

COMMITTENTE:



**DIREZIONE INVESTIMENTI  
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI  
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA**

PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA  
U.O. GEOLOGIA**

**PROGETTO ESECUTIVO**

### RIASSETTO NODO DI BARI

TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE  
Ottemperanza alle prescrizioni Delibera CIPE n. 1 del 28/01/2015

OPERE DI VIABILITA': VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA

SCALA:

-

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

I A 1 U 0 2 E 6 9 R G G E 0 0 0 1 1 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autore	Data
A	Emissione definitiva	R. BRIGANTI		R. BRIGANTI		F. GERONONE		F. MARCHESI	

File IA1U 02 E69 RG GE0001 101 0.docx

n. Elab

**ITALFERR S.p.A.**  
Dot. Geologo Francesco MARCHESI  
Resp. UO GEOLOGIA  
Ordine Geologi Lazio n. 179 ES

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	SCOPO DEL DOCUMENTO .....	4
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	4
4	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA .....	5
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE.....	7
5.1	EVOLUZIONE GEOLOGICA .....	7
5.2	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE .....	10
5.3	CARATTERISTICHE STRUTTURALI .....	11
6	ASSETTO GEOLOGICO LOCALE.....	12
6.1	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO.....	13
6.1.1	<i>Calccare di Bari (CBA)</i> .....	13
6.1.2	<i>Calcarenite di Gravina (GRA)</i> .....	13
6.1.3	<i>Depositi alluvionali attuali e recenti (al)</i> .....	13
6.2	ASSETTO STRUTTURALE .....	134
7	ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE.....	15
8	ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE.....	17
8.1	DATI IDROGEOLOGICI DI BASE .....	17
8.2	COMPLESSI IDROGEOLOGICI .....	18
8.3	CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO .....	19
8.4	VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI ALL'INQUINAMENTO.....	22
9	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	24
10	SISMICITÀ DELL'AREA.....	27
10.1	SISMICITÀ STORICA .....	30
10.2	SISMICITÀ ATTUALE .....	34
10.3	PERICOLOSITÀ SISMICA .....	36

11	CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICO-TECNICA .....	40
11.1	ANALISI DEI DATI .....	40
11.2	UNITÀ LITOTECNICHE .....	41
11.2.1	<i>Unità di substrato</i> .....	41
11.2.2	<i>Unità di copertura</i> .....	42
12	POTENZIALI CRITICITÀ .....	42
12.1	CRITICITÀ GEOLOGICHE .....	43
12.2	CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE .....	43
12.3	CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE .....	43
13	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....	44

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RIASSETTO NODO DI BARI</b></p> <p><b>TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b></p> <p><b>VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI</b></p>					
	<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA</p>	<p>COMMESSA IA1U</p>	<p>LOTTO 02</p>	<p>CODIFICA E 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 00 01 101</p>	<p>REV. A</p>

## 1 PREMESSA

Nell'ambito dell'esecuzione dello studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico per la Progettazione Esecutiva relativa al progetto di "Riassetto Nodo di Bari - Tratta a Sud di Bari: Variante di tracciato tra Bari Centrale e Bari Torre a Mare – Variante altimetrica Tangenziale di Bari", 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.

## 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai documenti predisposti per la Progettazione Preliminare e la Progettazione Definitiva del Riassetto del Nodo di Bari – Variante di tracciato tra Bari centrale e Bari Torre a Mare ed in particolare a:

- Relazioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche;
- Carte e Profili geologici, geomorfologici ed idrogeologici a scala 1:10000/1000 e a scala 1:5000/500;
- Carte della macrozonazione sismica a scala 1:25000;
- Carta di vulnerabilità dell'acquifero a scala 1:10000;
- Stratigrafie sondaggi - Prove in foro - Documentazione fotografica;
- Indagini geofisiche;
- Certificati prove geotecniche di laboratorio.

#### 4 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 e Triggiano.

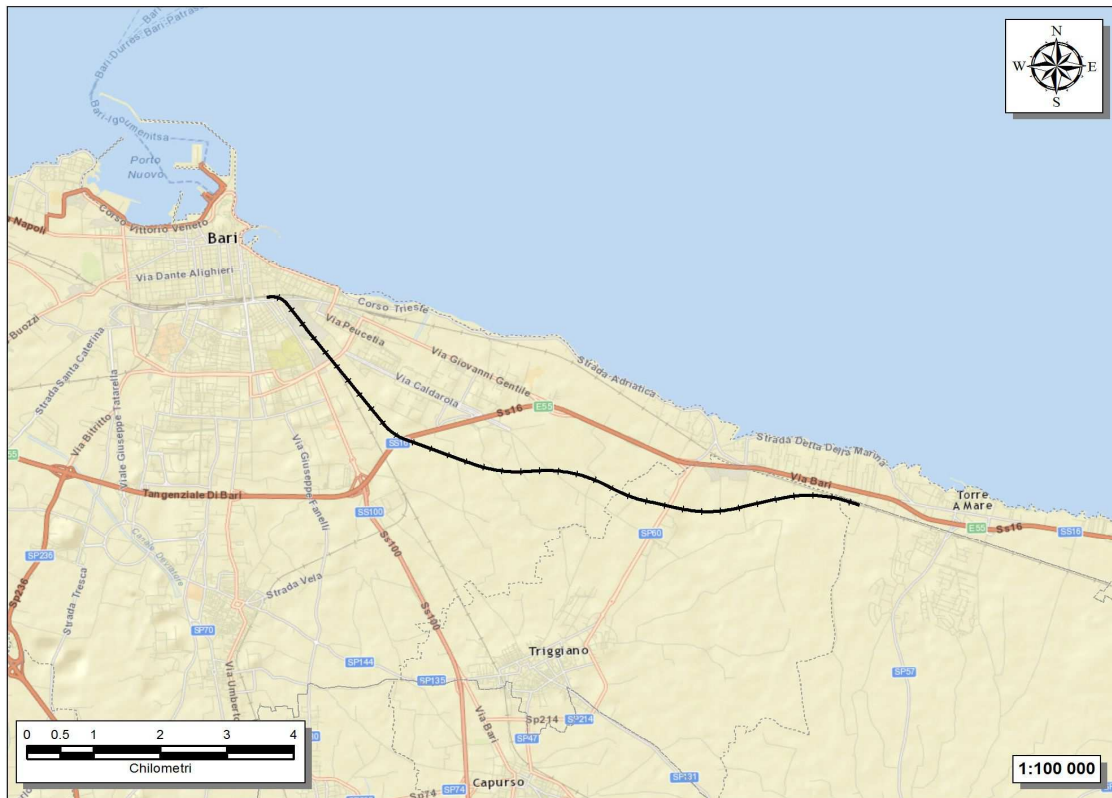


Figura 1 – Corografia in scala 1:100000 dell'area di stretto interesse progettuale, con individuazione del tracciato ferroviario di progetto (in nero).



Figura 1 bis – Inquadramento territoriale

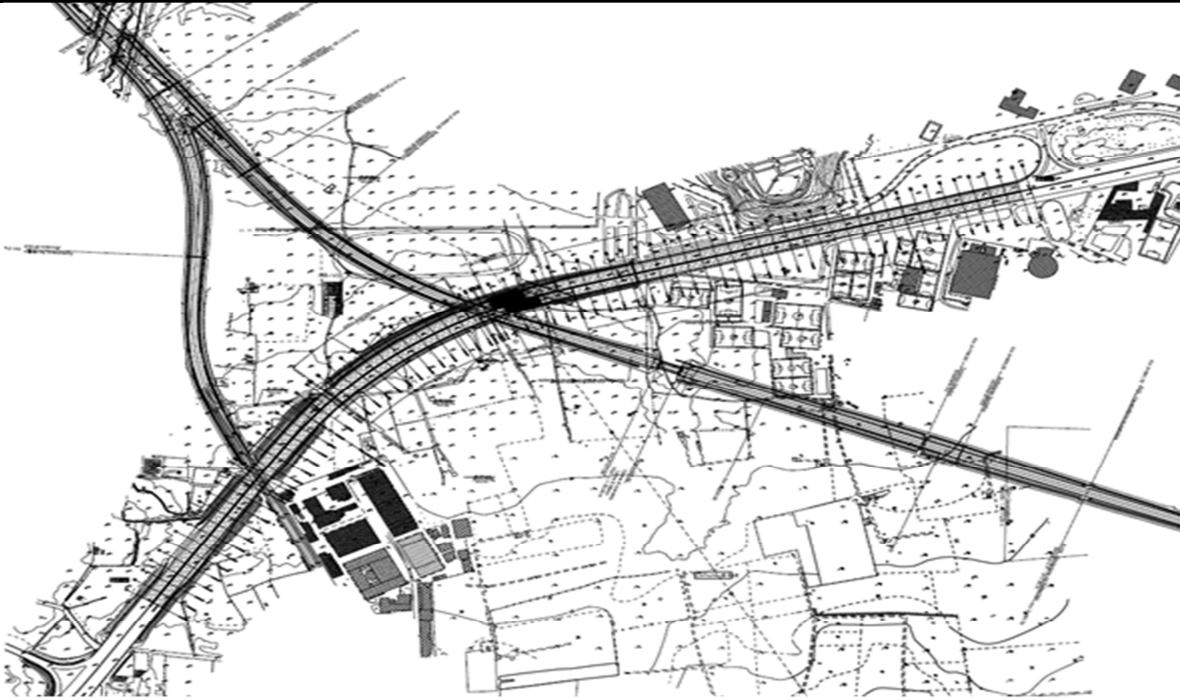


Figura 1 ter – Variante altimetrica SS 16



Figura 2 – Immagine da Google con delimitazione dell'area interessata dall'intervento progettuale.

	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b> <b>TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> <b>VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA <b>IA1U</b>	LOTTO 02	CODIFICA E 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 101	REV. A

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, che incidono debolmente il substrato calcareo carbonatico dell'area.

