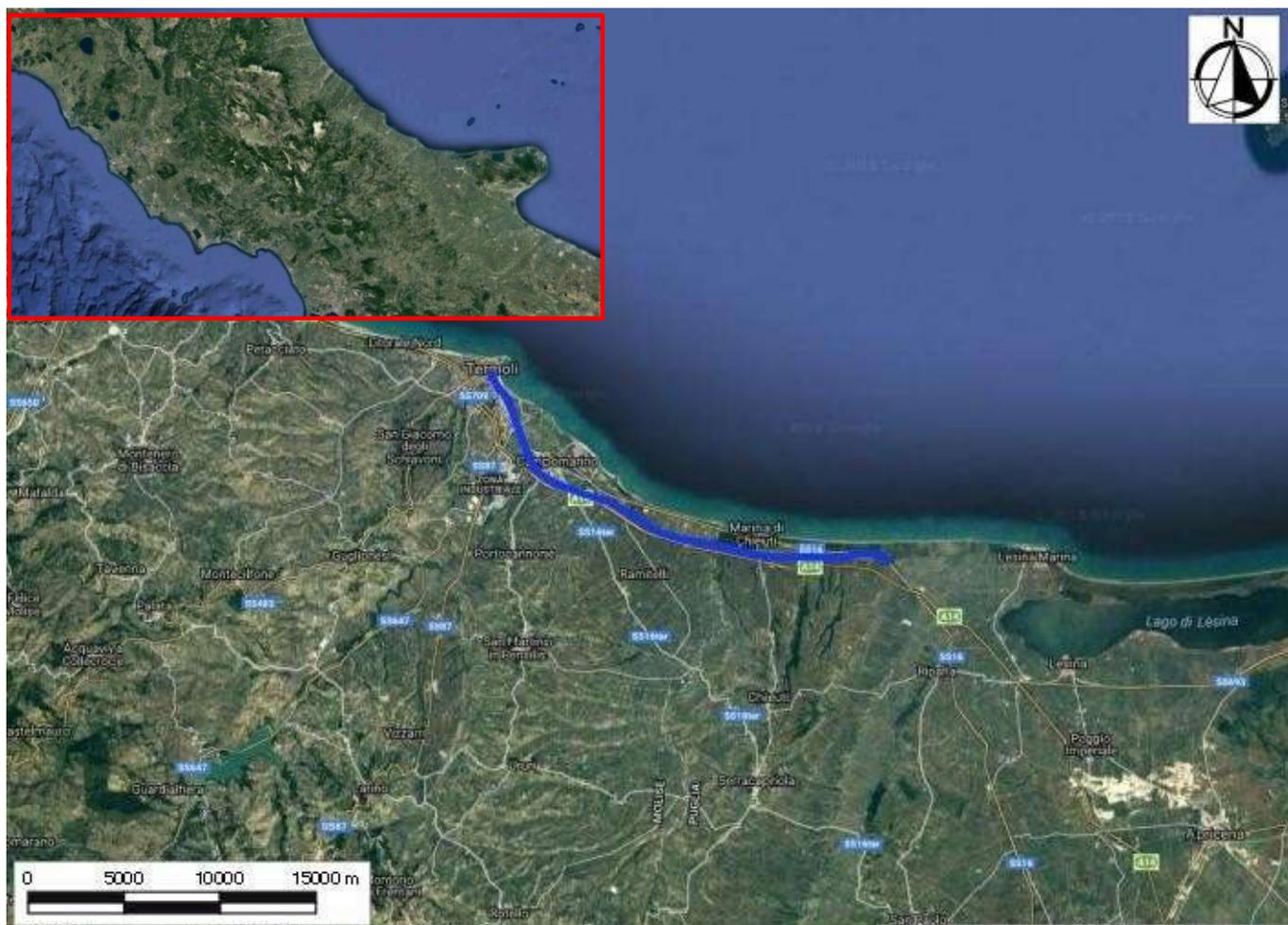


Figura 2.1 - Corografia dell'area di studio con individuazione della tratta ferroviaria in progetto.

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.

Nell'elaborazione del presente studio è stato necessario avvalersi di carte topografiche, tecniche e tematiche ed in particolare, è stata visionata la seguente cartografia:

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>										
<p>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</p>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	12

- Foglio 155 “San Severo” della Carta geologica d’Italia in scala 1:100000;
- Tavole 155 IV NO (Termoli), 155 IV NE (Torre Fantine), 155 IV SE (Chieuti), 155 I SO (Ripalta) in scala 1:25000;
- elementi 381041, 382013, 382014, 382054, 382052, 382051, 382061, 382062, 382063, 382064 con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Molise mentre, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Puglia, gli elementi 382072, 382073 in scala 1:5000,
- Elaborati Piano assetto idrogeologico PAI.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

3.1 QUADRO GEOLOGICO REGIONALE

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

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

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

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

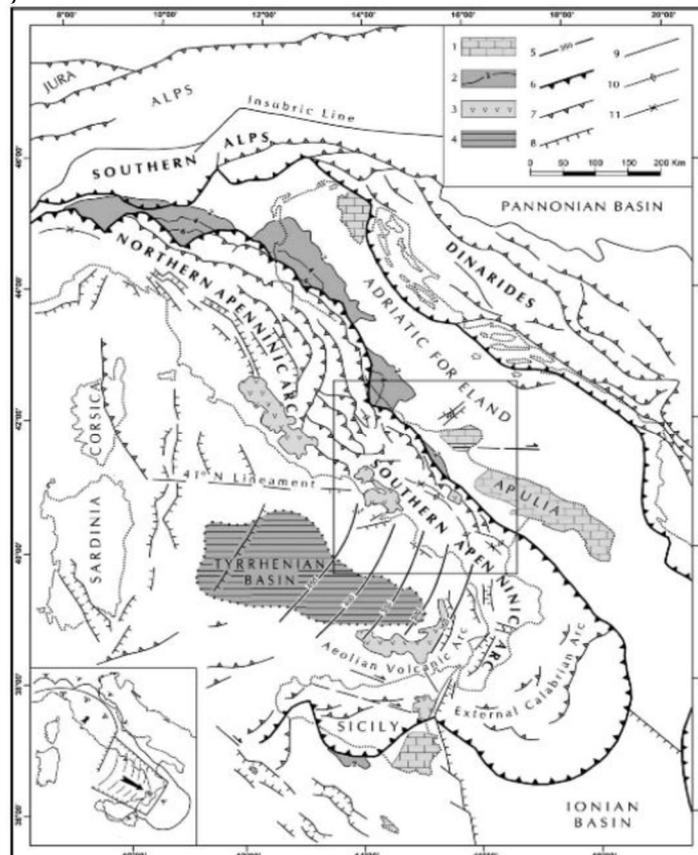


Figura 3.1 - Schema geologico-strutturale della catena appenninica; nel riquadro l'arco meridionale (Patacca & Scandone, 2007)

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

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

3.2 EVOLUZIONE GEOLOGICA

Durante il Mesozoico, il settore sud-adriatico era caratterizzato dalla presenza di un esteso dominio di piattaforma carbonatica, soggetto ad una persistente e continua subsidenza (Moretti et al. 2011). Tale dominio, comunemente identificato con la Piattaforma Apula, era parte di un'ampia porzione di litosfera continentale di derivazione africana (Promontorio Africano o Microplacca Adriatica), con caratteri tipici di un contesto geodinamico di margine passivo maturo (Bonardi et al. 2009; Moretti et al. 2011). La Microplacca Adriatica, in corrispondenza del settore pugliese, presenta una struttura piuttosto uniforme, data da un basamento cristallino Variscano ed una copertura sedimentaria spessa circa 6 km (Ricchetti et al. 1988; Bosellini et al. 1993). La successione sedimentaria che copre il basamento presenta i tipici caratteri di un margine passivo ed è caratterizzata, dal punto di vista stratigrafico, da facies fluvio-deltizie permo-triassiche (Verrucano), rocce evaporitiche triassiche (Anidriti di Burano) e da una potente impalcatura carbonatica giurassico-cretacica di piattaforma (Moretti et al. 2011). Il progressivo block faulting che ha interessato l'area durante il mesozoico ha portato, quindi, alla strutturazione di un articolato sistema di transizione da margine di piattaforma a bacino, verso Est, e di un esteso bacino intracratonico verso Ovest (Mostardini & Merlini 1986; Moretti et al. 2011).

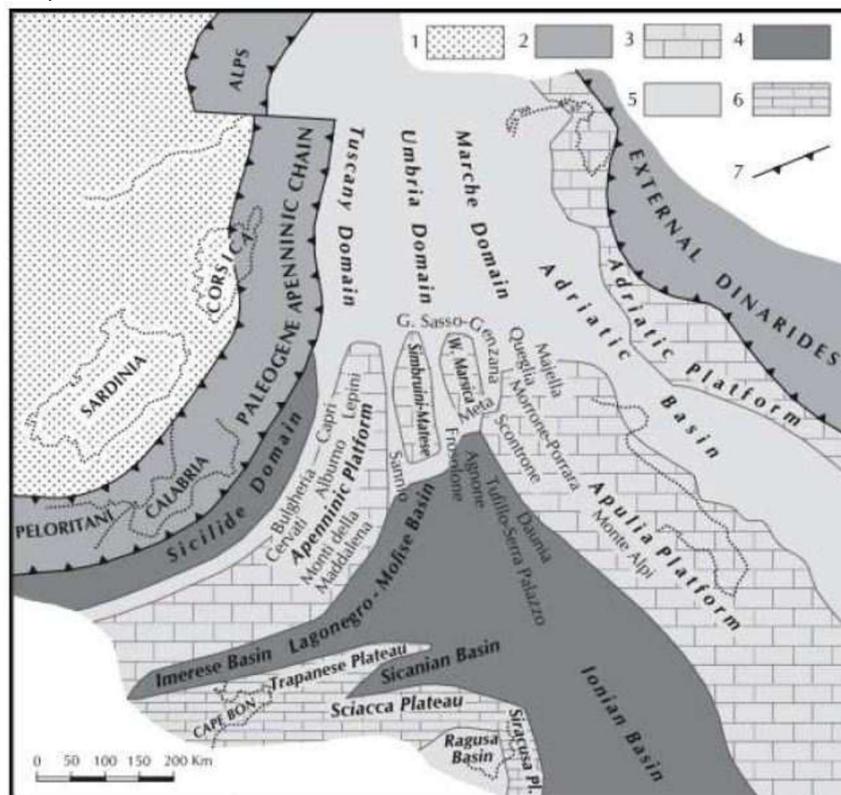


Figura 3.2 - Ricostruzione paleogeografica del paleomargine continentale africano secondo Patacca & Scandone (2007). 1) Avampaese Europeo; 2) catena del Paleogene; 3-6) Avampaese africano; 4) bacini su crosta continentale assottigliata o su crosta oceanica; 5) bacini separati da alti strutturali; 7) fronti compressivi

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

La successione carbonatica del Calcare 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-biostolitiche 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) ed all'emersione di estese porzioni della Piattaforma Apula (Scrocca & Tozzi 1999; Moretti et al. 2011). Inoltre, la presenza dei depositi bacinali dei Calcari di Monte Acuto (Santoniano) ad Ovest della successione di piattaforma interna indica che, almeno fino al Cretacico superiore, le fasi tettoniche distensive hanno interessato la piattaforma carbonatica producendo ulteriori aree bacinali, anche lungo il margine orientale del Gargano (Moretti et al. 2011). La presenza di sottili filoni di rocce ultrabasiche all'interno dei calcari mesozoici testimonia, quindi, la persistenza del regime distensivo almeno fino all'inizio del Terziario.

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

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

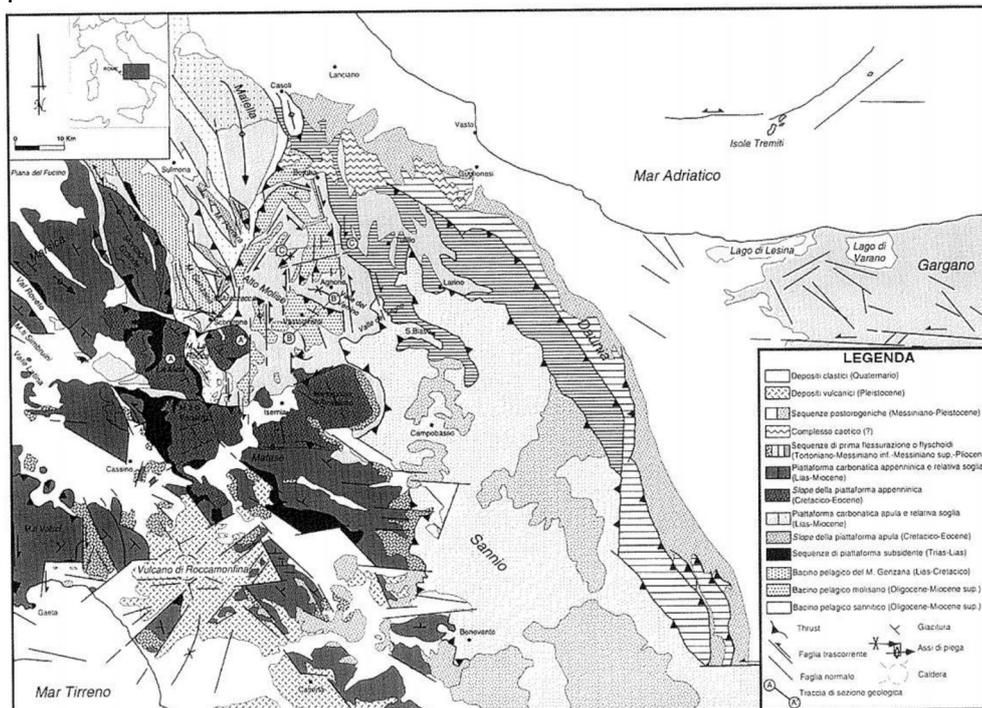


Figura 3.3 - Schema geologico della porzione molisana dell'Appennino centro-meridionale (da Di Bucci et al. 1999)

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																		
<p>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">COMMESSA</th> <th style="width: 10%;">LOTTO</th> <th style="width: 10%;">FASE</th> <th style="width: 10%;">ENTE</th> <th style="width: 10%;">TIPO DOC</th> <th style="width: 10%;">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th style="width: 10%;">PROGR</th> <th style="width: 10%;">REV</th> <th style="width: 10%;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">LI0B</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">GE 00 01</td> <td style="text-align: center;">001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">16</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE 00 01	001	D	16
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO											
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE 00 01	001	D	16											

L'avanfossa plio-pleistocenica si struttura a partire dal Pliocene inferiore, quando la formazione della Catena Appenninica era quasi ultimata. 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 (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 (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-limoso, 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 sia 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 Subappenniniche) 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 ed 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 sia dalle numerose oscillazioni eustatiche succedutesi in tale periodo. Durante il Pleistocene medio-superiore si assiste, quindi, sia all'accumulo di depositi costieri ed alluvionali sia all'erosione di estesi settori di territorio, con la conseguente formazione di un pediment regionale di carattere sia erosivo sia deposizionale (Moretti et al. 2011).

3.3 INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO

Il settore di studio si colloca nei settori esterni dell'Appennino Meridionale, nel settore di transizione tra i domini di avampaese e quelli di avanfossa (Spalluto & Moretti 2006). In particolare, la porzione di avampaese affiorante risulta composta da una spessa successione di calcari meso-cenozoici di piattaforma carbonatica (D'Argenio 1974), spesso interessati da una deformazione tettonica di tipo disgiuntivo (Funciello et al. 1988; Bertotti et al. 1999; Chilovi et al. 2000). Una marcata fase di subsidenza ha interessato i settori più occidentali dell'Avampaese Apulo tra il Pliocene inferiore ed il Pleistocene inferiore (Doglioni et al. 1994; Moretti et al. 2011). Tale fase è segnata, a livello regionale, dalla sedimentazione dei depositi carbonatici di mare basso ascriviti alla Calcarenite di Gravina e delle emipelagiti limoso-argillose delle Argille Subappenniniche (Casnedi 1978; Ciaranfi et al. 1983; Spalluto & Moretti 2006). La Calcarenite di Gravina poggia, in discordanza, sui calcari meso-cenozoici dell'Avampaese Apulo (Tropeano & Sabato 2000; Pomar & Tropeano 2001). Le Argille Subappenniniche, invece, poggiano in continuità di sedimentazione sulle calcareniti plioceniche (Casnedi & Moruzzi 1978) e marcano la fase di massimo approfondimento della Fossa Bradanica (Pieri et al. 1996).

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

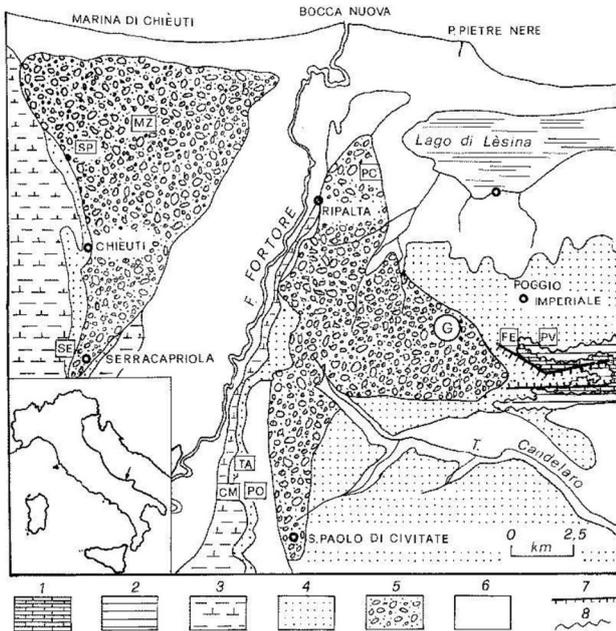


Figura 3.4: Carta geologica schematica che mostra la distribuzione dei depositi silicoclastici plio-pleistocenici nei settori costieri a ovest del Gargano. 1) Calcari cretacei; 2) Calcareni di Apricena; 3) Depositi di piattaforma e di transizione; 4) Depositi costieri; 5) Depositi fluviali; 6) Depositi alluvionali, litorali e palustri attuali; 7) Faglia a componente transtensiva; 8) Contatto regressivo (da Capuano et al. 1996)

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

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

- **Argille Subappenniniche (Pliocene medio - Pleistocene inferiore):** questa formazione, che corrisponde alle ben note Argille di Montesecco (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976), è costituita da un complesso di depositi argillosi, limosi e sabbiosi depositati tra il Pliocene medio ed il Pleistocene inferiore nel bacino della Fossa Bradanica (Azzaroli 1968; Casnedi & Moruzzi 1978; Spalluto & Moretti 2006). È formata da argille limose di colore grigio-azzurro, in strati spessi da qualche decimetro ad oltre un metro, in alternanza con argille marnose, limi e sabbie di colore grigio scuro (Lanzafame & Tortorici 1976; Spalluto & Moretti 2006). La laminazione è generalmente piano-parallela, incrociata solo negli intervalli sabbiosi, mentre la bioturbazione è molto diffusa e piuttosto intensa (Spalluto & Moretti 2006). I banchi sabbiosi presenti nella parte mediana della formazione diventano più frequenti verso l'alto, dove si assiste al graduale passaggio stratigrafico alle più recenti Sabbie di Serracapriola (Lanzafame & Tortorici 1976). Lo spessore della formazione è difficilmente valutabile a causa dell'assenza in affioramento dei livelli basali, anche se può essere stimato nell'ordine dei 1000 m sulla base di dati di pozzo (Lanzafame & Tortorici 1976; Casnedi et al. 1982; Sella et al. 1988).
- **Sabbie di Serracapriola (Pleistocene inferiore):** tale unità è costituita da sabbie quarzose di colore giallastro e rossastro, in strati o banchi di spessore da decimetrico a metrico, con locali intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976; Capuano et al. 1996; Pavia et al. 2010). Il grado di cementazione risulta piuttosto variabile mentre la stratificazione è in genere mal definita e poco

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

evidente (Lanzafame & Tortorici 1976). 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 unita e le sottostanti Argille Subappenniniche è generalmente eteropico e viene posto, convenzionalmente, dove iniziano i banchi sabbiosi più spessi (Lanzafame & Tortorici 1976; Capuano et al. 1996). Lo spessore è mediamente piuttosto limitato e solo raramente supera i 30 m (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976).

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

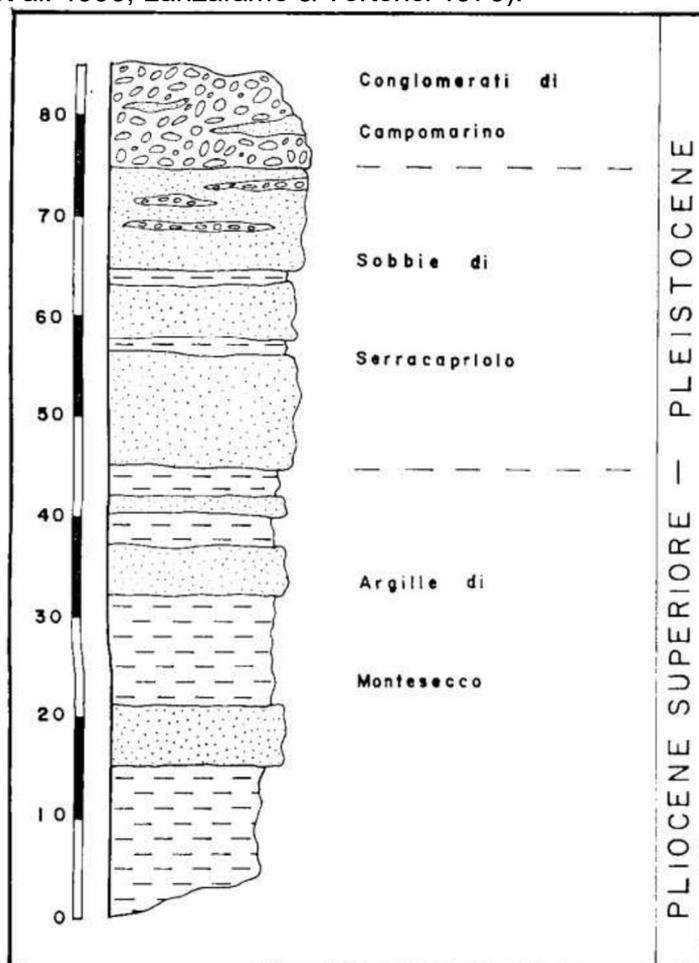


Figura 3.5 - Colonna litostratigrafica della successione regressiva plio-pleistocenica (da Lanzafame & Tortorici 1976).

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	19

- **Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene superiore):** lungo i corsi dei principali corsi d'acqua ed in prossimità della costa adriatica è presente una serie di depositi alluvionali distinguibili, sulla base di considerazioni essenzialmente morfologiche, in almeno tre ordini di terrazzi (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). I terrazzi più antichi sono costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie con locali passaggi di argille, con una copertura superficiale di "terre nere" (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). I depositi terrazzati più recenti sono formati, invece, da sabbie e argille con locali livelli ghiaiosi (Boni et al. 1969). Tali depositi poggiano in discordanza su una superficie di erosione intagliata nei terreni della successione plio-pleistocenica o, in prossimità della costa, sui Conglomerati di Campomarino (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976; Spalluto & Moretti 2006). Gli spessori sono piuttosto variabili ma generalmente compresi tra qualche metro ed i 15 m circa (Boni et al. 1969).
- **Depositi alluvionali recenti (Pleistocene superiore - Olocene):** si tratta di limi, argille e sabbie, alle quali si intercalano locali lenti conglomeratiche grossolane (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). Costituiscono ripiani elevati di alcuni metri rispetto agli alvei attuali, progressivamente in diminuzione verso la costa (Borri et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976).
- **Depositi alluvionali attuali (Olocene):** si rinvengono diffusamente in corrispondenza dei fondovalle più estesi ed importanti. Sono costituiti da ciottoli arrotondati di varie dimensioni, generalmente immersi in una matrice sabbiosa progressivamente più abbondante man mano che ci si avvicina alla foce (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976).
- **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).

3.4 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 sia quelle più profonde, derivanti dalla deformazione del dominio apulo sepolto (Patacca et al. 1992; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999; Scrocca & Tozzi 1999);
- la fase estensionale (Pleistocene medio - Olocene) è contraddistinta da estesi sistemi di faglie normali a direzione circa SW-NE e NW-SE, che hanno portato alla definizione degli attuali assetti geologici ed alla creazione di importanti strutture tettoniche a carattere regionale (Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999).

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

In particolare, il settore di interesse ricade nella zona di transizione tra i domini di avampaese e quelli di avanfossa (Spalluto & Moretti 2006), in un settore di territorio caratterizzato da elementi strutturali riferibili alla tettonica attiva tra il Pliocene ed il Pleistocene (Moretti et al. 2011). In questo periodo, quindi, l'intero Avampaese Apulo risulta interessato da due distinte fasi di evoluzione geodinamica, una di subsidenza ed una di sollevamento (Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011). La fase di subsidenza risulta attiva dal Pliocene inferiore al Pleistocene inferiore (Doglioni et al. 1994; Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011) ed è segnata dalla sedimentazione, a livello regionale, della Calcarenite di Gravina e delle Argille subappenniniche (Ciaranfi et al. 1983; Moretti et al. 2011). A tale fase sono connesse alcune faglie dirette ad attività sin-sedimentaria, prodottesi durante la deposizione della Calcarenite di Gravina (Moretti et al. 2011). Si tratta di stretti semi-graben estesi per poche decine di metri, con rigetti misurabili piuttosto contenuti e tendenzialmente in diminuzione verso l'alto (Moretti et al. 2011). Localmente, in corrispondenza di tali faglie, è possibile osservare blocchi di calcari miocenici franati all'interno della Calcarenite di Gravina, che testimoniano probabilmente la presenza di falesie instabili in corrispondenza delle suddette strutture tettoniche (Moretti et al. 2011). Non sono presenti, invece, evidenze di strutture tettoniche attive durante la deposizione delle Argille Subappenniniche, che testimoniano la prosecuzione della fase di subsidenza almeno fino al Pleistocene inferiore (Doglioni et al. 1994; Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011). A partire dal Pleistocene medio, l'intero Avampaese Apulo è stato caratterizzato da un moderato sollevamento tettonico (Ciaranfi et al. 1983; Ricchetti et al. 1988; Doglioni et al. 1994; Gambini & Tozzi 1996; Spalluto & Moretti 2006), ben documentato a scala regionale dai depositi regressivi della Fossa Bradanica e dai depositi marini terrazzati ampiamente affioranti nell'area (Ciaranfi et al. 1988; Tropeano et al. 2002).

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

3.5 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

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.

3.5.1 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.

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 dorsali 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.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.p.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001



Figura 3.6 - Formazione delle Argille Subappennine (ASP) nel foro di sondaggio SPE6.

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.

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-limoso. 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.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001



Figura 3.7 - 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.

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?. 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

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro S.p.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	23



Figura 3.8 - Affioramento della facies conglomeratico-sabbiosa dei Conglomerati di Campomarino (CGC1), nel comune di Serracapriola, in località Massa della Brecciarà.

rinvengono sottili livelli di argille limose di colore verdastro e intercalazioni medio-fini di sabbie grossolane di colore grigio e giallastro, spesso a stratificazione incrociata.

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.

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.

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

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR
LI0B	02		E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	24

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.



Figura 3.9 - 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.

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

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	25

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 arrotondate a molto 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.

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.

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.

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 rinvengono 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 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.



Figura 3.10 - 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

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	26

luoghi si rinvennero 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.

Depositi alluvionali recenti

Tali depositi si rinvennero 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 rinvennero 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 ed arrotondate; a luoghi si rinvennero 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 rinvennero 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 rinvennero 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.

Depositi alluvionali attuali

I terreni in questione si rinvennero 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 rinvennero 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 rinvennero 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 rinvennero 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.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro S.p.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

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.



Figura 3.11 - Affioramento dei terreni sabbioso-limosa delle Coltri eluvio-colluviali (b2), nel comune di Campomarino, in sinistra del V.ne de Miglia.

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.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	28

3.6 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.

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																		
<p>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 10%;">COMMESSA</th> <th style="width: 10%;">LOTTO</th> <th style="width: 10%;">FASE</th> <th style="width: 10%;">ENTE</th> <th style="width: 10%;">TIPO DOC</th> <th style="width: 10%;">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th style="width: 10%;">PROGR</th> <th style="width: 10%;">REV</th> <th style="width: 10%;">FOGLIO</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LI0B</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">GE 00 01</td> <td style="text-align: center;">001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">29</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE 00 01	001	D	29
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO											
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE 00 01	001	D	29											

4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il rilevamento geomorfologico ha avuto principalmente come scopo quello di individuare eventuali criticità interferenti con il tracciato ferroviario in progetto, attraverso l'individuazione di elementi e forme del paesaggio che possano favorire fenomeni di dissesto di varia natura.

