

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:
E:



PROGETTO ESECUTIVO

RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

GEOLOGIA

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

APPALTATORE	PROGETTAZIONE	SCALA:
DIRETTORE TECNICO Ing. A. DI PALMA	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. M. RASIMELLI	---
(data e firma)	(data e firma)	

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

IA3S 01 E ZZ RG GE0001 001 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	M. Di Landri	Mag. 2021	G. Di Marco	Mag. 2021	M. Rasimelli	Mag. 2021	M. Di Landri
B	Revisione in risposta a RDV IA3S-RV-64	M. Di Landri	Ott. 2021	G. Di Marco	Ott. 2021	M. Rasimelli	Ott. 2021	M. Di Landri
C	Revisione in risposta a RDV IA3S-RV-350	M. Di Landri	Giu. 2022	M. Di Landri	Giu. 2022	M. Rasimelli	Giu. 2022	Giu. 2022



File: IA3S01EZZRGGE0001001C

n. Elab.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. C	FOGLIO 2 DI 44

INDICE

1. PREMESSA	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
3. INQUADRAMENTO GEOMOGICO REGIONALE.....	8
4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	18
5. INDAGINI DISPONIBILI.....	24
6. LA NUOVA CAMPAGNA DI INDAGINI DI VERIFICA	25
6.1 Sondaggi geognostici a rotazione, parte a distruzione e parte a carotaggio continuo	25
6.2 Le analisi e prove di laboratorio.....	28
7. INQUADRAMENTO SISMICO	31
8. CRITICITÀ GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE.....	38
9. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO.....	39
10. ALLEGATO A.....	41
Planimetria con ubicazione indagini.....	41
11. ALLEGATO B.....	42
Profilo geolitologico schematico	42
12. ALLEGATO C.....	43
Profilo sui caratteri di resistenza e deformabilita' dell'ammasso roccioso.....	43
13. ALLEGATO D.....	44
Relazione gologica, geomorfologica ed idrogeologica - Progetto definitivo.....	44

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	3 DI 44

1. PREMESSA

Nell'ambito degli approfondimenti conoscitivi e/o di verifica degli aspetti di carattere geologico, sismico ed idrogeologico per la progettazione esecutiva relativa al progetto di "Riaspetto Nodo di Bari - Tratta Bari Sud-Japigia", sono state effettuate una serie di indagini e prove atti ad assumere responsabilmente le determinazioni contenute nell'ampia messe di dati ed informazioni allegati al Progetto Definitivo.

Il lavoro è stato svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- analisi e sistematizzazione dello studio geologico allegato al PD;
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche disponibili e delle verifiche puntuali appositamente realizzate nell'area di interesse progettuale;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

La presente relazione e gli elaborati cartografici ad essa allegati contengono la sintesi delle attività svolte, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale in cui si collocano gli interventi in progetto ed affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico.

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

È necessario ed opportuno evidenziare che la presente elaborazione vuole anche rappresentare una sintesi schematica e semplificata del quadro geologico conoscitivo al fine di facilitare la contestualizzazione degli interventi di progetto nello "ambiente" geologico locale. Per gli aspetti specifici a ciascun sito di intervento si rimanda, pertanto, anche ai dettagliati elaborati descrittivi e grafici del PD. Con la presente fase progettuale si è inteso unicamente verificare le condizioni litostratigrafiche lungo l'asse ferroviario di progetto laddove le indagini disponibili risultavano, a parere degli scriventi, eccessivamente "fuori asse".

Con la presente revisione, redatta in risposta al Rapporto Di Verifica IA3S-RV-64, si intende chiarire ulteriormente che le indagini effettuate a cura dell'Impresa esecutrice hanno avuto il solo scopo di "rappresentare una sintesi schematica e semplificata del quadro geologico conoscitivo al fine di facilitare la contestualizzazione degli interventi di progetto nell'<ambiente> geologico locale" rimandando, "per gli aspetti specifici a ciascun sito di intervento.....ai dettagliati elaborati descrittivi e grafici del PD". Si è cioè "inteso unicamente verificare le condizioni litostratigrafiche lungo l'asse ferroviario di progetto laddove le indagini disponibili risultavano, a parere degli scriventi, eccessivamente <fuori asse>" (in corsivo stralci del cap. 1 della Relazione sulle indagini).

"Al fine di verificare ed integrare il quadro conoscitivo in quelle porzioni di tracciato ove le indagini disponibili risultavano assai distanti dall'asse ferroviario, è stata programmata una ulteriore mirata campagna di indagine.

Nel dettaglio sono stati eseguiti:

- n° 20 sondaggi geognostici a rotazione, parte a distruzione e parte a carotaggio continuo, di profondità variabile dai 7 m ai 30 m dal piano campagna, finalizzati alla conferma delle successioni stratigrafiche, ed al prelievo di 5 campioni lapidei;
- prelievo ed analisi di n° 5 campioni lapidei, a profondità comprese tra i 3.5 m ed i 14.7 m circa" (in corsivo stralci del cap. 6 della Relazione sulle indagini).

Da quanto sopra, soprattutto laddove confrontato con la grande mole di dati del PD, si deduce la ragione per la quale non sono stati predisposti "appositi elaborati sulle indagini geognostiche integrative e sulle prove geotecniche di

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	4 DI 44

laboratorio integrative” in quanto i dati acquisiti non hanno costituito un approfondimento del quadro conoscitivo, ma unicamente una sua più puntuale verifica sito specifica.

Come risulta, infatti, anche da quanto già dichiarato al cap. 5 di questa Relazione, *“lungo l’asse di sviluppo della variante ferroviaria Bari-Torre a Mare risultano disponibili ingenti quantità di dati ed informazioni inerenti n° 4 campagne di indagini effettuate tra il 2007 ed il 2014; quelle maggiormente significative (anche da un punto di vista numerico) risultano quelle relative al 2013 e 2014.*

Con specifico riferimento al tracciato planimetrico di progetto è opportuno evidenziare che soltanto ad una quota parte di dette ultime campagne di indagini ci si è riferiti in quanto, non infrequentemente, i punti di indagine sono risultati assai distanti dal tracciato di progetto. Si è, pertanto, deciso di fare riferimento unicamente ai sondaggi ubicati ad una distanza non superiore ai 50 m dal tracciato di progetto.

I fori di sondaggio del 2013 tenuti in considerazione risultano quindi: SB1, SB3, SB8, SB9bis, SB14 e SB16. Gli analoghi fori di sondaggio del 2014 risultano invece: S2, S3, S6, S7, S8, S9, S12, S13, S14 e S16.

Nel corso della campagna 2013 sono stati inoltre condizionati alcuni fori di sondaggio con piezometri a tubo aperto ed altri con tubazioni in PVC per l’esecuzione di prove geofisiche in foro tipo Down-Hole. Ulteriori prospezioni sismiche sono state effettuate mediante analisi del fenomeno della dispersione delle onde di superficie che hanno consentito di determinare valori del parametro $V_{s,30}$ compresi tra 970 (M10) e 1130 m/s (M07), costantemente corrispondenti ad una Categoria di sottosuolo di tipo A.

Numerosi campioni rimaneggiati ed indisturbati, analizzati secondo le usuali tecniche afferenti la meccanica delle terre (in minima parte) o la meccanica delle rocce (in parte largamente significativa), hanno consentito la determinazione dei parametri di resistenza e/o di deformazione elastica, unitamente a numerose determinazioni della resistenza a compressione monoassiale. Analoghi dati ed informazioni sono stati derivati dalle risultanze della campagna di indagini e prove del 2014.

I dati disponibili sono stati verificati/comparati/integrati con quelli acquisiti con le indagini di verifica del 2020 consentendo la predisposizione di elaborati cartografici di sintesi delle principali caratteristiche litologiche, di resistenza e di deformabilità dell’ammasso roccioso presente a ridottissima profondità dal piano campagna lungo l’intero sviluppo della ferrovia di progetto”.

In definitiva, si ribadisce che, in un contesto di grande “omogeneità geolitologica” (laddove confrontata con altri contesti dell’Appennino Meridionale) del settore di intervento corrispondente alla porzione più esterna dell’altopiano murgiano, uno dei più estesi blocchi emersi della Piattaforma Carbonatica Apula, le indagini e prove effettuate hanno inteso unicamente verificare/confermare il modello geologico di riferimento in corrispondenza delle principali opere di progetto (viadotti e gallerie artificiali).

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	5 DI 44

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio si colloca nella porzione centrale della Regione Puglia, in corrispondenza della variante Bari Sud – Bari Torre a Mare. Tale variante è relativa al tracciato ferroviario della linea complementare che congiunge Bari a Brindisi e si sviluppa, in direzione all'incirca NW-SE, per una lunghezza di circa 10.2 km. Il tracciato di progetto interessa, in particolare, il territorio dei Comuni di Bari, Noicattaro e Triggiano.

Figura 1



Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area oggetto di studio è individuabile all'interno dei Fogli 177 "Bari" e 178 "Mola di Bari" in scala 1:100.000, nelle Tavole 177 II NE "Bari" e 178 III SW "Rutigliano" in scala 1:25.000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Puglia, negli elementi 438072, 438083, 438111, 438124 e 438121 in scala 1:5.000.

Dal punto di vista orografico l'area di studio impegna settori di territorio posti a quote mediamente comprese tra i 4 ed i 40 m circa s.l.m.. Dal punto di vista morfologico, l'area di studio si colloca ai margini settentrionali della subregione delle Murge, un territorio molto esteso caratterizzato da un altopiano carsico che interessa le province di Bari, Brindisi, Taranto e Matera.

I principali elementi idrografici dell'area sono rappresentati da alcuni corsi d'acqua a carattere essenzialmente stagionale, come il Torrente Valenzano e il Torrente Lama. Tali elementi incidono debolmente il substrato calcareo carbonatico dell'area e, in particolare, intersecano il tracciato ferroviario di progetto in diversi punti.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. C	FOGLIO 6 DI 44

Figura 2



APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. C	FOGLIO 7 DI 44

Figura 3



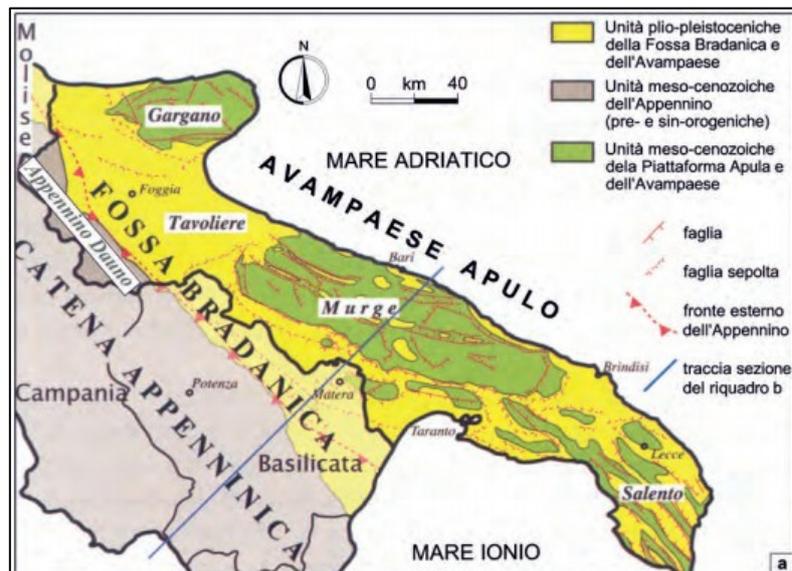
APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	8 DI 44

3. INQUADRAMENTO GEOMOLOGICO REGIONALE

Dal punto di vista strutturale, il settore di intervento si colloca in corrispondenza dei settori più esterni dell'altopiano murgiano, uno dei più estesi blocchi emersi della Piattaforma carbonatica Apula. Si tratta di un importante settore di avampaese caratterizzato da una spessa crosta continentale con importanti coperture sedimentarie paleozoiche e mesozoiche, a loro volta ricoperte da depositi cenozoici di limitato spessore.

Il territorio pugliese costituisce il più esteso tratto affiorante dell'Avampaese Appenninico-Dinarico. Nel Paleozoico superiore questo territorio rappresentava la porzione settentrionale del Paleocontinente Africano (Placca Adriatica) che per tutto il Mesozoico è stato interessato da un lento sprofondamento. Proprio durante questo periodo, infatti, tale area subì una progressiva sommersione controllata da una tettonica a grande scala connessa con l'apertura dell'Oceano Atlantico e la contemporanea neoformazione del Bacino Ligure-Piemontese.

Figura 4 – Carta geologica schematica (mod., da PIERI et al, 1997)



APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	9 DI 44

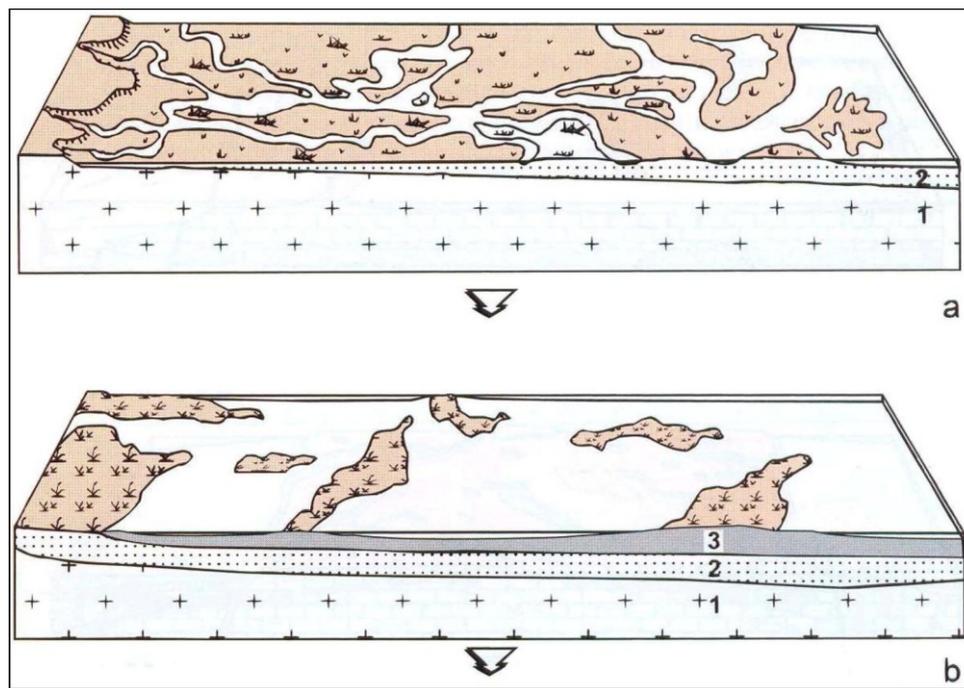
Figura 5 – Sezione geologica dell'Italia meridionale (mod., da SELLA et alii, 1988)



Dal Paleozoico superiore al Triassico medio il margine settentrionale del Paleocontinente Africano si presentava come un'ampia piana alluvionale percorsa da numerosi corsi d'acqua meandriformi, che depositavano materiali detritici continentali (spessore oltre 1000 m) sul basamento cristallino paleozoico. Nel Triassico superiore un incremento della velocità di abbassamento porta ad un progressivo avanzamento del mare e alla formazione di una piana tidale con lagune e stagni costieri, soggetta a ripetute variazioni del livello marino. La coltre detritica continentale viene progressivamente coperta da depositi salini evaporitici e da sedimenti carbonatici (calcarei e dolomie) di colore nerastro per la presenza di abbondante sostanza organica.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	10 DI 44

Figura 6 – Rappresentazione schematica dell'evoluzione geologica e geografica del margine settentrionale del Paleocontinente Africano (promontorio africano) tra il Paleozoico superiore e il Mesozoico inferiore.

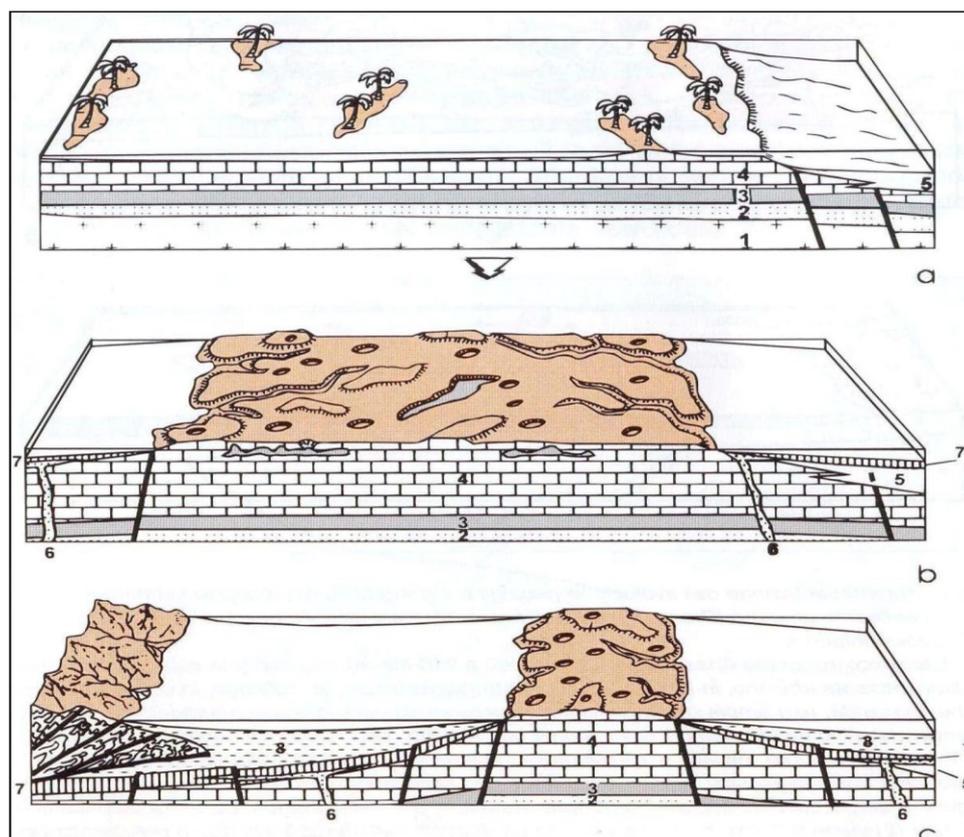


Il progressivo sprofondamento del margine africano porta alla formazione, nel Giurassico – Cretaceo, di un mare tropicale con acque poco profonde. I depositi evaporitici triassici vengono soppiantati da una sedimentazione di piattaforma carbonatica epicontinentale (Piattaforma carbonatica Apula). In un arco di tempo compreso tra il Cretaceo superiore ed il Paleogene, il processo di subsidenza del promontorio africano viene interrotto a causa dell'innesco di movimenti convergenti tra la placca africana e quella eurasiatica. Tale cinematisma conduce alla progressiva chiusura del mare della Tetide e del Bacino Ligure-Piemontese, nonché alla progressiva evoluzione della emergente Catena Appenninico-Dinarica.

La diretta conseguenza di tali fasi convergenti si concretizza in un ampio inarcamento della Piattaforma carbonatica Apula, con conseguente emersione e progressiva configurazione degli attuali lineamenti del territorio pugliese. Quest'ultima avviene attraverso una modellazione derivante da carsismo di tipo subtropicale, mentre la sedimentazione carbonatica di piattaforma continuava a svilupparsi in maniera discontinua durante il Paleogene lungo i margini sommersi.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	11 DI 44

Figura 7 – Rappresentazione schematica dell'evoluzione geologica e geografica dell'attuale territorio pugliese dal Mesozoico al Neozoico.

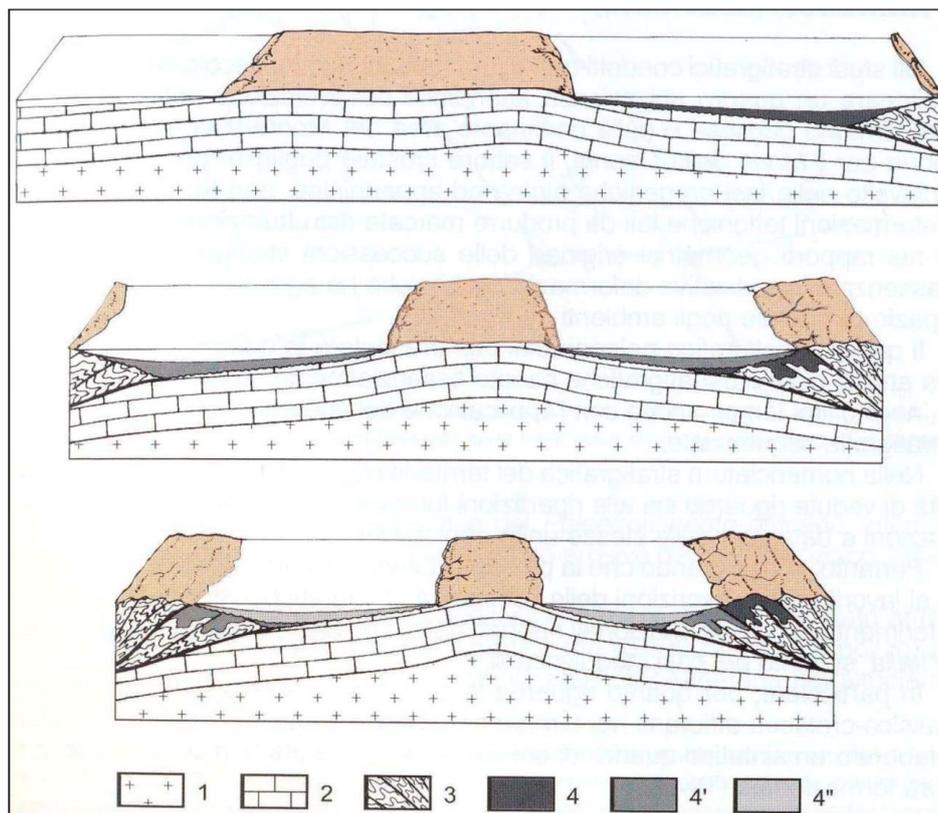


Gli ulteriori effetti deformativi legati all'evoluzione del sistema appenninico-dinarico si sviluppano durante la recente storia geologica della regione, quando il settore pugliese assume il ruolo di avampaese bordato da avanfosse. Nel Pliocene – Pleistocene inferiore il progressivo avanzamento dell'edificio tettonico appenninico–dinarico porta all'inflessione e subduzione degli opposti margini dell'Avampaese Apulo, con il conseguente rialzo del settore mediano che assume, quindi, l'assetto morfostrutturale di pilastro tettonico (horst).

Infine, l'ultima fase dell'evoluzione geodinamica del territorio pugliese, ha inizio con la fine del Pleistocene inferiore. Tale fase risulta tuttora in atto ed è contrassegnata da un discontinuo e non uniforme sollevamento dell'intero sistema catena–avanfossa–avampaese, con un progressivo ritiro del mare verso l'attuale linea di costa testimoniato dall'evidente modellamento a terrazzi dei versanti costieri del territorio pugliese.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. C	FOGLIO 12 DI 44

Figura 8 – Schema evolutivo dell'avanzamento convergente della Catena Appenninica (a sinistra) e di quella Dinarica (a destra) sulla Placca Apula, con concomitante migrazione delle relative avanfosse e progressivo inarcamento dell'Avampaese Apulo.



Di seguito si descrivono le unità litostratigrafiche individuate nell'area oggetto di studio, essenzialmente riconducibili al Gruppo dei Calcari delle Murge (formazioni marine del Cretaceo) e al Complesso Calcareo-Detritico Trasgressivo (formazioni marine del Pliocene–Quaternario). Solo localmente si rinvencono depositi di limitato spessore riferibili alle Successioni continentali di genesi prevalentemente alluvionale.

Gruppo dei calcari delle Murge: costituisce l'intera sequenza carbonatica cretacea presente nell'area murgiana. Si tratta di un potente complesso sedimentario costituito dal Calcare di Bari e dalla sovrastante formazione del Calcare di Altamura. Nell'area oggetto di studio affiora unicamente la sequenza sedimentaria del Calcari di Bari.

- **Calcare di Bari (Albiano inferiore p.p. – Cenomaniano superiore):** è costituito da una potente successione di strati e banchi di calcari, calcari dolomitici e dolomie. I calcari sono frequentemente di tipo detritico. A luoghi si rinvencono micriti a grana fine, biancastre o più raramente grigie chiare, giallastre o rosate, con abbondanti microfaune. A varie altezze sono osservabili livelli di calcari biostromali con rudiste e gasteropodi, che costituiscono dei precisi livelli guida. Le dolomie, generalmente in banchi, sono di solito grigiastre e sub-saccaroidi. Dolomie e calcari dolomitici ricorrono in particolare nei tratti inferiore e medio, dove si osservano anche lenti discontinue di brecce calcareo-dolomitiche. Nella parte superiore i calcari detritici assumono un caratteristico aspetto a lastre, dette "chiancherelle". Per loro natura le rocce carbonatiche sono soggette, seppure in maniera selettiva e relativa al loro chimismo, al fenomeno carsico. Tale fenomeno si manifesta ampiamente sul territorio murgiano, con forme sia ipogee (cavità) sia superficiali (doline, inghiottitoi). L'esistenza di cavità nel sottosuolo, riempite o meno da terre rosse che rappresentano i prodotti residuali insolubili del carsismo, non è, in genere, accompagnata da evidenze morfologiche superficiali. La loro presenza trae origine dalla progressiva dissoluzione di rocce carbonatiche sia a partire da soluzioni di continuità determinate dalla risposta fragile della compagine calcarea a seguito di eventi tettonici, sia a partire

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	13 DI 44

dai semplici giunti di strato, determinando alla fine un complesso sistema di canalizzazioni ipogee. Il Calcarea di Bari corrisponde ad una sequenza dello spessore di circa 2000 metri.

Complesso Calcarea-Detritico Trasgressivo: è rappresentato dai terreni essenzialmente marini presenti in copertura sul substrato carbonatico mesozoico. Questo complesso comprende, nell'area oggetto di studio, la formazione delle Calcareniti di Gravina e i Depositi marini terrazzati.

- **Calcarenite di Gravina (*Gelasiano?* – *Calabriano*):** rappresenta la sequenza posta stratigraficamente al di sopra dei calcari cretacei, con un contatto corrispondente ad una netta superficie di erosione marina. Risulta generalmente costituita da biocalcareni e biocalciruditi di colore giallastro-beige, massive o con stratificazione poco evidente, con buon grado di cementazione. Nel territorio in esame la potenza è stimabile in misura inferiore ai 10 m, anche se altrove i massimi spessori in affioramento possono raggiungere gli 80 m.
- **Depositi marini terrazzati (*Pleistocene medio* – *Pleistocene superiore*):** costituiscono la sequenza sedimentaria superiore del Complesso Trasgressivo e sono formati da depositi di spiaggia di natura essenzialmente carbonatico-terrigena. Si tratta, infatti, di orizzonti sabbiosi e argilloso-limosi di colore generalmente giallastro o rossastro, con un grado di cementazione generalmente scadente. Lo spessore di questa unità stratigrafica è valutato mediamente intorno ai 5 metri.

Successioni continentali: sono costituite da sedimenti di genesi prevalentemente alluvionale, posti a copertura di tutte le unità geologiche più antiche.

- **Depositi alluvionali attuali e recenti (*Pleistocene superiore* – *Olocene*):** tali depositi si rinvencono essenzialmente in corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area, a regime essenzialmente stagionale o effimero. Dal punto di vista litologico si presentano piuttosto eterogenei, con uno scheletro ciottoloso-ghiaioso poco evoluto, eterometrico e di natura prevalentemente calcarea, immerso in una matrice sabbiosa o limoso-argillosa di colore rossastro, costituita dai prodotti residuali dell'alterazione dei calcari.

L'assetto tettonico che caratterizza l'area di studio, e più in generale il territorio pugliese, è il risultato dei movimenti convergenti che hanno interessato tale regione a partire dal Cretaceo superiore e che hanno portato alla formazione della Catena Appenninica ad Ovest e della Catena Dinarica ad Est. Attualmente nel territorio pugliese si riconoscono tre distinti domini strutturali del sistema geodinamico compressivo, nell'ambito costruttivo delle catene appenninica e dinarica. Tali domini, delimitati da nette discontinuità, si susseguono progressivamente dal confine Nord-occidentale della regione verso la costa adriatica nel seguente ordine:

- Tratto frontale della Catena Appenninica corrugata, corrispondente ai Monti della Daunia;
- Area di Avanfossa Appenninica, corrispondente alla Fossa Bradanica e al Tavoliere delle Puglie;
- Dominio dell'Avampaese Apulo, corrispondente ai rilievi del Promontorio del Gargano, delle Murge e delle Serre Salentine.

L'area delle Murge, in particolare, fa parte del dominio dell'Avampaese Apulo. Gli eventi tettonici compressivi succedutisi nel tempo hanno determinato in questa zona la formazione di blande pieghe che interessano le successioni carbonatiche di età essenzialmente cretacea. Si tratta di pieghe di tipo anticlinalico e sinclinalico, con assi orientati circa E-W, ma anche NW-SE o WNW-ESE e debole vergenza a Nord. Le pieghe presentano a tratti sensibili distorsioni e sono attraversate da numerose faglie. Tali faglie possono essere individuate solo indirettamente in corrispondenza di brusche variazioni dell'assetto degli strati o mediante analisi fotogrammetrica.

APPALTATORE:
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI
GENERALI s.r.l.

RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

Mandataria: Mandante:

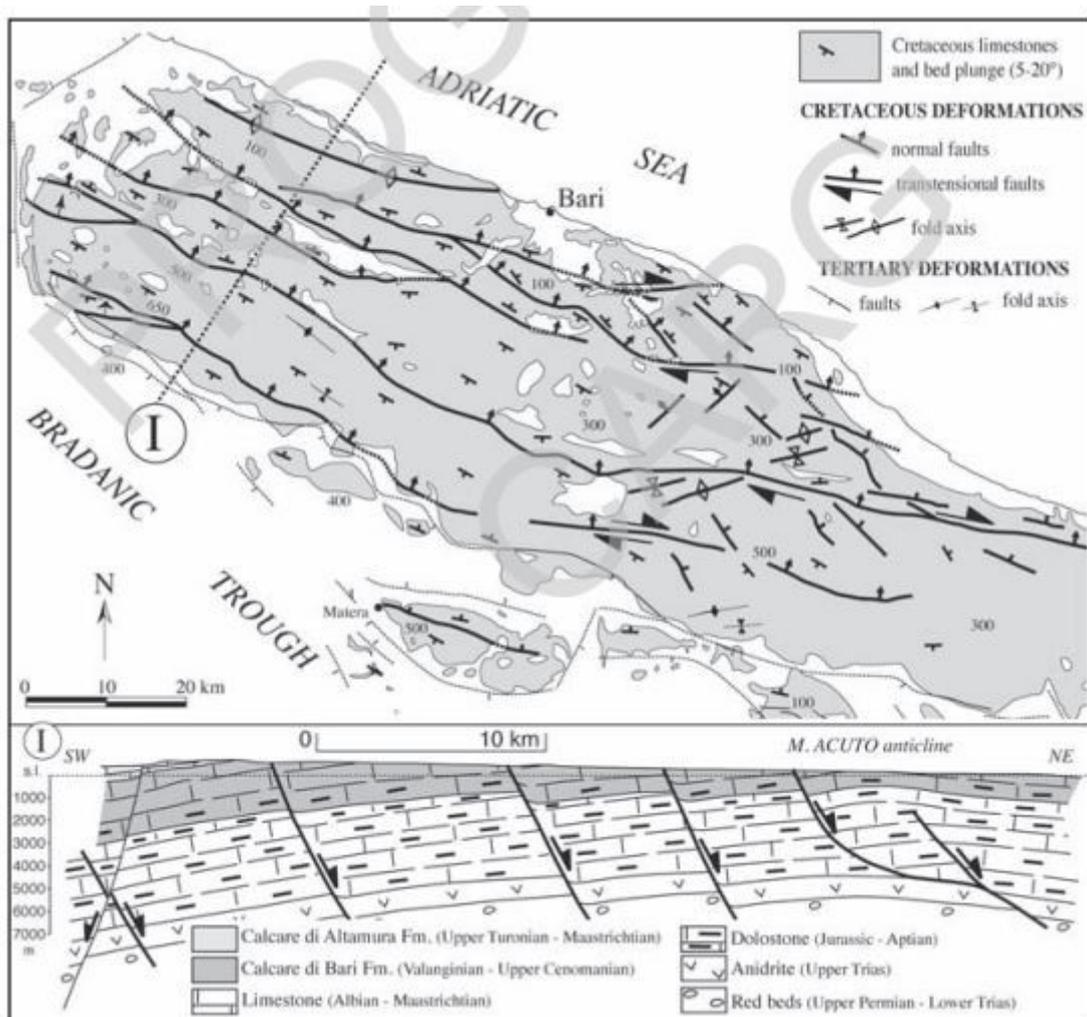
RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

PROGETTO ESECUTIVO:

Relazione geologica, geomorfologica ed
idrogeologica

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	14 DI 44

Figura 9



APPALTATORE:
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI
GENERALI s.r.l.

RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:

Mandataria: Mandante:

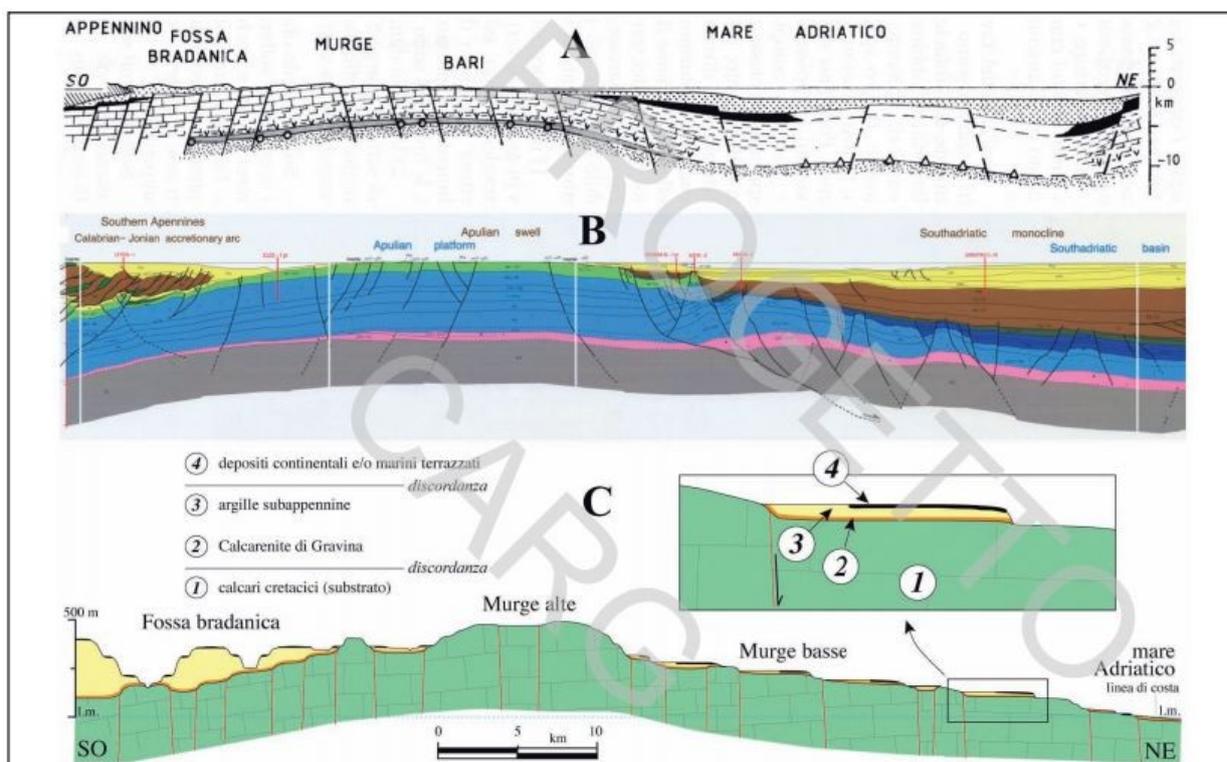
TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA
BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

PROGETTO ESECUTIVO:
Relazione geologica, geomorfologica ed
idrogeologica

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	15 DI 44

Figura 10



APPALTATORE:
D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI
GENERALI s.r.l.

