

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO**

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA**

**POTENZIAMENTO ED ELETTRIFICAZIONE DELLA LINEA BARLETTA-CANOSA DI PUGLIA**

**RELAZIONE**

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA**

SCALA:

-

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

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

| Rev. | Descrizione   | Redatto                                       | Data          | Verificato                        | Data          | Approvato   | Data          | Autorizzato Data            |
|------|---|---|---------------|-----------------------------------|---------------|-------------|---------------|-----------------------------|
| A    | Emissione esecutiva   | F. Paolucci                                   | Giugno 2020   | R. Briganti                       | Giugno 2020   | T. Paoletti | Giugno 2020   | M. Comedini<br>Gennaio 2021 |
| B    | Emissione esecutiva   | F. Paolucci                                   | Agosto 2020   | R. Briganti                       | Agosto 2020   | T. Paoletti | Agosto 2020   |                             |
| C    | Emissione esecutiva<br>(Indagini geofisiche integrative)    | F. Paolucci                                   | Novembre 2020 | R. Briganti                       | Novembre 2020 | T. Paoletti | Novembre 2020 |                             |
| D    | Emissione esecutiva<br>(Campagna monitoraggio piezometrico) | F. Paolucci<br><i>Dot. Francesco Paolucci</i> | Gennaio 2021  | R. Briganti<br><i>R. Briganti</i> | Gennaio 2021  | T. Paoletti | Gennaio 2021  |                             |

File: IA6C00F69RGGE0000001D.doc

n. Elab.:

## INDICE

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1    | PREMESSA.....  | 5  |
| 2    | SCOPO DEL DOCUMENTO .....                                    | 6  |
| 3    | DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....                               | 7  |
| 4    | ALLEGATI .....   | 8  |
| 5    | NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....                                | 10 |
| 6    | DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO E LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA..... | 11 |
| 7    | INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO.....                | 15 |
| 7.1  | INQUADRAMENTO GEOLOGICO .....                                | 15 |
|      | 7.1.2 <i>Assetto strutturale</i> .....                       | 15 |
|      | 7.1.3 <i>Assetto stratigrafico</i> .....                     | 18 |
| 7.2  | INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....                            | 23 |
|      | 7.2.1 <i>Geomorfologia dell'area</i> .....                   | 23 |
| 8    | INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....                             | 25 |
| 8.1  | MONITORAGGIO PIEZOMETRICO.....                               | 26 |
| 9    | FORMAZIONI GEOLOGICHE INTERCETTATE DAL TRACCIATO.....        | 28 |
| 9.1  | AREA TRA LE PK 0+000 ÷ 4+500.....                            | 28 |
| 9.2  | AREA TRA LE PK 4+500 ÷ 14+100.....                           | 29 |
| 9.3  | AREA TRA LE PK14+100 ÷ PK25+250 .....                        | 35 |
| 9.4  | PROFILO GEOLOGICO E CRITERI DI UTILIZZAZIONE DEL DATO .....  | 36 |
| 10   | CARTOGRAFIA DEL RISCHIO E VINCOLI TERRITORIALI.....          | 37 |
| 10.1 | RISCHIO GEOMORFOLOGICO .....                                 | 37 |
|      | 10.1.1 <i>Area tra le pk 18+200 ÷ 18+600</i> .....           | 38 |
|      | 10.1.2 <i>Area tra le pk 24+200 ÷ 25+200</i> .....           | 41 |
| 10.2 | RISCHIO IDROGEOLOGICO .....                                  | 49 |
|      | 10.2.1 <i>Area tra le pk 3+800 ÷ 5+100</i> .....             | 50 |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 10.2.2 | Area tra le pk 8+000 ÷ 22+000.....                                      | 52 |
| 10.2.3 | Area tra le pk 24+500 ÷ 25+250.....                                     | 54 |
| 10.3   | RISCHIO DI LIQUEFAZIONE.....  | 56 |
| 11     | INDAGINI GEOGNOSTICHE.....  | 58 |
| 11.1   | PREMESSA.....   | 58 |
| 11.2   | CAMPAGNA DI INDAGINI PREGRESSE.....                                     | 58 |
| 11.2.1 | Indagini in sito ISPRA (anni 1985-2004).....                            | 58 |
| 11.2.2 | Indagini PRA Barletta.....  | 59 |
| 11.2.3 | Indagini in sito RFI 2020 presso l'area Casalonga-Barletta.....         | 62 |
| 11.3   | CAMPAGNA INDAGINI DI PROGETTO - ITALFERR 2020.....                      | 63 |
| 11.4   | CAMPAGNA INDAGINI INTEGRATIVE DI PROGETTO - ITALFERR 2020.....          | 67 |
| 12     | SISMICITA' DELL'AREA.....   | 70 |
| 12.1   | GENERALITÀ.....   | 70 |
| 12.2   | CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....             | 70 |
| 12.3   | SISMICITÀ STORICA.....  | 79 |
| 12.4   | SORGENTI SISMOGENETICHE.....  | 83 |
| 12.5   | MAGNITUDO DI RIFERIMENTO.....   | 85 |
| 12.6   | PARAMETRI PER LA DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO..... | 87 |
| 12.6.1 | Comune di Barletta.....   | 87 |
| 12.6.2 | Comune di Canosa di Puglia.....   | 91 |
| 13     | SINTESI E CONCLUSIONI.....  | 95 |
| 14     | BIBLIOGRAFIA.....   | 98 |





## 1 PREMESSA

Nell'ambito dell'esecuzione dello Studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico per la Progettazione di Fattibilità Tecnico-Economica della "*Elettrificazione Barletta Canosa/Opera anticipata Fermata Ospedale*", sono stati effettuati i rilievi e gli approfondimenti propedeutici alla redazione degli elaborati di sintesi previsti dal progetto stesso.

In particolare, il presente studio si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

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

## 2 SCOPO DEL DOCUMENTO

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

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

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

### 3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

| <b>Piano di Risanamento Acustico P.R.A. nel Comune di Barletta (Barletta Andria Trani)</b><br><b>PROGETTAZIONE DEFINITIVA</b> |   |              |
|---|---|--------------|
| <b>Codifica elaborato</b>   | <b>Descrizione elaborato</b>                                    | <b>Scala</b> |
| D13V 00 D 69 N5 GE0001 001 A  | Carta geologica con elementi geomorfologici e profilo geologico | 1:5000/500   |
| D13V 00 D 69 RG GE0001 001 A  | Relazione Geologica, Geomorfologica, e idrogeologica            | -            |

#### 4 ALLEGATI

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

| <i>“Potenziamento ed Elettrificazione della linea Barletta – Canosa di Puglia”</i> |  |                          |
|--|--|--------------------------|
| PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA  |  |                          |
| Codifica elaborato   | Descrizione elaborato  | Scala                    |
| IA6C 00 F 69 SG GE0000 001 A   | Relazione – Esiti indagini in situ   | -                        |
| IA6C 00 F 69 IG GE0000 001 A   | Relazione – Indagini geofisiche  | -                        |
| IA6C 00 F 69 IG GE0001 001 A   | Relazione – Indagini geofisiche integrative  | -                        |
| IA6C 00 F 69 IG GE0000 002 A   | Planimetria indagini eseguite<br>Loc. Canne della Battaglia (da pk km 10+516 a pk km 10+850)<br>Loc. Canosa di Puglia (pk km 22+907 e da pk 23+600 a pk km 24+100) | 1:1500                   |
| IA6C 00 F 69 IG GE0000 003 A   | Sezioni tomografiche sismiche a rifrazione, M.A.S.W. 2D/Re.Mi. e geoelettriche-Loc. Canne della Battaglia - da pk km 10+516 a pk km 10+850                         | 1:500-                   |
| IA6C 00 F 69 PR GE0000 001 A   | Relazione – Prove di laboratorio   |                          |
| IA6C 00 F 69 NZ GE0001 001 A   | Carta geologica con elementi geomorfologici e profilo geologico 1/7  | 1:5000 e<br>1:500/1:5000 |
| IA6C 00 F 69 NZ GE0001 002 A   | Carta geologica con elementi geomorfologici e profilo geologico 2/7  | 1:5000 e<br>1:500/1:5000 |
| IA6C 00 F 69 NZ GE0001 003 A   | Carta geologica con elementi geomorfologici e profilo geologico 3/7  | 1:5000 e<br>1:500/1:5000 |
| IA6C 00 F 69 NZ GE0001 004 B   | Carta geologica con elementi geomorfologici e profilo geologico 4/7  | 1:5000 e<br>1:500/1:5000 |
| IA6C 00 F 69 NZ GE0001 005 A   | Carta geologica con elementi geomorfologici e profilo geologico 5/7  | 1:5000 e<br>1:500/1:5000 |
| IA6C 00 F 69 NZ GE0001 006 A   | Carta geologica con elementi geomorfologici e profilo geologico 6/7  | 1:5000 e<br>1:500/1:5000 |
| IA6C 00 F 69 NZ GE0001 007 B   | Carta geologica con elementi geomorfologici e profilo geologico 7/7  | 1:5000 e<br>1:500/1:5000 |
| IA6C 00 F 69 NZ GE0002 001 A   | Carta dei complessi idrogeologici e profilo idrogeologico 1/7  | 1:5000 e<br>1:500/1:5000 |
| IA6C 00 F 69 NZ GE0002 002 A   | Carta dei complessi idrogeologici e profilo idrogeologico 2/7  | 1:5000 e<br>1:500/1:5000 |
| IA6C 00 F 69 NZ GE0002 003 A   | Carta dei complessi idrogeologici e profilo idrogeologico 3/7  | 1:5000 e<br>1:500/1:5000 |
| IA6C 00 F 69 NZ GE0002 004 B   | Carta dei complessi idrogeologici e profilo idrogeologico 4/7  | 1:5000 e<br>1:500/1:5000 |
| IA6C 00 F 69 NZ GE0002 005 A   | Carta dei complessi idrogeologici e profilo idrogeologico 5/7  | 1:5000 e<br>1:500/1:5000 |

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,  
IDROGEOLOGICA E SISMICA

| COMMESSA | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO  |
|----------|---------|----------|------------|------|---------|
| IA6C     | 00 F 69 | RG       | GE0000 001 | D    | 9 di 98 |

*“Potenziamento ed Elettrificazione della linea Barletta – Canosa di Puglia”*

**PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA**

| Codifica elaborato           | Descrizione elaborato   | Scala                    |
|------------------------------|---|--------------------------|
| IA6C 00 F 69 NZ GE0002 006 A | Carta dei complessi idrogeologici e profilo idrogeologico 6/7 | 1:5000 e<br>1:500/1:5000 |
| IA6C 00 F 69 NZ GE0002 007 B | Carta dei complessi idrogeologici e profilo idrogeologico 7/7 | 1:5000 e<br>1:500/1:5000 |

## 5 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.
- O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni.
- O.P.C.M. n.3519 del 28/04/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- D.M. 17/01/2018, “Norme tecniche per le costruzioni”.
- D.M. 06/05/2008, integrazione al D.M. 14/01/2008.
- Circ. Min. II.TT. 02/02/2009, n.617, “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14/01/2008”.
- Circ. Min. II.TT. 05/08/2009, “Nuove norme tecniche per le costruzioni approvate con decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008 - Cessazione del regime transitorio di cui all'articolo 20, comma 1, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n.248”.
- RFI DTC SI AG MA IFS 002 A del Dic. 2018: Manuale di progettazione delle Opere Civili – Parte II – Sezione 7 – Geologia.
- Tariffa IG di RFI in vigore nel 2018.
- RFI DTC SI SP IFS 001 B del 22-12-2018 “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Sez. 3 – Rilievi geologici e indagini geognostiche”.
- D.M. 11.03.1988: “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle opere di fondazione”. (DPR. 5 ottobre 2010, n. 207 artt. 52-53).
- RFI DTC INC LG IFS 001 A del 21-12-2012 – “Linea guida per la definizione della graduatoria di priorità dei tratti dell'infrastruttura ferroviaria interessati da fenomeni di dissesto idrogeologico, in base al valore di rischio ferroviario”.
- RFI DTC INC LG IFS 002 A del 09-07-2018 – “Procedure e interventi di protezione della sede dai fenomeni di dissesto idrogeologico”.

## 6 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO E LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'intervento prevede l'elettrificazione ed il potenziamento della linea esistente a semplice binario tra Barletta centrale e Canosa di Puglia, di lunghezza complessiva pari a 25km circa. L'intervento include il risanamento strutturale della linea ed in particolare la messa in sicurezza idraulica della sede ferroviaria.

Al fine di garantire la sicurezza idraulica della linea ferroviaria si prevede, per la maggior parte del suo sviluppo, l'innalzamento mediamente di 1 metro della livelletta al fine di garantire il franco minimo tra i livelli idrici di progetto e il piano della sede ferroviaria. E' previsto anche il rifacimento del subballast e del supercompattato e l'inserimento dei fossi/canalette di regimazione delle acque di piattaforma, dello stradello di servizio perdonale e di uno stradello di servizio carrabile. È stata inoltre prevista la demolizione e ricostruzione di tutte le opere idrauliche, che non risultano idraulicamente o geometricamente compatibili e l'inserimento di ricuciture idrauliche (canali in terra o calcestruzzo) per convogliare a recapito le acque dei bacini insistenti sulla ferrovia.

La sezione tipo adottata (Figura 6-1 e 6-2) è di tipo asimmetrico, ovvero:

- 1) dal lato della palificata TE viene adottata una larghezza della piattaforma pari a 4.20m rispetto all'asse del binario, ovvero pari alla distanza prevista dal Manuale di Progettazione delle Opere Civili di RFI (M&P RFI DTC SI CS MA IFS 001 D del 2019) per il rilevato/trincea a singolo binario;
- 2) dal lato opposto è prevista una piattaforma di larghezza inferiore pari a 3.30m per diminuire la fascia di intervento previsto lungo la linea.

Si prevede in generale una gradonatura delle scarpate per l'allargamento della sede e uno scotico di 0.5m del rilevato esistente.

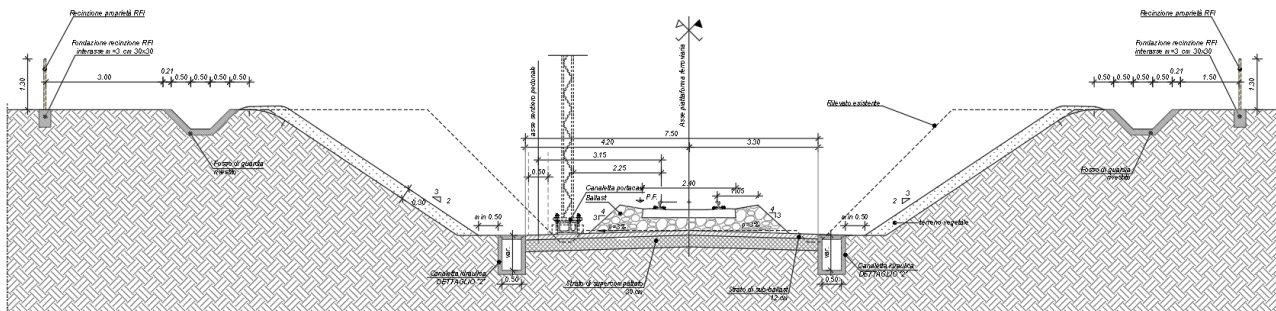


Figura 6-1. Sezione tipologica della linea ferroviaria in trincea.

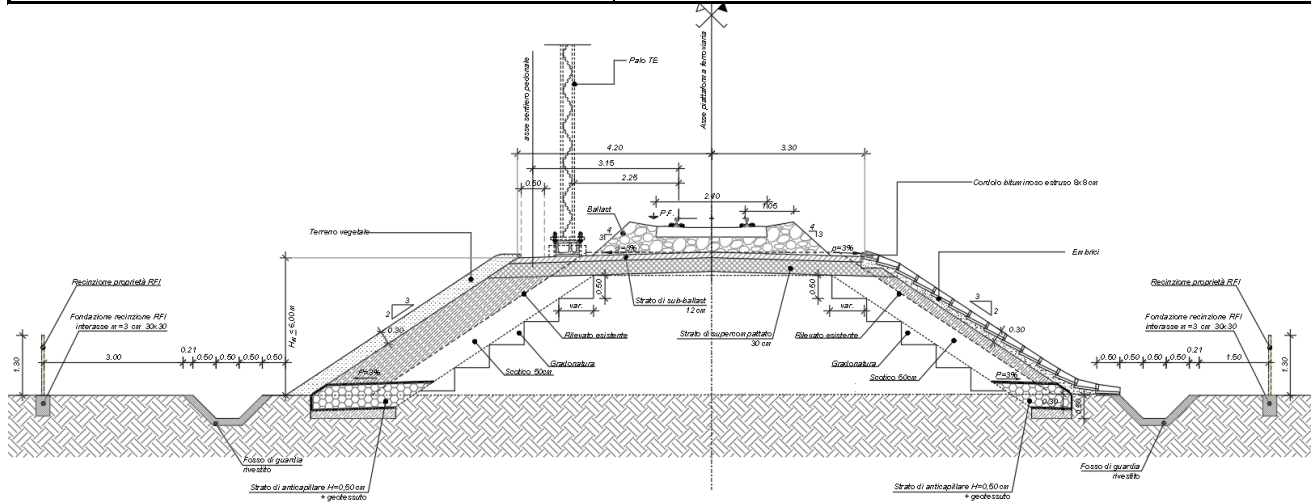


Figura 6-2. Sezione tipologica della linea ferroviaria in rilevato.



L'area di studio si colloca nel settore settentrionale della Regione Puglia, in corrispondenza di una porzione della linea ferroviaria Barletta-Spinazzola, che si sviluppa per una lunghezza di circa 66 km in direzione all'incirca NNE-SSW. L'area esaminata, compresa nella provincia di Barletta-Andria-Trani, si snoda in direzione NE-SO lungo il corso del Fiume Ofanto, attraversando i comuni di Barletta e Canosa di Puglia, per una lunghezza di circa 22,5 km (Figura 6-3).