Il rilevamento geomorfologico ha avuto inizio a partire dallo studio degli elaborati del PD (Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e geologico-tecnica ed elaborati cartografici); inoltre, è stata eseguita anche una ricerca bibliografica, finalizzata a raccogliere il maggior numero di informazioni sull'area di interesse, eventualmente non disponibili in fase di progettazione definitiva (carte topografiche, immagini telerilevate, studi, pubblicazioni scientifiche e relazioni tecniche). Successivamente, l'acquisizione di dati, elementi ed informazioni di tipo geomorfologico è avvenuta sia attraverso osservazioni dirette di terreno e considerando le finalità del lavoro richiesto, nonché l'estensione dell'area da indagare ed il livello di precisione da raggiungere, per il rilevamento sono state utilizzate carte in scala da 1:10.000 a 1:2.000 (Linee guida al rilevamento geomorfologico del Servizio Geologico Nazionale, 1994).

Gli esiti dello studio sono rappresentati graficamente nella cartografia geomorfologica redatta per il presente Progetto Esecutivo.

4.1 CARATTERI GEOMORFOLOGICI GENERALI

Dal punto di vista geomorfologico generale, la morfologia del territorio nel quale ricade il comparto progettuale risulta fortemente condizionata dalle caratteristiche litologiche dei litotipi affioranti e dalla recente evoluzione geologico-strutturale dell'area. Quest'ultima, in particolare, è strettamente connessa al sollevamento della Catena Appenninica (Parea 1986), che ha prodotto, nel corso del tempo, costanti incrementi dell'energia di rilievo e marcati approfondimenti del reticolo idrografico locale.

I settori costieri dell'Appennino Centrale 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 (Parea 1978).

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. In particolare, il principale corso d'acqua che sfocia nel tratto di litorale oggetto del presente studio è il F. Fortore; nei settori di valle, tale fiume scorre 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).

Tale corso d'acqua prima di giungere nell'attuale piana costiera, incide con una valle ampia e relativamente poco profonda 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).

L'ampia 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 ed allungate mediamente in direzione circa E-W.

Nel tratto più esterno invece, 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).

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001	REV D

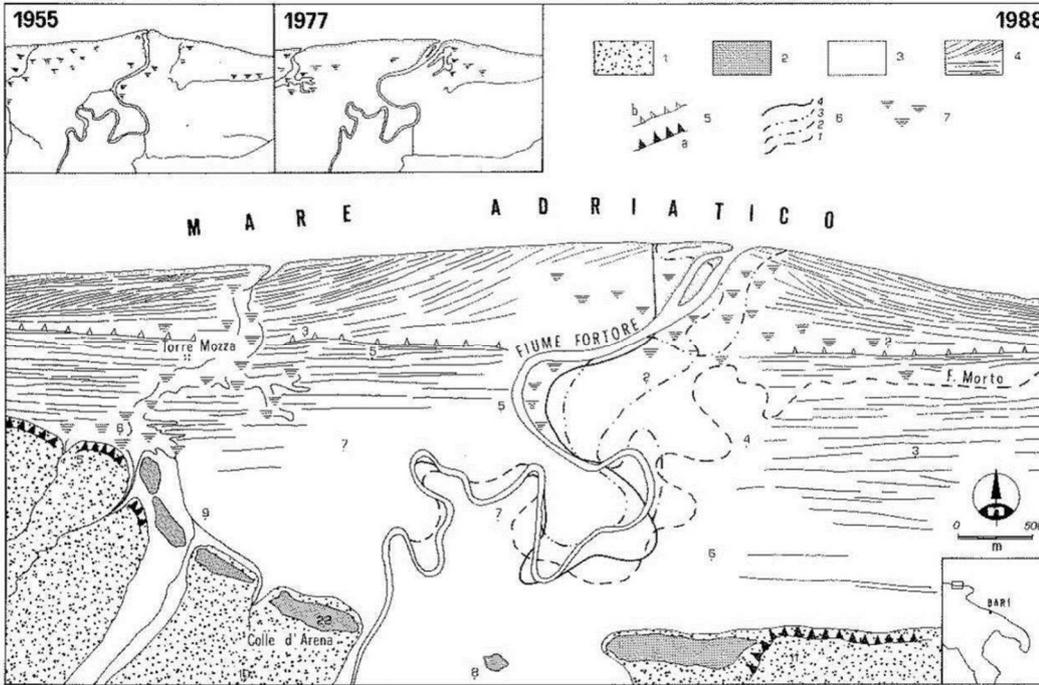


Figura 4.1 - Aspetti morfologici della zona di foce del F. Fortore: 1) depositi alluvionali terroso-sabbiosi pre-olocenici; 2) lembi residui di un cordone dunare costruito probabilmente durante l'optimum climatico; 3) depositi alluvionali olocenici; 4) allineamenti di creste di dune; 5) ripe di abrasione 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).

4.2 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; Brondiet al. 1976). Alle 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).

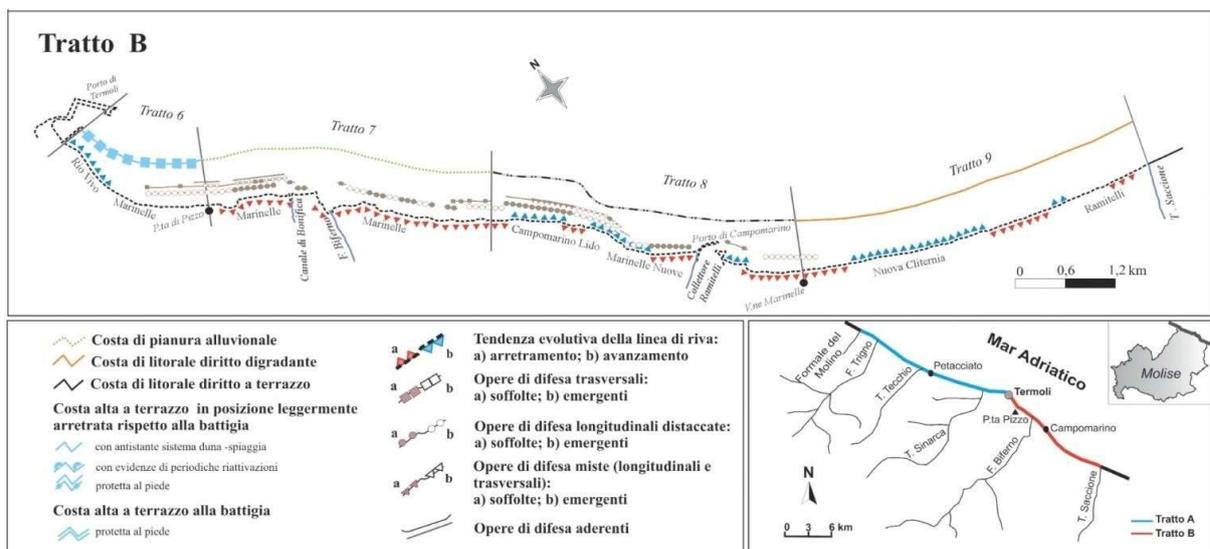


Figura 4.2 - Schema di sintesi di morfotipi costieri, tendenze evolutive e strutture di protezione costiera presenti lungo la costa molisana (da Aucelli et al. 2009a).

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	31

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 crinaliche separano le principali incisioni fluviali sono caratterizzati dalla presenza di estese scarpate che rappresentano le antiche linee di costa (Parea 1986). In 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 cuspide 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).

4.3 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).

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

4.4 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.

4.5 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.



Figura 4.3 - 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.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	33

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.

4.6 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.

4.7 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.

4.8 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.

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.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	34

Si tratta essenzialmente di piccoli 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

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.

4.9 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 interdigeriti 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 vallecicole 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.

4.10 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.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro S.p.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001	REV D



Figura 4.4 – 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.

4.11 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 rinvengono, 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.

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

4.12 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).

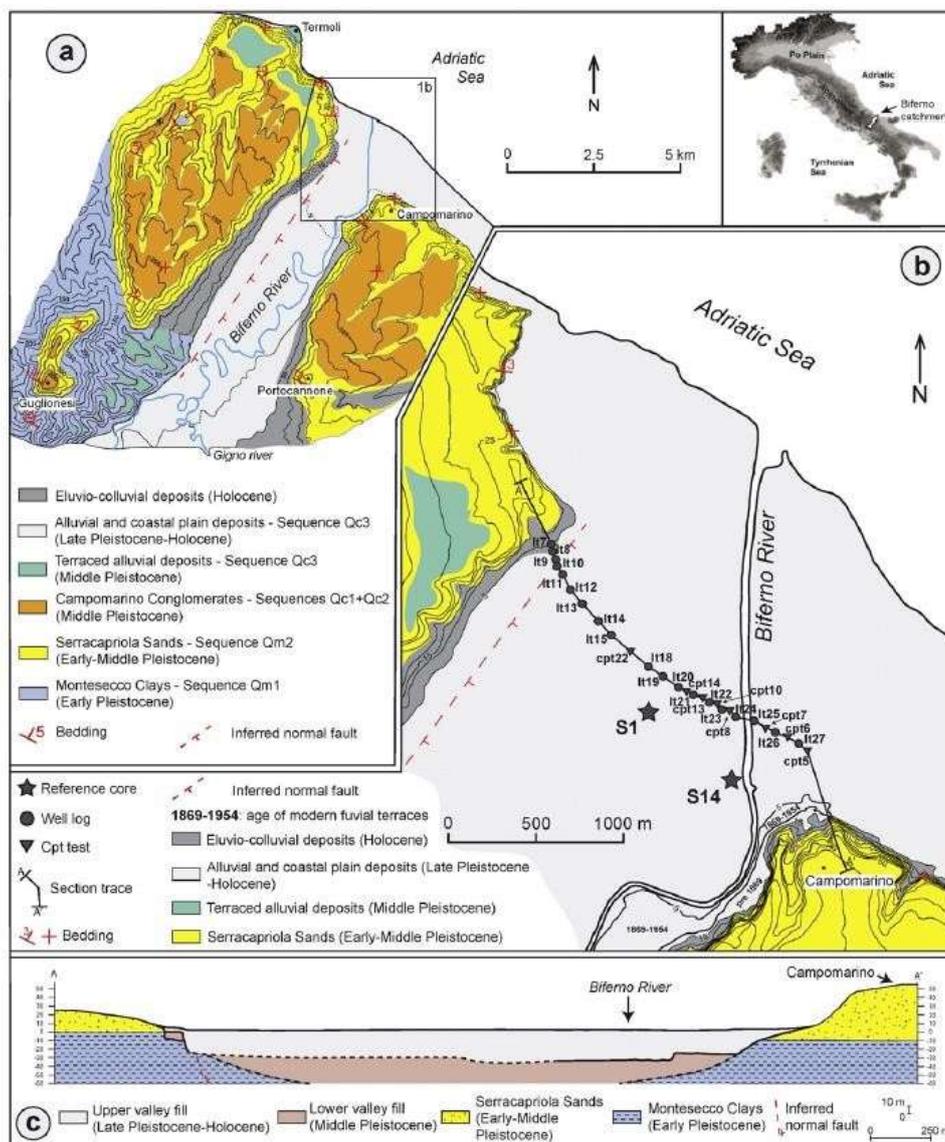


Figura 4.6 – Piana costiera del Fiume Biferno (da Amorosi et al. 2016): a) schema geologico della bassa valle del Fiume Biferno, b) schema geologico di dettaglio del sistema di foce, c) sezione trasversale nella zona di foce.

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

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	37

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).

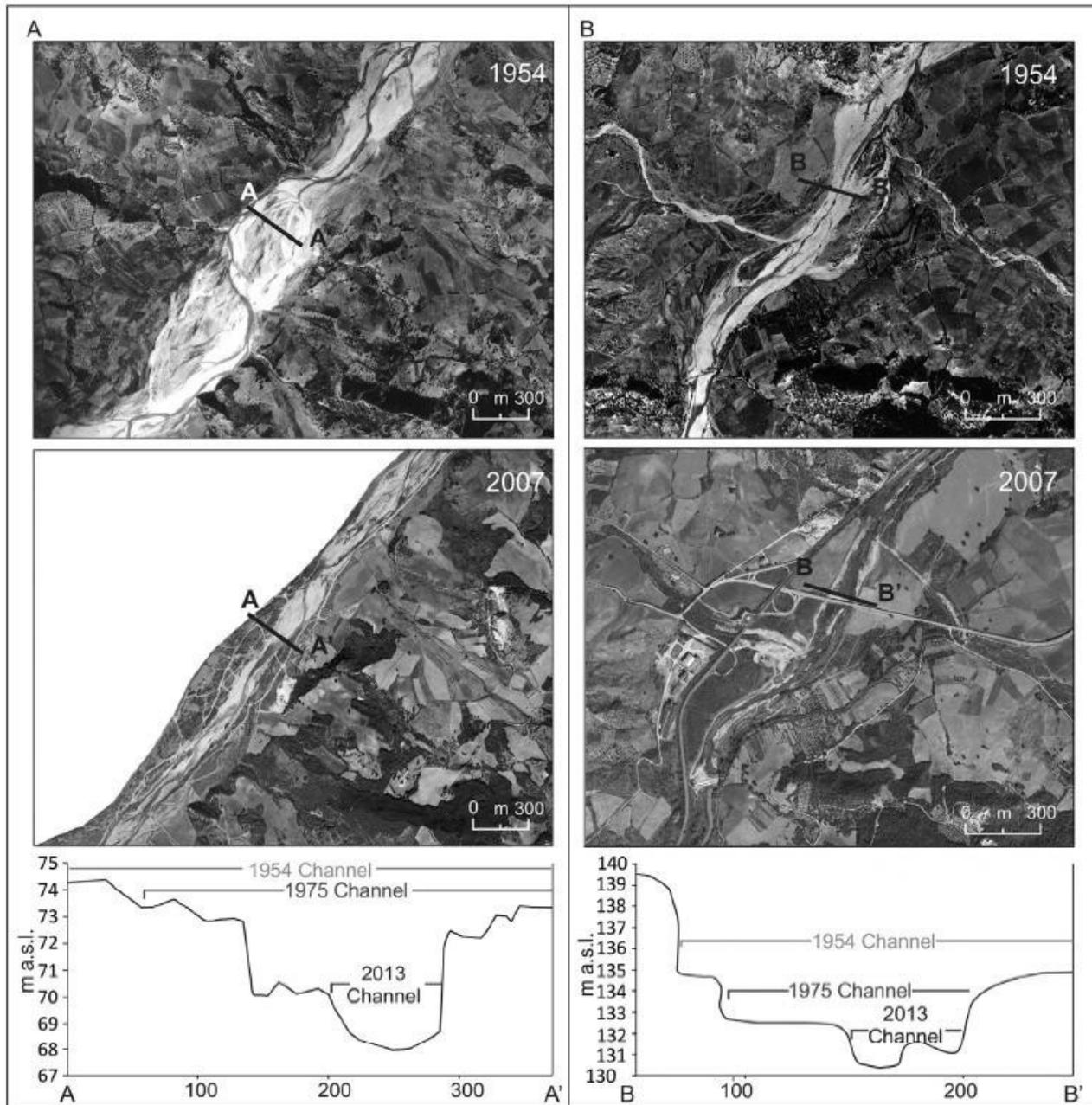


Figura 4.7 - Sezioni trasversali mostranti l'incisione del canale fluviale durante il periodo compreso tra il 1954 e il 2013 (da Scorpio et al. 2015): a) Fiume Trigno; b) Fiume Biferno.

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 subite le variazioni morfologiche più importanti nel corso degli ultimi decenni, soprattutto a causa della realizzazione dell'invaso artificiale (Aucelli et al. 2009b).

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	38

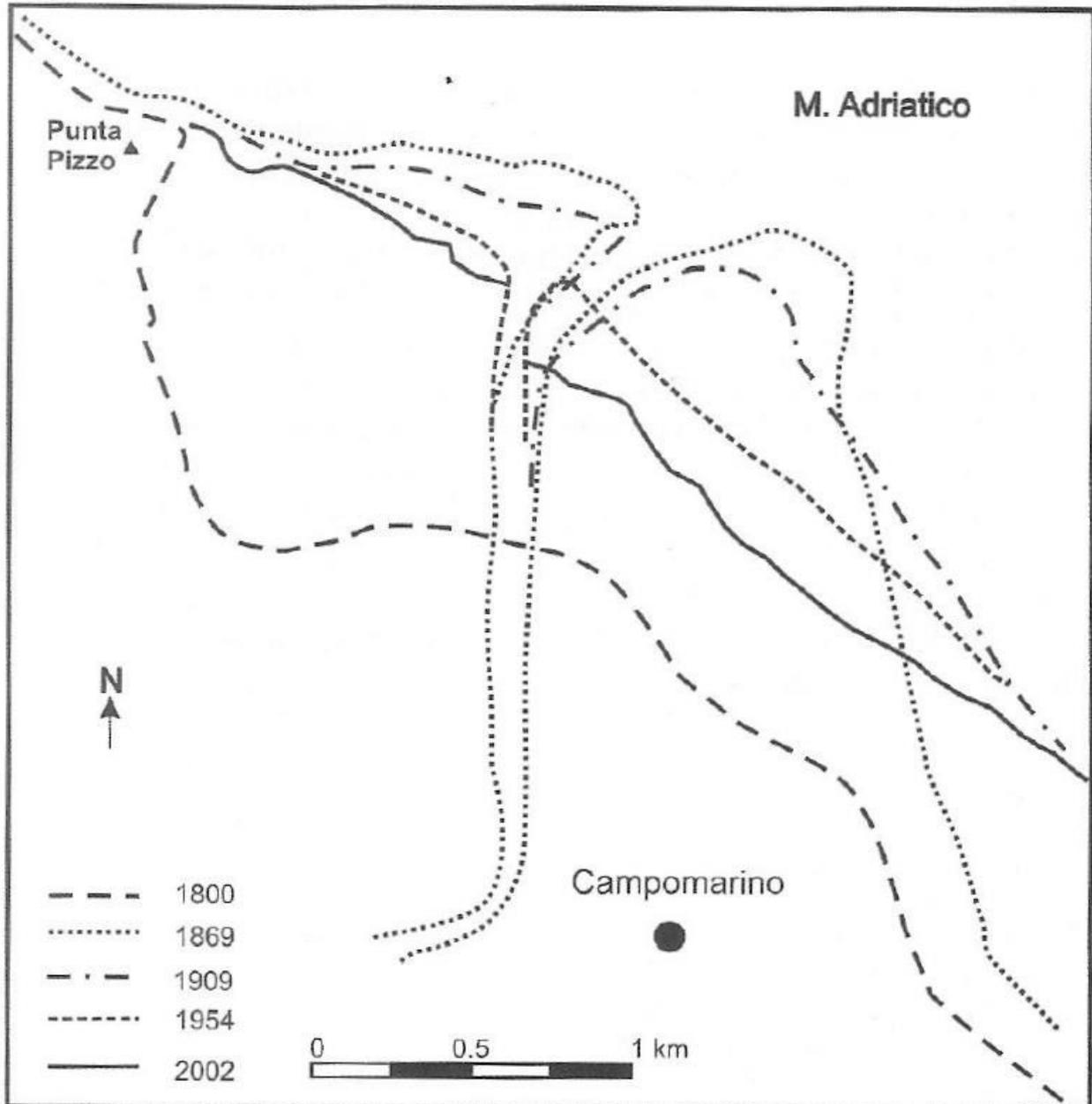


Figura 4.8 – Evoluzione morfologica recente della foce del Fiume Biferno tra 1800 al 2004 (da Aucelli et al. 2009).

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; Roskopf & 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).

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

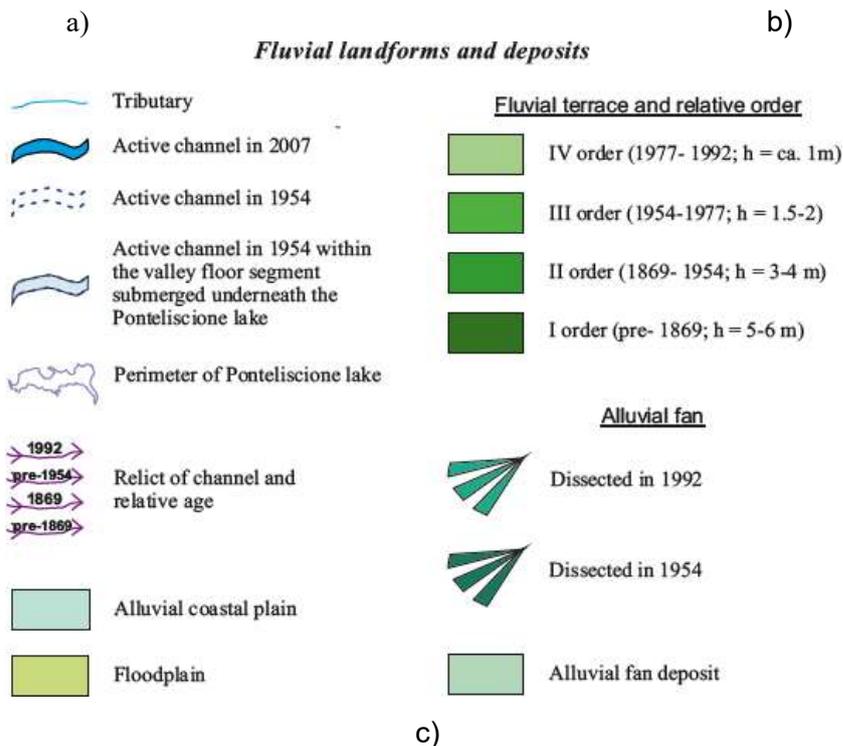
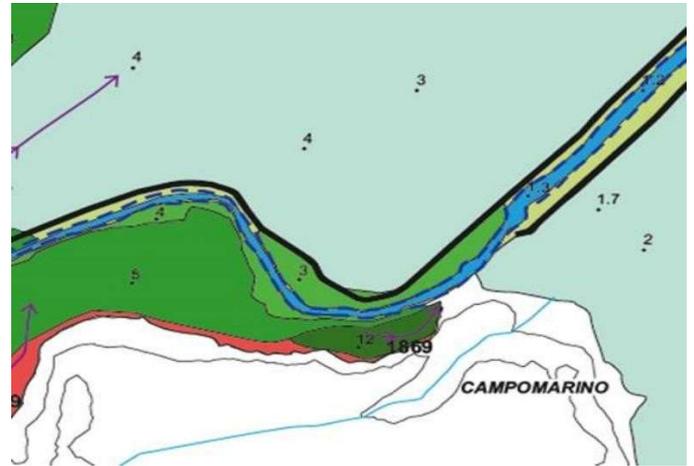
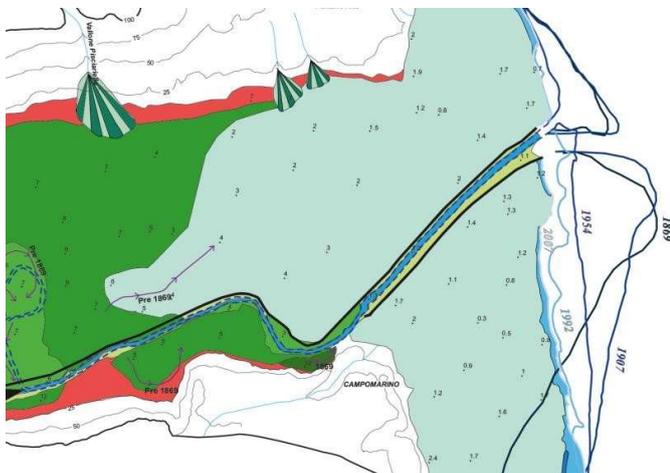


Figura 4.9 – Carta geomorfologica della foce del Fiume Biferno (da Roszkopf & Scorpio 2013): a) carta geomorfologica del basso corso del Fiume Biferno; b) dettaglio geomorfologico della zona di interesse; c) legenda geomorfologica

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; Roszkopf & Scorpio 2013), come testimoniato dai terrazzi di I e II ordine che già nel 1954 costituivano delle superfici terrazzate.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	40

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 cuspid 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 maniere 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	125 126	4334-4336 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 – Sintesi delle foto aeree e delle ortofoto utilizzate per l'analisi multitemporale dei principali sistemi fluviali della zona di intervento.

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	41

Analisi multitemporale del Fiume Biferno



Figura 4.10 – A) Foto aerea 1954, B) Ortofoto 1988 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>).

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geologica, geomorfologica
ed idrogeologica**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	42



Figura 4.11 – Foto aerea 1992.

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	43



Figura 4.12 – A) Ortofoto 1994 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>), B) Ortofoto 2000 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>).

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	44



Figura 4.13 – A) Ortofoto 2006 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>), B) Ortofoto 2012 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>).

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.p.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

Analisi multitemporale del Torrente Saccione

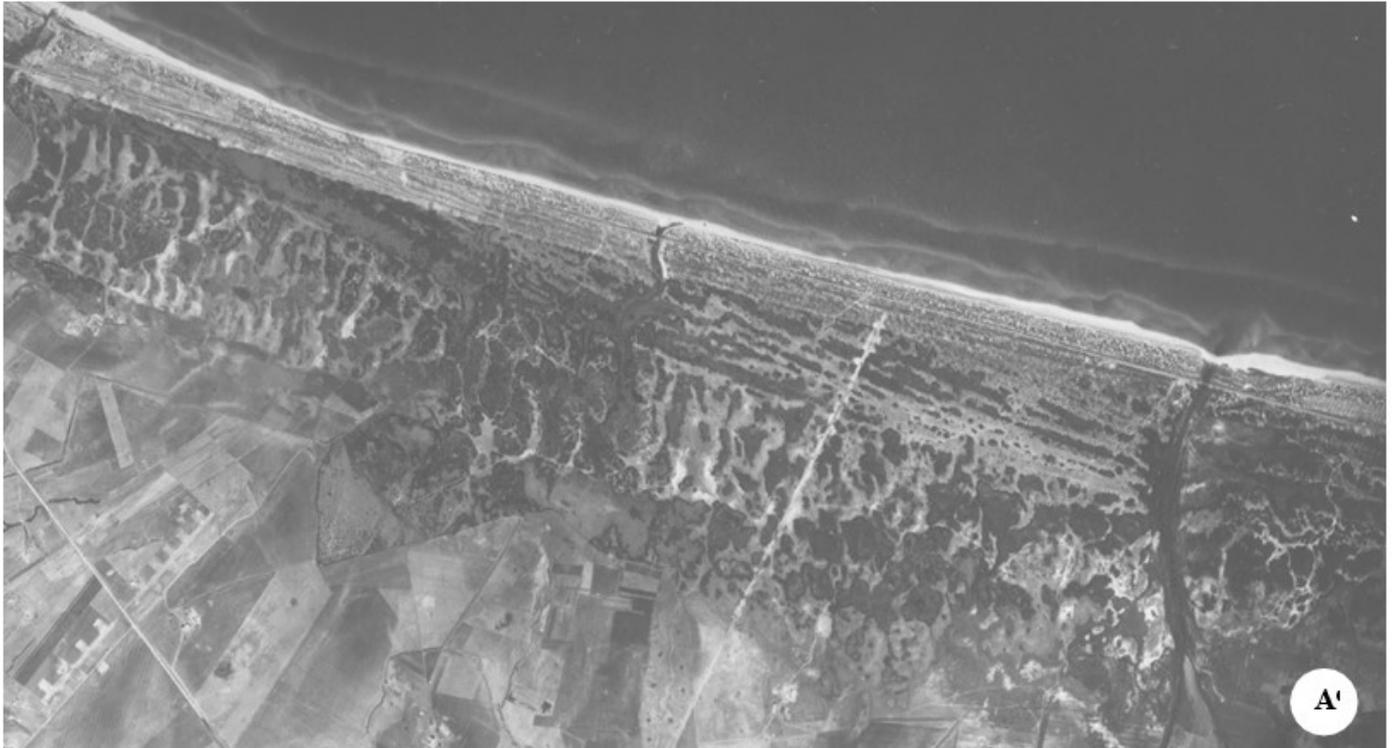


Figura 4.14 – A) Foto aerea 1954, B) Ortofoto 1988 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>).

**Relazione geologica, geomorfologica
ed idrogeologica**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	46



Figura 4.15 – A) Ortofoto 1994 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>), B) Ortofoto 2000 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>).