RIASSETTO NODO DI BARI

PROGETTISTA:
 Mandataria: Mandante:
RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl

TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

PROGETTO ESECUTIVO:
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	17 DI 44

Deposito alluvionale recente ed attuale
 Ghiaie composte da ciottoli calcarei in matrice silteo-terrosa di colore bruno-rossastro. Ambiente di sedimentazione: alluvionale. Lo spessore massimo è di circa 10 m nelle zone più prossime al mare.
PLEISTOCENE SUPERIORE-OLOCENE

SUPERSISTEMA DELLE LAME DELLE MURGE (MB)

SISTEMA DI COSTA SAN GIOVANNI
 Ghiaie a luoghi cementate composte da ciottoli calcarei in matrice silteo-sabbiosa di colore bruno-rossastro. Ambiente di sedimentazione: alluvionale. Il limite inferiore è inconforme sul Calcare di Bari. Lo spessore massimo è di 2-3 m.
PLEISTOCENE SUPERIORE

SISTEMA DI MADONNA DELLE GROTTE
 Conglomerati ben cementati costituiti da ciottoli carbonatici in matrice silteo-sabbiosa rossastra. Ambiente di sedimentazione: alluvionale. Il limite inferiore è inconforme sul Calcare di Bari. Lo spessore è variabile fino ad un massimo di circa 2-3 m.
PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE?

SUPERSISTEMA DELLE MURGE (MU)

SISTEMA DI SAN GIROLAMO
 Calcareniti ben cementate, molto porose, con laminazione obliqua a vario angolo. Ambiente di sedimentazione: oolico costiero. Il limite inferiore è inconforme sul Calcare di Bari e sulla Calcarenite di Gravina. Lo spessore massimo è di 6 m. Il contenuto fossilifero è rappresentato da gasteropodi del genere *Helix*.
PLEISTOCENE SUPERIORE

SISTEMA DI SAN PASQUALE
 Silt laminati ricchi in ostracodi e resti di characee con intercaiazioni di strati sottili di calcari nodulari a tessitura *wackestone* con fossili (ostracodi, oogoni di characee e piccoli gasteropodi) passanti verso l'alto a sabbie ben classate con granuli arrotondati e prive di matrice. Silt sui silt che sulle sabbie poggiano in erosione ghiaie calcaree. Ambiente di sedimentazione: da retrospiaggia ad avanspiaggia. Il limite inferiore è inconforme sul Calcare di Bari e sulla Calcarenite di Gravina. Lo spessore è di circa 5-6 m.
PLEISTOCENE SUPERIORE

SISTEMA DI CARBONARA
 Silt e sabbie fini, con ciottoli calcarenitici nella porzione basale, alternati a *mudstone* con piccoli gasteropodi, lamelli-branchi a guscio sottile e rari foraminiferi bentonici (Rotalidi). Si riconoscono superfici di emersione, evidenziate dalla presenza di fratture riempite da croste calcaree, e noduli carbonatici. Verso l'alto, nella parte intermedia della successione, aumentano in frequenza i *mudstone/wackestone* biopeloidali costituiti da intracastici micritici e da foraminiferi bentonici e da rari frammenti di lamelli-branchi, gasteropodi ed echinidi. Nella parte più alta invece, si distinguono strati sottili di sabbie calcaree fossilifere alternate a straterelli spessi alcuni centimetri di *floatstone/rudstone* bioclastici, in matrice a tessitura *packstone/grainstone*, contenenti foraminiferi bentonici, rari foraminiferi planctonici, alghe calcaree e frammenti di lamelli-branchi, brachiopodi, echinidi e gasteropodi. Ambiente di sedimentazione: da laguna a piattaforma. Il limite inferiore è inconforme sulla Calcarenite di Gravina. Lo spessore è al massimo di 9-10 m.
PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE?

CALCARENITE DI GRAVINA

Calcareniti e calcinidi lito-bioclastiche macro- e microfossifere costituite da *packstone-grainstone* con lamelli-branchi, gasteropodi, anellidi, echinidi, alghe rosse, foraminiferi bentonici e, più raramente, foraminiferi planctonici. Alla base, localmente, si riscontrano silt e sabbie limose di colore rossastro con livelli di ciottoli calcarei bianchi e calcisilti poco cementate. Ambiente di sedimentazione: piattaforma e localmente, alla base, da piana alluvionale a laguna salmastra. Lo spessore massimo affiorante è di circa 20 m. Il contenuto micropaleontologico è costituito da frammenti di lamelli-branchi, echinidi, gasteropodi, serpulidi e da alghe rosse. Il contenuto micropaleontologico è costituito da *Ammonia* spp., *Cibicides* spp. ed *Elphidium* spp.; la parte basale contiene: *Cerastoderma lamarki* e *Ammonia tepida*.
PLEISTOCENE INFERIORE (Gelasiano? - Calabiano)

UNITA' DELLA PIATTAFORMA CARBONATICA APULA

CALCARE DI BARI

Calcari bianchi e grigio chiari in strati di spessore decimetrico e metrico costituiti da litofacies a tessitura prevalentemente fango-sostenuta (*mudstone/wackestone* biopeloidali e *bindstone* stromatolitici) e subordinatamente granulo-sostenuta (*packstone/grainstone* bioclastici e biopeloidali) a luoghi interessati da diagenesi meteorica e/o da pedogenesi (*floatstone/rudstone* intracastici in matrice argillosa residuale) e frequenti intercaiazioni di calcari dolomitici e di dolomie grigie. Nella parte inferiore e superiore del Calcare di Bari, sono stati riconosciuti calcari macrofossiferi a moluschi (prevalentemente rudisti); si tratta di gruppi di strati costituiti da oocoralli conchigliari autoctoni o para-autoctoni con tessitura prevalente di tipo *floatstone/rudstone*, corrispondenti, dal più antico al più recente, al "livello Paese", al "livello Sannicandro" e al "livello Toritto". Nella parte sommitale i *floatstone/rudstone* bioclastici sono alternati a *rudstone* intrabioclastici e a *mudstone/wackestone* bioturbati con tracce fossili tipo *Thalassinoides* sp. Nel a parte medio-alta della successione si rinvenivano bancate massive di breccie dolomitiche o di dolomie grigio scure a luoghi fittamente laminati (litofacies CBA) che si chiudono verso est, affiorano nel settore occidentale del foglio e corrispondono al "livello di breccia calcareo-dolomitiche" della precedente edizione della C.G.I. Ambiente di sedimentazione: gran parte del Calcare di Bari si è depositato in ambienti peritidali di piattaforma interna e solo nella parte sommitale sono stati riconosciuti ambienti di transizione da margine a bacino. Limite inferiore: non affiorante; limite superiore: affiora pochi chilometri a sud del limite meridionale del foglio e corrisponde ad una superficie erosiva netta, a luoghi marcata da depositi continentali residuali (argille verde pallido), su cui poggia in trasgressione ed in discordanza angolare il Calcare di Altamura. Il Calcare di Bari rappresenta il substrato sedimentario su cui poggiano in discordanza tutte le unità più recenti. Lo spessore affiorante è di circa 470 m. Contenuto micropaleontologico: *Apicardina* sp., *Eosiphonites murgensis* e *Eosiphonites lynxus* (livello Paese); *Eosiphonites* sp., *Apicardina laevigata*, *Chondrodonta cf. joannae* (livello Sannicandro); *Sauvagesia eharpei*, *Sauvagesia nicaesi*, *Sphaerucaprina foroulensis* e *Caprinula boissy* (livello Toritto). Contenuto micropaleontologico (foraminiferi bentonici): Zona di associazione a: *Cuneolina silleri*, *Praschysalidina infracretacea*, *Sabaudia minuta*, *Vercorsella arenata*, *V. scancellata* (Albiano inferiore p.p.). Zona di associazione a: "falciante" *oerocorti*, *Neorajia insculpta*, *Parascolimonia flexuosa*, *Praschysalidina infracretacea* (Albiano superiore). Zona di associazione a: *Neorajia cf. conveia?*, *Protochysalidina elongata*, *Cuneolina pavonia* (transizione Albiano-Cenomaniano); Zona di associazione a: *Sellaevolina vialli*, *Cuneolina pavonia*, *Nezzazata conica*, *N. simplex*, *Pseudonummoloculina heimi* (Cenomaniano inferiore); Zona di associazione a: *Pseudolittorina rescheli*, *Pseudoraphidionia dubia*, *Bioncava bentoni*, *Trochospira ammalachi*, *Brockonia (Pastifera) balcanica*, *Bipartata penicilliformis*, *Cisaeolina faasi*, *Chysalidina gradata*, *Pseudonummoloculina heimi* (Cenomaniano medio-superiore).
ALBIANO INFERIORE p.p.-CENOMANIANO SUPERIORE

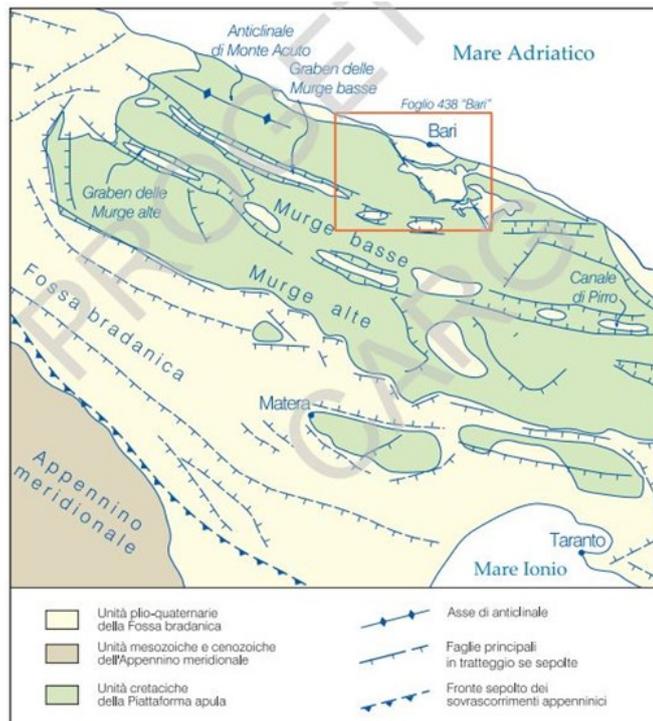


APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	18 DI 44

4. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

Nel territorio pugliese esiste una evidente correlazione tra le forme primarie del rilievo e i fondamentali assetti tettonici che contraddistinguono i domini di catena, avanfossa e avampaese. In particolare l'area oggetto dell'intervento progettuale si sviluppa su una porzione di territorio pressoché tabulare e/o blandamente degradante verso il Mare Adriatico. Essa si colloca quindi tra la fascia costiera ed il primo dei gradini costituenti l'altopiano delle Murge, una vasta gradinata tettonica costituita da una serie di ripiani posti a quote via via decrescenti verso il mare. Sia lungo i ripiani che in corrispondenza delle scarpate dei terrazzi si osservano i segni del ruscellamento superficiale con solchi carsico-erosivi talora profondi e di apprezzabile ampiezza, localmente denominati "lame". Tali incisioni, il cui fondo è costituito da materiale alluvionale recente, in occasione di periodi particolarmente piovosi, possono convogliare ingenti quantitativi d'acqua. Tali elementi si attestano in corrispondenza di lineazioni tettoniche ben definite, con evidenti deviazioni del reticolo idrografico, e rappresentano l'attuale prodotto evolutivo del sistema idrologico controllato essenzialmente da agenti litologici, tettonici e paleoclimatici.

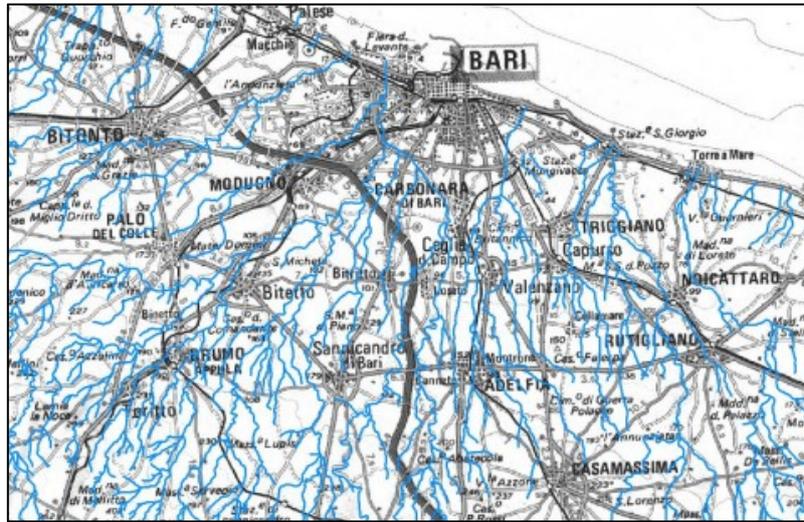
Figura 12



In generale, le rocce carbonatiche del substrato sono soggette, per loro natura, a fenomeni carsici prevalentemente ipogei e, come detto in precedenza, tali fenomeni sono difficilmente riconoscibili in superficie e sono associati, essenzialmente, a fratture e discontinuità tettoniche presenti all'interno della successione carbonatica. Le cavità ipogee sono generalmente riempite da terre rosse e prodotti residuali insolubili del fenomeno carsico, anche se non mancano cavità e vuoti di minori dimensioni privi di riempimento.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	19 DI 44

Figura 13



Le “terre rosse” o “terreni residuali” rappresentano una caratteristica peculiare dell’assetto geologico e litostratigrafico di tutta l’area murgiana. I suddetti terreni sono costituiti, principalmente, da residui insolubili di rocce carbonatiche, come l’ossido di ferro e quello di alluminio, che conferiscono al terreno un colore marrone-ruggine. A seguito dell’azione dilavante dell’acqua di ruscellamento la terra rossa si accumula nelle zone topograficamente depresse e penetra nel sistema carsico ipogeo.

Dal punto di vista idrogeologico nell’area in esame possono essere individuati e cartografati tre complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi, 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 in considerazione delle prove di permeabilità realizzate nei fori di sondaggio esistenti. Inoltre, la definizione del range di variazione del coefficiente di permeabilità relativo ad ogni complesso è stata effettuata in funzione delle caratteristiche sedimentologiche e litologiche dei terreni, nonché del grado di fratturazione e/o carsismo dei singoli ammassi rocciosi.

- **Complesso idrogeologico dei Calcari di Bari (CCB):** è composto da calcari in strati di spessore decimetrico e metrico, con frequenti intercalazioni di calcari dolomitici e di dolomie. La permeabilità, per fessurazione e carsismo, è variabile da media ad alta. A tale complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità $k > 1 \cdot 10^{-5}$ m/s.
- **Complesso idrogeologico delle Calcareniti di Gravina (CCG):** si tratta di calcareniti e calciruditi fossilifere, con alla base locali limi, sabbie limose e calcisiltiti poco cementate. La permeabilità, per fessurazione e porosità, è generalmente bassa. A questo complesso si può attribuire, pertanto, un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.
- **Complesso idrogeologico dei depositi alluvionali (Cal):** è costituito da ghiaie con ciottoli calcarei in matrice limoso-argillosa, più o meno abbondante. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da molta bassa a impermeabile. A questo complesso si può attribuire, pertanto, un coefficiente di permeabilità $k < 1 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Nel territorio pugliese, e in particolare in quello murgiano, prevalgono gli affioramenti di rocce carbonatiche più o meno fratturate e carsificate. A meno della zona del Tavoliere di Puglia, ciò determina l’assenza di corsi d’acqua superficiali a carattere perenne, o comunque di una certa importanza. Per contro, i processi di dissoluzione carsica risultano molto diffusi e, pertanto, il territorio murgiano risulta caratterizzato da un notevole sviluppo dell’idrologia sotterranea.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	20 DI 44

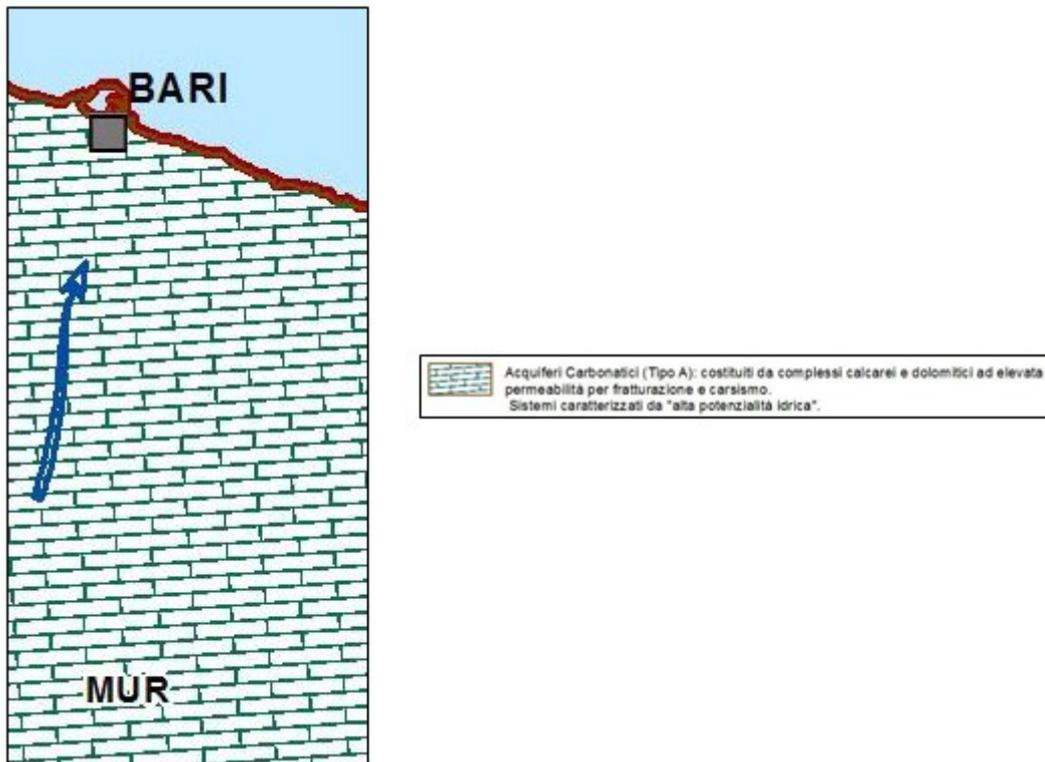
Figura 14



Le principali unità idrogeologiche della regione pugliese sono essenzialmente quattro: Gargano, Tavoliere, Murge e Salento. Il territorio murgiano, insieme a quelli del Gargano e del Salento, è caratterizzato da un ampio e potente acquifero fessurato costituito dalle rocce calcaree e/o calcareo dolomitiche meso-cenozoiche. Tuttavia la presenza di locali orizzonti impermeabili alla base della Calcarenite di Gravina, associata a particolari condizioni giaciture del substrato, possono generare la locale presenza di modeste falde sospese. L'acquifero principale, interessato da fenomeni carsici, presenta un grado di fratturazione piuttosto variabile e mostra, a luoghi, una elevata permeabilità secondaria. All'interno dell'altopiano murgiano, la circolazione idrica sotterranea è in pressione e le quote piezometriche massime possono raggiungere i 200 m s.l.m.. In prossimità di una ristretta fascia costiera, invece, le acque sotterranee circolano generalmente in condizioni freatiche. Lo spartiacque sotterraneo, pressoché coincidente con quello superficiale, è situato nelle zone più interne delle Murge ed è identificabile con la congiungente Altamura-Gioia del Colle-Noci.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	21 DI 44

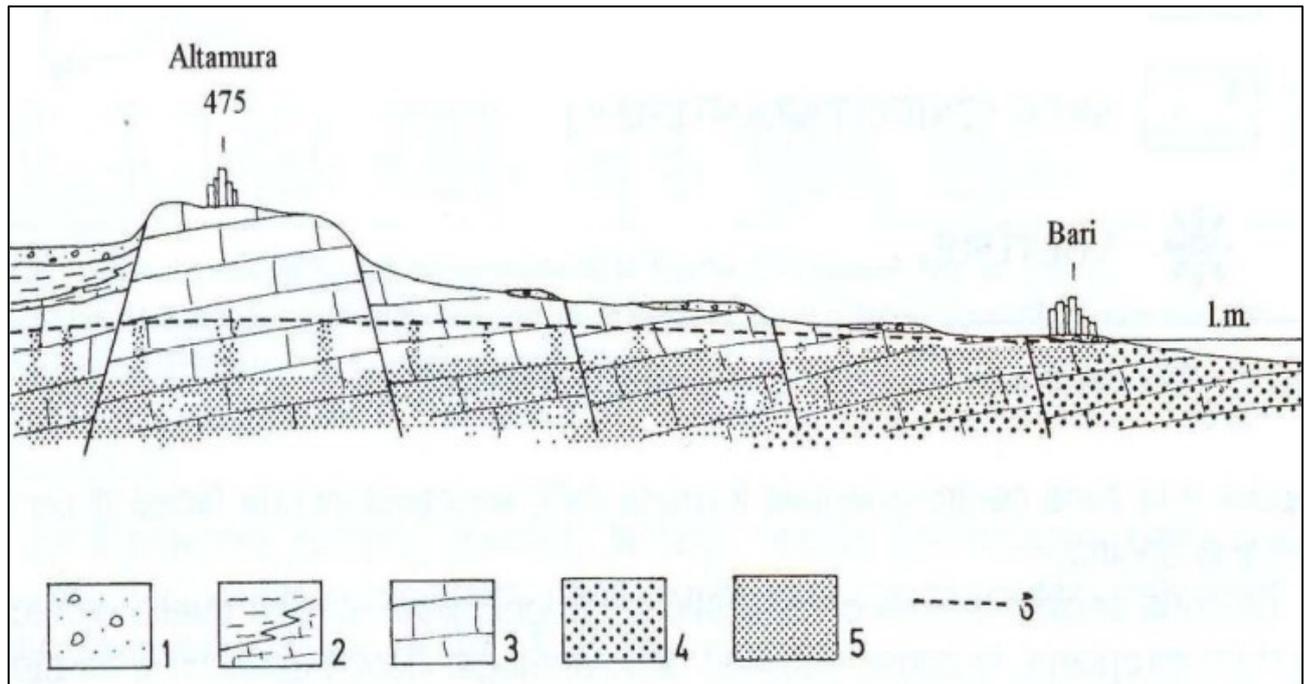
Figura 15



I dati di carattere geologico ed idrogeologico, hanno permesso di definire le caratteristiche generali dell'area e di individuare il regime di deflusso idrico sotterraneo proprio dei settori di interesse. Si sottolinea che le ricostruzioni della superficie piezometrica sono basate sui dati di monitoraggio piezometrico acquisiti durante le diverse fasi progettuali e integrati con dati bibliografici. L'analisi critica ed integrata dell'intero set di dati disponibili ha consentito di filtrare quelle misure ritenute scarsamente attendibili perché, probabilmente, affette da errori strumentali o dall'interferenza di pozzi in emungimento al momento del monitoraggio.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. C	FOGLIO 22 DI 44

Figura 16 – Sezione idrogeologica schematica dell'acquifero delle Murge in direzione SW-NE. *Legenda: 1) Depositi conglomeratici e calcarenitici (Pleistocene); 2) Calcareniti e argille (Plio-Pleistocene); 3) Calcari e dolomie (Cretaceo); 4) Acqua salata; 5) Acqua dolce; 6) Superficie piezometrica.*



In relazione al contesto delineato, risulta evidente che nella zona di indagine la falda presenta un carattere essenzialmente freatico, con *un livello piezometrico posto sostanzialmente poco al di sopra dell'attuale livello marino*. Tale falda è caratterizzata quindi da un andamento piuttosto regolare ed omogeneo, essenzialmente connesso con la buona permeabilità dell'acquifero carbonatico che la ospita. Il deflusso sotterraneo è caratterizzato da un gradiente mediamente variabile tra lo 0.1 e lo 0.5 % e risulta prevalentemente orientato verso la costa adriatica, in direzione circa NNE.

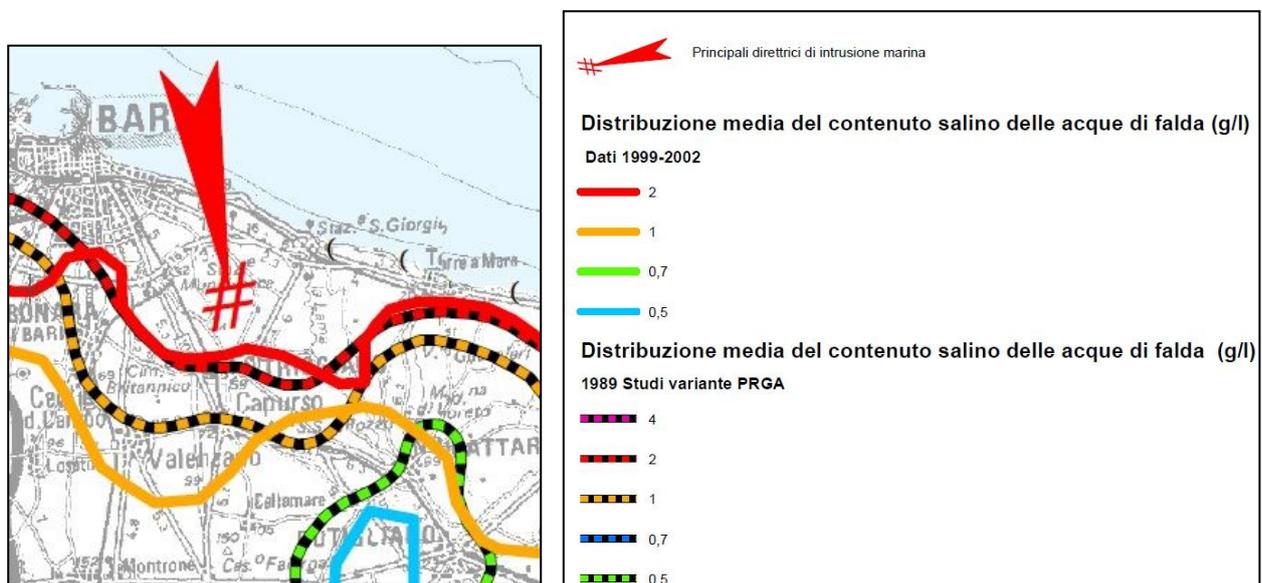
APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	23 DI 44

Figura 17



La separazione tra la falda propriamente detta e l'acqua marina è di carattere progressivo, contraddistinto in senso verticale da una zona di transizione salmastra di spessore variabile. La distribuzione delle isoaline evidenzia come, dal punto di vista areale, l'intero territorio barese sia interessato dal fenomeno della progressiva salinizzazione dell'acquifero. Tale processo risulta strettamente connesso sia con la vicinanza della linea di costa, sia con la presenza di un centro urbano notevolmente sviluppato. Infatti, in corrispondenza del centro abitato di Bari e di tutta la zona periferica, lo sfruttamento intensivo e incontrollato delle risorse idriche nel tempo ha provocato l'abbassamento del livello della falda ed il progressivo avanzamento delle acque marine di invasione continentale. In particolare, l'intervento in progetto ricade in buona parte tra le isoaline 3÷5 g/l e 5÷10 g/l. Ad ogni modo, l'opera in progetto non interferisce direttamente con la falda in rete del substrato calcareo, in quanto risulta posta diversi metri al di sopra della superficie piezometrica.

Figura 18



APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	24 DI 44

5. INDAGINI DISPONIBILI

Lungo l'asse di sviluppo della variante ferroviaria Bari-Torre a Mare risultano disponibili *ingenti quantità di dati ed informazioni* inerenti n° 4 campagne di indagini effettuate tra il 2007 ed il 2014; quelle maggiormente significative (anche da un punto di vista numerico) risultano quelle relative al 2013 e 2014.

Con specifico riferimento al tracciato planimetrico di progetto è opportuno evidenziare che soltanto ad una quota parte di dette ultime campagne di indagini ci si è riferiti in quanto, non infrequentemente, i punti di indagine sono risultati assai distanti dal tracciato di progetto. Si è, pertanto, deciso di fare riferimento unicamente ai sondaggi ubicati ad una distanza non superiore ai 50 m dal tracciato di progetto.

I fori di sondaggio del 2013 tenuti in considerazione risultano quindi: SB1, SB3, SB8, SB9bis, SB14 e SB16. Gli analoghi fori di sondaggio del 2014 risultano invece: S2, S3, S6, S7, S8, S9, S12, S13, S14 e S16.

Nel corso della campagna 2013 sono stati inoltre condizionati alcuni fori di sondaggio con piezometri a tubo aperto ed altri con tubazioni in PVC per l'esecuzione di prove geofisiche in foro tipo Down-Hole. Ulteriori prospezioni sismiche sono state effettuate mediante analisi del fenomeno della dispersione delle onde di superficie che hanno consentito di determinare valori del parametro $V_{S,30}$ compresi tra 970 (M10) e 1130 m/s (M07), *costantemente corrispondenti ad una Categoria di sottosuolo di tipo A*.

Numerosi campioni rimaneggiati ed indisturbati, analizzati secondo le usuali tecniche afferenti alla meccanica delle terre (in minima parte) o la meccanica delle rocce (in parte largamente significativa), hanno consentito la determinazione dei parametri di resistenza e/o di deformazione elastica, unitamente a numerose determinazioni della resistenza a compressione monoassiale. Analoghi dati ed informazioni sono stati derivati dalle risultanze della campagna di indagini e prove del 2014.

I dati disponibili sono stati verificati/comparati/integrati con quelli acquisiti con le indagini di verifica del 2020 consentendo la predisposizione di elaborati cartografici di sintesi delle principali caratteristiche litologiche, di resistenza e di deformabilità dell'ammasso roccioso presente a ridottissima profondità dal piano campagna lungo l'intero sviluppo della ferrovia di progetto.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	25 DI 44

6. LA NUOVA CAMPAGNA DI INDAGINI DI VERIFICA

Al fine di verificare ed integrare il quadro conoscitivo in quelle porzioni di tracciato ove le indagini disponibili risultavano assai distanti dall'asse ferroviario, è stata programmata una ulteriore mirata campagna di indagine.

Nel dettaglio sono stati eseguiti:

- n° 20 sondaggi geognostici a rotazione, parte a distruzione e parte a carotaggio continuo, di profondità variabile dai 7 m ai 30 m dal piano campagna, finalizzati alla conferma delle successioni stratigrafiche, ed al prelievo di 5 campioni lapidei;
- prelievo ed analisi di n° 5 campioni lapidei, a profondità comprese tra i 3.5 m ed i 14.7 m circa.

6.1 Sondaggi geognostici a rotazione, parte a distruzione e parte a carotaggio continuo

Di seguito si riporta una descrizione sintetica delle successioni rilevate nel corso delle perforazioni così come eseguite procedendo da Bari verso Torre a Mare.

Sondaggio S1. Tale perforazione, eseguita tra il 25 ed il 26 novembre 2020, ha raggiunto la profondità di 20 m dal p.c. e, dopo un primo strato superficiale di materiali di riporto e di terreno vegetale di spessore complessivamente pari a circa 1.4 m, ha attraversato una successione prevalentemente calcarenitica fino a circa 3.5 m di profondità. Fino a fondo foro è stato intercettato il complesso calcareo di base (Calcari di Bari) talora intensamente fratturato. Nel corso della perforazione è stato prelevato n° 1 campione lapideo nell'intervallo di profondità 3.77-3.97 m.

Sondaggio S2c. Tale perforazione, eseguita il 02 dicembre 2020, ha raggiunto la profondità di soli 7 m dal p.c. in quanto unicamente finalizzata alla descrizione dei terreni interessati da uno scavo in trincea di altezza massima dell'ordine di 2-2.5 m. Lo strato iniziale, di spessore dell'ordine di 1.5 m, è risultato costituito da materiali di riporto a granulometria sabbiosa inglobanti pezzame lapideo ghiaioso-ciottoloso. Verso il basso si rinvenivano ancora terreni sabbioso-limosi probabilmente da riferire ad una antica formazione marina terrazzata. Unicamente a partire da circa 6 metri di profondità, si verifica il passaggio alle formazioni lapidee del substrato.

Sondaggio S3. Tale perforazione, eseguita il 02 dicembre 2020, ha raggiunto la profondità di 20 m dal p.c. ed è stata finalizzata alla ricostruzione del locale assetto litostratigrafico nel tratto in rilevato di altezza pari a circa 6 m di approccio al viadotto VI01. La successione stratigrafica rilevata consta di un primo strato, di spessore pari a 0.30-0.50 m, di materiali detritici immersi in un terreno vegetale limoso-argilloso cui seguono circa 3 m di calcareniti sabbiose più o meno debolmente cementate (Calcareniti di Gravina). Verso il basso, nonostante l'intensa fratturazione dell'ammasso, si riconoscono i caratteri tipici della formazione carbonatica dei Calcari di Bari.

Sondaggio CH01. Tale perforazione, eseguita tra l'11 ed il 15 dicembre 2020, è stata approfondita fino a 30 m dal p.c.. Inizialmente previsto in sinistra idraulica della Lama Valenzano, per problemi di accessibilità è stato eseguito in sponda destra. La successione stratigrafica rilevata, concordemente al vicino sondaggio esistente S3 del 2014, consta di una ridotta copertura (di spessore massimo pari a circa 1 m) di terreni vegetali e/o di riporto al di sopra della formazione di base dei Calcari di Bari. L'intensa fratturazione dell'ammasso ha sempre determinato, nei tratti di carotaggio, (come generalmente altrove) valori di RQD assai bassi e tipici di ammassi lapidei di "qualità" scadente o molto scadente.

Sondaggio S4. Tale perforazione, eseguita in data 15 dicembre 2020, è stata approfondita fino a 20 m dal p.c.. La successione stratigrafica riscontrata nel corso della perforazione è costituita da una copertura di terreno vegetale di spessore massimo dell'ordine di circa 1.5 m posto immediatamente a copertura della formazione di base dei Calcari di Bari. Anche in questo caso, l'intensa fratturazione dell'ammasso ha sempre determinato, nei limitati tratti a carotaggio, valori di RQD assai bassi e tipici di ammassi lapidei di "qualità" scadente o molto scadente. Nel corso della perforazione è stato prelevato n° 1 campione lapideo nell'intervallo di profondità 3.54-3.77 m.

Sondaggio S5c. Tale perforazione, eseguita il giorno 01 dicembre 2020, ha raggiunto la profondità di soli 7 m dal p.c. in quanto unicamente finalizzata alla descrizione dei terreni interessati da uno scavo in trincea di altezza massima dell'ordine dei 6 m. Lo strato iniziale, di spessore non superiore ad 1 m, è risultato costituito da terreno vegetale limoso argilloso. Verso il basso si rinvenivano i calcari della formazione di base che, fino alla profondità di circa 5 m, si

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	26 DI 44

presentano più intensamente fratturati. Fino a fondo foro, ovvero a partire dalla quota di progetto circa, la formazione lapidea si presenta poco fratturata e soltanto leggermente “cariata”.

Sondaggio S6c. Tale perforazione, eseguita il giorno 11 dicembre 2020, ha raggiunto la profondità di soli 7 m dal p.c. in quanto unicamente finalizzata alla descrizione dei terreni interessati da uno scavo di sezioni in trincea di altezza massima dell'ordine dei 3-3.5 m. Lo strato iniziale, di spessore non superiore ad 1 m, è risultato costituito da terreno vegetale limoso argilloso con inclusi rari clasti lapidei centimetrici. Verso il basso, e fino alla profondità di circa 3.5 m, si rinvengono calcareniti sabbiose beige, porose e debolmente cementate (Calcareniti di Gravina). Fino a fondo foro, nonostante l'intensa fratturazione dell'ammasso, si riconoscono i caratteri tipici della formazione carbonatica dei Calcari di Bari. Nel corso della perforazione è stato prelevato n° 1 campione lapideo nell'intervallo di profondità 4.00-4.31 m.

Sondaggio S7. Questo sondaggio è stato eseguito in data 14 dicembre 2020 raggiungendo la profondità di 20 m dal p.c.. In questo tratto, anche se il tracciato ferroviario è quasi “a raso” passando da una sezione in trincea (verso Bari) ad una sezione in rilevato (verso Torre a Mare), è prevista la realizzazione della prima galleria artificiale (GA02) che rappresenta, in uno con i ponti e viadotti e con le altre 6 gallerie artificiali, gli interventi strutturali di maggiore impegno e significatività. Lungo la verticale esplorata, i terreni più superficiali, per uno spessore pari a circa 1.5 m, sono costituiti da materiali di riporto e terreni vegetali a grana fine, mentre, verso il basso, e fino alla profondità di circa 4 m, si rinvengono calcareniti sabbiose di colore avana, porose e debolmente cementate (Calcareniti di Gravina). Fino a fondo foro, nonostante l'intensa fratturazione dell'ammasso, si riconoscono, ancora una volta, i caratteri tipici della formazione carbonatica dei Calcari di Bari.

Sondaggio S8. Questo sondaggio è stato eseguito nei giorni 16 e 17 dicembre 2020 raggiungendo la profondità di 30 m dal p.c.. In questo tratto il tracciato ferroviario prevede l'attraversamento in viadotto della Lama Cutizza 1 (VI03) e, poco oltre in direzione Torre a Mare, della Lama Cutizza 2 (VI04). Lungo la verticale esplorata, i terreni più superficiali, per uno spessore pari a circa 0.5 m, sono costituiti da terreni vegetali a granulometria limoso-sabbiosa che ricoprono la formazione calcarea di base (Calcarea di Bari) intensamente fratturata così come desumibile dai valori di RQD assai bassi e tipici di ammassi lapidei di “qualità” scadente o molto scadente.