## 5 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.

### 5.1 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.

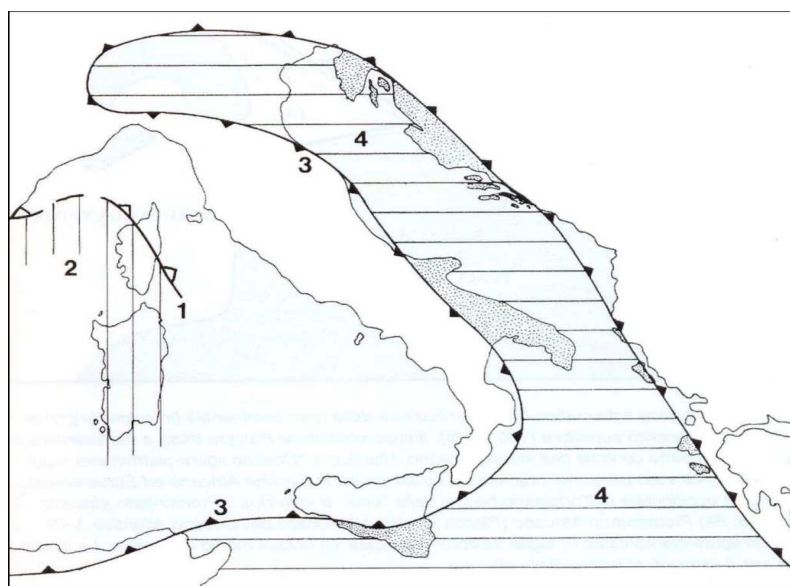


Figura 3 – Schema strutturale dei rapporti tra i domini di avampaese e di catena nell'area del Mediterraneo centrale (da Ricchetti et al. 1998, modificato): 1) fronte di sovrascorrimento della Catena Alpina; 2) Avampaese Europeo (rigato verticale); 3) fronte di sovrascorrimento della Catena Appenninico-Maghrebide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

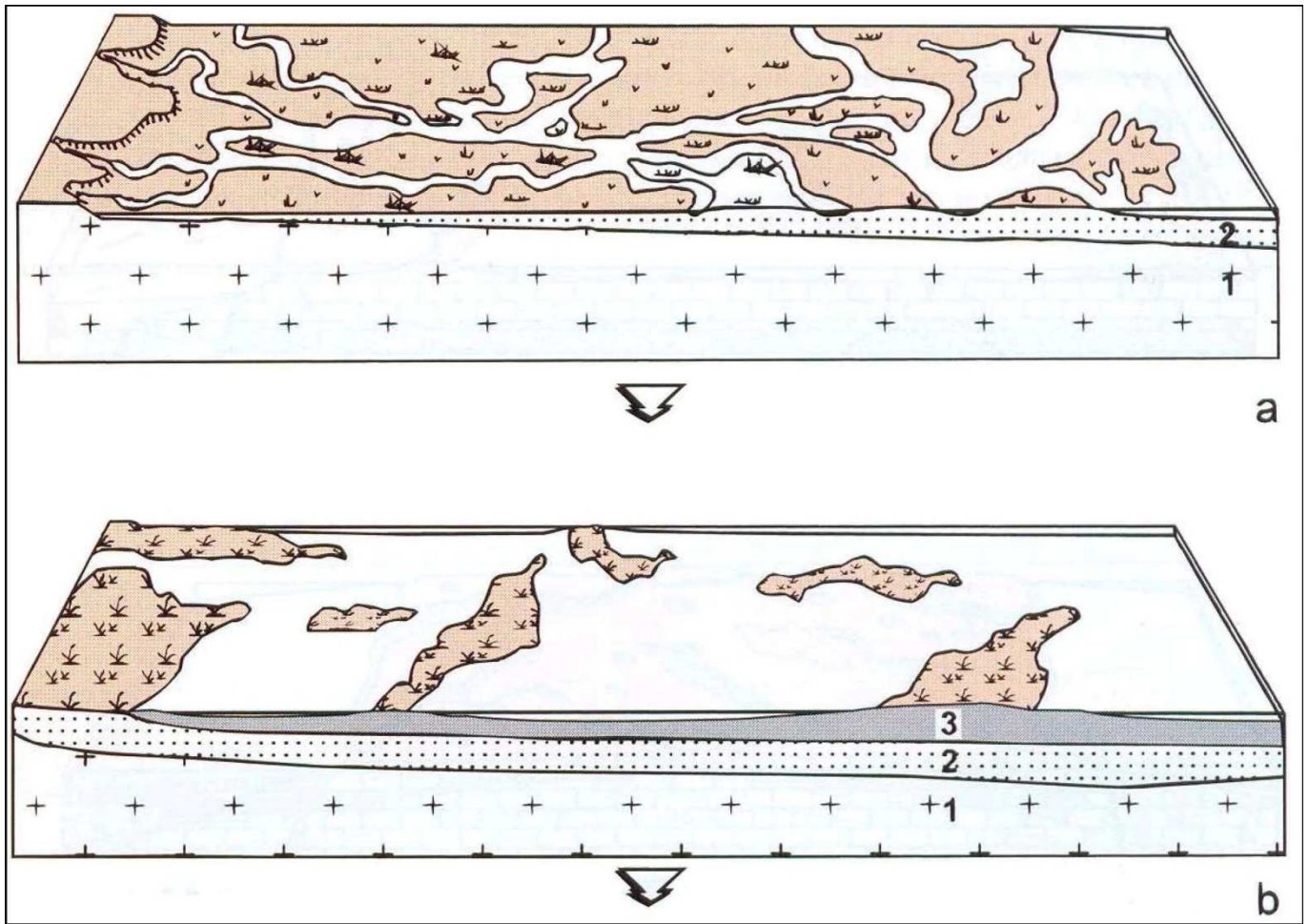


Figura 4 – Rappresentazione schematica dell'evoluzione geologica e geografica del margine settentrionale del Paleocontinente Africano (promontorio africano) tra il Paleozoico superiore e il Mesozoico inferiore.

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 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.

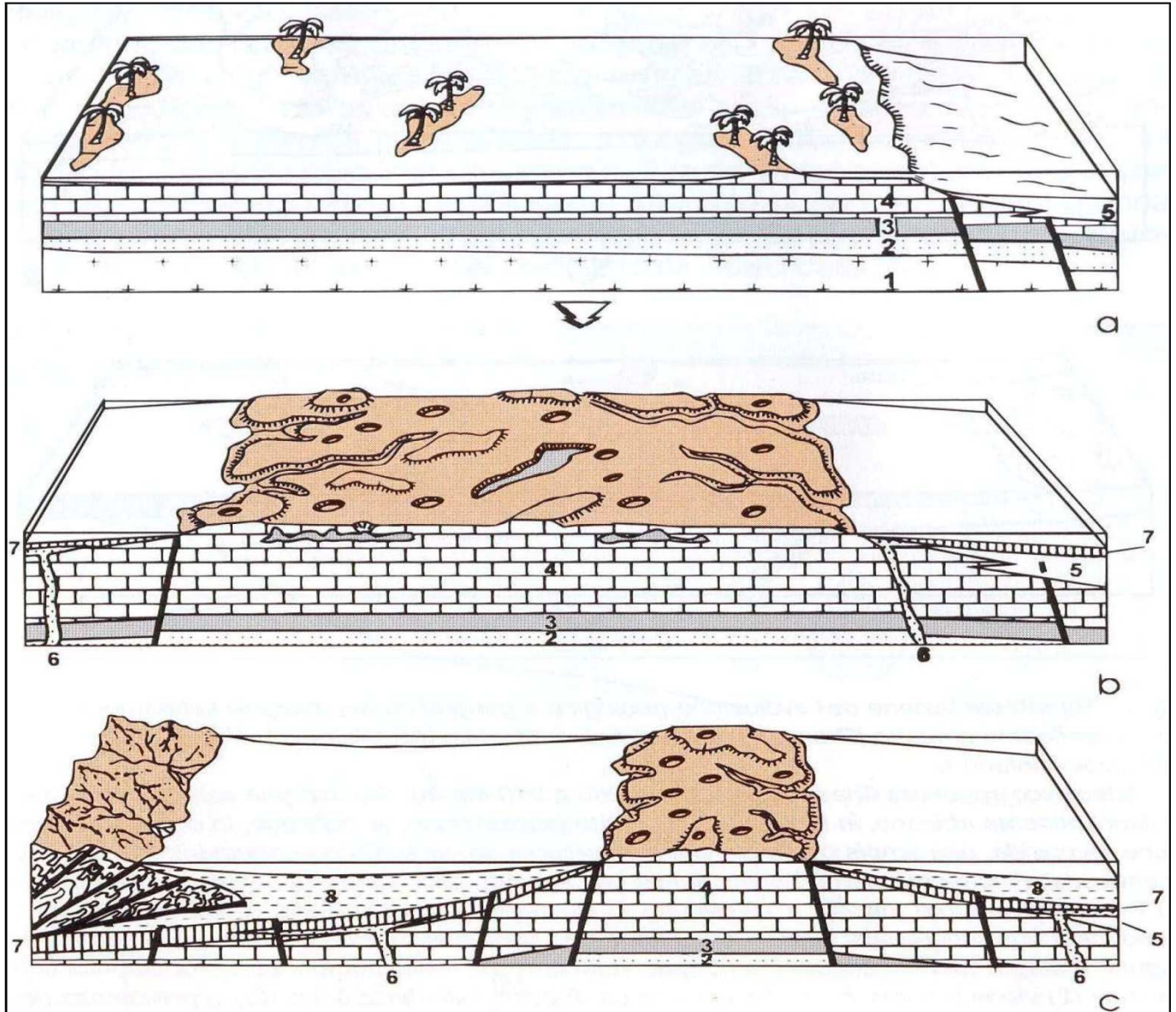


Figura 5 - Rappresentazione schematica dell'evoluzione geologica e geografica dell'attuale territorio pugliese dal Mesozoico al Neozoico.

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'inflexione 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*).

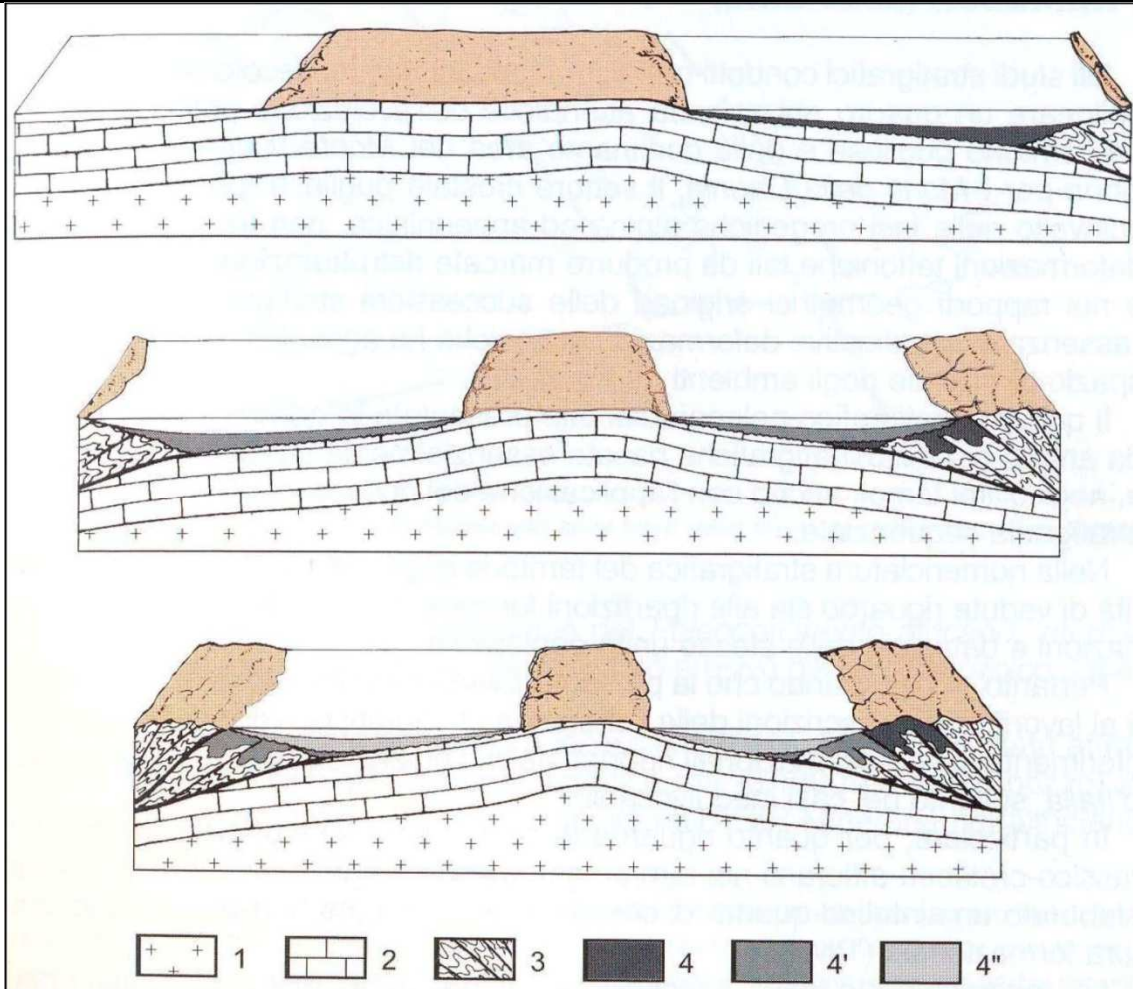


Figura 6 - Schema evolutivo dell'avanzamento convergente della Catena Appenninica (a sinistra) e di quella Dinarica (a destra) sulla Placca Apula, con concomitante migrazione delle relative avanfosse e progressivo inarcamento dell'Avampaese Apulo.