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	47



Figura 4.16 – A) Ortofoto 2006 (<http://www.pcn.minambiente.it/viewer/>), B) Ortofoto 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 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

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	48

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 alle 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.

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																						
<p>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">LI0B</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">GE</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">49</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	49
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	49													

5. PIANO DI STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) E PIANO GESTIONE RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)

Nell'ambito delle valutazioni circa le peculiarità geomorfologiche dell'area in studio è stata analizzata anche la cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico per il bacino interregionale del F. Fortore (Autorità di Bacino Interregionale dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore, 2005); in particolare, si è fatto riferimento alla perimetrazione della pericolosità da frana ed idraulica. La cartografia della pericolosità geomorfologica (o da frana) individua tre classi, (definite PF1, PF2 e PF3) che corrispondono a gradi crescenti di pericolosità, ottenute mediante il raffronto tra la propensione al dissesto di un'area, gli indici di attività dei fenomeni franosi censiti e la cartografia dei dissesti. Nel dettaglio, le classi di pericolosità di versante sono così definite:

- PF1, aree a pericolosità moderata;
- PF2, aree a pericolosità elevata;
- PF3, aree a pericolosità estremamente elevata.

Anche la cartografia della pericolosità idraulica individua tre classi, (definite P1, P2 e P3) che corrispondono a gradi crescenti di pericolosità idraulica, ottenute mediante l'analisi dei tempi di ritorno delle piene. Nel dettaglio, le classi di pericolosità idraulica sono così definite:

- P1 (aree a pericolosità bassa), corrispondente al limite raggiungibile in caso di portata di piena con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni;
- P2 (aree a pericolosità moderata), corrispondente al limite raggiungibile in caso di portata di piena con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni;
- P3 (aree a pericolosità alta), corrispondente al limite raggiungibile in caso di portata di piena con tempo di ritorno inferiore a 30 anni.

Viene inoltre individuata la fascia di riassetto fluviale definita, sulla base dell'art.7 delle Norme di Attuazione, come "l'insieme delle aree all'interno delle quali si possono far defluire con sicurezza le portate caratteristiche di un corso d'acqua, comprese quelle relative ad eventi estremi e ad eventi con tempo di ritorno di 200 anni, mediante la realizzazione di tutte le opere necessarie all'assetto definitivo del corso d'acqua..."

RISCHIO FRANE.

Per quanto concerne il rischio frana l'area in cui passa l'intero tracciato ferroviario non è soggetta a fenomeni franosi.

Per quanto riguarda il Rischio Frana sono stati visionati gli elaborati PAI inerenti il rischio relativo ai territori comunali che saranno interessati dal tracciato ferroviario ed è stato dedotto che l'opera in progetto non è soggetta a fenomeni franosi.

A seguire sono riportati gli elaborati PAI circa il rischio frana del Comune di Campomarino, all'interno del quale ricadrà la galleria di Campomarino.

Sono stati visionati i seguenti elaborati:

T.02.05 – Carta della pericolosità da frana e da valanga – assetto di versante (1:10000) – Comune di Campomarino;

T.03.05 – Carta del rischio da frana e da valanga – assetto di versante (1:10000) – comune di Campomarino.

Dalla consultazione degli elaborati PAI si deduce che il sito in cui verrà realizzata la galleria di Campomarino non ricade in aree soggette a pericolosità e a rischio frana.

**Relazione geologica, geomorfologica
ed idrogeologica**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	50

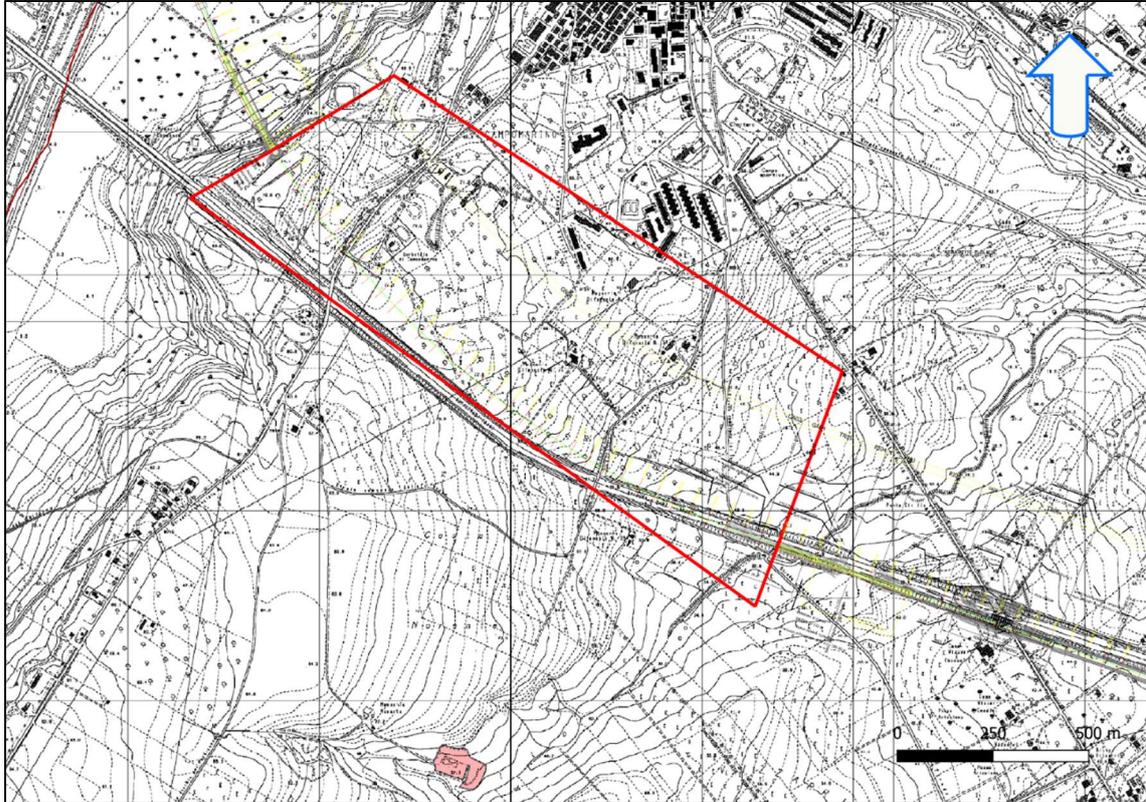


Figura 5.1 – stralcio carta della pericolosità da frana PAI (T.02.05), con indicazione del comparto di interesse (1:10000)

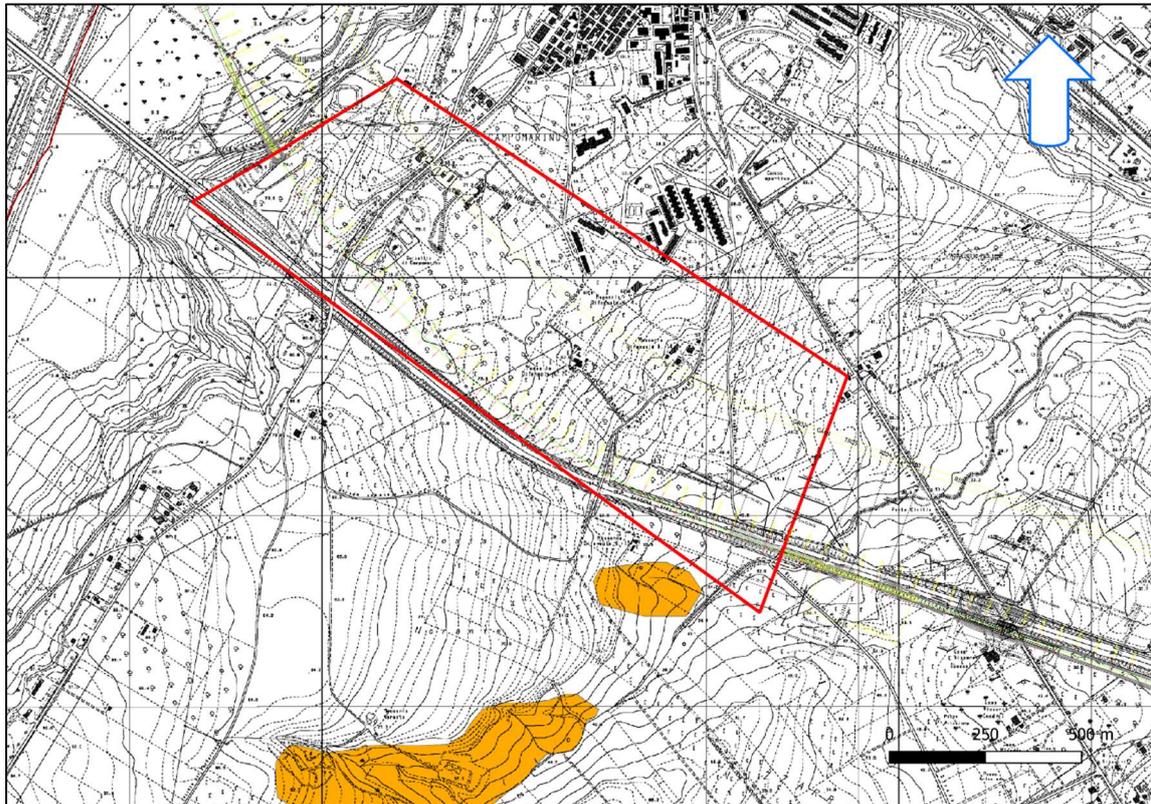


Figura 5.2 - stralcio carta della pericolosità da frana PAI (T.03.05), con indicazione del comparto di interesse (1:10000)

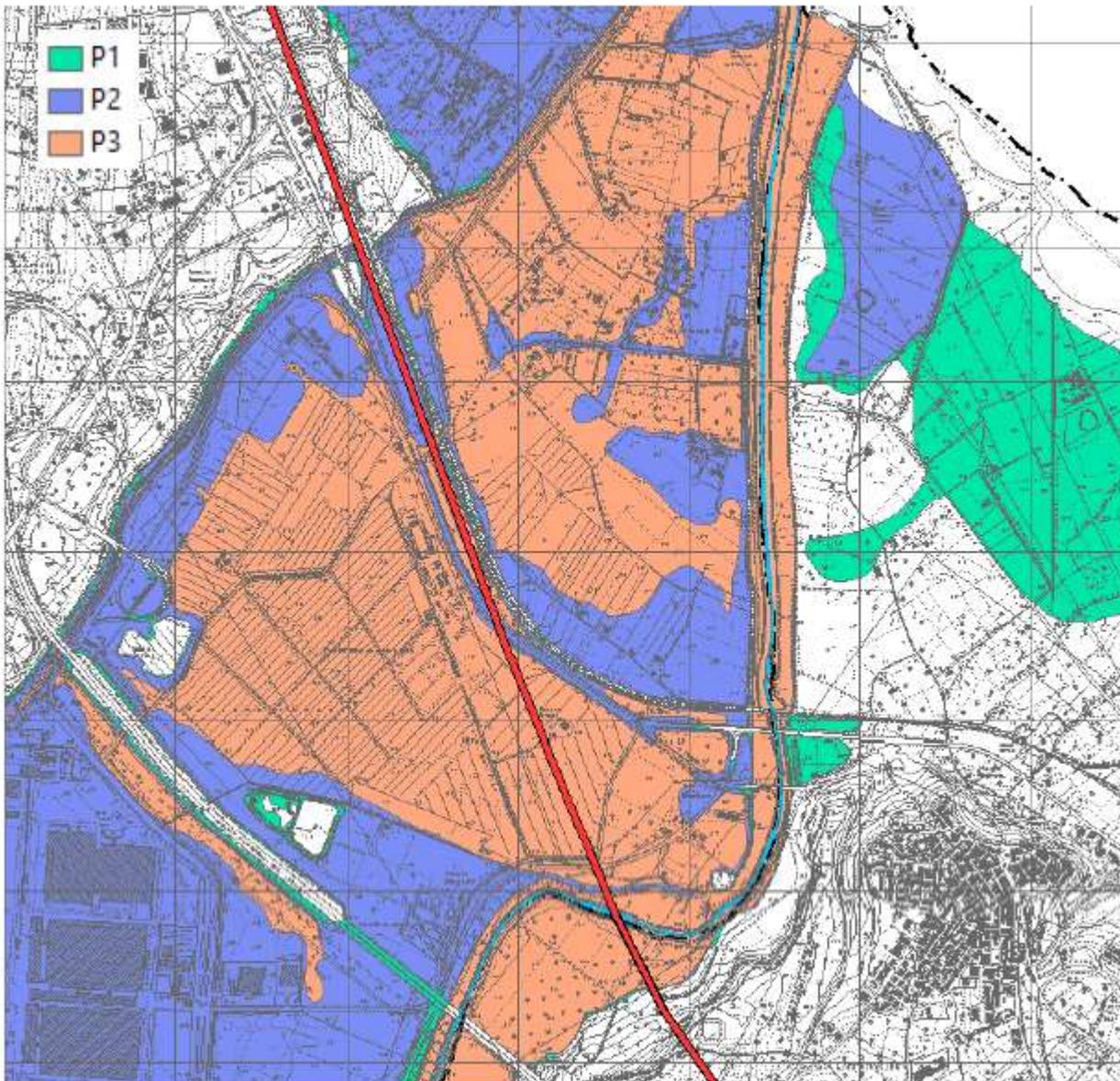
**Relazione geologica, geomorfologica
ed idrogeologica**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	51

RISCHIO IDRAULICO.

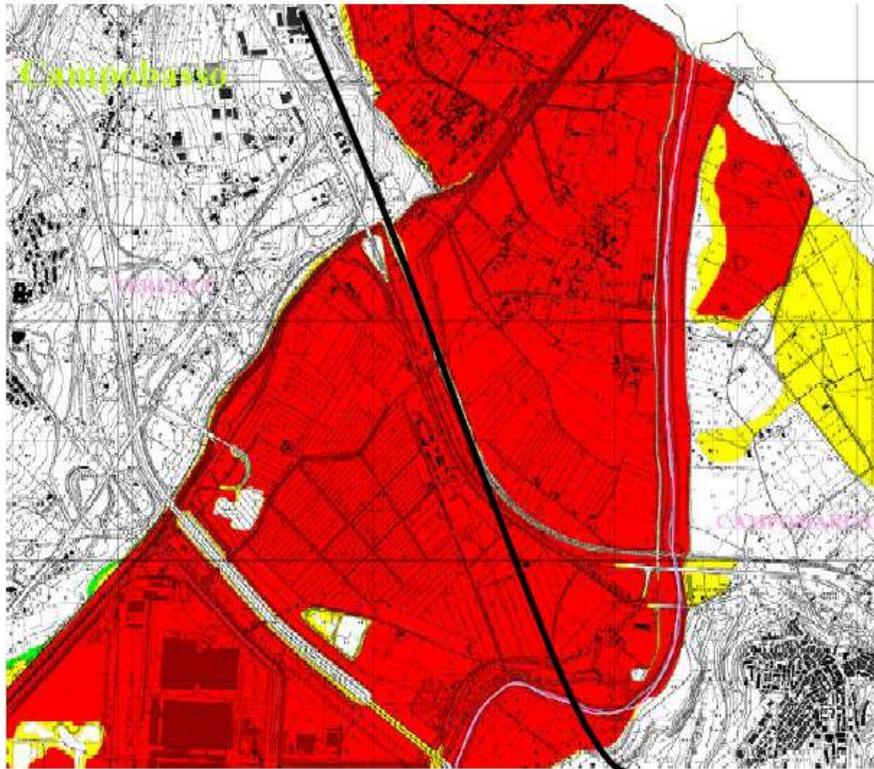
Dagli elaborati grafici seguenti relativi alle carte di pericolosità idraulica si evince come l’infrastruttura ferroviaria di progetto sia in gran parte interna alla perimetrazione del Piano di Bacino e attraversi aree classificate come ad alta e media pericolosità idraulica PI3 e PI2 rispettivamente, evidenziate nella Figura 5.3 in color salmone ed azzurro scuro). Infine, in Figura 5.4 è riportato un estratto della carta del Rischio idraulico:

la parte di valle del bacino del f. Biferno attraversato dalla linea ferroviaria ricade in zona R4 “aree/elementi a rischio molto elevato”.



*Figura 5.3 - Pericolosità idraulica nella parte di valle del bacino del f. Biferno attraversato dalla
linea ferroviaria*

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001



R4 aree elementi a rischio molto elevato	sono possibili perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale
R3 aree elementi a rischio elevato	sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni
R2 aree elementi a rischio medio	sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
R1 aree elementi a rischio moderato o nullo	i danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli

Figura 5.4 - Rischio idraulico nella parte di valle del bacino del f. Biferno attraversato dalla linea ferroviaria

Dagli elaborati grafici seguenti relativi alle carte di pericolosità idraulica si evince come l'infrastruttura ferroviaria di progetto, in corrispondenza degli attraversamenti del Fiume Biferno e del Fiume Saccione, intercetti le perimetrazioni del Piano di Bacino e attraversi aree classificate come ad alta pericolosità idraulica PI3 (Figura 5.5).

Le Norme Tecniche di Attuazione del Progetto di Piano Stralcio del l'Assetto Idrogeologico del Bacini interregionali dei Fiumi Biferno e Saccione classificano le aree di pericolosità come:

- a) Aree a pericolosità idraulica alta (PI3): aree inondabili per tempo di ritorno minore o uguale a 30 anni;
- Aree a pericolosità idraulica moderata (PI2): aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 30 e minore o uguale a 200 anni;
- c) Aree a pericolosità idraulica bassa (PI1): aree inondabili per tempo di ritorno maggiore di 200 e minore o uguale a 500 anni

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

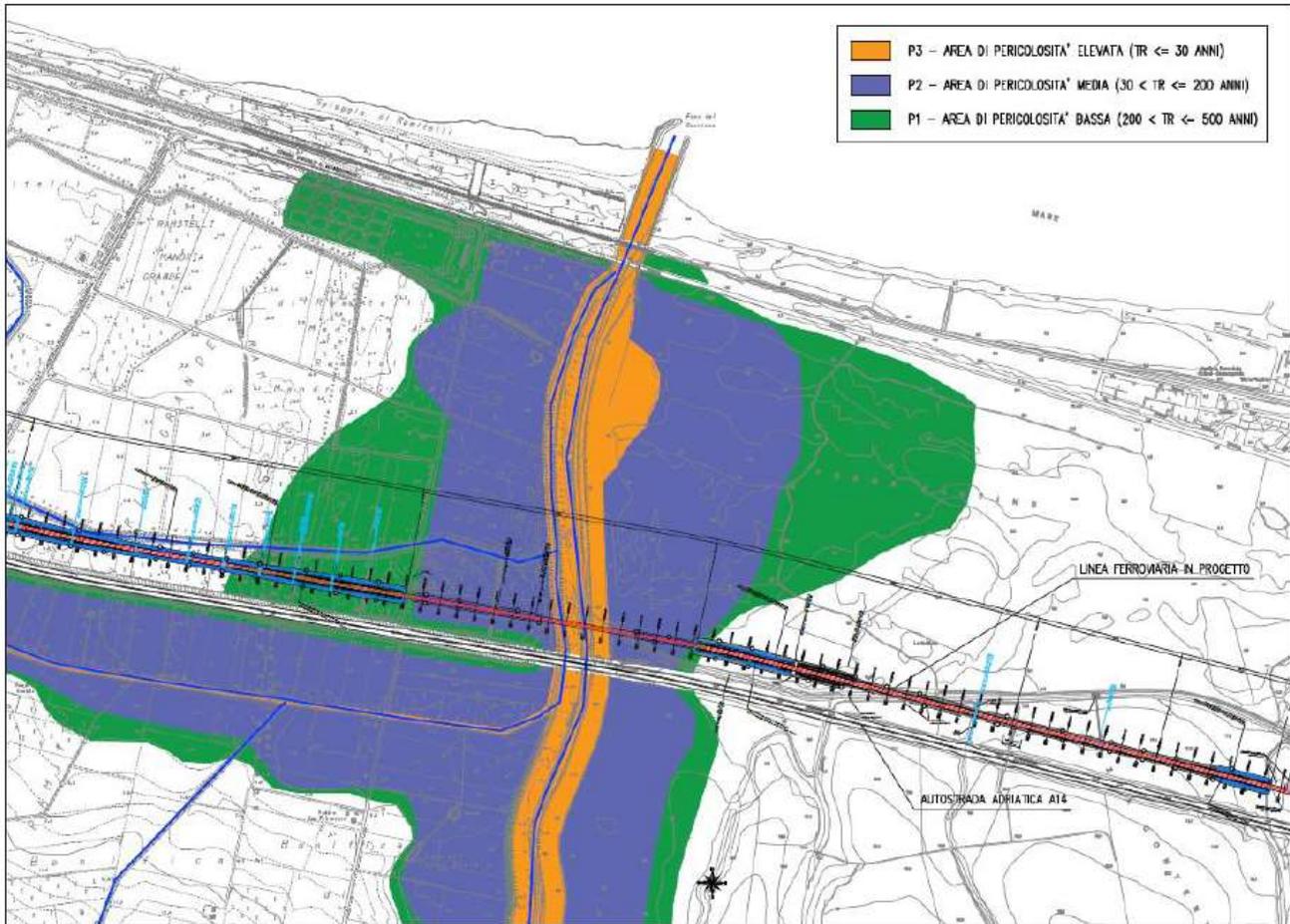


Figura 5.5 - Aree di pericolosità idraulica del Torrente Saccione.

A seguire sono riportati gli elaborati PAI circa il rischio frana del Comune di Campomarino, all'interno del quale ricadrà la galleria di Campomarino.

Sono stati visionati i seguenti elaborati:

T.04.18 – Carta della pericolosità idraulica – assetto idraulico (1:10000), comune di Campomarino;

T.05.18 – Carta del rischio idraulico – assetto idraulico (1:10000), comune di Campomarino.

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	54

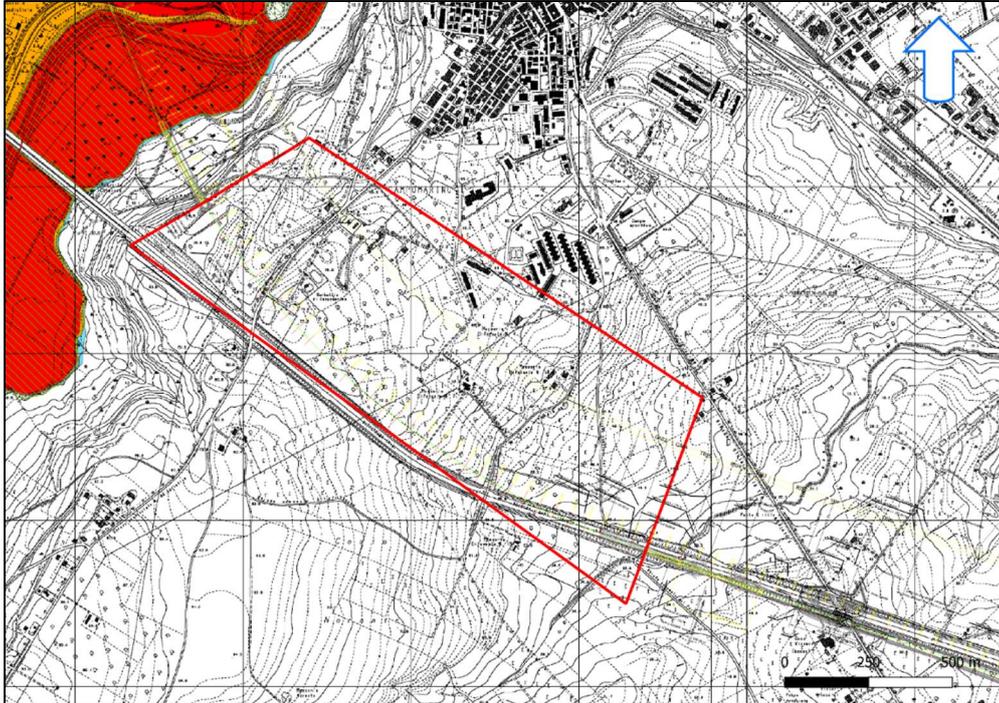


Figura 5.6 - stralcio carta della pericolosità idraulica PAI (T.04.18), con indicazione del comparto di interesse (1:10000)

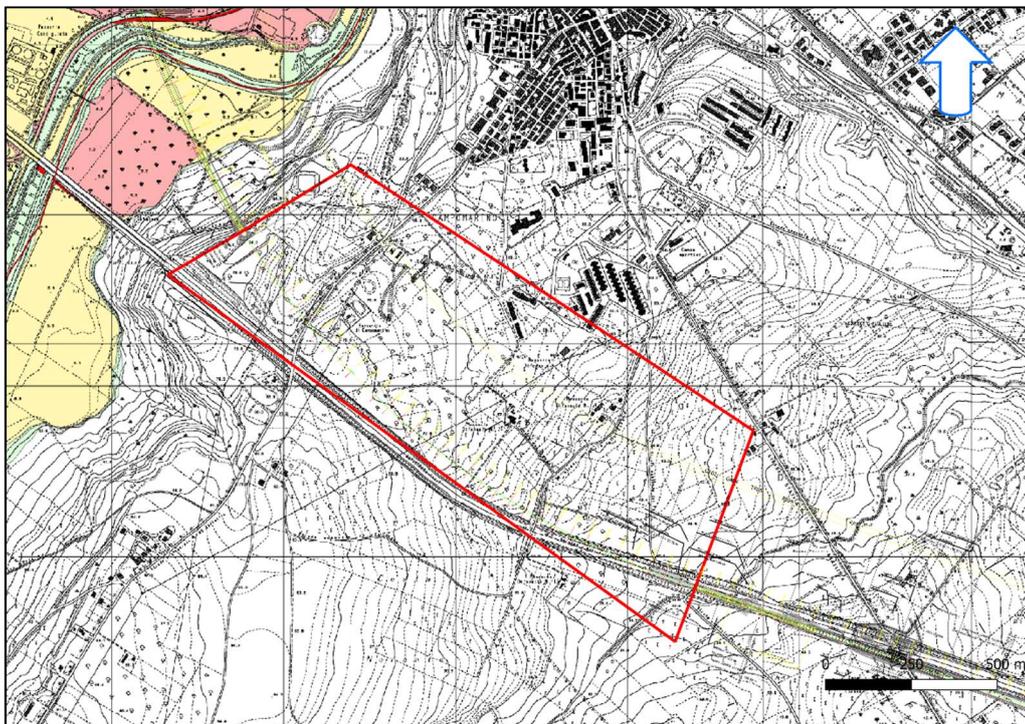


Figura 5.7 - stralcio carta del rischio idraulico PAI (T.04.18), con indicazione del comparto di interesse (1:10000)

Si riporta altresì lo stralcio cartografico delle "Aree di Attenzione PGRA" riconosciute nell'ambito dell'area in oggetto. Dalla consultazione del PGRA 2021 si deduce che determinati tratti del tracciato ferroviario ricadono in aree di attenzione del PGRA come si può osservare nella figura sottostante.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

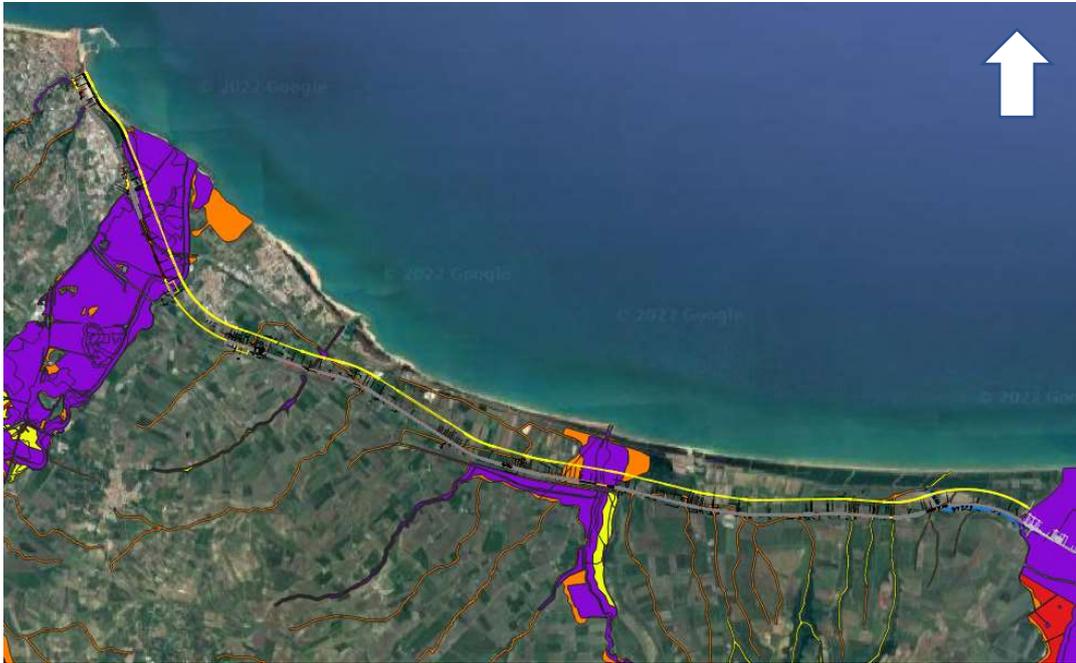


Figura 5.8 – stralcio PGRA 2021

In seguito si riporta lo stralcio del PGRA dell'area in cui verrà realizzata la galleria di Campomarino e da cui si deduce che tale tratto non ricade in area di attenzione del PGRA.