Sondaggio S9. Questo sondaggio è stato eseguito nei giorni dal 17 al 21 dicembre 2020 raggiungendo la profondità di 30 m dal p.c.. In questo tratto il tracciato ferroviario prevede l'attraversamento in viadotto della Lama Cutizza 2 (VI04). Lungo la verticale esplorata, i terreni più superficiali, per uno spessore pari a circa 1 m, sono costituiti da terreni vegetali a granulometria limoso-argillosa passanti a calcareniti sabbiose beige, porose e debolmente cementate (Calcareniti di Gravina) che, alla profondità di circa 4 m dal p.c., ricoprono la formazione calcarea di base (Calcarea di Bari) intensamente fratturata.

Sondaggio S10. Questo sondaggio è stato eseguito nei giorni 17 e 18 dicembre 2020 raggiungendo la profondità di 30 m dal p.c.. In questo tratto il tracciato ferroviario di progetto è leggermente in trincea prevedendo la realizzazione di una galleria artificiale (GA03). La successione stratigrafica rilevata nel corso della perforazione è del tutto analoga alla precedente essendo i terreni più superficiali, per uno spessore pari a circa 1 m, costituiti da terreni vegetali a granulometria limoso-argillosa passanti a calcareniti sabbiose beige, porose e debolmente cementate (Calcareniti di Gravina) che, a loro volta, alla profondità di circa 3.5-4 m dal p.c., ricoprono la formazione calcarea di base (Calcarea di Bari) intensamente fratturata. Nel corso della perforazione è stato prelevato n° 1 campione lapideo nell'intervallo di profondità 14.17-14.38 m.

Sondaggio S11c. Tale perforazione, eseguita tra il 16 ed il 17 dicembre 2020, inizialmente prevista di profondità pari a 7 m dal p.c. in quanto interessante un tratto in trincea con altezza di scavo dell'ordine di 3-4 m, è stata “spinta”, su iniziativa dell'impresa esecutrice, fino alla profondità di 30 m. La successione stratigrafica rilevata nel corso della perforazione è del tutto analoga alle precedenti essendo i terreni più superficiali, per uno spessore pari a circa 1.5 m, costituiti da terreni vegetali a granulometria limoso-argilloso-sabbiosa passanti a calcareniti fratturate ed alterate, debolmente cementate riferibili alla formazione delle Calcareniti di Gravina poggianti, a loro volta, a partire dalla profondità di circa 5 m dal p.c., sulla formazione calcarea di base (Calcarea di Bari) intensamente fratturata. Nel corso della perforazione è stato prelevato n° 1 campione lapideo nell'intervallo di profondità 14.50-14.77 m.

Sondaggio S12. Questo sondaggio è stato eseguito tra il 07 ed il 10 dicembre 2020 raggiungendo la profondità di 30 m dal p.c.. In questo tratto il tracciato ferroviario di progetto è ancora in trincea (h=4-5 m) prevedendo la realizzazione

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	27 DI 44

di una galleria artificiale (GA04). La successione stratigrafica rilevata nel corso della perforazione è del tutto analoga alle precedenti con una piccola coltre di terreno vegetale (sp. 0.20-0.30 m) che ricopre sedimenti calcarenitici porosi e debolmente cementati (Calcareniti di Gravina) passanti, alla profondità di circa 3.5-4 m dal p.c., alla formazione calcarea di base (Calcarea di Bari) intensamente fratturata.

Sondaggio S13. Questo sondaggio è stato eseguito tra il 20 ed il 24 novembre 2020 raggiungendo la profondità di 30 m dal p.c.. In questo tratto il tracciato ferroviario di progetto è ancora in trincea (h=4-5 m) prevedendo la realizzazione di una galleria artificiale (GA05). Ancora una volta la successione stratigrafica rilevata nel corso della perforazione è del tutto analoga alle precedenti con una piccola coltre di terreno vegetale (sp. 0.20-0.30 m) che ricopre sedimenti calcarenitici porosi e debolmente cementati (Calcareniti di Gravina) passanti, alla profondità di circa 5-6 m dal p.c., alla formazione calcarea di base (Calcarea di Bari) a tratti molto fratturata.

Sondaggio CH02. Tale perforazione, eseguita tra il 20 ed il 24 novembre 2020, è stata approfondita fino a 30 m dal p.c.. Essa è stata eseguita in corrispondenza della sponda sinistra della Lama San Giorgio (VI05). La successione stratigrafica rilevata consta di una ridotta copertura (qualche decimetro) di terreni vegetali a granulometria limoso-argillosa passante, con interposizione di qualche metro di sedimenti riferibili alle Calcareniti di Gravina, alla formazione di base dei Calcari di Bari. L'intensa fratturazione dell'ammasso (e, in parte, una non eccellente fase di carotaggio) ha sempre determinato (come generalmente altrove) valori di RQD assai bassi e tipici di ammassi lapidei di "qualità" scadente o molto scadente.

Sondaggio S14. Tale perforazione, eseguita tra il 18 ed il 19 novembre 2020, è stata approfondita fino a 30 m dal p.c.. Essa è stata eseguita in corrispondenza della sponda destra della Lama San Giorgio (VI05). La successione stratigrafica rilevata è del tutto analoga a quella del sondaggio CH02 ubicato sulla sponda opposta; essa è costituita da un primo, sottile strato (qualche decimetro) di terreno vegetale a granulometria limoso-argillosa passante, con interposizione di qualche metro di sedimenti riferibili alle Calcareniti di Gravina, alla formazione di base dei Calcari di Bari. L'intensa fratturazione dell'ammasso ha sempre determinato (come generalmente altrove) valori di RQD assai bassi e tipici di ammassi lapidei di "qualità" scadente o molto scadente. Nel corso della perforazione è stato prelevato n° 1 campione lapideo nell'intervallo di profondità 13.22-13.47 m.

Sondaggio S15. Questo sondaggio è stato eseguito il 16 novembre 2020 raggiungendo la profondità di 20 m dal p.c.. In questo tratto il tracciato ferroviario di progetto è in trincea (h=3-5 m) prevedendo la realizzazione di una galleria artificiale (GA07). La successione stratigrafica rilevata nel corso della perforazione è del tutto analoga alle precedenti con una piccola coltre di terreno vegetale (sp. 0.50 m) a granulometria sabbioso-limosa che ricopre sedimenti calcarenitici beige-avana, porosi e debolmente cementati (Calcareniti di Gravina) passanti, alla profondità di circa 5 m dal p.c., alla formazione calcarea di base (Calcarea di Bari) intensamente fratturata soprattutto negli strati più superficiali.

Sondaggio S16c. Tale perforazione, eseguita il giorno 01 dicembre 2020, ha raggiunto la profondità di soli 7 m dal p.c. in quanto unicamente finalizzata alla descrizione dei terreni interessati dalla realizzazione di sezioni in trincea di altezza mediamente pari a 1.5-2 m. Lo strato iniziale, di spessore decimetrico, è risultato costituito da terreno vegetale prevalentemente sabbioso passante, verso il basso, e fino alla profondità di circa 3-4 m, si rinvennero calcareniti sabbiose beige ascrivibili alla formazione delle Calcareniti di Gravina, mentre fino a fondo foro è stato rinvenuto un calcarea biancastro riferibile, invece, alla formazione carbonatica dei Calcari di Bari.

Sondaggio S17. Questo sondaggio è stato eseguito il 12 novembre 2020 raggiungendo la profondità di 20 m dal p.c.. In questo tratto il tracciato ferroviario di progetto è ancora in trincea (h=1.5-2 m) prevedendo la realizzazione di una galleria artificiale (GA08). Ancora una volta la successione stratigrafica rilevata nel corso della perforazione è del tutto analoga alle precedenti con una piccola coltre decimetrica di terreno vegetale che ricopre sedimenti calcarenitici avana beige (Calcareniti di Gravina) presenti fino alla profondità di 3-4 m dal p.c. e passanti, verso il basso, alla formazione calcarea di base (Calcarea di Bari) a tratti molto fratturata.

Sondaggio S18c. Tale perforazione, eseguita il giorno 11 novembre 2020, ha raggiunto la profondità di soli 7 m dal p.c. in quanto unicamente finalizzata alla descrizione dei terreni interessati dalla realizzazione di sezioni in trincea di altezza mediamente pari a 1 m (tratto finale di progetto verso Torre a Mare). La stratigrafica rilevata, prescindendo da una sottile copertura di terreno vegetale, è costituita da sedimenti calcarenitici avana beige (Calcareniti di Gravina)

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. C	FOGLIO 28 DI 44

presenti fino alla profondità di 3-4 m dal p.c. e passanti, verso il basso, alla formazione calcarea di base (Calcarea di Bari) a tratti molto fratturata.

In nessun foro di sondaggio è stata rilevata alcuna cavità di dimensioni tecnicamente significative. In maniera episodica e puntuale sono stati registrati "avanzamenti a vuoto" di spessore centimetrico o pluricentrico verosimilmente connessi con fenomeni di dissoluzione carsica in corrispondenza di piani di strato e/o fratture.

Nel corso delle attività di indagini e prove di verifica non è stato condizionato alcun foro per il monitoraggio piezometrico in quanto, laddove le profondità raggiunte ne hanno consentito il rilievo, si è avuta conferma della "presenza....di una falda di base all'interno del locale substrato calcareo, posta a quote prossime a quella del livello del mare" (§ 13.3 "Criticità idrogeologiche" dell'elaborato IA0D-00-D-69-RG-GE0001-001-A "Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica" del PD). In tali condizioni si è ritenuto che le oscillazioni stagionali del livello piezometrico potessero essere di ordine centimetrico e, pertanto, non significativamente meritevoli di apposito monitoraggio per la scarsa influenza sulle opere di progetto

6.2 Le analisi e prove di laboratorio

I campioni lapidei prelevati nel corso dei sondaggi sono stati sottoposti a determinazione della massa volumica apparente e a prove di resistenza mediante compressione assiale (UNI EN 1936). I risultati ottenuti sono sinteticamente riportati nel prospetto che segue.

Tabella 1

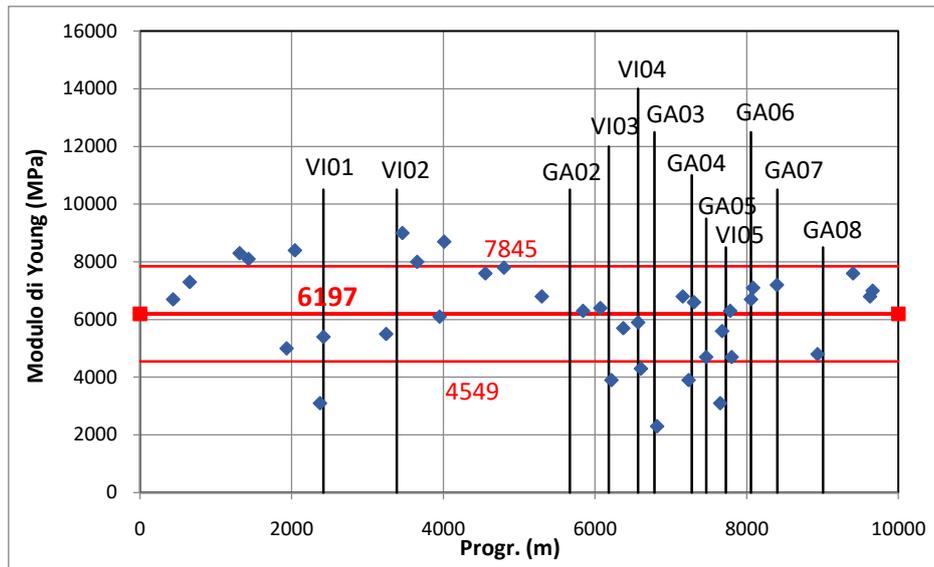
Campione	Prof.	Massa volumica apparente	Resistenza a compressione monoassiale	Classe della roccia (ISRM, Deere & Miller)
[-]	[m dal p.c.]	[kN/m ³]	[MPa]	[-]
S1C1	3.77-3.97	27.26	165.23	B
S4C1	3.54-3.77	26.51	114.64	B
S6C1	4.00-4.31	25.51	93.84	C
S10C1	14.17-14.38	23.13	36.87	D
S11C1	14.50-14.77	24.20	42.07	D

Per la determinazione del modulo di Young iniziale (E_0 , in MPa) si è fatto riferimento, così come nel PD, ai valori di V_s (in m/s) disponibili nel PD medesimo opportunamente combinati con i parametri "peso dell'unità di volume" (in kN/m³) e "coefficiente di Poisson", ovvero, ove non direttamente disponibili, con gli stessi parametri rispettivamente pari a 24 kN/m³ e 0.3.

Nel diagramma che segue sono rappresentati tutti i valori di E_0 determinati lungo l'asse di sviluppo del tracciato ferroviario avendo avuto cura di evidenziare anche la progressiva delle principali opere d'arte (viadotti e gallerie artificiali). Nel diagramma è, inoltre, indicato il valore medio di E_0 ed il relativo intervallo di incertezza calcolato mediante la deviazione standard della popolazione di dati disponibili.

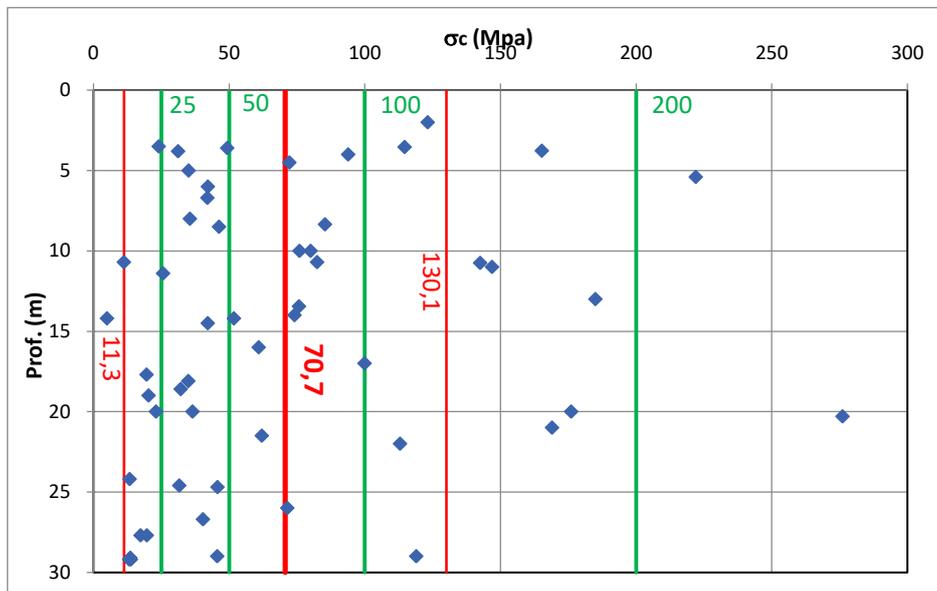
APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	29 DI 44

Figura 19



Per quanto concerne, infine, la resistenza dell'ammasso roccioso, i risultati delle analisi e prove di laboratorio (disponibili ed effettuate) appaiono assai dispersi (vedi grafico che segue) con un valore medio pari a 70.7 MPa. Anche in questo caso, in uno con il valore medio, viene proposto il relativo intervallo di incertezza calcolato mediante la deviazione standard della popolazione di dati disponibili. Le linee verdi verticali (ed i loro relativi valori) indicano i limiti delle classi di resistenza monoassiale della roccia dalle quali si evince che il valore medio ricade nella classe C (50-100 MPa) "resistenza media".

Figura 20



APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. C	FOGLIO 30 DI 44

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	31 DI 44

7. INQUADRAMENTO SISMICO

Le caratteristiche di sismicità dell'area delle Murge sono da porre in relazione con l'assetto strutturale relativamente semplice del settore geodinamico dell'Avampaease Apulo, notoriamente considerato stabile ed a bassa sismicità. Alcuni studi hanno fornito una interpretazione dei diversi terremoti storici verificatisi nelle adiacenze di questa porzione di territorio pugliese, indagando sulle strutture sismogenetiche responsabili e sulle loro caratteristiche principali. In particolare, gli studi focalizzano l'attenzione sulle tracce supra-pleistoceniche e sulla localizzazione dei principali terremoti registrati strumentalmente ($M_{max} = 3.2$).

Figura 21 – Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5.5$ nell'area di studio

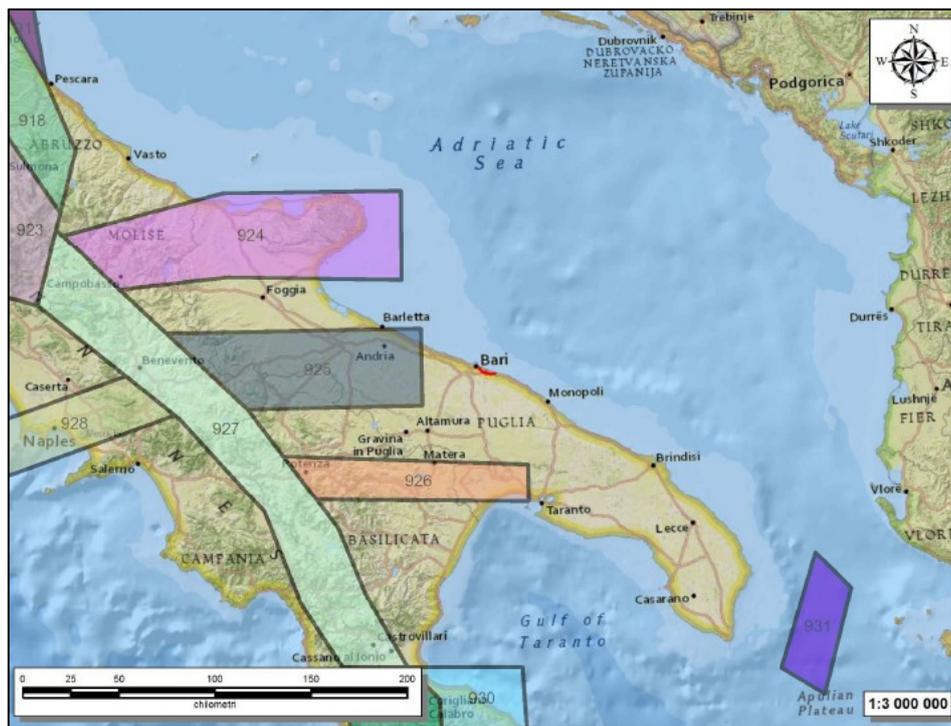


La consultazione del database DISS (2010), relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che il sito di progetto risulta distante dalle principali sorgenti sismiche presenti nell'area. La fascia di sorgenti composite più vicina, infatti, risulta essere la ITCS004 Castelluccio dei Sauri-Trani (profondità stimata 11-22.5 km, magnitudo massima 6.3, Slip rate 0.1-0.5 mm/anno). Questa, in particolare, comprende la sorgente individuale ITIS083 Bisceglie (profondità stimata 13-19.2 Km, magnitudo massima 5.7, ultimo evento 11 maggio 1560).

Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9, il settore di interesse si trova circa 50 km ad Est della Zona 925 (Ofanto). Sulla base degli studi sismologici più aggiornati, nella suddetta zona sono attesi terremoti piuttosto profondi ($P = 12-20$ km) e di elevata magnitudo ($M_{max} = 6.83$), riconducibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente trascorrenti.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	32 DI 44

Figura 22 – Stralcio della zonazione sismogenetica ZS9



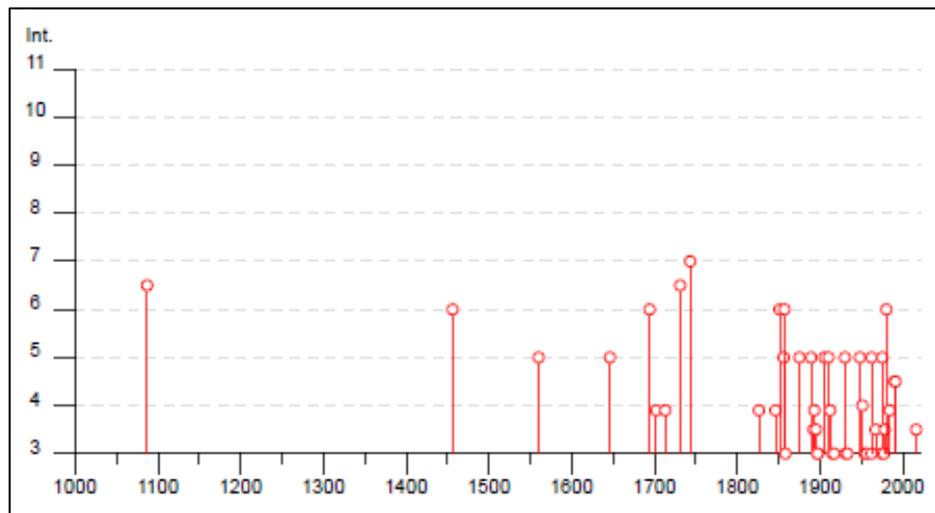
Storicamente, la Puglia, con l'esclusione della penisola del Gargano, è stata generalmente considerata una regione a bassa sismicità, anche se non mancano gli effetti causati da sismi verificatisi in settori di territorio limitrofi o nella porzione centrale della regione stessa. Per quanto riguarda Bari, le fonti storiche riportano che la città fu colpita dagli effetti di un terremoto nel 1087 ($I_{max}=VI-VII$ MCS), "ove furono distrutte torri, castelli e case". A Lecce, Brindisi, Nardò e Francavilla, invece, nel 1793 si risentirono gli effetti di un terremoto localizzato nel basso Ionio che produsse il danneggiamento di case e chiese, con alcune rase al suolo, nonché alcune vittime.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl						
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. C	FOGLIO 33 DI 44

Figura 23 – Epicentri dei principali terremoti storici che hanno interessato l'area di Bari



Figura 24 – Magnitudo dei principali terremoti storici che hanno interessato l'area di Bari



Nelle figure seguenti sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI11), al fine di documentare la storia sismica dei centri abitati di Bari e Triggiano.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	34 DI 44

Figura 25 – Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Bari

Effetti		In occasione del terremoto del					NMDP	Io Mw
Int.	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale						
6-7	1087 09 10	Bari					1	6-7 4.86
6	1456 12 05	Appennino centro-meridionale					199	11 7.19
5	1560 05 11 04 40	Costa pugliese centrale					7	8 5.66
5	1646 08 31	Gargano					35	10 6.72
6	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata					251	10 6.73
F	1702 03 14 05	Sannio-Irpinia					37	10 6.56
F	1713 01 03	Bassa Murgia					2	5-6 4.40
6-7	1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie					49	9 6.33
7	1743 02 20	Ionio settentrionale					84	9 6.68
F	1826 10 26 18	Salento					7	6-7 5.22
F	1846 08 08	Potentino					13	6-7 5.18
6	1851 08 14 13 20	Vulture					103	10 6.52
5	1856 05 12 01 45	Barese					5	5-6 4.40
6	1857 12 16 21 15	Basilicata					340	11 7.12
3	1858 05 24 09 20	Tavoliere delle Puglie					13	4-5 4.35
5	1875 12 06	Gargano					97	8 5.86
5	1889 12 08	Gargano					122	7 5.47
3-4	1892 04 20	Gargano					15	6-7 5.02
2	1892 06 06	Isole Tremiti					68	6 4.88
F	1893 08 10 20 52	Gargano					69	8 5.39
3-4	1895 08 09 17 38 20	Adriatico centrale					103	6 5.11
3	1897 02 11 23 33 07	Ionio meridionale					96	5 5.03
3	1897 05 28 22 40 02	Ionio					132	6 5.46
2	1905 08 18 04 07	Tavoliere delle Puglie					41	5 4.61
5	1905 09 08 01 43	Calabria centrale					895	10-11 6.95
2	1905 11 26	Irpinia					122	7-8 5.18
5	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata					376	8 5.76
F	1912 07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie					49	5 4.55
NF	1913 10 04 18 26	Molise					205	7-8 5.35
3	1915 01 13 06 52 43	Marsica					1041	11 7.08

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. C	FOGLIO 35 DI 44

3	1917 06 12 18 44	Golfo di Taranto	11	4-5	5.35
NF	1919 10 22 06 10	Ansio	142	6-7	5.22
5	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
3	1931 12 03 09 32	Tavoliere delle Puglie	12	6	4.59
2	1932 03 30 09 56 26	Bassa Murgia	28	5	4.54
3	1933 03 07 14 39	Irpinia	42	6	4.96
2	1937 07 17 17 11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96
5	1948 08 18 21 12 20	Gargano	58	7-8	5.55
4	1951 01 16 01 11	Gargano	73	7	5.22
2	1953 02 25 00 07 46	Vibonese	56	5-6	4.88
3	1954 08 06 19 21 12	Potentino	13	5-6	5.18
3	1956 09 22 03 19 39	Gargano	57	6	4.64
3	1962 01 19 05 01 25	Gargano	31	5	4.42
5	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
3-4	1967 06 17 15 42 58	Gargano	16	5	4.46
3	1974 10 20 11 25 5	Ionio settentrionale	3		5.02
5	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5.02
3	1977 08 15 21 10 3	Calabria centrale	37		5.21
3-4	1978 09 24 08 07 44	Materano	121	6	4.75
6	1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
2-3	1984 04 29 05 02 59	Umbria settentrionale	709	7	5.62
F	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	911	8	5.86
4-5	1990 05 05 07 21 2	Potentino	1375		5.77
4-5	1991 05 26 12 25 5	Potentino	597	7	5.08
2-3	2006 05 29 02 20 0	Gargano	384		4.64
3-4	2016 10 30 06 40 1	Valnerina	379		6.61

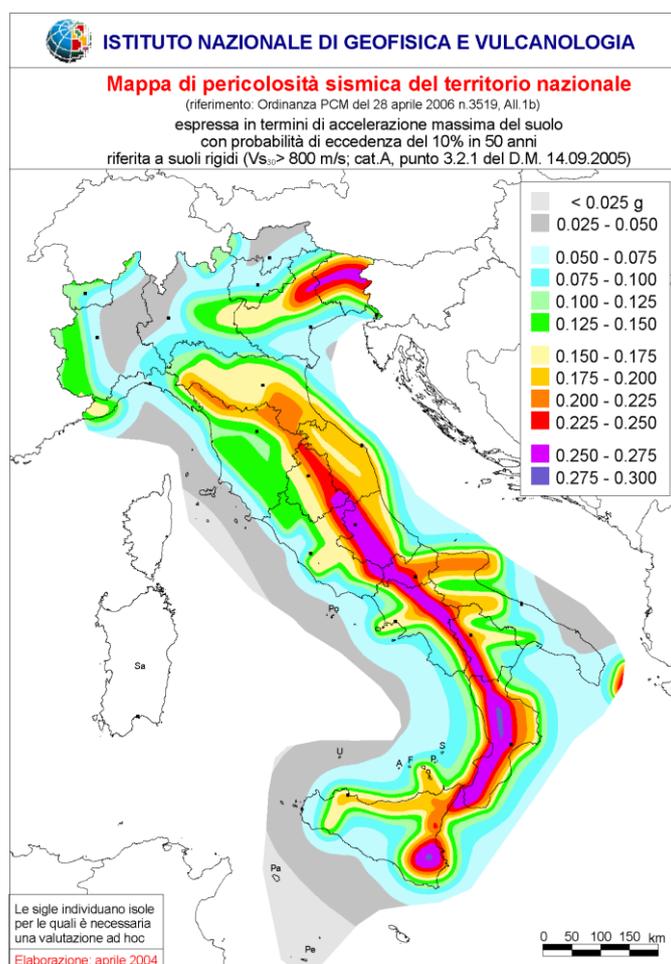
L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia. Secondo tale normativa i territori dei comuni di Bari e Triggiano ricadevano in Zona sismica 3, ovvero aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici deboli.

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

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

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	36 DI 44

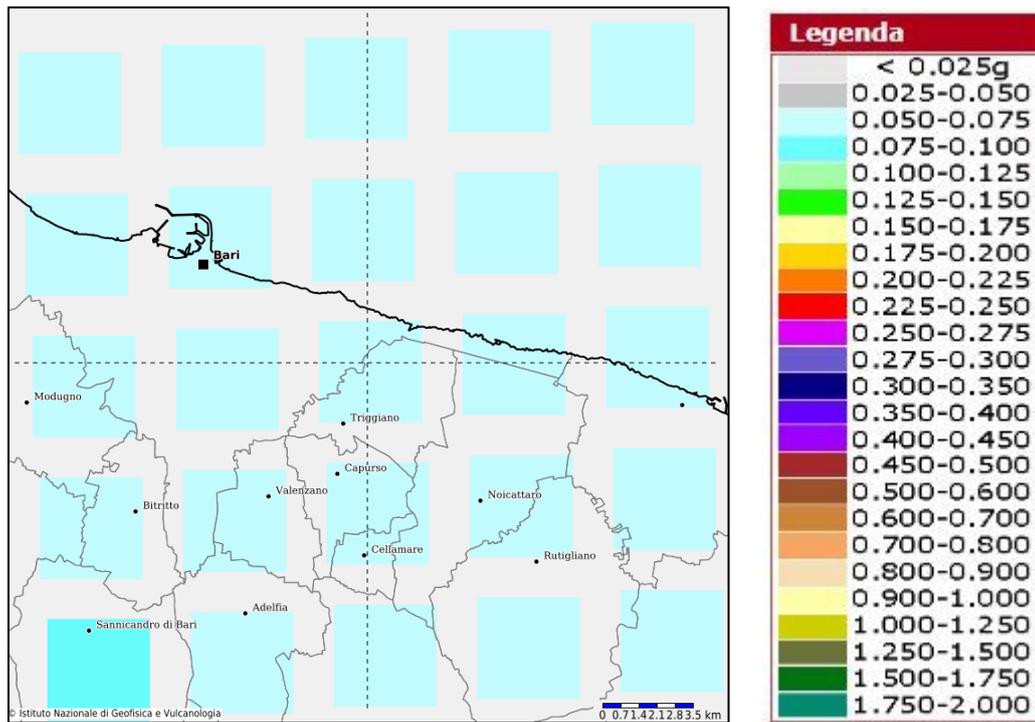
Figura 26



Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono continue e graduali. Successivamente verrà mantenuta, infatti, la classificazione secondo la quale il territorio nazionale è suddivisibile in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo. All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione WebGIS, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (cfr. Fig. seguente). In particolare, per la zona di Bari, i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.050-0.075 ag (accelerazione massima del suolo).

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	37 DI 44

Figura 27 – *Mappa di pericolosità sismica per l'area di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo*



Infine, per quanto concerne le faglie capaci, il database del progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults) riporta la presenza di elementi tettonici lontano dall'area di studio, in regioni poste ad Ovest e a NW della stessa. Tali elementi sono relativi ai diversi domini strutturali che si trovano nelle adiacenze dell'area di studio e, in particolare, al fronte esterno dell'Appennino e la Linea Sud-Garganica. Questi elementi strutturali, quindi, non interferiscono direttamente con il tracciato di progetto, ma sono comunque in grado di produrre eventi sismici di una certa importanza, con possibile risentimento nei settori di intervento.

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	38 DI 44

8. CRITICITÀ GEOLOGICHE, GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Al § 13.1 “Criticità geologiche” dell’elaborato IA0D-00-D-69-RG-GE0001-001-A “Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica” del PD viene testualmente riportato che “dal punto di vista geologico, in relazione al locale assetto litostratigrafico e strutturale, non sono da segnalare elementi di particolare criticità per le opere in progetto”. Inoltre, “le indagini dirette realizzate hanno evidenziato la presenza solo sporadica di vuoti non riempiti di depositi residuali, di potenza mediamente inferiore al metro e posti a profondità generalmente superiori a 5 m dal p.c.”. A tale ultimo riguardo si evidenzia che in occasione delle indagini (sondaggi) di verifica eseguite non è stato rilevato alcun vuoto di dimensioni significative, ma unicamente, e sempre sporadicamente, dissoluzioni carsiche di interstrato di spessore centimetrico.

Al § 13.2 “Criticità geomorfologiche” dello stesso elaborato viene, invece, testualmente riportato che “sotto il profilo geomorfologico, l’area di studio non presenta elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, in quanto l’assetto morfologico prevalentemente sub-pianeggiante e la presenza in affioramento di litotipi a comportamento lapideo inibiscono di fatto lo sviluppo di fenomeni erosivi o di dissesto”.

Al § 13.3 “Criticità idrogeologiche”, infine, “si evidenzia la presenza costante di una falda di base all’interno del locale substrato calcareo, posta a quote prossime a quella del livello del mare.....Nell’area è presente una generale e diffusa intrusione del cuneo salino delle acque marine verso l’interno, che determina un marcato incremento della salinità delle acque di falda. In relazione allo sviluppo del tracciato le opere previste non interferiscono in maniera diretta con la falda presente nel locale substrato”.

L’elevata vulnerabilità dell’acquifero, connessa con l’elevata permeabilità dell’ammasso calcareo, anche in mancanza di specifiche criticità, impone, già dalla fase di progettazione, una particolare attenzione nella minimizzazione degli impatti specifici dalla cantierizzazione e fino all’esercizio, soprattutto nelle zone di minore soggiacenza della falda (all’inizio ed alla fine della tratta ed in corrispondenza delle “lame” maggiormente approfondite).

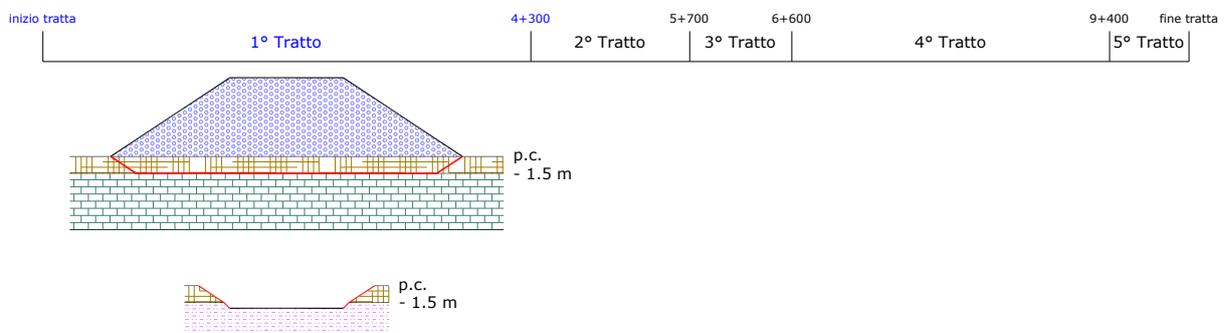
APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	39 DI 44

9. MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

Nel tratto iniziale, e fino alla progressiva km 4+300 circa, il tracciato ferroviario si sviluppa quasi interamente in rilevato, fatta eccezione per alcuni piccoli tratti in trincea alle progr. 1+200, 1+450 e 3+100.

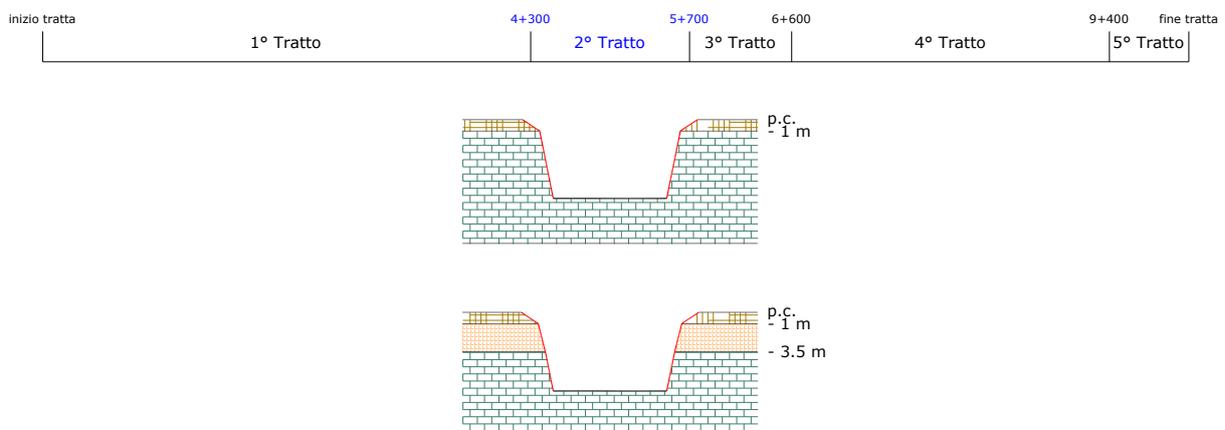
In questo primo tronco si dovrà avere cura di asportare interamente la coltre di terreno vegetale e, frequentemente, di riporto il cui spessore è risultato complessivamente e mediamente pari a 1-1.5 m, senza possibilità di riuso nella realizzazione dei rilevati (trattasi infatti di terreni prevalentemente a grana fine). Le poche sezioni in trincea sopra riportate avranno altezze di scavo al massimo dell'ordine di circa 2 metri interessando quasi esclusivamente i terreni di copertura, ovvero i depositi marini terrazzati presenti tra le progr. 1+000 e 1+500.