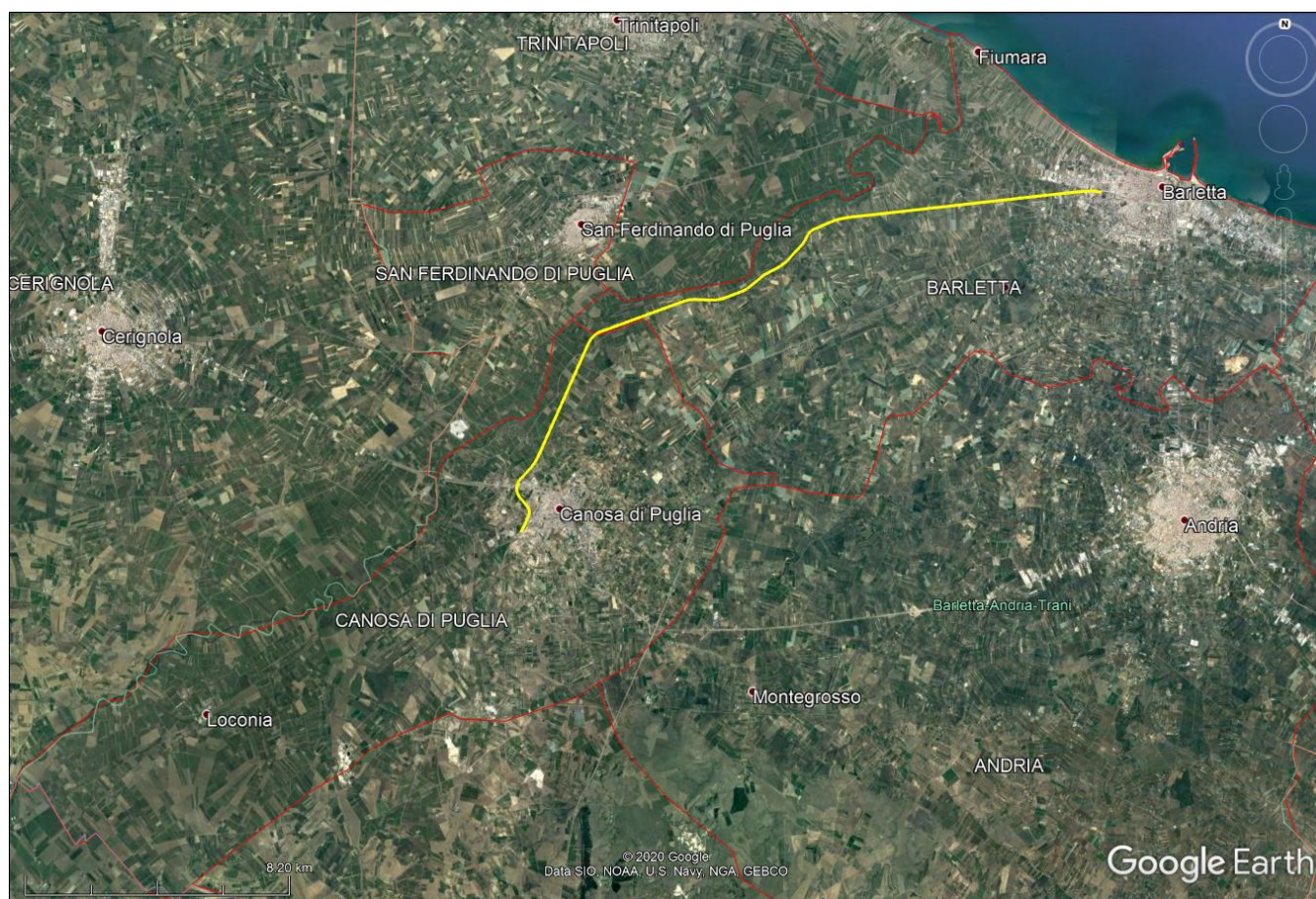


Figura 6-3. Ubicazione dell'area di intervento (scala grafica, da Google Earth). In giallo è indicato il tracciato ferroviario di progetto, in rosso i confini comunali.

Il lavoro è stato sviluppato a partire dalle indagini di progetto eseguite da Italferr S.p.A. e dalle indagini bibliografiche raccolte nel database Ispra nel corso di vari anni, dal 1985 al 2004. Sono state, inoltre, utilizzate informazioni presenti nel sito internet dell'Autorità dei Bacini della Regione Puglia.

Nel presente studio sono stati sviluppati i seguenti punti:

- inquadramento geologico, geomorfologico generale dell'area;
- redazione di una cartografia geologica e geomorfologica di riferimento;
- interpretazione ed elaborazione delle indagini geognostiche e geofisiche disponibili al fine della ricostruzione del profilo in asse al tracciato di progetto e della individuazione delle unità stratigrafiche di riferimento;
- sismicità dell'area;
- interpretazione ed elaborazione delle prove in sito per fornire la caratterizzazione geologico-tecnica delle unità stratigrafiche incontrate.

Con il presente studio viene fornito un quadro d'insieme geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico adeguato al presente livello progettuale, con l'individuazione delle eventuali criticità osservate.

Le informazioni di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area indagata sono state sintetizzate nell'elaborato "Planimetria e profilo stratigrafico in scala 1:5.000 e 1:5.000/1:500", che costituisce parte integrante del presente studio.

## 7 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

### 7.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

#### 7.1.2 Assetto strutturale

L'area di progetto, compresa tra i centri di Barletta e Canosa di Puglia può considerarsi una zona di transizione fra due importanti domini paleo-geografici e strutturali: quello dell'Avampaese Apulo (Piattaforma Carbonatica Apula p.p.) a SSE e quello dell'Avanfossa appenninica (Fossa Bradanica s.s.) a NNO e SSE (Figura 7-1).

Per tali ragioni l'area in esame è stata interessata da sedimentazione sia terrigena sia carbonatica con movimenti tettonici recenti (Olocene) fino a poco tempo fa del tutto sconosciuti (Caldara M. et al., 1996 e 2005).

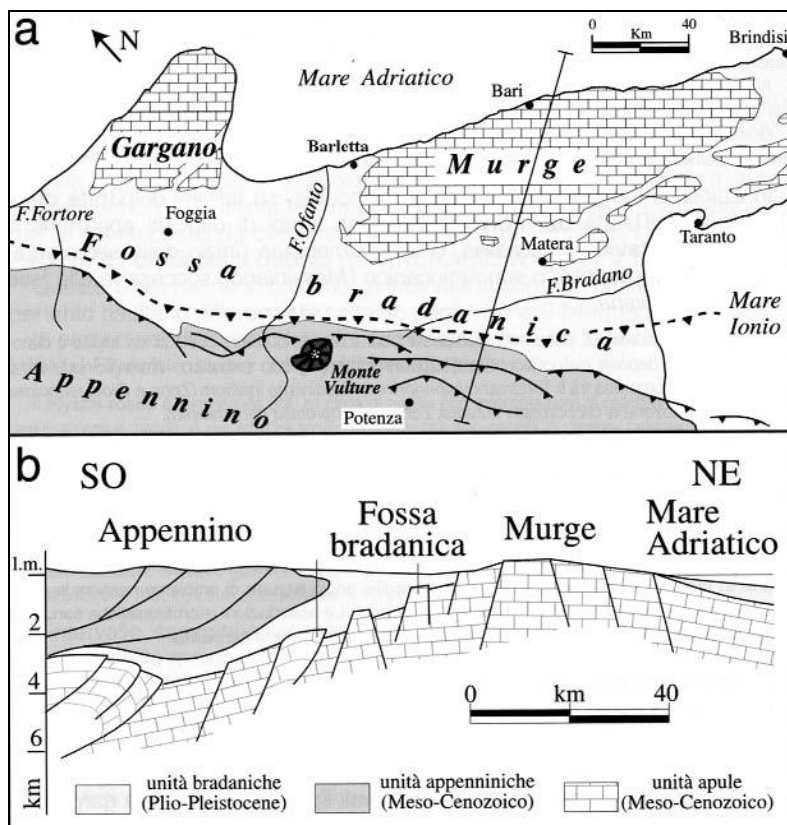


Figura 7-1 a) Carta geologica schematica della Fossa Bradanica e delle aree limitrofe; b) Sezione schematica orientata in senso trasversale allo sviluppo della Fossa Bradanica. (da Guide Geologiche Regionali - Puglia e Monte Vulture - Soc. Geol. It., 1999 - modificata).

In generale, nel sottosuolo dell'area di studio, sulle unità più antiche della piattaforma carbonatica apula ("Calcarea di Bari", Cretaceo, Valanginiano-Hauteriviano), poggiano i depositi del primo ciclo trasgressivo della Fossa Bradanica, riferibili al Pleistocene inferiore, rappresentati dalle "Calcareniti di Gravina" e dalle "Argille Subappennine".

Al di sopra si rinvengono, sia in affioramento che in perforazioni profonde (pozzi idrologici Acquedotto Pugliese, Ente Irrigazione di Bari, Consorzio di Bonifica Apulo-Lucano, Cementeria di Barletta, ecc.) sedimenti appartenenti



a più cicli sedimentari marini che rappresentano il risultato combinato dei movimenti tettonici verticali, cominciati all'inizio del Pleistocene Medio, e delle oscillazioni glacio-eustatiche del livello marino (Figura 7-2).

Tali sedimenti appartengono alle numerose unità litostratigrafiche riferibili ai Depositi Marini Terrazzati (Salvemini, 1984; Ciaranfi et al., 1988; Caldara et al., 1996) costituiti da sabbie fini, calcareniti, silts ed argille in facies di spiaggia e di barra litorale spesso in eteropia con facies di transizione tipicamente lagunari, palustri e continentali (dune e depositi alluvionali).

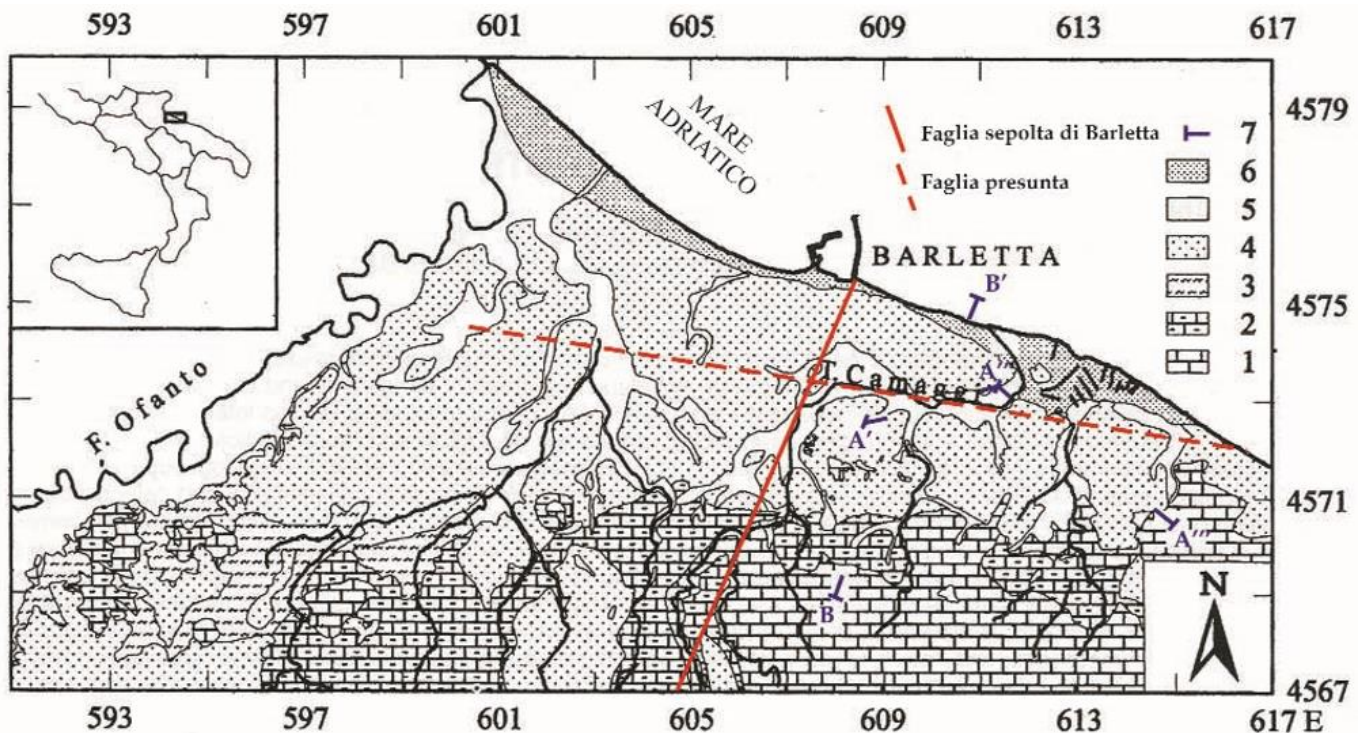


Figura 7-2 Carta geologica schematica dell'entroterra di Barletta. Legenda: 1) Substrato mesozoico; 2) "Calcarenite di Gravina"; 3) "Argille subappennine"; 4) Depositi marini terrazzati; 5) Depositi alluvionali recenti; 6) Sabbie delle spiagge attuali; 7) tracce delle sezioni geologiche; 8) faglie principali (da Caldara M. et al., 1996 - modificata).

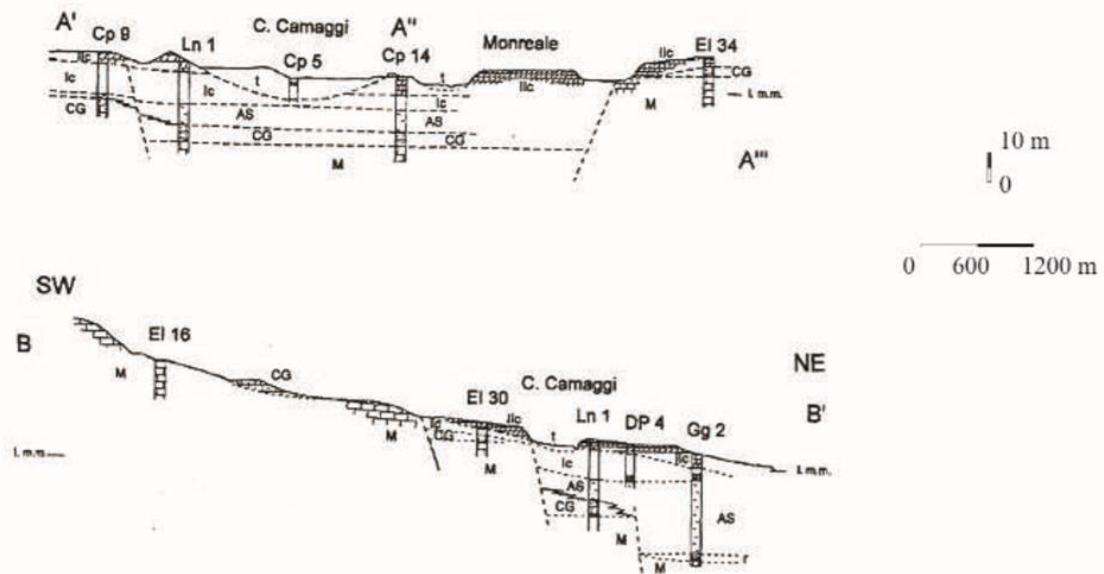


Figura 7-3 Sezioni geologiche A-A' parallela alla costa e B-B' ad essa perpendicolare. Legenda: M=substrato mesozoico; r=terre rosse residuali; CG = "Calcarenite di Gravina"; AS = "Argille subappennine"; Ic = I ciclo postbradanic; Ilc = II ciclo postbradanic; t= depositi alluvionali (da Caldara M. et al., 1996 - modificata).

|   |   |                         |                         |                       |                                |                  |
|---|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</b><br><br><b>POTENZIAMENTO ED ELETRIFICAZIONE DELLA LINEA<br/>         BARLETTA-CANOSA DI PUGLIA</b> |                         |                         |                       |                                |                  |
|   | RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,<br>IDROGEOLOGICA E SISMICA   | COMMESSA<br><b>IA6C</b> | LOTTO<br><b>00 F 69</b> | CODIFICA<br><b>RG</b> | DOCUMENTO<br><b>GE0000 001</b> | REV.<br><b>D</b> |

### 7.1.3 Assetto stratigrafico

La successione litostratigrafia sopra descritta, dal basso verso l'alto, è la seguente:

- *Formazione del Calccare di Bari ( $Q^{7-3c}$ ):* calcari detritici a grana fine, di colore bianco o nocciola, stratificati. Calcari dolomitici e dolomie con un livello di breccia calcareo-dolomitica a cemento dolomitico (età: Turoniano-Barremiano) spessore 1300 metri.
- *Formazione delle Calcareniti di Gravina ( $Q^{ic}$ ):* calcareniti bianche o giallastre, più o meno cementate, con frammenti di fossili (Calabriano-Pliocene sup.), spessore variabile, fino ad alcune decine di metri.
- *Formazione delle Argille Subappennine ( $Q^{ac}$ ):* argille marnose, più o meno siltose-azzurre o giallastre per alterazione con resti fossili (Calabriano-Pliocene Superiore).
- *Limi sabbiosi e sabbie quarzose fini con straterelli cementati ( $Q_m$ ),* a luoghi in terrazzi (Pleistocene).
- *Depositi alluvionali terrazzati ( $at_2$ ):* sabbie e ciottoli (terrazzi medi del F. Ofanto e dei suoi affluenti); depositi ciottolosi e terrosi sui fianchi delle "lame" ad Ovest di Andria (Pleistocene).
- *Depositi alluvionali recenti ( $a$ ):* depositi alluvionali recenti e attuali sabbiosi e ciottolosi; depositi alluvionali terrosi e ciottolosi nei solchi erosivi (Olocene – Pleistocene).
- *Depositi di spiaggia attuali ( $q_s$ ):* sabbie delle spiagge attuali, con elementi in prevalenza quarzosi e subordinatamente pirossenico-magnetitici (Olocene).

Di seguito si riportano i depositi riconoscibili in affioramento.

#### **Formazione del Calccare di Bari ( $Q^{7-3c}$ )**

Affiorano in maniera isolata e sporadica nei pressi dell'alveo del Fiume Ofanto, non interessando direttamente il tracciato di progetto.

#### **Formazione delle Calcareniti di Gravina ( $Q^{ic}$ )**

Affiorano in maniera modesta lungo l'alveo del Fiume Ofanto, bordando il calcare di Bari, le Calcareniti di Gravina rappresentano dei depositi trasgressivi, arenitici, scarsamente coerenti, che costituiscono la base della serie di riempimento della Fossa Bradanica.