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.

## 5.2 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 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.

- **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 grigio 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 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) 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.
  - **Calcarenite di Gravina** (*Gelasiano? – Calabriano*): la sequenza è 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.
- **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.

### 5.3 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.

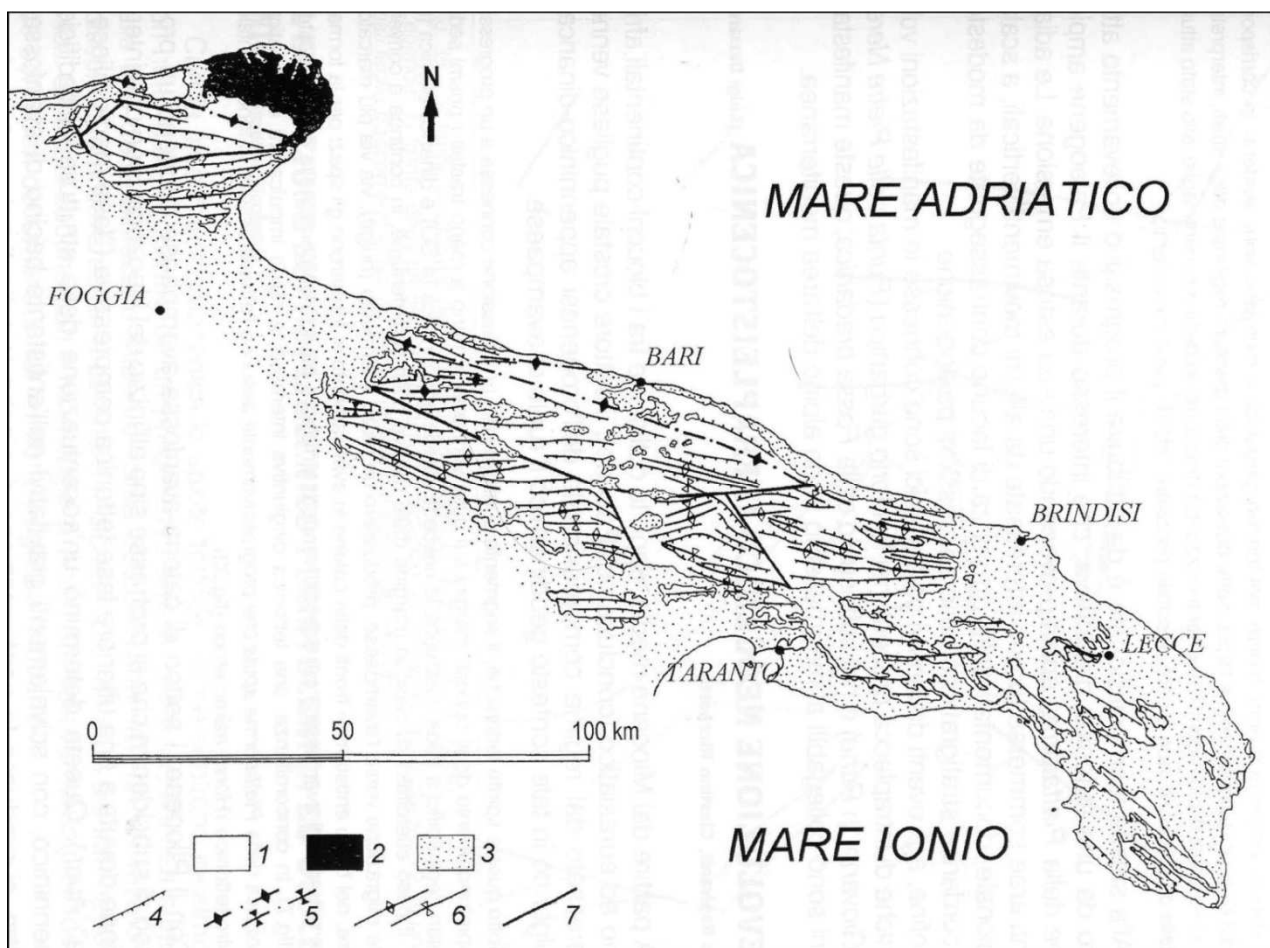


Figura 7 – Schema tettonico dell'Avampaese Apulo (Ricchetti et al. 1988, modificato): 1) formazioni carbonatiche di laguna e di margine della Piattaforma Apula (Giurassico superiore – Cretaceo); 2) formazioni di pendio e di bacino della Piattaforma Apula (Giurassico superiore - Cretaceo); 3) coperture 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.

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.

## 6 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.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b> <b>TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> <b>VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 101	REV. A

## 6.1 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 tre 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.

### 6.1.1 *Calccare 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.

### 6.1.2 *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 Calccare di Bari. L'unità presenta uno spessore massimo di circa 20 m ed è riferibile al periodo Gelasiano? – Calabriano.

### 6.1.3 *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.

## 6.2 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 Calcere 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 Calcere di Bari.

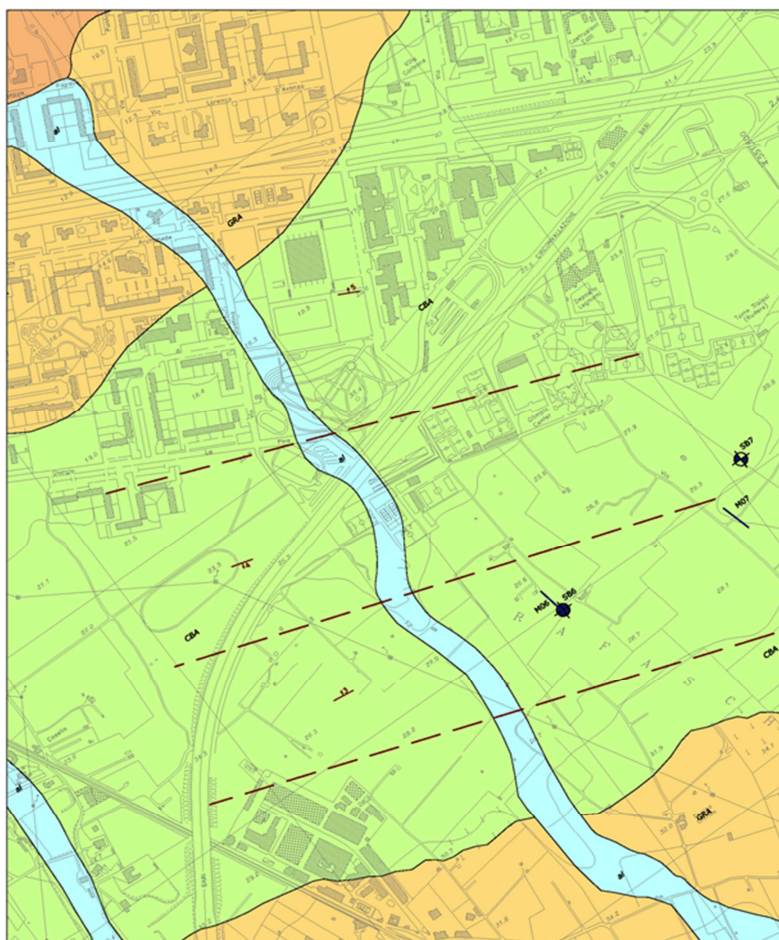










Figura 8 – Stralcio della Carta Geologica dell'area dell'intervento progettuale e relativa legenda

**LEGENDA**

Pleistocene sup. - Olocene	al	<b>DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI</b>
		<p><b>Depositi alluvionali attuali e recenti.</b></p> <p>Ghiaie composte da ciottoli calcarei in matrice limoso-argillosa, più o meno abbondante, di colore bruno-rossastro. Lo spessore massimo è di circa 10m nelle zone più prossime al mare. Pleistocene superiore - Olocene</p>
Pliocene sup. - Pleistocene inf.	GRA	<b>UNITÀ DELLA FOSSA BRADANICA</b>
		<p><b>Calcarei di Gravina.</b></p> <p>Calcarei e calcinuzzi 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 a calcilitti poco cementate. L'ambiente di sedimentazione è di piattaforma ma alla base, localmente, è di arena alluvionale passante a laguna sommersa. Il limite inferiore è incerto sul Calcere di Bari. Lo spessore massimo è di circa 20 m. Gelasiano? - Colobriano</p>
Cenozoico	CBA	<b>UNITÀ DELLA PIATTAFORMA CARBONATICA APULA</b>
		<p><b>Calcere di Bari.</b></p> <p>Calcarei grigio chiaro e bianchi in strati di spessore decimetrico e metrico la tessitura prevalentemente fango-scoriuto e subordinatamente grano-scoriuto con frequenti intercalazioni di calcari dolomitici e di dolomie grigie. Si riconoscono foraminiferi bentonici e lamellibranchi (rudisti), interi o in frammenti. Sono presenti locali vuoti o/o cavità carsiche con diametro massimo di 1m e sacche di ferro rosse con spessore a luoghi superiore ai 10m circa. L'ambiente di sedimentazione è di piattaforma interna. Limiti inferiore e superiore non affioranti. Rappresenta il substrato su cui poggiano in discordanza tutte le unità più recenti. Lo spessore affiorante è di circa 150m. Albano inferiore p.p. - Cenomaniano superiore</p>
<b>SIMBOLOGIA</b>		
 Limite litologico		
 Faglia diretta sepolta e o sepolta		
 Traccia del piano assiale di articolazione, in tratteggio se sepolta o incerta.		
 Traccia del piano assiale di sinclinale, in tratteggio se sepolta o incerta.		
 Strati con giacitura sub-orizzontale		
 Giacitura degli strati con indicazione dei gradi dell'inclinazione		
 Corso d'acqua effimero		
 Strutture s/o depositi antropici		

## 7 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 l'area oggetto dell'intervento progettuale si sviluppa su una porzione di territorio pressoché tabulare o al più blandamente degradante verso il Mare Adriatico.

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.

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.