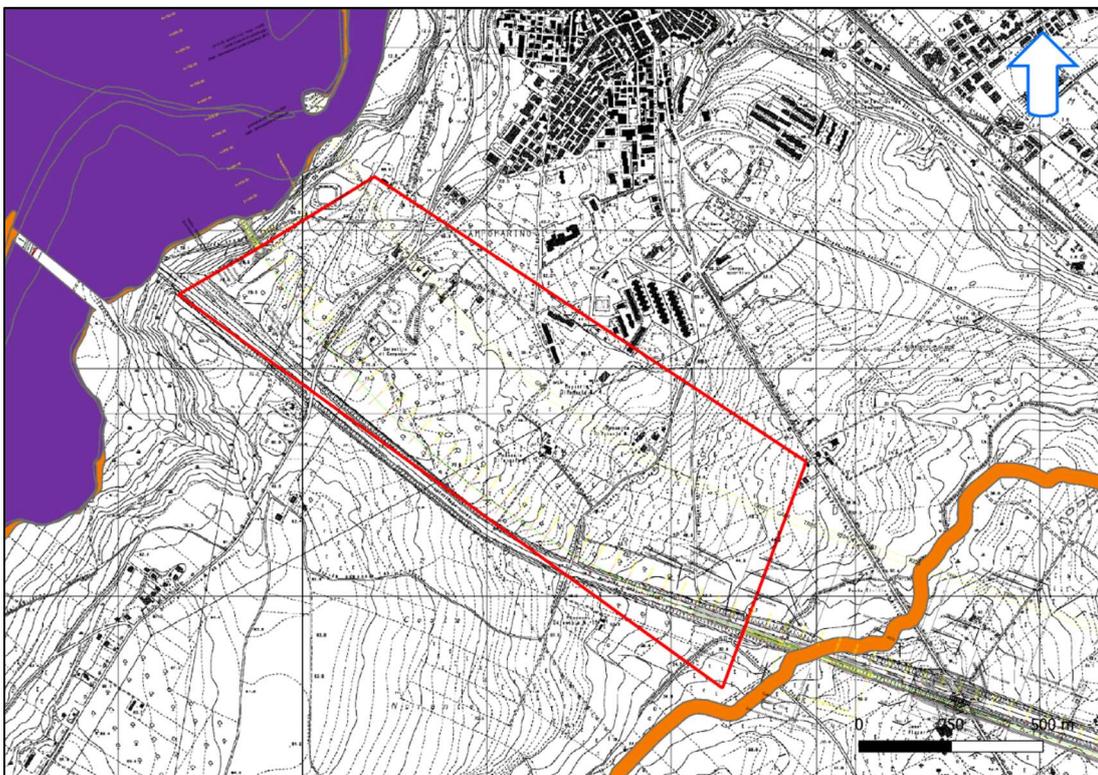


Figura 5.9 – stralcio inquadramento PGRA 2021, con indicazione del comparto di interesse (da servizio WMS Geoportale nazionale)

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>										
<p>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</p>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	56

Tali aree, costituiscono ambiti per i quali necessitano approfondimenti di studio per la precisa classificazione dei livelli di pericolosità e di rischio di alluvioni. Nell'attuale fase di aggiornamento delle mappe PAI a quelle del PGRA, le aree di attenzione PGRA, vengono inserite nelle mappe delle varianti di aggiornamento al solo fine di tutelarle attraverso un opportuno regime di norme di salvaguardia, oggetto del presente documento, e che resteranno in vigore fino all'approvazione delle suddette varianti di approfondimento (e comunque non oltre tre anni) e quindi escluse dalla disciplina delle norme dia attuazione dei PAI anche successivamente all'approvazione delle varianti di aggiornamento.

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001	REV D

6. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

6.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE

I settori esterni dell'Appennino Meridionale sono caratterizzati da un'elevata complessità delle caratteristiche idrogeologiche, riconducibile sia al particolare assetto strutturale dell'area sia alla grande varietà di termini litologici affioranti (Celico et al. 2007).

In particolare, i litotipi presenti nei settori di specifico interesse progettuale possono essere riferiti all'ambito idrogeologico degli acquiferi porosi plio-quadernari. Questi acquiferi sono costituiti da sedimenti plioquadernari formati in ambiente subaereo o marino, riferibili quindi a depositi detritico-colluviali, alluvionali, lacustri e costieri, in parte emersi a seguito delle fasi di sollevamento della Catena Appenninica (Maggiore et al. 1996; Celico et al. 2007).

Si tratta, ovviamente, di acquiferi di particolare importanza ai fini del reperimento di risorse idriche sotterranee, sia per l'intenso uso del territorio che caratterizza le aree di affioramento di tali depositi sia per la soggiacenza relativamente bassa della zona di saturazione (Celico et al. 2007). Questi terreni costituiscono acquiferi continui, in genere eterogenei ed anisotropi, sempre permeabili per porosità e, solo in rari casi, anche per fessurazione (Celico 1986; Celico et al. 2007).

Tale carattere idrogeologico è riconducibile alla natura prevalentemente clastica dei depositi, che solo in pochi casi presentano un certo grado di cementazione (Celico et al. 2007). Anche in questi casi, tuttavia, la cementazione non ha mai avuto un ruolo equivalente al processo di diagenesi, conferendo raramente a questi terreni un carattere eminentemente litoide (Celico et al. 2007).

La permeabilità è in genere molto variabile e sempre strettamente connessa alle 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; Celico et al. 2007).

In particolare, possono essere individuati due distinti gruppi di ambienti sedimentari caratterizzati da differenti processi di trasporto e deposizione, rispettivamente controllati dalla gravità e dalle acque di ruscellamento (Celico et al. 2007).

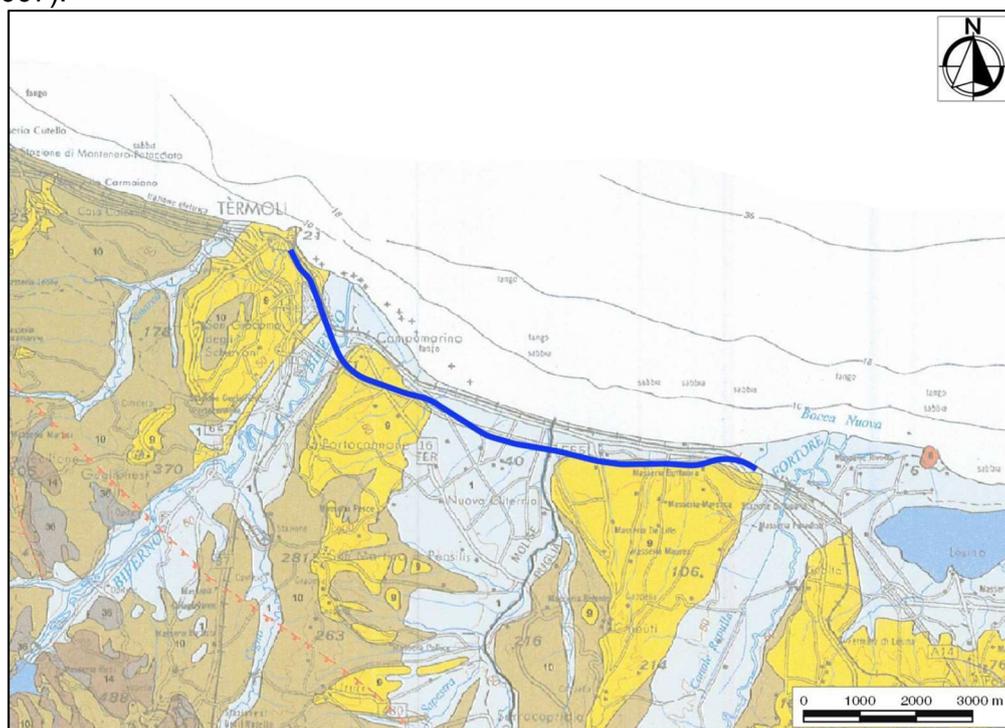


Figura 6.1 - Stralcio della Carta idrogeologica dell'Italia Meridionale, in scala 1:250,000 (da Allocca et al. 2007), con indicazione del tracciato di progetto (in blu)

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																						
<p>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">LI0B</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">GE</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">58</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	58
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	58													

Al primo gruppo sono riconducibili i depositi di talus e di falda detritica presenti alla base dei maggiori rilievi montuosi che, pur costituendo acquiferi eterogenei ed anisotropi, sono contraddistinti da un grado di permeabilità generalmente piuttosto elevato (Celico et al. 2007). Nei settori dove 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 (Celico et al. 2007). I depositi che ricadono nel secondo gruppo di ambienti sedimentari sono i più rappresentati nei settori di studio e possono essere suddivisi a loro volta in numerosi sub-ambienti, contraddistinti da differente energia del mezzo di trasporto idraulico (Celico et al. 2007). Tali ambienti sono distribuiti sul territorio secondo un percorso in cui l'energia di trasporto idraulico tende a diminuire progressivamente, a partire dall'ambiente di conoide pedemontana fino a quello di pianura costiera, passando attraverso tutti gli ambiti fluviali intermedi (Celico et al. 2007). Tutti questi sub-ambienti sono contraddistinti, a loro volta, da un'energia del mezzo idraulico variabile nel tempo in relazione all'entità degli apporti pluviometrici (Celico et al. 2007). Ciò comporta la deposizione di termini litologici fortemente eterogenei che, per la continua divagazione dei corsi d'acqua, si ritrovano variamente giustapposti tra loro sia lateralmente che verticalmente (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; Celico et al. 2007).

In questi ambiti idrogeologici, quindi, la presenza di intercalazioni pelitiche all'interno dei depositi sabbioso-ghiaiosi determina una scomposizione del deflusso idrico sotterraneo in una serie di falde sovrapposte, da libere a confinate (Celico 1986; Celico 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 (Celico et al. 2007). In molti casi, comunque, il suddetto schema di circolazione idrica sotterranea può essere semplificato a causa della scarsa continuità dei livelli meno permeabili, che non consente un'efficace separazione tra le differenti falde sovrapposte (Celico et al. 2007). Invece, a scala globale, il comportamento di questi acquiferi è schematicamente assimilabile a quello di un unico corpo idrico sotterraneo, avente un recapito unitario (Maggiore et al. 2004; Celico et al. 2007). Ovviamente, le falde degli ambienti alluvionali e costieri risultano alimentate direttamente sia dalle acque superficiali che si infiltrano nel terreno sia dai travasi idrici sotterranei delle strutture idrogeologiche con cui sono a contatto (Cotecchia 1956; Maggiore et al. 1996; Celico 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. Localmente, la tipologia di rapporti tra falde sotterranee e 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 (Celico et al. 2007).

6.1.1 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).

6.1.2 Schema idrogeologico generale del 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):

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	59

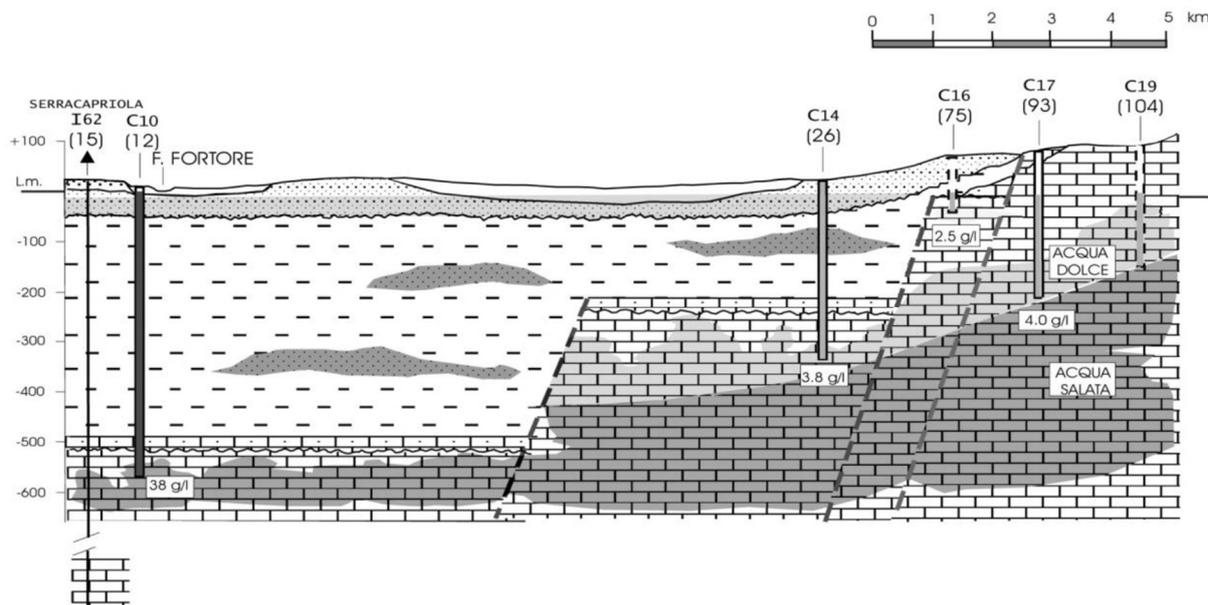


Figura 6.2 - Sezione idrogeologica relativa alla zona del Tavoliere delle Puglie posta a Ovest del Promontorio del Gargano, tra il F. Fortore e Apricena (da Maggiore et al. 2004).

- 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

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	60

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).

6.2 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.

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	61

6.2.1 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 in ambito dell'emissione definitiva del progetto in oggetto.

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.

6.2.1.9.1 Complessi delle unità del substrato sedimentario

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

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 rinvengono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, in strati da medi a spessi.

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.

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 a 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.

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

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	62

arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono 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.

6.2.1.9.2 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.

Complesso ghiaioso-sabbioso

Questo complesso è costituito dalle litofacies ghiaioso-sabbiose dei depositi alluvionali e marini (**gb1, bn1, bb1, ba1**) che si rinvencono, 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 rinvencono 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 sedi di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, 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.

Complesso sabbioso-limoso

A tale complesso sono riferiti i terreni sabbioso-limosi dei depositi alluvionali e costieri (**gb2, ga2, bn2, bb2, ba2**) che si rinvencono, 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 rinvencono passaggi di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, 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.

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 rinvencono 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 rinvencono passaggi di limi, limi sabbiosi, sabbie e sabbie limose, a struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondante sostanza organica e locali ghiaie poligeniche da

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																		
<p>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">COMMESSA</th> <th style="width: 10%;">LOTTO</th> <th style="width: 10%;">FASE</th> <th style="width: 10%;">ENTE</th> <th style="width: 10%;">TIPO DOC</th> <th style="width: 10%;">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th style="width: 10%;">PROGR</th> <th style="width: 10%;">REV</th> <th style="width: 10%;">FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">LI0B</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">GE 00 01</td> <td style="text-align: center;">001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">63</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE 00 01	001	D	63
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA	PROGR	REV	FOGLIO											
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE 00 01	001	D	63											

sub-arrotondate ad arrotondate; torbe e terreni organici, a struttura indistinta, con locali frammenti di foglie e radici; a luoghi si rinvencono 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 *acquitar* 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.

Complesso detritico-colluviale

Il presente complesso è rappresentato dai depositi olocenici, di natura essenzialmente detritico-colluviale (**b2**), che spesso si rinvencono 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 rinvencono 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.

6.3 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 semiconfiniate. 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, anchese 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, dalla presenza di importanti passaggi grossolani corrispondenti alle antiche aste

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																						
<p>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">LI0B</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">GE</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">64</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	64
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	64													

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, anchese non sono da escludere locali scambi idrici con i principali corsi d'acqua dell'area, almeno nei periodi più piovosidell'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.

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.

6.4 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 adue 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).

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

Legenda

Complessi idrogeologici
 Grado di vulnerabilità intrinseca

- Elevato
- Alto
- Medio
- Basso
- Molto Basso

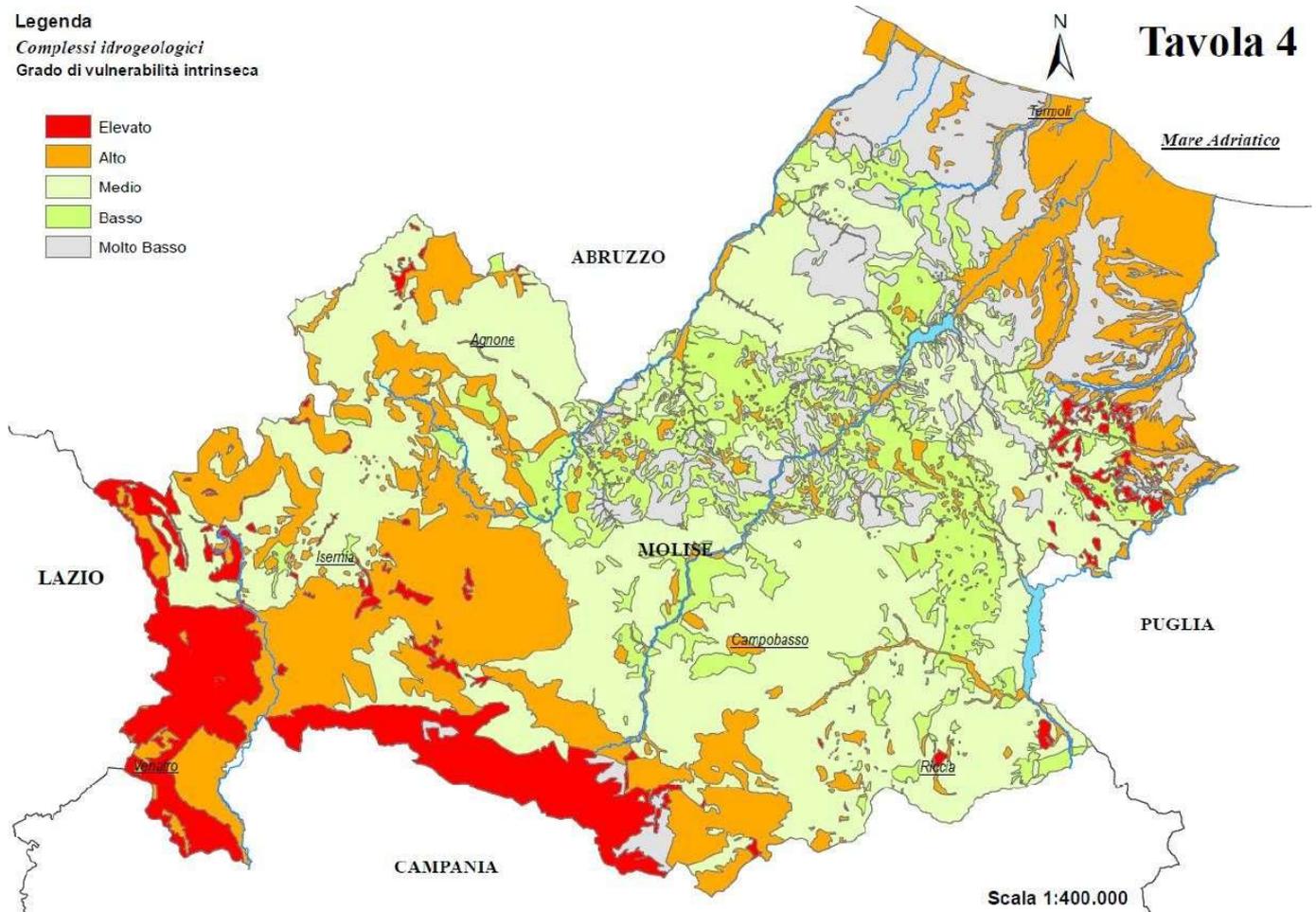


Figura 6.3 - Carta della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi all'inquinamento della Regione Molise (2016).

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.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

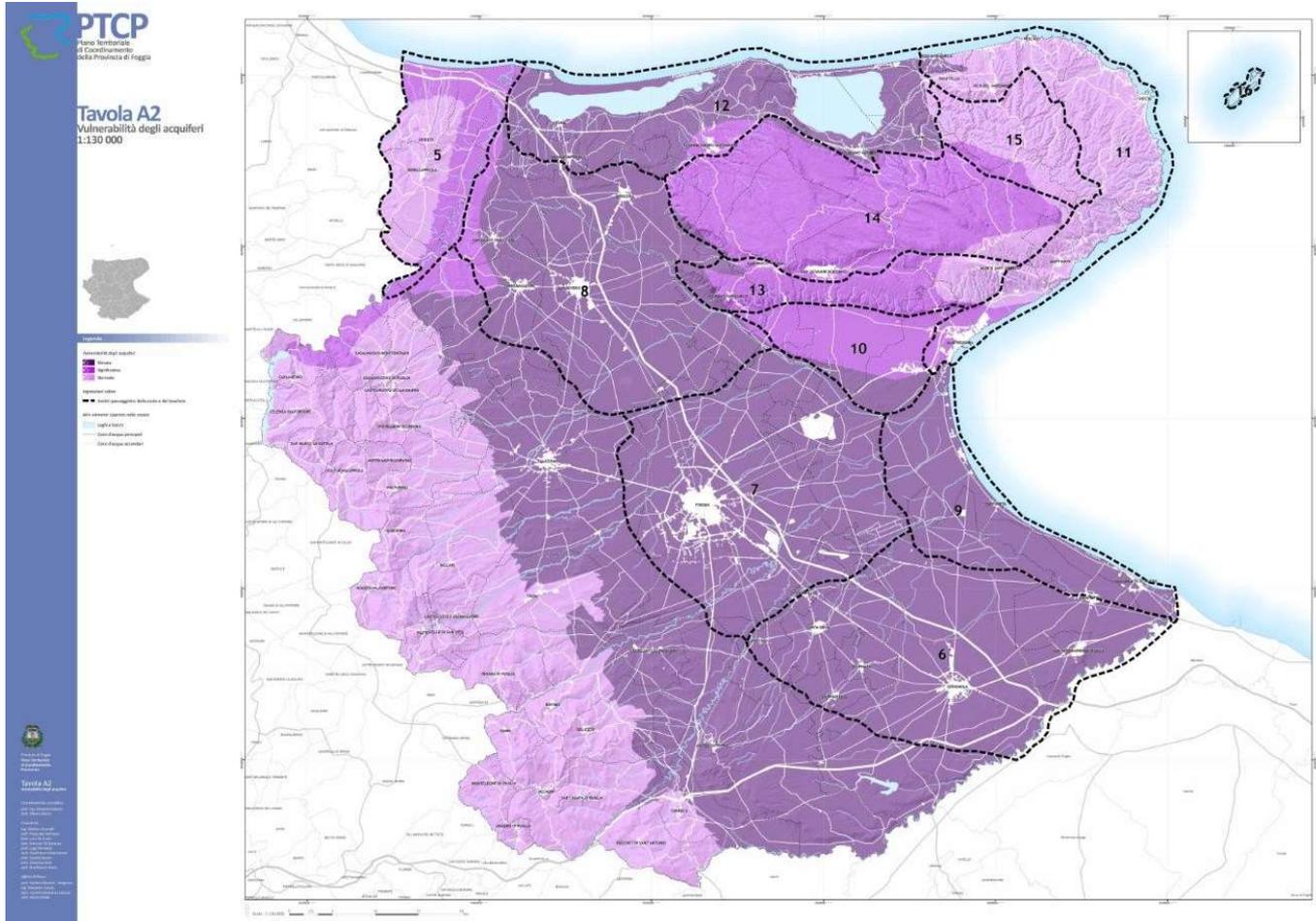


Figura 6.4 - Carta della vulnerabilità degli acquiferi della Provincia di Foggia (2008).

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.

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																						
<p>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">LI0B</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">GE</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">67</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	67
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	67													

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

7.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE PREGRESSE

Lo studio geologico e idrogeologico, le ricostruzioni stratigrafiche e la caratterizzazione geotecnica di PD sono stati sviluppati considerando tutte le indagini geotecniche svolte lungo il tracciato, appartenenti alle seguenti campagne:

- ✓ Campagna geognostica del 2001 realizzata dalla società RCT S.r.l. di Liscate (MI) nell'ambito del Progetto Esecutivo del Raddoppio della linea Pescara-Bari – Tratta Termoli-Chieuti (Lotto 2), consistita in indagini in sito ed in laboratorio di seguito elencate:
 - 15 sondaggi geognostici a distruzione di nucleo, spinti fino alla profondità massima di 25 m;
 - n.4 prove penetrometriche statiche CPT di profondità fino a 27 e 30 m;
 - installazione di 7 piezometri a tubo aperto tipo Norton;
 - installazione di 7 piezometri tipo a cella di Casagrande.
 - prelievo campioni sottoposti ad analisi di laboratorio per: determinazione proprietà fisiche e granulometrie; determinazione Limiti di Atterberg; esecuzione prove CID-CIU-TD – Edometriche; classificazione CNR10006 e USCS.
- ✓ campagna geognostica del 2012 realizzata dalla società SONDEDILE S.r.l. di Teramo per il Progetto Preliminare della tratta linea Pescara-Bari – Raddoppio Termoli-Lesina – Lotto 3 (tratta Campomarino-Ripalta), consistita in indagini in sito ed in laboratorio di seguito elencate:
 - 9 sondaggi geognostici a distruzione di nucleo, spinti fino alla profondità massima di 30 m;
 - installazione di 3 piezometri a tubo aperto tipo Norton;
 - installazione di 2 piezometri tipo a cella di Casagrande;
 - strumentazione di 4 sondaggi per prova sismica di tipo Down-Hole per una profondità massima di 30 m;
 - prelievo campioni sottoposti ad analisi di laboratorio per: determinazione proprietà fisiche e granulometrie; determinazione Limiti di Atterberg; esecuzione prove CID-CIU-TD – Edometriche; classificazione CNR10006 e USCS.
- ✓ microzonazione sismica Campomarino, consistita in:
 - 1 sondaggio a carotaggio continuo spinto fino a 32 m, attrezzato per prospezione Down Hole.
- ✓ campagna geognostica del 2017 consistita in indagini in sito ed in laboratorio realizzate dalla società TRIVELSONDA S.r.l. di Squinzano (LE) per il Progetto Preliminare del Raddoppio Termoli-Ripalta (Lotti 2 e 3) – Soluzione Molise e da un secondo gruppo di indagini realizzate dalla società IMOS S.r.l. di Vinchiaturò (CB) e finalizzata alla redazione del presente Progetto Definitivo del Raddoppio Termoli-Ripalta (Lotti 2 e 3).
 - n. 75 sondaggi a carotaggio continuo con profondità di investigazione variabile da 10 e 62 m circa;
 - n. 32 fori di sondaggio attrezzati con piezometri del tipo a tubo aperto ed anche cella di Casagrande;
 - n. 22 fori di sondaggio attrezzati per prospezioni sismiche del tipo Down-Hole per una profondità di 30 m circa per le opere all'aperto e 60 m per le indagini in galleria;
 - n. 19 prove statiche con piezocono (CPTU);
 - n. 11 prove penetrometriche dinamiche pesanti del tipo DPSH (Dinamic Probing Super Heavy);
 - n. 13 pozzetti esplorativi con profondità di circa 2 m e prelievo di 1 campione rimaneggiato per ogni pozzetto ed esecuzione di n.8 prove di carico su piastra (PLT);
 - prove sismiche di tipo MASW (n.22), Re.Mi (n.5), e rilievi Tomografici Elettrici (n.8);
 - prelievo campioni sottoposti ad analisi di laboratorio per: determinazione proprietà fisiche e granulometrie; determinazione Limiti di Atterberg; esecuzione prove CID-UU-CIU-TD – Edometriche; determinazione coefficiente di permeabilità; esecuzione prova E.L.L.; classificazione CNR10006 e USCS.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	68

7.1.1 Indagini sismiche

Sismica a rifrazione

Il metodo di prospezione sismica a rifrazione misura la velocità di propagazione delle onde sismiche nell'ammasso roccioso mediante allineamenti isolati o consecutivi di geofoni e registrazioni multiple delle onde di compressione e di taglio per ciascun stendimento. Le indagini sismiche a rifrazione consentiranno la ricostruzione della sismostratigrafia dei terreni e la restituzione dei parametri deformativi del sottosuolo.