Si tratta di calcareniti e a luoghi di bioclastiti biancastre o giallastre di ambiente litorale, generalmente non stratificate, presentano clinostratificazione solo in alcuni affioramenti presso Canosa di Puglia.

L'appoggio sul Calccare di Bari è segnato in genere da un livello di conglomerato con elementi provenienti dallo stesso Calccare.

#### **Formazione delle Argille Subappennine ( $Q^{ac}$ )**

Affiorano largamente nei fianchi vallivi del Fiume Ofanto. Si tratta di un deposito infraneritico privo di stratificazione, fatta eccezione per la parte alta, dove si ha una fitta alternanza di straterelli argillosi e sabbiosi. Tali argille, generalmente, poggiano in continuità stratigrafica sulle Calcareniti di Gravina.

In alcuni luoghi delle aree interessate dal tracciato ferroviario invece, le Argille subappennine poggiano direttamente sul Calccare di Bari.

### *Limi sabbiosi e sabbie quarzose fini e calcareniti (Qm)*

Affiorano a quote via via decrescenti verso il mare e, lungo l'allineamento Canosa-Foce Ofanto, formano una serie di ripiani limitati in basso da scarpate. Questi depositi segnano il limite verso mare del terrazzo pleistocenico (verosimilmente tirreniano), e presentano una successione di litotipi con limi sabbiosi, sabbie e croste calcarenitiche di origine marina. Le sabbie, talvolta argillose, di colore grigio avana e con numerosi fossili, presentano spessori di qualche metro, mentre le calcareniti o le "croste" arenacee impegnano spessori più significativi anche dell'ordine di diverse decine di metri.

### *Depositi alluvionali antichi (at<sub>2</sub>)*

Affiorano sui fianchi della valle del Fiume Ofanto sottoforma di depositi terrazzati riferibili a due cicli.

Il deposito più elevato (terrazzo del Fiume Ofanto e dei suoi affluenti) è situato generalmente sopra i 250 m s.l.m., è in gran parte piroclastico ed ha uno spessore di qualche metro.

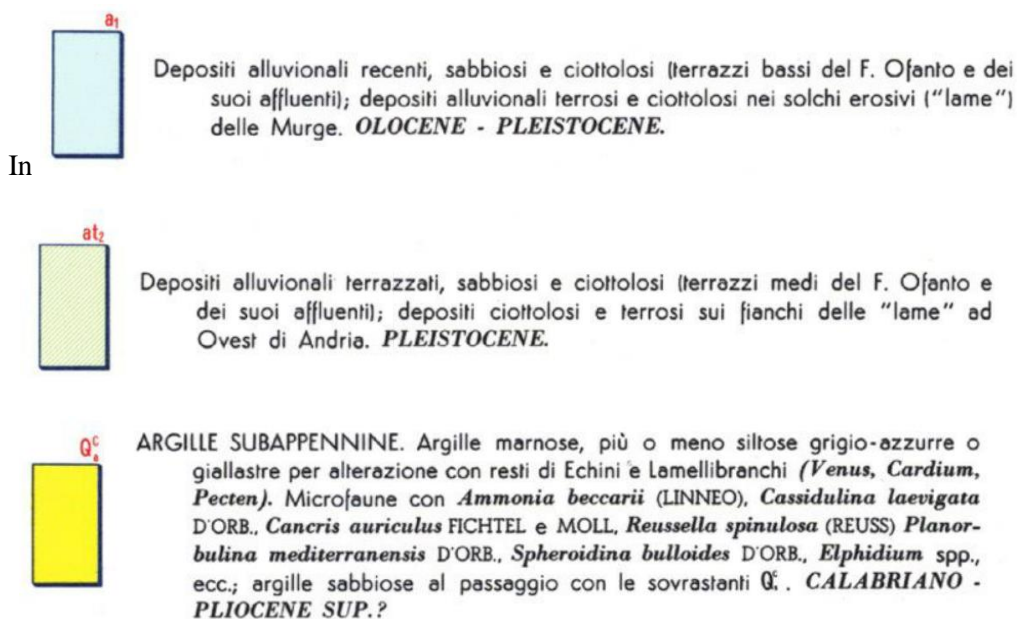
Il deposito terrazzato più recente (terrazzo medio del F. Ofanto e dei suoi affluenti) si riconosce in lembi lungo i fianchi della valle del Fiume stesso. E' in gran parte costituito da sedimenti ciottolosi e sabbiosi; ha uno spessore che a luoghi supera i dieci metri.

### *Depositi alluvionali recenti (a)*

Affiorano lungo il Fiume Ofanto sottoforma di sottili spessori di depositi alluvionali terrazzati in gran prevalenza ciottolosi.

### *Depositi delle spiagge attuali (q<sup>s</sup>)*

Occupano invece tutta la fascia del litorale con una ampiezza variabile in funzione delle condizioni meteo marine e del berma di battigia. Litologicamente sono rappresentati da sabbie a granulometria fine o media, con alternanza di livelli chiari e scuri per la presenza di minerali fomici provenienti dal Vulture. Tali depositi si dispongono con superfici a laminazione incrociata e sviluppano uno spessore complessivo di circa 5 metri.





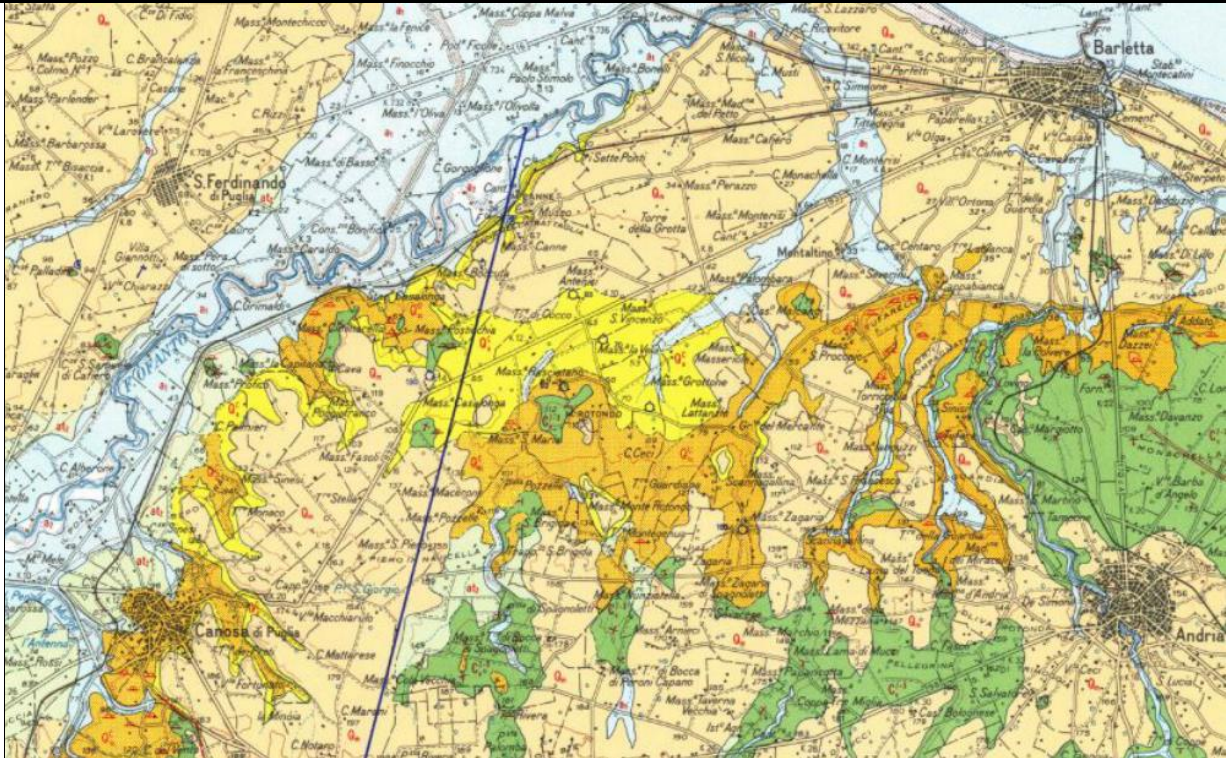
**CALCARENITE DI GRAVINA.** Calcareniti ("tufo") bianche o giallastre, più o meno cementate, con frammenti di Coralli, Echini, Ostreidi e Pettinidi; Microfaune con *Ammonia beccarii* (LINNEO), *Cancris auriculus*; FICHEL e MOLL, *Astigerina planorbis* (D'ORB.), *Dorothia gibbosa* (D'ORB.), *Discorbis orbicularis* TERQUEM, *Elphidium* spp., *Cibicides* spp., ecc.; trasgressive su C<sup>1</sup>. **CALABRIANO - PLIOCENE SUP.?**







**CALCARE DI BARI.** Calcari detritici a grana fine, di colore bianco o nocciola, generalmente in strati e in banchi, a luoghi lastriiformi. Calcari dolomitici e dolomie con un livello di breccia calcareo-dolomitica a cemento dolomitico. Calcari massicci o in banchi con: *Sauvagesia sharpei* (BAYLE), *Durania arnaudi* (CHOFF.), *Nerinea* cfr. *pseudonobilis* CHOFF., *Cuneolina pavonia parva* HENSON, ecc., Turoniano - Cenomaniano (livello "Toritto"); *Eoradiolites davidsoni* (HILL), *Cerithium lyciense* DE FRANCHIS, *Coskinolina sunnilandensis* HAYNC, *C. adkinsi* BARKER ecc., Albiano (livello "Palese"); *Toucasia* cfr. *carinata* (MATH.), *T. trasversa* PAQUIER, *Agria* sp., *Caprina* sp., *Orbitolina* sp., *Cuneolina camposauri* SART. e CRESC., *C. laurentii* SART. e CRESC., *Bacinella irregularis* RAD., *Pianella dinarica* RAD., Aptiano - Barremiano (livello "Corato"). **TURONIANO - BARREMIANO.**

Figura 7-4 si riporta uno stralcio ingrandito della Carta Geologica d'Italia – Foglio 176 Barletta – Scala 1:100.000 (Servizio Geologico d'Italia, 1971) e la legenda delle litologie affioranti nell'area di esame.





- q<sup>1</sup>**  

 Sabbie delle spiagge attuali, con elementi in prevalenza quarzosi e subordinatamente pirossenico-magnetitici. **OLOCENE.**
- a<sub>1</sub>**  

 Depositi alluvionali recenti, sabbiosi e ciottolosi (terrazzi bassi del F. Ofanto e dei suoi affluenti); depositi alluvionali terrosi e ciottolosi nei solchi erosivi ("lame") delle Murge. **OLOCENE - PLEISTOCENE.**
- at<sub>2</sub>**  

 Depositi alluvionali terrazzati, sabbiosi e ciottolosi (terrazzi medi del F. Ofanto e dei suoi affluenti); depositi ciottolosi e terrosi sui fianchi delle "lame" ad Ovest di Andria. **PLEISTOCENE.**
- Q<sub>c</sub>**  

 ARGILLE SUBAPPENNINE. Argille marnose, più o meno siltose grigio-azzurre o giallastre per alterazione con resti di Echini e Lamellibranchi (*Venus*, *Cardium*, *Pecten*). Microfaune con *Ammonia beccarii* (LINNEO), *Cassidulina laevigata* D'ORB., *Cancris auriculatus* FICHEL e MOLL, *Reussella spinulosa* (REUSS) *Planorbulina mediterraneensis* D'ORB., *Spheroidina bulloides* D'ORB., *Elphidium* spp., ecc.; argille sabbiose al passaggio con le sovrastanti Q<sub>c</sub>. **CALABRIANO - PLEIOCENE SUP.?**



**CALCARENITE DI GRAVINA.** Calcareniti ("tufo") bianche o giallastre, più o meno cementate, con frammenti di Coralli, Echini, Ostreidi e Pettinidi; Microfaune con *Ammonia beccarii* (LINNEO), *Cancris auriculus*; FICHEL e MOLL, *Astigerina planorbis* (D'ORB.), *Dorothia gibbosa* (D'ORB.), *Discorbis orbicularis* TERQUEM, *Elphidium* spp., *Cibicides* spp., ecc.; trasgressive su C<sub>1</sub><sup>-1</sup>. **CALABRIANO - PLIOCENE SUP.?**



**CALCARE DI BARI.** Calcari detritici a grana fine, di colore bianco o nocciola, generalmente in strati e in banchi, a luoghi lastriiformi. Calcari dolomitici e dolomie con un livello di breccia calcareo-dolomitica a cemento dolomitico. Calcari massicci o in banchi con: *Sauvagesia sharpei* (BAYLE), *Durania arnaudi* (CHOFF.), *Nerinea* cfr. *pseudonobilis* CHOFF., *Cuneolina pavonia parva* HENSON, ecc., Turoniano - Cenomaniano (livello "Toritto"); *Eoradiolites davidsoni* (HILL), *Cerithium lyciense* DE FRANCHIS, *Coskinolina sunnilandensis* HAYNC, *C. adkinsi* BARKER ecc., Albiano (livello "Palese"); *Toucasia* cfr. *carinata* (MATH.), *T. transversa* PAQUIER, *Agria* sp., *Caprina* sp., *Orbitolina* sp., *Cuneolina camposauri* SART. e CRESC., *C. laurentii* SART. e CRESC., *Bacinella irregularis* RAD., *Pianella dinarica* RAD., Aptiano - Barremiano (livello "Corato"). **TURONIANO - BARREMIANO.**

Figura 7-4 Stralcio ingrandito della Carta Geologica d'Italia - foglio 176 Barletta - scala 1: 100.000.

In sintesi, l'area tra Barletta e Canosa di Puglia lungo la valle del Fiume Ofanto, nella quale si colloca l'area di studio, può considerarsi una zona di transizione tra due importanti domini paleogeografici e strutturali: quello dell'Avampaese Apulo, con la piattaforma carbonatica e quello dell'Avanfossa appenninica.

Di conseguenza l'area in esame è stata interessata sia da sedimentazione terrigena sia marina con contestuali movimenti tettonici fino ad epoca recente. Nel sottosuolo della città di Barletta sulle unità più antiche della piattaforma carbonatica, non affioranti, poggiano i depositi del primo ciclo trasgressivo del Pleistocene inferiore (Calcareniti ed Argille) con sovrastanti depositi sedimenti policiclici riferibili ai depositi marini terrazzati e alluvionali appartenenti alle dinamiche evolutive del fiume Ofanto.

La successione stratigrafica dei suddetti depositi terrazzati comprende sabbie fini, calcareniti, silts ed argille in facies di spiaggia e/o di barra litorale spesso in eteropia con facies lacustri, palustri e continentali. Il substrato calcareo si rinviene ad almeno 30 metri di profondità dal p.c. e pertanto la sequenza delle facies più recenti risulta rappresentata da unità con spessore metrico o multi-metrico.

Nella fascia costiera sono evidenti tratti con morfologia a gradinata ovvero situazioni in cui si alternano tratti pianeggianti raccordati da fasce acclivi ovvero da scarpate con dislivelli di alcuni metri tra monte e valle. Molte scarpate corrispondono a paleolinee di riva mentre i ripiani si assimilano a paleo superfici di abrasione.

La frequenza con cui si alternano i vari "gradini" morfologici si fa correlare alle oscillazioni glacio eustatiche e nel contempo anche ai tassi di sollevamento isostatico polifasato.

Per gli aspetti tettonici apparentemente non sussistono condizioni che consentano una rilevazione degli effetti indotti ovvero una osservazione diretta circa eventuali assestamenti o movimenti di porzioni delle unità sedimentarie. La tettonica quaternaria ha avuto tuttavia un'influenza determinante sull'assetto geomorfologico ed idrogeologico attuale delle aree costiere come dimostrano le stratigrafie profonde che intaccano il substrato roccioso in posizioni spaziali nettamente differenziate.

La struttura prevalente che caratterizza i depositi carbonatici è quella tipica ad Horst e Graben con improvvise risalite della roccia calcarea ed immediati sprofondamenti della stessa. Su tali morfologie si sarebbe depositata la



coltre dei terreni pleistocenici con una rapida sedimentazione clastica favorita dal trasporto solido alla foce del fiume Ofanto.