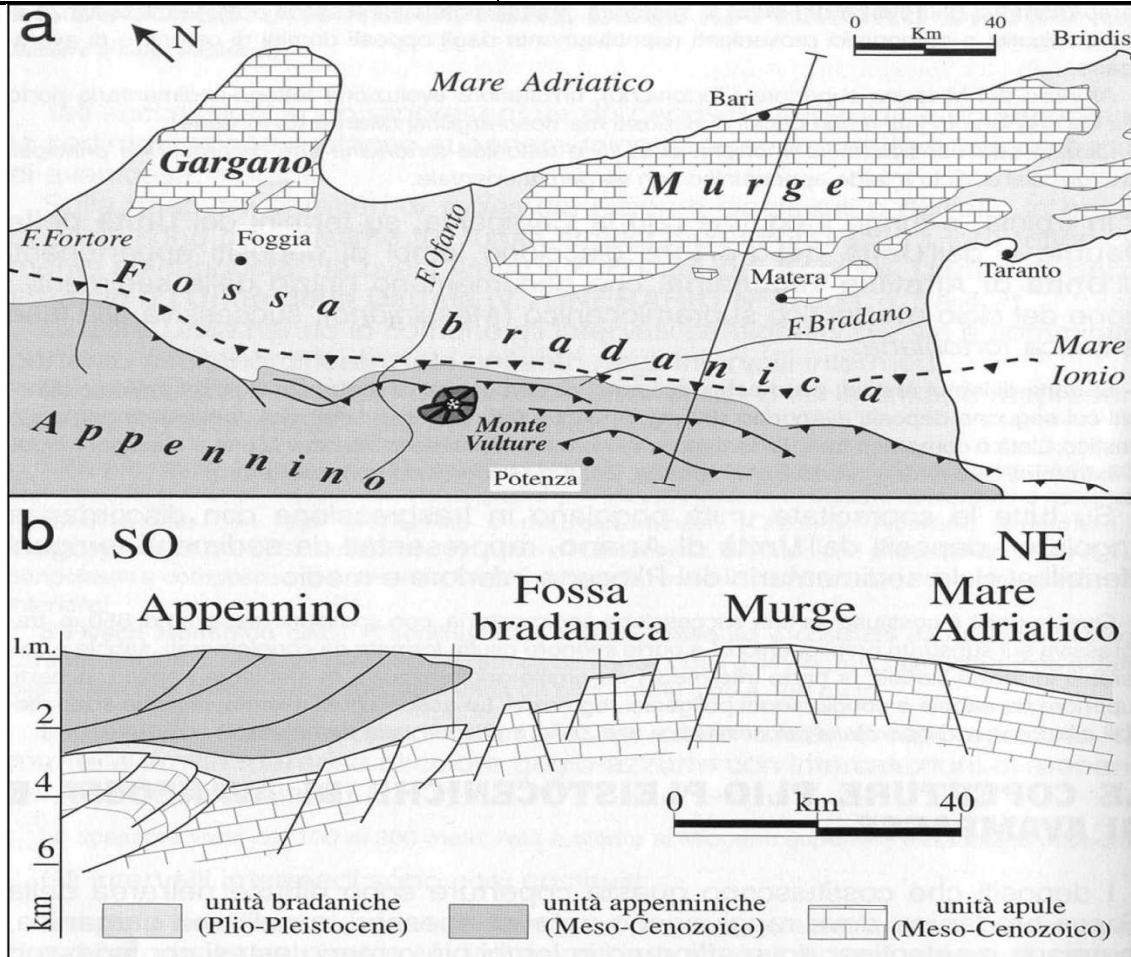


Figura 9 – Assetto geologico e morfologico della regione pugliese e del territorio murgiano.

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 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



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b> <b>TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> <b>VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA <b>IA1U</b>	LOTTO 02	CODIFICA E 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 101	REV. A

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).

## 8 ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE

L'approfondimento idrogeologico 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.

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.

### 8.1 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.)
XIA32R004	Preliminare	19.00	15.40	16.14	-0.74
SB7	Definitivo	30.00	29.80	28.70	1.10
S4	Definitivo	30.00	28.00	25.30	2.70 *
S5	Definitivo	30.00	27.70	25.40	2.30 *
S8	Definitivo	30.00	25.40	23.60	1.80 *
S9	Definitivo	30.00	23.90	21.90	2.00 *

Tabella 1 – Monitoraggio piezometrico condotto sulle strumentazioni installate nei fori di sondaggio del progetto preliminare e del progetto definitivo. – Le misure indicate con l'asterisco \* sono riferite a valori registrati durante la perforazione del sondaggio.

Inoltre, per poter definire le caratteristiche di permeabilità dei principali corpi idrogeologici presenti nell'area di intervento, sono state condotte n. 6 prove di permeabilità (tipo Lefranc e Lugeon) in corrispondenza delle verticali dei sondaggi indicati in Tabella 2. 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)	Prova	Unità geologica di riferimento
XIA32R004	Preliminare	5.50-6.50	8.1E-04	Lefranc	Calccare di Bari
SB7	Definitivo	12,50 - 13,50	3,10E-05	Lugeon	Calccare di Bari
S4	Definitivo	12.00-15.00	6,90E-06	Lugeon	Calccare di Bari
S5	Definitivo	16.00-19.00	9,37E-06	Lugeon	Calccare di Bari
S8	Definitivo	15.00-18.00	5,13E-06	Lugeon	Calccare di Bari
S9	Definitivo	12.00-14.00	4,44E-06	Lugeon	Calccare di Bari

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

## 8.2 Complessi idrogeologici

Nell'area in esame sono stati 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 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 prove di permeabilità realizzate nei fori di sondaggio. 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 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.

### 8.3 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 10 – Stralcio della Carta Idrogeologica dell'area dell'intervento progettuale e relativa legenda

COMPLESSO IDROGEOLOGICO		UNITÀ GEOLOGICA	TIPO DI PERMEABILITÀ	GRADO DI PERMEABILITÀ (m/s)					
Descrizione				Porosità	Fessurazione	Carsismo	10 <sup>-8</sup>	10 <sup>-7</sup>	10 <sup>-6</sup>
					Impermeabile	Molto basso	Basso	Medio	Alto
Cal	<b>Complesso idrogeologico dei depositi alluvionali</b> Ghiaie composte da ciottoli calcarei in matrice limoso-argillosa, più o meno abbondante. Permeabilità per porosità variabile da molto basse a impermeabile.	al							
CCG	<b>Complesso idrogeologico delle Calcareniti di Gravina</b> Calcareniti e calciruditi fossilifere, con alla base locali limi, sabbie limose e calcisiltiti poco cementate. Permeabilità per fessurazione e porosità generalmente bassa.	GRA							
CCB	<b>Complesso idrogeologico dei Calcari di Bari</b> Calcari in strati di spessore decimetrico e metrico, con frequenti intercalazioni di calcari dolomitici e di dolomie. Permeabilità per fessurazione e carsismo variabile da media ad alta.	CBA							

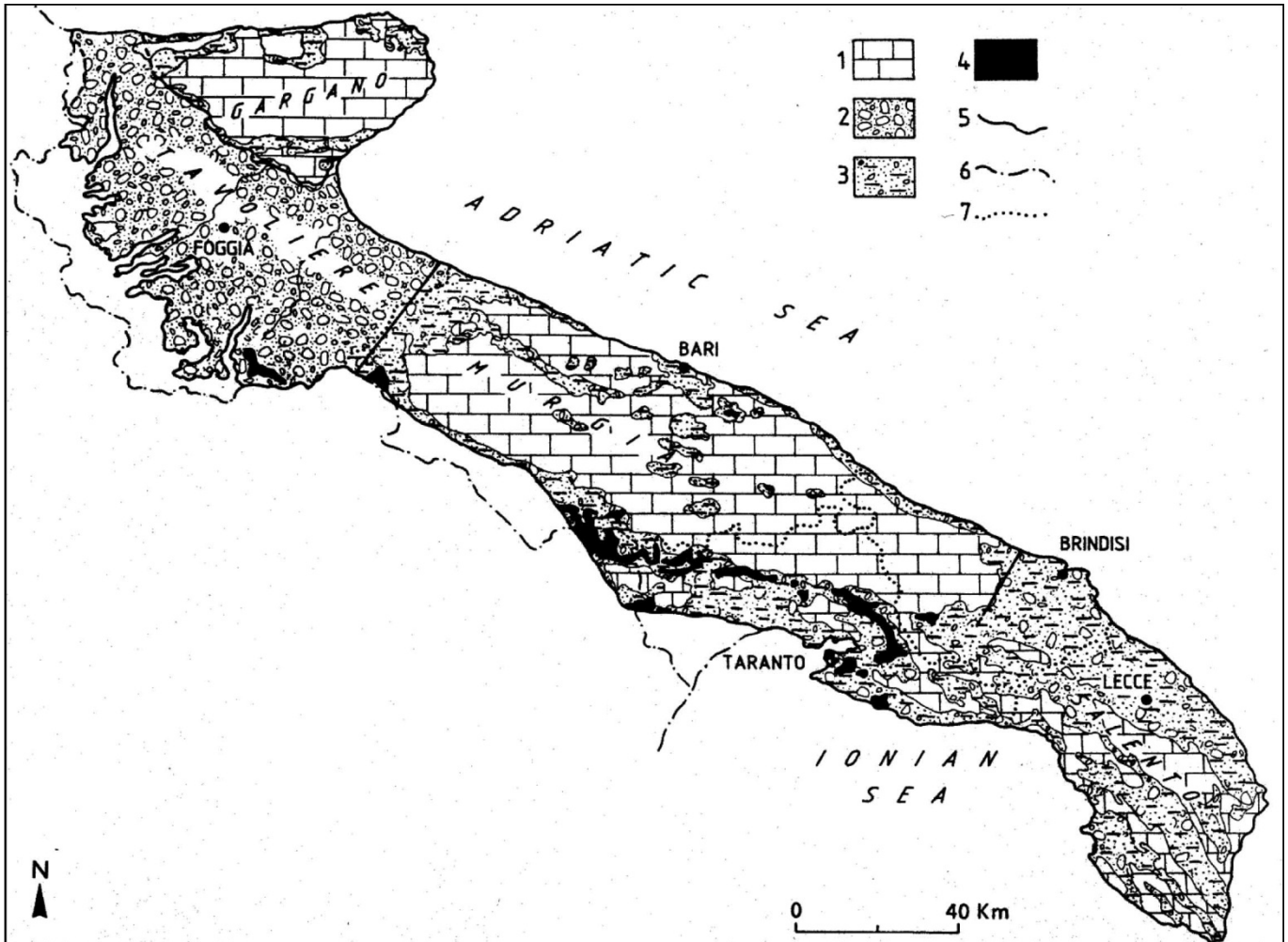


Figura 11 – Unità idrogeologiche della Puglia (da Cotecchia et al. 1999). Legenda: 1) Rocce carbonatiche affioranti nel Gargano, nella Murgia e nel Salento; 2) Unità idrogeologica del Tavoliere, costituita principalmente da conglomerati e sabbie; 3) Acquiferi superficiali e litotipi permeabili, calcareniti, 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 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.