Figura 28



Un secondo tratto, fino alla progr. 5+700 circa, si sviluppa interamente in trincea raggiungendo l'altezza di scavo massima di circa 7 m. I terreni di copertura hanno spessori medi dell'ordine di 1 m e ricoprono direttamente la formazione calcarea dei Calcari di Bari (fino alla progr. 5+100 circa), ovvero sono separati da questi ultimi da circa 2-3 m delle Calcareniti di Gravina (fino a fine tratto).

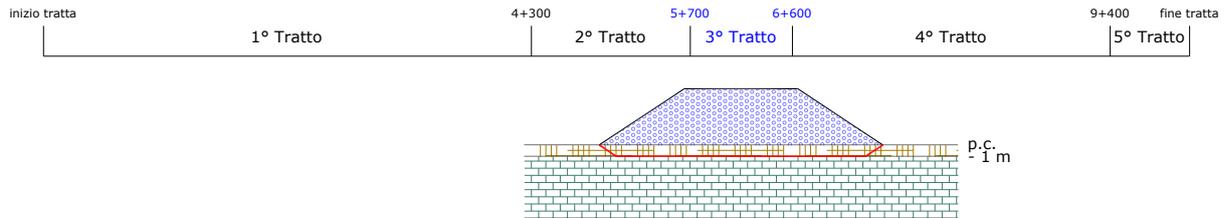
Figura 29



Un terzo tratto, fino alla progr. 6+600 circa, si sviluppa nuovamente in rilevato con altezze massime dell'ordine dei 4-5 metri. Anche in questo caso, si dovrà avere cura di rimuovere interamente la coltre dei sedimenti più superficiali costituiti sia dal terreno vegetale sia dalle porzioni maggiormente alterate e disarticolate del substrato per uno spessore complessivo non inferiore ad 1 metro.

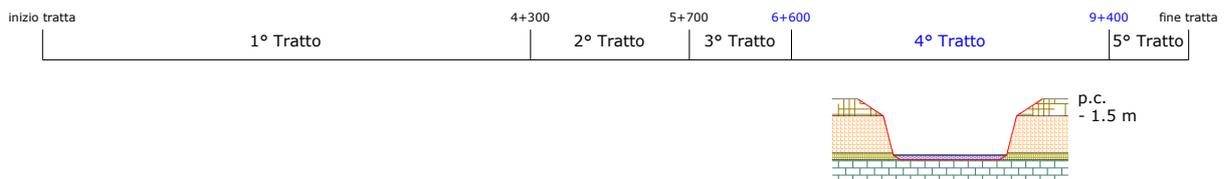
APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI												
PROGETTISTA: Mandataria: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl													
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA3S</td> <td>01</td> <td>E ZZ RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>C</td> <td>40 DI 44</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	40 DI 44
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA3S	01	E ZZ RG	GE0001 001	C	40 DI 44								

Figura 30



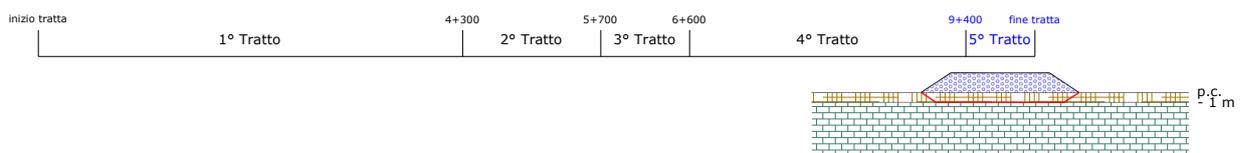
Un quarto tratto, esteso fino alla progr. 9+400 circa, si sviluppa interamente in trincea, fatta eccezione per l'attraversamento in viadotto della Lama San Giorgio (VI05). Le altezze di scavo sono mediamente pari a 4-5 metri (a meno degli ultimi 400-500 del tratto dove sono, invece, pari a circa 1 metro). Le coltri di copertura interessate dagli scavi hanno spessori tecnicamente significativi (1-1.5 m) unicamente nei primi 400-500 metri, mentre a partire dalla progr. 7+100 ca. (in prossimità della galleria artificiale GA04) esse presentano spessore di qualche decimetro ritenuto non significativo nei riguardi della profilatura (b/h) da assegnare alle superfici di scavo. La formazione lapidea interessata dalla realizzazione delle sezioni in trincea è quasi esclusivamente rappresentata dalle Calcareniti di Gravina con talune incertezze connesse proprio con il passaggio stratigrafico ai sottostanti Calcari di Bari che potrebbe risultare assai prossimo alle previste quote di progetto. Tale ultima considerazione, in uno con il fatto che la separazione tra le due litofacies è frequentemente "marcata" dalla interposizione di sedimenti sabbioso-limosi, impone particolare attenzione in fase esecutiva dovendo eventualmente prevedere una ulteriore bonifica del piano di fondazione della linea ferroviaria.

Figura 31



L'ultimo tratto, di sviluppo pari a circa 700 m, risulta leggermente in rilevato ($h=1.5-2.5$ m) fino a raccordarsi alla rete ferroviaria esistente in loc. Torre a Mare. I terreni del substrato sono rappresentati dalla formazione dei Calcari di Bari variamente ricoperti da coltri a grana fine (limoso-argillosa) di terreno vegetale e/o di riporto di spessore metrico.

Figura 32



APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. C	FOGLIO 41 DI 44

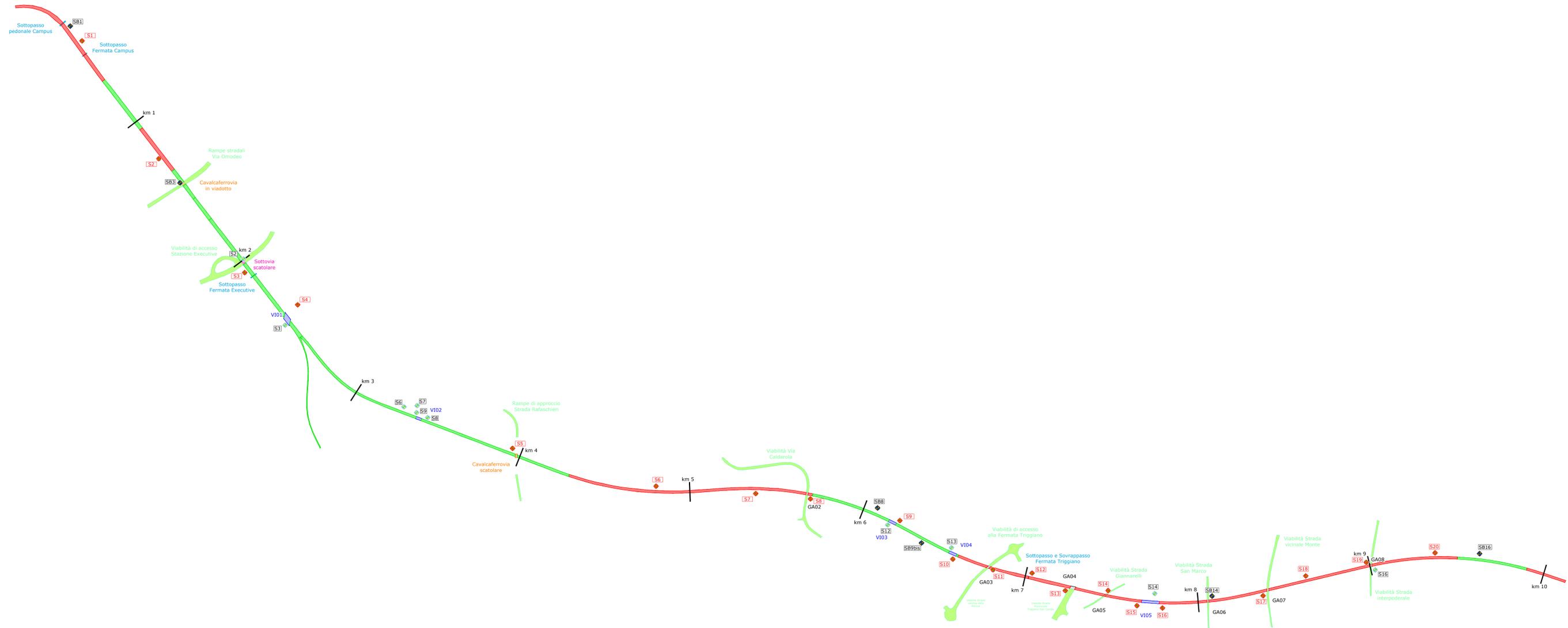
10.ALLEGATO A

Planimetria con ubicazione indagini

BARI

TORRE A MARE

	GALLERIE ARTIFICIALI		SONDAGGI 2014
	PONTI E VIADOTTI		SONDAGGI 2013
	RILEVATI		SONDAGGI 2020
	TRINCEE		
	SOTTOVIA		
	CAVALCAFERROVIA		
	NUOVE VIABILITA' E RAMPE		
	SOTTOPASSI FERMATE		

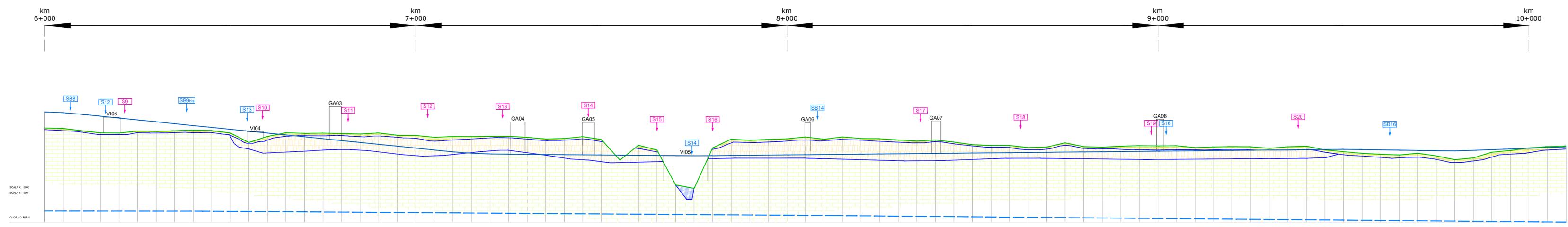
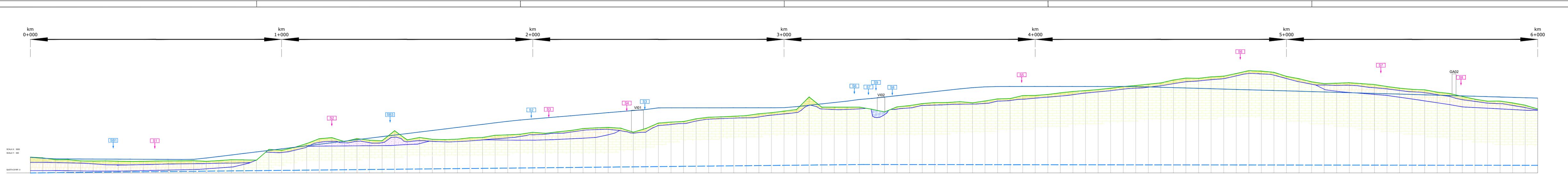


ALLEGATO A:
PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: <u>Mandatario:</u> <u>Mandante:</u> RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. C	FOGLIO 42 DI 44

11.ALLEGATO B

Profilo geolitologico schematico



LEGENDA

	Depositi alluvionali recenti		Calcarenite di Gravina
	Terreni vegetali e/o di riporto		Calcare di Bari
	Depositi marini terrazzati		Superficie piezometrica

LEGENDA

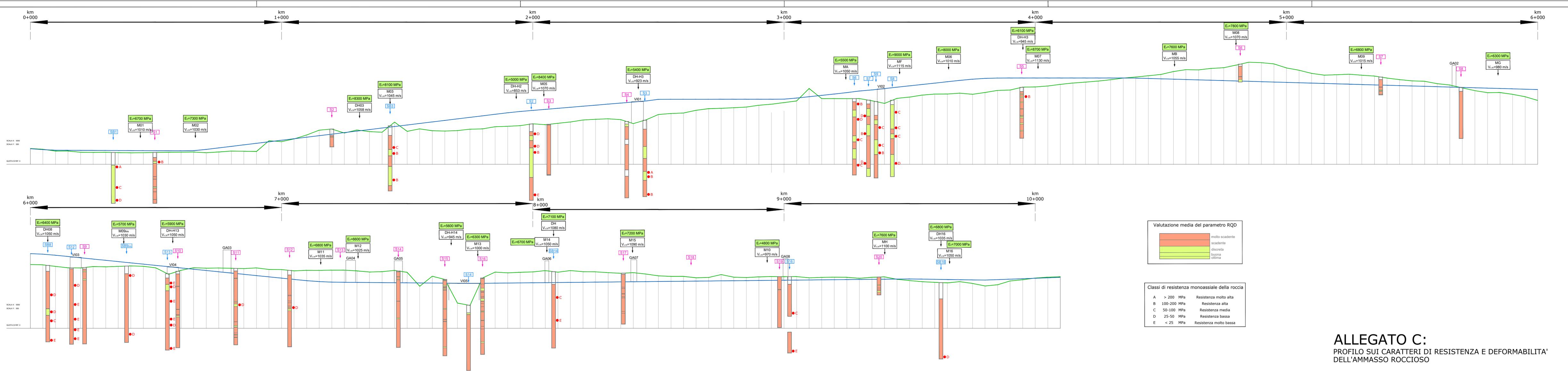
	Indagini disponibili		Indagini di verifica
--	----------------------	--	----------------------

ALLEGATO B:
PROFILO GEOLITOLOGICO SCHEMATICO

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. C	FOGLIO 43 DI 44

12. ALLEGATO C

Profilo sui caratteri di resistenza e deformabilita' dell'ammasso roccioso



ALLEGATO C:
 PROFILO SUI CARATTERI DI RESISTENZA E DEFORMABILITA'
 DELL'AMMASSO ROCCIOSO

APPALTATORE: D'AGOSTINO ANGELO ANTONIO COSTRUZIONI GENERALI s.r.l.	RIASSETTO NODO DI BARI					
PROGETTISTA: Mandatario: Mandante: RPA srl Technital SpA HUB Engineering Scarl	TRATTA A SUD DI BARI – VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
PROGETTO ESECUTIVO: Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	PROGETTO IA3S	LOTTO 01	CODIFICA E ZZ RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. C	FOGLIO 44 DI 44

13.ALLEGATO D

Relazione gologica, geomorfologica ed idrogeologica - Progetto definitivo

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA

PROGETTO DEFINITIVO

RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE

GEOLOGIA ED IDROGEOLOGIA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

SCALA:

-

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

I A 0 D 0 0 D 6 9 R G G E 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorezzato	Data
A	Emissione definitiva	R. BRIGANTI <i>RM</i>		R. BRIGANTI <i>RM</i>		F. GERNONE <i>FG</i>		ITALFERR S.p.A. Dott. Geologo FRANCESCO MARCHESI Resp. UO GEOLOGIA Ordine Geologi Lazio n. 179 SS	

File IA0D 00 D69 RG GE0001 001 0.docx

n. Elab

INDICE

1	PREMESSA	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	4
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
3.1	DOCUMENTI REFERENZIATI.....	4
4	ALLEGATI	5
5	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA	5
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	7
6.1	EVOLUZIONE GEOLOGICA	7
6.2	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE.....	10
6.3	CARATTERISTICHE STRUTTURALI	12
7	ASSETTO GEOLOGICO LOCALE.....	13
7.1	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO.....	13
7.1.1	<i>Calccare di Bari (CBA)</i>	13
7.1.2	<i>Calcarenite di Gravina (GRA)</i>	14
7.1.3	<i>Depositi marini terrazzati (dmt)</i>	14
7.1.4	<i>Depositi alluvionali attuali e recenti (al)</i>	14
7.2	ASSETTO STRUTTURALE	14
8	ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE.....	15
9	ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE	17
9.1	DATI IDROGEOLOGICI DI BASE	17
9.2	POZZI E SORGENTI	18
9.3	COMPLESSI IDROGEOLOGICI	19
9.4	CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO	20
9.5	VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI ALL'INQUINAMENTO.....	23

10	INDAGINI GEOGNOSTICHE	26
11	SISMICITÀ DELL'AREA	31
11.1	SISMICITÀ STORICA	33
11.2	SISMICITÀ ATTUALE	39
11.3	PERICOLOSITÀ SISMICA	41
12	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA	46
12.1	ANALISI DEI DATI	46
12.2	UNITÀ LITOTECNICHE	47
12.2.1	<i>Unità di substrato</i>	47
12.2.2	<i>Unità di copertura</i>	48
13	CRITICITÀ E DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	49
13.1	CRITICITÀ GEOLOGICHE	49
13.2	CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE	50
13.3	CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE	50
13.4	DESCRIZIONE DEI SETTORI D'INTERVENTO	50
13.4.1	<i>Tratto compreso tra il km 0+000 e il km 0+930</i>	51
13.4.2	<i>Tratto compreso tra il km 0+930 e il km 1+445</i>	51
13.4.3	<i>Tratto compreso tra il km 1+445 e il km 2+200</i>	51
13.4.4	<i>Tratto compreso tra il km 2+200 e il km 5+265</i>	52
13.4.5	<i>Tratto compreso tra il km 5+265 e il km 7+535</i>	52
13.4.6	<i>Tratto compreso tra il km 7+535 e il km 10+193</i>	53
14	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	54

	RIASSETTO NODO DI BARI					
	TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA IA00	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 4 di 57

1 PREMESSA

Nell'ambito dell'esecuzione dello studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico per la progettazione definitiva relativa al progetto di "*Riaspetto Nodo di Bari - Tratta Bari Sud-Japigia*", sono stati effettuati i rilievi e gli approfondimenti propedeutici alla redazione degli elaborati di sintesi previsti dal progetto stesso.

Il lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

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

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Le presenti note e gli elaborati cartografici ad esse allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale in cui si collocano gli interventi in progetto e affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico.

Il modello geologico applicativo proposto, in riferimento ad un volume geologico significativo (*sensu* NTC 2008) in cui sia possibile cogliere interrelazioni dinamiche tra la componente geologica *s.l.* e quella antropica, pone particolare attenzione alla caratterizzazione litotecnica dei terreni investigati attraverso una puntuale ricostruzione dell'assetto e delle caratteristiche litotecniche nei settori di territorio interessati dalle opere in progetto.

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

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 Documenti Referenziati

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

1. Progettazione preliminare:
 - IAY1 00 R 69 RG GE0001 001B Relazione geologica ed idrogeologica;
 - IAY1 02 R 69 G3 GE0000 001A Carta della macrozonazione sismica a scala 1:25000
 - IAY1 02 R 69 G4 GE0001 001 D Carta e profilo geologico a scala 1:10000/1000;
 - IAY1 02 R 69 G4 GE0002 002 A Carta di vulnerabilità dell'acquifero a scala 1:10000;

- IAY1 02 R 69 G4 GE0003 001 A Carta geomorfologica a scala 1:10000;
- Stratigrafie dei sondaggi.
- 2. Progettazione definitiva:
 - IA0D 00 D 69 IG GE0005 001 A Indagini geofisiche - Rapporto tecnico;
 - IA0D 00 D 69 SG GE0005 001 A Stratigrafie sondaggi - Prove in foro - Documentazione fotografica;
 - Certificati prove geotecniche di laboratorio.

4 ALLEGATI

- IA0D 00 D69 G5 GE0001 001-2 Carta geologica e profilo geologico a scala 1:5000/500;
- IA0D 00 D69 G5 GE0003 001 Carta geomorfologica a scala 1:5.000;
- IA0D 00 D69 G5 GE0002 001-2 Carta dei complessi idrogeologici e profilo idrogeologico a scala 1:5000/500.

5 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area di studio si colloca nella porzione centrale della Regione Puglia, in corrispondenza della variante Bari Sud – Bari Torre a Mare. Tale variante è relativa al tracciato ferroviario della linea complementare che congiunge Bari a Brindisi e si sviluppa, in direzione all'incirca NW-SE, per una lunghezza di circa 10.2 km. Il tracciato di progetto interessa, in particolare, il territorio dei comuni di Bari, Noicattaro e Triggiano.

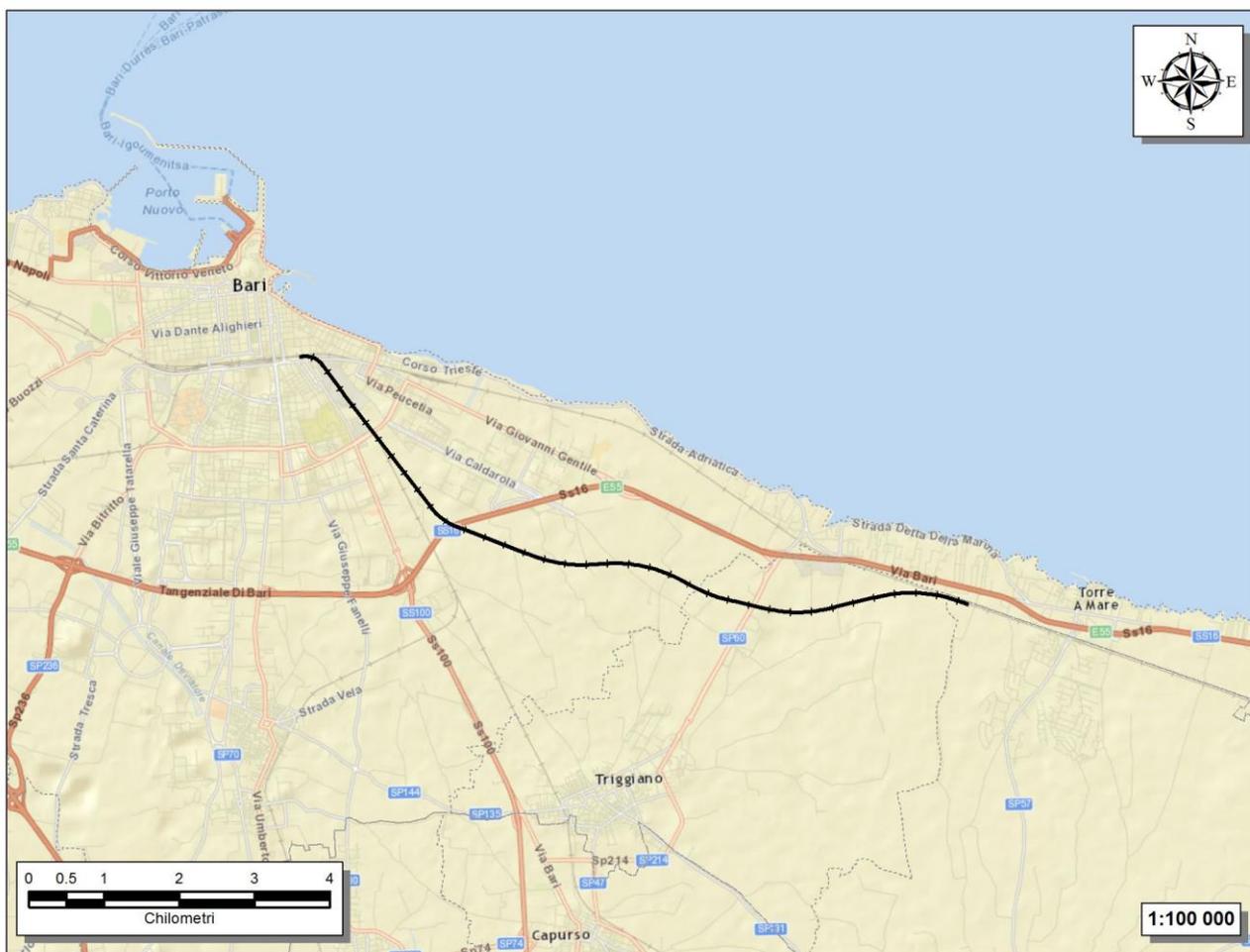


Figura 1 – Corografia in scala 1:100000 dell’area di stretto interesse progettuale, con individuazione del tracciato ferroviario di progetto (in nero).

Con riferimento alla Carta Topografica d’Italia edita dall’Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l’area oggetto di studi è individuabile all’interno dei Fogli 177 “Bari” e 178 “Mola di Bari” in scala 1:100000, nelle Tavole 177 II NE “Bari” e 178 III SW “Rutigliano” in scala 1:25000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Puglia, negli elementi 438072, 438083, 438111, 438124 e 438121 in scala 1:5000.

Dal punto di vista orografico l’area di studio impegna settori di territorio posti a quote mediamente comprese tra i 4 ed i 40 m circa s.l.m.. Dal punto di vista morfologico, l’area di studio si colloca ai margini settentrionali della subregione delle Murge, un territorio molto esteso caratterizzato da un altopiano carsico che interessa le provincie di Bari, Brindisi, Taranto e Matera.

I principali elementi idrografici dell’area sono rappresentati da alcuni corsi d’acqua a carattere essenzialmente effimero o stagionale, come il Torrente Valenzano e il Torrente Lama. Tali elementi incidono debolmente il substrato calcareo carbonatico dell’area e, in particolare, intersecano il tracciato ferroviario di progetto in diversi punti.

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Dal punto di vista strutturale, il settore di intervento si colloca in corrispondenza dei settori più esterni dell'altopiano murgiano, uno dei più estesi blocchi emersi della Piattaforma carbonatica Apula. Si tratta di un'importante settore di avampaese caratterizzato da una spessa crosta continentale con importanti coperture sedimentarie paleozoiche e mesozoiche, a loro volta ricoperte da depositi cenozoici di limitato spessore.

6.1 Evoluzione geologica

Il territorio pugliese costituisce il più esteso tratto affiorante dell'Avampaese Appenninico-Dinarico. Nel Paleozoico superiore questo territorio rappresentava la porzione settentrionale del Paleocontinente Africano (Placca Adriatica) che per tutto il Mesozoico è stato interessato da un lento sprofondamento. Proprio durante questo periodo, infatti, tale area subì una progressiva sommersione controllata da una tettonica a grande scala connessa con l'apertura dell'Oceano Atlantico e la contemporanea neoformazione del Bacino Ligure-Piemontese.

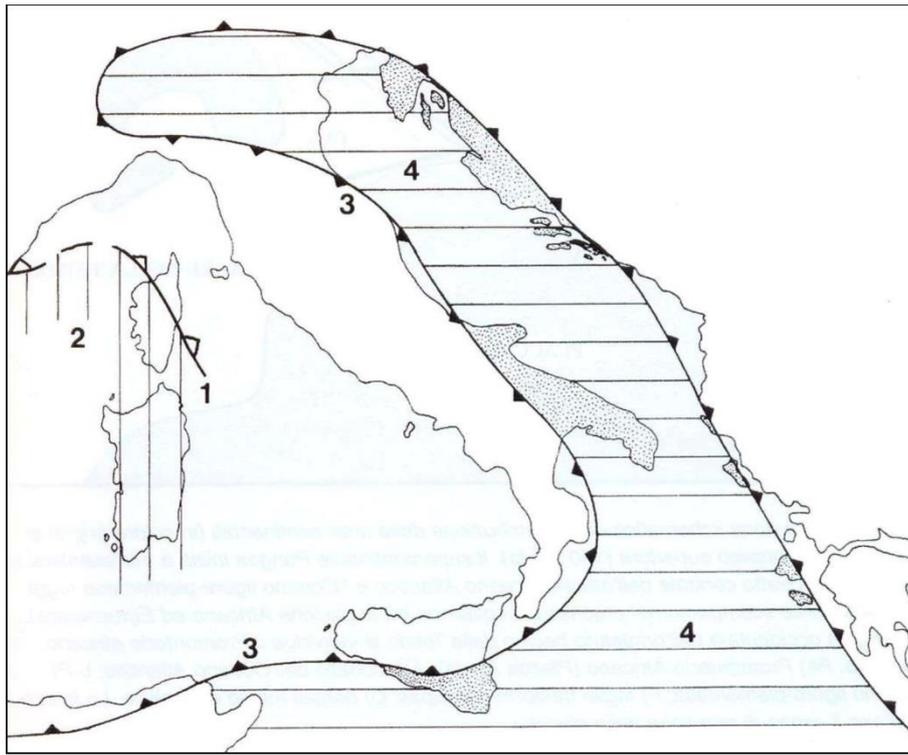


Figura 2 – Schema strutturale dei rapporti tra i domini di avampaese e di catena nell'area del Mediterraneo centrale (da Ricchetti et al. 1998, modificato): 1) fronte di sovrascorrimento della Catena Alpina; 2) Avampaese Europeo (rigato verticale); 3) fronte di sovrascorrimento della Catena Appenninico-Maghrebide e Dinarico-Ellelica; 4) Avampaese Padano-Adriatico-Ionico: emerso (puntinato) e sommerso (rigato orizzontale).

Dal Paleozoico superiore al Triassico medio il margine settentrionale del Paleocontinente Africano si presentava come un'ampia piana alluvionale percorsa da numerosi corsi d'acqua meandriformi, che depositavano materiali detritici continentali (spessore oltre 1000 m) sul basamento cristallino paleozoico. Nel Triassico superiore un incremento della velocità di abbassamento porta ad un progressivo avanzamento del mare e alla formazione di una piana tidale con lagune e stagni costieri, soggetta a ripetute variazioni del livello marino. La

coltre detritica continentale viene progressivamente coperta da depositi salini evaporitici e da sedimenti carbonatici (calcari e dolomie) di colore nerastro per la presenza di abbondante sostanza organica.

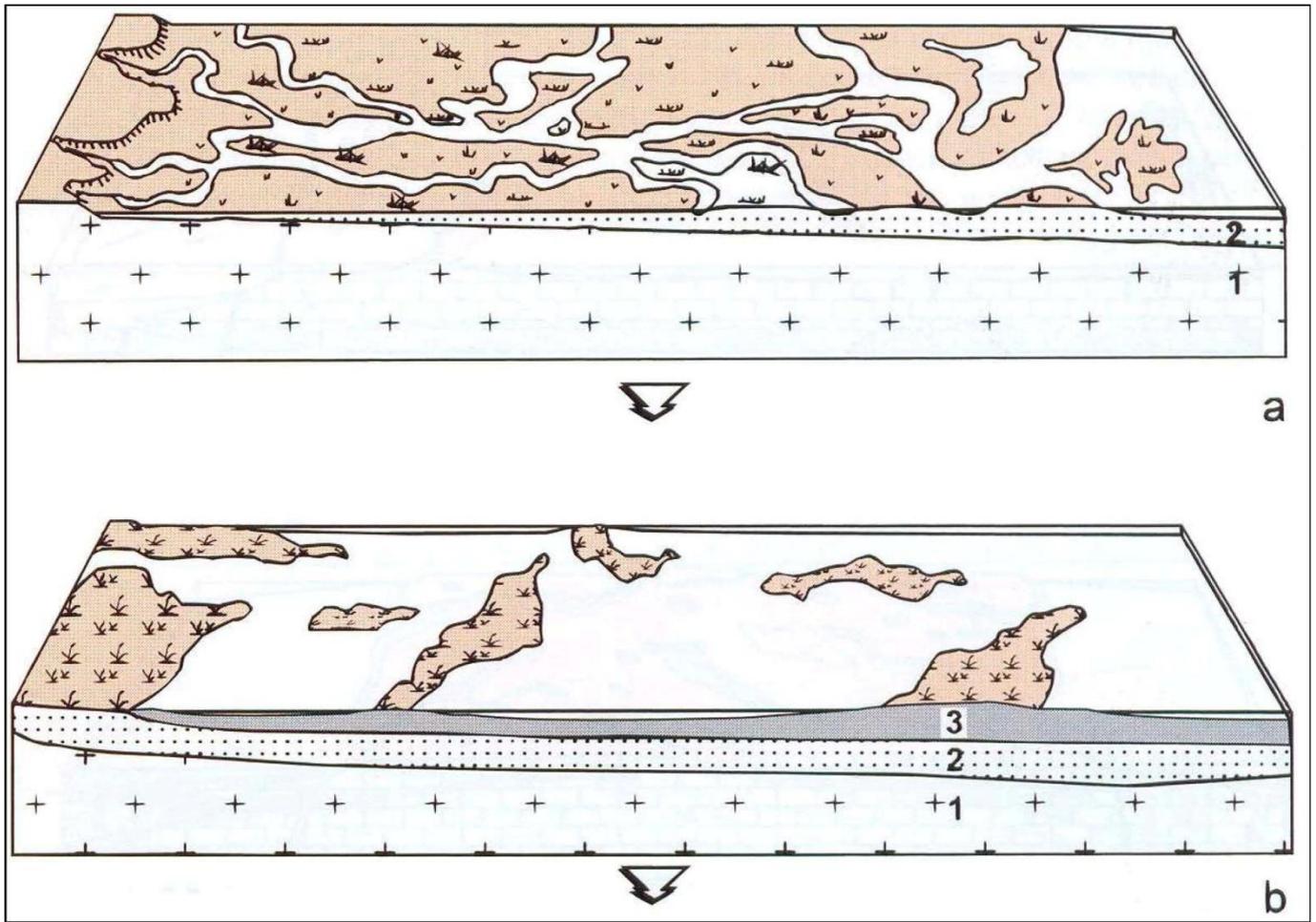


Figura 3 – Rappresentazione schematica dell’evoluzione geologica e geografica del margine settentrionale del Paleocontinente Africano (promontorio africano) tra il Paleozoico superiore e il Mesozoico inferiore.

Il progressivo approfondimento del margine africano porta alla formazione, nel Giurassico – Cretaceo, di un mare tropicale con acque poco profonde. I depositi evaporitici triassici vengono soppiantati da una sedimentazione di piattaforma carbonatica epicontinentale (Piattaforma carbonatica Apula). In un arco di tempo compreso tra il Cretaceo superiore ed il Paleogene, il processo di subsidenza del promontorio africano viene interrotto a causa dell’innesco di movimenti convergenti tra la placca africana e quella eurasiatica. Tale cinematiso conduce alla progressiva chiusura del mare della Tetide e del Bacino Ligure-Piemontese, nonché alla progressiva evoluzione della emergente Catena Appenninico–Dinarica.

La diretta conseguenza di tali fasi convergenti si concretizza in un ampio inarcamento della Piattaforma carbonatica Apula, con conseguente emersione e progressiva configurazione degli attuali lineamenti del territorio pugliese. Quest’ultima avviene attraverso una modellazione derivante da carsismo di tipo subtropicale, mentre la sedimentazione carbonatica di piattaforma continuava a svilupparsi in maniera discontinua durante il Paleogene lungo i margini sommersi.

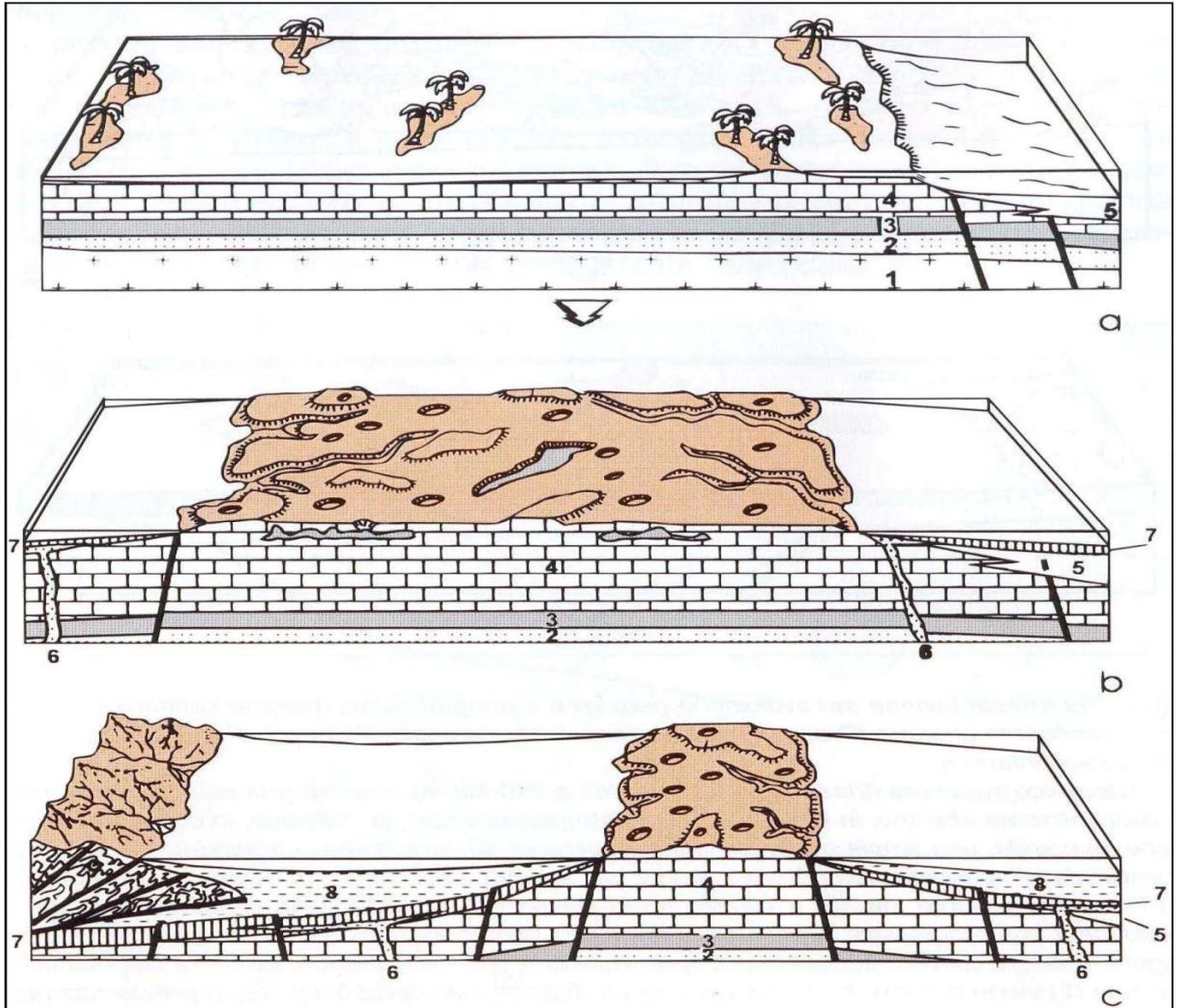


Figura 4 - Rappresentazione schematica dell'evoluzione geologica e geografica dell'attuale territorio pugliese dal Mesozoico al Neozoico.