## 7.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

### 7.2.1 Geomorfologia dell'area

I lineamenti geomorfologici di seguito riportati riguardano l'intera area di progetto tra gli abitati di Barletta e Canosa di Puglia, compreso interamente nel Foglio n. 176 "Barletta" della carta Geologica d'Italia, in scala 1:100.000 e riportata come stralcio in



Depositi alluvionali recenti, sabbiosi e ciottolosi (terrazzi bassi del F. Ofanto e dei suoi affluenti); depositi alluvionali terrosi e ciottolosi nei solchi erosivi ("lame") delle Murge. **OLOCENE - PLEISTOCENE.**



Depositi alluvionali terrazzati, sabbiosi e ciottolosi (terrazzi medi del F. Ofanto e dei suoi affluenti); depositi ciottolosi e terrosi sui fianchi delle "lame" ad Ovest di Andria. **PLEISTOCENE.**



**ARGILLE SUBAPPENNINE.** Argille marnose, più o meno siltose grigio-azzurre o giallastre per alterazione con resti di Echini e Lamellibranchi (*Venus*, *Cardium*, *Pecten*). Microfaune con *Ammonia beccarii* (LINNEO), *Cassidulina laevigata* D'ORB., *Cancris auriculus* FICHTEL e MOLL, *Reussella spinulosa* (REUSS) *Planorbulina mediterraneensis* D'ORB., *Spheroidina bulloides* D'ORB., *Elphidium* spp., ecc.; argille sabbiose al passaggio con le sovrastanti Q<sub>c</sub>. **CALABRIANO - PLEISTOCENE SUP.?**



**CALCARENITE DI GRAVINA.** Calcareniti ("tufo") bianche o giallastre, più o meno cementate, con frammenti di Coralli, Echini, Ostreidi e Pettinidi; Microfaune con *Ammonia beccarii* (LINNEO), *Cancris auriculus*, FICHTEL e MOLL, *Astigerina planorbis* (D'ORB.), *Dorothia gibbosa* (D'ORB.), *Discorbis orbicularis* TERQUEM, *Elphidium* spp., *Cibicides* spp., ecc.; trasgressive su Q<sub>c</sub><sup>1</sup>. **CALABRIANO - PLEISTOCENE SUP.?**



**CALCARE DI BARI.** Calcari detritici a grana fine, di colore bianco o nocciola, generalmente in strati e in banchi, a luoghi lastriformi. Calcari dolomitici e dolomie con un livello di breccia calcareo-dolomitica a cemento dolomitico. Calcari massicci o in banchi con: *Sauvagesia sharpei* (BAYLE), *Durania arnaudi* (CHOFF.), *Nerinea* cfr. *pseudonobilis* CHOFF., *Cuneolina pavonia parva* HENSON, ecc., Turoniano - Cenomaniano (livello "Toritto"); *Eoradiolites davidsoni* (HILL), *Cerithium lyciense* DE FRANCHIS, *Coskinolina sunnilandensis* HAYNC, *C. adkinsi* BARKER ecc., Albiano (livello "Palese"); *Toucasia* cfr. *carinata* (MATH.), *T. transversa* PAQUIER, *Agria* sp., *Caprina* sp., *Orbitolina* sp., *Cuneolina camposauri* SART. e CRESC., *C. laurentii* SART. e CRESC., *Bacinella irregularis* RAD., *Pianella dinarica* RAD., Aptiano - Barremiano (livello "Corato"). **TURONIANO - BARREMIANO.**

|  |  |         |          |            |      |          |
|--|--|---------|----------|------------|------|----------|
|  | <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</b>                                  |         |          |            |      |          |
|  | <b>POTENZIAMENTO ED ELETTRIFICAZIONE DELLA LINEA<br/>BARLETTA-CANOSA DI PUGLIA</b> |         |          |            |      |          |
| RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,<br>IDROGEOLOGICA E SISMICA                  | COMMESSA   | LOTTO   | CODIFICA | DOCUMENTO  | REV. | FOGLIO   |
|  | IA6C   | 00 F 69 | RG       | GE0000 001 | D    | 24 di 98 |

Figura 7-4 (Servizio Geologico d'Italia, 1971).

I lineamenti topografici del territorio sono condizionati in maniera determinante dalla natura delle rocce clastiche e l'acclività, più o meno accentuata, risulta strettamente legata allo stato di aggregazione ed all'assetto dei litotipi affioranti. I materiali presenti sono, in generale, facile preda degli agenti erosivi e pertanto le forme del territorio sono in continua evoluzione.

L'aspetto topografico dominante è quello delle spianate occupate prevalentemente dai sedimenti marini (Pleistocene medio-superiore) con presenza di calcare incrostante in superficie ("Crosta Pugliese") e, subordinatamente, dai depositi più antichi pliocenici appartenenti alla Calcarenite di Gravina e alle Argille Subappennine. Tutti questi depositi, portati alla luce dalle dinamiche evolutive del fiume Ofanto, sono dolcemente degradanti verso la linea di costa.

I depositi alluvionali antichi, recenti ed attuali del fiume Ofanto formano vaste pianure lungo il corso del fiume stesso e nella fascia costiera; questa limitata verso mare da una spiaggia di ampiezza variabile.

Il territorio, verso mare, è caratterizzato numerose zone pianeggianti, talvolta di notevoli estensioni, che costituiscono gli ultimi lembi dell'azione marina in fase di colmamento (regressione). Tali pianori possono essere talvolta fittamente incisi da solchi erosivi non sempre perpendicolari alla linea di costa.

|  |   |                         |                       |                                |                  |                           |
|--|---|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</b>                             |                         |                       |                                |                  |                           |
|  | <b>POTENZIAMENTO ED ELETRIFICAZIONE DELLA LINEA BARLETTA-CANOSA DI PUGLIA</b> |                         |                       |                                |                  |                           |
| RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA                     | COMMESSA<br><b>IA6C</b>   | LOTTO<br><b>00 F 69</b> | CODIFICA<br><b>RG</b> | DOCUMENTO<br><b>GE0000 001</b> | REV.<br><b>D</b> | FOGLIO<br><b>25 di 98</b> |

## 8 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico è possibile suddividere il tracciato in due zone all'interno delle quali prevalgono tre unità idrogeologiche principali.

Nel territorio comunale di Barletta affiorano quasi esclusivamente i depositi clastici pleistocenici, da poco a mediamente permeabili, costituiti da limi sabbiosi e sabbie con intercalazioni argillose, sovrapposti ai depositi argilloso marnosi impermeabili delle Argille Subappennine.

Nel territorio comunale di Canosa di Puglia affiorano le Calcareniti di Gravina e a luoghi i Calcari di Bari nell'ambito dei quali il reticolo idrografico superficiale determina la formazione di solchi erosivi. In queste aree si sviluppa una circolazione idrica sotterranea rappresentata da numerose fratture e cavità che influenzano considerevolmente la permeabilità delle rocce calcaree.

In entrambi i territori sono presenti i depositi alluvionali recenti relativi ai processi deposizionali legati alla divagazione del fiume Ofanto, che scorre da SO a NE e dei vari affluenti, dei quali il più importante è il torrente Locone. In funzione dell'eterogeneità dei sedimenti alluvionali, costituiti da sabbie limose con intercalazioni sabbioso ghiaiose in matrice fine, questa unità presenta caratteri di permeabilità estremamente variabili, simile al complesso sabbioso siltoso-argilloso.

I depositi presenti nell'area di interesse possono essere distinti in tre gruppi a differente grado di permeabilità, ovvero:

- a) depositi impermeabili, o a permeabilità molto bassa rappresentati essenzialmente dai livelli argillosi dei depositi marini;
- b) depositi a permeabilità variabile, essenzialmente rappresentati dal complesso sabbioso siltoso-argilloso dei depositi clastici pleistocenici e dei depositi alluvionali attuali e recenti;
- c) rocce permeabili per fessurazione e carsismo che comprendono le rocce calcaree del basamento mesozoico ("Calcere di Bari"), interessate da un tipo di permeabilità secondaria (medio-alta).

In linea generale l'idrogeologia dell'area si caratterizza per la presenza di una falda profonda e di una falda superficiale.

La falda profonda è collocata ad una profondità maggiore di 30 metri dalla superficie topografica ed è circolante negli ammassi calcarei cretacei riferiti al "Calcere di Bari". Tale acquifero è confinato ed è, nei luoghi morfologicamente più depressi, di tipo artesiano.

La falda superficiale è inserita nel complesso sabbioso siltoso-argilloso che presenta caratteri di permeabilità estremamente variabili. I livelli piezometrici disponibili (derivanti da monitoraggio piezometrico e da letture in corso di perforazione dei sondaggi) indicano valori di soggiacenza compresi tra 7.0 e 12.0 metri da piano campagna.

Tra la falda superficiale, circolante nei sopraccitati depositi, e quella profonda, si interpongono generalmente le "Argille subappennine", che rappresentano il substrato impermeabile delle acque circolanti nei litotipi superficiali.

All'interno dei depositi marini terrazzati sopra descritti è possibile localizzare lenti, più o meno cospicue, di sedimenti argillosi che possono costituire il letto di falde definite 'sospese' oppure il tetto di localizzati acquiferi confinati.

I dati di permeabilità, noti in bibliografia e ricavati da prove in situ mediante prove Lefranc, indicano valori del coefficiente di permeabilità variabili in funzione della granulometrica dei sedimenti e quindi ampiamente difforni sia in senso orizzontale che verticale ( $1.5 \times 10^{-6} < K < 6 \times 10^{-4}$  m/s).

## 8.1 MONITORAGGIO PIEZOMETRICO

Durante la campagna geognostica condotta da Italferr nel 2020 (vedi Capitolo 11.3) sono stati eseguiti n.11 sondaggi a carotaggio continuo e sono stati installati

- n. 8 piezometri tipo Norton a tubo aperto del diametro di 300 mm;
- n. 3 piezometri tipo Casagrande.

Al termine della campagna geognostica è iniziato, nel Luglio del 2020, il monitoraggio del livello di falda.

Nella Tabella 8.1 si riportano i valori delle misurazioni eseguiti fino al mese di Gennaio 2021. Si può osservare che i livelli misurati sono rappresentativi della falda superficiale e sono in linea con quelli desunti dalla bibliografia.

| DENOMINAZIONE            | PFBC_S1    | PFBC_S1    | PFBC_S2    | PFBC_S2    | PFBC_S3    | PFBC_S4    | PFBC_S5    | PFBC_S6    | PFBC_S7     | PFBC_S8    | PFBC_S9    | PFBC_S9bis | PFBC_S10   |
|--------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| FENESTRATURA/PROF. CELLA | 17,00      | 22,00      | 15,00      | 22,50      | 3,00-18,00 | 3,00-15,00 | 18,00      | 3,00-15,00 | 10,00-30,00 | 3,00-12,00 | 3,00-15,00 | 3,00-15,00 | 9,00-30,00 |
| TIPO STRUMENTO           | Casagrande | Casagrande | Casagrande | Casagrande | Norton     | Norton     | Casagrande | Norton     | Norton      | Norton     | Norton     | Norton     | Norton     |
| Q. BOCAFORO (m.s.l.m.)   | 12,75      | 12,75      | 12,46      | 12,46      | 19,79      | 18,00      | 31,00      | 34,22      | 39,67       | 39,86      | 49,42      | 66,14      | 81,19      |
| PROF. SONDAGGIO (m)      | 30,00      | 30,00      | 30,00      | 30,00      | 30,00      | 30,00      | 30,00      | 30,00      | 30,00       | 40,00      | 40,00      | 40,00      | 30,00      |

| DATA RILIEVO | Falda m p.c. | Falda m p.c. | Falda m p.c. | Falda m p.c. | Falda m p.c. | Falda m p.c. | Falda m p.c. | Falda m p.c. | Falda m p.c. | Falda m p.c. | Falda m p.c. | Falda m p.c. | Falda m p.c. |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 02/07/2020   | -8,00        | -7,76        | -8,67        | -8,77        | -12,72       | -8,85        | no falda     | no falda     | -29,80       | no falda     | no falda     | -10,10       | no falda     |
| 16/09/2020   | -8,10        | -7,90        | -9,00        | -9,00        | -12,80       | no falda     | no falda     | no falda     | no falda     | no falda     | no falda     | -10,15       | no falda     |
| 14/10/2020   | -8,15        | -7,98        | -8,50        | -8,50        | -12,90       | -9,40        | -12,80       | no falda     | no falda     | no falda     | no falda     | -10,20       | no falda     |
| 17/11/2020   | -8,13        | -8,00        | -8,55        | -8,75        | -12,95       | -9,45        | -13,00       | no falda     | no falda     | no falda     | no falda     | -10,18       | no falda     |
| 15/12/2020   | -8,10        | -8,00        | -8,30        | -8,30        | -12,80       | -9,40        | -12,90       | no falda     | no falda     | no falda     | no falda     | -10,15       | no falda     |
| 21/01/2021   | -7,95        | -8,00        | -8,00        | -8,00        | -12,80       | -8,60        | -12,65       | no falda     | no falda     | no falda     | no falda     | -10,10       | no falda     |

Tabella 8.1 – Letture del livello di falda misurato nei piezometri da Luglio 2020 a Gennaio 2021.

## 9 FORMAZIONI GEOLOGICHE INTERCETTATE DAL TRACCIATO

Sulla base delle ricerche bibliografiche e dai risultati delle indagini di progetto (eseguite nel 2020), è possibile distinguere 3 aree del tracciato a caratteristiche geologico-geomorfologiche omogenee:

1. Area tra le pk 0+000 ÷ 4+500.
2. Area tra le pk 4+500 ÷ 14+100.
3. Area tra le pk 14+100 ÷ 25+250.

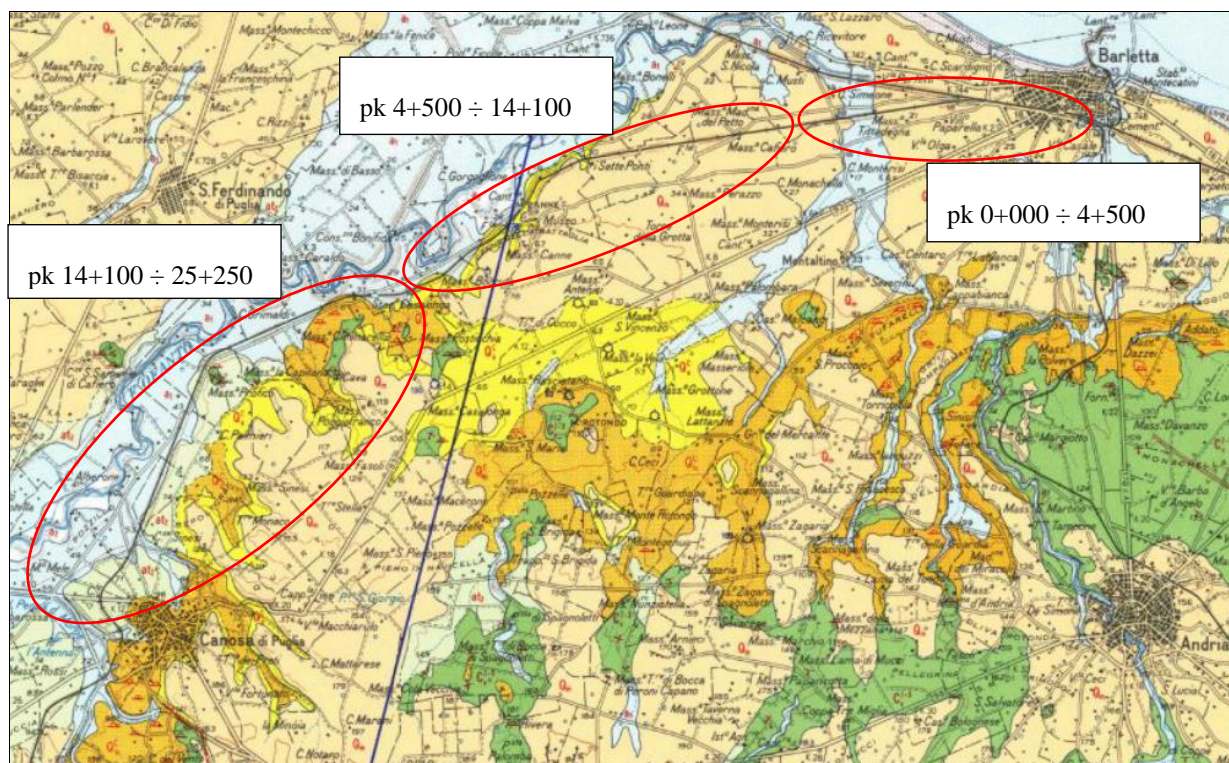


Figura 9-1 Stralcio, non in scala, della Carta Geologica d'Italia 1:100.000.

### 9.1 AREA TRA LE PK 0+000 ÷ 4+500

Questa porzione di tracciato si sviluppa su un'area pianeggiante che dalla stazione di Barletta attraversa il centro città in direzione SW verso Canosa di Puglia.

In quest'area il tracciato attraversa prevalentemente i depositi marini post-calabrianici ( $Q_m$ ), costituiti da limi sabbiosi, sabbie fini in prevalenza quarzose, gialle e rossastre, con straterelli cementati e calcareniti grossolane, poggianti sulle sottostanti Argille Subappennine ( $Q^a c$ ) costituite da argille marnose, più o meno siltose grigio azzurre o giallastre per alterazione. Tra le pk 3+775 e 4+325 il tracciato intercetta superficialmente i depositi alluvionali attuali e recenti dei terrazzi bassi degli affluenti in destra idrografica del Fiume Ofanto ( $a$ ), costituiti da depositi alluvionali terrazzati terrosi, sabbiosi e ciottolosi, presenti in spessori massimi pari a circa 18.0-19.0m da pc come desunto dal sondaggio S2 (Italferr, 2020).



Da un punto di vista idrogeologico le due unità sono caratterizzate dalla presenza di una falda profonda individuata nei depositi post-calabrianici (sondaggio ISPRA n. 152243) che presentano caratteri di permeabilità estremamente variabili in funzione della litologia dominante, e da una circolazione idrogeologica superficiale che interessa i depositi terrazzati, limitata al letto da lenti di materiale poco permeabile.

La DTP RFI di Barletta segnala l'abbassamento del ballast alla pk 3+740, dove si rileva la mancanza di copertura delle traverse. E' probabile che in quest'area il ballast sia a contatto con i depositi alluvionali recenti costituiti da materiale granulare da poco a mediamente addensato, potenzialmente soggetto a fenomeni di cedimento legati all'oscillazione stagionale dei livelli superficiali di falda (rilevata a circa -7.70m da p.c.).

In fase di Progettazione Definitiva si dovrà provvedere ad approfondire la problematica mediante l'esecuzione di ulteriori indagini e rilievi.



Figura 9-2 Abbassamento del ballast alla 3+740.

## 9.2 AREA TRA LE PK 4+500 ÷ 14+100

In questa tratta il tracciato si sviluppa prevalentemente su un'area pianeggiante, andando a posizionarsi parallelamente al corso del Fiume Ofanto a partire dalla pk 6+000. Tra le pk 9+500 – 11+000 il tracciato si sviluppa per un breve tratto a mezza costa lungo un versante caratterizzato da modesta acclività e scarsa altitudine, per poi riprendere prevalentemente su un'area pianeggiante.

Dalla pk 4+500 fino circa alla pk 10+650 il tracciato attraversa superficialmente i depositi marini post-calabrianici ( $Q_m$ ), costituiti da limi sabbiosi, sabbie fini in prevalenza quarzose, gialle e rossastre, con straterelli cementati e calcareniti.

Tra le pk 5+900 e 6+900 i depositi marini post-calabrianici ( $Q_m$ ) sono presenti in spessori via via inferiori, al di sopra dei sottostanti depositi argillosi delle Argille Subappennine ( $Q^a c$ ) costituite da argille marnose, più o meno siltose grigio azzurre o giallastre per alterazione. In funzione di questo "assottigliamento" è possibile ipotizzare la presenza di una struttura plicativa sepolta, tipo anticlinale che ha determinato l'emersione e la conseguente erosione dei depositi marini post-calabrianici, ed il sollevamento dei sottostanti depositi argillosi.