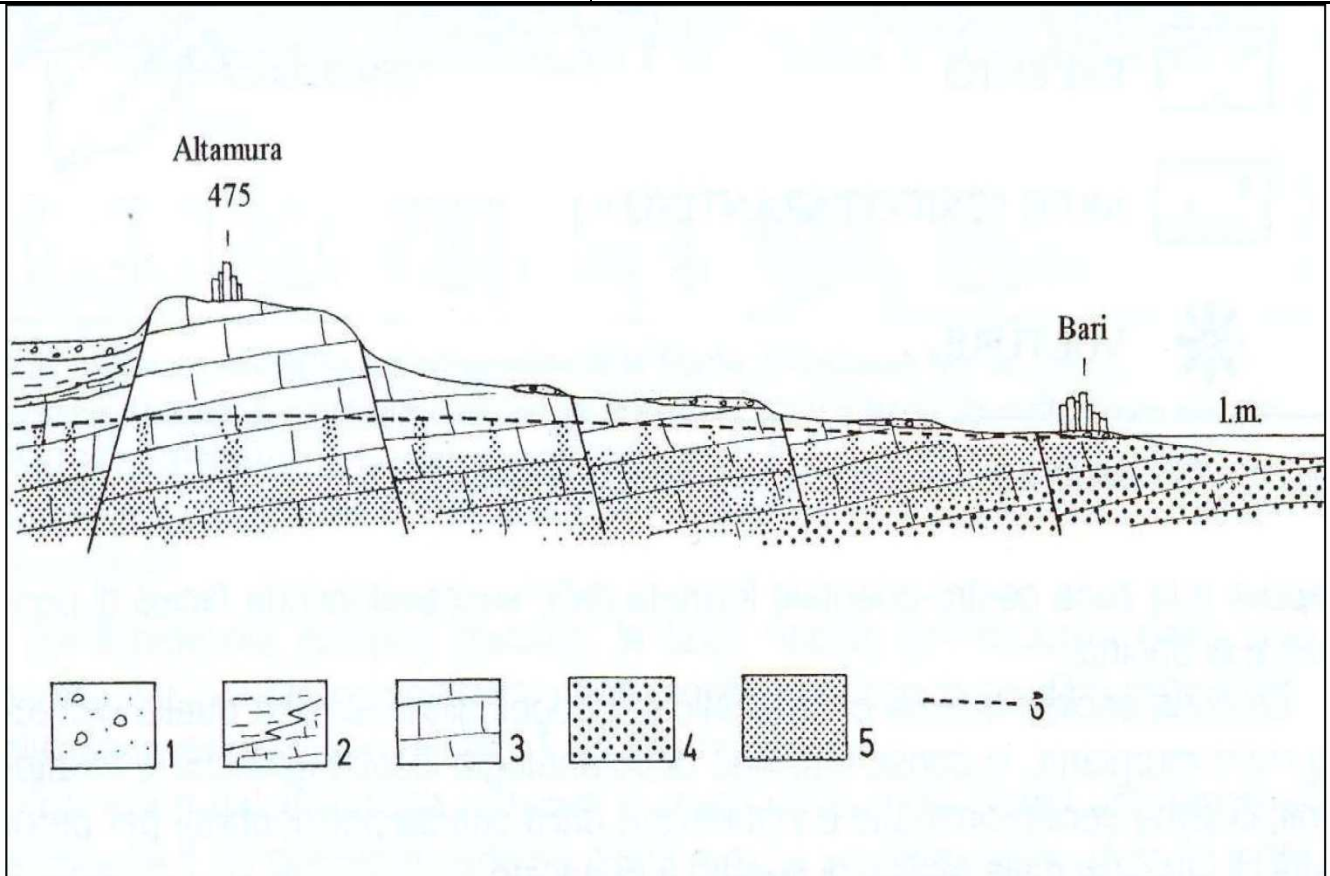



Figura 12 – Sezione idrogeologica schematica dell’acquifero delle Murge in direzione SW-NE. Legenda: 1) Depositi conglomeratici e calcarenitici (Pleistocene); 2) Calcareniti e argille (Plio-Pleistocene); 3) Calcari e dolomie (Cretaceo); 4) Acqua salata; 5) Acqua dolce; 6) Superficie piezometrica.

I dati di carattere geologico ed idrogeologico, 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 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.

Nel settore di intervento, la superficie piezometrica è posta a quote variabili tra 0 e 4 m circa s.l.m., tendenzialmente in aumento verso SSW. La falda è quindi posta a profondità comprese tra i 16 ed i 28 m circa. In generale l’unico asse di drenaggio sotterraneo si registra in corrispondenza delle incisioni impluviali.

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

	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b> <b>TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> <b>VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA <b>IA1U</b>	LOTTO 02	CODIFICA E 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 101	REV. A

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, 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.

#### 8.4 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 dall'intervento 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 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:

**RIASSETTO NODO DI BARI****TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE****VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI****RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA1U	02	E 69 RG	GE 00 01 101	A	23 di 46

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. Alle 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.

Nell'area 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. 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, evidenziano un vulnerabilità media per tutti i depositi alluvionali presenti in corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area, mentre presentano una vulnerabilità generalmente alta in corrispondenza dei settori di affioramento del Calcarea di Bari e nelle zone con coperture della Calcarenite di Gravina.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b> <b>TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> <b>VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA <b>IA1U</b>	LOTTO 02	CODIFICA E 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 101	REV. A

## 9. 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 dell'intervento. 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 dall'opera 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 relativamente al progetto della variante di tracciato tra Bari Centrale e Bari Torre a Mare. Per quanto riguarda l'intervento in progetto sono state utilizzate le indagini eseguite direttamente per lo stesso che quelle ricadenti in un ambito territoriale limitrofo allo stesso e che complessivamente sono rappresentate da n. 12 sondaggi a rotazione a carotaggio continuo verticali ed inclinati, di cui 6 strumentati con piezometro e 3 attrezzati per sismica in foro, n. 6 prove sismiche MASW e n. 19 tomografie elettriche.

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

Tabella 3 – Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito del progetto preliminare.

Sigla	Tipologia indagine e strumentazione	Quota s.l.m.	Profondità	SPT
SB6	Sondaggio non attrezzato	28.4	30.00	5
SB7	Sondaggio attrezzato con piezometro	29.8	30.00	1
S4	Sondaggio attrezzato con piezometro	24.5	30.00	5
S5	Sondaggio attrezzato con piezometro	22.4	30.00	5
S6	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	23.4	30.00	5
S7	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	26.2	30.00	5
S8	Sondaggio attrezzato con piezometro	23.4	30.00	5
S9	Sondaggio attrezzato con piezometro	19.8	30.00	5
S1Tang	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	25.6	30.00	8
S2Tang	Sondaggio inclinato 45°	25.5	15.00	0
S3Tang	Sondaggio suborizzontale	28.3	50.00	0

Tabella 4 – 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)
MA	Prova MASW	120
MC	Prova MASW	120
MD	Prova MASW	120
ME	Prova MASW	120
MF	Prova MASW	120
W1	Prova MASW	120
LC	Tomografica elettrica	310
LD	Tomografica elettrica	145
E	Tomografica elettrica	145
LC	Tomografica elettrica	310
LC	Tomografica elettrica	310
EL1	Tomografica elettrica	115
EL2	Tomografica elettrica	130
EL3	Tomografica elettrica	135
EL4	Tomografica elettrica	140
EL5	Tomografica elettrica	135
EL6	Tomografica elettrica	165
EL7	Tomografica elettrica	165
EL8	Tomografica elettrica	485
EL9	Tomografica elettrica	140
EL10	Tomografica elettrica	220
L1	Tomografica elettrica	165
L2	Tomografica elettrica	165
L3	Tomografica elettrica	165
L4	Tomografica elettrica	120

Tabella 5 - 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]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	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

Tabella 6 – Risultati delle prove di laboratorio su campioni in roccia del progetto preliminare.

Sondaggio	Campione	Profondità [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	UCS [MPa]	Unità geologica
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
S1Tang	CI1	3.70-4.00	24.8		CBA
S1Tang	CI2	7.30-7.70	25.0		CBA
S1Tang	CI6	18.70-19.00	26.7		CBA
S1Tang	CI7	23.00-23.40	25.6		CBA
S1Tang	CI8	27.60-28.00	24.8		CBA
S4	CI3	23.50-24.00	24.8		CBA
S4	CRA	11.80-12.00	27.0	265.12	CBA
S4	CRB	19.60-20.00	24.5	60.84	CBA
S4	CRC	24.40-24.70	25.7	-	CBA
S5	CI3	26.00-26.50	26.7	-	CBA
S5	CRA	7.60-8.00	25.5	93.47	CBA

Sondaggio	Campione	Profondità [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	UCS [MPa]	Unità geologica
S5	CRB	15.30-15.60	24.3	50.29	CBA
S5	CRC	24.00-24.30	25.3	127.88	CBA
S8	CII	3.60-4.00	-	-	CBA
S8	CI2	14.00-14.30	26.1	74.06	CBA
S8	CI3	24.60-25.00	24.7	31.58	CBA
S8	CRA	4.50-4.90	26.5	72.18	CBA
S8	CRB	10.70-11.00	25.6	82.39	CBA
S8	CRC	23.00-23.50	24.5	-	CBA

Tabella 7 - Risultati delle prove di laboratorio su campioni in roccia del progetto definitivo.

Sondaggio	Campione	Profondità [m]	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	TX CID		LL [%]	IP	Class. UNI 10006	Class. USCS	Unità geologica
				c' [kPa]	$\phi'$ [°]					
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
S5	CI1	4.00-4.40	-	-	-	49	21	A-7-6	SC	CBA
S9	CI1	2.50-3.00	2.65	-	-	62	31	A-7-5	MH	CBA
S9	CI1	9.00-9.30	2.63	-	-	31	15	A-6	CL	CBA
S1Tang	CI3	11.20-11.70	2.72	4.7	23.8	59	30	A-7-6		CBA
S1Tang	CI4	14.70-15.00	-	-	-	47	27	A-7-6		CBA
S1Tang	CI5	16.00-16.40	-	-	-	52	26	A-7-6		CBA

Tabella 8 - Risultati delle prove di laboratorio su campioni in terra del progetto definitivo.

## 10. 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'Avampae 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 ( $M_{max} = 3.2$ ).

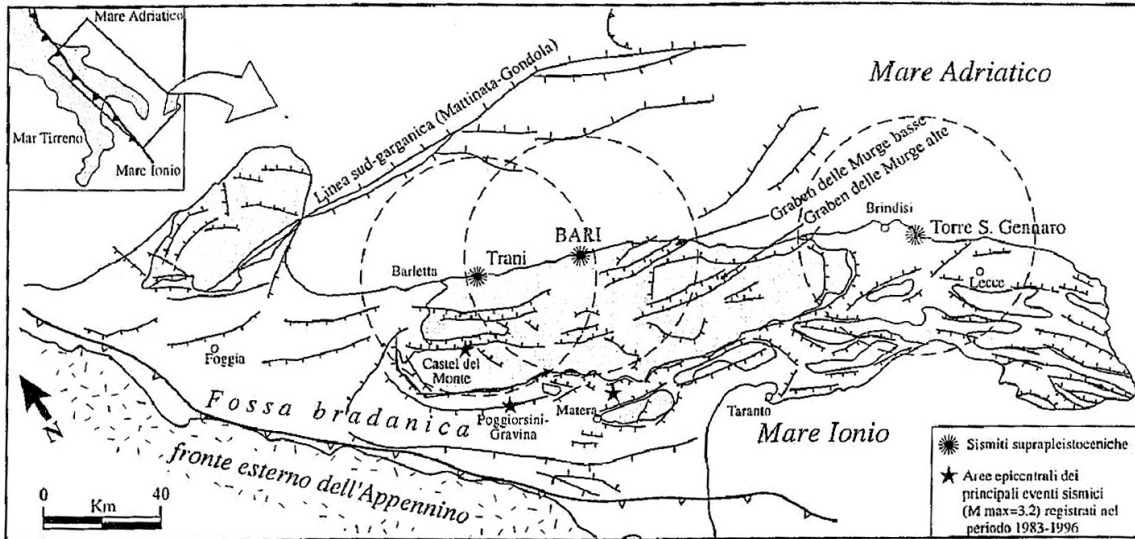


Figura 13 – Schema strutturale dell'Avampese Apulo emerso (da Tropeano et al. 1997).