A. Strumentazione

L'attrezzatura per l'acquisizione dei dati dovrà avere le seguenti caratteristiche minime:

- sismografo con un minimo di n. 24 canali, di tipo digitale incrementale, dotato di capacità di campionamento di 0,05 - 0,1 - 0,2 - 0,5 msec, mille o più punti di campionamento per traccia sismica; il sismografo dovrà, inoltre, presentare la possibilità di stack degli impulsi sismici, filtri analogici e digitali programmabili (filtri attivi tipo high pass, band pass e band reject), guadagno verticale del segnale (in ampiezza) e sensibilità tra 6 e 99 decibel, registrazione dei dati in digitale per elaborazioni successive con formato in uscita non inferiore a 16 bit.
- geofoni verticali con frequenza propria variabile tra 8-100 Hz per il rilievo delle onde di compressione;
- geofoni orizzontali con frequenza propria variabile tra 6-14 Hz per il rilievo delle onde di taglio;
- sistema di comunicazione e di trasmissione del "tempo zero" (time-break).
- sistema di energizzazione necessario a generare le onde sismiche, che potrà essere costituito da:
 - per onde P: o cariche di esplosivo (velocità di detonazione > 5000 m/sec; alta densità di carica); o fucile o cannoncino sismico (in genere calibro 8 con proiettili da almeno 80 gr) in grado di fornire una velocità alla bocca ≥ 400 m/sec; o apparato ad impatto di tipo meccanico, elettropneumatico o ad aria compressa (in grado di sviluppare almeno 1000 kgm per registrazioni a distanze superiori a 500 m);
 - per onde S: o massa battente (mazza da 10 kg) agente su un blocco di legno o calcestruzzo adeguatamente ancorato al terreno e posto nelle adiacenze della bocca foro. La forma del blocco deve essere tale da potere essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità.

B. Modalità esecutive ed elaborazione dei dati

Il rilievo sismico dovrà essere eseguito lungo profili rettilinei con geofoni posti ad interdistanza fissa in relazione alla profondità di indagine ed al dettaglio di rilievo richiesto da Ferrovie. In linea generale per ogni stendimento la profondità massima raggiunta dalla prospezione sismica è funzione sia delle velocità sismiche dei singoli strati sia della lunghezza dei tiri sismici. Indicativamente la profondità massima indagata è circa $1/4 \div 1/5$ della lunghezza dei tiri sismici e per ottenere dei risultati ottimali occorre mantenere l'obiettivo della ricerca entro i $2/3$ della profondità massima. Tale indicazione è adeguata sia per l'elaborazione sismica di tipo ordinario che tomografica. La spaziatura delle stazioni geofoniche è funzione del dettaglio che si vuole ottenere, in particolare nella sismica tomografica. Per la sismica con acquisizione ordinaria, visto che l'interpretazione analitica comunque non permette di ottenere un incremento di dettaglio vertico-laterale anche variando significativamente i parametri geometrici di acquisizione (geometria stazioni e densità degli shot), normalmente si adottano spaziature di $1/2 \div 1/3$ della profondità dell'obiettivo (es. spaziature di 5 m per indagini entro 10 m, spaziature di 10 m per indagini entro 20-50 m e spaziature di 20 m per indagini entro 100 m). Per ciascun stendimento, costituito da un minimo di 24 geofoni, dovranno essere effettuate almeno cinque (5) registrazioni da altrettanti punti di energizzazione. Dei suddetti tiri tre (3) saranno posizionati

MANDATARIA  MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	69

all'interno della base (due alle estremità + uno al centro) in posizione equidistante e due (2) saranno ubicati all'esterno della stesa a distanza tale da garantire la profondità di indagine richiesta. Nel caso in cui il rilievo sismico interessi profondità superiori a circa 30 m i tiri non dovranno essere inferiori a sette (7) per ciascuna base sismica dei quali cinque (2 estremità+3) interni e due (2) esterni. Nella sismica con acquisizione ordinaria l'elaborazione si potrà basare su metodi quali il GRM (Generalized Reciprocal Method) di Palmer e Lankston, il CRM (Common Reciprocal Methods) di Palmer; la scelta di ciascun metodo di interpretazione dovrà essere operata tenendo in debito conto la geometria del sottosuolo investigato e le problematiche di indagine. Per la sismica con acquisizione tomografica, indicativamente la spaziatura può variare tra 1/4 ed 1/5 della profondità dell'obiettivo secondo lo schema di massima seguente:

- obiettivo a 10 m: spaziatura= $10/4(5) = 2,5(2,0)$ m
- obiettivo a 100 m: spaziatura= $100/4(5) = 25(20)$ m.

Per ciascun stendimento costituito da un numero minimo di 24 geofoni, i tiri dovranno essere eseguiti mediamente ogni 2÷3 geofoni oltre a quattro tiri esterni alla stesa per un totale minimo di dodici (12) tiri. In entrambi i casi (sismica ordinaria o tomografica) non si dovrà superare la spaziatura di 20 m in quanto si inficerebbe l'analisi della porzione superficiale (copertura allentata) la quale può determinare importanti variazioni sia dei parametri elastici del sottosuolo sia degli orizzonti se la sua determinazione è errata. I tiri estremi dovranno essere ubicati ad una distanza dal primo e dall'ultimo geofono pari alla metà della distanza intergeofonica utilizzata. I tiri esterni, invece, saranno posizionati, compatibilmente con le condizioni logistico-morfologiche, ad una distanza pari alla semilunghezza della stesa sismica. Eventuali diverse geometrie dei tiri devono essere preventivamente approvate dalle Ferrovie. L'elaborazione dei dati, attraverso l'esame dei valori registrati in corrispondenza di ciascuna stazione geofonica, dovrà consentire la definizione dei singoli rifrattori o strati sismici individuati in termini sia di spessore che di velocità delle onde sismiche (longitudinali e/o trasversali). Nella sismica con acquisizione tomografica i dati rilevati dovranno essere analizzati con modellazione anisotropica del sottosuolo utilizzando metodologie iterative di tipo RTC (Ray Tracing curvilinear) ed algoritmi di ricostruzione tomografica tipo ART (Algebraic Reconstruction Technique), SIRT (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique), ILST (Iterative Last Square Technique); il campo di velocità nel sottosuolo sarà discretizzato in celle unitarie, di forma rettangolare, le cui dimensioni orizzontali e verticali (assi x e z) dovranno essere pari rispettivamente a $1/3 \div 1/5$ e $1/5 \div 1/10$ della spaziatura tra i geofoni. I dati rilevati dovranno essere analizzati anche in termini di attenuazione anelastica degli impulsi sismici attraverso la determinazione del fattore qualità Q. Il fattore qualità Q è correlato al coefficiente di attenuazione attraverso la seguente relazione:

$$\frac{1}{Q} = \frac{\alpha \cdot V_P}{\pi \cdot f}$$

Con:

α = coefficiente di attenuazione

V_P = velocità delle onde di compressione

f = frequenza dominante dell'analisi

Il coefficiente di attenuazione esprime l'entità del fenomeno di assorbimento dell'energia sismica in relazione allo specifico divario rispetto alla condizione di perfetta elasticità nei diversi materiali in cui l'onda sismica si propaga. A seguito dell'attenuazione le componenti ad alta frequenza degli impulsi sismici si estinguono più rapidamente di quelli a bassa frequenza; la misura di $1/Q$, proporzionale alla frazione di perdita dell'energia

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA								
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	70

per ciclo d'onda sinusoidale, contribuisce a fornire informazioni sulle caratteristiche del mezzo attraversato (frequenza di fratturazione, grado di saturazione ecc.). I processi fondamentali di analisi per la misura dell'attenuazione dovranno seguire le seguenti procedure:

- analisi del rapporto spettrale delle ampiezze variabili nelle diverse componenti di frequenza dell'impulso microsismico ed assorbite in vario grado in funzione della distanza;
- analisi del decadimento d'ampiezza dei primi eventi o di quelli successivi in ragione della distanza e successiva rettificazione della valutazione per compensare la diminuzione dovuta alla geometria di propagazione;
- valutazione delle variazioni di larghezza dell'impulso sismico (pulse width time) in relazione alla distanza; la misura deve essere effettuata sul primo quarto di ciclo del primo evento. Ove non si disponga di adeguata cartografia di base che permetta una precisa ubicazione di tutti i punti di stazione (geofoni e punti di energizzazione), si dovrà ricorrere ad un rilievo planoaltimetrico, con precisione di $\pm 0,5$ cm, da riferirsi a capisaldi topografici chiaramente individuati sul terreno e riportati sulla carta topografica.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	71

7.2 INDAGINI PROGETTO ESECUTIVO

In fase di progettazione esecutiva sono state eseguite le seguenti indagini:

WBS	ID PROVA	WBS	ID PROVA
VI01	SPE01	VI02	SPE11
RI23/VI02	SPE02	VI02	SPE12
GI01	SPE03	RI8a/RI8b	SPE13
GN01	SPE04.1	RI8a/RI8b	SPE14
GN01	SPE04.2	VI15	SPE15
GN01	SPE04.3	VI15	SPE16
GN01	SPE04.4	RI21a/RI21b	SPE17
GN01	NS01	RI21a/RI21b	SPE18
GN01	NS02	TR02	DPSH1
GN01	NS03	TR07	DPSH
GN01	NS04	RI13	DPSH4
GI02	SPE05	RI07	DPSH3BIS
VI04	SPE06	RI12	DPSH5BIS
VI05	SPE07	RI21A	DPSH9
VI13	SPE09	VI06	CPTU5
TR07	SPE10	RI12	CPTU9
RI01/RI02/TR02/TR03	PZPE1	RI23	CPTU01
TR07/RI06	PZPE2	RI04/VI03/RI05	CPTU02
TR07/RI06	PZPE3	RI07	CPTUPE03
RI08a e RI08b	PZPE4	VI06/RI08a e RI08b	CPTUPE04
RI09/TR08/RI10	PZPE5	VI06/RI09 e RI10	CPTUPE06
TR9/RI11/RI12/RI13	PZPE6		CPTUPE07
	PZPE7	TR9/RI11/RI12/RI13	CPTUPE08
RI23	MWpe 1	RI21a/RI21b	CPTUPE10
VI02	MWpe 2		CPTUPE11
TR07	MWpe 4	R14/TR10	DPSH6
VI06	MWpe 5	TR11/TR12/TR13/ RI18/RI19/RI20	DPSH7
VI07	MWpe 6		DPSH8
TR07	MWpe 7		DPSH9
RI14	MWpe 8	R14/TR10	PZ _{pe} 8
TR11	MWpe 9	TR11/TR12/TR13/ RI18/RI19/RI20	PZ _{pe} 9
RI21A	MWpe 10		PZ _{pe} 10
VI02	MWpe 11		PZ _{pe} 12
RI08A	MWpe 12	RI21a/RI21b	PZ _{pe} 13
RI08A	MWpe 13	RI23	SISPE1
RI08B	MWpe 14	TR06	SISPE2
RI21A	MWpe 15	VI06	SISPE3
RI21B	MWpe 16	RI10	SISPE4
GN01	MWA1	VI07	SISPE5
GN01	MWA2	RI13	SISPE6
GN01	MWA3	TR10	SISPE7
VI06	HVSRPE4	TR12	SISPE8
RI09	HVSRPE5	TR13	SISPE9
VI07	HVSRPE6	RI21A	SISPE10
RI17	HVSRPE7	VI02	SISPE11
RI21a/RI21b	HVSRPE8	GN01	SISA1
RI08A	HVSRPE9	GN01	SISA2
RI08B	HVSRPE10	VI02	HVSRPE1
RI08B	HVSRPE11	GN01	HVSRPE2
RI21A	HVSRPE12	TR07	HVSRPE3

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA		PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D

7.3 INDAGINI GEOGNOSTICHE PROGETTO ESECUTIVO

7.3.1 SONDAGGI GEOGNOSTICI

Le terebrazioni sono state finalizzate alla ricostruzione del profilo litostratigrafico ed alla determinazione delle caratteristiche geotecniche dei terreni.

Sono stati eseguiti n°25 sondaggi meccanici realizzati a carotaggio continuo e/o distruzione di nucleo nel corso dei quali sono state realizzate prove in foro tipo Standard Penetration Test (SPT) sul materiale ove significativo. Inoltre, si è provveduto al prelievo n. 52 campioni sottoposti ad analisi di laboratorio, finalizzate alla caratterizzazione fisica e meccanica dei litotipi intercettati.

Le caratteristiche tecniche dei sondaggi sono riassunte nella tabella seguente:

Sigla Sondaggio	Profondità (m)	n. prove SPT	n. campioni rimaneggiati C.R.	n. campioni indisturbati C.I.	Prove di permeabilità LE	Coordinate geografiche	
						LAT. (NORD)	LONG. (EST)
SPE03	40	11	-	2	1	41° 57' 09"	15° 01' 27"
SPE04.2	60	8	-	1	1	41°56'44.27"	15° 2'0.61"
SPE04.3	60	8	2	-	1	41°56'53.95"	15° 2'11.26"
SPE04.4	40	7	2	-	1	41°56'42.17"	15° 2'12.94"

Sondaggio	Prof.	Perfor.*	Data		Strumentazione*		Coordinate GAUSS-BOAGA		Quota
ID	(m)	Tipologia	Inizio	Fine	Tipologia	(m)	Nord	Est	m slm
NS 01	55.0	DN/CC	16/03/23	22/03/23	Piezometro CC	30.0 50.0	4644518.66	2522047.536	64.674
NS 02	52.0	DN	22/03/23	23/03/23	Piezometro CC	50.5	4644474.075	2522076.163	66.092
NS 03	60.0	DN	14/03/23	16/03/23	Piezometro CC	55.0	4644231.486	2522259.751	73.421
NS 04	55.0	CC	03/03/23	13/03/23	Piezometro CC	18.5 45.0	4644079.882	2522541.235	69.648
S 01	30.0	CC	05/01/23	11/01/23	Piezometro TA	30.0	4649293.333	2519691.875	4.180
SPE 01	35.7	CC	24/02/23	28/02/23	Piezometro TA	35.0	4646835.508	2521118.807	4.095
SPE 02	45.0	CC	12/01/23	18/01/23	Piezometro TA	47.0	4646645.167	2521172.929	4.008
SPE 04.1	60.0	CC	21/12/22	03/01/23	Piezometro CC	51.0	4644012.621	2522455.750	70.841
SPE 05	30.0	CC	15/12/22	20/12/22	Piezometro CC	13.0	4643612.429	2523059.774	47.599
SPE 06	40.0	CC	05/12/22	13/12/22	Piezometro TA	40.0	4643273.478	2524581.250	25.577
SPE 07	45.0	CC	23/11/22	28/11/22	Piezometro TA	43.0	4642749.537	2525963.530	5.212
SPE 09	35.0	CC	27/02/23	02/03/23	Piezometro TA	35.0	4639888.653	2537133.198	14.008
SPE 10	30.0	CC	29/11/22	02/12/22	Piezometro TA	30.0	4643250.016	2524158.180	34.413
SPE 11	35.0	CC	19/01/23	24/01/23	Down-Hole	33.3	4645467.005	2521612.147	2.879
SPE 13	25.0	CC	20/02/23	22/02/23	Piezometro TA	25.0	4641899.159	2527217.932	2.712
SPE 14	25.0	CC	15/02/23	20/02/23	Piezometro TA	25.0	4641818.214	2527368.504	2.797
SPE 15	30.0	CC	20/02/23	23/02/23	Piezometro TA	30.0	4639913.940	2538294.900	5.731
SPE 16	30.0	CC	31/01/23	03/02/23	Piezometro TA	30.0	4640067.181	2538563.110	3.255
SPE 17	35.8	CC	06/02/23	09/02/23	Piezometro TA	36.0	4640124.486	2539337.305	3.488
SPE 18	35.0	CC	13/02/23	16/02/23	Piezometro TA	36.0	4639823.558	2540244.912	3.578

*Legenda: "CC" carotaggio continuo; "DN" distruzione di nucleo; "TA" tubo aperto; "CC" cella Casagrande.

Tabella 7.1 – tabelle riepilogativa dei sondaggi geognostici eseguiti

7.3.1.9.1 STANDARD PENETRATION TEST (SPT)

Nel corso dei sondaggi SPE01, SPE03, SPE04.1, SPE04.2, SPE04.3, SPE04.4, SPE05, SPE06, SPE07, SPE09, SPE10, SPE16, SPE17, SPE18, SPE13, SPE14, SPE15, NS01, NS04 ed S01 sono state complessivamente eseguite n. 110 prove SPT, con distribuzione e relativi risultati dei sondaggi Tabella 7.23.

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geologica, geomorfologica
ed idrogeologica**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	73

Sondaggio	Prova	Punta	Profondità		Numero di Colpi			N _{SPT}
			da m	a m	N1	N2	N3	
NS 01	SPT-1	chiusa	40.30	40.40	50	-	-	R
	SPT-2	chiusa	45.60	45.65	50	-	-	R
	SPT-3	chiusa	50.00	50.39	30	45	55	R
NS 04	SPT-1	chiusa	11.50	11.95	20	28	27	55
	SPT-2	chiusa	14.40	14.85	21	17	26	43
	SPT-3	chiusa	25.00	25.13	50	-	-	R
	SPT-4	chiusa	29.60	29.93	48	78	22	R
	SPT-5	chiusa	40.30	40.675	34	27	73	R
	SPT-6	chiusa	50.00	50.05	50	-	-	R
S 01	SPT-1	aperta	2.85	3.30	3	5	6	11
	SPT-2	aperta	6.00	6.13	55	-	-	R
	SPT-3	aperta	8.70	8.80	55	-	-	R
	SPT-4	aperta	12.50	12.95	9	12	15	27
	SPT-5	aperta	15.70	16.15	9	15	20	35
	SPT-6	aperta	18.30	18.75	14	17	22	39
	SPT-7	aperta	21.00	21.45	11	15	19	34
	SPT-8	aperta	24.00	24.45	11	13	15	28
	SPT-9	aperta	27.00	27.45	11	14	15	29
SPE 01	SPT-1	aperta	3.00	3.45	4	3	3	6
	SPT-2	aperta	10.00	10.45	4	5	5	10
	SPT-3	aperta	16.50	16.95	2	2	3	5
	SPT-4	aperta	24.00	24.45	7	11	14	25
	SPT-5	aperta	30.00	30.45	7	10	17	27
	SPT-6	chiusa	34.00	34.45	7	14	18	32
SPE 02	SPT-1	aperta	5.45	5.90	4	4	6	10
	SPT-2	aperta	12.00	12.45	4	5	7	12
	SPT-3	aperta	15.65	16.10	2	3	4	7
	SPT-4	aperta	19.50	19.95	2	3	5	8
	SPT-5	aperta	28.00	28.45	2	3	3	6
	SPT-6	chiusa	35.00	35.45	14	16	13	29
SPE 04.1	SPT-1	aperta	10.50	10.95	11	14	18	32
	SPT-2	aperta	19.70	20.15	10	13	16	29
	SPT-3	aperta	30.20	30.33	50	-	-	R
	SPT-4	aperta	39.50	39.72	50	100	-	R
	SPT-5	aperta	45.00	45.12	50	-	-	R
	SPT-6	chiusa	50.50	50.59	51	-	-	R
SPE 05	SPT-1	aperta	8.00	8.45	4	8	10	18
	SPT-2	aperta	12.50	12.94	38	80	20	R
	SPT-3	chiusa	16.00	16.06	50	-	-	R
	SPT-4	aperta	24.80	25.19	40	50	50	R
SPE 06	SPT-1	aperta	5.00	5.45	16	18	22	40
	SPT-2	aperta	12.00	12.45	34	45	51	96
	SPT-3	aperta	15.00	15.45	23	31	69	100

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geologica, geomorfologica
ed idrogeologica**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	74

SPE 06	SPT-4	chiusa	20.00	20.45	14	20	21	41
	SPT-5	aperta	27.50	27.95	20	9	18	27
SPE 07	SPT-1	aperta	3.00	3.45	4	6	10	16
	SPT-2	aperta	6.00	6.45	19	23	34	57
	SPT-3	aperta	10.30	10.75	6	8	12	20
	SPT-4	aperta	12.30	12.45	20	18	25	43
	SPT-5	aperta	33.30	33.42	50	-	-	R
SPE 09	SPT-1	chiusa	2.85	3.30	15	17	19	36
	SPT-2	aperta	5.70	6.15	21	25	26	51
	SPT-3	aperta	11.20	11.65	6	7	8	15
	SPT-4	chiusa	26.00	26.10	50	-	-	R
SPE 10	SPT-5	chiusa	33.20	33.27	50	-	-	R
	SPT-1	aperta	2.85	3.30	10	15	18	33
	SPT-2	aperta	10.00	10.45	5	10	13	23
	SPT-3	aperta	14.50	14.56	50	-	-	R
	SPT-4	aperta	20.55	20.90	37	70	30	R
	SPT-5	aperta	25.45	25.90	34	58	24	82
SPE 11	SPT-6	aperta	28.00	28.12	50	-	-	R
	SPT-1	aperta	2.00	2.45	6	6	7	13
	SPT-2	aperta	5.10	5.55	1	1	1	2
	SPT-3	aperta	8.00	8.45	7	12	15	27
	SPT-4	aperta	12.00	12.45	10	12	17	29
	SPT-5	chiusa	16.00	16.45	2	2	3	5
	SPT-6	aperta	20.50	20.95	1	2	3	5
SPE 12	SPT-7	aperta	29.00	29.45	8	21	24	45
	SPT-1	aperta	3.40	3.85	1	1	1	2
	SPT-2	aperta	6.50	6.95	3	4	7	11
	SPT-3	aperta	9.60	10.05	4	5	7	12
	SPT-4	aperta	16.50	16.95	11	13	16	29
	SPT-5	aperta	22.20	22.65	8	14	17	31
	SPT-6	aperta	27.90	28.35	8	11	18	29
SPE 13	SPT-7	aperta	31.00	31.45	7	16	18	34
	SPT-1	aperta	2.00	2.45	3	3	4	7
	SPT-2	aperta	5.00	5.45	9	15	22	37
	SPT-3	aperta	8.00	8.45	10	17	21	38
	SPT-4	aperta	9.85	10.30	5	9	12	21
	SPT-5	aperta	12.00	12.45	6	10	13	23
	SPT-6	aperta	18.50	18.95	7	12	19	31
SPE 14	SPT-7	aperta	23.00	23.45	7	14	18	32
	SPT-1	aperta	3.00	3.45	4	5	5	10
	SPT-2	aperta	6.10	6.55	3	18	15	33
	SPT-3	aperta	10.00	10.45	8	9	11	20
	SPT-4	aperta	12.00	12.45	6	10	15	25
	SPT-5	aperta	16.40	16.85	9	18	20	38
	SPT-6	aperta	20.00	20.45	8	12	18	30
SPE 15	SPT-7	aperta	24.00	24.45	9	13	15	28
	SPT-1	chiusa	5.60	5.98	25	55	45	R
	SPT-2	chiusa	12.55	13.00	11	8	32	40
	SPT-3	aperta	20.00	20.37	27	60	40	R
SPE 16	SPT-4	aperta	27.10	27.18	50	-	-	R
	SPT-1	aperta	3.00	3.45	5	9	9	18
	SPT-2	aperta	11.00	11.45	8	36	42	78
	SPT-3	chiusa	18.60	19.05	9	17	24	41
	SPT-4	aperta	23.70	24.15	55	-	-	R
	SPT-5	aperta	27.40	27.79	29	55	45	R
	SPT-1	aperta	3.00	3.45	4	8	9	17
	SPT-2	aperta	6.00	6.45	14	29	36	65
SPE 17	SPT-3	chiusa	10.50	10.95	3	5	8	13
	SPT-4	aperta	15.00	15.45	4	8	12	20
	SPT-5	aperta	22.00	22.37	43	53	47	R
	SPT-6	aperta	29.00	29.42	28	55	45	R
	SPT-7	aperta	31.50	31.89	29	59	41	R
SPE 18	SPT-1	aperta	5.00	5.45	11	17	25	42
	SPT-2	chiusa	12.00	12.06	50	-	-	R
	SPT-3	aperta	20.00	20.45	26	48	20	68
	SPT-4	chiusa	25.00	25.07	50	-	-	R
	SPT-5	aperta	32.50	32.95	8	16	21	37

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.P.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	75

sondaggio	prova	punta	profondità		Numero di colpi			NSPT
			Da m	A m	N1	N2	N3	
SPE03	SPT1	-	3,00	3.45	11	33	57	90
	SPT2	-	6,00	6.45	15	25	36	61
	SPT3	-	9,00	9.45	18	27	39	66
	SPT4	-	12	12.45	22	30	43	73
	SPT5	-	15	15.45	19	29	14	43
	SPT6	-	18	18.45	32	66	34	100
	SPT7	-	21	21.45	36	74	26	100
	SPT8	-	24	24.45	18	24	35	59
	SPT9	-	27	27.45	43	85	15	100
	SPT10	-	30	30.17	50	-	-	R
	SPT11	-	33	33.20	50	-	-	R
SPE04.2	SPT1		4,00	4,45	7	10	14	24
	SPT2		13,00	13,45	9	12	16	28
	SPT3		20,00	20,45	38	49	51	R
	SPT4		28,00	28,45	40	49	51	R
	SPT5		35,00	35,45	48	100	-	R
	SPT6		45,00	45,45	48	74	25	R
	SPT7		50,00	50,45	48	100	-	R
	SPT8		58,00	58,45	50	-	-	R
SPE04.3	SPT1		10,00	10,45	29	58	42	100
	SPT2		15,00	15,45	37	66	34	100
	SPT3		18,00	18,45	48	77	23	100
	SPT4		23,00	23,45	50	-	-	R
	SPT5		25,00	25,45	50	-	-	R
	SPT6		27,00	27,45	50	-	-	R
	SPT7		30,00	30,45	50	-	-	R
	SPT8		35,00	35,45	50	-	-	R
SPE04.4	SPT1		5,00	5,45	11	15	16	31
	SPT2		10,00	10,45	24	29	34	63
	SPT3		15,00	15,45	50	-	-	R
	SPT4		20,00	20,45	50	-	-	R
	SPT5		25,00	25,45	39	100	-	R
	SPT6		30,00	30,45	50	-	-	R
	SPT7		35,00	35,45	50	-	-	R

Tabella 7.2 - prove SPT

Le prove S.P.T. sono state eseguite adottando le specifiche tecniche standard suggerite dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) e hanno fornito i dati necessari per determinare le caratteristiche meccaniche dei terreni. Si tratta di prove che vengono eseguite in avanzamento di perforazione sul fondo del foro di sondaggio adeguatamente pulito da eventuale materiale franato dalle pareti dello stesso. Tramite

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	76

queste prove si ottengono dei valori quantitativi sulla resistenza del suolo alla penetrazione. La resistenza alla penetrazione viene determinata in funzione del numero di colpi necessari ad infiggere nel terreno un particolare campionatore per una lunghezza pari a 30 cm.

Durante l'esecuzione dei **sondaggi: S01, SPE01, SPE02, SPE03, SPE04.1, SPE04.2, SPE04.3, SPE04.4, SPE05, SPE06, SPE07, SPE09, SPE10, SPE11, SPE12, SPE13, SPE14, SPE15, SPE16, SPE17, SPE18, NS01, NS04** le prove SPT sono state eseguite con dispositivo standard della NENZI rispondente ai seguenti requisiti:

- massa del maglio: 63.5 kgf (± 1.0 kgf);
- altezza di caduta: 76 cm, con sistema di sgancio automatico;
- batterie di aste: \varnothing 50 mm, (peso 6.5 ± 0.5 kg/m);
- campionatore: Raymond, a punta aperta o chiusa secondo i casi (punta chiusa \varnothing 51 mm con angolo apertura 60°).

Procedura esecutiva:

- (a) misurazione del numero di colpi necessario all'infissione di un primo tratto di 15 cm (N1);
 - (b) misurazione del numero di colpi necessari all'infissione di successivi 30 cm, differenziando due tratti da 15 cm, rispettivamente N2 ed N3;
 - (c) sospensione della prova a "Rifiuto" (NSPT=R) nei seguenti casi:
 - se $N1 = 50$ con avanzamento minore di 15 cm, con annotazione della relativa penetrazione;
 - se $N2+N3 = 100$ con avanzamento minore di 30 cm, con annotazione della relativa penetrazione.
- I risultati sono riportati in forma grafica e numerica nelle rispettive stratigrafie di sondaggio.