Successivamente e fino alla pk 14+100, affiorano i sottostanti depositi argillosi delle Argille Subappennine ( $Q^a c$ ), ma tra le pk 11+550 e 11+850 e nuovamente tra le pk 12+450 e 13+400 il tracciato intercetta superficialmente i depositi alluvionali attuali e recenti dei terrazzi bassi del F. Ofanto ( $a$ ), costituiti da depositi alluvionali terrazzati terrosi, sabbiosi e ciottolosi, poggiati sui sottostanti depositi argillosi.

Nella tratta dalla pk 13+400 fino a 14+100 è possibile ipotizzare la presenza di sovrascorrimenti sepolti, che, in seguito ad un'intensa attività tettonica compressiva, hanno dislocato le Calcareniti di Gravina e il sottostante substrato cretacico costituito dai Calcari di Bari ( $Q^{7-3}c$ ), determinandone un significativo sollevamento.

La DTP RFI di Barletta ha evidenziato la necessità periodica di ricaricare il ballast alla pk 10+300 per correggere il disallineamento dei binari (Figura 9-3). Per tale ragione lo strato di ballast presente in sito è molto più alto dello standard.



*Figura 9-3 Foto scattate alla pk 10+300 dove si registra l'abbassamento del ballast.*

In quest'area il ballast sembrerebbe a contatto con i depositi marini post-calabrianici, costituiti da materiale sabbioso-limoso da addensato a mediamente addensato, potenzialmente soggetto a fenomeni di cedimento legati all'oscillazione stagionale dei livelli superficiali di falda (rilevata a circa -8.70m da p.c.).

I rilievi geologici sul campo condotti nel mese di maggio 2020 hanno evidenziato sul lato sud est, in adiacenza alla linea ferroviaria, la presenza di un piccolo versante caratterizzato da una serie di trincee drenanti ortogonali alla linea ferroviaria (Figura 9-4 e Figura 9-5).



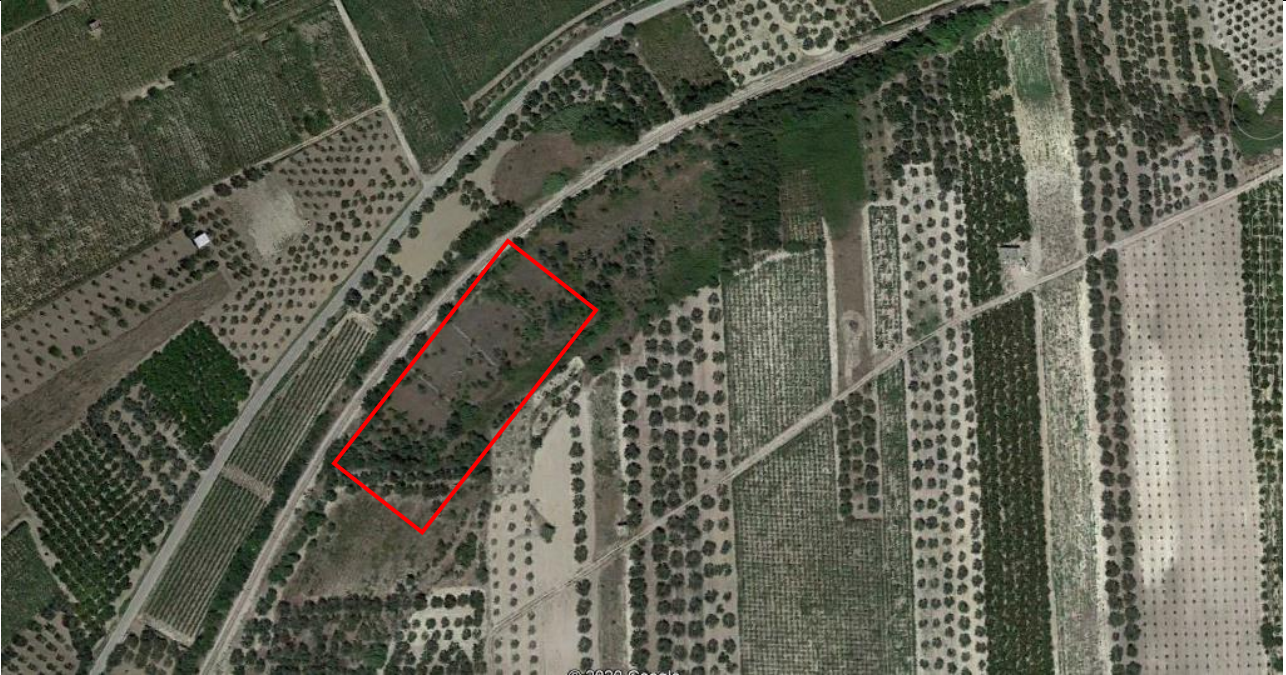


Figura 9-4 Stralcio non in scala della curva alla pk 10+300 (da Google Earth). Nel riquadro rosso si possono notare dei lineamenti bianchi ortogonali alla linea ferroviaria (trincee drenanti).



Figura 9-5 Foto in corrispondenza di una delle trincee drenanti realizzate in pietrame calcareo. La foto è stata scattata da sopra il versante verso il basso dove corre la linea ferroviaria.



Il versante, probabilmente costituito in parte dalle “Argille Subappennine”, è ricoperto da una fitta vegetazione e da uno strato di suolo. Considerata la morfologia dell’area, la presenza delle trincee drenanti e gli eventi di disallineamento periodico della linea ferroviaria, è ragionevole pensare che il disallineamento sia imputabile anche a piccoli spostamenti del versante medesimo.

Nel mese di Ottobre 2020, al fine di approfondire la problematica riscontrata ai piedi del versante, si è proceduto ad una campagna integrativa di indagini geofisiche così strutturata (Figura 9-6):

- N. 1 Rilievo Tomografico Elettrico in acquisizione 2D, denominato EL1; il profilo è stato costituito da n. 72 elettrodi con passo regolare ogni 3.0 m, pari a uno sviluppo lineare di 213.0 metri;
- N. 4 Prospezioni Sismiche a Rifrazione con registrazione in onde P per l’elaborazione di profili interpretativi in termini di velocità sismiche, denominati S1, S2, S3, S4; gli stendimenti sono stati costituiti da un numero variabile di geofoni posizionati ad intervalli regolari di 2.0 metri.

Nel dettaglio:

- Profilo S1: sviluppo lineare di 178.0 m e n. 90 geofoni complessivi.
- Profilo S2: sviluppo lineare di 334.0 m e n. 168 geofoni complessivi.
- Profilo S3: sviluppo lineare di 166.0 m e n. 84 geofoni complessivi.
- Profilo S4: sviluppo lineare di 142.0 m e n. 72 geofoni complessivi.
- N. 4 stendimenti sismici con acquisizione prove di tipo M.A.S.W. 2D/Re.Mi., denominate con sigla M2D\_1, M2D\_2, M2D\_3, M2D\_4, registrate lungo i medesimi profili delle prove sismiche a rifrazione mediante l’utilizzo di un land streamer con 24 geofoni intervallati a 2 metri, spostando la catena di registrazione di 4.0 metri ad ogni energizzazione e calcolando il profilo Vs per ognuna delle acquisizioni. Le singole indagini sismiche M.A.S.W. sono state infine utilizzate per la ricostruzione di una sezione 2D in termini di velocità delle onde S.

Abbinata alle singole acquisizioni M.A.S.W. sono state registrate prove sismiche passive di tipo Re.Mi. finalizzate a verificare l’andamento delle velocità delle onde S anche a profondità maggiori di quelle indagabili con il solo metodo M.A.S.W.

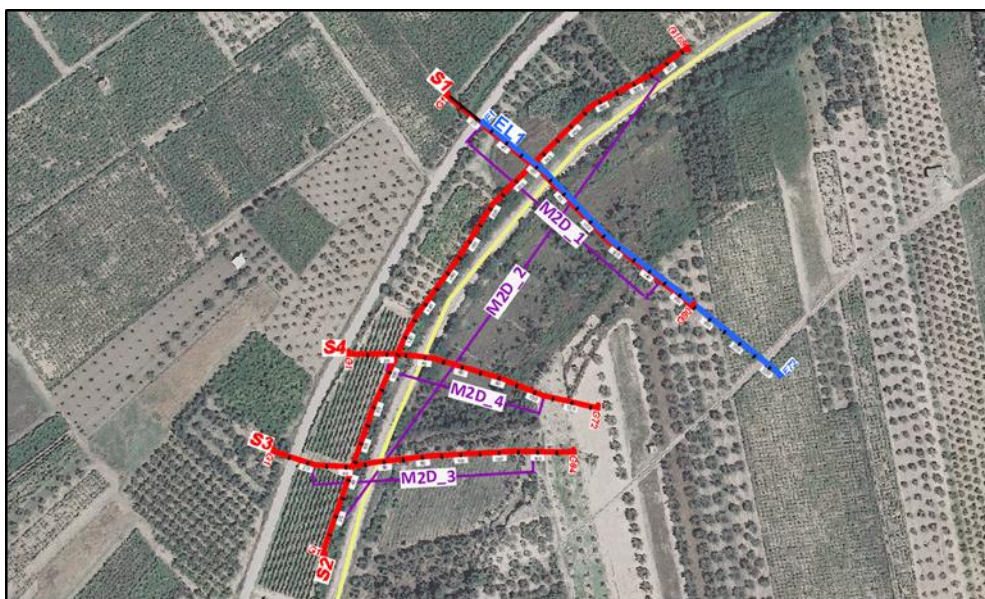


Figura 9-6 Località Canne della Battaglia: ubicazioni indagini geofisiche integrative.

Di seguito si riportano solo alcune sezioni, ovvero tutte quelle acquisite in corrispondenza della traccia 1, che si ritengono utili all'approfondimento del contesto geologico e alle sue problematiche.

In Figura 9-7 è riportata l'elaborazione tomografica EL1. Si evidenzia una serie elettrostratigrafica piuttosto discontinua ed eterogenea lungo tutto il settore indagato. Dall'inizio del tratto indagato, infatti, sino alla progr. 160.0 m, i valori di resistività elettrica si mantengono complessivamente inferiori a 40 ohm.m fino a 10 ohm.m (colore verde – azzurro) rappresentativi di materiali con litologie medio - fini prevalenti (argille, limi-sabbiosi). Solamente la porzione superficiale compresa tra le progr. 35.0 e 70.0 m (primi 7.0 – 8.0 m) è caratterizzata da un lieve incremento dei valori che raggiungono i 70 ohm.m, riferibili ad un locale incremento della granulometria dei materiali (sabbie prevalenti).

Dopo la progr. 160.0 m e i primi 10.0/15.0 m di spessore dopo la progr. 125.0 m, sono caratterizzati da un passaggio a valori complessivamente superiori a 50 ohm.m (colore giallo – arancione) fino localmente superare i 250 ohm.m (colore rosso), associabili a materiali a granulometria da intermedia (sabbie -limose) a grossolana (ciottoli e locali blocchi litoidi).

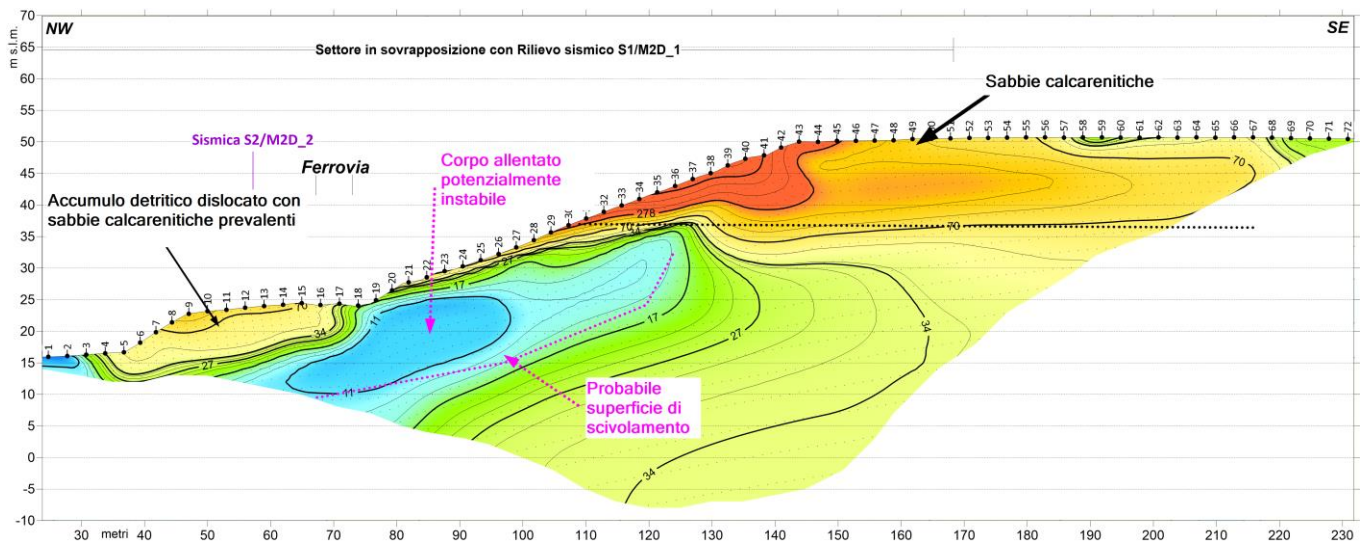


Figura 9-7 Tomografia elettrica EL1: Risultati e interpretazione.

Nella figura 9-8 sono riportati i risultati della sismica a rifrazione S1. E' possibile definire un'unità superficiale per spessori medi di 7.0/8.0 m con valori di velocità  $V_p$  dapprima  $< 500$  m/s (colore blu) che incrementano fino a 1000 m/s (colore azzurro), riferibili a materiali a grado di addensamento da scarso ( $< 500$  m/s) a moderato ( $500 < V_p < 1000$  m/s). L'unità presenta spessore minimo di circa 5.0 m dalla progr. 0.0 m sino alla progr. 15.0 m, mentre raggiunge lo spessore massimo nel tratto finale della sezione, dopo la progr. 140.0, ove si attesta sino ad una profondità di circa -10.0 m dal piano campagna.

Al di sotto si differenzia un'unità inferiore, dove le velocità incrementano superando i 1000 m/s sino a 1500 m/s (colore marrone), sino a raggiungere i 1600 – 1700 m/s alla base della sezione (colore arancione – verde chiaro), indicative di materiali da mediamente addensati ( $1000 < V_p < 1500$  m/s) ad addensati ( $V_p > 1500$  m/s).

Nella sezione sismica MASW 2D\_1 (Figura 9.9), può essere definita un'unità superficiale per uno spessore medio di 10.0 m caratterizzata da valori di velocità  $V_s$  dapprima  $< 200$  m/s (colore blu) che in profondità incrementano fino a valori di 250/300 m/s (colore azzurro), riferibili a materiali a grado di addensamento da scarso ( $< 200$  m/s) a moderato ( $200 < V_s < 300$  m/s). L'unità tende ad aumentare il suo spessore nel tratto finale della sezione, dopo la progr. 130.0 m, dove si attesta su valori massimi di 12.0/13.0 m.



Al di sotto si differenzia un'unità inferiore, ove le velocità incrementano superando i 300 m/s sino a 450 m/s (colore marrone - arancione), indicative di materiali da mediamente addensati ( $300 < V_s < 400$  m/s) ad addensati ( $450 < V_s < 500$  m/s). L'unità presenta spessore di circa 10.0 m.

Alla base della sezione, soprattutto tra le progr. 80.0 e 120.0 m oltre -25.0 m dal p.c., si registra un ulteriore incremento di  $V_s$ , che superano i 500 m/s (colore verde), indicative di un graduale passaggio a materiali più compattati.

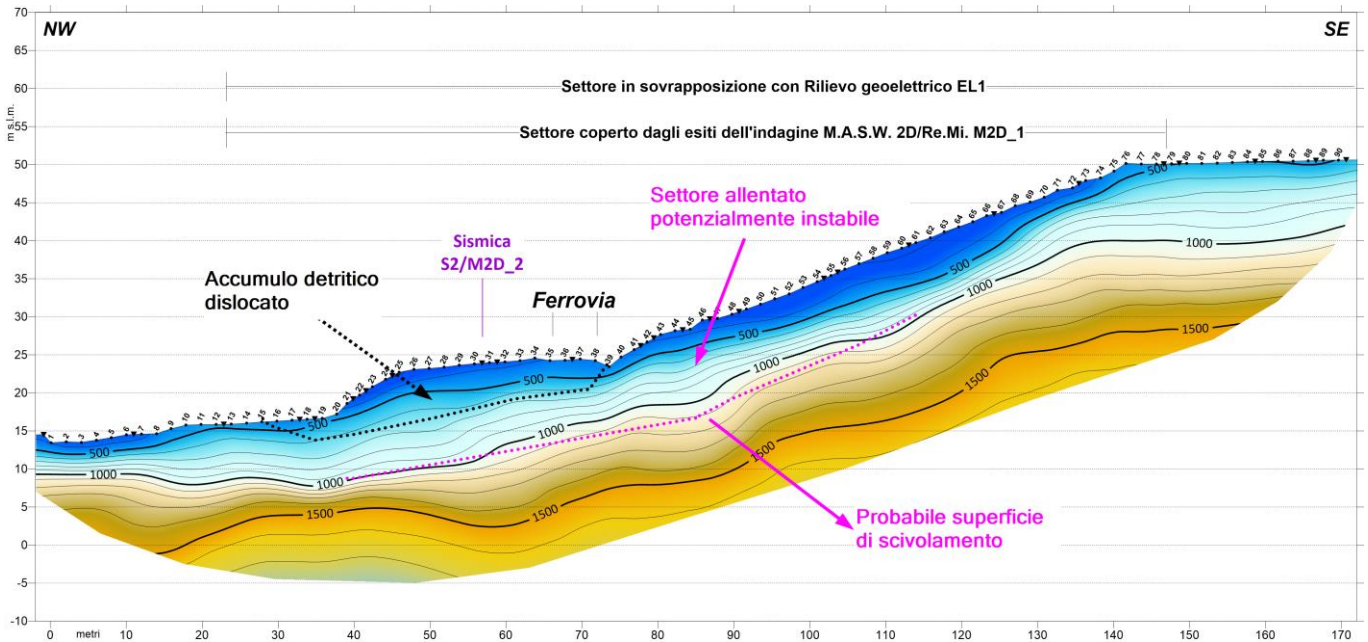


Figura 9-8 Prospezione sismica a rifrazione S1. Risultati e interpretazione.