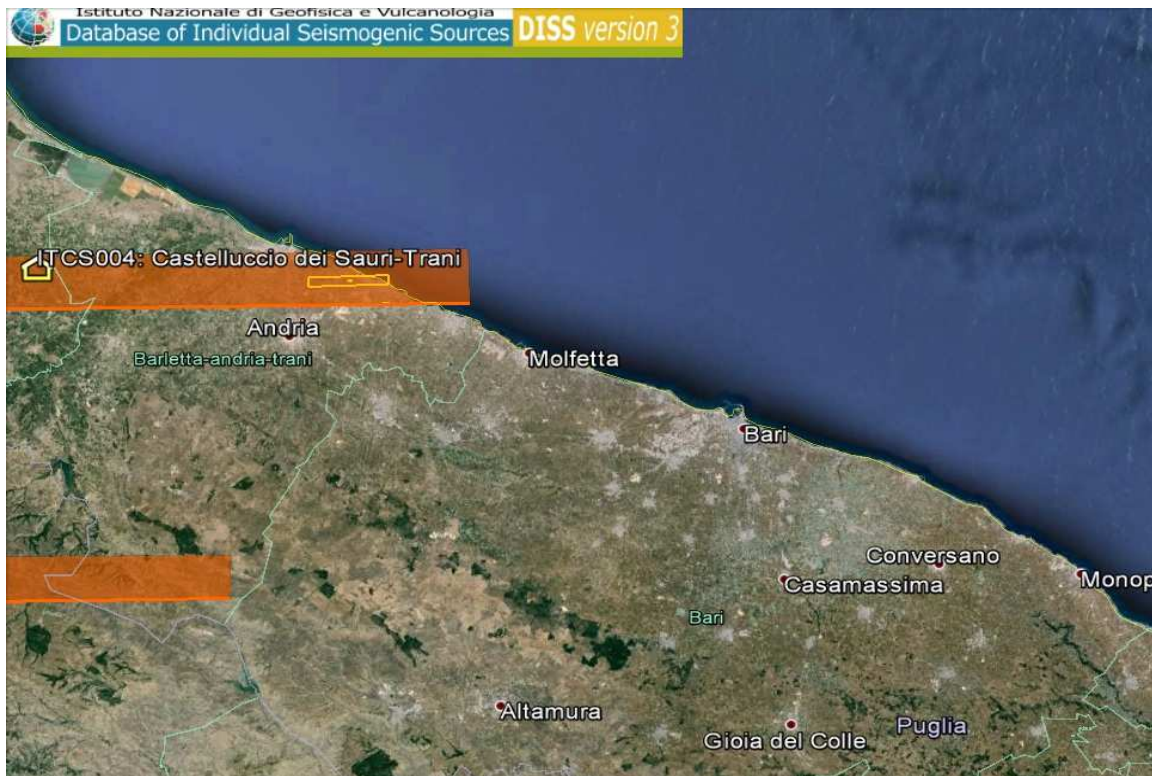



Figura 14 – Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con  $M > 5.5$  nell'area di studio (da DISS Working group 2010, Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), versione 3.1.1., <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.html>)

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.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b> <b>TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> <b>VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA <b>IA1U</b>	LOTTO <b>02</b>	CODIFICA <b>E 69 RG</b>	DOCUMENTO <b>GE 00 01 101</b>	REV. <b>A</b>

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).

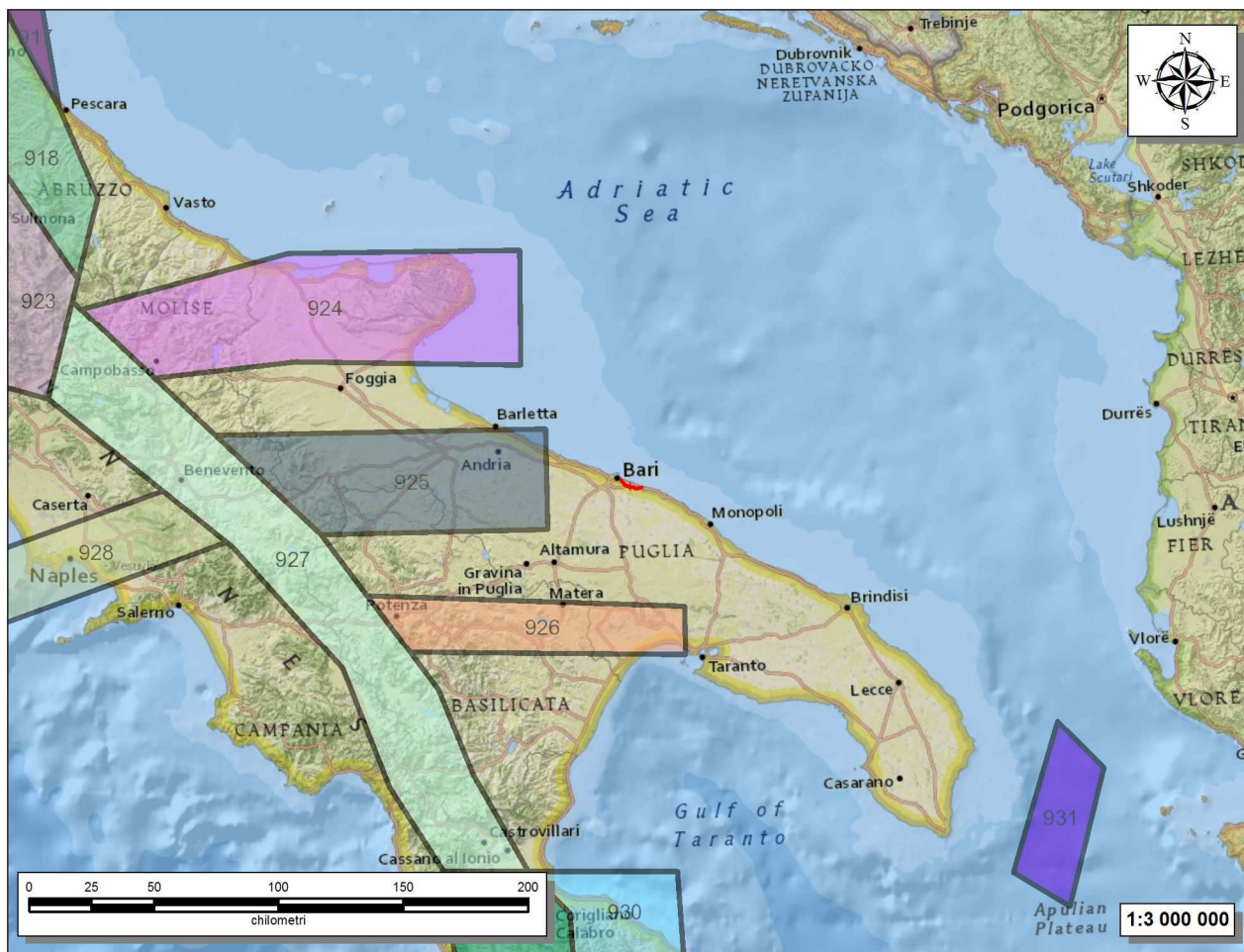


Figura 15 – Stralcio della zonazione sismogenetica ZS9 (<http://zone.mi.ingv.it>) con individuazione del tracciato ferroviario di progetto (in rosso).

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.

### 10.1 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.

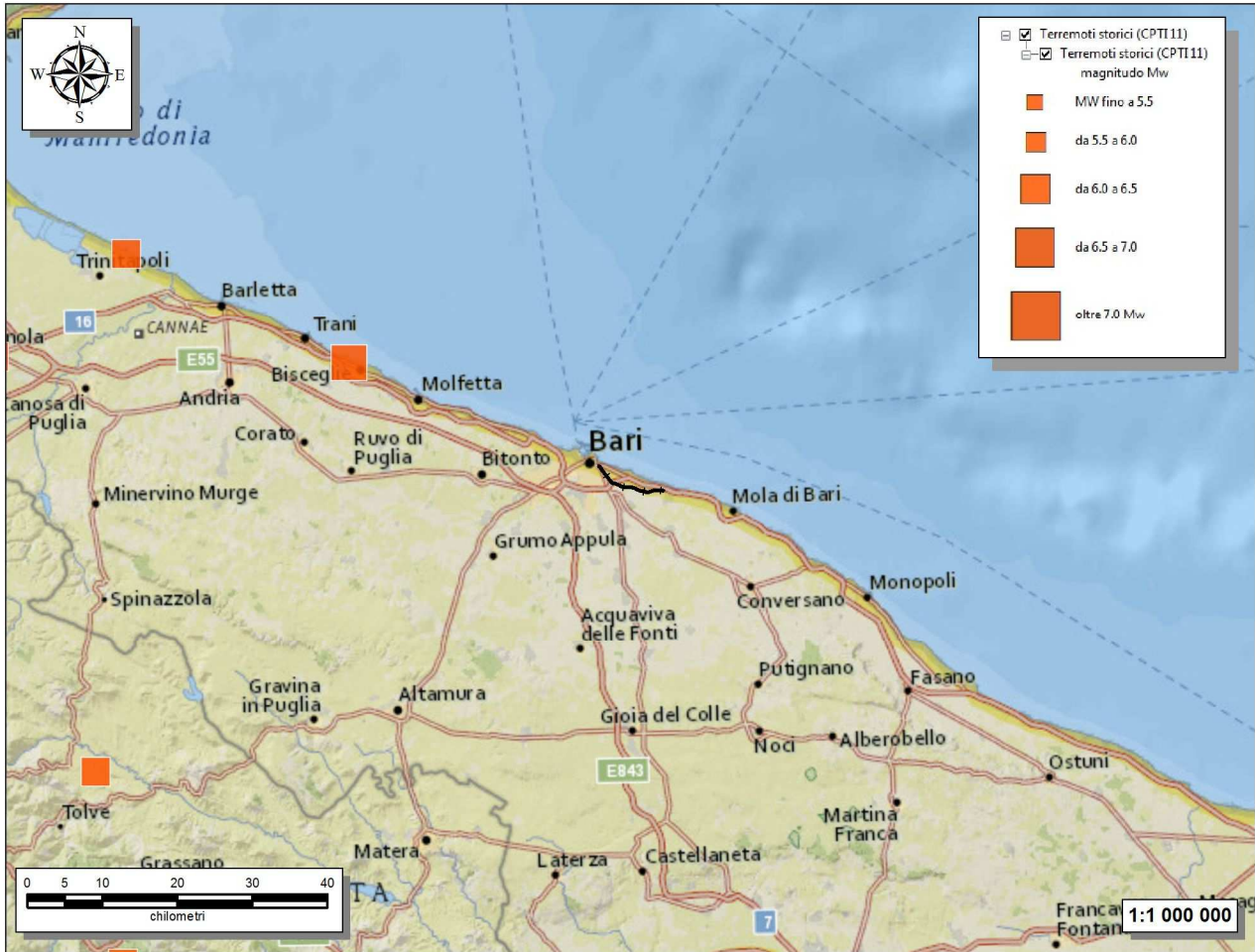


Figura 16 – Epicentri e magnitudo dei principali terremoti storici che hanno interessato la Puglia centrale (<http://apps.arcgis.com/hosted/OnePane/basicviewer/index.html?appid=951d08eed7748909d2aa67317fb67c9>). In colore nero è riportata la traccia del tracciato ferroviario in progetto.