Gli ulteriori effetti deformativi legati all'evoluzione del sistema appenninico-dinarico si sviluppano durante la recente storia geologica della regione, quando il settore pugliese assume il ruolo di avampaese bordato da avanfosse. Nel Pliocene – Pleistocene inferiore il progressivo avanzamento dell'edificio tettonico appenninico-dinarico porta all'inflessione e subduzione degli opposti margini dell'Avampaese Apulo, con il conseguente rialzo del settore mediano che assume, quindi, l'assetto morfostrutturale di pilastro tettonico (*horst*).

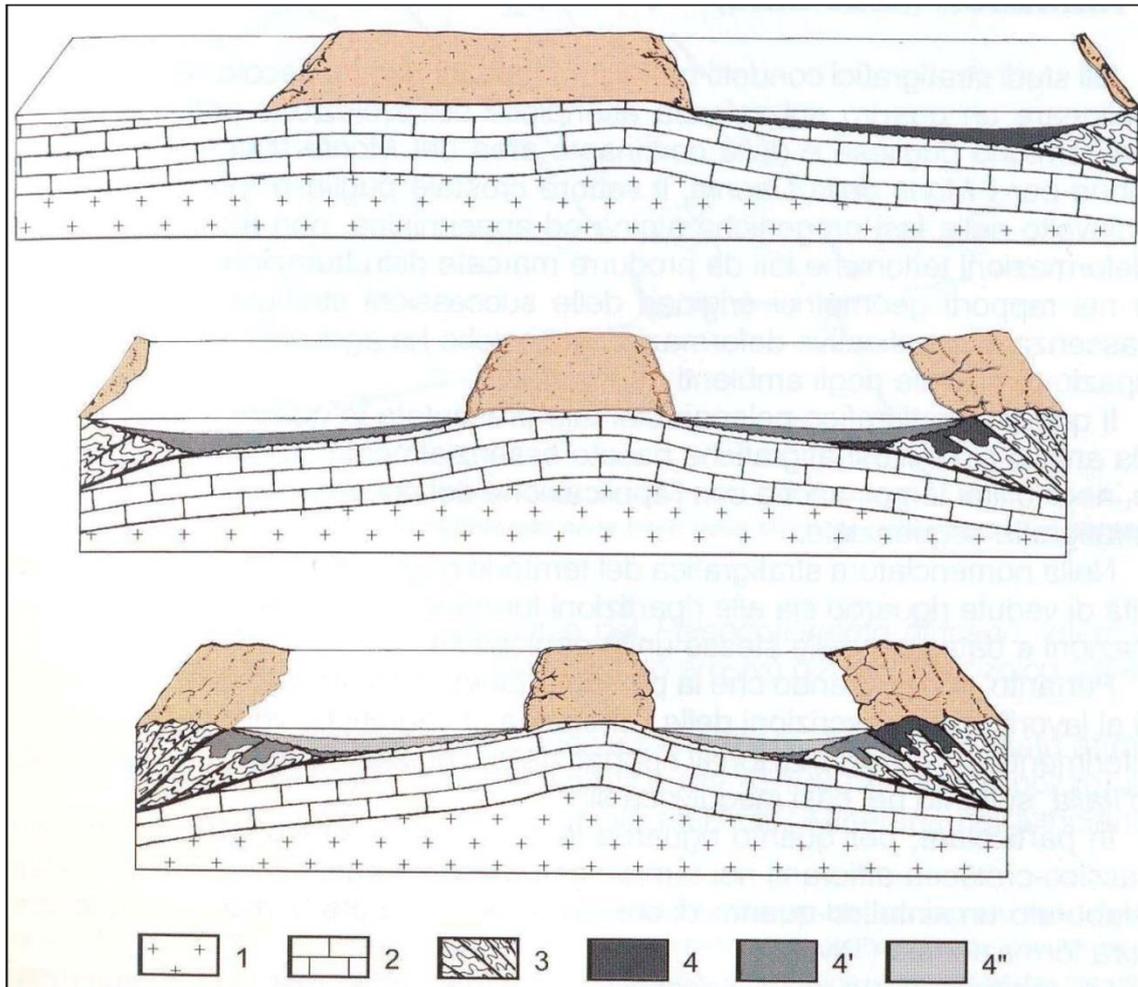


Figura 5 - Schema evolutivo dell'avanzamento convergente della Catena Appenninica (a sinistra) e di quella Dinarica (a destra) sulla Placca Apula, con concomitante migrazione delle relative avanfosse e progressivo inarcamento dell'Avampaese Apulo.

Infine, l'ultima fase dell'evoluzione geodinamica del territorio pugliese, ha inizio con la fine del Pleistocene inferiore. Tale fase risulta tuttora in atto ed è contrassegnata da un discontinuo e non uniforme sollevamento dell'intero sistema catena-avanfossa-avampaese, con un progressivo ritiro del mare verso l'attuale linea di costa testimoniato dall'evidente modellamento a terrazzi dei versanti costieri del territorio pugliese.

6.2 Caratteristiche stratigrafiche

Di seguito si descrivono le unità litostratigrafiche individuate nell'area oggetto di studio, essenzialmente riconducibili al Gruppo dei Calcari delle Murge (formazioni marine del Cretaceo) e al Complesso Calcareo-Detritico Trasgressivo (formazioni marine del Pliocene-Quaternario). Solo localmente si rinvengono depositi di limitato spessore riferibili alle Successioni continentali di genesi prevalentemente alluvionale.

- **Gruppo dei calcari delle Murge:** costituisce l'intera sequenza carbonatica cretacea presente nell'area murgiana. Si tratta di un potente complesso sedimentario costituito dal Calcare di Bari e dalla sovrastante

formazione del Calcarea di Altamura. Nell'area oggetto di studio affiora unicamente la sequenza sedimentaria del Calcari di Bari.

- **Calcarea di Bari** (*Albiano inferiore p.p. – Cenomaniano superiore*): è costituito da una potente successione di strati e banchi di calcari, calcari dolomitici e dolomie. I calcari sono frequentemente di tipo detritico. A luoghi si rinvencono micriti a grana fine, biancastre o più raramente grigie chiare, giallastre o rosate, con abbondanti microfaune. A varie altezze sono osservabili livelli di calcari biostromali con rudiste e gasteropodi, che costituiscono dei precisi livelli guida. Le dolomie, generalmente in banchi, sono di solito grigiastre e sub-saccaroidi. Dolomie e calcari dolomitici ricorrono in particolare nei tratti inferiore e medio, dove si osservano anche letti discontinui di breccie calcarea-dolomitiche. Nella parte superiore i calcari detritici assumono un caratteristico aspetto a lastre, dette “chiancherelle”. Per loro natura le rocce carbonatiche sono soggette, seppure in maniera selettiva e relativa al loro chimismo, al fenomeno carsico. Tale fenomeno si manifesta ampiamente sul territorio murgiano, con forme sia ipogee (cavità) che superficiali (doline, inghiottitoi). L'esistenza di cavità nel sottosuolo, riempite o meno da terre rosse che rappresentano i prodotti residuali insolubili del carsismo, non è, in genere, accompagnata da evidenze morfologiche superficiali. La loro presenza trae origine dalla progressiva dissoluzione di rocce carbonatiche sia a partire da soluzioni di continuità determinate dalla risposta fragile della compagine calcarea a seguito di eventi tettonici, sia a partire dai semplici giunti di strato, determinando alla fine un complesso sistema di canalizzazioni ipogee. Il Calcarea di Bari corrisponde ad una sequenza dello spessore di circa 2000 metri.
- **Complesso Calcarea-Detritico Trasgressivo:** è rappresentato dai terreni essenzialmente marini presenti in copertura sul substrato carbonatico mesozoico. Questo complesso comprende, nell'area oggetto di studio, la formazione delle Calcareniti di Gravina e i Depositi marini terrazzati.
- **Calcarenite di Gravina** (*Gelasiano? – Calabriano*): rappresenta la sequenza posta stratigraficamente al di sopra dei calcari cretacei, con un contatto corrispondente ad una netta superficie di erosione marina. Risulta generalmente costituita da biocalcareniti e biocalciruditi di colore giallastro, massicce o con stratificazione poco evidente, con buon grado di cementazione. Nel territorio in esame la potenza è stimabile in misura inferiore ai 10 m, anche se altrove i massimi spessori in affioramento possono raggiungere gli 80 m.
 - **Depositi marini terrazzati** (*Pleistocene medio – Pleistocene superiore*): costituiscono la sequenza sedimentaria superiore del Complesso Trasgressivo e sono formati da depositi di spiaggia di natura essenzialmente carbonatico-terrigena. Si tratta, infatti, di orizzonti sabbiosi e argilloso-limosi di colore generalmente giallastro o rossastro, con un grado di cementazione generalmente scadente. Lo spessore di questa unità stratigrafica è valutato mediamente intorno ai 5 metri.
- **Successioni continentali:** sono costituite da sedimenti di genesi prevalentemente alluvionale, posti a copertura di tutte le unità geologiche più antiche.
- **Depositi alluvionali attuali e recenti** (*Pleistocene superiore – Olocene*): tali depositi si rinvencono essenzialmente in corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area, a regime essenzialmente stagionale o effimero. Dal punto di vista litologico si presentano piuttosto eterogenei, con uno scheletro ciottoloso-ghiaioso poco evoluto, eterometrico e di natura prevalentemente calcarea, immerso in una matrice sabbiosa o limoso-argillosa di colore rossastro, costituita dai prodotti residuali dell'alterazione dei calcari.

6.3 Caratteristiche strutturali

L'assetto tettonico che caratterizza l'area di studio, e più in generale il territorio pugliese, è il risultato dei movimenti convergenti che hanno interessato tale regione a partire dal Cretaceo superiore e che hanno portato alla formazione della Catena Appenninica ad Ovest e della Catena Dinarica ad Est. Attualmente nel territorio pugliese si riconoscono tre distinti domini strutturali del sistema geodinamico compressivo, nell'ambito costruttivo delle catene appenninica e dinarica. Tali domini, delimitati da nette discontinuità, si susseguono progressivamente a dal confine Nord-occidentale della regione verso la costa adriatica nel seguente ordine:

- Tratto frontale della Catena Appenninica corrugata, corrispondente ai Monti della Daunia,
- Area di Avanfossa Appenninica, corrispondente alla Fossa Bradanica e al Tavoliere delle Puglie,
- Dominio dell'Avampaese Apulo, corrispondente ai rilievi del Promontorio del Gargano, delle Murge e delle Serre Salentine.

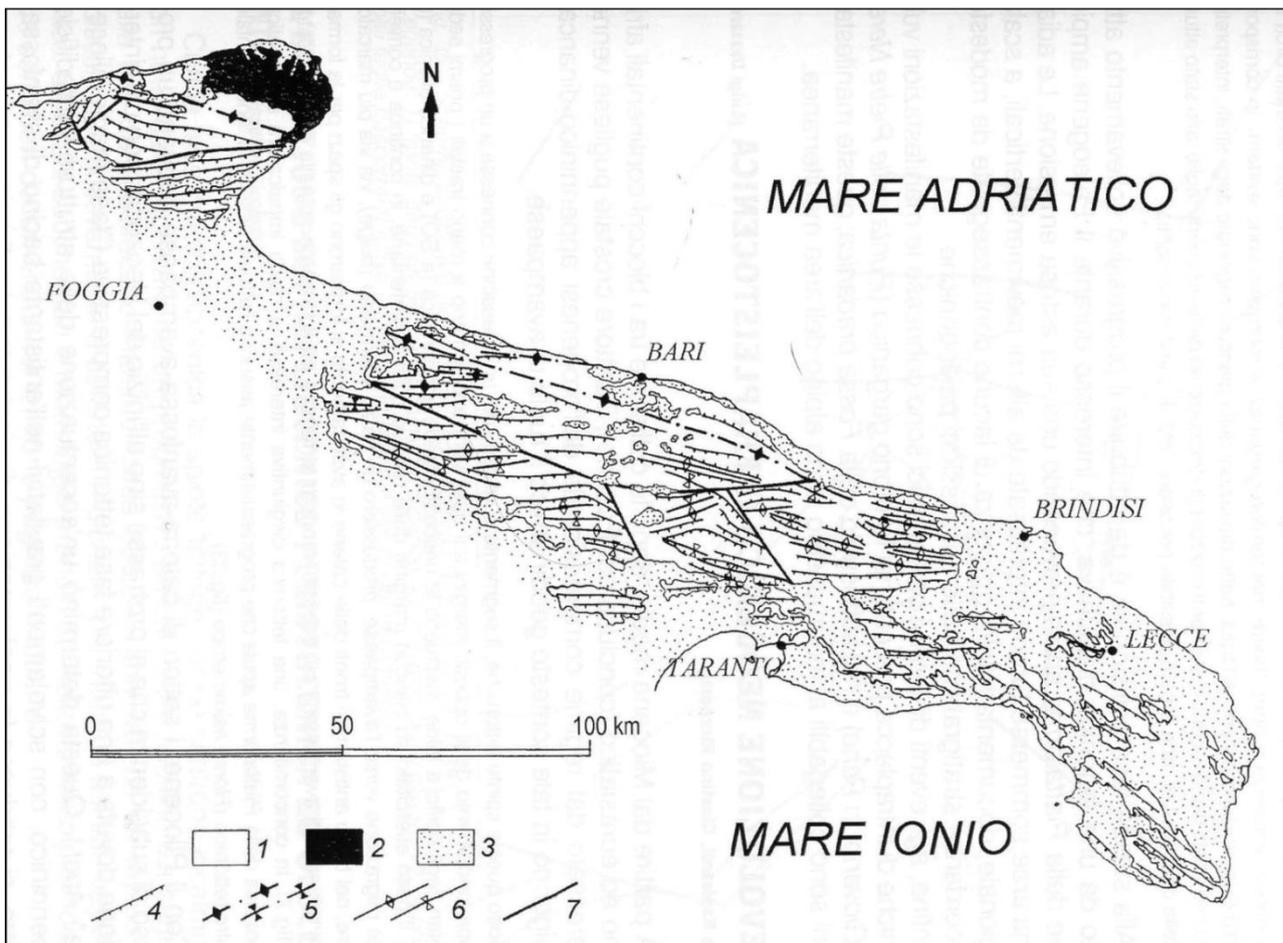


Figura 6 – Schema tettonico dell'Avampaese Apulo (Ricchetti et al. 1988, modificato): 1) formazioni carbonatiche di laguna e di margine della Piattaforma Apula (Giurassico superiore – Cretaceo); 2) formazioni di pendio e di bacino della Piattaforma Apula (Giurassico superiore - Cretaceo); 3) coperture sedimentarie post – cretacee; 4) giaciture regionali degli strati; 5) assi di piega (fasi tettoniche tardo cretaceo – paleogeniche); 6) assi di piega recenti; 7) principali allineamenti di faglia.

	RIASSETTO NODO DI BARI					
	TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA IA0D	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 13 di 57

L'area delle Murge, in particolare, fa parte del dominio dell'Avampaese Apulo. Gli eventi tettonici compressivi succedutisi nel tempo hanno determinato in questa zona la formazione di blande pieghe che interessano le successioni carbonatiche di età essenzialmente cretacea. Si tratta di pieghe di tipo anticlinalico e sinclinalico, con assi orientati circa E-W, ma anche NW-SE o WNW-ESE e debole vergenza a Nord. Le pieghe presentano a tratti sensibili distorsioni e sono attraversate da numerose faglie. Tali faglie possono essere individuate solo indirettamente in corrispondenza di brusche variazioni dell'assetto degli strati o mediante analisi fotogrammetrica.

7 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

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

7.1 Assetto litostratigrafico

Le analisi effettuate ed i rilievi di campo condotti hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a successioni marine meso-cenozoiche che a depositi 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.

Nei settori di stretto interesse progettuale, quindi, sono state individuate e perimetrare quattro unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico. Si sottolinea, che seguendo i criteri definiti dal Servizio Geologico, le successioni sono state suddivise utilizzando unità stratigrafiche convenzionali.

7.1.1 *Calcarea di Bari (CBA)*

Questa successione è riferibile alle Unità della Piattaforma carbonatica Apula e affiora estesamente nei settori centrali e orientali dell'area di studio. È formata da calcari grigio chiaro e bianchi in strati di spessore decimetrico e metrico (a tessitura prevalentemente fango-sostenuta e subordinatamente granulo-sostenuta) con frequenti intercalazioni di calcari dolomitici e di dolomie grigie. Si riconoscono foraminiferi bentonici e lamellibranchi (rudiste) interi o in frammenti. Sono presenti locali vuoti e/o cavità carsiche con diametro massimo di 1m e sacche di terre rosse con spessore a luoghi superiore a 10m circa.

I fenomeni carsici all'interno di questa unità sono particolarmente diffusi, anche se spesso difficilmente riconoscibili in superficie. Tali fenomeni sono spesso connessi alla presenza di fratture e discontinuità all'interno della successione carbonatica. Le cavità ipogee sono generalmente riempite da terre rosse e prodotti residuali, anche se non mancano cavità e vuoti di minori dimensioni privi di riempimento.

Le terre rosse sono generalmente costituite da sabbie e limi debolmente argillosi di colore rossastro, con ghiaie e blocchi calcarei eterometrici, da angolosi a sub-arrotondati. Localmente si rinvencono, inoltre, passaggi di limi argilloso-sabbiosi di colore rossastro e ghiaie calcaree fortemente eterometriche con abbondante matrice argilloso-limosa e limoso-sabbiosa nocciola.

L'ambiente di sedimentazione è di piattaforma interna, mentre i limiti inferiore e superiore non sono affioranti. Rappresenta il substrato su cui poggiano in discordanza tutte le unità più recenti e presenta uno spessore affiorante di circa 150 m. L'età è Albiano inferiore p.p. – Cenomaniano superiore.

	RIASSETTO NODO DI BARI					
	TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA IA0D	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 14 di 57

7.1.2 *Calcarenite di Gravina (GRA)*

La formazione in questione è riferibile alle Unità della Fossa Bradanica e affiora, con discreta continuità, nei settori meridionali, orientali e Nord-occidentali della zona di intervento. Si tratta di calcareniti e calciruditi contenenti lamellibranchi, gasteropodi, anellidi, echinidi, alghe rosse, foraminiferi bentonici e più raramente foraminiferi planctonici. Localmente, alla base, si osservano limi e sabbie limose di colore rossastro e calcisiltiti poco cementate.

L'ambiente di sedimentazione è di piattaforma ma alla base, localmente, è di piana alluvionale passante a laguna salmastra. Il limite inferiore è inconforme sul Calcare di Bari. L'unità presenta uno spessore massimo di circa 20 m ed è riferibile al periodo Gelasiano? – Calabriano.

7.1.3 *Depositi marini terrazzati (dmt)*

Tali depositi si rinvencono, in lembi di limitata estensione, nei settori Nord-occidentali e Sud-occidentali della zona di studio. Si tratta di un complesso di depositi di spiaggia e di laguna, riferibili ad alcune unità litostratigrafiche terrazzate in vari ordini collegate a distinte fasi eustatico-tettoniche.

In corrispondenza della costa attuale, sono formati da calcareniti ben cementate e molto porose, con laminazione obliqua a vario angolo e spessore massimo di qualche metro circa, relative ad un ambiente di sedimentazione di spiaggia emersa. Altrove si rinvencono limi laminati fossiliferi con intercalati straterelli di calcare nodulare con fossili, passanti verso l'alto a sabbie ben classate con granuli arrotondati e prive di matrice, riferibili ad un ambiente di sedimentazione variabile da retrospiaggia ad avanspiaggia. Localmente, infine, sono presenti limi e sabbie fini con ciottoli calcarenitici alla base, alternati a straterelli di calcari micritici che nella parte alta diventano più frequenti e ricchi in bioclasti, relativi ad un ambiente di sedimentazione variabile da laguna a piattaforma.

Il limite inferiore della successione è ovunque inconforme sul Calcare di Bari e /o sulla Calcarenite di Gravina. L'unità presenta uno spessore massimo di circa 6 m ed è riferibile all'intervallo Pleistocene medio – Pleistocene superiore.

7.1.4 *Depositi alluvionali attuali e recenti (al)*

La presente unità, di genesi chiaramente fluviale, si rinviene in lembi di limitata estensione lungo i fondovalle dei principali corsi d'acqua dell'area. Si tratta di ghiaie composte da ciottoli calcarei in matrice limoso-argillosa, più o meno abbondante, di colore bruno-rossastro.

Tali depositi poggiano con contatto erosivo discordante su tutte le unità geologiche più antiche. Lo spessore massimo è di circa 10 m nelle zone più prossime al mare mentre l'età è Pleistocene superiore – Olocene.

7.2 **Assetto strutturale**

Dal punto di vista strutturale, l'area di intervento presenta un assetto piuttosto regolare ed omogeneo, essenzialmente connesso con la tettonica compressiva ed estensionale che ha interessato tutta l'area dell'Avampese Apulo a partire dal Mesozoico. In particolare, l'area delle Murge si presenta come una estesa struttura monoclinale, blandamente immergente verso i quadranti meridionali e localmente complicata da strutture disgiuntive e plicative.

Relativamente ai settori di intervento i litotipi del Calcarea di Bari presentano un assetto giaciturale piuttosto regolare, caratterizzato da diverse strutture plicative ad ampio raggio ad asse circa WNW-ESE. E queste si aggiunge una estesa faglia diretta ad alto angolo, a direzione circa NW-SE, che ribassa i settori Nord-orientali rispetto a quelli Sud-occidentali.

I termini litologici della Calcarenite di Gravina, invece, sono contraddistinti da un assetto giaciturale tabulare o blandamente immergente verso la costa adriatica. I suddetti terreni non presentano strutture plicative degne di nota e, generalmente, tendono a suturare le principali faglie dirette che interessano localmente i litotipi del Calcarea di Bari.

8 ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE

Nel territorio pugliese esiste una evidente correlazione tra le forme primarie del rilievo e i fondamentali assetti tettonici che contraddistinguono i domini di catena, avanfossa e avampaese. In particolare, il tracciato ferroviario in progetto si sviluppa su una porzione di territorio pressoché tabulare o al più blandamente degradante verso il Mare Adriatico. Il tracciato in progetto, dopo aver abbandonato la città di Bari in direzione SSE, interessa un'area sub-urbana posta tra lo stesso capoluogo ed il territorio del comune di Triggiano, raggiungendo una quota massima di circa 40 m s.l.m..

L'area oggetto di studio si colloca, quindi, tra la fascia costiera ed il primo dei gradini costituenti l'altopiano delle Murge, che si presenta come una vasta gradinata tettonica costituita da una serie di ripiani posti a quote via via decrescenti verso il mare. Si tratta di terrazzi marini, allungati parallelamente alla costa in direzione NW-SE e leggermente degradanti verso NE, che si raccordano tramite scarpate che spesso si presentano nette e ben riconoscibili.

Sia lungo i ripiani che in corrispondenza delle scarpate dei terrazzi si osservano i segni del ruscellamento superficiale, che li ha modellati con solchi carsico-erosivi talora profondi e di apprezzabile ampiezza, localmente denominati "lame". Tali incisioni, il cui fondo è costituito da materiale alluvionale recente, in occasione di periodi particolarmente piovosi possono convogliare ingenti quantitativi d'acqua. Tali elementi si attestano in corrispondenza di lineazioni tettoniche ben definite, con evidenti deviazioni del reticolo idrografico, e rappresentano l'attuale prodotto evolutivo del sistema idrologico controllato essenzialmente da agenti litologici, tettonici e paleoclimatici.

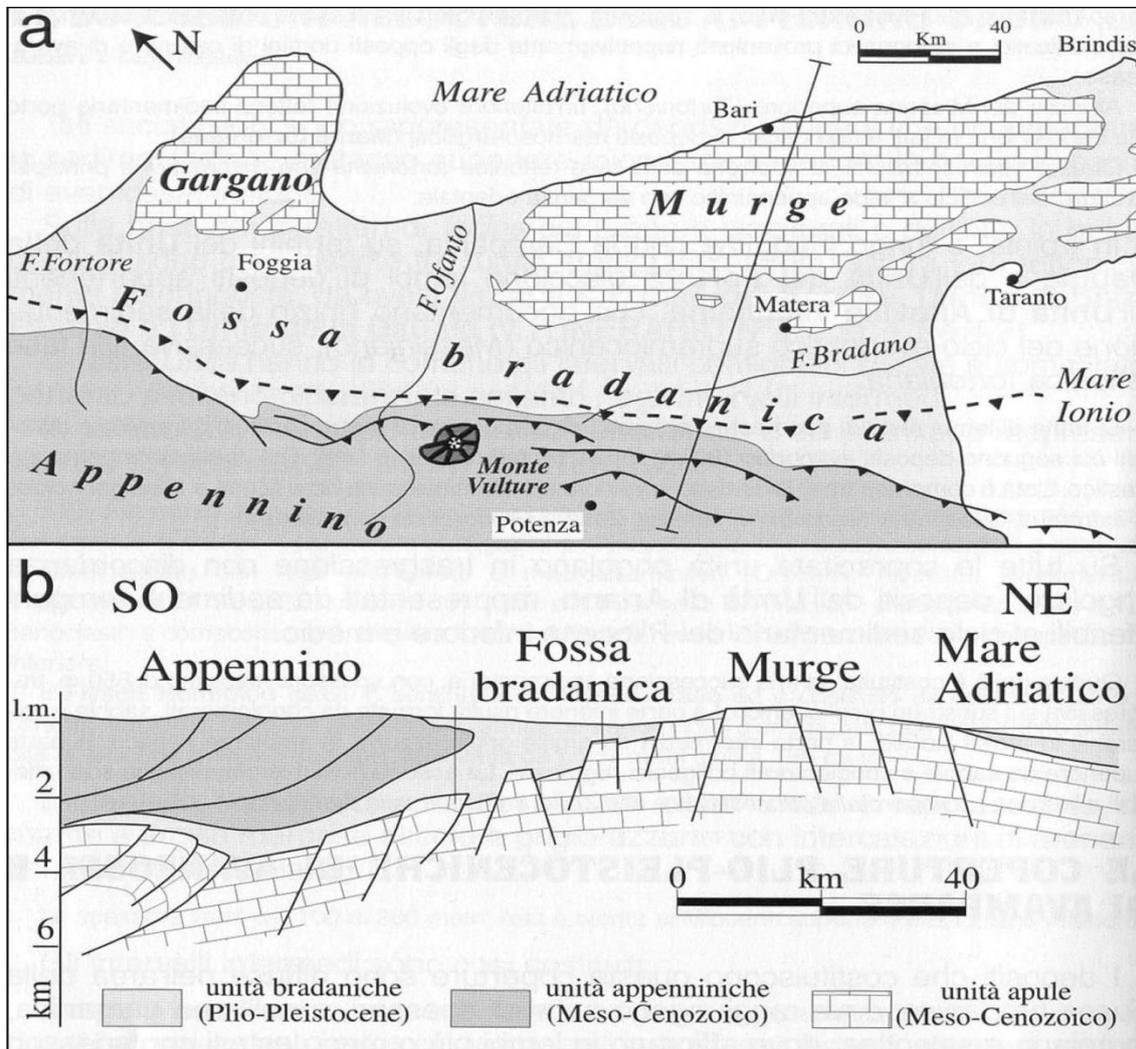


Figura 7 – Assetto geologico e morfologico della regione pugliese e del territorio murgiano.

Il territorio della città di Bari, sia in corrispondenza del versante settentrionale che di quello meridionale, risulta interessato dalla presenza di un ragguardevole numero di lame, alcune delle quali caratterizzate da aste fluviali ben individuabili e con bacino imbrifero di significativa estensione. Tuttavia lo sviluppo urbano ha sicuramente modificato l'assetto morfologico dell'area, obliterando buona parte dei percorsi di deflusso e determinando diversi eventi alluvionali che, all'inizio del secolo scorso, spinsero all'adozione di un sistema di regolazione idrologica costituito da una rete di canali scolmatori.

In generale, le rocce carbonatiche del substrato sono soggette, per loro natura, a fenomeni carsici prevalentemente ipogei. Come detto in precedenza, tali fenomeni sono generalmente difficilmente riconoscibili in superficie e sono associati, essenzialmente, a fratture e discontinuità tettoniche presenti all'interno della successione carbonatica. Le cavità ipogee sono generalmente riempite da terre rosse e prodotti residuali insolubili del fenomeno carsico, anche se non mancano cavità e vuoti di minori dimensioni privi di riempimento.

Le "terre rosse" o "terreni residuali" rappresentano una caratteristica peculiare dell'assetto geologico e litostratigrafico di tutta l'area murgiana. I suddetti terreni sono costituiti, principalmente, da residui insolubili di

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	RIASSETTO NODO DI BARI					
	TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA IA0D	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 17 di 57

rocce carbonatiche, come l'ossido di ferro e quello di alluminio, che conferiscono al terreno un colore marrone-ruggine. A seguito dell'azione dilavante dell'acqua di ruscellamento la terra rossa si accumula nelle zone topograficamente depresse e penetra nel sistema carsico ipogeo.

A tal proposito nel corso del presente studio è stato condotto un approfondimento per la verifica, attraverso le fonti bibliografiche e scientifiche disponibili, circa la presenza di cavità note nel settore di stretto interesse progettuale. In particolare sono stati consultati i dati relativi al progetto "Database Nazionale Sinkhole" realizzato dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Ricerca e Protezione dell'Ambiente) e le informazioni della banca dati relative al censimento delle cavità 2011 nella regione Puglia, eseguito nell'ambito del Progetto PO FESR Puglia 2007/2013 - Linea 4.4 - Azione 4.4.1 – Attività E.- "Catasto delle grotte e delle cavità artificiali" - Progetto per l'attuazione della Legge Regionale del 4 dicembre 2009, n. 33 "Tutela e valorizzazione del Patrimonio Speleologico" (<http://www.catasto.fspuglia.it/df/il-progetto.php>).

Il progetto condotto dall'ISPRA non segnala alcun elemento di criticità in relazione alla eventuale presenza di sinkhole nell'area di studio, mentre il censimento eseguito dal Servizio Speleologico della Regione Puglia segnala la presenza di alcune cavità lungo il Fosso Le Lame, poste ad una distanza di oltre 200 m dal tracciato di progetto. L'ubicazione delle cavità è stata riportata all'interno della carta geomorfologica (allegato IA0D 00 D 69 G5 GE 0003 001 A).

9 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 integrato, quindi, con ulteriori dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni appositamente installate nei fori di sondaggio e dalle diverse prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. In particolare, i dati piezometrici a disposizione e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo dei settori di territorio interessati dagli interventi in progetto.

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

9.1 Dati idrogeologici di base

Allo scopo di indagare l'effettiva presenza di falde idriche sotterranee ed il relativo andamento della superficie piezometrica, nel corso dello studio è stata eseguita una apposita campagna di monitoraggio consistente nella misura del livello di falda dei tubi piezometrici precedentemente installati nei fori di sondaggio. Per le strumentazioni del progetto preliminare, il monitoraggio è stato eseguito tra i mesi di giugno e luglio 2008, mentre per le strumentazioni del progetto definitivo il monitoraggio è relativo al periodo compreso tra i mesi di agosto e ottobre 2013. Nella tabella seguente, si riporta una sintesi del monitoraggio piezometrico condotto.

Sondaggio	Progetto	Profondità piezometro (m)	Quota boccaforo (m s.l.m.)	Profondità falda (m da b.f.)	Quota falda (m s.l.m.)
SB1	Definitivo	20.00	3.80	4.02	-0.22
SB2	Definitivo	27.00	4.40	4.52	-0.12
SB7	Definitivo	30.00	29.80	28.70	1.10
SB11	Definitivo	30.00	23.40	24.95	-1.55
SB13	Definitivo	30.00	18.60	19.30	-0.70
SB15	Definitivo	29.50	22.70	23.41	-0.71
XIA32R004	Preliminare	19.00	15.40	16.14	-0.74
XIA32D005	Preliminare	24.00	35.00	asciutto	asciutto
XIA32V006	Preliminare	20.50	23.20	20.10	3.10

Tabella 1 – Monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio del progetto preliminare e del progetto definitivo.

Inoltre, per poter definire le caratteristiche di permeabilità dei principali corpi idrogeologici presenti nell'area di intervento, sono state condotte n. 3 prove di permeabilità (tipo Lefranc) in corrispondenza delle verticali di sondaggio del progetto preliminare. Di seguito si riporta una sintesi di tali prove, con indicazione dei valori di permeabilità determinati, dei principali dati di prova e delle unità geologiche di riferimento.

Sondaggio	Progetto	Profondità [m]	Permeabilità (m/s)	Unità geologica di riferimento
XIA32R004	Preliminare	5.50-6.50	8.1E-04	Calcere di Bari
XIA32D005	Preliminare	7.50-9.00	3.3E-04	Calcere di Bari
XIA32V006	Preliminare	4.35-5.50	7.8E-06	Calcere di Bari

Tabella 2 – Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nei fori di sondaggio del progetto preliminare.

9.2 Pozzi e sorgenti

Allo scopo di dettagliare il più possibile le caratteristiche idrogeologiche dei settori di intervento, nel corso dello studio sono state acquisite tutte le informazioni disponibili relativamente ai pozzi ed alle sorgenti esistenti nei settori di studio. Relativamente ai pozzi, sono stati quindi acquisiti i dati provenienti dal Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia, che vengono riassunti nella tabella seguente.

Località	Comune	Coordinate Gauss-Boaga fuso Est	
		Longitudine	Latitudine
S. Pasquale	Bari	2677670	4553885
S. Pasquale	Bari	2677698	4553847
Stazione Mungivacca	Bari	2679376	4551005
Masseria Frattasio	Bari	2681475	4550898
Masseria Frattasio	Bari	2681524	4550955

Tabella 3 – Sintesi dei dati relativi ai pozzi presenti nella zona di studio (da Regione Puglia 2005).

Per quanto concerne le sorgenti, invece, sono stati acquisiti i dati presenti nella Carta Idrogeomorfologica prodotta dall’Autorità di Bacino della Regione Puglia. Nella tabella seguente è riportata una sintesi delle principali caratteristiche delle emergenze sorgentizie presenti nei settori di stretto interesse progettuale.

Località	Comune	Coordinate Gauss-Boaga fuso Est	
		Longitudine	Latitudine
S. Pasquale	Bari	2677824	4554027
Villa Giacomina	Bari	2680965	4552980
Cala S. Giorgio	Bari	2684547	4551270
Porticello	Bari	2686891	4550921

Tabella 4 – Sintesi dei dati relativi alle sorgenti presenti nella zona di studio (da Regione Puglia 2005).

9.3 Complessi idrogeologici

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

Nello specifico, la definizione delle caratteristiche idrogeologiche dei vari complessi presenti nell’area è stata compiuta in considerazione delle n. 3 prove di permeabilità Lefranc realizzate nei fori di sondaggio del progetto preliminare. Inoltre, la definizione del *range* di variazione del coefficiente di permeabilità relativo ad ogni complesso è stata effettuata in funzione delle caratteristiche sedimentologiche e litologiche dei terreni, nonché del grado di fratturazione e/o carsismo dei singoli ammassi rocciosi.