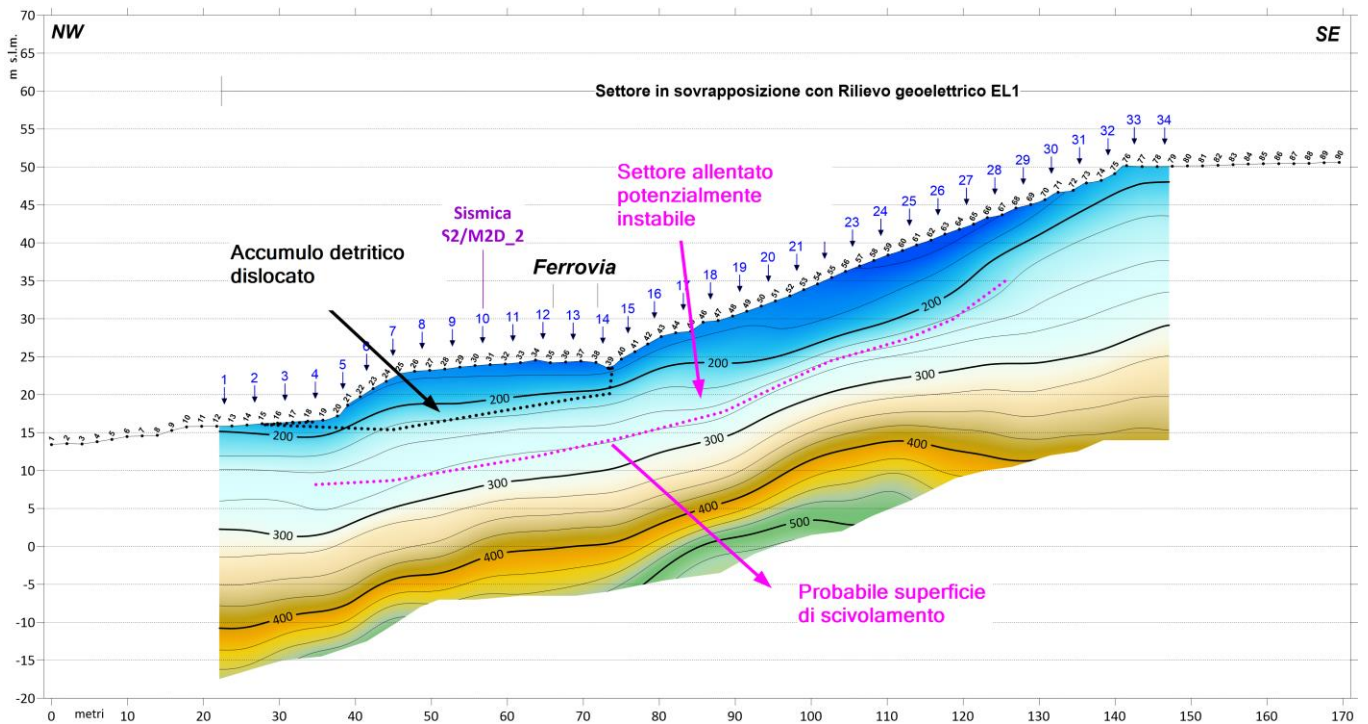


Figura 9-9 MASW 2D\_1. Risultati e interpretazione.

|   |  |                         |                       |                                |                  |                           |
|---|--|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</b>  |                         |                       |                                |                  |                           |
|   | <b>POTENZIAMENTO ED ELETTTRIFICAZIONE DELLA LINEA<br/>         BARLETTA-CANOSA DI PUGLIA</b> |                         |                       |                                |                  |                           |
| RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,<br>IDROGEOLOGICA E SISMICA   | COMMESSA<br><b>IA6C</b>  | LOTTO<br><b>00 F 69</b> | CODIFICA<br><b>RG</b> | DOCUMENTO<br><b>GE0000 001</b> | REV.<br><b>D</b> | FOGLIO<br><b>35 di 98</b> |

Attraverso la sovrapposizione di tre tecniche di acquisizione diverse è possibile definire le caratteristiche del versante indagato. Si può osservare la presenza di un accumulo detritico al piede del versante, posizionato oltre la linea ferroviaria e caratterizzato dalle stesse proprietà dei materiali presenti nella parte alta del versante.

Al di sotto dell'accumulo detritico e fino sotto la sede ferroviaria ed oltre (pk 120 metri) è presente un corpo molto poco resistivo che testimonia un probabile allentamento dei terreni; tale materiale poco resistivo è in linea con la cinematica che ha formato l'accumulo detritico.

Infine, al di sotto del corpo poco conduttivo ben individuato nel rilievo tomografico EL1, è possibile individuare una superficie di scivolamento testimoniata, nella sismica MASW\_2D, da un infittimento delle curve di velocità  $V_s$  a monte ed un successivo decremento delle stesse al piede del versante.

In fase di Progettazione Definitiva, comunque, si dovrà provvedere ad approfondire la problematica mediante un rilievo geologico di dettaglio e l'esecuzione di ulteriori indagini. A tal proposito saranno necessarie, per esempio, ulteriori stese sismiche ortogonali al versante oppure sondaggi attrezzati con inclinometri.

### 9.3 AREA TRA LE PK14+100 ÷ PK25+250

In questa tratta il tracciato si sviluppa prevalentemente su un'area pianeggiante. Tra le pk 18+300 – 19+300 il tracciato si sviluppa per un breve tratto al piede di un versante caratterizzato da modesta acclività e scarsa altitudine. Da qui il tracciato riprende in direzione S-SO con aumento della quota di progetto che cresce in maniera costante verso il centro abitato di Canosa di Puglia.

Dalla pk 14+100 fino alla pk 18+275 il tracciato intercetta superficialmente i depositi alluvionali attuali e recenti dei terrazzi del F. Ofanto ( $a$ ;  $at_2$ ) in contatto erosivo con le sottostanti calcareniti di Gravina, che affiorano sul tracciato dalla pk 24+750 fino a fine lotto.

Tra le pk 18+275 e 19+350 il tracciato intercetta superficialmente i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici dei terrazzi medi del F. Ofanto ( $at_2$ ). In quest'area è possibile ipotizzare che i depositi alluvionali terrazzati, fatta eccezione per una lente argillosa delle Argille Subappennine ( $Q^a c$ ) individuata tra pk 21+500 e 23+900, siano in contatto erosivo con le Calcareniti di Gravina ( $Q^{tc}$ ) dislocate a seguito di un'intensa attività tettonica compressiva che ha coinvolto anche il sottostante substrato cretacico costituito dai Calcari di Bari ( $Q^{7-3} c$ ), presente nella sua porzione superficiale alterata e decompressa a circa 17.0m da p.c..

Tra le pk 19+350 e 24+750 il tracciato intercetta superficialmente i depositi alluvionali terrazzati sabbiosi e ciottolosi dei terrazzi recenti ( $a$ ) e medi del F. Ofanto ( $at_2$ ). In quest'area le coperture alluvionali sono presumibilmente in contatto erosivo con i sottostanti depositi calcarenitici (Calcareniti di Gravina). Al di sotto delle Calcareniti di Gravina ( $Q^{tc}$ ) è presente il substrato cretacico costituito dai Calcari di Bari ( $Q^{7-3} c$ ).

La DTP RFI di Barletta segnala il movimento delle scarpate della trincea alla pk 19+000 ca; tale movimento è stato mitigato attraverso l'adozione di gabbionate provvisorie. Il movimento sembrerebbe causato dall'erosione dovuta al ruscellamento dell'acqua di scarpata, che in tale punto non è canalizzata in modo adeguato e si infiltra in maniera incontrollata nei calcari che, in quest'area affiorano a pochi metri da p.c., innescando potenziali fenomeni di dissesto legati alla dissoluzione selettiva del complesso carbonatico subaffiorante.

In fase di Progettazione Definitiva si dovrà provvedere ad approfondire la problematica mediante l'esecuzione di ulteriori indagini e rilievi.

|  |   |                                 |                               |  |                          |                                   |
|--|---|---------------------------------|-------------------------------|--|--------------------------|-----------------------------------|
|  <p><b>ITALFERR</b><br/>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p> | <p><b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</b></p> <p><b>POTENZIAMENTO ED ELETRIFICAZIONE DELLA LINEA BARLETTA-CANOSA DI PUGLIA</b></p> |                                 |                               |  |                          |                                   |
| <p>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA</p>  | <p>COMMESSA<br/><b>IA6C</b></p>   | <p>LOTTO<br/><b>00 F 69</b></p> | <p>CODIFICA<br/><b>RG</b></p> | <p>DOCUMENTO<br/><b>GE0000 001</b></p> | <p>REV.<br/><b>D</b></p> | <p>FOGLIO<br/><b>36 di 98</b></p> |

#### 9.4 PROFILO GEOLOGICO E CRITERI DI UTILIZZAZIONE DEL DATO

Per la realizzazione del profilo geologico di progetto ed in particolare per definire le correlazioni litostratigrafiche si è scelto di considerare in primo luogo i sondaggi realizzati a supporto del presente progetto (Italferr 2020). Oltre a questi sono stati considerati i sondaggi stratigrafici realizzati nelle vicinanze del tracciato (campagne RFI e PRA Barletta).

I sondaggi ISPRA, specialmente se ubicati oltre 100 metri fuori asse sono stati utilizzati per una conferma nell'interpretazione stratigrafica generale basata sugli altri sondaggi e per ipotizzare la profondità del substrato (date le grandi profondità di perforazione) e la presenza di eventuali contatti profondi (ipotizzati) legati a processi deformativi che possano aver influenzato la successione sedimentaria anche superficialmente.

Nel caso di sovrapposizione dei dati (RFI – ISPRA) si è scelto di privilegiare i dati relativi ai sondaggi realizzati in posizione limitrofa al tracciato. Nel caso di sovrapposizione di dati realizzati in posizione limitrofa (ITALFERR – RFI) l'interpretazione è basata sui sondaggi più recenti e dotati di una documentazione stratigrafica completa.

L'interpretazione litostratigrafica si basa sui sondaggi profondi (ISPRA) e sulla Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (foglio 176 Barletta) solo nei tratti in cui non ci sono altri dati a disposizione.



## 10 CARTOGRAFIA DEL RISCHIO E VINCOLI TERRITORIALI

### 10.1 RISCHIO GEOMORFOLOGICO

Per quanto riguarda il rischio geomorfologico, la cartografia della pericolosità geomorfologica (Figura 10-1) individua le aree riconosciute in dissesto con diversi gradi di pericolosità crescente (da moderata a elevata) in funzione della possibilità di riattivazione, oltre ad una pericolosità da scarpata.

Nel tratto di studio la cartografia indica alcune aree critiche nei seguenti tratti di intervento:

1. pk 18+200 ÷ 18+600: area a pericolosità geomorfologica media e moderata.
2. pk 24+200 ÷ 25+200: area a pericolosità geomorfologica da media e moderata ad elevata.

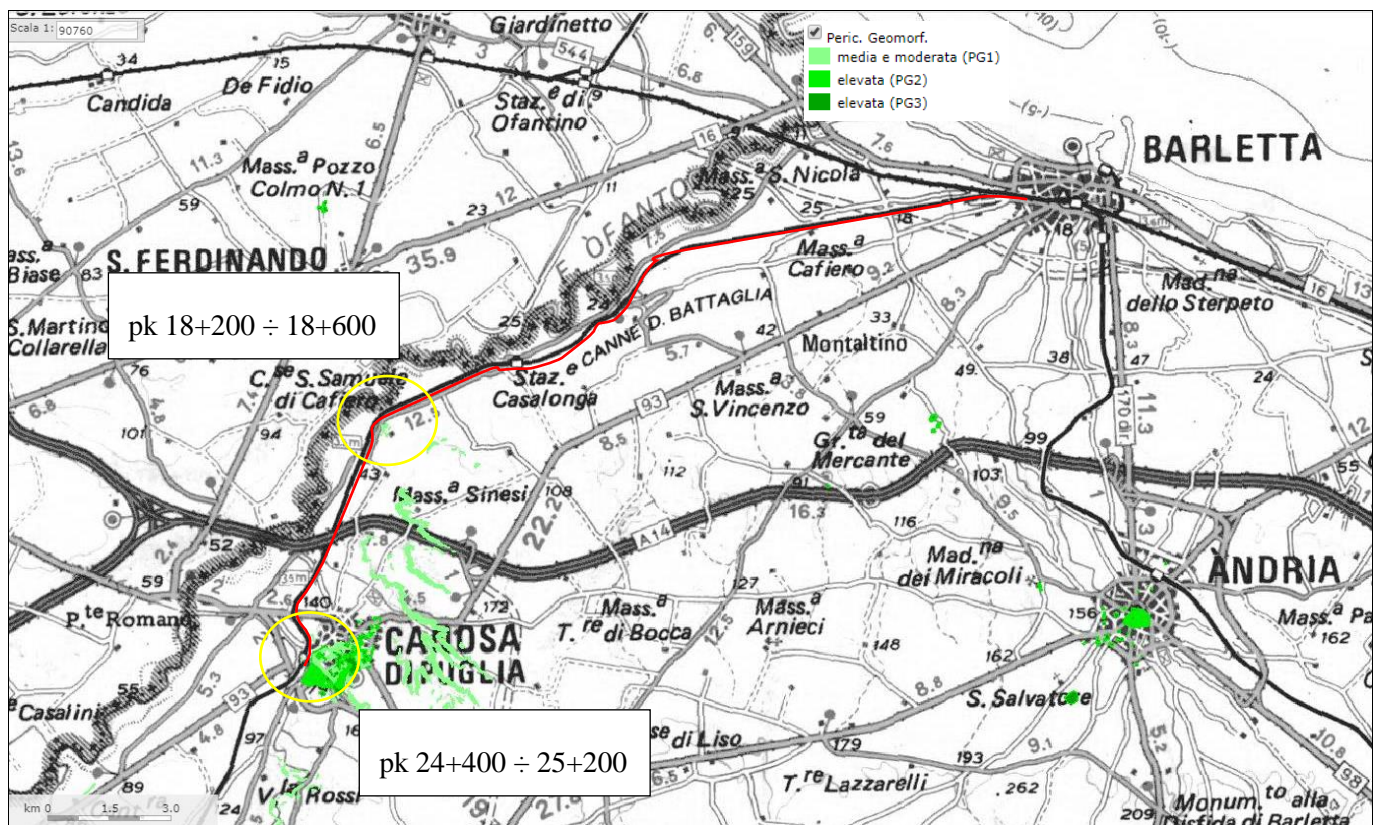


Figura 10-1. Stralcio del WebGis dell'AdB della Regione Puglia, pericolosità geomorfologica. In rosso è indicato il tratto di studio, in giallo le aree caratterizzate da criticità geomorfologica.

### 10.1.1 Area tra le pk 18+200 ÷ 18+600

L'area tra le pk 18 +200 ÷ 18+600 è situata in corrispondenza di un affioramento isolato di Calcare di Bari (Figura 10-2) che potrebbe essere interessato da fenomeni di instabilità tipo crollo. Per questo motivo le viene assegnata una pericolosità media e moderata (Figura 10-4).

Dai rilievi effettuati in campo non si osservano fenomeni erosivi di tipo carsico; questo è confermato anche dalla Carta Idrogeomorfologica reperita nel WebGIS della Puglia.

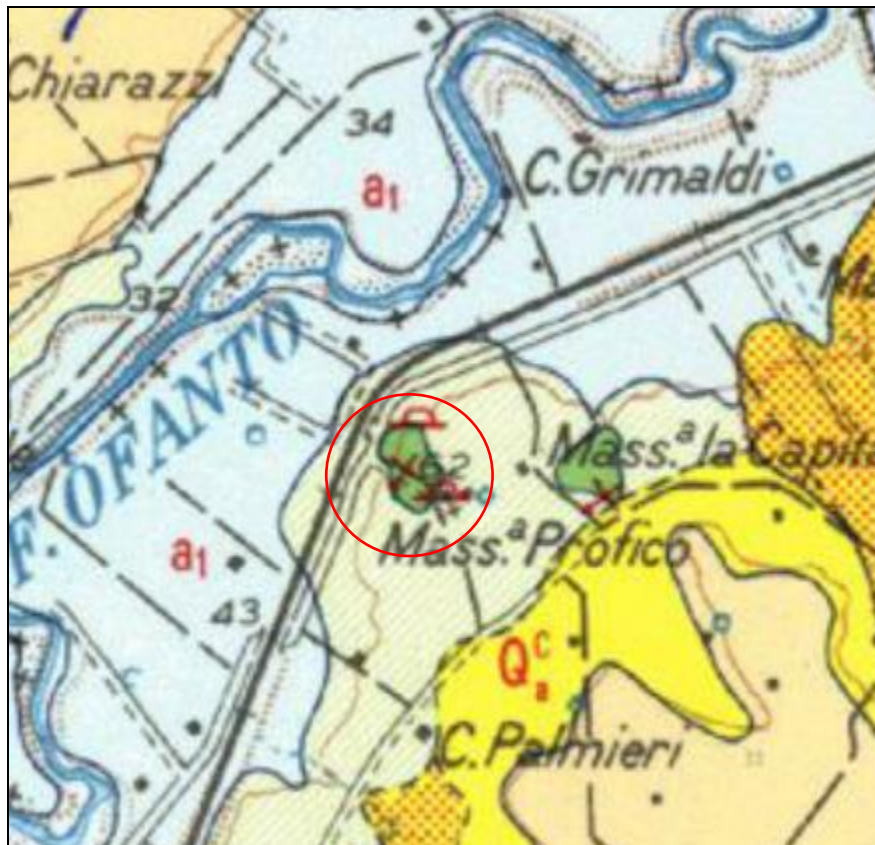


Figura 10-2 Stralcio ingrandito della carta geologica d'Italia - foglio 176 Barletta - scala 1: 100.000. Nel cerchio rosso l'affioramento di "Calcari di Bari" situato nelle vicinanze del tracciato ferroviario di progetto.