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 e Triggiano ([http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/query\\_place/](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 17 – 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.

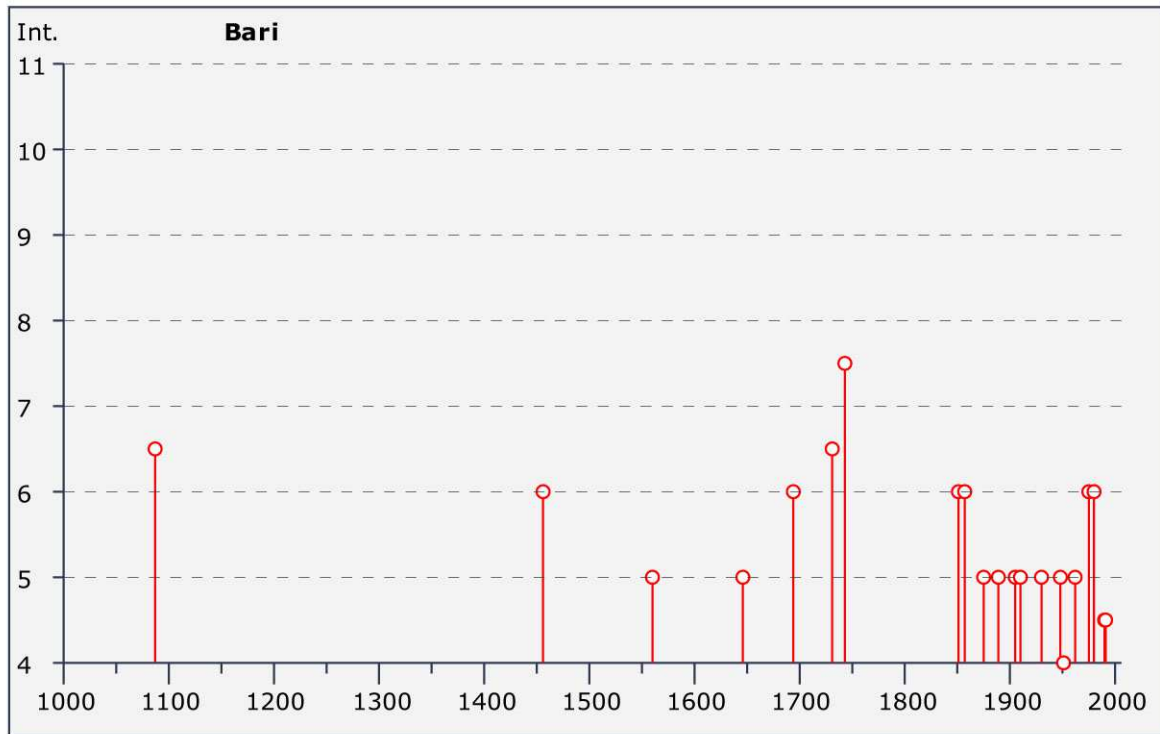


Figura 18 – Grafico illustrante la storia sismica di Bari. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche ( $I_s$ ) degli eventi rilevati (da [http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/query\\_place/](http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/query_place/)).



### 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 19 - Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Triggiano (da Database Macrosismico Italiano, DBMI11). Legenda: I<sub>s</sub>: intensità al sito (MCS); I<sub>x</sub>: intensità massima (MCS); M<sub>w</sub>: magnitudo momento; N<sub>p</sub>: numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

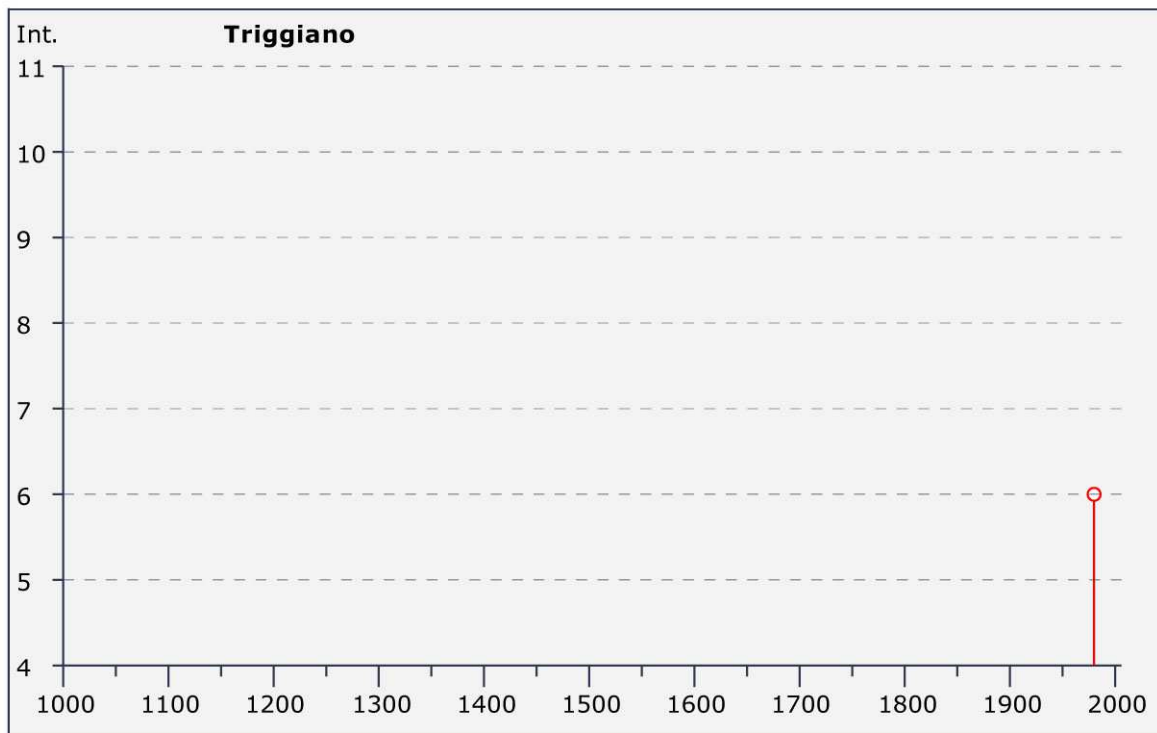


Figura 20 - Grafico illustrante la storia sismica di Triggiano. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I<sub>s</sub>) degli eventi rilevati (da [http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/query\\_place/](http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/query_place/)).

## 10.2 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 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.

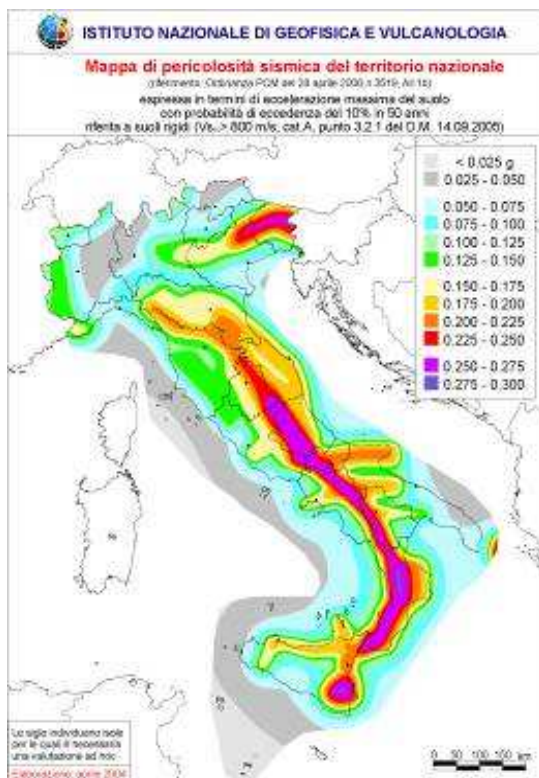


Figura 21 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, 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).

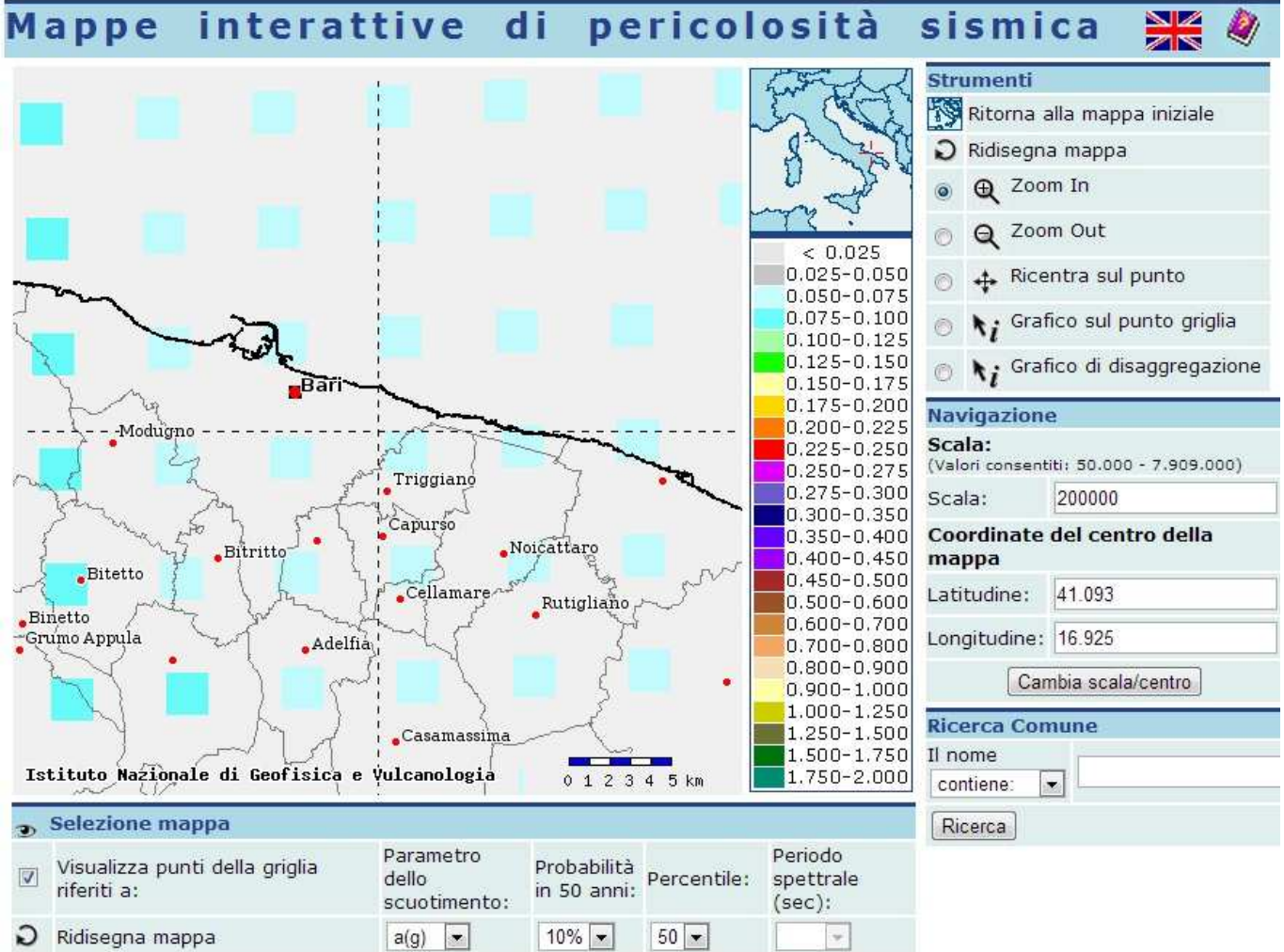


Figura 22 - Mappa di pericolosità sismica per l'area di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