7.3.1.9.2 Prove di permeabilità

Nel corso dei sondaggi eseguiti è stata eseguita n. 2 prove di permeabilità in foro con metodo Lefranc a "carico costante" per quanto concerne il sondaggio SPE03 e a "carico variabile" (in discesa) per quanto concerne il sondaggio SPE05.

Tutte le prove sono eseguite sono state condotte secondo le specifiche tecniche di riferimento A.G.I. 1977 (Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche).

PROVA LEFRANC A CARICO COSTANTE E VARIABILE

Il metodo a carico variabile consiste nel misurare la variazione del livello dell'acqua nel foro in funzione del tempo e calcolare il coefficiente di permeabilità mediante opportune correlazioni empiriche. Nel caso specifico, tutte le prove sono state eseguite in discesa, misurando le velocità di riequilibrio in discesa del livello idrico preventivamente sollevato.

La procedura operativa ha compreso le seguenti fasi:

- preventivo rivestimento del foro fino alla quota di tetto della camera di prova prevista o opportunamente individuata in corso d'opera;
- riempimento del foro con acqua pulita fino ad un'altezza di riferimento;
- mantenimento della condizione precedente per una durata di almeno 10 minuti per consentire la saturazione del banco da testare e/o per favorire il ripristino delle condizioni idrauliche pre-perforazione;
- avvio delle misure di abbassamento in funzione del tempo, registrate ad intervalli regolari per il tempo necessario alla stabilizzazione del flusso.

ID sondaggio	ID prova	Tipologia di prova	Tasca prova (m da p.c.)		Permeabilità K (m/s)
			tetto	letto	
SPE_04.1	LF1	Lefranc carico variabile discesa	44,60	46,60	5,72E-08
SPE_05	LF1	Lefranc carico variabile discesa	16,10	18,50	3,25E-07
SPR_06	LF1	Lefranc carico variabile discesa	21,50	22,30	6,31E-08

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	77

ID sondaggio	ID prova	Tipologia di prova	Tasca prova (m da p.c.)		Permeabilità K (m/s)
			tetto	letto	
SPE_07	LF1	Lefranc carico variabile discesa	9,00	10,75	ass. nullo
SPE_10	LF1	Lefranc carico variabile discesa	1,50	3,20	2,24E-06
SPE05	LF1	Lefranc carico variabile discesa	17,6	20,00	3,25E-07
SPE01	LF1	Lefranc carico variabile discesa	15,00	16,50	2,91E-08
SPE02	LF1	Lefranc carico variabile	18,00	19,50	1.31E-08
SPE09	LF1	Lefranc carico variabile discesa	9,00	10,00	1,22E-07
	LF2	Lefranc carico variabile risalita	25,00	26,00	2,17E-06
SPE11	LF1	Lefranc carico variabile discesa	7,00	8,00	4.73E-06
SPE12	LF1	Lefranc carico variabile discesa	17,7	20,2	1.31E-05
	LF2	Lefranc carico variabile risalita	20,7	25,0	5.86E-07
SPE16	LF1	Lefranc carico variabile discesa	4,15	5,3	3,83E-05
SPE17	LF1	Lefranc carico variabile discesa	17,1	17,75	3,76E-05
SPE18	LF1	Lefranc carico variabile discesa	5,0	6,0	6,71E-08
SPE12	LF1	Lefranc carico variabile discesa	17,7	20,2	1.31E-05
	LF2	Lefranc carico variabile risalita	20,7	25,0	5.86E-07
SPE13	LF1	Lefranc carico variabile discesa	19,5	21,3	5,87E-09
SPE14	LF1	Lefranc carico variabile discesa	10,0	11,3	1,27E-08
SPE15	LF1	Lefranc carico variabile discesa	6,0	6,5	1,41E-06
NS01	LF1	Lefranc carico variabile discesa	44,0	45,6	1,80E-07
NS04	LF1	Lefranc carico variabile discesa	17,0-	18,5	3,63E-08
NS04	LF2	Lefranc carico variabile risalita	40,5	42,3	8,11E-08

PROVE DI PERMEABILITA' IN FORO LEFRANC LEFRANC A CARICO COSTANTE DISCESA			
ID sondaggio	ID prova	Profondità (m)	Permeabilità K (m/s)
SPE03	LF1	16	8,31E-06
SPE04.2	LF1	41	3,23E-07
SPE04.3	LF1	22	7,12E-06
SPE04.4	LF1	23,5	6,04E-06

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	78

7.3.2 INSTALLAZIONI GEOTECNICHE

Come da programma i fori di sondaggio standard eseguiti sono stati interessati da installazioni geotecniche; nello specifico si fa riferimento a n. 2 piezometri a cella di Casagrande.

INSTALLAZIONI PIEZOMETRICHE

Per rilevare la distribuzione dei valori della pressione neutra nel sottosuolo, nei fori di sondaggio sono stati installati dei piezometri di tipo idraulico, attraverso i quali sarà possibile controllare nel tempo le variazioni del livello della falda.

Con tale tipo di piezometro la misura della pressione neutra (solo se >0) viene ricavata rilevando il livello dell'acqua all'interno dei tubi. Si evidenzia che i piezometri di tipo idraulico hanno un tempo di risposta che dipende dalle caratteristiche di permeabilità dei terreni attraversati. Ne deriva che i valori dei livelli idrici misurati prima che sia trascorso il tempo di risposta possono fornire misure non rappresentative delle reali condizioni idrauliche presenti al contorno.

Il piezometro Casagrande è costituito da una cella cilindrica in materiale ceramico poroso, ad elevata permeabilità, alla quale sono collegati due tubi da ½ pollice in PVC.

In tale piezometro il volume complessivo dell'acqua che entra in gioco nelle misure è più piccolo rispetto agli altri piezometri a tubo aperto, ciò riduce i tempi di risposta e ne rende possibile l'utilizzazione anche in terreni a permeabilità medio-bassa. Inoltre la presenza del doppio tubo consente lo spurgo e la pulizia della pietra porosa filtrante.

Le installazioni di questo tipo sono rappresentate da posa in opera di Cella di Casagrande a doppio tubo.

La profondità di posizionamento delle celle piezometriche è stata di volta in volta indicata in corso d'opera dalla Direzione Lavori, sulla base delle risultanze stratigrafiche dei sondaggi.

In generale l'installazione ha seguito le seguenti procedure:

- preventiva pulizia del foro con acqua pulita, a rivestimento in opera;
- riempimento della parte basale del foro estranea all'installazione piezometrica, mediante miscela di terra-cemento-bentonite in polvere preparata sul posto;
- realizzazione di tampone impermeabile alla base del tratto filtrante previsto, con spessore di 1 m, costituito da compactonite in grani;
- realizzazione del filtro drenante fino alla quota di appoggio del piezometro, con apposito materiale costituito da sabbia e ghiaino siliceo;
- inserimento del piezometro di Casagrande a doppio tubo, con tubi di raccordo filettati di diametro Ø 0.5";
- completamento del filtro al di sopra della cella;
- esecuzione del tampone impermeabile superiore, con caratteristiche analoghe a quello inferiore;
- riempimento del tratto di foro al di sopra del tampone superiore con miscela di terra-cemento bentonite preparata sul posto fino alla quota base del tampone inferiore della cella più superficiale, installata con la medesima procedura;
- sigillatura del tratto terminale con malta cementizia;

Le operazioni di installazione vengono attuate con progressivo ritiro della batteria di rivestimento.

La seguente Tabella 7.25 sintetizza distribuzione e configurazione dei piezometri installati, mentre di seguito sono descritte le procedure operative di installazione adottate.

**Relazione geologica, geomorfologica
ed idrogeologica**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	79

Sondaggio	Profondità	INSTALLAZIONI PIEZOMETRICHE					
		Tipologia	n. celle	profondità tubo/celle	∅	tratto fessurato/filtro celle	
ID	(m)			(m)	(pollici)	da (m)	a (m)
NS 01	55.0	Piezometro di Casagrande	2	30.0	0.5	28.0	34.0
				50.0	0.5	47.0	55.0
NS 02	52.0	Piezometro di Casagrande	1	50.5	0.5	47.0	52.0
NS 03	60.0	Piezometro di Casagrande	1	55.0	0.5	50.0	60.0
NS 04	55.0	Piezometro di Casagrande	2	18.5	0.5	17.0	21.0
				45.0	0.5	43.0	47.0
S 01	30.0	Piezometro tubo aperto	-	30.0	3.0	3.0	30.0
SPE 01	35.7	Piezometro tubo aperto	-	35.0	3.0	2.0	35.0
SPE 02	45.0	Piezometro tubo aperto	-	47.0	3.0	3.0	47.0
SPE 04.1	60.0	Piezometro di Casagrande	1	51.0	0.5	48.0	60.0
SPE 05	30.0	Piezometro di Casagrande	1	13.0	0.5	12.5	14.0
SPE 06	40.0	Piezometro tubo aperto	-	40.0	3.0	2.0	40.0
SPE 07	45.0	Piezometro tubo aperto	-	43.0	3.0	1.0	43.0
SPE 09	35.0	Piezometro tubo aperto	-	35.0	2.0	2.0	35.0
SPE 10	30.0	Piezometro tubo aperto	-	30.0	3.0	2.0	30.0
SPE 12	35.0	Piezometro tubo aperto	-	35.0	3.0	2.0	35.0
SPE 13	25.0	Piezometro tubo aperto	-	25.0	3.0	4.0	25.0
SPE 14	25.0	Piezometro tubo aperto	-	25.0	3.0	2.0	25.0
SPE 15	30.0	Piezometro tubo aperto	-	30.0	3.0	2.0	30.0
SPE 16	30.0	Piezometro tubo aperto	-	30.0	3.0	2.0	30.0
SPE 17	35.8	Piezometro tubo aperto	-	36.0	3.0	3.0	36.0
SPE 18	35.0	Piezometro tubo aperto	-	36.0	3.0	2.0	36.0

sondaggio	profondità	INSTALLAZIONI PIEZOMETRICHE				
ID	metri	tipologia	n.celle	Profondità tubo/celle (m)	Tratto fessurato/filtro celle	
SPE03	40.00	-	1	20.0	6.00	35.00
SPE04.2	60.00	Piezometro Casagrande	1	50.00	20.00	53.00
SPE04.3	60.00	Piezometro Casagrande	1	25.00	7.00	36.00

Tabella 7.3 – riepilogo generale delle installazioni piezometriche eseguite

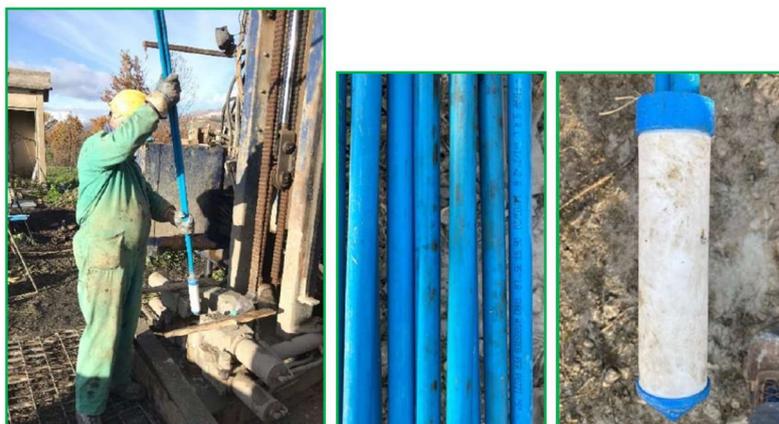


Figura 7.1 - Fasi di installazioni piezometro di Casagrande; a destra particolare dei tubi utilizzati e cella di Casagrande predisposta per i tubi in uso.

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	80

7.3.3 Prove di laboratorio

Nel corso dei sondaggi geotecnici sono stati effettuati n. 52 campionamenti di terreno destinati ad analisi e prove geotecniche di laboratorio, nonché ad analisi di aggressività Terra-Calcestruzzo, di cui n. 24 indisturbati (CI) n. 28 rimaneggiati (CR).

Prove su terre: caratteristiche fisiche, analisi granulometrica, limiti di Atterberg, prove di taglio diretto. Di seguito sono sintetizzate le profondità di prelievo dei campioni sui quali sono state eseguite analisi di laboratorio:

Sondaggio	Campione	Profondità		Data prelievo	Campionatore
		da m	a m		
NS 01	CR 1	42.25	42.75	20/03/23	da carotaggio
	CR 2	52.85	53.35	21/03/23	da carotaggio
NS 04	CR 1	16.20	16.70	06/03/22	da carotaggio
	CR 2	33.00	33.50	09/03/23	da cassetta
	CR 3	46.50	47.00	10/03/23	da cassetta
S 01	CI 1	13.60	14.00	05/01/23	Shelby
	CI 2	15.10	15.70	09/01/23	Shelby
SPE 01	CI 1	14.50	15.00	24/02/23	Shelby
	CI 2	25.00	25.55	28/02/23	Shelby
SPE 02	CI 1	15.00	15.65	13/01/23	Shelby
	CI 2	25.60	26.20	13/01/23	Shelby
	CR 3	37.55	38.00	18/01/23	da cassetta
	CR 4	44.00	44.50	18/01/23	da cassetta
SPE 04.1	CR 1	46.00	46.50	29/12/22	da cassetta
	CR 2	52.70	53.30	30/12/22	da carotaggio
	CR 3	58.35	58.85	03/01/23	da carotaggio
SPE 05	CI 1	6.00	6.60	15/12/22	Shelby
	CI 2	24.50	24.80	20/12/22	Shelby
	CR 1	28.65	29.15	20/12/22	da carotaggio
SPE 06	CR 1	18.00	18.50	06/12/22	da cassetta
	CR 2	24.50	25.00	07/12/22	da carotaggio
	CR 3	30.00	30.50	07/12/22	da carotaggio

SPE 07	CI 1	9.70	10.30	23/11/22	Shelby
	CI 2	29.60	30.20	24/11/22	Shelby
SPE 09	CI 1	15.00	15.60	27/02/23	Shelby
SPE 10	CI 1	6.00	6.60	29/11/22	Mazier
	CR 2	25.00	25.45	02/12/22	da carotaggio
SPE 11	CI 1	6.00	6.60	19/01/22	Shelby
	CI 2	17.60	18.20	20/01/23	Shelby
SPE 12	CI 1	7.50	8.20	11/04/23	Shelby
	CI 2	20.20	20.75	12/04/23	Shelby
SPE 13	CI 1	9.35	9.85	21/02/23	Shelby
SPE 14	CI 1	18.00	18.60	17/02/23	Shelby
SPE 15	CR 1	21.10	21.50	22/02/23	da carotaggio
	CR 2	26.50	27.00	22/02/23	da carotaggio
SPE 16	CI 1	8.00	8.60	01/02/23	Shelby
	CI 2	27.00	27.40	03/02/23	Shelby
SPE 17	CR 1	4.50	5.00	08/02/23	da cassetta
	CI 1	12.00	12.60	07/02/23	Shelby
	CR 2	24.50	25.00	07/02/23	da carotaggio
	CR 3	26.90	27.30	08/02/23	da carotaggio
SPE 18	CR 1	3.10	3.50	14/02/23	da cassetta
	CR 2	9.70	10.30	15/02/23	da cassetta
	CR 3	20.90	21.35	15/02/23	da carotaggio
	CR 4	26.00	26.50	15/02/23	da carotaggio

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	81

SONDAGGIO	CAMPIONE	QUOTA PRELIEVO
SPE03	CI2	10,50 – 10,90 m
	CI3	20,00 – 20,25 m
SPE04.3	CR1	20,00 – 20,30 m
	CR2	26,00 – 25,30 m
SPE04.4	CR1	18,00 – 18,30 m
	CR2	22,00 – 22,30 m

Tabella 7.4 - Campioni di laboratorio prelevati.

Per maggiori dettagli, si vedano i certificati riportati.

7.4 INDAGINI GEOFISICHE PROGETTO ESECUTIVO

Nella presente fase di progettazione esecutiva sono state eseguite:

- n. 18 prove MASW
- n. 13 stendimenti sismici a rifrazione
- n. 12 analisi di microtremori

In fase di esecuzione della campagna geognostica da PE era stato installato un tubo per Down-Hole in corrispondenza del foro Spe11. La prova non è stata eseguita a causa del malfunzionamento del tubo. I dati della campagna da PE e quelli della pregressa campagna da PD sopperiscono a tale mancanza.

7.4.1 Multichannel analysis of surface waves (MASW)

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi geofoni posti sulla superficie del suolo. Recenti studi, infatti, hanno consentito di creare un modello matematico basandosi sull'analisi delle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. Il metodo si basa sull'analisi spettrale del sismogramma, mediante trasformata di Fourier, che restituisce lo spettro del segnale. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive in quanto si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo alle varie lunghezze d'onda (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sui primi metri di profondità invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano spessori maggiori di terreno.

Strumentazione utilizzata, elaborazione dati e risultati ottenuti

L'apparecchiatura utilizzata per l'esecuzione delle indagini MASW consiste in un sismografo multicanale portatile DOREMI a 16 bit, interfacciato ad un PC portatile per la gestione software del sistema di acquisizione, e di un sistema di rilevazione del segnale costituito da 12 geofoni con frequenza propria di oscillazione pari a 4,5 Hz. Il sismografo consente l'amplificazione sia statica che dinamica del segnale; quella dinamica (regolazione del guadagno) permette di amplificare il segnale nel suo insieme, compreso il rumore di fondo. La statica può essere utilizzata dopo l'acquisizione del segnale per evidenziare maggiormente l'inizio della perturbazione, in quanto opera una variazione di scala delle ordinate esclusivamente in fase di visualizzazione. Per esaltare il segnale rispetto al rumore di fondo è possibile inoltre sommare in memoria più tracce riferite alla stessa coppia energizzatore geofono (stacking). Poiché il rumore è casuale mentre il

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	82

segnale è costante, tale sommatoria finisce per esaltare quest'ultimo a scapito del disturbo. Inoltre, al fine di ottenere il migliore segnale possibile, lo strumento è dotato di opportuni filtri passa banda. L'energizzazione del terreno è avvenuta tramite l'utilizzo di una massa battente del peso di 8 Kg.

La disposizione dei geofoni è stata di tipo lineare con punto di scoppio e ricevitori collocati lungo una linea retta. La distanza tra i geofoni è stata di 4,0 m, la sorgente collocata ad una distanza di 4,0 e 8,0 m dal primo geofono, esternamente all'array; l'intervallo di acquisizione è stato di 0,333 ms e la durata di acquisizione pari a 2 sec.

L'interpretazione dei dati di campagna è stata effettuata mediante il programma di interpretazione "EasyMasw della Geostru. L'interpretazione si è articolata sinteticamente nelle seguenti tre fasi:

- La prima fase è consistita nel passaggio dal sismogramma al dominio spettrale mediante trasformata F - K
- La seconda fase nell'estrazione della curva di dispersione sperimentale mediante interpretazione dello spettro F-K;

- la terza ed ultima fase è consistita nell'inversione, ovvero nella generazione di un modello sintetico a cui si associa una curva di dispersione teorica ben sovrapposta a quella sperimentale.

Le indagini MASW hanno consentito di ottenere un modello monodimensionale di Vs che, com'è noto, può essere ritenuto esaustivo del profilo verticale di Vs nel punto centrale dello stendimento.

7.4.2 Prospezioni sismiche a rifrazione

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. In questo modo si possono valutare fino a 4 o 5 orizzonti rifrattori differenti.

Le prove si basano sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda λ , comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici. L'analisi si avvale, poi, del principio di Fermat e della legge di Snell. Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell è una formula che descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde λ , equivalentemente, da diversi indici di rifrazione.

L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_i = v_1 \sin \theta_r$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità. Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo più semplice per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001	REV D

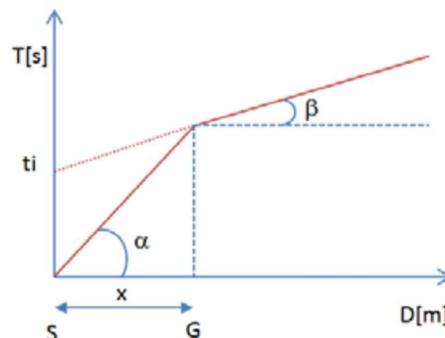
$$T = x_i / V_1$$

dove xi è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V1 del primo mezzo come

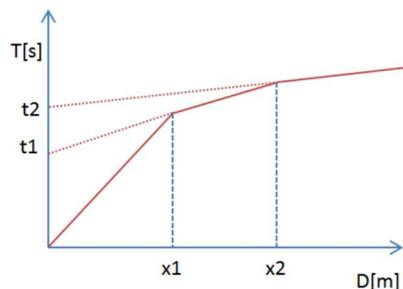
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati punti di ginocchio e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo ti che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.

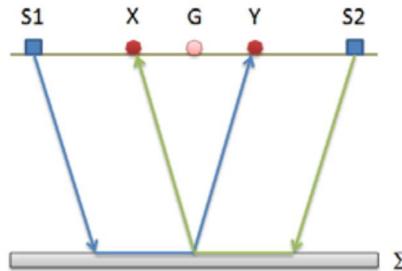


Infine, dalla conoscenza dei tempi ti è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)} V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1 \sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1 V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)} \sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1 V_{(i-2)}} \right)$$

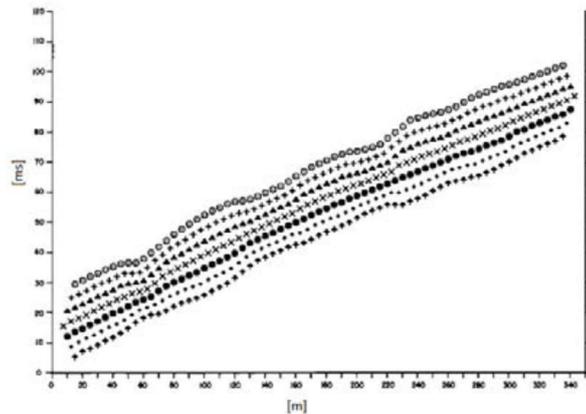
In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) discusso da Palmer nel 1980. Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001



Il primo passo operativo è quello di costruire un diagramma tempi-distanze individuando nei sismogrammi ottenuti dai dati di campagna i primi arrivi delle onde sismiche. Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori. Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare la funzione velocità secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

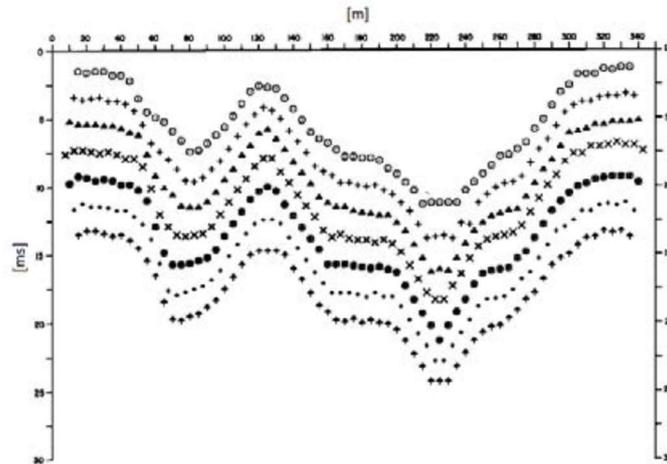
Il calcolo della funzione T_v viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della funzione tempo-profondità è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L. MANDANTI HYpro S.p.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001	REV D



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifrattore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifrattore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

Uno dei principali vantaggi del G.R.M. è che il fattore di conversione della profondità è relativamente insensibile alle inclinazioni fino a circa 20°

Strumentazione utilizzata, elaborazione dati e risultati ottenuti

L'apparecchiatura utilizzata per l'esecuzione delle indagini di Sismica a Rifrazione consiste in un sismografo multicanale portatile DOREMI a 16 bit, interfacciato ad un PC portatile per la gestione software del sistema di acquisizione, e di un sistema di rilevazione del segnale costituito da 12 geofoni con frequenza propria di oscillazione pari a 4,5 Hz. Il sismografo consente l'amplificazione sia statica che dinamica del segnale; quella dinamica (regolazione del guadagno) permette di amplificare il segnale nel suo insieme, compreso il rumore di fondo. La statica può essere utilizzata dopo l'acquisizione del segnale per evidenziare maggiormente l'inizio della perturbazione, in quanto opera una variazione di scala delle ordinate esclusivamente in fase di visualizzazione. Per esaltare il segnale rispetto al rumore di fondo è possibile inoltre sommare in memoria più tracce riferite alla stessa coppia energizzatore geofono (stacking). Poiché il rumore è casuale mentre il segnale è costante, tale sommatoria finisce per esaltare quest'ultimo a scapito del disturbo. Inoltre, al fine di ottenere il migliore segnale possibile, lo strumento è dotato di opportuni filtri passa banda. L'energizzazione del terreno è avvenuta tramite l'utilizzo di una massa battente del peso di 8 Kg.

La disposizione dei geofoni è stata di tipo lineare con n. 5 punti di scoppio e ricevitori collocati lungo una linea retta.

La distanza tra i geofoni è stata di 5 m, la sorgente collocata ad una distanza di -5;

-10;32;60;65 mt. dal primo geofono, esternamente all'array;

L'interpretazione dei dati di campagna è stata effettuata mediante il programma di interpretazione "EasyRefract della Geostru.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOLLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	86

In Tabella 7.5, Tabella 7.7 e Tabella 7.8 si riporta una sintesi delle prove effettuate durante la campagna di indagini eseguita nell'ambito dell'emissione definitiva del progetto oggetto del presente studio, con indicazione della Sigla, della campagna indagine, della Tipologia, dei valori di VS₃₀ determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.

Sigla	Tipologia	Lunghezza m	Vs30 m/s	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
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 7.5 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini L03203R-2012.

Sigla	Tipologia	Lunghezza m	Vs30 m/s	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
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

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	87

Sigla	Tipologia	Lunghezza m	Vs30 m/s	Categoria di sottosuolo	Unità geologiche
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
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 7.6 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna indagini 2017 (Progetto Definitivo)

Sigla	Tipologia	Lunghezza m	Vs30 m/s	Categoria di sottosuolo	
MASW1	MASW	48	359,92	C	CGC1
MASW2	MASW	48	340,97	C	CGC2
MASW3	MASW	48	332,44	C	CGC1
MWpe1	MASW	48	137	D	bb1
MWpe2	MASW	48	317	C	bb2
MWpe4	MASW	48	325	C	CGC2
MWpe5	MASW	48	422	B	bb2
MWpe6	MASW	48	523	B	ba2
MWpe7	MASW	48	548	B	b2
MWpe8	MASW	48	428	B	CGC1
MWpe9	MASW	48	762	B	CGC1
MWpe10	MASW	48	207	C	gb2

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	88

Sigla	Tipologia	Lunghezza m	Vs30 m/s	Categoria di sottosuolo	
MWpe11	MASW	48	232	C	ba2
MWpe12	MASW	48	319	C	gb3
MWpe13	MASW	48	370	B	gb2
MWpe14	MASW	48	349	C	gb2
MWpe15	MASW	48	365	B	gb2
MWpe16	MASW	48	281	C	Bb3

Tabella 7.7 - Sintesi dei risultati delle prove sismiche realizzate in corrispondenza della galleria di Campomarino nell'ambito della campagna indagini (Progetto Esecutivo)

Si tiene a precisare che per le WBS per cui, dalle indagini eseguite, sono state rilevate differenti categorie di sottosuolo è stata considerata sempre la categoria di sottosuolo più bassa a titolo cautelativo.

A titolo di esempio, la MWpe2 restituisce una categoria di sottosuolo C; tuttavia, poiché le altre indagini nello stesso settore sia eseguite in fase di PD che di PE riportano una categoria D, si è preferito uniformare la categoria del luogo (lavorando sempre a favore di sicurezza) in D. Lo stesso criterio è stato applicato alle indagini MWpe5 e MWpe13.