In Figura 10-3 si riporta una foto aerea nella quale si nota l'areale con il calcare in affioramento sotto forma di pareti plurimetriche che potrebbe essere caratterizzata da fenomeni di crollo, non interessanti però il tracciato ferroviario.





Figura 10-3 Ortofoto dell'area tra le pk 18+300 ÷ 18+600 (da Google Earth). In rosso il tracciato di progetto.

Per questi motivi, all'area in questione la cartografia PAI assegna una classe di pericolosità geomorfologica media e moderata (PG1, Figura 10-4) ed una classe di Rischio geomorfologico R1 (Figura 10-5).

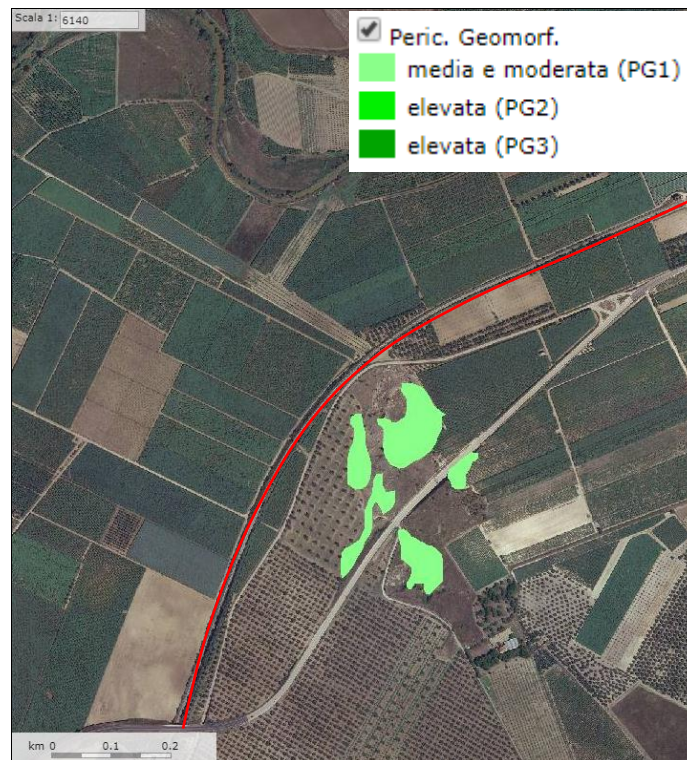


Figura 10-4 Pericolosità geomorfologica dell'area tra le pk 18 +200 ÷ 18+600. In rosso il tracciato ferroviario.

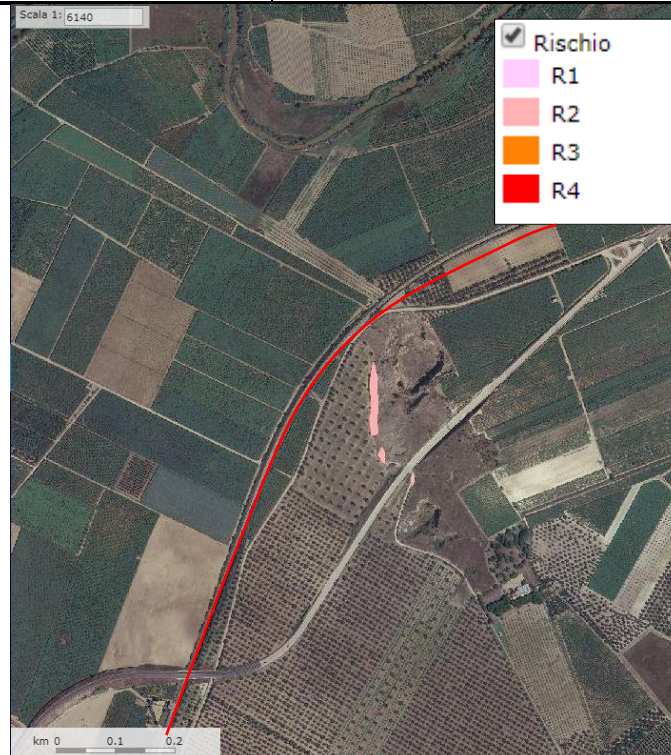


Figura 10-5 Rischio geomorfologico dell'area tra le pk 18 +200 ÷ 18+600. In rosso il tracciato ferroviario.

Ai piedi dell'affioramento (Figura 10-6 e 10-7), si rinvencono invece zone con materiale smosso o riportato (discariche abusive).

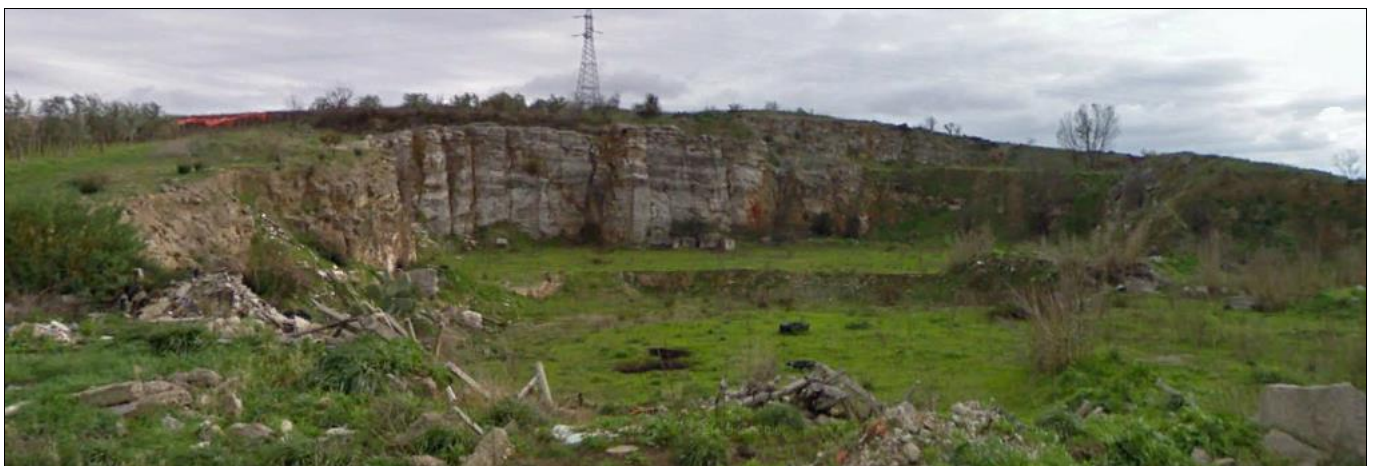


Figura 10-6. Veduta frontale dell'affioramento: Si possono osservare vari altezze (livelli) del piano campagna dovuti ad attività di scavo: In primo piano materiali di scarto abbandonati.





*Figura 10-7. Particolare del fronte di scavo. I calcari appaiono compatti disposti in strati suborizzontali da centimetrici a decimetrici.*

*Sono evidenti le fratture subverticali.*

### **10.1.2 Area tra le pk 24+200 ÷ 25+200**

L'area tra le pk 24+200 ÷ 25+200, ubicata presso l'abitato di Canosa di Puglia, è caratterizzata dalla presenza della seconda area a pericolosità geomorfologica.

Il paesaggio, plasmato sulle Formazioni delle "Calcareniti di Gravina" e dei Terrazzi de Fiume Ofanto (igura 10-7), presenta una morfologia debolmente collinare.



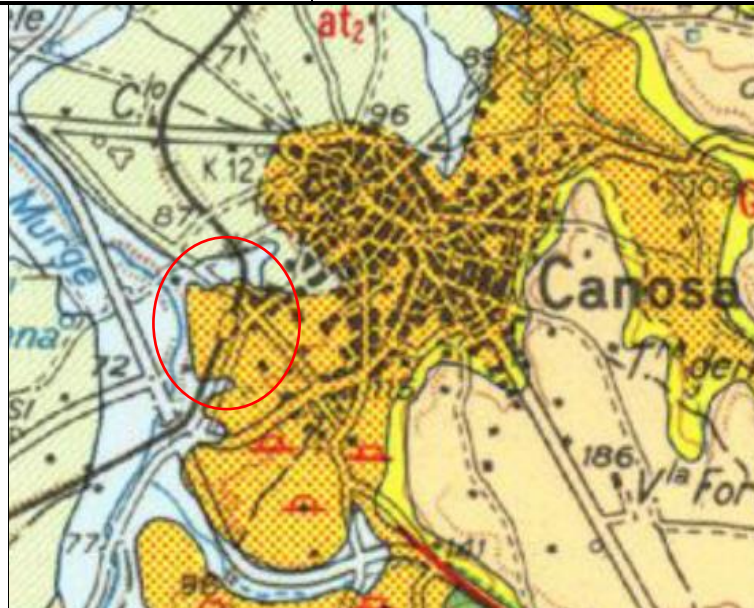


Figura 10-7 Stralcio ingrandito della carta geologica d'Italia - foglio 176 Barletta - scala 1: 100.000. Nel cerchio rosso l'area di interesse tra le pk 24+200 ÷ 25+200.

All'interno di questo areale si individuano due sotto aree, la prima tra le pk 24+200 ÷ 24+400, la seconda tra le pk 24+600 ÷ 25+200.

La prima area è caratterizzata, secondo la carta di Figura 10-8, da depositi alluvionali terrazzati, sabbiosi e ciottolosi, caratterizzati da pareti metriche di materiale potenzialmente erodibile e movimentabile (Figura 10-9). Si tratta comunque di modeste quantità di materiali potenzialmente destabilizzabili posti nelle vicinanze del tracciato ferroviario di progetto.



Figura 10-8 Stralcio ingrandito della carta geologica d'Italia - foglio 176 Barletta - scala 1: 100.000. Nel cerchio in colore rosso l'area di interesse tra le pk 24+200 ÷ 24+400.





*Figura 10-9 Panoramica dell'areale di progetto. A sinistra depositi in affioramento dovuti ad attività di scavo. Sullo sfondo il centro di Canosa. In primo piano materiali smossi da attività di scavo.*

Per questi motivi, all'area in questione la cartografia PAI assegna una classe di pericolosità geomorfologica media e moderata (PG1, Figura 10-10) ed una classe di Rischio geomorfologico R1 (Figura 10-11).

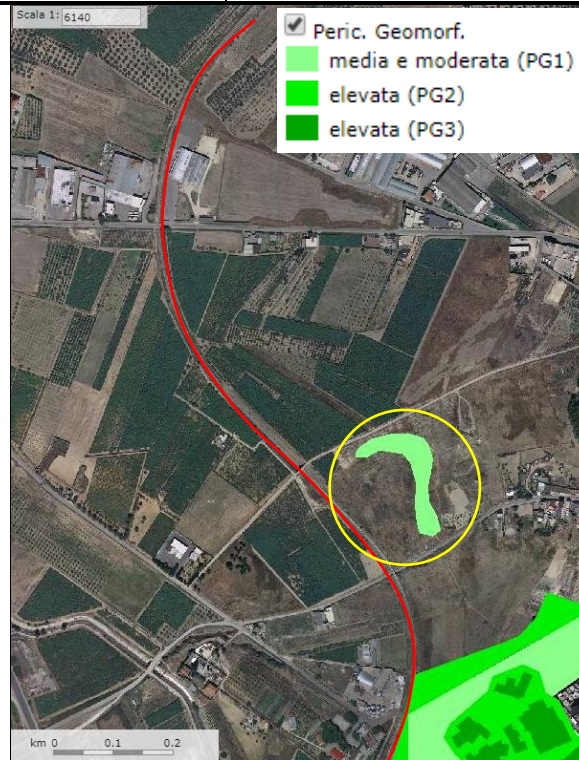


Figura 10-10 Pericolosità geomorfologica dell'area tra le pk 24 +200 ÷ 24+400 (in giallo). In rosso il tracciato ferroviario.



Figura 10-11 Rischio geomorfologico dell'area tra le pk 24 +200 ÷ 24+400 (in giallo). In verde il tracciato ferroviario.



La seconda area è caratterizzata, secondo la carta di Figura 10-12, da una collina in Calcareniti di Gravina, insistente sulla strada che la separa dalla Stazione ferroviaria di Canosa di Puglia. Alla base dell'altura si nota la presenza di un muro di sostegno (Figura 10-13.1). Il materiale costituente la collina potrebbe essere soggetto ad erosione da parte degli agenti atmosferici, e da fenomeni di instabilità. La Figura 10-14.2 mostra un'altra zona limitrofa a quella della Figura 10-14.1.

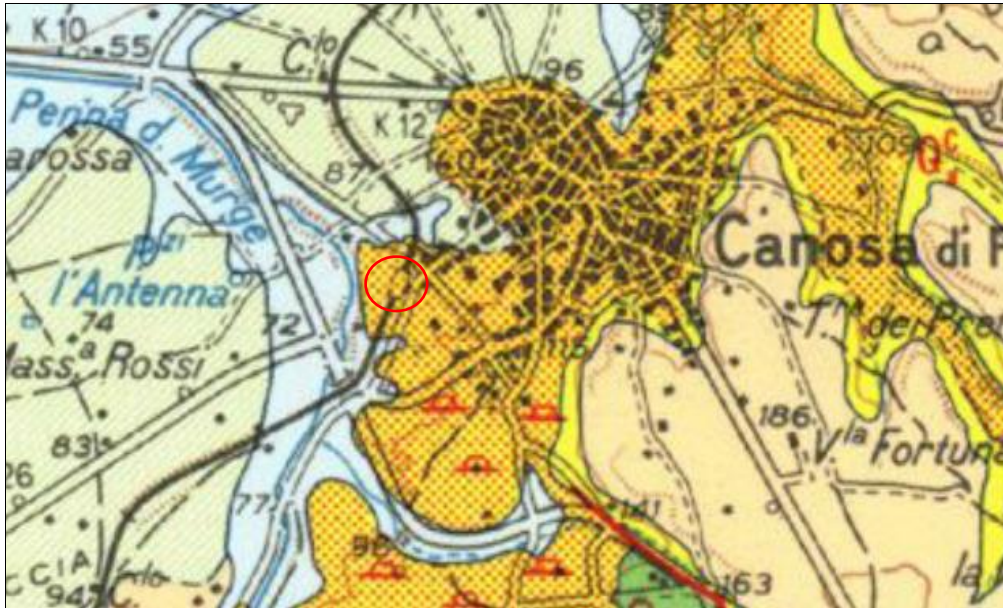


Figura 10-12 Stralcio ingrandito della carta geologica d'Italia - foglio 176 Barletta - scala 1: 100.000. In rosso l'area di interesse tra le pk 24+600 ÷ 25+200.



*Figura 10-13.1 Panoramica dell'areale di progetto nel pressi della Stazione di Canosa di Puglia. A destra muro di sostegno sulle calcareniti di Gravina. A sinistra muretto basso per proteggere la ferrovia dalle acque e dai detriti.*



*Figura 10-14.2 Panoramica dell'areale di progetto dopo la Stazione di Canosa di Puglia. Sulla destra la strada e il rilevato ferroviario. L'area, modellata dalla attività dell'uomo, appare leggermente pendente verso la linea ferroviaria con la possibilità di probabile trasporto solido.*



Per questi motivi, all'area in questione la cartografia PAI assegna una classe di pericolosità geomorfologica elevata (PG2, Figura 10-15) ed una classe di Rischio geomorfologico R3 (Figura 10-16).

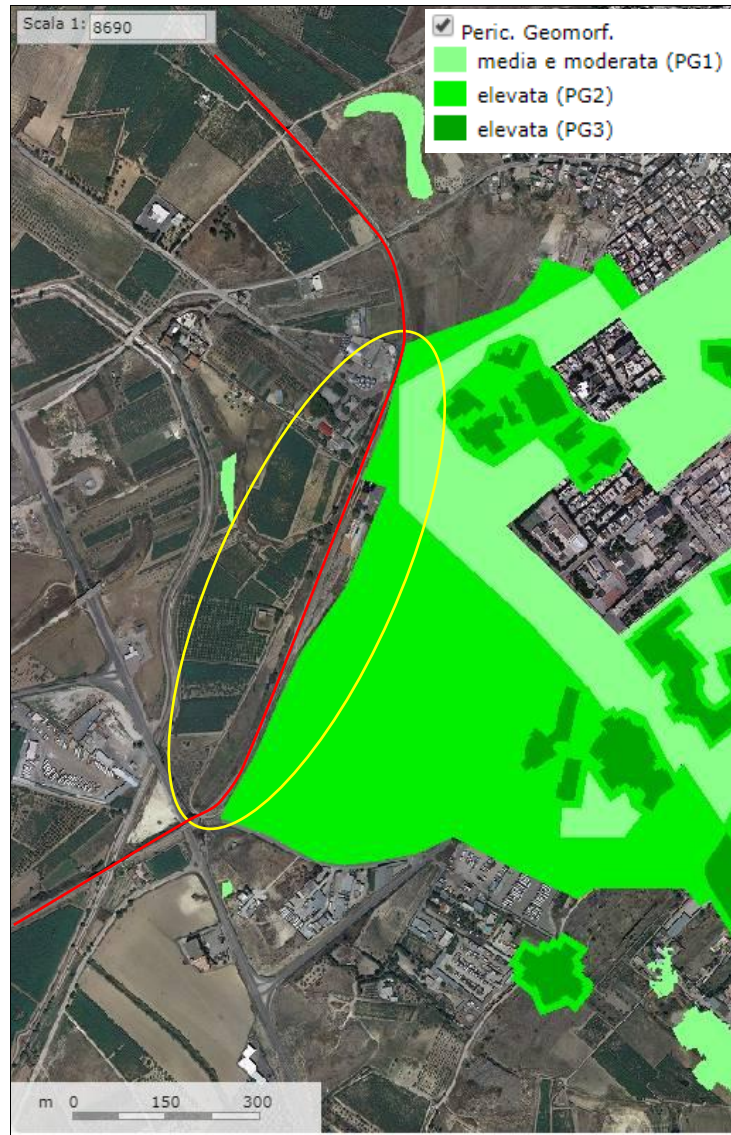


Figura 10-15 Pericolosità geomorfologica dell'area tra le pk 24 +600 ÷ 25+200 (in giallo). In rosso il tracciato ferroviario.