- **Complesso idrogeologico dei Calcari di Bari (CCB):** è composto da calcari in strati di spessore decimetrico e metrico, con frequenti intercalazioni di calcari dolomitici e di dolomie. La permeabilità, per

fessurazione e carsismo, è variabile da media ad alta. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità $k > 1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

- **Complesso idrogeologico delle Calcareniti di Gravina (CCG):** si tratta di calcareniti e calciruditi fossilifere, con alla base locali limi, sabbie limose e calcisiltiti poco cementate. La permeabilità, per fessurazione e porosità, è generalmente bassa. A questo complesso si può attribuire, pertanto, un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.
- **Complesso idrogeologico dei depositi marini terrazzati (Cdm):** è formato da calcareniti ben cementate, molto porose, con laminazione obliqua a vario angolo; si rinvencono inoltre limi laminati fossiliferi, con intercalati straterelli di calcare nodulare, passanti verso l'alto a sabbie ben classate con granuli arrotondati e prive di matrice; localmente sono presenti limi e sabbie fini, con ciottoli di calcarenitici alla base, alternati a straterelli calcarei micritici. La permeabilità, essenzialmente per porosità, è generalmente bassa. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.
- **Complesso idrogeologico dei depositi alluvionali (Cal):** è costituito da ghiaie con ciottoli calcarei in matrice limoso-argillosa, più o meno abbondante. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da molta bassa a impermeabile. A questo complesso si può attribuire, pertanto, un coefficiente di permeabilità $k < 1 \cdot 10^{-7}$ m/s.

9.4 Condizioni di deflusso idrico sotterraneo

Nel territorio pugliese, e in particolare in quello murgiano, prevalgono gli affioramenti di rocce carbonatiche più o meno fratturate e carsificate. A meno della zona del Tavoliere di Puglia, ciò determina l'assenza di corsi d'acqua superficiali a carattere perenne, o comunque di una certa importanza. Per contro, i processi di dissoluzione carsica risultano molto diffusi e, pertanto, il territorio murgiano risulta caratterizzato da un notevole sviluppo dell'idrologia sotterranea.

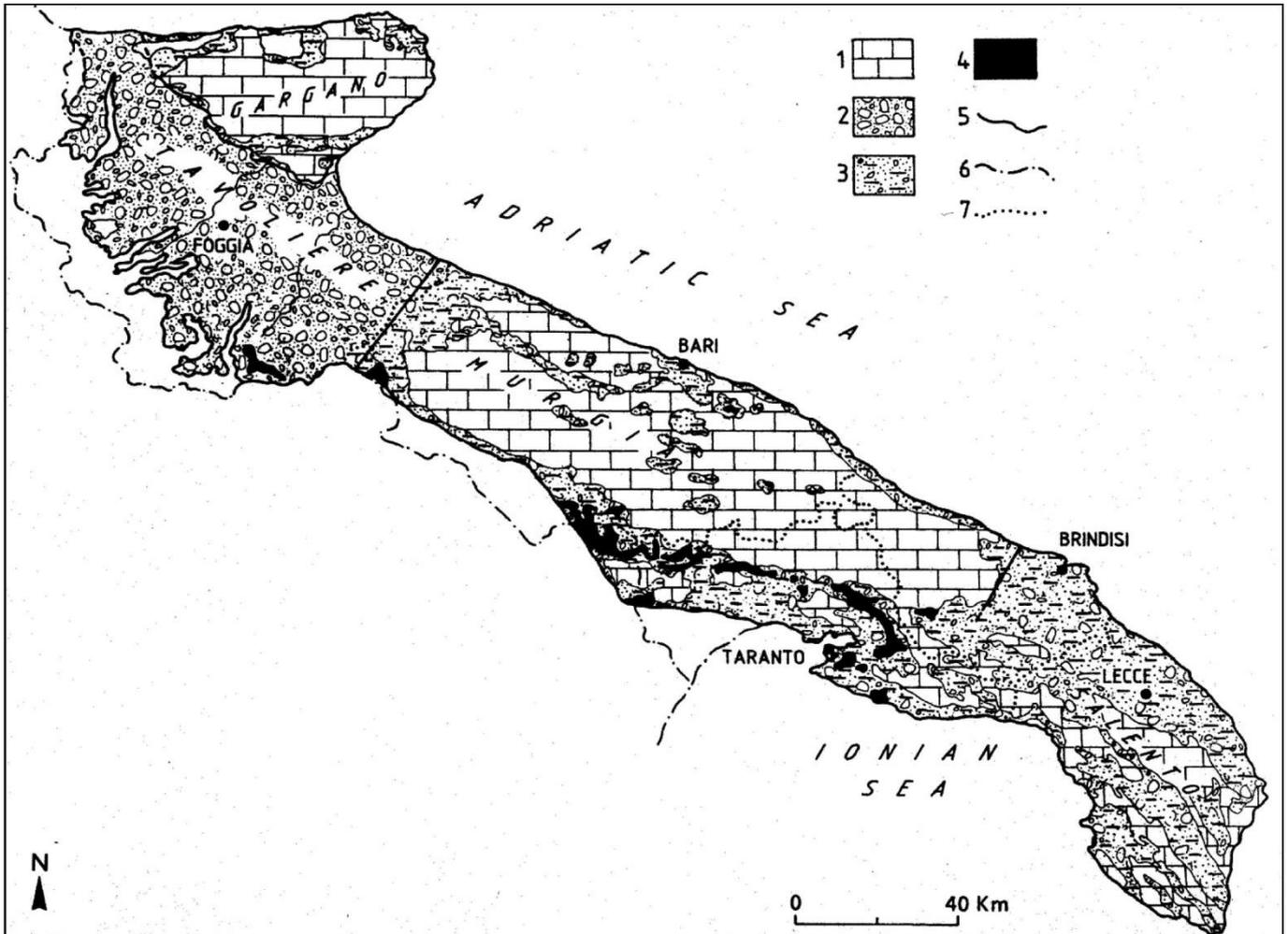


Figura 8 – Unità idrogeologiche della Puglia (da Cotecchia et al. 1999). Legenda: 1) Rocce carbonatiche affioranti nel Gargano, nella Murgia e nel Salento; 2) Unità idrogeologica del Tavoliere, costituita principalmente da conglomerati e sabbie; 3) Acquiferi superficiali e litotipi permeabili, calcareniti, sabbie argillose, sabbie, ghiaie o conglomerati; 4) Litotipi poco permeabili, argille e argille marnose; 5) Limite delle unità idrogeologiche (incerto dove tratteggiato); 6) Confine regionale; 7) Confine provinciale.

Le principali unità idrogeologiche della regione pugliese sono essenzialmente quattro: Gargano, Tavoliere, Murge e Salento. Il territorio murgiano, insieme a quelli del Gargano e del Salento, è caratterizzato da un ampio e potente acquifero fessurato costituito dalle rocce calcaree e/o calcareo dolomitiche del meso-cenozoiche. Tuttavia la presenza di locali orizzonti impermeabili alla base della Calcarenite di Gravina, associata a particolari condizioni giaciture del substrato, possono generare la locale presenza di modeste falde sospese. L'acquifero principale, interessato da fenomeni carsici, presenta un grado di fratturazione piuttosto variabile e mostra, a luoghi, una elevata permeabilità secondaria.

Nell'interno dell'altopiano murgiano, la circolazione idrica sotterranea è in pressione e le quote piezometriche massime possono raggiungere i 200 m s.l.m.. In prossimità di una ristretta fascia costiera, invece, le acque sotterranee circolano generalmente in condizioni freatiche. Lo spartiacque sotterraneo, pressoché coincidente

con quello superficiale, è situato nelle zone più interne delle Murge ed è identificabile con la congiungente Altamura–Gioia del Colle–Noci.

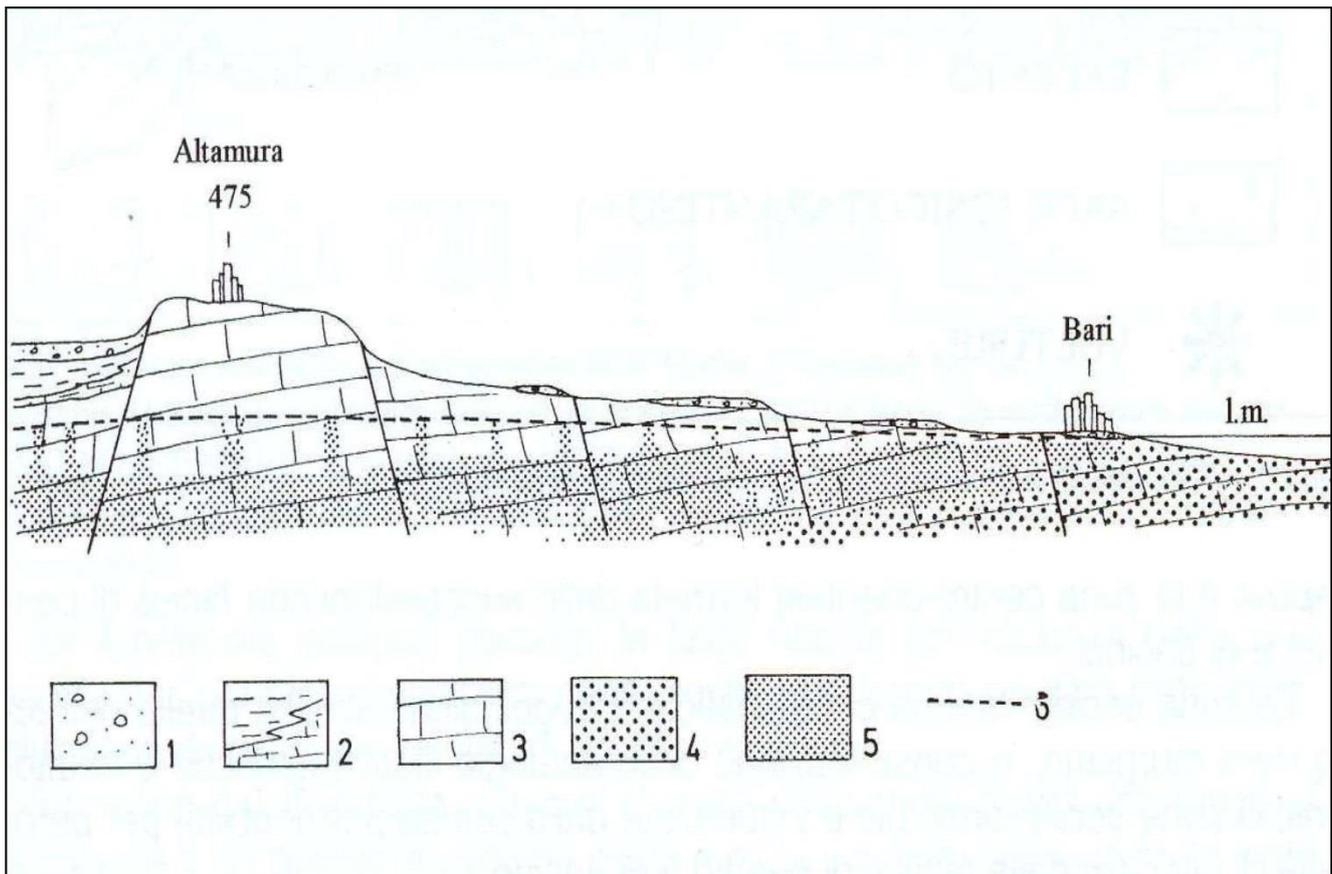


Figura 9 – Sezione idrogeologica schematica dell'acquifero delle Murge in direzione SW-NE. Legenda: 1) Depositi conglomeratici e calcarenitici (Pleistocene); 2) Calcareniti e argille (Plio-Pleistocene); 3) Calcari e dolomie (Cretaceo); 4) Acqua salata; 5) Acqua dolce; 6) Superficie piezometrica.

I dati di carattere geologico ed idrogeologico, raccolti durante lo studio condotto, hanno permesso di definire le caratteristiche generali dell'area e di individuare il regime di deflusso idrico sotterraneo proprio dei settori di interesse. Si sottolinea che le ricostruzioni della superficie piezometrica, sia planimetriche che in profilo, sono basate sui dati di monitoraggio piezometrico acquisiti durante le diverse fasi progettuali e integrati con i dati bibliografici reperiti. L'analisi critica ed integrata dell'intero set di dati disponibili ha consentito di filtrare quelle misure ritenute scarsamente attendibili perché, probabilmente, affette da errori strumentali o dall'interferenza di pozzi in emungimento al momento del monitoraggio.

In relazione al contesto delineato, risulta evidente che nella zona di indagine la falda presenta un carattere essenzialmente freatico, con un livello piezometrico posto sostanzialmente poco al di sopra dell'attuale livello marino. Tale falda è caratterizzata quindi da un andamento piuttosto regolare ed omogeneo, essenzialmente connesso con la buona permeabilità dell'acquifero carbonatico che la ospita. Il deflusso sotterraneo è caratterizzato da un gradiente mediamente variabile tra lo 0.1 e lo 0.5% e risulta prevalentemente orientato verso la costa adriatica, in direzione circa NNE.

	RIASSETTO NODO DI BARI					
	TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA IA00	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 23 di 57

Nei settori di intervento, la superficie piezometrica è posta a quote variabili tra 0 e 4 m circa s.l.m., tendenzialmente in aumento verso SSW. Rispetto al tracciato, la falda è quindi posta a profondità comprese tra i 4.2 ed i 38.5 m circa, con valori più elevati presenti nei settori centrali della tratta in progetto. In generale l'unico asse di drenaggio sotterraneo si registra nei settori Sud-orientali della zona di studio, in corrispondenza delle incisioni impluviali di Lama S. Giorgio e Lama Cutizza.

La separazione tra la falda propriamente detta e l'acqua marina è di carattere progressivo, contraddistinto in senso verticale da una zona di transizione salmastra di spessore variabile. La distribuzione delle isoaline evidenzia come, dal punto di vista areale, l'intero territorio barese sia interessato dal fenomeno della progressiva salinizzazione dell'acquifero. Tale processo risulta strettamente connesso sia alla notevole vicinanza della linea di costa, sia alla presenza di un centro urbano notevolmente sviluppato.

Infatti, in corrispondenza del centro abitato di Bari e di tutta la zona periferica, lo sfruttamento intensivo e incontrollato delle risorse idriche nel tempo ha provocato l'abbassamento del livello della falda e il progressivo avanzamento delle acque marine di invasione continentale. In particolare, il tracciato di progetto ricade in buona parte tra le isoaline 3 e 5 g/l, mentre solo l'ultima parte della tratta in questione ricade nel settore compreso tra le isoaline 5 e 10 g/l. Ad ogni modo, le opere in progetto non interferiscono direttamente con la falda in rete del substrato calcareo, in quanto risultano sempre poste diversi metri al di sopra della superficie piezometrica.

9.5 Vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento

La struttura geologica ed idrogeologica del territorio pugliese, e in particolare dell'area oggetto di studio, espongono gli acquiferi ad un rischio di inquinamento generalmente elevato. Nello specifico, l'area interessata dal Riassetto del Nodo Ferroviario di Bari – Tratta Bari Sud-Japigia è caratterizzata da un acquifero superficiale permeabile per fratturazione e carsismo, contenente una estesa falda in rete a superficie libera.

Per l'intero territorio regionale, la Puglia ha elaborato una carta della vulnerabilità della falda con metodologie analitiche applicate in ambiente GIS. Tali analisi sono state condotte mediante l'utilizzo del modello DRASTIC, che si basa essenzialmente su dati litologici, idrogeologici, climatici e di uso del suolo. Questo modello, sviluppato da National Water Well Association in collaborazione con EPA–US Environmental Protection Agency, è un sistema parametrico multivariato che, attraverso l'utilizzo di punteggi e pesi, permette di definire il potenziale inquinamento di aree omogenee, caratterizzate da differenti condizioni ambientali e territoriali.

I diversi fattori considerati nel modello vengono stimati in parte con un approccio deterministico, provenendo dal controllo e misura di parametri oggettivi, in parte mediante valutazioni soggettive, interpretate con l'aiuto di appositi diagrammi. I fattori presi in considerazione dal modello DRASTIC sono sette (le loro iniziali formano l'acronimo DRASTIC):

- Distanza tra piano campagna e superficie della falda;
- Ricarica dell'acquifero;
- Acquifero presente;
- Suolo che costituisce la copertura superficiale;
- Topografia dell'area;
- Impatto della Zona Non Saturata;
- Conducibilità idraulica.

Per ogni parametro viene definito un coefficiente, stimato attraverso appositi diagrammi. L'indice di vulnerabilità DRASTIC è espresso dalla sommatoria dei prodotti dei valori assunti dai singoli parametri, ciascuno

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	RIASSETTO NODO DI BARI					
	TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA IA0D	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 24 di 57

moltiplicato per il rispettivo peso. Il risultato della metodologia è la definizione, per le diverse aree, di un indice del rischio di inquinamento, o vulnerabilità.

Nelle note esplicative alla carta della vulnerabilità della Regione Puglia, viene evidenziato come la metodologia utilizzata non ha l'obiettivo di identificare in maniera assoluta la vulnerabilità di un sito, ma piuttosto di ottenere parametri comparativi confrontabili. Si deve inoltre tener conto che le fonti dei dati utilizzati nel modello DRASTIC sono su vasta scala e non permettono, quindi, di estrapolare dati puntuali o comunque ad alta definizione locale, se non integrando gli stessi dati di partenza con analisi di dettaglio più approfondite.

La carta della vulnerabilità della Regione Puglia rimane comunque un valido strumento per l'orientamento delle attività antropiche, e la valutazione dell'impatto sul territorio con riferimento alle risorse idriche. Il territorio pugliese viene quindi suddiviso in cinque classi di vulnerabilità:

- vulnerabilità bassa;
- vulnerabilità media;
- vulnerabilità alta;
- vulnerabilità elevata;
- vulnerabilità estremamente elevata.

Vaste aree del territorio pugliese sono caratterizzate da permeabilità media. Coerentemente con questo dato, valori più elevati di vulnerabilità vengono attribuiti alle aree con substrato più permeabile per fessurazione e carsismo (su rocce carbonatiche) e per porosità (su rocce clastiche a matrice sabbiosa). La vulnerabilità si presenta in genere elevata soprattutto presso le aree costiere, caratterizzate da una minor profondità della falda che conseguentemente risulta più esposta all'effetto di sostanze inquinanti. Allee aree caratterizzate dalla presenza di un substrato con un minor fessurazione e carsismo o di depositi alluvionali attuali e recenti, viene invece generalmente attribuita una vulnerabilità all'inquinamento media.

Nelle aree di studio del presente lavoro, le caratteristiche generali del territorio e del substrato determinano una generale situazione di vulnerabilità da "media" a "elevata". La carta della vulnerabilità regionale, elaborata dalla Regione Puglia per l'intero territorio regionale, è stata quindi integrata nella precedente fase progettuale sulla base dei dati acquisiti nel corso delle campagne geognostiche realizzate nel periodo 2008-2009. La carta di vulnerabilità prodotta durante il Progetto Preliminare si presenta, quindi, come una rielaborazione della carta a scala regionale, con una ridefinizione dei limiti fra le aree a differente vulnerabilità e l'aggiunta di elementi di dettaglio derivanti dalle elaborazioni dei dati raccolti.

Va sottolineato il fatto che l'utilizzo di un modello di tipo DRASTIC e quindi l'incrocio di parametri definiti su base cartografica, anche quando integrato con i dati di dettaglio, descrive la vulnerabilità dell'acquifero ad un potenziale effetto inquinante nel punto in cui questo dovesse essere indotto. Si ragiona cioè punto per punto e verticalmente rispetto all'acquifero, senza tener conto dei possibili effetti di flusso orizzontale che potrebbero portare ad una contaminazione della falda anche in aree relativamente lontane rispetto al punto di potenziale inquinamento.

Le risultanze delle analisi di dettaglio condotte nella precedente fase di approfondimento, evidenziano un vulnerabilità media per i settori più meridionali dell'area di intervento e, soprattutto, per tutti i depositi alluvionali presenti in corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area. I settori centrali e orientali della zona di studio, al contrario, presentano una vulnerabilità generalmente alta, sia in corrispondenza dei settori di affioramento del Calcere di Bari che nelle zone con coperture della Calcarenite di Gravina.

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA0D	00	D 69 RG	GE 00 01 001	A	25 di 57

Le zone orientali e Nord-occidentali dell'area di intervento, invece, sono caratterizzate da una vulnerabilità all'inquinamento elevata, essenzialmente per via della ridotta soggiacenza della falda in rete presente all'interno del Calcere di Bari. Infine, le aree di cava e i settori più centrali dell'agglomerato urbano di Bari, sono contraddistinte da una vulnerabilità generalmente molto elevata per via di una combinazione particolarmente negativa di tutti i parametri considerati nell'analisi.

10 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel corso dello studio sono state consultate ed analizzate le indagini geognostiche disponibili e realizzate nel corso delle differenti fasi progettuali nel settore di territorio oggetto di interventi. L'intero *set* di dati derivanti dalle indagini di sito hanno permesso di configurare un quadro di conoscenze esaustivo circa l'assetto litostratigrafico dell'area e di definire, in maniera commisurata al grado di approfondimento progettuale, le caratteristiche litotecniche dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

Nell'ambito delle analisi condotte nel presente studio, sono state utilizzate sia le indagini geognostiche appositamente realizzate nell'ambito della progettazione definitiva che quelle precedentemente eseguite nel corso della progettazione preliminare. Complessivamente, le due campagne di indagine sono rappresentate da n. 19 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo, di cui 9 strumentati con piezometro e 8 attrezzati per sismica in foro, n. 16 prove sismiche MASW e n. 1 tomografia elettrica.

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi di tutti i sondaggi geognostici realizzati nel corso delle due fasi di indagine, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, tipologia, strumentazione, quota, profondità e prove SPT).

Sigla	Tipologia indagine e strumentazione	Quota s.l.m.	Profondità	SPT
XIA32R004	Sondaggio attrezzato con piezometro	15.40	19.00	0
XIA32D005	Sondaggio attrezzato con piezometro	35.00	24.00	1
XIA32V006	Sondaggio attrezzato con piezometro	23.20	20.50	0

Tabella 5 – Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito del progetto preliminare.

Sigla	Tipologia indagine e strumentazione	Quota s.l.m.	Profondità	SPT
SB1	Sondaggio attrezzato con piezometro	3.8	20.00	2
SB2	Sondaggio attrezzato con piezometro	4.4	27.50	1
SB3	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	13	25.00	0
SB5	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	17.1	30.00	0
SB6	Sondaggio non attrezzato	28.4	30.00	5
SB7	Sondaggio attrezzato con piezometro	29.8	30.00	1
SB8	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	24.5	30.00	1
SB9	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	22.4	30.00	1
SB9 bis	Sondaggio non attrezzato	23.4	30.00	2
SB10	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	26.2	30.00	3
SB11	Sondaggio attrezzato con piezometro	23.4	30.00	4
SB12	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	19.8	30.00	1
SB13	Sondaggio attrezzato con piezometro	18.6	30.00	2
SB14	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	18.6	30.00	0

Sigla	Tipologia indagine e strumentazione	Quota s.l.m.	Profondità	SPT
SB15	Sondaggio attrezzato con piezometro	21.8	30.00	0
SB16	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	17.6	30.00	2

Tabella 6 – Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell’ambito del progetto definitivo.

Nella tabella seguente, invece, è riportata una sintesi di tutte le indagini geofisiche realizzate nella presente fase progettuale, con indicazione dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine (sigla, tipologia, lunghezza).

Sigla	Tipologia indagine	Lunghezza (m)
M01	Prova MASW	60
M02	Prova MASW	60
M03	Prova MASW	60
M05	Prova MASW	60
M06	Prova MASW	60
M07	Prova MASW	60
M08	Prova MASW	60
M09	Prova MASW	60
M09bis	Prova MASW	60
M10	Prova MASW	60
M11	Prova MASW	60
M12	Prova MASW	60
M13	Prova MASW	60
M14	Prova MASW	60
M15	Prova MASW	60
M16	Prova MASW	60
L01	Tomografica elettrica	775

Tabella 7 - Sintesi delle prospezioni geofisiche realizzate nell’ambito del progetto definitivo.

Le indagini geognostiche unitamente ai rilievi di campo e agli studi bibliografici reperiti hanno consentito di suddividere il sottosuolo dei diversi settori di intervento in differenti unità geologiche, omogenee dal punto di vista litologico e delle specifiche caratteristiche litotecniche. In particolare, per quanto concerne le proprietà fisico-meccaniche dei litotipi di interesse, le caratterizzazioni riportate derivano da un'analisi congiunta dei dati geotecnici di laboratorio, delle indagini di sito disponibili e di tutte le informazioni presenti nella letteratura scientifica reperita. Nelle tabelle seguenti si riporta una sintesi di tutti i campioni di terreno e roccia prelevati lungo le verticali di sondaggio nel corso delle diverse fasi progettuali.

Sondaggio	Campione	Profondità [m]	γ [kN/m ³]	UCS [MPa]	Unità geologica
XIA32R004	CR1	3.00-3.26	23.4	32.81	CBA
XIA32R004	CR2	9.00-9.31	23.8	27.70	CBA
XIA32R004	CR3	13.78-13.97	22.9	-	CBA
XIA32D005	CR1	2.75-2.92	17.3	-	GRA
XIA32D005	CR2	8.27-8.57	22.6	32.6	CBA
XIA32D005	CR3	16.00-16.25	22.7	-	CBA
XIA32V006	CR1	4.20-4.48	22.9	28.54	CBA
XIA32V006	CR2	8.00-8.20	22.8	27.3	CBA
XIA32V006	CR3	12.68-12.85	23.3	34.3	CBA

Tabella 8 – Risultati delle prove di laboratorio su campioni in roccia del progetto preliminare.

Sondaggio	Campione	Profondità [m]	γ [kN/m ³]	UCS [MPa]	Unità geologica
SB1	CL1	5.40-6.00	-	-	CBA
SB1	CL2	13.45-14.00	-	-	CBA
SB1	CL3	18.60-18.95	-	-	CBA
SB2	CL1	8.00-8.45	-	-	CBA
SB2	CL2	14.40-14.85	-	-	CBA
SB2	CL3	22.70-23.00	-	-	CBA
SB3	CL1	8.35-8.70	-	-	CBA
SB3	CL2	10.75-11.00	-	-	CBA

Sondaggio	Campione	Profondità [m]	γ [kN/m ³]	UCS [MPa]	Unità geologica
SB3	CL3	21.00-21.60	-	-	CBA
SB5	CL1	8.60-9.00	-	-	CBA
SB5	CL2	11.10-11.45	-	-	CBA
SB5	CL3	24.00-24.35	24.2	63.90	CBA
SB5	CL4	29.65-29.95	25.8	96.75	CBA
SB7	CL1	4.00-4.30	26.8	159.66	CBA
SB7	CL2	6.72-7.00	-	-	CBA
SB7	CL3	25.00-25.30	27.7	158.19	CBA
SB8	CL1	11.40-11.70	21.2	25.58	CBA
SB8	CL2	18.10-18.35	22.5	34.92	CBA
SB8	CL3	21.50-22.00	-	-	CBA
SB8	CL4	29.20-29.60	20.8	13.09	CBA
SB9	CL1	9.60-10.00	-	-	CBA
SB9	CL2	12.20-12.40	23.7	50.57	CBA
SB9	CL3	17.00-17.20	22.4	31.97	CBA
SB9bis	CL1	3.60-3.80	23.2	49.24	CBA
SB9bis	CL2	26.70-26.90	21.9	40.29	CBA
SB10	CL1	4.35-4.75	-	-	CBA
SB10	CL2	22.00-22.20	24.7	125.97	CBA
SB10	CL3	27.00-27.30	24.0	51.15	CBA
SB11	CL1	23.20-23.40	25.5	76.02	CBA
SB11	CL2	26.00-26.30	25.5	115.71	CBA
SB13	CL1	9.35-9.55	-	-	CBA
SB13	CL2	12.50-12.70	-	-	CBA
SB13	CL3	16.40-16.70	-	-	CBA
SB13	CL4	29.55-29.85	-	-	CBA

Sondaggio	Campione	Profondità [m]	γ [kN/m ³]	UCS [MPa]	Unità geologica
SB14	CL1	10.00-10.29	-	-	CBA
SB14	CL2	19.00-19.25	-	-	CBA
SB15	CL1	20.00-20.20	-	-	CBA
SB16	CL1	29.00-29.45	-	-	CBA

Tabella 9 - Risultati delle prove di laboratorio su campioni in roccia del progetto definitivo.

Sondaggio	Campione	Profondità [m]	γ [kN/m ³]	TX CID		LL [%]	IP	Class. UNI 10006	Class. USCS	Unità geologica
				c' [kPa]	ϕ' [°]					
SB1	CR1	3.00-3.50	-	-	-	-	-	-	-	GRA
SB2	CR1	4.50-5.00	-	-	-	-	-	-	-	GRA
SB6	CI1	21.50-22.00	18.2	7.0	22.4	55	24	A-7-5	MH	CBA
SB6	CR1	2.00-2.50	-	-	-	31	13	A-2-6	GC	CBA
SB11	CR1	1.50-2.00	-	-	-	23	7	A-2-4	SC-SM	GRA
SB12	CR1	2.00-2.50	-	-	-	24	10	-	SC	GRA
SB16	CR1	1.50-2.00	-	-	-	29	15	A-2-6	GC	CBA
SB16	CR2	17.00-17.60	-	-	-	15	5	A-1-b	GC-GM	CBA
SB16	CR3	22.40-23.00	-	-	-	-	-	-	-	CBA

Tabella 10 - Risultati delle prove di laboratorio su campioni in terra del progetto definitivo.

11 SISMICITÀ DELL'AREA

Le caratteristiche di sismicità dell'area delle Murge sono da porre in relazione con l'assetto strutturale relativamente semplice del settore geodinamico dell'Avampaese Apulo, notoriamente considerato stabile ed a bassa sismicità. Alcuni studi hanno fornito una interpretazione dei diversi terremoti storici verificatisi nelle adiacenze di questa porzione di territorio pugliese, indagando sulle strutture sismogenetiche responsabili e sulle loro caratteristiche principali. In particolare, gli studi focalizzano l'attenzione sulle sismiti supra-pleistoceniche e sulla localizzazione dei principali terremoti registrati strumentalmente ($M_{max} = 3.2$).

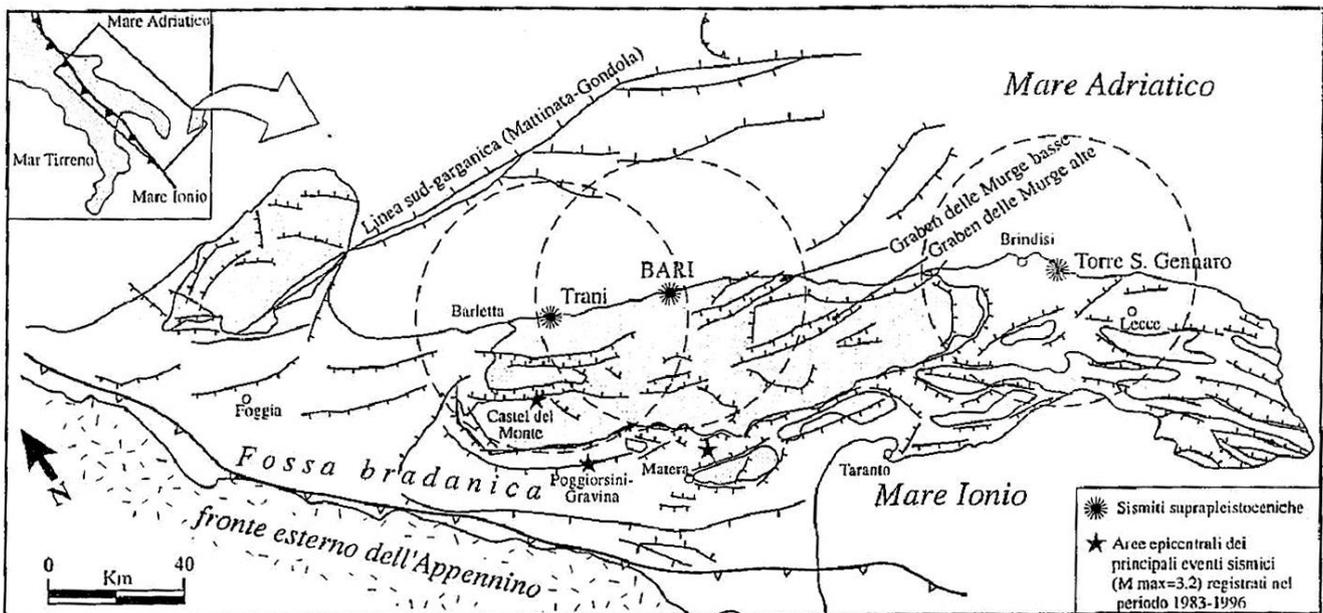


Figura 10 – Schema strutturale dell'Avampaese Apulo emerso (da Tropeano et al. 1997).



Figura 11 – Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5.5$ nell'area di studio (da DISS Working group 2010, *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS)*, versione 3.1.1., <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.html>)

La consultazione del database DISS (2010), relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che il sito di progetto risulta distante dalle principali sorgenti sismiche presenti nell'area. La fascia di sorgenti composite più vicina, infatti, risulta essere la ITCS004 Castelluccio dei Sauri-Trani (profondità stimata 11-22.5 Km, magnitudo massima 6.3, *Slip rate* 0.1-0.5 mm/anno). Questa, in particolare, comprende la sorgente individuale ITIS083 Bisceglie (profondità stimata 13-19.2 Km, magnitudo massima 5.7, ultimo evento 11 maggio 1560).

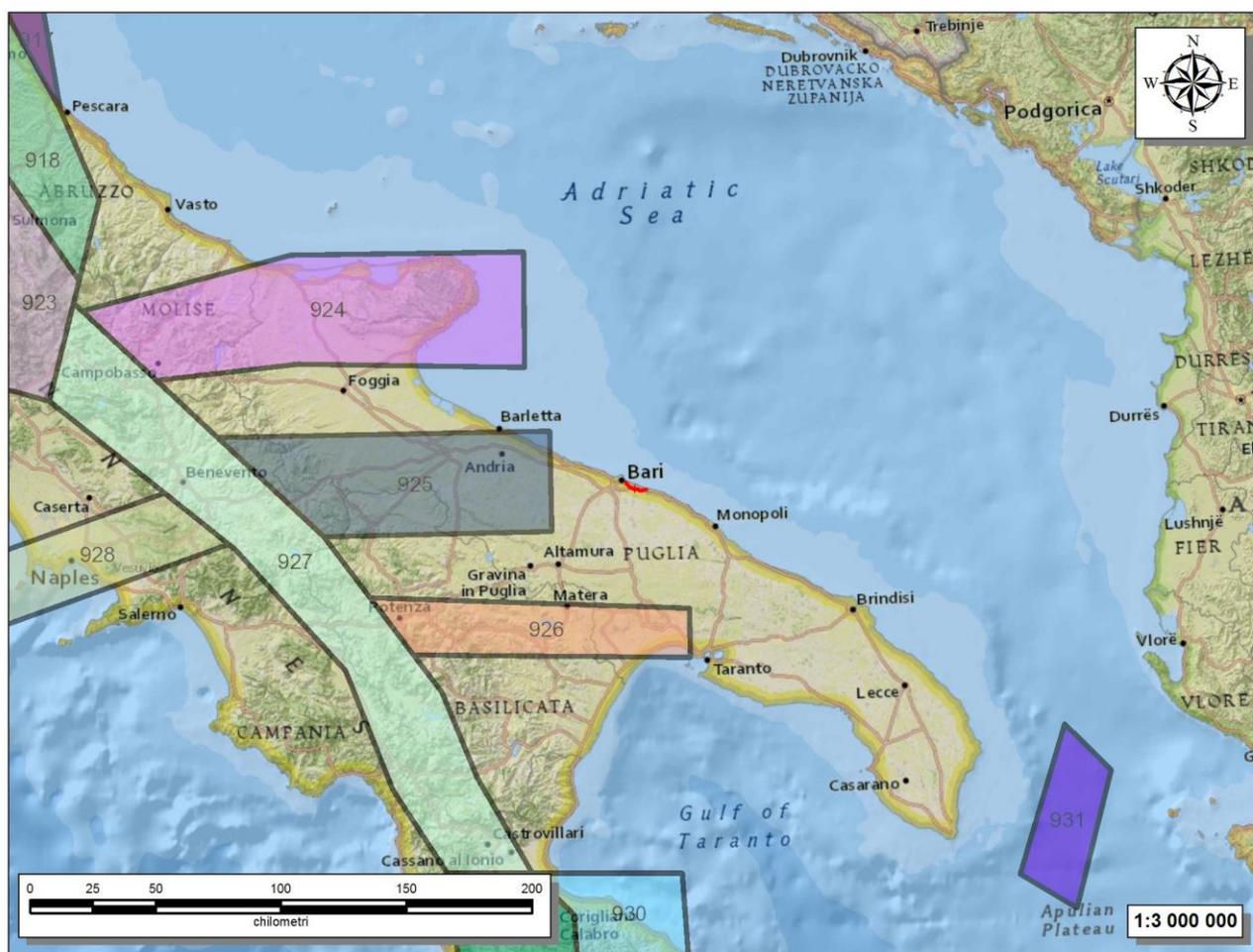


Figura 12 – Stralcio della zonazione sismogenetica ZS9 (<http://zone.mi.ingv.it>) con individuazione del tracciato ferroviario di progetto (in rosso).

Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9, il settore di interesse si trova circa 50 km ad Est della **Zona 925** (Ofanto). Sulla base degli studi sismologici più aggiornati, nella suddetta zona sono attesi terremoti piuttosto profondi ($P = 12-20$ km) e di elevata magnitudo ($M_{max} = 6.83$), riconducibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente trascorrenti.

11.1 Sismicità storica

La Puglia, con l'esclusione della penisola del Gargano, è stata generalmente considerata una regione a bassa sismicità, anche se non mancano gli effetti causati da sismi verificatisi in settori di territorio limitrofi o nella porzione centrale della regione stessa. Per quanto riguarda Bari, le fonti storiche riportano che la città fu colpita dagli effetti di un terremoto nel 1087 ($I_{max} = VI-VII$ MCS), "ove furono distrutte torri, castelli e case". A Lecce, Brindisi, Nardò e Francavilla, invece, nel 1793 si risentirono gli effetti di un terremoto localizzato nel basso Ionio che produsse il danneggiamento di case e chiese, con alcune rase al suolo, nonché alcune vittime.

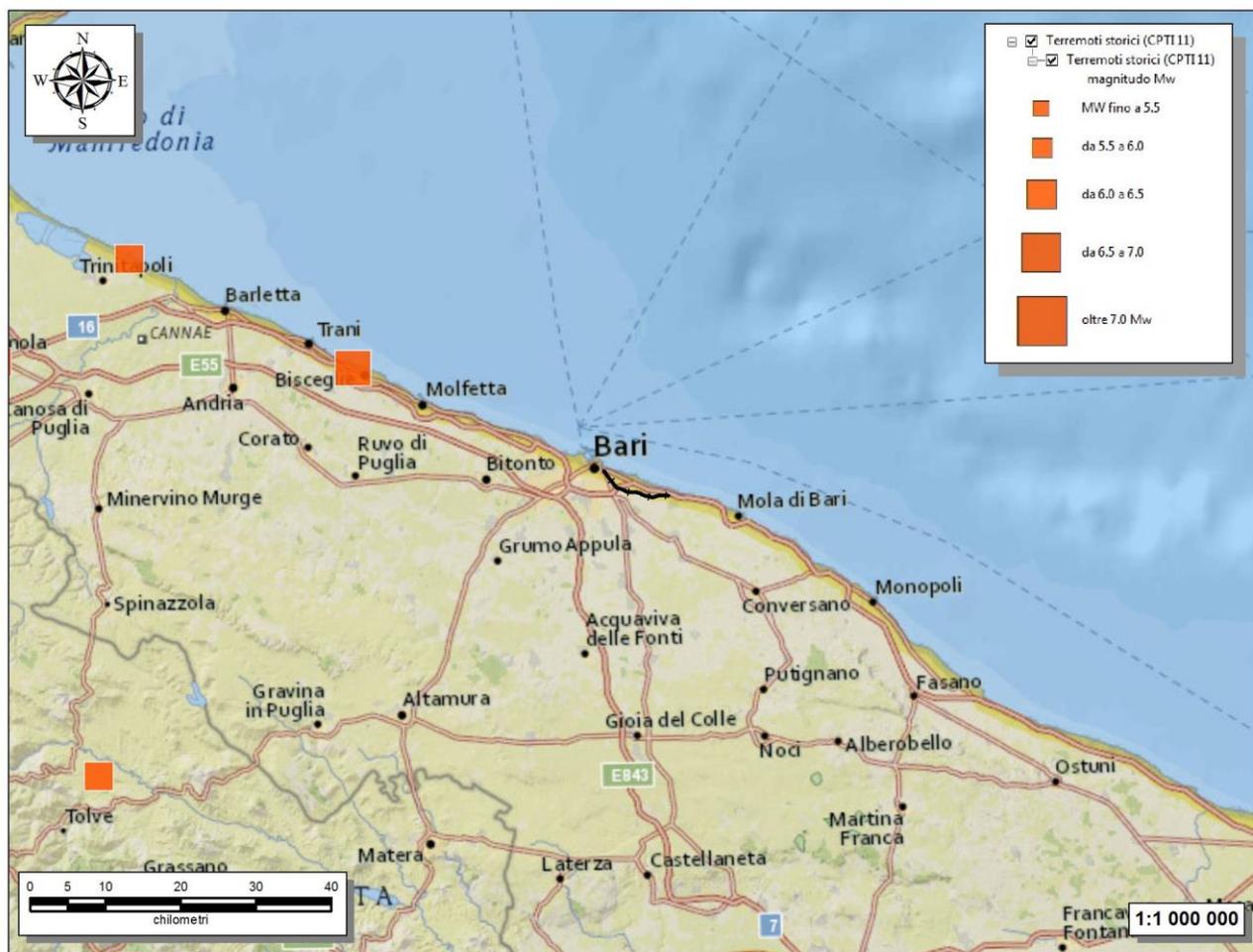


Figura 13 – Epicentri e magnitudo dei principali terremoti storici che hanno interessato la Puglia centrale (<http://apps.arcgis.com/hosted/OnePane/basicviewer/index.html?appid=951d08eed7748909d2aa67317fb67c9>). In colore nero è riportata la traccia del tracciato ferroviario in progetto.

Nelle figure seguenti sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI11), al fine di documentare la storia sismica dei centri abitati di Bari, Noicattaro e Triggiano (http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/query_place/).

Storia sismica di Bari
[41.128, 16.864]

Numero di eventi: 44

Effetti

In occasione del terremoto del:

I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
NR	1019 04 01	BENEVENTO	5	6 4.72 ±0.34
NR	1044 04 19 09:00	BENEVENTO	5	6 4.72 ±0.34
6-7	1087 09 10	BARI	5	6-7 4.93 ±0.34
NR	1094 01 14	BENEVENTO	5	6 4.72 ±0.34
6	1456 12 05	MOLISE	199	11 7.22 ±0.13
5	1560 05 11 04:40	Barletta-Bisceglie	7	8 5.56 ±0.57
5	1646 05 31	Gargano	35	9-10 6.61 ±0.45
6	1694 09 08 11:40	Irpinia-Basilicata	251	10 6.79 ±0.10
F	1702 03 14 05:00	Beneventano-Irpinia	37	10 6.54 ±0.24
F	1713 01 03	MASSAFRA	2	5-6 4.51 ±0.34
6-7	1731 03 20 03:00	Foggiano	50	9 6.53 ±0.25
7-8	1743 02 20 16:30	Basso Ionio	77	9 7.13 ±0.19
F	1826 10 26 18:00	MANDURIA	7	6-7 5.36 ±0.47
F	1845 07 10	MATERA	8	5 4.54 ±0.36
F	1846 08 08	CAMPOMAGGIORE	13	6-7 5.24 ±0.28
6	1851 08 14 13:20	Basilicata	103	10 6.38 ±0.17
6	1857 12 16 21:15	Basilicata	340	11 7.03 ±0.08
5	1875 12 06	S.MARCO IN LAMIS	97	8 5.98 ±0.16
5	1889 12 08	APRICENA	122	7 5.69 ±0.13
3-4	1892 04 20	GARGANO	15	6-7 4.98 ±0.32
2	1892 06 06	TREMITI	72	6 5.06 ±0.19
F	1893 08 10 20:52	Gargano	69	8 5.36 ±0.22
5	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895	7.04 ±0.16
2	1905 11 26 06:48	Irpinia	136	7-8 5.21 ±0.13
5	1910 06 07 02:04	Irpinia-Basilicata	376	8 5.73 ±0.09
NF	1913 10 04 18:26	Matese	205	7-8 5.37 ±0.11
3	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11 7.00 ±0.09
3	1917 06 12 18:44	MAR IONIO	11	5 5.25 ±0.28
5	1930 07 23 00:08	Irpinia	547	10 6.62 ±0.09
3	1931 12 03 09:32	CERIGNOLA	12	6 4.62 ±0.30
3	1933 03 07 14:40	BISACCIA	42	6 4.97 ±0.19
2	1937 07 17 17:11	SAN SEVERO	40	6 5.05 ±0.19
RS	1937 12 15 21:25	CAPITANATA	23	4-5 4.62 ±0.26
5	1948 08 18 21:12	Puglia settentrionale	59	7-8 5.64 ±0.21
4	1951 01 16 01:11	Gargano	73	7 5.35 ±0.20
5	1962 08 21 18:19	Irpinia	262	9 6.13 ±0.10
6	1975 06 19 10:11	MATTINATELLA	15	6 5.18 ±0.28

3	1978 09 25 10:08	Matera	120	6 4.88 ±0.13
6	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
2-3	1984 04 29 05:02	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7 5.65 ±0.09
F	1984 05 07 17:49	Appennino abruzzese	912	8 5.89 ±0.09
4-5	1990 05 05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09
4-5	1991 05 26 12:26	Potentino	597	7 5.11 ±0.09
2-3	2006 05 29 02:20	Promontorio del Gargano	384	5-6 4.63 ±0.09

Figura 14 – Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Bari (da Database Macrosismico Italiano, DBMI11). Legenda: I_s : intensità al sito (MCS); I_x intensità massima (MCS); M_w magnitudo momento; N_p numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

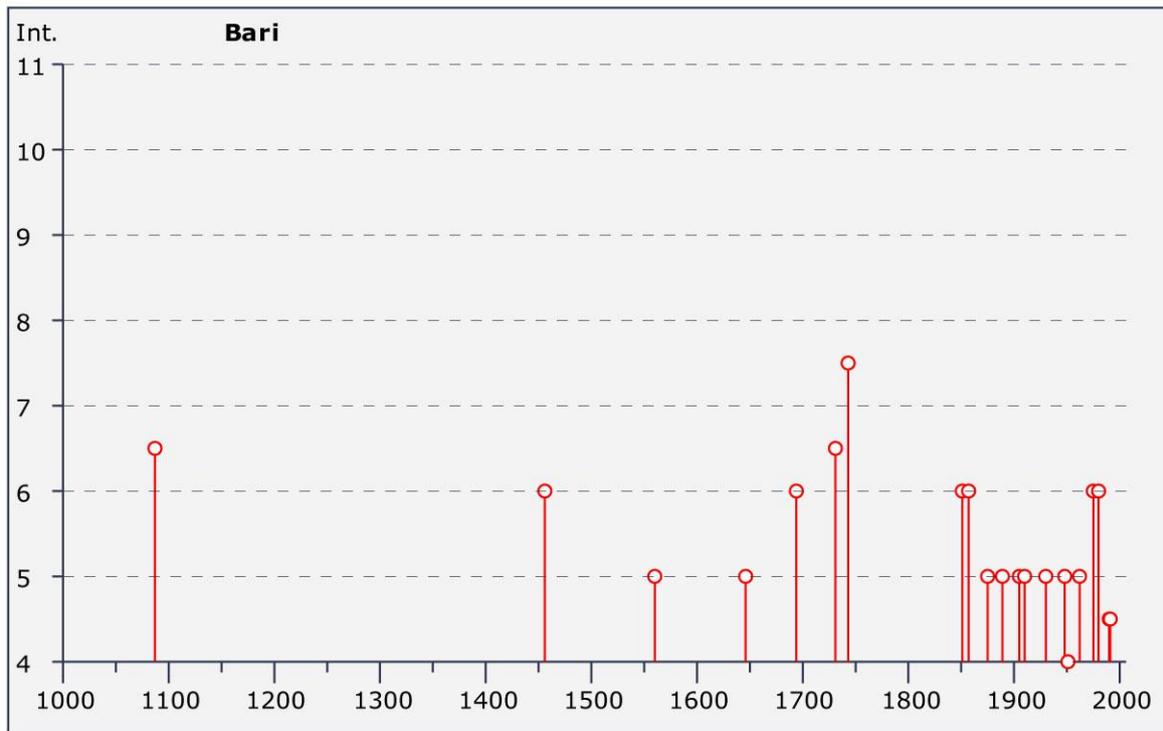


Figura 15 – Grafico illustrante la storia sismica di Bari. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I_s) degli eventi rilevati (da http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/query_place/).

Storia sismica di Noicattaro
[41.032, 16.989]

Numero di eventi: 3

Effetti

In occasione del terremoto del:

I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
5	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
5	1990 05 05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09
4	1995 09 30 10:14	Gargano	145	6 5.18 ±0.09

Figura 16 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Noicattaro (da Database Macrosismico Italiano, DBMI11). Legenda: I_s : intensità al sito (MCS); I_x : intensità massima (MCS); M_w : magnitudo momento; N_p : numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

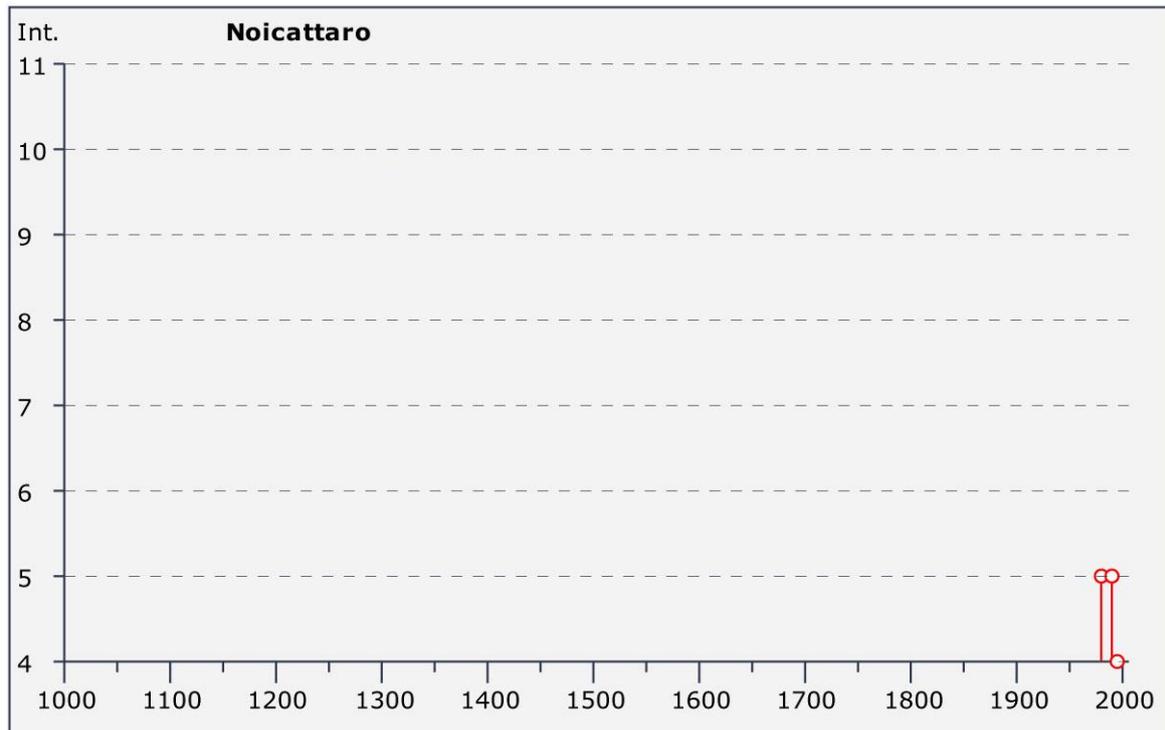


Figura 17 – Grafico illustrante la storia sismica di Noicattaro. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I_s) degli eventi rilevati (da http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/query_place/).

Storia sismica di Triggiano
[41.063, 16.923]

Numero di eventi: 7

Effetti

In occasione del terremoto del:

I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
3	1956 01 09 00:44	GRASSANO	45	6 4.88 ±0.20
2	1963 02 13 12:45	TITO	31	7 5.20 ±0.26
6	1980 11 23 18:34	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
NF	1988 04 26 00:53	Adriatico centrale	78	5.39 ±0.09
3-4	1990 05 05 07:21	Potentino	1374	5.80 ±0.09
NF	1991 05 26 12:26	Potentino	597	7 5.11 ±0.09
3	2006 05 29 02:20	Promontorio del Gargano	384	5-6 4.63 ±0.09

Figura 18 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Triggiano (da Database Macrosismico Italiano, DBMI11). Legenda: I_s : intensità al sito (MCS); I_x intensità massima (MCS); M_w magnitudo momento; N_p numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

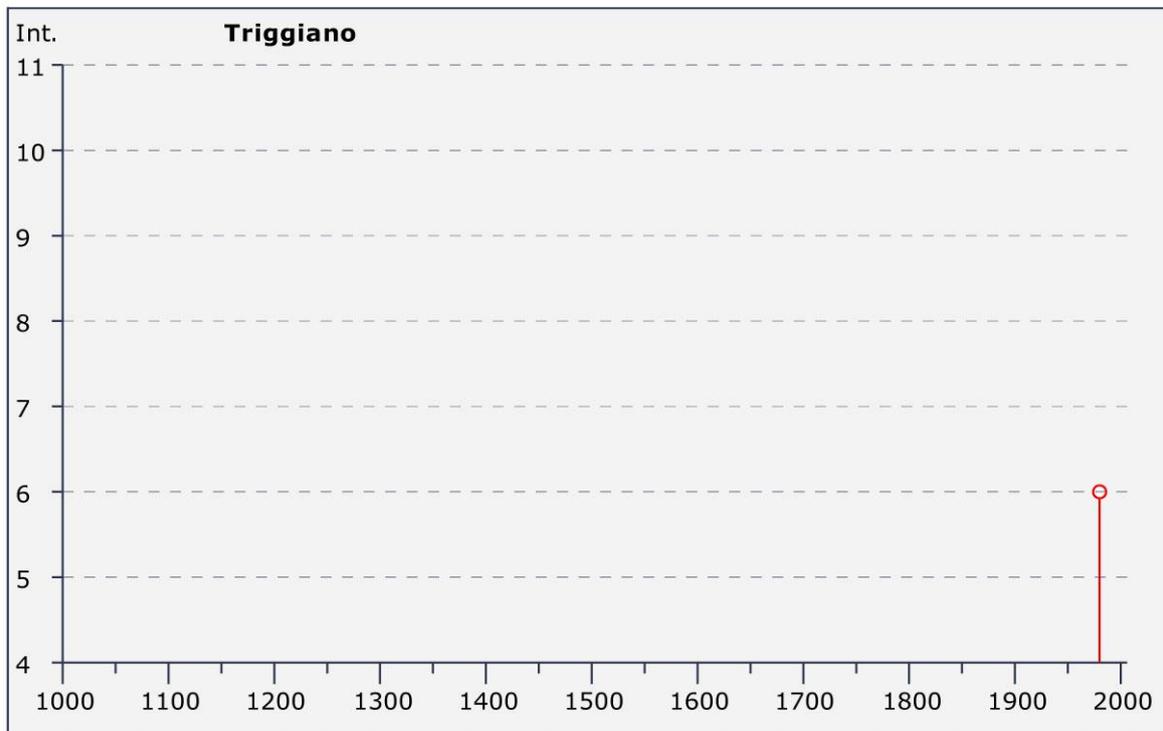


Figura 19 - Grafico illustrante la storia sismica di Triggiano. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I_s) degli eventi rilevati (da http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/query_place/).

11.2 Sismicità attuale

L' Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia. Secondo tale normativa i territori dei comuni di Bari, Noicattaro e Triggiano ricadevano in Zona sismica 3, ovvero aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici deboli.

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

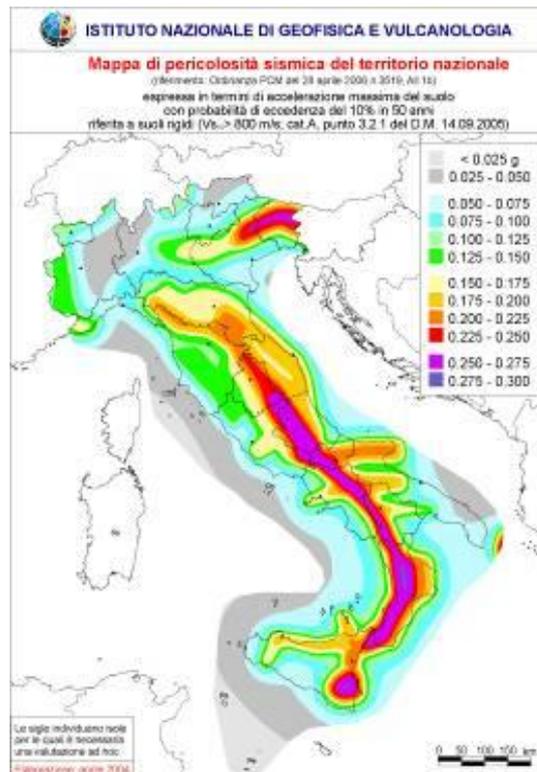


Figura 20 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

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

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono continue e graduali. Successivamente verrà mantenuta, infatti, la classificazione secondo la quale il territorio nazionale è suddivisibile in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo. All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (cfr. Fig. seguente). In particolare, per la zona di Bari, i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.050-0.075 a_g (accelerazione massima del suolo).

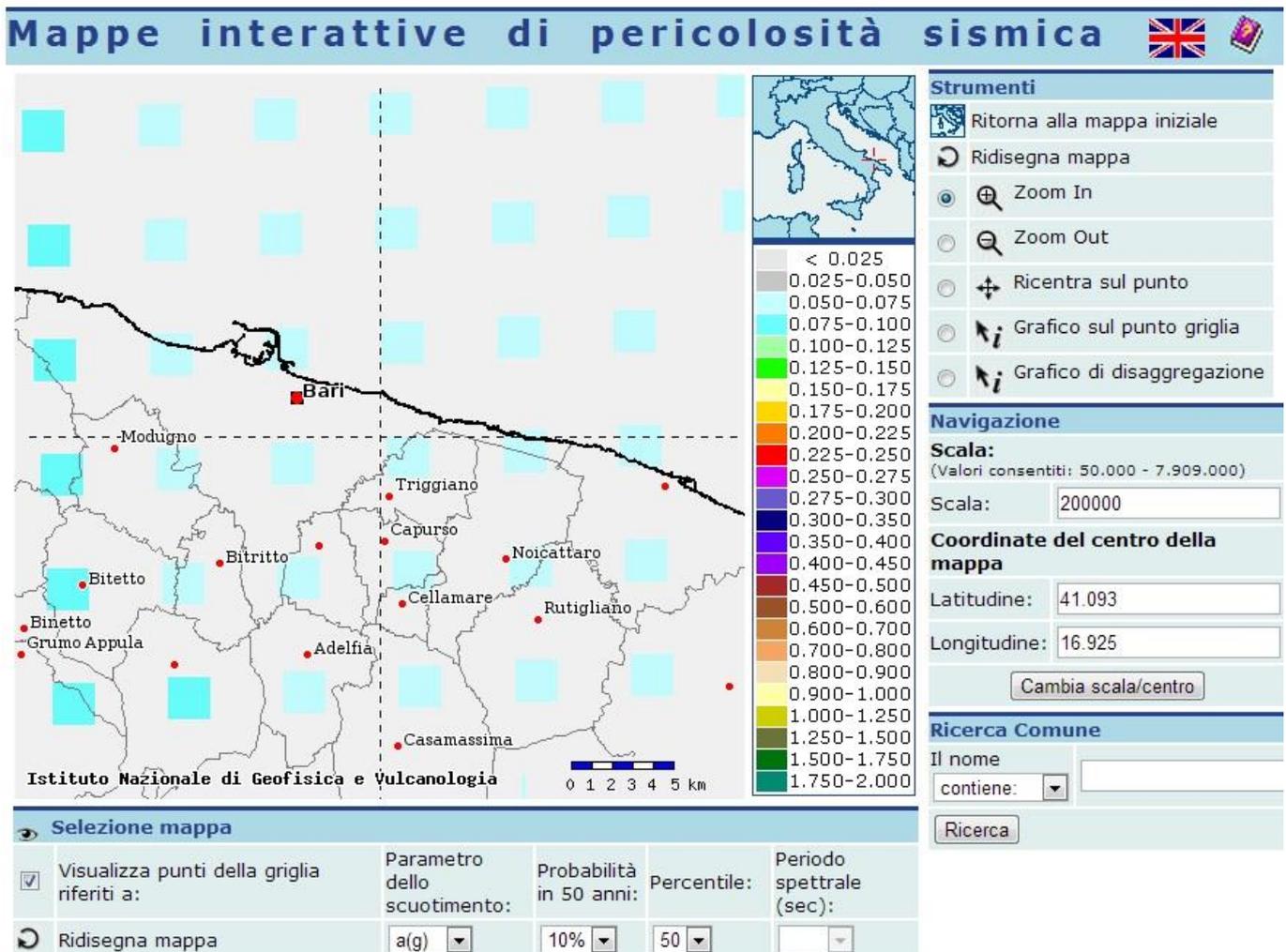


Figura 21 - Mappa di pericolosità sismica per l'area di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Infine, per quanto concerne le faglie capaci, il *database* del progetto ITHACA (*Italy HAZard from CAPable faults*) riporta la presenza di elementi tettonici lontano dall'area di studio, in regioni poste ad Ovest e a NW della stessa. Tali elementi sono relativi ai diversi domini strutturali che si trovano nelle adiacenze dell'area di studio e, in particolare, al fronte esterno dell'Appennino e la Linea Sud-Garganica. Questi elementi strutturali, quindi, non

interferiscono direttamente con il tracciato di progetto, ma sono comunque in grado di produrre eventi sismici di una certa importanza, con possibile risentimento nei settori di intervento.



Figura 22 - Stralcio corografico dell'area di interesse con indicazione schematica del tracciato di progetto (in nero) e delle faglie capaci (in rosso) (<http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>)

11.3 Pericolosità sismica

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico.

Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

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

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008).

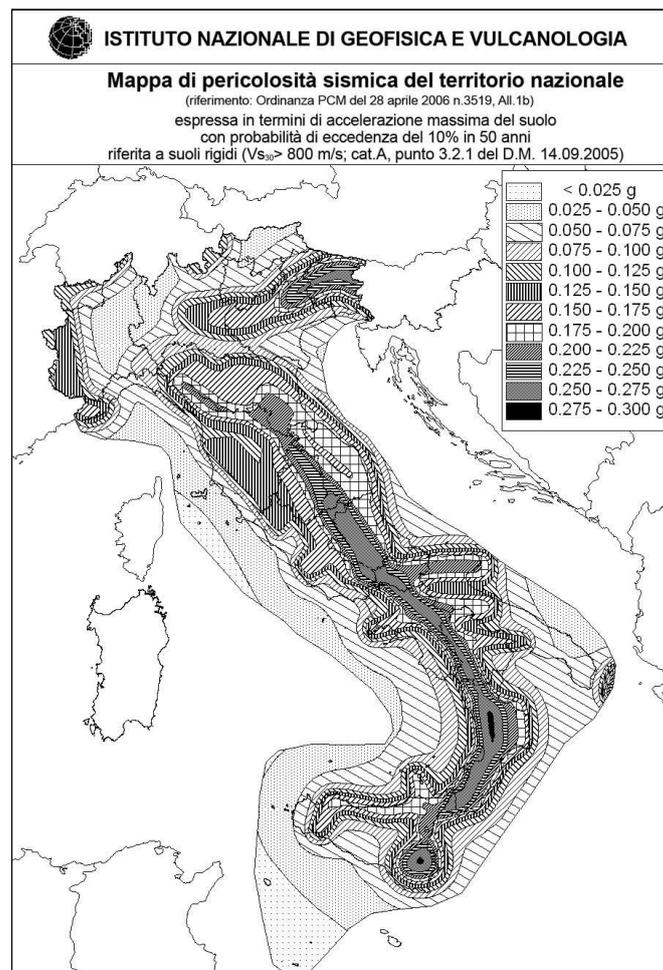


Figura 23 - Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (da INGV 2006).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Nuove Norme Tecniche per le

Costruzioni 2008 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475.

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

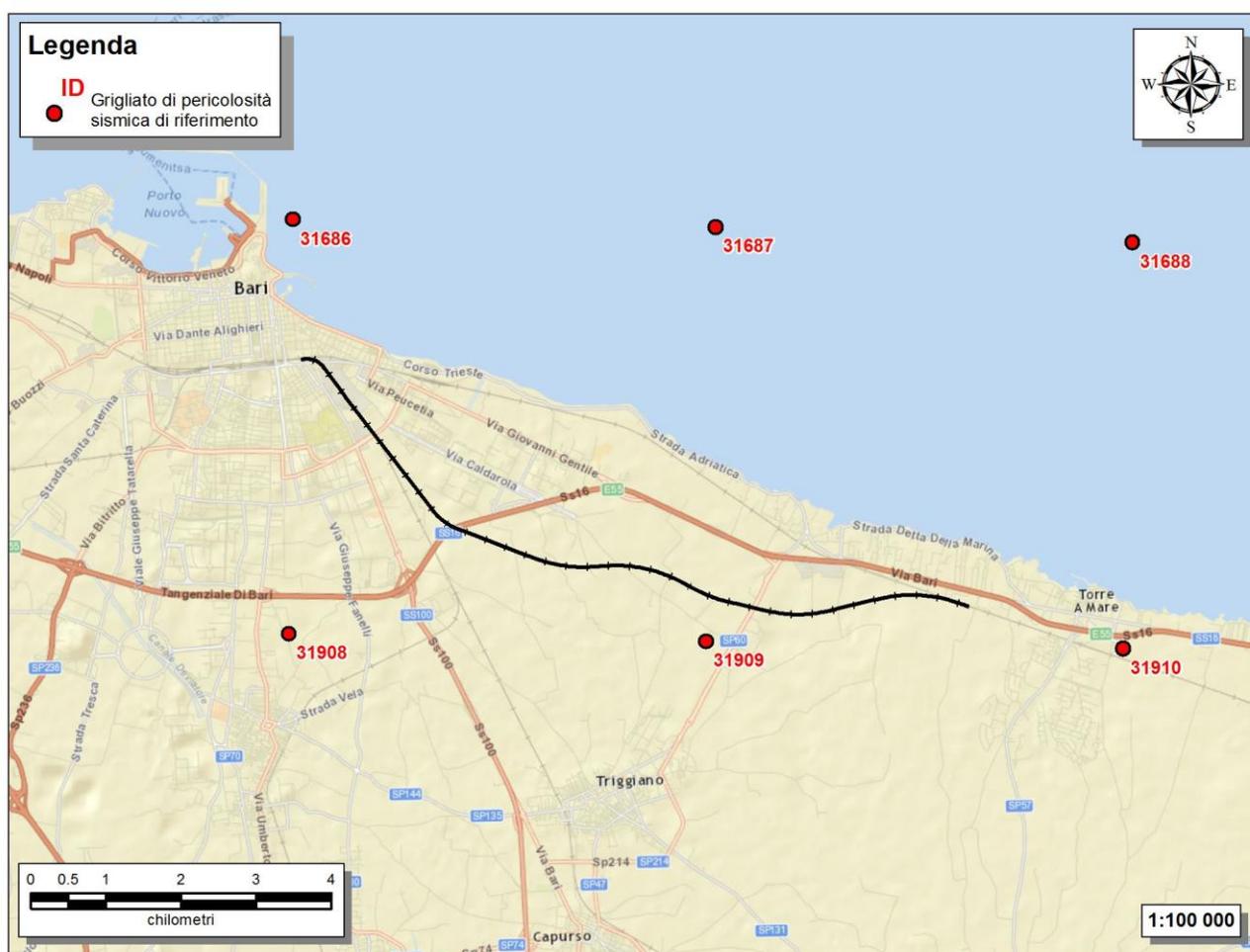


Figura 24 - Griglia di riferimento per il settore oggetto di studio, con individuazione del tracciato di progetto (in nero) e dei punti del grigliato scelti per l'analisi (in rosso).

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
31908	16.874	41.085	0.07	2.61	0.52
31686	16.876	41.135	0.0691	2.61	0.52
31909	16.94	41.083	0.0666	2.56	0.53
31687	16.943	41.133	0.0655	2.55	0.54

ID	Longitudine	Latitudine	a_g	F_0	T_c
31910	17.006	41.081	0.0597	2.7	0.54
31688	17.009	41.13	0.0591	2.67	0.54

Tabella 11 – Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni.

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale. La Nuova Normativa Tecnica per le Costruzioni prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 14/01/2008 – Capitoli 3.2 e 7.11), la determinazione del valore $V_{S,30}$, inteso come velocità media di propagazione delle onde di taglio (S) entro i primi 30 m di profondità, al di sotto del piano di fondazione.

In generale, tale determinazione può essere effettuata sia attraverso indagini di tipo geofisico, come le prospezioni sismiche MASW che forniscono indicazioni dirette relativamente al valore di $V_{S,30}$, sia mediante prove geotecniche dirette, come SPT foro e prove di laboratorio che consentono mediante correlazioni empiriche di risalire al valore di $V_{S,30}$. Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{S,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m;

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina);

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina);

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina);

E - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{S,30} > 800$ m/s).

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

S1 - Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{S,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche;

S2 - Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

In relazione alla campagna di indagini condotte ed alle specifiche prove a disposizione, le categorie di sottosuolo per l'area di intervento sono state definite in funzione delle n. 16 prove MASW e di n. 8 prove Down-Hole appositamente realizzate nell'area. Nella tabella seguente si riporta una sintesi delle prove effettuate, contenente i valori di $V_{s,30}$ determinati, la categoria di sottosuolo corrispondente e una sintesi dell'assetto litostratigrafico in corrispondenza della prova.

Sigla Prova	Tipologia prova	V_{s30} (m/sec)	Categoria suolo	Geologia
M01	MASW	1010	A	Depositi alluvionali su Calcarenite di Gravina e Calcarea di Bari
M02	MASW	1030	A	Calcarenite di Gravina su Calcarea di Bari
M03	MASW	1045	A	Depositi marini terrazzati su Calcarea di Bari
M05	MASW	1070	A	Calcarenite di Gravina su Calcarea di Bari
M06	MASW	1010	A	Calcarea di Bari
M07	MASW	1130	A	Calcarea di Bari
M08	MASW	1070	A	Calcarea di Bari
M09	MASW	1015	A	Calcarenite di Gravina su Calcarea di Bari
M9bis	MASW	1030	A	Calcarenite di Gravina su Calcarea di Bari
M10	MASW	970	A	Calcarea di Bari
M11	MASW	1035	A	Calcarenite di Gravina su Calcarea di Bari
M12	MASW	1025	A	Calcarenite di Gravina su Calcarea di Bari
M13	MASW	1000	A	Depositi alluvionali su Calcarea di Bari
M14	MASW	1050	A	Calcarea di Bari
M15	MASW	1090	A	Calcarea di Bari
M16	MASW	1050	A	Calcarea di Bari
D03	Down-Hole	958	A	Depositi marini terrazzati su Calcarea di Bari
D05	Down-Hole	1055	A	Calcarea di Bari
D08	Down-Hole	1050	A	Calcarea di Bari
D09	Down-Hole	996	A	Depositi alluvionali su Calcarea di Bari
D10	Down-Hole	960	A	Calcarenite di Gravina su Calcarea di Bari
D12	Down-Hole	1010	A	Calcarenite di Gravina su Calcarea di Bari

Sigla Prova	Tipologia prova	V _{s30} (m/sec)	Categoria suolo	Geologia
D14	Down-Hole	1080	A	Calcere di Bari
D16	Down-Hole	1035	A	Calcere di Bari

Tabella 12 – Tabella di sintesi delle indagini geofisiche realizzate, con indicazione dei valori di V_{s,30} ricavati, della relativa categoria di sottosuolo e dell’assetto litostratigrafico in corrispondenza delle prove.

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche condotte, tutti i settori di territorio investigati possono essere caratterizzati con una categoria di sottosuolo di tipo A (*Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi*), in quanto caratterizzati da valori di V_{s,30} mediamente compresi tra 960 e 1130 m/s.

12 CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

Nel corso dello studio sono state consultate ed analizzate tutte le indagini geognostiche appositamente realizzate nei settori di territorio interessati dagli interventi in progetto. L’analisi critica dell’intero *set* di dati derivanti dalle indagini di sito e dalle prove di laboratorio, condotte su campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno e roccia, ha permesso di configurare un quadro di conoscenze geologico-tecniche adeguato alla presente fase progettuale.

In relazione a quanto emerso dagli approfondimenti condotti, è stato possibile definire le principali caratteristiche fisico-meccaniche delle differenti unità geologiche intercettate dal tracciato di progetto. Nel seguito si riporta quindi una sintesi delle metodologie di analisi impiegate e, ovviamente, delle principali caratteristiche litotecniche delle unità geologiche di interesse.