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 23 - 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>)

### 10.3 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).

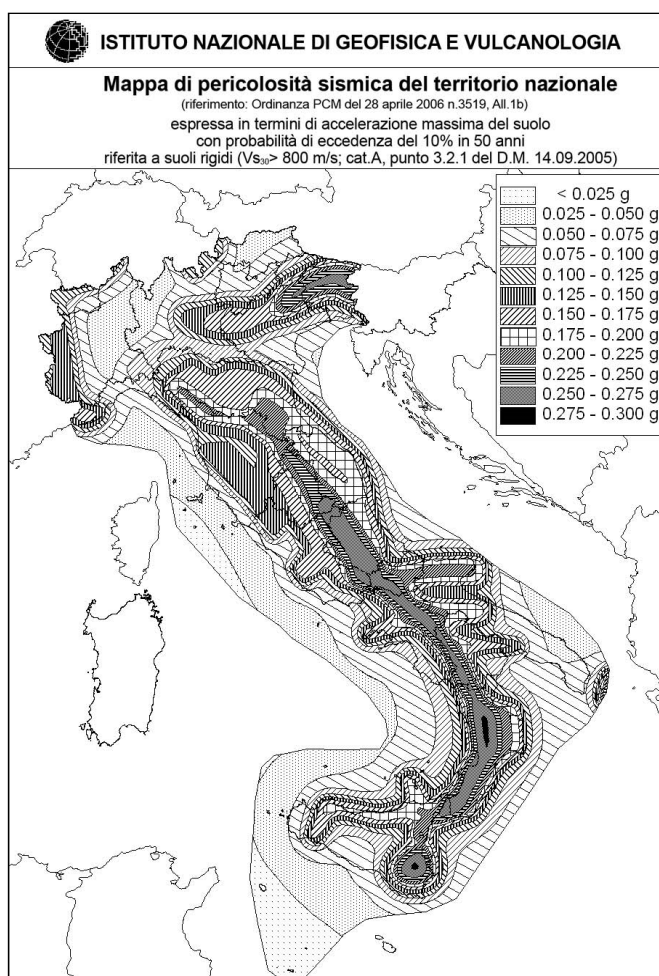


Figura 24 - Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (da INGV 2006).

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.

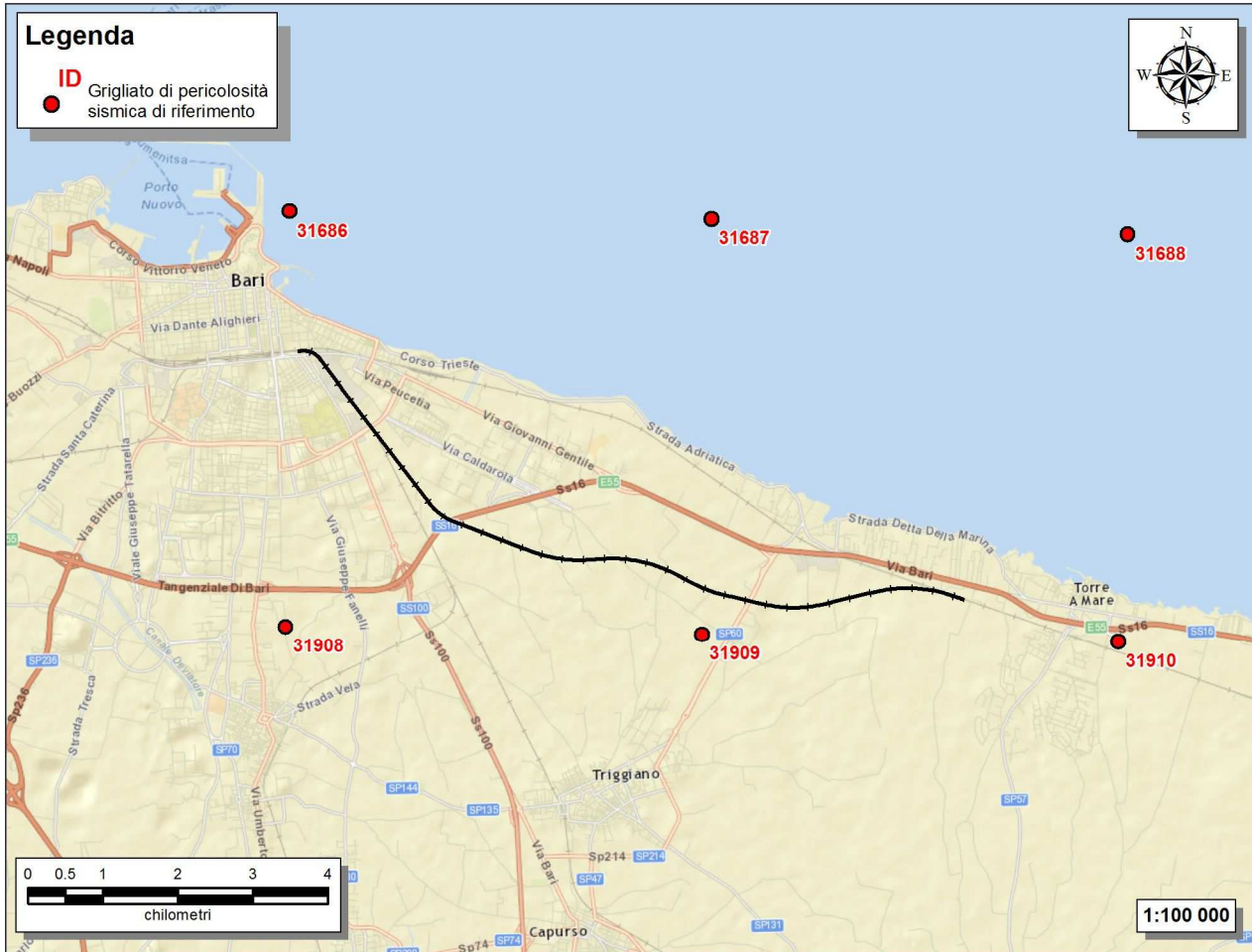


Figura 252 - Griglia di riferimento per il settore oggetto di studio, con individuazione del tracciato di progetto (in nero) e dei punti del grigliato scelti per l'analisi (in rosso).

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

Tabella 9 – 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. 6 prove MASW e di n. 1 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	$V_{S,30}$ (m/sec)	Categoria suolo	Geologia
MA	MASW	1050	A	Calccare di Bari
MC	MASW	1075	A	Depositati alluvionali su Calccare di Bari
MD	MASW	1050	A	Calccare di Bari
ME	MASW	1080	A	Calccare di Bari

Sigla Prova	Tipologia prova	V <sub>s,30</sub> (m/sec)	Categoria suolo	Geologia
MF	MASW	1115	A	Calcare di Bari
W1	MASW	1251	A	Calcare di Bari
H1	Down-Hole	820	A	Calcare di Bari

Tabella 10 – Tabella di sintesi delle indagini geofisiche realizzate, con indicazione dei valori di V<sub>s,30</sub> 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<sub>s,30</sub> mediamente compresi tra 960 e 1130 m/s.

## 11. 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.

### 11.1 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><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RIASSETTO NODO DI BARI</b></p> <p><b>TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b></p> <p><b>VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI</b></p>					
	<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA</p>	<p>COMMESSA <b>IA1U</b></p>	<p>LOTTO <b>02</b></p>	<p>CODIFICA <b>E 69 RG</b></p>	<p>DOCUMENTO <b>GE 00 01 101</b></p>	<p>REV. <b>A</b></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.

## 11.2 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.

### 11.2.1 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.

#### 11.2.1.1 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 nel sondaggio SB6.

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

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b> <b>TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> <b>VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA IA1U	LOTTO 02	CODIFICA E 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 101	REV. A

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-arrottondati. 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.

### 11.2.1.2 Calcarenite 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  $\gamma_{nat} = 17.0 \div 18.0 \text{ kN/m}^3$
- Geological Strength Index  $GSI = 40 \div 50$
- 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  $\phi' = 40 \div 50^\circ$

### **11.2.2 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.

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

## **12. POTENZIALI CRITICITÀ**

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

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RIASSETTO NODO DI BARI</b></p> <p><b>TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b></p> <p><b>VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI</b></p>					
	<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>IA1U</p>	<p>LOTTO</p> <p>02</p>	<p>CODIFICA</p> <p>E 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 00 01 101</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>

### 12.1 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 9 “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 quaternari in copertura sul locale substrato calcareo e calcarenitico, che 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.

### 12.2 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.

### 12.3 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 fondovalle dove la vulnerabilità degli acquiferi risulta più elevata in relazione alla ridotta soggiacenza.

	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b> <b>TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> <b>VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA <b>IA1U</b>	LOTTO 02	CODIFICA E 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 101	REV. A

### 13. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

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

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.

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.

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.

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

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.

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

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>.

	<b>RIASSETTO NODO DI BARI</b> <b>TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b> <b>VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA	COMMESSA <b>IA1U</b>	LOTTO 02	CODIFICA E 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 101	REV. A

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.

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

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

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 "Calcere 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.

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.

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.

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>RIASSETTO NODO DI BARI</b></p> <p><b>TRATTA A SUD DI BARI: VARIANTE DI TRACCIATO TRA BARI CENTRALE E BARI TORRE A MARE</b></p> <p><b>VARIANTE ALTIMETRICA TANGENZIALE DI BARI</b></p>					
	<p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA ED IDROGEOLOGICA</p>	<p>COMMESSA <b>IA1U</b></p>	<p>LOTTO <b>02</b></p>	<p>CODIFICA <b>E 69 RG</b></p>	<p>DOCUMENTO <b>GE 00 01 101</b></p>	<p>REV. <b>A</b></p>

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. (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.

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.