Nella tabella seguente sono riportate le categorie di sottosuolo che sono state considerate per i settori in cui verranno realizzate le opere contraddistinte

Codice WBS	Descrizione sintetica	Categoria di sottosuolo
RI01	Rilevato esistente	C
TR01	Trincea esistente	C
RI02	Rilevato esistente	C
TR02	Trincea da km 0+700 a km 2+550	C
TR03	Trincea da km 2+550 a km 2+750 Raddoppio Termoli - Ripalta e diramazione per Campobasso	C
RI03	Rilevato da km 2+750 a km 2+783,90	D
VI01	Viadotto da km 2+783,900 a km 2+815,900	D
RI23	Rilevato da km 2+815,900 a km 3+387,500	D
VI02	Viadotto da km 3+387,500 a km 5+147,500	D
TR04	Trincea da km 5+145,50 a km 5+229,15	B
GI01	Galleria Campomarino Tratto artificiale Imbocco Lato Termoli	C
GN01	Galleria Campomarino Galleria naturale	C
GI02	Galleria Campomarino Tratto artificiale Imbocco Lato Lesina	C
TR05	Trincea da km 6+945,00 a km 7+060,00	C
RI04	Rilevato da km 7+060 a km 7+129,10	C
VI03	Viadotto da km 7+129,100 a km 7+219,100	C
RI05	Rilevato da km 7+228 a km 7+380	C
GA05	Galleria artificiale da km 7+380,00 a km 7+420,00 per viabilità NV03	C

LINEA PESCARA – BARI

**RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA
LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA**

**Relazione geologica, geomorfologica
ed idrogeologica**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	89

TR06	Trincea da km 7+430,00 a km 7+700,00 Fermata Campomarino	C
TR07	Trincea da km 7+700,00 a km 8+275,00	C
RI06	Rilevato da km 8+275,00 a km 8+487	C
VI04	Viadotto da km 8+487,000 a km 8+902,000	C
RI07	Rilevato da km 8+902,00 a km 9+661	C
VI05	Viadotto da km 9+661,60 a km 9+963,60	C
RI08	Rilevato da km 9+961,00 a km 15+105,40	C
VI06	Viadotto da km 15+105,400 a km 15+910,400	C
RI09	Rilevato da km 15+910,400 a km 16+800	B
TR08	Trincea da km 16+800,00 a km 17+200,00	B
RI10	Rilevato da km 17+200,00 a km 17+520,00	B
VI07	Viadotto da km 17+520,000 a km 17+595,000	B
TR09	Trincea da km 17+595,00 a km 17+800,00	B
GA06	Galleria artificiale da km 17+800 a km 17+850 per viabilità NV13	B
RI11	Rilevato da km 17+850,00 a km 18+067	B
VI08	Viadotto da km 18+066,600 a km 18+081,500	B
RI12	Rilevato da km 18+082,00 a km 18+621	B
VI09	Viadotto da km 18+621,100 a km 18+643,100	B
RI13	Rilevato da km 18+643,00 a km 20+227	B
VI10	Viadotto da km 20+226,600 a km 20+251,600	B
RI14	Rilevato da km 20+251,00 a km 20+580	B
VI11	Viadotto da km 20+580,00 a km 20+605,00	B
RI15	Rilevato da km 20+606,00 a km 20+700	B
TR10	Trincea da km 20+700,00 a km 21+050,00	B
RI16	Rilevato da km 21+050,00 a km 21+106	B
VI12	Viadotto da km 21+106,500 a km 21+181,500	B
RI17	Rilevato da km 21+181,50 a km 21+241	B
TR11	Trincea da km 21+241,00 a km 21+500,00	B
RI18	Rilevato da km 21+500,00 a km 21+573,50	B
VI13	Viadotto da km 21+573,500 a km 21+598,500	B
RI19	Rilevato da km 21+598,50 a km 21+675	B
TR12	Trincea da km 21+675,00 a km 21+850,00	B

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	90

RI20	Rilevato da km 21+850,00 a km 21+901,50	B
VI14	Viadotto da km 21+901,500 a km 22+026,500	B
TR13	Trincea da km 22+026,50 a km 22+702,00	B
RI24	Rilevato da km 22+702,00 a km 22+768,800	B
VI15	Viadotto da km 22+768,800 a km 23+253,800	B
RI21	Rilevato da km 23+253,800 a km 24+930,52 (fine progetto) parte fuori esercizio e parte in affiancamento	B

Tabella 7.8 – categorie di sottosuolo considerate

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione sismica da PE - LI0B02EZZRHGE0001002C.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	91

8. ANALISI DELLE POTENZIALI CRITICITÀ

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.

8.1 CRITICITÀ CONNESSE ALL'ASSETTO GEOLOGICO

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 nella Relazione Sismica, 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.

Dal punto di vista geologico-tecnico, i principali elementi di criticità per le opere in progetto sono rappresentati dal rischio di liquefazione dei terreni alluvionali granulari sotto falda. 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.

Gli studi della precedente fase progettuale, considerando la genesi, la natura e l'età assoluta dei depositi, sottolineano 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 campagna. Inoltre, la presenza diffusa di depositi prevalentemente di genesi alluvionale caratterizzati localmente da granulometria sabbiosa e sabbioso-limoso, 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

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	92

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. Nella presente fase progettuale saranno verificate, a valle dell'ultimazione della campagna di indagini in corso, gli assunti appena riportati.

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.

8.2 CRITICITÀ CONNESSE ALL'ASSETTO GEOMORFOLOGICO

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, nei primi 600 m 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 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. Tali fenomeni vista la ridotta dimensione delle masse mobilitate non rappresentano un elemento di particolare criticità per opere in progetto.

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.

8.3 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 terreni litologici 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. 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

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	93

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.

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 semiconfinite. 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 da Progetto Definitivo, evidenziano, infatti, la presenza di importanti falde freatiche all'interno dei 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.

8.4 CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO GRISÙ DEI TERRENI INTERESSATI DALLO SCAVO DELLA GALLERIA NATURALE CAMPOMARINO

I gas naturali sono una miscela di sostanze chimiche dette idrocarburi e gas inerti in concentrazioni variabili, prodotti dalla decomposizione anaerobica di materiale organico e sono costituiti in massima parte da metano e, per il resto, da piccole quantità di etano, butano, propano, pentano, azoto, elio e anidride carbonica.

In natura si trovano comunemente allo stato fossile insieme al petrolio, al carbone o in giacimenti.

Gli idrocarburi, sia liquidi, sia gassosi, sono generati in sottosuolo (naftogenesi) dalla sostanza organica contenuta in talune rocce sedimentarie (roccia madre o "source rock").

Dopo la naftogenesi tendono a migrare verso la superficie utilizzando le rocce porose e permeabili (roccia serbatoio o "reservoir") e le zone di minor resistenza al moto (faglie e fratture).

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica		COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
		LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	94

Quando lungo il loro percorso incontrano una barriera impermeabile che ne ostacola la risalita (roccia di copertura o “seal”). possono essere trattenuti nel sottosuolo, dove si accumulano, dando luogo ad un giacimento.

Gli idrocarburi sono, dunque, il frutto di una serie di processi naturali, che si sviluppano nel tempo e la cui evoluzione avviene per fasi successive, dall’origine, alla migrazione, all’accumulo e conservazione, fino alla dismigrazione.

La **roccia madre** (source rock) è una roccia sedimentaria ricca in materia organica capace di generare ed espellere composti di idrocarburi. Una roccia madre è caratterizzata da tre attributi indispensabili:

- deve possedere un contenuto sufficiente di materia organica di origine biologica, finemente dispersa al suo interno;
- questa materia organica deve avere una composizione specifica, cioè deve essere ricca di idrogeno;
- la roccia madre deve trovarsi a una certa profondità ed essere sottoposta a determinate temperature sotterranee.

Le condizioni ideali per la deposizione della roccia madre sono la presenza contemporanea di un ambiente anossico, caratterizzato da alta produttività organica e scarso apporto di ossigeno (ambiente a bassa energia e scarsa circolazione d’acqua) (bacini marini, lagune, scarpata continentale, laghi, delta) e di sedimenti a grana fine (generalmente argillosi).

Per roccia serbatoio (reservoir) si intende una roccia, in genere sedimentaria, capace di contenere e/o trattenere fluidi, ma allo stesso tempo di cederli, permettendone, pertanto il movimento. E’ caratterizzata da due parametri petrofisici fondamentali:

- porosità (percentuale dei vuoti nell’unità di volume della roccia): primaria (si origina con il sedimento) e/o secondaria (si origina per fenomeni successivi come fratturazione, soluzione e ricristallizzazione delle rocce);
- permeabilità (intercomunicazione fra i pori della roccia) ed è legata alle modalità di formazione.

Per roccia di copertura (seal) si intende una roccia impermeabile e duttile capace di impedire o rallentare la naturale migrazione degli idrocarburi verso la superficie e proteggere contemporaneamente l’accumulo dalle infiltrazioni delle acque meteoriche.

Una roccia di copertura è efficace se la sua pressione capillare è maggiore della spinta di galleggiamento degli idrocarburi sottostanti. Ai fini dell’efficacia è più importante l’estensione laterale del “sea” piuttosto che il suo spessore. Le rocce di copertura più efficaci sono:

- **rocce clastiche a grana molto fine (granuli inferiori a 1/256 di mm):** argille;
- **rocce evaporitiche (dovute alla precipitazione di sali):** gessi, anidriti e più raramente salgemma.

Caratteristica degli idrocarburi è la loro capacità, una volta generati da una roccia madre, di essere in grado di abbandonarla e di raggiungere un mezzo poroso (roccia serbatoio) entro il quale si muovono finché non vengono bloccati ed accumulati in una trappola geologica strutturale o stratigrafica, creando un **giacimento**.

Considerato quanto fino ad ora esposto, le informazioni di ordine storico e bibliografico accumulate sull’area in oggetto, rendono improbabile la presenza di sacche di gas all’interno dei materiali attraversati dall’opera in esame rappresentati da sabbie e conglomerati in facies limosa con coperture di circa 30 m. Quanto detto ricalca anche le informazioni riportate nel **PD** che riguardo alla presenza di gas i galleria indica un **rischio nullo**.

Si potrebbe verificare, con apposita centralina al boccaforo de sondaggi in asse alla galleria, la presenza o meno dei gas per avere la certezza che il rischio grisù possa essere definitivamente escluso dall’opera in progetto.

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																						
<p>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">LI0B</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">GE</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">95</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	95
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	95													

9. DESCRIZIONE IN ASSE AL TRACCIATO

Sulla base del modello geologico-tecnico e stratigrafico di riferimento illustrato nei capitoli precedenti e rappresentato graficamente nella cartografia geologica, geomorfologica, idrogeologica e profili, cui si rimanda per maggiori dettagli, vengono di seguito descritte le interazioni fra opere e terreni lungo il tracciato ferroviario in progetto.

Orientato complessivamente in direzione SE-NW, l'areale di progetto si sviluppa in un comparto a basso gradiente, intercettando depositi olocenici di piana alluvionale, antichi depositi alluvionali terrazzati del pleistocene superiore e depositi fluvio-marini pleistocenici; a luoghi, sono, inoltre, presenti coperture recenti di natura eluvio-colluviale.

9.1 OPERE DALLA PK 0+000 ALLA P.K. 2+784

Descrizione del contesto geologico-strutturale

Come si evince dalla cartografia geologica, fino alla p.k 2+784 il tracciato si imposta per la maggior parte del suo sviluppo sui litotipi riconducibili alla litofacies conglomeratico-sabbiosa dei conglomerati di Campomarino (**CGC1**), i quali presentano spessore dell'ordine di 5-10 metri. Tale litofacies conglomeratico-sabbiosa poggia sui litotipi psammitici delle Sabbie di Serracapriola (SSR) che a loro volta, dalla p.k. 1+800 alla p.k. 2+784, passano in profondità attraverso un contatto eteropico ai litotipi pelitici delle Argille Subappenniniche (**ASP**). Localmente, ed in particolare nel tratto iniziale del lotto, i litotipi in litofacies conglomeratico – sabbiosa (**CGC1**) sono ricoperti da terreni di riporto antropico, mentre nella parte intermedia del tratto considerato su di essi poggiano Depositi alluvionali terrazzati limoso – argillosi (**bn3**) con uno spessore minore a 1,5 metri. Inoltre, in corrispondenza del Vallone del Rio Vivo (al km 0+060 circa) e del Fosso Mucchiotti (al km 0+650 circa), si rinvengono 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.

Descrizione del contesto geomorfologico

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 e 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.

Descrizione dell'assetto idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico si ipotizza 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 8.0 e 20.0 m s.l.m.

9.2 OPERE DALLA PK 2+784 ALLA PK 5+229

Descrizione del contesto geologico-strutturale

Dalla p.k. 2+784 alla p.k. 5+229, il tracciato ferroviario fonda su depositi di natura alluvionale riconducibile ai depositi alluvionali recenti del F. Biferno (bb1, bb2, bb3), i quali costituiscono un potente ed esteso materasso, poggiante sulle formazioni fluvio-marine e marine pleistoceniche rappresentate dalle argille subappennine. Le alluvioni, le quali presentano spessore di circa 30/40m, sono rappresentate da alternanza tra: litofacies più grossolana è formata da ghiaie poligeniche ed eterometriche; litofacies prevalentemente psammitica è costituita da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro; litofacies pelitica è costituita da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, marrone e bruno-rossastro, quest'ultima predominante. 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

MANDATARIA  	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001	REV D

9.3 m. Infine, nel tratto finale si rinvencono i Depositi alluvionali terrazzati limoso-argillosi, sabbioso-limosi e ghiaioso-sabbiosi (**bn3**, **bn2** e **bn1**).

Descrizione del contesto geomorfologico

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.

Descrizione dell'assetto idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico, il grado di permeabilità dei terreni più superficiali è molto variabile. Infatti, i depositi di natura alluvionale (sia recenti che terrazzati) sono estremamente eterogenei, essendo caratterizzati da intervalli a granulometria variabile da ghiaiosa a limoso-argillosa e complessivamente presentano un basso grado di permeabilità relativa, che, dunque, caratterizza il tratto. Inoltre, si sottolinea la presenza di una falda a superficie libera posta all'interno dei depositi alluvionali recenti. Questa falda, presenta una superficie piezometrica posta a quote variabili tra 2.25 e 4.0 m circa s.l.m..

9.3 OPERE DALLA PK 5+229 ALLA PK 8+487

Tale tratto si colloca nel settore centrale dell'area di interesse progettuale, dove è prevista la realizzazione della galleria, 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 Subappennine (**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 rinvencono i depositi argilloso-sabbiosi dei Conglomerati di Campomarino (**CGC2**). Inoltre, in corrispondenza dell'imbocco nord si rinvencono i Depositi alluvionali terrazzati (**bn2** e **bn3**).

9.3.1 Galleria di Campomarino (da PK 5+229 a PK 6+495)

Descrizione del contesto geologico – strutturale imbocco Nord (lato Termoli) GI01

L'imbocco GI01 è interessato dalla presenza di due distinti corpi litologici di natura fluviale e marino-costiera di transizione. I depositi fluviali terrazzati del Pleistocene Superiore poggiano in discordanza angolare e tramite superfici erosive sui depositi marino-costieri del Pleistocene Inferiore. Nella fattispecie, nel sito dell'imbocco GI01, i depositi fluviali sono rappresentati dalla litofacies denominata **bn3** mentre i depositi marino costieri consistono delle Sabbie di Serracapriola (**SSR**) appartenenti all'Unità della Fossa Bradanica. Il deposito **bn3** rappresenta la litofacies a granulometria più fine dei depositi alluvionali terrazzati affioranti nelle aree limitrofe e consiste in **argille-limose e limi-argillosi** di colore marrone grigiastro localmente tendente al verde a seconda delle variazioni dei contenuti di argilla e limo. La litofacies **bn3** è debolmente strutturata, presenta una debole e discontinua laminazione piano-parallela che drappeggia locali e sporadici banchi di ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate. Localmente sono presenti livelli sabbioso-limosi di colore giallastro che possono contenere letti ghiaiosi costituiti anch'essi da clasti poligenici con grado di arrotondamento variabile.

Le **Sabbie di Serracapriola (SSR)** consistono in depositi **sabbioso-limosi** di spiaggia e/o piattaforma superiore che poggiano in continuità ed in parziale eteropia di *facies* sulle Argille Subappennine (**ASP**). Le Sabbie di Serracapriola sono di colore giallo rossastro e non presentano significative variazioni composizionali essendo costituite prevalentemente da quarzo ed in minor parte da feldspato. In affioramento appaiono con grado di cementazione variabile ed in strati di medio spessore (20 – 50 cm) che talora possono però raggiungere anche spessore dell'ordine del metro e oltre. Sono frequenti bioturbazioni che localmente interferiscono con la spiccata strutturazione sedimentaria primaria data da una laminazione pervasiva piano-parallela e incrociata a basso angolo. Nonostante il trend granulometrico sabbioso-limoso sia piuttosto costante, localmente si rinvencono locali e discreti corpi lenticolari di conglomerati eterometrici, costituiti prevalentemente da clasti calcareo-marnosi ed arenacei, da poco a discretamente cementati. Oltre alle lenti

MANDATARIA  CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR
LI0B	02		E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	97

conglomeratiche si rinvengono anche livelli sottili e continui di argille-limose ed argille-marnose di colore grigio verdastre che si fanno sempre più frequenti verso il bottom delle Sabbie di Serracapriola.

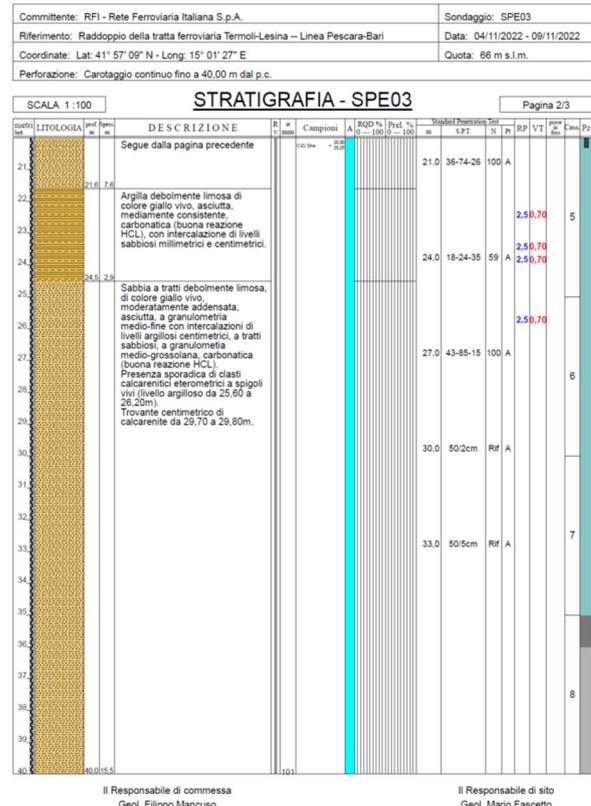
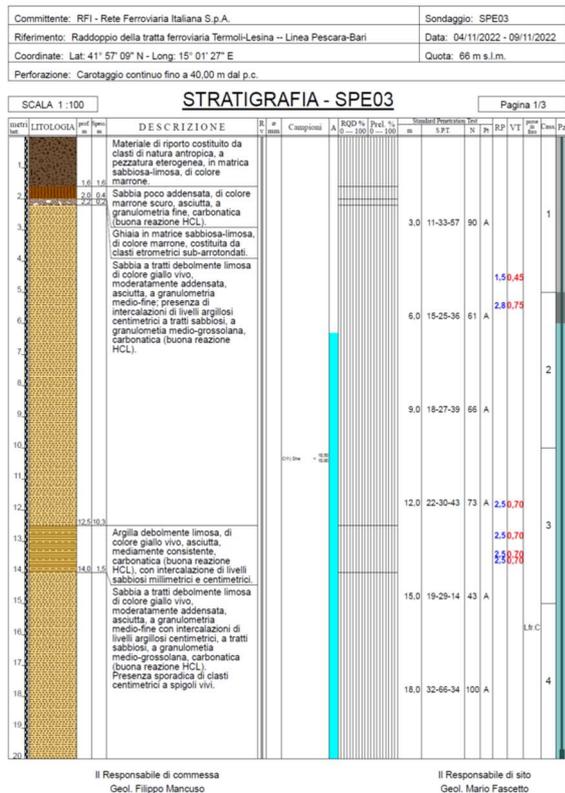


Figura 9.1: Affioramento in Sabbie di Serracapriola. Dalla foto si apprezza la stratificazione piano-parallela interrotta, localmente, da bioturbazioni.



Figura 9.2: Particolare sulla laminazione piano-parallela che conferisce la stratificazione ai depositi sabbioso-limosi di Serra Capriola. Si osservano livelli con variazioni cromatiche giallo – rossastre legate alla variazione di abbondanza percentuale di quarzo e feldspato.

Quanto detto trova conferma nei primi report stratigrafici a disposizione derivanti dalla campagna integrativa da progetto esecutivo riportate nelle figure seguenti.



Descrizione del contesto geologico-strutturale imbocco Sud (lato Lesina) GI02

L'imbocco GI02 ricade nei Conglomerati di Campomarino appartenenti all'Unità della Fossa Bradanica. I Conglomerati di Campomarino sono distinti in una litofacies grossolana a matrice sabbioso-ghiaiosa (CGC1) ed in una litofacies più fine in cui prevale una matrice argilloso-limoso e limoso-sabbiosa (CGC2).

Localmente si rinvencono bancate caratterizzate da una frazione matrice più grossolana (limoso-sabbiosa). La litofacies argilloso-sabbiosa appare di colore grigio, marrone e verdastro e presenta struttura indistinta o debolmente laminata, con abbondanti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate. Sporadicamente, nelle bancate a prevalente matrice limoso-sabbiosa si rinvencono corpi lentiformi di ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

Tale litologia poggia in contatto stratigrafico discordante sui depositi delle Sabbie di Serracapriola (SSR) precedentemente descritte.

Quanto detto trova conferma nei primi report stratigrafici a disposizione derivanti dalla campagna integrativa da progetto esecutivo.

Descrizione del contesto geomorfologico imbocco Nord (lato Termoli) GI01

Dal punto di vista geomorfologico l'imbocco GI01 si colloca in corrispondenza di una scarpata di faglia che mette in affioramento in parete i Conglomerati di Campomarino (nella parte alta del fronte) e le Sabbie di Serracapriola. Il fronte si orienta in direzione circa Nord-Sud in maniera piuttosto continua e mantiene una inclinazione media di circa 70° anche se, localmente, si raggiungono quasi 90° di inclinazione. La parte sommitale del fronte rappresenta l'orlo morfologico di superfici terrazzate costituiti dalle facies dei Conglomerati di Campomarino mentre alla base della scarpata affiorano lembi delle facies caratteristiche dei depositi alluvionali terrazzati. Sebbene il fronte risulti interessato da franosità diffusa data da processi sia rapidi che lenti tuttavia i fenomeni gravitativi rimangono localizzati, superficiali e di scarsa dimensione. Le sezioni del fronte che offrono un angolo maggiore presentano le maggiori criticità in termini di stabilità. Oltre a fenomeni di crollo si riscontra la persistenza di fenomeni franosi complessi superficiali e di colamenti lenti.

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	99

Nel complesso il fronte interessato dall'imbocco GI01 è soggetto fenomeni morfo-evolutivi superficiali che destabilizzano localmente e temporaneamente alcune sezioni del fronte.

Per quanto concerne la presenza di una faglia in corrispondenza dell'imbocco GI01 e il significato geomorfologico della scarpata si precisa quanto segue.

La presenza della suddetta faglia è ereditata dall'Emissione Definitiva del progetto in oggetto, così come si può leggere nel paragrafo 8.2 Assetto Strutturale del Capitolo 8 della Relazione Geologica, Geomorfologica ed Idrogeologica (LI0202D69RGGE0001001B), carta geologica e relativa sezione (LI0202D69N5GE0001002B). Dall'analisi di tali elaborati geologici acquisiti sono state dedotte le seguenti considerazioni:

Per quanto riguarda il significato geomorfologico del fronte che sarà interessato dalla realizzazione dell'imbocco GI01, si precisa che il fattore tettonico, per quanto abbia sicuramente un significativo controllo primario, è subordinato al fattore erosivo operato dall'incisione fluviale del Fiume Biferno in termini di entità di dislivello attuale. Infatti, da quanto risulta dai sondaggi e da quanto estrapolabile dalla sezione geologica di sottosuolo, emerge che il rigetto massimo verticale prodotto dalla faglia è di circa 27 metri mentre l'entità del dislivello del fronte è di poco più di 60 metri. Ciò significa che la tettonica ha creato un margine fluviale strutturale successivamente sfruttato dai cicli di erosione e deposizione del Fiume Biferno caratterizzato da un canale sinuoso a tratti meandriiforme. Ciò non esclude o smentisce la presenza di un lineamento tettonico fragile inattivo che ricade in corrispondenza di suddetto fronte. Da quanto risulta dai sondaggi (S1GALL ed S17vBis) la faglia chiaramente disloca di circa 27 m il contatto stratigrafico tra le Sabbie di Serracapriola (SSR) e le Argille Subappenniniche (ASP) datato a un Pleistocene Inferiore (Gelasiano – Calabriano). Tuttavia, in sezione, la stessa faglia è suturata dai depositi alluvionali terrazzati (bn1, bn2, bn3), datati al Pleistocene Superiore, che poggiano in discordanza e tramite superficie erosiva sulle Sabbie di Serracapriola. Da tali considerazioni, puramente stratigrafiche e sedimentologiche, risulta che la faglia non disloca il Pleistocene Superiore (0,129 Ma). Tuttavia, dalla lettura della carta geologica è chiaro che la medesima struttura non comporta dislocazioni anche nei Conglomerati di Campomarino datati a un Pleistocene Inferiore – Medio (passaggio Calabriano – Chibaniano). Si può concludere affermando che, in base a quanto detto sopra, il fronte in cui verrà realizzato l'imbocco GI01 non è soggetto a criticità di natura tettonica legate alla presenza della faglia.

Compatibilità geomorfologica degli interventi previsti

La scarpata di interesse, in corrispondenza dell'intersezione con l'asse della Galleria Campomarino, in virtù del quadro morfo-strutturale vigente, risulta essere caratterizzata nella porzione inferiore dall'affioramento delle Sabbie di Serracapriola, ben esposte e con pendenze anche prossime ai 90° per un'altezza di circa 15 metri. Verso l'alto stratigrafico, in corrispondenza del cambio litologico (contatto stratigrafico tra Sabbie di Serracapriola e Conglomerati di Campomarino) la scarpata è caratterizzata da una repentina variazione del gradiente ben evidenziata dalla presenza di una superficie sub-pianeggiante ed è soggetta a franosità diffusa.

Da un'analisi multi-temporale, eseguita tramite l'interpretazione di foto aeree e ortofoto estrapolate dal webgis del Geoportale Nazionale (Ministero dell'Ambiente) e da google earth, è stato possibile individuare l'evoluzione dei fenomeni franosi che insistono sul fronte oggetto di interesse. Nella fattispecie sono state considerate ortofoto e foto aeree che coprono un'asse temporale che va dal 1988 fino al 2022.

Da quanto sopra detto emerge che il fronte in oggetto è interessato da fenomeni franosi superficiali e di rapida evoluzione che consistono prevalentemente in colamenti e crolli. Tuttavia, tali fenomeni interessano i settori del fronte caratterizzati da una maggiore pendenza, ovvero il settore a Nord dell'imbocco GI01.

Nell'ortofoto relativa all'anno 2001 si riconoscono forme di accumulo risalenti a processi morfoevolutivi precedenti al 1988 riscontrati dalle ortofoto. Tali forme di accumulo (figura 5.2) consistono in una esigua falda detritica di scarpata, piccoli conii detritici alimentati da crolli e colamenti di cui, ancora oggi, si riconoscono le rispettive nicchie di distacco alla sommità del fronte e un deposito di un processo gravitativo complesso superficiale (crollo con evoluzione in colamento) (figura 5.2).

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

Sempre nell'ortofoto dell'anno 2001 si mette in evidenza la presenza di un colamento rapido successivo ai fenomeni gravitativi appena descritti che interessa il fronte poco a Nord-Est dell'Imbocco GI01 e che si origina dalla sommità della parete in arenaria (Sabbie di Serracapriola) (figura 5.3).

Nell'anno 2005, in prossimità del fenomeno franoso del 2001, si riconoscono dei crolli che mettono a nudo la parete in arenaria precedentemente rinverdita (figura 5.4). I crolli del 2005 coinvolgono solo una piccola parte del fronte. Infine, nel 2016 si osserva una parziale riattivazione dei crolli del 2005 (figura 5.5).

Attualmente (figura 5.6) non si osservano processi gravitativi in atto. Il versante appare uniformemente rinverdito accetto i settori a maggiore pendenza laddove i processi di dilavamento non consentono la formazione di suolo e/o l'attecchimento di essenze vegetali.