12.1 Analisi dei dati

Le principali caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni in esame sono state determinate, in particolare, mediante un’analisi statistica dell’intero *set* di dati geotecnici a disposizione. Esso deriva ovviamente sia dalle numerose indagini di sito e di laboratorio appositamente condotte che dalle informazioni bibliografiche reperite per i termini litologici in questione. Per quanto riguarda l’analisi e l’interpretazione delle indagini geotecniche di sito e delle prove fisico-meccaniche di laboratorio, si sottolinea come la determinazione dei parametri di riferimento per le differenti unità litotecniche sia stata condotta utilizzando volta per volta tutti i dati disponibili. Ovviamente, nel corso delle verifiche si è cercato il più possibile di individuare ed isolare eventuali valori anomali riconducibili sia al particolare assetto litostratigrafico e, dunque, alla qualità dei campioni che alle modalità di esecuzione delle prove.

I *range* di valori proposti, dunque, risultano rappresentativi del comportamento medio dei terreni presenti nei diversi settori di intervento, limitatamente alle profondità investigate. La variazione dei valori proposti è riconducibile, ovviamente, sia all’eterogeneità di comportamento delle singole unità litotecniche che alla variazione di tali caratteristiche in relazione allo stato di alterazione/fessurazione dei materiali e alla profondità dal piano campagna dello specifico orizzonte litologico considerato.

Per la definizione delle caratteristiche litotecniche dei terreni di copertura, in relazione al ridotto numero di dati geotecnici disponibili, le analisi sono state condotte integrando gli stessi con dati bibliografici reperiti e sulla base delle caratteristiche macroscopiche e litologiche specifiche determinate da rilievi di campo e dall’esame diretto dei carotaggi. Per le unità a consistenza lapidea, invece, le caratterizzazioni sono state sviluppate mediante

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>RIASSETTO NODO DI BARI</p> <p>TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</p>					
	<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA</p>	<p>COMMESSA IA0D</p>	<p>LOTTO 00</p>	<p>CODIFICA D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 01 001</p>	<p>REV. A</p>

l'impiego del noto criterio di rottura di Hoek-Brown, per tensioni di confinamento compatibili con la tipologia di opere in progetto, e successivamente correlati ai più comuni parametri di resistenza di Mohr-Coulomb.

12.2 Unità litotecniche

Nelle pagine che seguono vengono proposti i *range* di variazione delle principali caratteristiche fisico-meccaniche dei termini litologici ascritti alle differenti unità individuate nell'area ed interessate dalle opere in progetto. Come detto, le caratterizzazioni proposte sono la sintesi critica dell'intero *set* di dati geotecnici a disposizione e sono indicative, quindi, del comportamento medio di ogni singola unità litotecnica, a meno di particolari anisotropie e disomogeneità di tipo sia litologico che meccanico.

Per ogni unità vengono forniti, quindi, tutti i parametri fisico-meccanici più rappresentativi ai fini progettuali, ovviamente distinti in relazione al tipo di comportamento meccanico medio (granulare o lapideo). In aggiunta, si riportano anche le principali caratteristiche litologiche delle varie unità, sempre con diretto riferimento a quanto riportato nelle cartografie tematiche in allegato alle presenti note.

12.2.1 Unità di substrato

Nel seguito, si riporta una dettagliata descrizione di tutte le unità litotecniche riferibili alle sequenze sedimentarie di substrato, compresi i parametri fisico-meccanici più rappresentativi dal punto di vista applicativo. Le parametrizzazioni fisico-meccanica di seguito riportate sono state basate sui dati delle prove di laboratorio condotte, sulle caratteristiche di fratturazione dell'ammasso registrate nei fori di sondaggio e sulle informazioni bibliografiche riportate in letteratura.

12.2.1.1 Calcare di Bari (CBA)

L'unità in questione, a comportamento prevalentemente lapideo, è rappresentata da calcari grigio chiaro e bianchi in strati di spessore decimetrico e metrico, con frequenti intercalazioni di calcari dolomitici e di dolomie grigie. Le perforazioni a carotaggio continuo hanno consentito di individuare solo locali vuoti e/o cavità carsiche con diametro massimo di circa 1m e sacche di terre rosse con spessore a luoghi superiore a 10 m circa (verticali SB2, SB5, SB6 e SB7).

I fenomeni carsici all'interno di questa unità sono particolarmente diffusi, anche se spesso difficilmente riconoscibili in superficie. Tali fenomeni sono spesso connessi alla presenza di fratture e discontinuità all'interno della successione carbonatica. Le cavità ipogee sono generalmente riempite da terre rosse e prodotti residuali, anche se non mancano cavità e vuoti di minori dimensioni privi di riempimento.

I parametri fisico-meccanici rappresentativi del comportamento litotecnico medio dell'unità possono essere riassunti come segue:

- Peso per unità di volume $\gamma_{nat} = 22.0 \div 23.0 \text{ kN/m}^3$
- Geological Strength Index $GSI = 40 \div 50$
- Resistenza a compressione roccia intatta $\sigma_c = 25 \div 40 \text{ MPa}$
- Costante della roccia intatta $m_i = 8 \div 10$
- Coesione ammasso $c' = 100 \div 200 \text{ kPa}$
- Angolo di attrito ammasso $\phi' = 45 \div 55^\circ$

Si sottolinea, ovviamente, che la presenza di terre rosse o cavità carsiche all'interno dell'ammasso, può portare ad un marcato scadimento delle caratteristiche fisico-meccaniche precedentemente descritte. In particolare, nel caso di spessi orizzonti di terre rosse o riempimenti detritici di cavità ipogee, in fase di analisi si dovranno tenere in debita considerazione le caratteristiche litologiche e tessiturali dei suddetti depositi. Questi generalmente sono rappresentati da sabbie e limi debolmente argillosi di colore rossastro, con ghiaie e blocchi calcarei eterometrici, da angolosi a sub-arrotondati. Localmente si rinvencono, inoltre, passaggi di limi argilloso-sabbiosi di colore rossastro e ghiaie calcaree fortemente eterometriche con abbondante matrice argilloso-limosa e limoso-sabbiosa nocciola. Si presentano come depositi consistenti o ben addensati.

12.2.1.2 Calcareniti di Gravina (GRA)

La presente unità, a comportamento essenzialmente lapideo, è formata da calcareniti e calciruditi, da poco a moderatamente cementate, di colore nocciola-rossastro o giallo-biancastro, contenenti lamellibranchi, gasteropodi, anellidi, echinidi, alghe rosse, foraminiferi bentonici e più raramente foraminiferi planctonici. Localmente, alla base, si osservano limi e sabbie limose di colore rossastro e calcisiltiti poco cementate.

I parametri fisico-meccanici rappresentativi del comportamento litotecnico medio dell'unità possono essere riassunti come segue:

- | | |
|--|---|
| • Peso per unità di volume | $\gamma_{\text{nat}} = 17.0 \div 18.0 \text{ kN/m}^3$ |
| • Geological Strength Index | $\text{GSI} = 40 \div 50$ |
| • Resistenza a compressione roccia intatta | $\sigma_c = 5 \div 10 \text{ MPa}$ |
| • Costante della roccia intatta | $m_i = 10 \div 12$ |
| • Coesione ammasso | $c' = 40 \div 70 \text{ kPa}$ |
| • Angolo di attrito ammasso | $\phi' = 40 \div 50^\circ$ |

12.2.2 *Unità di copertura*

Nelle pagine che seguono vengono descritte, nel dettaglio, tutte le unità litotecniche riferibili ai depositi continentali e marini di copertura, compresi i parametri fisico-meccanici più rappresentativi dal punto di vista applicativo. Le parametrizzazioni fisico-meccanica di seguito riportate sono state basate, come detto, sui dati bibliografici presenti in letteratura e sulle principali caratteristiche litologiche derivanti dal rilevamento di superficie e dalle indagini geognostiche a disposizione.

12.2.2.1 Depositi marini terrazzati (dmt)

Questa unità, a comportamento essenzialmente granulare o pseudo-lapideo, è formata da calcareniti ben cementate e molto porose, con laminazione obliqua a vario angolo e spessore massimo di qualche metro. Altrove si rinvencono limi laminati fossiliferi con intercalati straterelli di calcare nodulare con fossili, passanti verso l'alto a sabbie ben classate con granuli arrotondati e prive di matrice. Localmente, infine, sono presenti limi e sabbie fini con ciottoli calcarenitici alla base, alternati a straterelli di calcari micritici che nella parte bassa diventano più frequenti e ricchi in bioclasti.

In via cautelativa e in virtù della eterogeneità granulometrica e litologica, per tale unità si è scelto di non prendere in considerazione la frazione lapidea e di considerare unicamente la frazione sabbioso-ghiaiosa granulare mediamente o ben addensata. I parametri fisico-meccanici rappresentativi del comportamento litotecnico medio di questa unità possono essere così riassunti:

- Peso per unità di volume $\gamma_{\text{nat}} = 19.5 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$
- Densità relativa $D_r = 40 \div 60 \%$
- Coesione efficace $c' = 5 \div 10 \text{ kPa}$
- Angolo di attrito efficace $\phi' = 29 \div 32^\circ$

12.2.2.2 Depositi alluvionali attuali e recenti (**al**)

La suddetta unità, a comportamento granulare, è formata da ghiaie essenzialmente calcaree in matrice limoso-argillosa di colore bruno-rossastro, da scarsa ad abbondante.

I parametri fisico-meccanici rappresentativi del comportamento litotecnico medio di questa porzione possono essere riassunti come segue:

- Peso per unità di volume $\gamma_{\text{nat}} = 18.5 \div 19.5 \text{ kN/m}^3$
- Densità relativa $D_r = 30 \div 50 \%$
- Coesione efficace $c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$
- Angolo di attrito efficace $\phi' = 26 \div 29^\circ$

13 CRITICITÀ E DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

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.

13.1 Criticità geologiche

Dal punto di vista geologico, in relazione al locale assetto litostratigrafico e strutturale, non sono da segnalare elementi di particolare criticità per le opere in progetto. Senza dubbio rappresenta un elemento di attenzione la sismicità attuale della regione pugliese, per questo specifico aspetto si rimanda a quanto riportato nel Capitolo 10 "Sismicità dell'area", dove sono descritte in maniera dettagliata le caratteristiche sismogenetiche dell'area ed i principali elementi di pericolosità dal punto di vista sismico.

Per quanto concerne l'assetto litostratigrafico del settore di specifico interesse, i principali elementi di criticità geologica sono connessi con la presenza localizzata di depositi continentali e marini quaternari in copertura sul locale substrato calcareo e calcarenitico. Infatti sia i depositi alluvionali attuali e recenti (**al**) che i depositi marini terrazzati (**dmt**) presentano una marcata eterogeneità, sia dal punto litologico che per quanto concerne le caratteristiche fisico-meccaniche.

Inoltre il substrato dell'area, rappresentato dai calcari di Bari, è caratterizzato dalla localizzata presenza di vuoti e/o cavità di origine carsica. Generalmente tali cavità sono riempite di depositi residuali, terre rosse costituite da argille limose e limi sabbiosi con frequenti ghiaie calcaree. I depositi residuali intercettati dalle indagini dirette eseguite evidenziano una discreta eterogeneità granulometrica e si presentano consistenti o ben addensati. Infine le indagini dirette realizzate hanno evidenziato la presenza solo sporadica di vuoti non riempiti di depositi residuali, di potenza mediamente inferiore al metro e posti a profondità generalmente superiori a 5 m dal p.c., che sono stati segnalati nel profilo geologico elaborato nell'ambito dello studio (cfr. allegato Carta geologica e profilo geologico IA0D 00 D 69 G5 GE 0001 001 A/002 A). Nel corso degli approfondimenti progettuali che seguiranno il presente

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	RIASSETTO NODO DI BARI					
	TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA IA0D	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 50 di 57

studio e al fine di verificare e definire puntualmente la presenza di cavità nel sottosuolo in relazione alle specifiche opere in previsione, si potrà eseguire una campagna di prospezioni geoelettriche ad integrazione delle indagini dirette già eseguite e da eseguirsi, in particolare in quei settori dove le indagini disponibili hanno consentito di evidenziare la presenza di cavità.

13.2 Criticità geomorfologiche

Sotto il profilo geomorfologico, l'area di studio non presenta elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, in quanto l'assetto morfologico prevalentemente sub-pianeggiante e la presenza in affioramento di litotipi a comportamento lapideo inibiscono di fatto lo sviluppo di fenomeni erosivi o di dissesto. Gli unici elementi geomorfologici di una certa rilevanza sono rappresentati, infatti, dalle scarpate di erosione fluviale che bordano gli impluvi dei principali corsi d'acqua dell'area. Tali elementi comunque sono caratterizzati da una debole evoluzione morfologica e, in relazione all'assetto geologico-strutturale dell'area, non rappresentano degli elementi di criticità per le opere in progetto.

13.3 Criticità idrogeologiche

Per quanto concerne gli aspetti connessi con la circolazione delle acque nel sottosuolo, si evidenzia la presenza costante di una falda di base all'interno del locale substrato calcareo, posta a quote prossime a quella del livello del mare. I dati piezometrici a disposizione confermano la presenza di una falda continua nell'acquifero rappresentato dall'unità dei Calcari di Bari.

Nell'area è presente una generale e diffusa intrusione delle cuneo salino delle acque marine verso l'interno, che determina un marcato incremento della salinità delle acque di falda. In relazione allo sviluppo del tracciato le opere previste non interferiscono in maniera diretta con la falda presente nel locale substrato.

Gli acquiferi presenti nel settore di studio non sono oggetto di sfruttamento intensivo o di rilevanza strategica va, comunque, segnalata la presenza di sporadici pozzi ad uso generalmente irriguo. L'acquifero calcareo, in relazione all'elevata permeabilità dei terreni presenti nell'area, presenta un'elevata vulnerabilità e, dunque, la progettazione degli interventi dovrà consentire di minimizzare l'impatto specifico sia in fase di cantierizzazione sia in fase di esercizio e, in particolare, nel settore più settentrionale dell'intervento e in quelli di fondo valle dove la vulnerabilità degli acquiferi risulta più elevata in relazione alla ridotta soggiacenza.

13.4 Descrizione dei settori d'intervento

Le analisi condotte e le ricostruzioni degli assetti geologico-strutturali riportati in carta hanno permesso di definire, in maniera commisurata al grado di approfondimento del progetto in corso, il contesto geologico di riferimento e tutti gli elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. Nelle pagine che seguono viene quindi analizzato l'intero settore di intervento, opportunamente suddiviso in tratti omogenei dal punto di vista litostratigrafico, strutturale, geomorfologico e idrogeologico. Per ogni singolo tratto, in particolare, vengono descritte tutte le principali caratteristiche geologiche *s.l.* e gli aspetti più salienti ai fini progettuali.

Nel seguito, si fa quindi esplicito riferimento a quanto riportato nell'apposita cartografia tematica ed al profilo longitudinale ricostruito lungo l'asse del tracciato ferroviario (cfr allegati Carta geologica e profilo geologico IA0D 00 D 69 G5 GE 0001 001 A/002 A e Carta dei complessi idrogeologici e profilo idrogeologico IA0D 00 D 69 G5 GE 0002 001 A/ 002 A. In particolare, per quanto concerne le unità geologiche presenti nei vari settori di interesse, si riportano direttamente i nomi e le sigle contenute nelle diverse cartografie geologiche

	RIASSETTO NODO DI BARI					
	TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA IA00	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 51 di 57

realizzate a corredo della presente relazione. Infine, per quanto riguarda gli spessori e l'assetto delle singole unità litostratigrafiche, si fa riferimento ai dati contenuti negli studi bibliografici a disposizione e alle risultanze delle diverse indagini geognostiche appositamente realizzate lungo il tracciato in esame.

13.4.1 Tratto compreso tra il km 0+000 e il km 0+930

Il tratto in questione si colloca nella porzione più a nord dell'area di studio, a quote comprese tra i 4.4 ed i 6.2 m circa s.l.m. Il tracciato in esame attraversa, per buona parte del suo sviluppo, la formazione delle Calcareniti di Gravina (**GRA**) con potenza di circa 5.0-6.0 metri. Nella parte finale il tratto in questione è interessato dai depositi alluvionali (**al**), che presentano uno spessore variabile tra 4.0 e 3.0 m circa, posti in copertura sui depositi delle Calcareniti di Gravina.

Dal punto di vista geomorfologico, l'unico elemento potenziale criticità è rappresentato dagli alvei in approfondimento intercettati ai km 0+703 e 0+827. Sotto il profilo idrogeologico, invece, il settore si caratterizza per la presenza di una falda libera all'interno dell'acquifero calcareo e calcarenitico di base, con superficie piezometrica posta a quote inferiori a 1.0 m s.l.m.. Questa porzione di tracciato è caratterizzato, dunque, dalla presenza di complessi idrogeologici ad elevata permeabilità, ascritti alle calcareniti di Gravina (**CCG**) e al sottostante complesso idrogeologico dei Calcari di Bari (**CCB**). In virtù dell'assetto idrogeologico delineato le opere in progetto non interferiscono direttamente con la falda che, in relazione alla permeabilità elevata dei terreni affioranti e subaffioranti e alla specifica soggiacenza, presenta una elevata vulnerabilità.

13.4.2 Tratto compreso tra il km 0+930 e il km 1+445

Questo tratto, nel settore più settentrionale dell'area dell'area d'intervento, impegna quote variabili tra i 5.6 ed i 19.3 m circa s.l.m. Il tratto in questione interessa, interamente, i terreni olocenici dei depositi marini terrazzati (**dmt**). Tali litotipi sono caratterizzati da spessori generalmente compresi tra 1.3 e 10.0 m circa. Inoltre, nella stessa area i depositi marini terrazzati ricoprono con contatto erosivo un lembo poco esteso delle Calcareniti di Gravina (**GRA**), che presenta uno spessore molto ridotto, massimo di 2÷3 m, e i Calcari di Bari (**CBA**), che rappresentano il locale substrato geologico.

Per quanto concerne gli aspetti geomorfologici, non sono presenti elementi di potenziale criticità per le opere in progetto.

Sotto il profilo idrogeologico anche in questo settore è stata individuata una falda con superficie posta circa alla quota del livello del mare, confinata nell'acquifero carbonatico dei Calcari di Bari (**CCB**). In questo settore il tracciato intercetta in maniera diretta il complesso idrogeologico dei depositi marini terrazzati (**Cdm**) a permeabilità generalmente bassa e non interferisce in maniera diretta con la falda dell'acquifero carbonatico posta a profondità superiori a 7 m dal p.c.. In virtù dell'assetto idrogeologico delineato le opere in progetto non interferiscono direttamente con la falda che, in relazione alla permeabilità dei terreni affioranti e subaffioranti e alla specifica soggiacenza, presenta una discreta vulnerabilità.

13.4.3 Tratto compreso tra il km 1+445 e il km 2+200

La porzione di tracciato in esame ricade a quote comprese tra i 13.0 ed i 17.4 m circa s.l.m. Il tracciato in progetto intercetta i litotipi delle Calcareniti di Gravina (**GRA**), con una potenza massima di circa 3.3 m, posti in appoggio discordante sui Calcari di Bari (**CBA**).

Dal punto di vista geomorfologico, nel tratto in esame non sono presenti particolari elementi di pericolosità. Anche in questo settore è presente una falda confinata nell'acquifero carbonatico di base, complesso idrogeologico dei Calcari di Bari (**CCB**), con superficie posta a quote prossime al livello del mare, inferiori a 1 m s.l.m.. Le opere in progetto impegnano direttamente il complesso idrogeologico delle Calcareniti di Gravina (**CCG**), a permeabilità generalmente bassa ma variabile in relazione al grado di fratturazione ed alterazione. Il tracciato non interferisce in maniera diretta con la falda dell'acquifero carbonatico posta a profondità superiori a 12 m dal p.c..

13.4.4 Tratto compreso tra il km 2+200 e il km 5+265

Il presente tratto ricade nella porzione centro-settentrionale del settore di interesse, a quote variabili tra i 4.3 ed i 40.0 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, per gran parte del suo sviluppo, i litotipi calcarei dei Calcari di Bari (**CBA**). In corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area, Torrente Valenzano e Lama San Marco, si rinvencono locali depositi alluvionali (**al**), con uno spessore massimo di circa 3.2 m. Infine, in corrispondenza della tangenziale est, sono presenti locali coperture di riporto antropico. Le indagini condotte hanno consentito di individuare alcune cavità vuote, con potenza di poco superiore al metro, e cavità riempite da depositi residuali con potenza variabile fino a circa 10 m., all'interno dell'unità dei Calcari di Bari (**CBA**). In particolare il sondaggio SB5 ha intercettato una cavità non riempita tra 7.10 e 8.20 m dal p.c., il sondaggio SB6 ha intercettato due cavità riempite con depositi residuali tra le profondità 4.3÷6.3 e 10.1÷22.2 m dal p.c. e, infine, il sondaggio SB7 ha intercettato due cavità non riempite tra le profondità 14.0÷14.5 m e 23.0÷24.0 m dal p.c..

Sotto il profilo geomorfologico gli elementi di potenziale criticità per le opere in progetto sono rappresentati da due alvei in approfondimento presenti all'altezza del km 2+443 e del km 3+377. I corsi d'acqua, in particolare il Torrente Valenzano, sono caratterizzati da sponde laterali con scarpate in erosione. Ad ogni modo questi elementi presentano debole evoluzione morfologica e non rappresentano elementi di particolare criticità per le opere in progetto. Il tratto in esame ricade lungo la fascia del substrato caratterizzato da deboli deformazioni plastiche, con successioni di blande pieghe, anticlinali e sinclinali, che coinvolgono le successioni carbonatiche e presentano direzione dell'asse circa WNW-ESE.

Dal punto di vista idrogeologico, si sottolinea ancora una volta la presenza di una falda con superficie posta a quote comprese tra 0.5 e 2.0 m s.l.m., confinata nell'acquifero carbonatico di base. Le opere in progetto interessano in maniera diretta il complesso idrogeologico dei Calcari di Bari (**CCB**), a medio alta permeabilità, e solo localmente i depositi alluvionali (**Ca**) con bassa permeabilità. In virtù dell'assetto idrogeologico delineato le opere in progetto non interferiscono direttamente con la falda che, ad ogni modo, in relazione alla specifica permeabilità dei terreni affioranti e subaffioranti e alla locale soggiacenza presenta una vulnerabilità variabile da discreta ad elevata.

13.4.5 Tratto compreso tra il km 5+265 e il km 7+535

Il tratto in questione si colloca nella porzione centrale dell'area di studio, a quote variabili tra i 20.0 ed i 35.0 m circa s.l.m.. In questo settore affiorano diffusamente le Calcareniti di Gravina (**GRA**), con potenza ridotta variabile mediamente compresa tra 2 e 6 m, poste in appoggio discordante sui Calcari di Bari (**CBA**). Il substrato geologico dell'area, rappresentato dai Calcari di Bari (**CBA**), affiora solo localmente e, in corrispondenza dei principali corsi d'acqua, è coperto in affioramento da esigue coltri continentali in facies alluvionale. Le indagini condotte hanno consentito di individuare alcune cavità vuote, con potenza inferiore al metro, all'interno dell'unità dei Calcari di Bari (**CBA**). In particolare il sondaggio SB10 ha intercettato una cavità non riempita tra 14.30 e 15.00 m dal p.c. e il sondaggio SB11 ha intercettato una cavità tra le profondità 28.5 e 28.8 m dal p.c..

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	RIASSETTO NODO DI BARI					
	TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA IA0D	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 53 di 57

Dal punto di vista geomorfologico, non sono presenti elementi di particolare criticità per le opere in progetto. Solo in corrispondenza del corso d'acqua denominato Lama Cutizza alla progressiva km 6+590 circa, dove è prevista un'opera di scavalco con luci di 20 m, sono presenti orli di scarpate fluviali in erosione. L'intensità evolutiva di tale forma è, ad ogni modo, molto ridotta e dunque non determina criticità di rilievo per le opere in progetto. Nella parte iniziale del tratto in questione è presente una faglia diretta presunta o sepolta, che taglia il tracciato in progetto con direzione NW-SE.

Sotto il profilo idrogeologico l'acquifero calcareo di base (**CCB**) è sede di una falda libera con superficie posta molto prossima al livello del mare a profondità dal p.c. sempre maggiori di 18 m. In virtù dell'assetto idrogeologico delineato le opere in progetto non interferiscono direttamente con la falda che, in relazione all'elevata permeabilità dei terreni affioranti e subaffioranti e alla specifica soggiacenza, presenta una discreta vulnerabilità.

13.4.6 Tratto compreso tra il km 7+535 e il km 10+193

Il tratto finale del tracciato in studio si colloca in una fascia di territorio che si distribuisce a quote comprese tra i 8.0 ed i 23.0 m circa s.l.m. In questa porzione di territorio il tracciato in progetto intercetta in affioramento prevalentemente i termini lapidei dei Calcari di Bari (**CBA**). Solo localmente sono presenti in affioramento i termini delle Calcareniti di Gravina (**GRA**) in appoggio discordante sui Calcari di Bari. In particolare tra le progressive km 9+150÷9+450, dove presentano potenza molto ridotta e compresa tra 0.5 e 2.0 m, e tra le progressive km 9+850÷10+193 con potenza variabile tra 1 e 4 m circa. Inoltre in corrispondenza del principale corso d'acqua del settore, denominato Lama S. Giorgio, sono presenti depositi continentali in facies alluvionale (**al**). Questi presentano uno spessore massimo di circa 3.5 m e sono posti in appoggio, con contatto erosivo, sui termini dei Calcari di Bari. Le indagini condotte hanno consentito di individuare alcune cavità vuote, con potenza di circa un metro, e cavità riempite da depositi residuali con potenza variabile fino a circa 10 m., all'interno dell'unità dei Calcari di Bari (**CBA**). In particolare il sondaggio SB16 ha intercettato una cavità non riempita tra 5.00 e 6.00 m dal p.c. e una riempita con depositi residuali tra le profondità 14.1 e 24.3 m dal p.c.

Dal punto di vista geomorfologico, gli unici elementi di potenziale criticità sono rappresentati dalla presenza di forme di erosione fluviale in corrispondenza delle scarpate laterali lungo le sponde dei canali principale e secondario di Lama S. Giorgio. Tali forme presentano, ad ogni modo, una ridotta intensità in termini evolutivi e dunque non rappresentano elementi di particolare criticità per le opere in progetto. In corrispondenza dello scavalco sul corso d'acqua, al km 7+745 circa, è prevista la realizzazione di un viadotto con appoggio delle spalle proprio in corrispondenza dei settori interessati dai fenomeni di erosione lineare lungo le scarpate fluviali.

Gli studi condotti dal punto di vista idrogeologico, evidenziano anche in questo settore la presenza di una falda con superficie libera e confinata nell'acquifero carbonatico relativo al complesso idrogeologico dei Calcari di Bari (**CBB**). La falda presenta una superficie molto prossima al livello del mare, posta a profondità mediamente superiori a 15 m dal p.c., solo in corrispondenza del fondovalle di Lama S. Giorgio la soggiacenza si riduce a circa 6 m dal p.c.. In virtù dell'assetto idrogeologico delineato le opere in progetto non interferiscono direttamente con la falda che, ad ogni modo, in relazione all'elevata permeabilità dei terreni affioranti e subaffioranti e alla specifica soggiacenza presenta una discreta vulnerabilità.

14 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

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

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

Baratta M. (1901) – *I terremoti d'Italia*. Arnaldo Forni, Bologna.

Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G. & Valensise G. (1995) – *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.c. al 1980*. ING-S.G.A., Bologna, 970 pp., con database su CD-ROM.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise L. & Gasperini P. (2000) – *Catalogue of strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997*. Annali di Geofisica, **43**, 609-868.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G. & Gasperini P. (1997) – *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 aC al 1980*. ING-SGA, Bologna.

Bosellini A. (1991) – *Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche*. Italo Bovolenta Editore, Ferrara.

Bosellini A., Mutti E. & Ricci Lucchi F. (1989) – *Rocce e successioni sedimentarie*. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Brady B.H.G. & Brown E.T. (2006) – *Rock mechanics for underground mining*. Springer.

Brown E.T. (2002) – *A brief history of the development of the Hoek-Brown failure criterion*. Rocsciences Inc..

Bruschi A. & Crippa A. (2012) – *Prove geotecniche di laboratorio. Guida pratica per la soluzione delle problematiche interpretative e di previsione geotecnica*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Bruschi A. (2004) – *Meccanica delle rocce nella pratica geologica ed ingegneristica*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

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

Budhu M. (2007) – *Soil mechanics and foundations (2nd edition)*. Wiley, New York.

Butler B.C.M. & Bell J.D. (1996) – *Lettura e interpretazione delle carte geologiche*. Zanichelli Editore, Bologna.

Caldara M. (1987) – *Segnalazione di Pliocene medio e superiore nelle Murge settentrionali (Puglia)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **106**, 153-162.

Casadio M. & Elmi C. (1999) – *Il manuale del geologo*. Pitagora Editrice, Bologna.

Casati P. (1991) – *Scienze della terra*. Città Studi Edizioni.

Castello B., Selvaggi g., Chiarabba c. & Amato a. (2006) – *CSI, Catalogo della sismicità italiana 1981-2002, versione 1.1*. INGV-CNT, Roma. <http://www.ingv.it/CSI/>.

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

Celico P. (1986) – *Prospezioni idrogeologiche*. Liguori Editore, Napoli.

Cestari F. (1996) – *Prove geotecniche in situ*. Italgrafica Segale, Segrate.

Ciaranfi N., Pieri P. & Ricchetti G. (1988) – *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centromeridionale)*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 65-72.

	RIASSETTO NODO DI BARI					
	TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA IA0D	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 55 di 57

CNR-PFG (1985) – *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. In: Postpischl D. (ed), CNR-PFG V. 2B, Bologna.

Cornell C.A. (1968) – *Engineering seismic risk analysis*. Bulletin of Seismological Society of America, **58**, 1583-1606.

Cotecchia V., Ferrari G., Fidelibus C., Lenti V., Polemio M. & Tavolini T. (1991) – *Perturbazioni antropiche irreversibili delle caratteristiche chimico-fisiche dell'acquifero sottostante la città di Bari*. Atti del IV Workshop del P.S. CNR "Clima Ambiente e Territorio nel Mezzogiorno", 11-14 novembre 1991, Lecce.

Cotecchia V., Limoni P.P. & Polemio M. (1999) – *Identification of typical chemical and physical conditions in apulian groundwater (southern Italy) through well multi-parameter logs*. XXXIX IAH Congress, Hydrogeology and Land Use Management.

Cremonini G. (1994) – *Rilevamento geologico. Realizzazione e interpretazione delle carte geologiche*. Pitagora Editrice, Bologna.

DISS Working Groupe (2010) – *Database of individual Seismogenic Sources (DISS)*, version 3.1.1., disponibile in internet all'indirizzo <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.html>.

Dramis F. & Bisci C. (1997) – *Cartografia geomorfologica. Manuale di introduzione al rilevamento ed alla rappresentazione degli aspetti fisici del territorio*. Pitagora Editrice, Bologna.

Faccioli E. & Paolucci R. (2005) – *Elementi di sismologia applicata all'ingegneria*. Pitagora Editrice, Bologna.

Galadini F., Meletti C. & Vittori E. (2000) – *Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie. Risultati del progetto 5.1.2. "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili"*, CNE Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 1-30.

Gasparini P. & Mantovani M.S.M (1984) – *Fisica della terra solida*. Liguori Editore, Napoli.

GNDT (1996) – *Zonazione sismogenetica del territorio nazionale ed aree limitrofe ZS 4.0*. Atti del Convegno Annuale del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, **1**, 119-135.

Gonzalez de Vallejo L.I. (2005) – *Geoingegneria*. Pearson Education Italia, Milano.

Grassi D. (1973) – *Fondamentali aspetti dell'idrogeologia carsica della Murgia (Puglia) con particolare riferimento al versante adriatico*. Geologia Applicata e Idrogeologia, **8**, 285-313.

Gruppo di Lavoro CPTI (1999) – *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. ING, GNDT, SGA, SSN. 92 pp.

Gruppo di Lavoro CPTI (2004) - *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04)*. INGV, Bologna.

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

Hoek E. Brown E.T. (1997) – *Practical estimates of rock mass strength*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, **34**, 203-215.

Iannone A. & Pieri P. (1979) – *Considerazioni critiche sui "tufo calcarei" delle Murge*. Geografia Fisica e Dinamica del Quaternario, **2**, 173-186.

Iannone A. & Pieri P. (1982) – *Caratteri neotettonici delle Murge*. Geologia Applicata e Idrogeologia, **17**, 147-159.

Iannone A., Luperto Sinni E. & Pieri P. (1979) – *Considerazioni stratigrafiche, sedimentologiche e micropaleontologiche su una successione cenomaniana del "Calcarea di Bari" (Murge occidentali)*. Studi Geologici e Morfologici sulla Regione Pugliese, **9**, 28 pp.

ISPRA (2012) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50,000. Foglio 438 (Bari)*. Servizio Geologico d'Italia.

	RIASSETTO NODO DI BARI					
	TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA IA0D	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 56 di 57

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

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

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

Meletti C. & Montaldo V. (2007) – *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag*. Progetto DPC-INGV S1.

Meletti C. & Valensise G. (2004) – *Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo*. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Meletti C., Patacca E. & Scandon P. (2000) – *Construction of a seismo-tectonic model: the case of Italy*. Pure and Applied Geophysics, **157**, 11-35.

Morbidelli (2003) – *Le rocce e i loro costituenti*. Bardi Editore, Roma.

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

Ogniben L. (1969) – *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. Memorie della Società Geologica Italiana, **8**, 453-763.

Panizza M. (1993) – *Geomorfologia applicata. Metodi di applicazione alla Pianificazione territoriale e alla Valutazione d'Impatto Ambientale*. La Nuova Italia Scientifica, Roma.

Pasquarè G., Abbate E., Castiglioni G.B., Merenda M., Mutti E., Ortolani F., Parotto M., Pignone R., Polino R. & Sassi F.P. (1992) – *Carta geologica d'Italia 1:50.000, Guida al Rilevamento*. Quaderni serie III, **1**, 203 pp.

Patacca E. & Scandone P. (2007) – *Geology of the Southern Apennines*. Bollettino della Società Geologica Italiana, Spec. Issue **7**, 75-119.

Pieri P., Sabato L. Spalluto L. & Tropeano M. (2012) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50,000. Foglio 438 Bari*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Polemio M. & Dragone V. (1999) – *Serie storiche piezometriche delle unità idrogeologiche pugliesi: regime piezometrico, effetti climatici ed antropici*. Atti del 3° Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee il III Millennio, 13-15 ottobre, Parma.

Postpischl D. (1985) – *Catalogo dei forti terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. CNR, Progetto Finalizzato Geodinamica.

Regione Puglia (2005) – *Piani Stralcio per l'Assetto Idrogeologico*. L.R. 18.05.199 n. 183.

Regione Puglia (2005) – *Piano di Tutela delle Acque*. SOGESID S.p.A., Servizio Tutela Acque Regione Puglia.

Ricchetti G. (1972) – *Osservazioni geologiche e morfologiche preliminari sui depositi quaternari affioranti nel Foglio "Brindisi"*. Bollettino della Società Naturalistica di Napoli, **81**, 543-566.

Ricchetti G. (1975) – *Nuovi dati stratigrafici sul Cretaceo delle Murge, emersi da indagini nel sottosuolo*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **94**, 1083-1108.

Ricchetti G., Ciaranfi N., Luperto Sinni E., Monelli F. & Pieri P. (1988) – *Geodinamica ed evoluzione stratigrafico-tettonica dell'avampaese apulo*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 57-82.

Ricci Lucchi F. (1980) – *Sedimentologia*. Cooperativa Libreria Universitaria Editrice, Bologna.

	<p>RIASSETTO NODO DI BARI</p> <p>TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</p>												
<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA00</td> <td>00</td> <td>D 69 RG</td> <td>GE 00 01 001</td> <td>A</td> <td>57 di 57</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA00	00	D 69 RG	GE 00 01 001	A	57 di 57
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA00	00	D 69 RG	GE 00 01 001	A	57 di 57								

Scesi L., Papini M. & Gattinoni P. (2003) – *Geologia applicata*. Casa Editrice Ambrosiana, Milano.

Stucchi M., Camassi R., Rovida A., Locati M., Ercolani E., Meletti C., Migliavacca P., Bernardini F. & Azzaro R. (2007) – *DBMI04, il Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04*.

Tucker M.E. (1996) – *Rocce sedimentarie. Guida alla descrizione sugli affioramenti rocciosi*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Valensise G. & Pantosti D. (2001) – *The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review*. *Journal of Seismology*, **5**, 287-306.

Zeza F. (1975) – *Valutazione geologico tecnica degli ammassi rocciosi carsificati con particolare riferimento alle aree carsiche pugliesi*. *Memorie della Società Geologica Italiana*, **14**, 9-34.