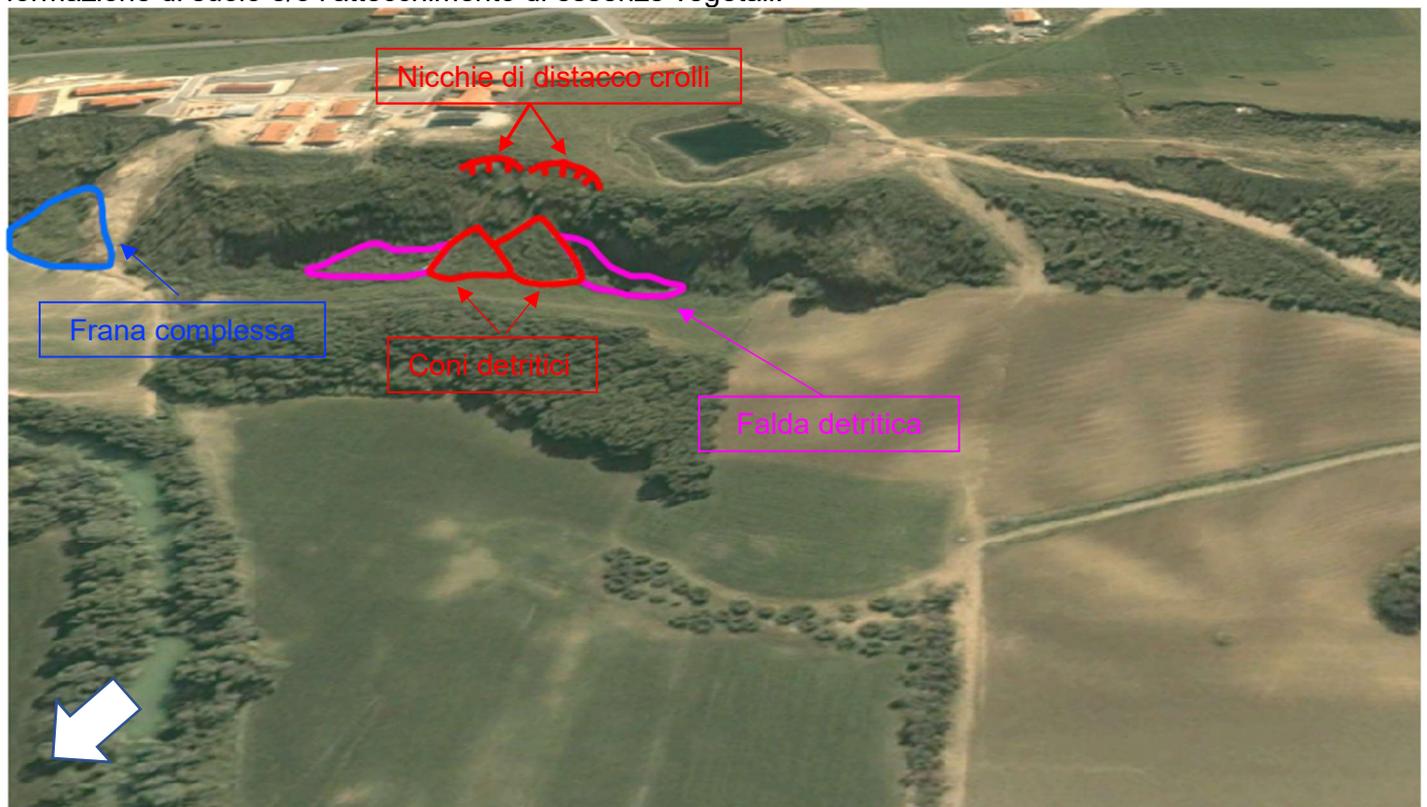


Figura 9.3 - Ortofoto (da google earth) del 2001, nella quale, risultano risalenti a processi morfoevolutivi precedenti al 1988.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro S.P.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001



Figura 9.4 - Ortofoto (da google earth) del 2001, nella quale, si osserva un colamento.



Figura 9.5 - Ortofoto (da google earth) del 2005, nella quale, vengono indicate le nicchie di distacco da cui hanno origine i crolli.

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	102



Figura 9.6 - Ortofoto (da Geoportale Nazionale) del 2016, nella quale, viene indicate la nicchia di distacco dei crolli.



Figura 9.7 - Ortofoto (da google earth) del 2022.

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>		MANDANTI HYpro S.p.A.		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA							
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	103

In sintesi, tenendo in considerazione il materiale fotografico allegato, si deduce che i fenomeni franosi che interessano il fronte in esame sono attualmente concentrati nei settori di maggiore acclività e sono legati principalmente alle caratteristiche intrinseche del substrato sabbioso-arenaceo oltre che all'erosione operata degli agenti atmosferici; essi hanno sempre avuto carattere superficiale. In base a quanto detto, si può concludere affermando che le opere proposte, quindi, non aggravano il livello di rischio e/o pericolo, bensì, sono tali da migliorare o comunque non aggravare le condizioni di sicurezza del territorio.

In definitiva, gli interventi in progetto, si presentano compatibili con le criticità geomorfologiche presenti nelle aree di intervento.

Rilievo geomorfologico di dettaglio

Di seguito si riporta quanto emerge dai sopralluoghi effettuati in situ in data 19.01.2023.

Dal punto di vista morfoevolutivo e in seguito ad un rilevamento geomorfologico di dettaglio, la cui documentazione fotografica è riportata a seguire, è stato appurato che l'intera scarpata, attualmente, risulta essere caratterizzata da una serie di processi di denudazione del tipo *slope replacement*, con la conseguenziale crescita di una falda detritica basale (versante di Lehman).

Nella porzione basale si osserva, infatti, la presenza di diversi coni detritici coalescenti, attualmente inerbiti, a formare un'estesa falda detritica che mantiene il suo apice in contatto con la parete caratterizzata da fenomeni erosivi. (Figure 10.8 e 10.9).



Figura 9.8

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro S.p.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001



Figura 9.9

Tali forme deposizionali, attualmente, risultano essere alimentate da una serie di processi gravitativi e/o denudazionali perlopiù superficiali e di piccola entità, consistenti in crolli, piccoli smottamenti e colate di piccola entità, da veloci a lente, in relazione ai diversi apporti delle acque meteoriche e alle caratteristiche intrinseche delle litologie coinvolte (Figura 10.10).



Figura 9.10

In corrispondenza dell'intersezione con l'asse della Galleria la falda detritica assume morfologie e spessori meno significativi (Figura 10.11).

**Relazione geologica, geomorfologica
ed idrogeologica**

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	105



Figura 9.11

In seguito al rilievo di dettaglio effettuato in parete, si osserva, inoltre, che la stratificazione sub-parallela caratteristica delle Sabbie di Serracapriola, risulta essere frequentemente interrotta dalla presenza di due sistemi secondari di fratture tettoniche, ad alto e basso angolo (Figura 10.12), rispettivamente denominati K1 e K2 e caratterizzati dalle seguenti giaciture:

- K1: N140/65°SO - N130/50°SSO
- K2: N120/30°SSO



Figura 9.12

Le discontinuità presentano spaziatura variabile tra 0,70 e 1,00 metro con una persistenza che va da 8,00 a 15,00 metri. Tale assetto stratigrafico – strutturale, unitamente ai processi denudazionali e gravitativi sopra descritti, portano alla formazione di blocchi isolati sul versante, prevalentemente nelle litologie sabbiose e con dimensioni medie pari a 0,60 x 0,80 x 0,20 m, i quali essendo spesso privi del supporto alla base sono soggetti al distacco dalla parete (Figura 10.13).

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.	MANDANTI HYpro S.p.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

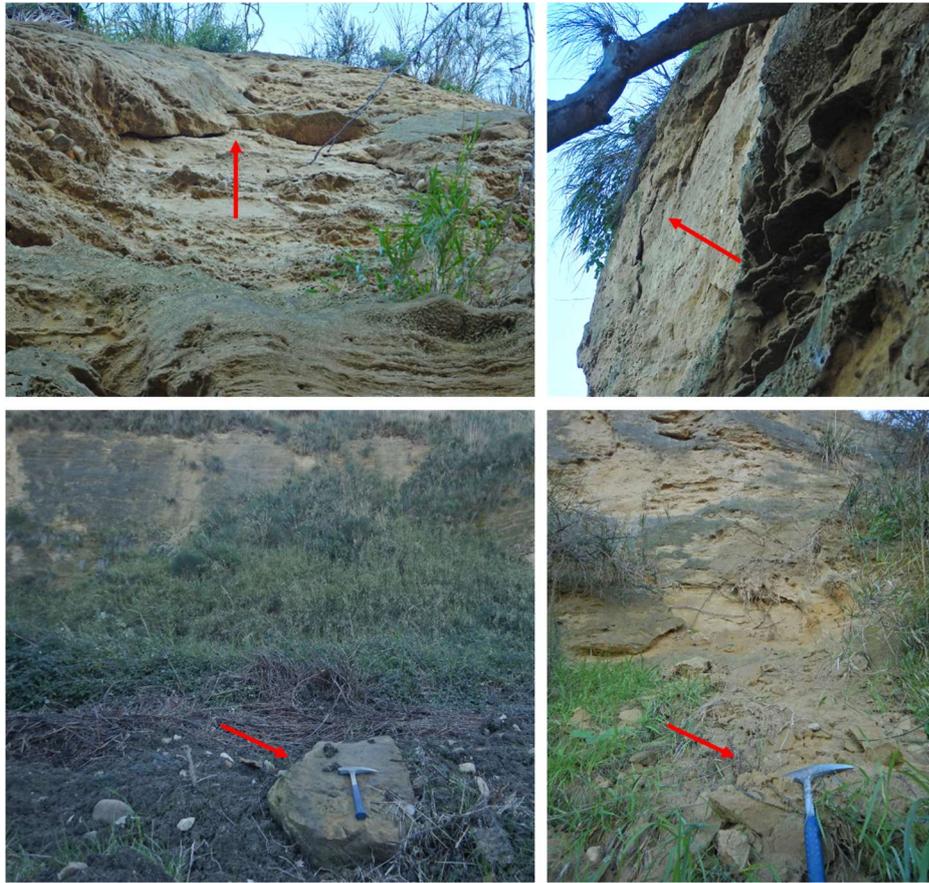


Figura 9.13

Descrizione contesto geomorfologico imbocco Sud (lato Lesina) GI02

Gli imbocchi GI02 si aprono entrambi su un versante con pendenza blanda verso Nord costituito dalla facies argilloso limosa dei Conglomerati di Campomarino. Il versante in esame non presenta alcuna criticità geomorfologica nota in quanto non si segnalano instabilità di carattere franoso o processi erosivi di particolare rilevanza.

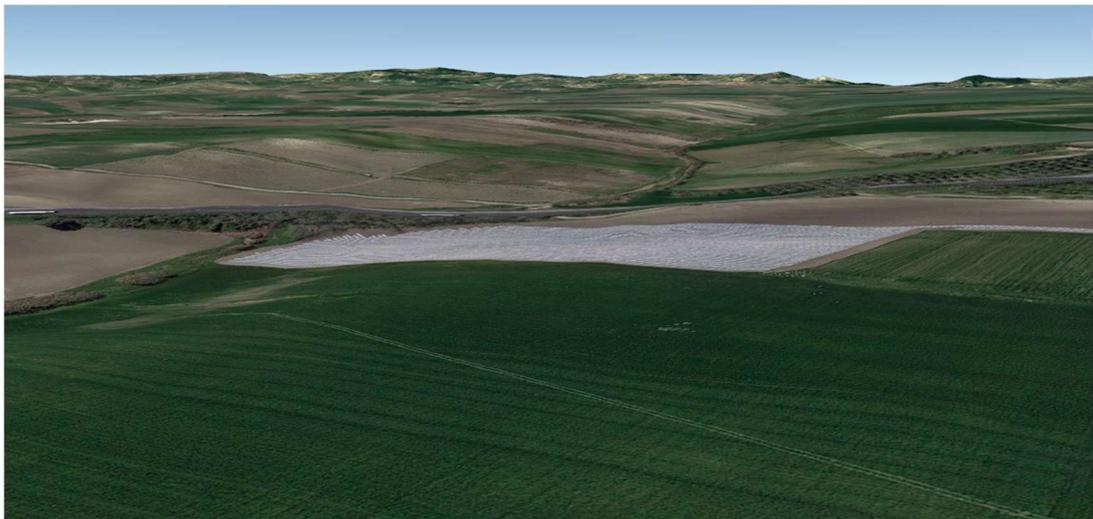


Figura 9.14 – area imbocco lato Lesina

MANDATARIA 		MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica				COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
				LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	107

Descrizione del contesto idrogeologico

In corrispondenza dell'**imbocco Nord GI01 (lato Termoli)** della galleria di Campomarino è stato individuato il seguente complesso idrogeologico:

- **Complesso sabbioso – arenaceo**

Tale complesso comprende i depositi pleistocenici ascrivibili alle Sabbie di Serracapriola (SSR), in particolare si tratta di sabbie medio – fini (**CSA**) E formata da sabbie medio-fini di colore giallastro e rossastro, prevalentemente quarzose ed a grado di cementazione variabile, in strati da medi a molto spessi, generalmente bioturbati ed a laminazione piano-parallela o incrociata a basso angolo. Localmente si rinvengono intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi, da poco a discretamente cementati. Talora sono presenti sottili livelli di arenarie medio-fini di colore grigio e giallastro, da mediamente a ben cementate.

Viceversa, in corrispondenza dell'**imbocco Sud GI02 (lato Lesina)** della galleria di Campomarino sono stati individuati due differenti complessi idrogeologici:

- **Complesso argilloso - limoso**
- **Complesso sabbioso – arenaceo**

Complesso argilloso – limoso

Tale complesso comprende i depositi plio-pleistocenici in facies limoso – argillosa ascrivibile ai Conglomerati di Campomarino. 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 rinvengono passaggi di sabbie e sabbie limose di colore grigio e giallastro, in strati da medi a spessi.

Piezometrie

In fase di PE sono stati monitorati i piezometri installati, rispettivamente Spe03 all'imbocco lato Termoli, Spe05 all'imbocco lato Lesina, NS01, NS02, NS03, NS04 lungo la sezione della Galleria di Campomarino GN01.

La misura del livello statico della falda è stata effettuata attraverso il freatimetro Sisgeo C112. Il freatimetro è uno strumento estremamente semplice da utilizzare. La misura della profondità della falda si esegue calando la sonda nel piezometro fino a che la segnalazione acustica e luminosa comincia ad accendersi. Le tacche (centimtrate), stampate sul cavo del freatimetro, in modo da non renderne possibile la cancellazione, rendono possibile la lettura della profondità della falda.

Raddoppio ferroviario della tratta Termoli-Lesina

Lotti 2 e 3 – raddoppio Termoli Ripalta

Rilievo piezometrico Progettazione Esecutiva

Piezometro	Tipologia tubo	Data misura	Soggiacenza
SPE_03	Casagrande	19/01/2023	17,50
SPE_05	Casagrande	19/01/2023	secco
	Casagrande	05/06/23	secco

MANDATARIA HUB ENGINEERING <small>CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & R.L.</small>	MANDANTI HYpro S.p.A.	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001	REV D

NS01	Casagrande	04/04/23	47,73
	Casagrande	20/04/23	47,44
	Casagrande	05/06/23	47,80
NS02	Casagrande	04/04/23	47,70
	Casagrande	20/04/23	47,72
NS03	Casagrande	04/04/23	52,98
	Casagrande	20/04/23	52,63
	Casagrande	05/06/23	54,00

Schema di monitoraggio			
Data: 19/01/2023	Rilevatore: Dott. Geol. Rocco Costa		
<input checked="" type="checkbox"/> Ante Operam (AO)	Corso d'Opera (CO)	Post Operam (PO)	
Identificazione e Localizzazione			
Punto di Misura: SPE_03			
Nord: 41°57'9.77"	Est: 15°01'26.64"	Altitudine: 66 m slm	
Regione: Molise	Provincia: Campobasso		
Comune: Campomarino	Località: SC Cinto		
Stralcio aereo fotogrammetrico			
			
Documentazione fotografica			
			

Schema di monitoraggio			
Data: 19/01/2023	Rilevatore: Dott. Geol. Rocco Costa		
<input checked="" type="checkbox"/> Ante Operam (AO)	Corso d'Opera (CO)	Post Operam (PO)	
Identificazione e Localizzazione			
Punto di Misura: SPE_05			
Nord: 41°56'28.78"	Est: 15° 3'18.98"	Altitudine: 47.59	
Regione: Molise	Provincia: Campobasso		
Comune: Campomarino	Località:		
Stralcio aereo fotogrammetrico			
			
Documentazione fotografica			
			

Figura 9.15 – Schede monografiche misurazioni imbocchi galleria

Secondo la ricostruzione della falda fatta a valle delle misurazioni eseguite, limitatamente alle opere di imbocco (sia GI01 che GI02) non si hanno interazioni con il livello di falda.

Lato Termoli, immediatamente a tergo dell'opera di imbocco, la falda invece è stata ricostruita per tutta la sezione della Galleria Campomarino e fino a circa 300 m dalla GI02. In base a quanto ricostruito è necessario mettere in atto tutte le misure legate ad uno scavo sotto falda. In particolare lo scavo in presenza di falda avviene tra la PK 5+350 e la PK 6+650. La falda si trova ad una quota superiore rispetto a quella della calotta per un tratto di circa 500 metri. Il punto di massimo della falda è alla PK 6+054 dove l'altezza di falda al di sopra della calotta è di circa 12 metri.

MANDATARIA HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE SOCIETÀ CONSORTILE & S.R.L.	MANDANTI HYpro	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
		Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA LI0B	LOTTO 02	FASE E	ENTE ZZ	TIPO DOC RH	OPERA 7 DISCIPLINA GE 00 01			PROGR 001

Inoltre, la portata massima di acqua stimata alla PK 6+054 (massima quota piezometrica) è di 5.94 l/s (Rif. Elaborato LI0B02EZZCLGN0100001B). Il sistema di drenaggio previsto è in grado di drenare una portata di 8.52 l/s considerando un grado di riempimento pari al 50%.

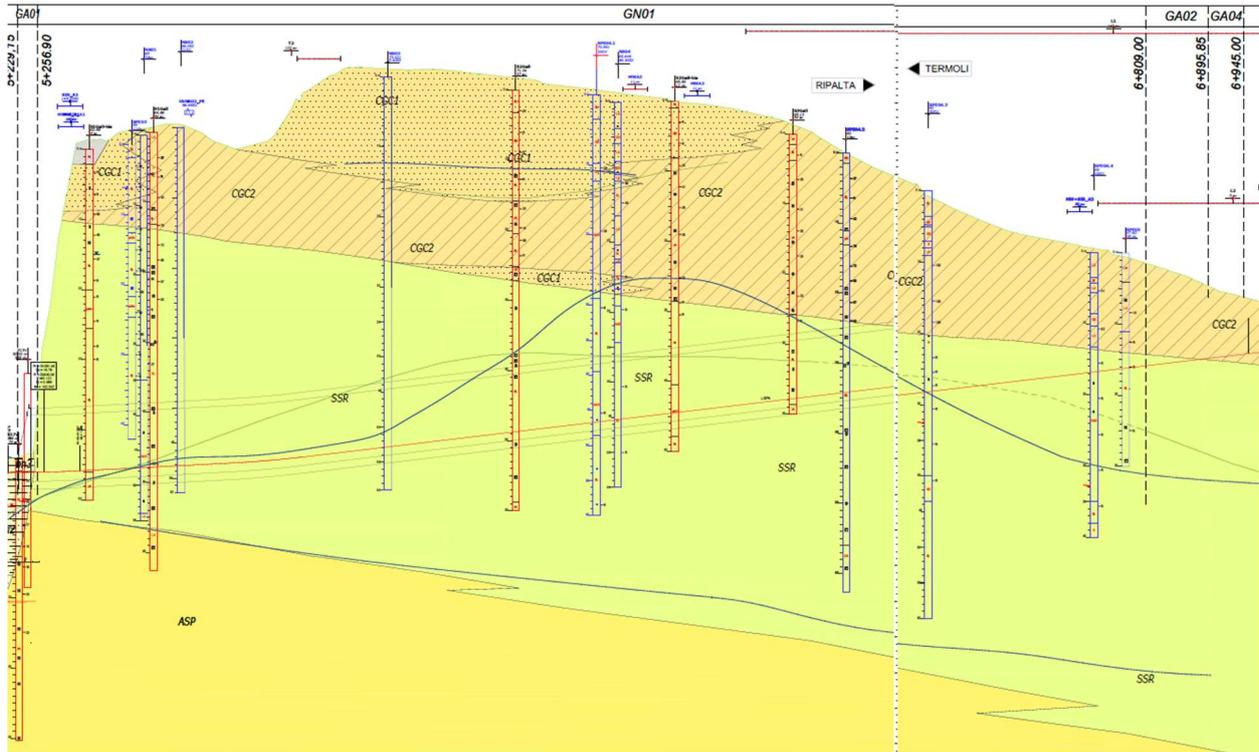


Figura 9.16 – Estratto profilo geologico progettazione esecutiva in blu viene riportata la falda da PE (rilievo della falda 2022/2023) mentre in verde si è inteso lasciare anche il livello riportato in progettazione definitiva (monitoraggio della falda 2018)

Al contatto tra i livelli granulari e più incoerenti e quelli argilloso limosi dei conglomerati di Campomarino è stato intercettato un livello piezometrico ascrivibile ad un livello sospeso di falda locale. Similmente al contatto tra le sabbie di Serracapriola e le argille Subappennine a causa del diverso grado di permeabilità, si possono rinvenire livelli locali di falde. Il livello principale della falda è riportato in continuità anche con i settori precedenti e successivi alla galleria e, nel tratto centrale, risale ben al di sopra della quota calotta così come rappresentato nel profilo (in quale la curva risulta esasperata poiché profilo deformato).

Ad ogni modo, la ricostruzione della falda dovrebbe essere realizzata durante tutto l'anno idrologico per avere certezza della sua reale interazione con l'opera in progetto durante le fasi costruttive. Se ne consiglia il monitoraggio durante le fasi pre e corso d'opera.

9.3.2 Opere dalla PK 6+945 alla PK 8+487

Descrizione dell'assetto geologico - strutturale

Dopo l'imbocco sud-orientale, 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.

 	LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA										
	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV
LI0B		02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	110

Descrizione dell'assetto geomorfologico

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.

Descrizione dell'assetto idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico i dati di monitoraggio evidenziano nel settore iniziale una falda freatica con superficie ad una quota variabile tra circa 18.0 e 25.0 m s.l.m.

9.4 OPERE DALLA PK 8+847 ALLA PK 9+662

Descrizione dell'assetto geologico – strutturale

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**).

Descrizione dell'assetto geomorfologico

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.

Descrizione dell'assetto idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico, il grado di permeabilità dei terreni più superficiali è molto variabile. Infatti, i depositi di natura alluvionale (sia recenti che terrazzati) sono estremamente eterogenei, essendo caratterizzati da intervalli a granulometria variabile da ghiaiosa a limoso-argillosa e complessivamente presentano un basso grado di permeabilità relativa, che, dunque, caratterizza il tratto. Inoltre, in tale tratto si sottolinea la presenza di una falda a superficie libera posta all'interno dei depositi alluvionali terrazzati e dei depositi alluvionali recenti. Questa falda, presenta una superficie piezometrica posta a quote variabili tra 4.0 e 10 m circa s.l.m..

9.5 OPERE DALLA P.K. 9+662 ALLA P.K. 15+105

Descrizione dell'assetto geologico-strutturale

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**).

Descrizione dell'assetto geomorfologico

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.

MANDATARIA  MANDANTI 		LINEA PESCARA – BARI RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA									
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO
	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	111

Descrizione dell'assetto idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico, il grado di permeabilità dei terreni più superficiali è molto variabile. Infatti, i depositi di natura alluvionale (sia recenti che terrazzati) sono estremamente eterogenei, essendo caratterizzati da intervalli a granulometria variabile da ghiaiosa a limoso-argillosa e complessivamente presentano un basso grado di permeabilità relativa, che, dunque, caratterizza il tratto. Il grado di permeabilità è variabile anche per quanto riguarda i depositi marini a causa della variabilità granulometrica che caratterizza tali depositi. Inoltre, si sottolinea la presenza di una falda a superficie libera posta all'interno dei depositi alluvionali e dei depositi marini. Questa falda, defluente grossomodo verso NE presenta una superficie piezometrica posta a quote variabili tra 1.20 e 2.50 m circa s.l.m..

9.6 OPERE DALLA P.K. 15+105 ALLA P.K. 16+185

Descrizione dell'assetto geologico-strutturale

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**).

Descrizione dell'assetto geomorfologico

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.

Descrizione dell'assetto idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico, il grado di permeabilità dei terreni più superficiali è molto variabile. Infatti, i depositi di natura alluvionale (sia recenti che terrazzati) sono estremamente eterogenei, essendo caratterizzati da intervalli a granulometria variabile da ghiaiosa a limoso-argillosa e complessivamente presentano un basso grado di permeabilità relativa, che, dunque, caratterizza il tratto. Inoltre, 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..

9.7 OPERE DALLA P.K. 16+185 ALLA P.K. 20+287

Descrizione dell'assetto geologico-strutturale

Il tracciato attraversa per gran parte del suo sviluppo i Depositi marini terrazzati (ghiaioso-sabbiosi, sabbioso-limosi e limo-argillosi), con uno spessore superiore ai 23 m. Tali depositi risultano localmente ricoperti dai terreni delle Coltri eluvio-colluviali 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.

Descrizione dell'assetto geomorfologico

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.

Descrizione dell'assetto idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico, il grado di permeabilità dei terreni più superficiali è molto variabile. Infatti, i depositi di natura alluvionale (sia recenti che terrazzati) sono estremamente eterogenei, essendo caratterizzati da intervalli a granulometria variabile da ghiaiosa a limoso-argillosa e complessivamente presentano un basso grado di permeabilità relativa, che, dunque, caratterizza il tratto. Inoltre, si sottolinea la

<p>MANDATARIA</p>  <p>MANDANTI</p> 	<p>LINEA PESCARA – BARI</p> <p>RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI-LESINA</p> <p>LOTTO 2 e 3 – RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA</p>																						
<p>Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>FASE</th> <th>ENTE</th> <th>TIPO DOC</th> <th colspan="3">OPERA 7 DISCIPLINA</th> <th>PROGR</th> <th>REV</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">LI0B</td> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">E</td> <td style="text-align: center;">ZZ</td> <td style="text-align: center;">RH</td> <td style="text-align: center;">GE</td> <td style="text-align: center;">00</td> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">001</td> <td style="text-align: center;">D</td> <td style="text-align: center;">112</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO	LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	112
COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA 7 DISCIPLINA			PROGR	REV	FOGLIO													
LI0B	02	E	ZZ	RH	GE	00	01	001	D	112													

presenza di una estesa 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..

9.8 OPERE DALLA P.K. 20+287 A FINE LOTTO

Descrizione del contesto geologico-strutturale

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 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**) che si rinvencono a profondità superiori ai 18 m dal p.c.. Dalla P.K. 22+702 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..

Descrizione dell'assetto geomorfologico

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, 22+370, 22+770 e 22+980 circa.

Descrizione dell'assetto idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico, il grado di permeabilità dei terreni più superficiali è molto variabile. Infatti, i depositi di natura alluvionale (sia recenti che terrazzati) sono estremamente eterogenei, essendo caratterizzati da intervalli a granulometria variabile da ghiaiosa a limoso-argillosa e complessivamente presentano un basso grado di permeabilità relativa, che, dunque, caratterizza il tratto. Il grado di permeabilità è variabile anche per quanto riguarda i depositi marini a causa della variabilità granulometrica che caratterizza tali depositi. Per quanto concerne i conglomerati di Campomarino, essi sono costituiti da una facies conglomeratico – sabbiosa e da una facies argilloso – limosa. La diversa granulometria conferisce ai litotipi un grado di permeabilità differente, in particolare più elevato per i litotipi in facies conglomeratico – sabbiosa e più bassa per i litotipi in facies argilloso – limosa. Inoltre, si sottolinea la presenza di una estesa falda a superficie libera posta all'interno dei depositi alluvionali recenti e terrazzati, dei conglomerati di Campomarino e dei depositi marini. Questa falda, defluente grossomodo verso NE e presenta una superficie piezometrica posta a quote variabili tra 0.50 e 11 m circa s.l.m..