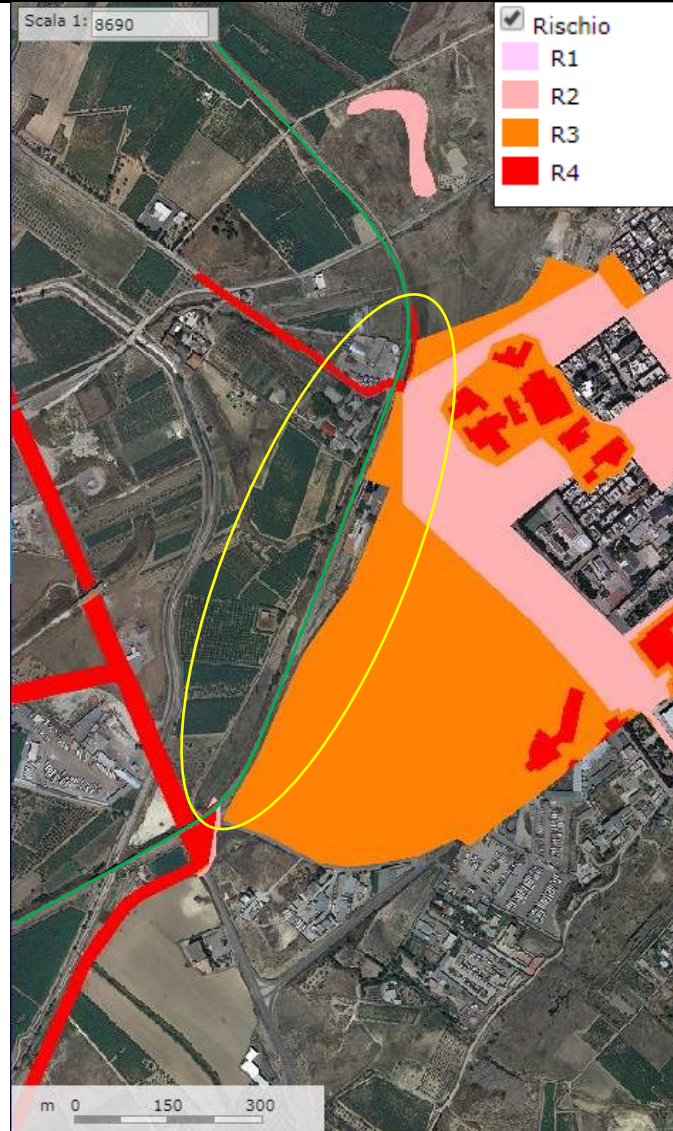


Figura 10-16 Rischio geomorfologico dell'area tra le pk 24 +600 ÷ 25+200 (in giallo). In verde il tracciato ferroviario.

In fase di Progettazione Definitiva, per tutte le aree sopra descritte, si dovrà provvedere ad approfondire la problematica mediante l'esecuzione di ulteriori indagini e rilievi di campagna.

## 10.2 RISCHIO IDROGEOLOGICO

In riferimento alla cartografia della pericolosità idraulica (Figura 10-17), essa individua tre classi a diverso grado di pericolosità idraulica (da bassa a elevata). La classe di pericolosità molto elevata fa riferimento ad un evento caratterizzato da una probabilità di accadimento  $T_R=50$  anni e/o all'instaurarsi di condizioni di lama d'acqua massima raggiunta sul piano campagna superiore ad 1 m o ad una velocità massima di trasferimento, sempre sul piano campagna, superiore ad 1 m/s. La classe di pericolosità elevata fa riferimento ad un evento caratterizzato da una probabilità di accadimento pari alla precedente ( $T_R=50$  anni) e all'instaurarsi di condizioni di lama d'acqua massima raggiunta sul piano campagna compresa tra 50 cm ed 1 m; oppure a condizioni come quelle stabilite per la pericolosità molto elevata (lama d'acqua massima maggiore di 1 m oppure velocità maggiore di 1 m/s) ma per un evento di piena più raro ( $T_R=100$  anni). La classe di pericolosità media fa riferimento ad un evento caratterizzato da un tempo di ritorno  $T_R$  pari a 100 anni ed all'instaurarsi di condizioni di lama d'acqua massima raggiunta sul piano campagna compresa tra 0 cm e 1 m. La classe di pericolosità bassa fa riferimento ad un evento di piena raro, caratterizzato da un tempo di ritorno  $T_R$  pari a 200 anni in qualunque condizione di lama d'acqua e di velocità sul piano campagna.

Nel tratto di studio la cartografia indica tre aree critiche nei seguenti tratti di intervento:

- pk 3+800 ÷ 5+100;
- pk 8+000 ÷ 22+000;
- pk 24+500 ÷ 25+250.

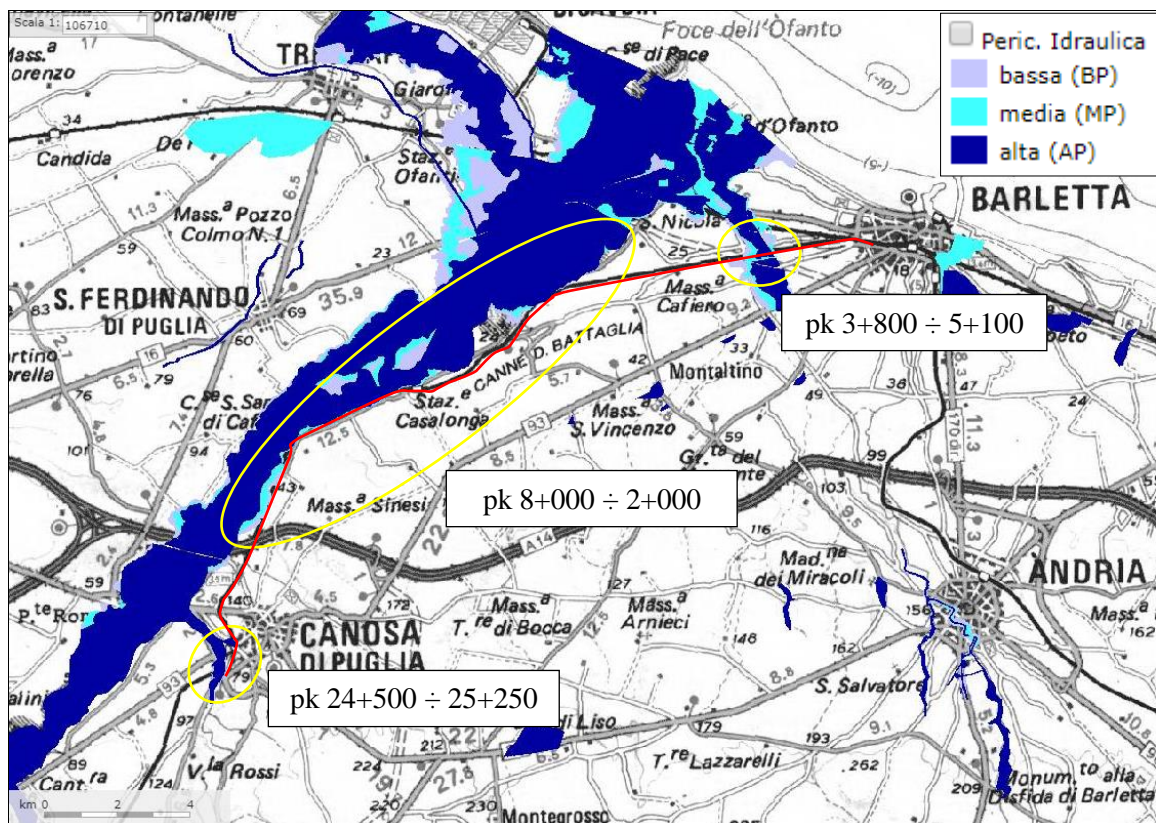


Figura 10-17 Stralcio del WebGis dell'AdB della Regione Puglia, pericolosità idraulica (scala 1:100.000). In rosso è indicato il tratto di studio. In giallo le aree a pericolosità idraulica.



### 10.2.1 Area tra le pk 3+800 ÷ 5+100

L'area in questione, visto la presenza di un affluente del Fiume Ofanto, è caratterizzata da pericolosità idrogeologica molto elevata (Figura 10-18) e da Rischio Idrogeologico molto elevato (Figura 10-19).

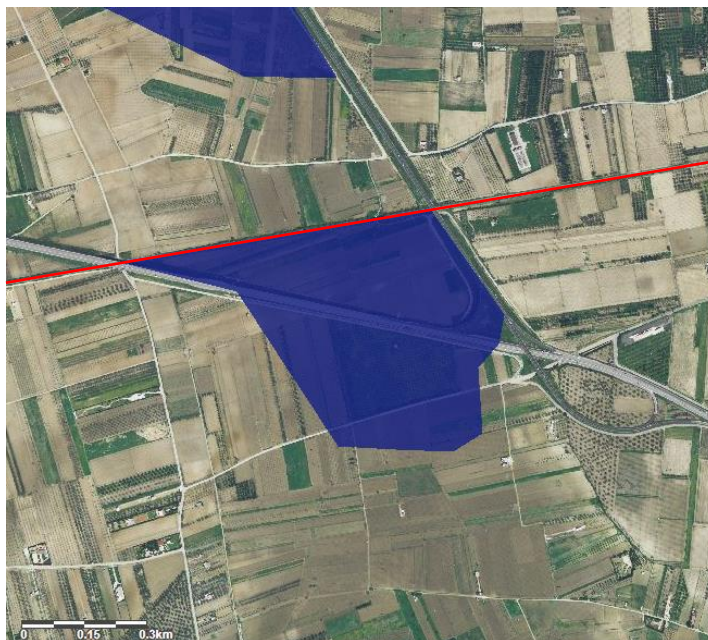


Figura 10-18 Pericolosità idrogeologica dell'area tra le pk 3+800 ÷ 5+100. In rosso il tracciato ferroviario.



Figura 10-19 Rischio idrogeologico dell'area tra le pk 3+800 ÷ 5+100. In rosso il tracciato ferroviario.

### 10.2.2 Area tra le pk 8+000 ÷ 22+000

L'area in questione, visto la vicinanza del Fiume Ofanto, è caratterizzata da pericolosità idrogeologica molto elevata (Figura 10-20) e da Rischio Idrogeologico molto elevato (Figura 10-21).

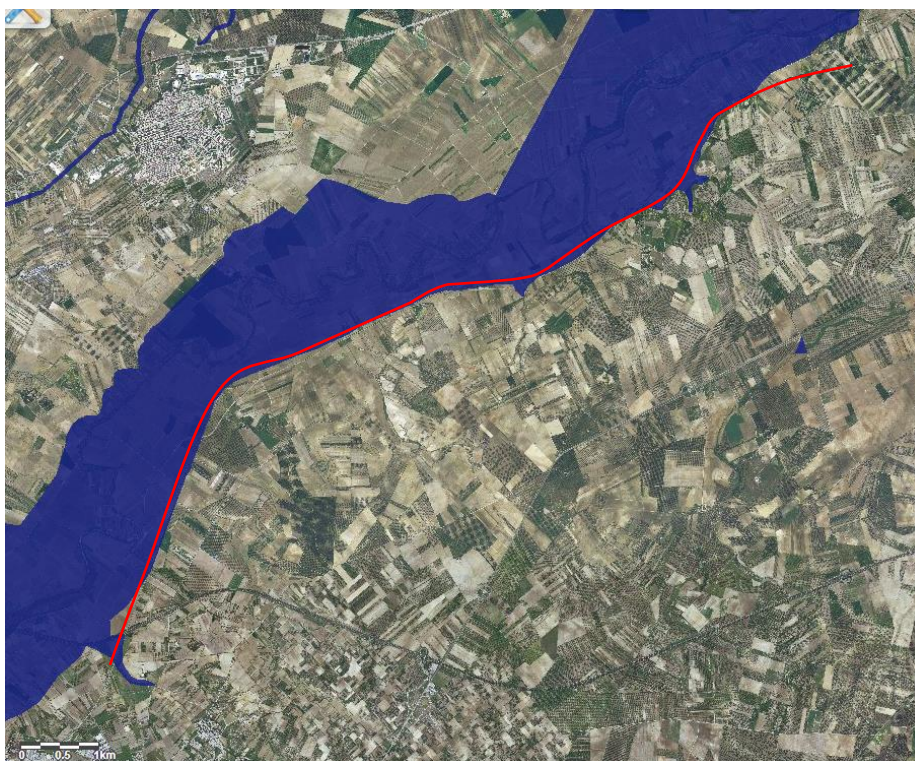


Figura 10-20 Pericolosità idrogeologica dell'area tra le pk 8+000 ÷ 22+000. In rosso il tracciato ferroviario.



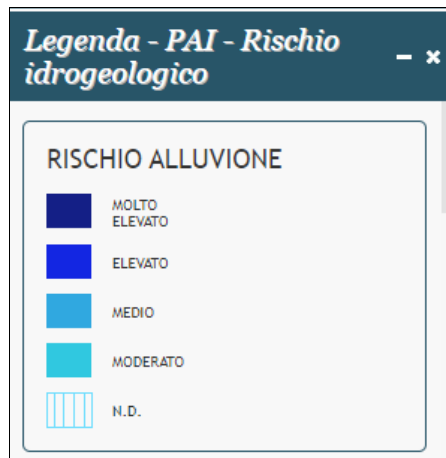


Figura 10-21 Rischio idrogeologico dell'area tra le pk 8+000 ÷ 22+000. In rosso il tracciato ferroviario.

### 10.2.3 Area tra le pk 24+500 ÷ 25+250

L'area in questione, visto la presenza del Canale della Piena delle Murge, un affluente del Fiume Ofanto, è caratterizzata da pericolosità idrogeologica molto elevata (Figura 10-22) e da Rischio Idrogeologico non rilevato (Figura 10-23).

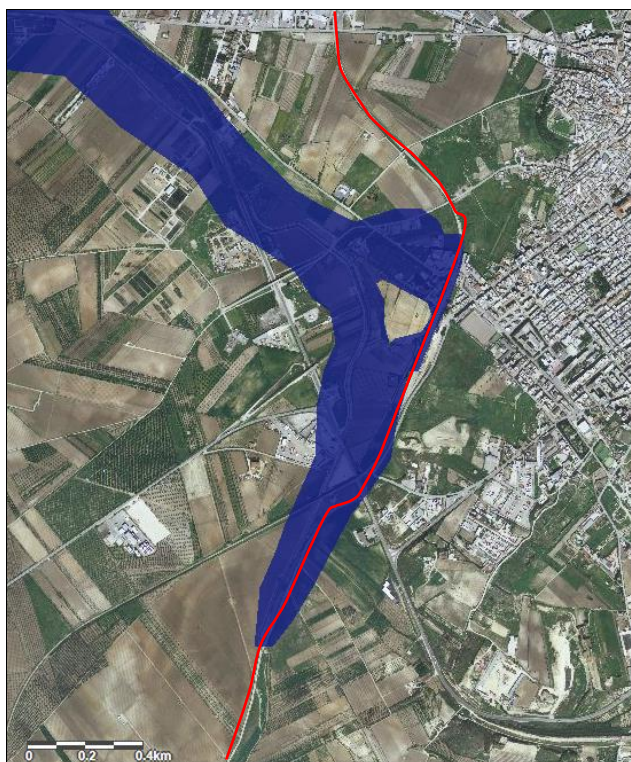


Figura 10-22 Pericolosità idrogeologica dell'area tra le pk 24+500 ÷ 25+250. In rosso il tracciato ferroviario.



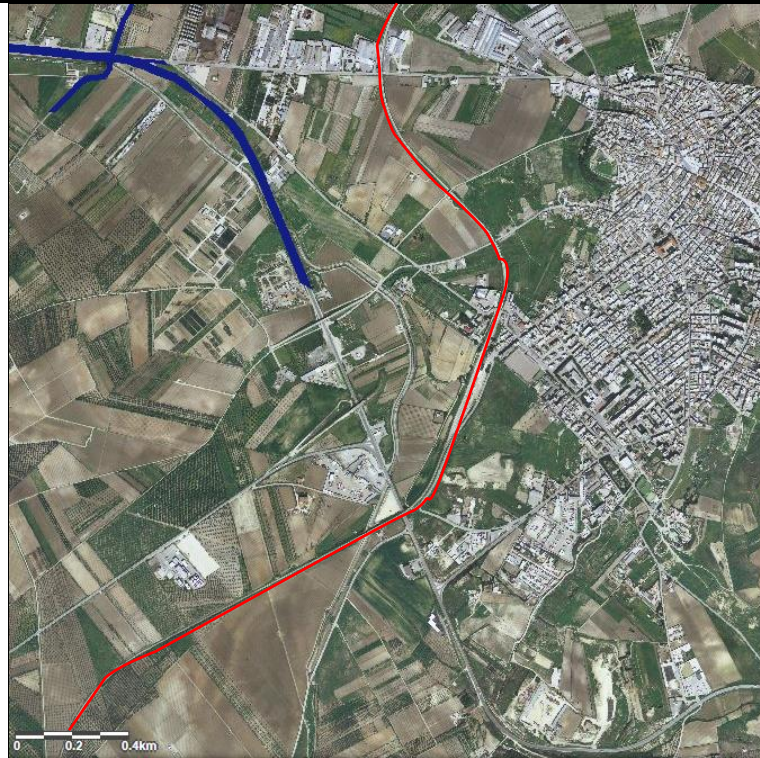


Figura 10-23 Rischio idrogeologico dell'area tra le pk 24+500 ÷ 25+250. In rosso il tracciato ferroviario.

### 10.3 RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

Il tracciato di progetto si sviluppa, partendo dal comune di Barletta in direzione dell'alveo del Fiume Ofanto, su depositi marini sabbiosi limosi pleistocenici alle volte cementati, alteranti a depositi alluvionali sabbiosi, ciottolosi e limosi di età olo-pleistocenica. Raggiunto l'Ofanto, il tracciato ne costeggia il corso per gran parte del suo sino a raggiungere il comune di Canosa di Puglia. Il questo tratto quindi i terreni attraversati sono tipicamente alluvionali, spesso terrazzati, sabbiosi e limosi di età olo-pleistocenica, alternati a depositi calcarenitici e argillosi più antichi, entrambi calabriano-pliocenici.

Secondo il criterio di Youd E Perkins (1978), il grado di rischio di liquefazione di un deposito dipende dalla tipologia e dall'età: nel caso in questione, si è in presenza di depositi prevalentemente olo-pleistocenici di tipo fluvio-costieri. Tali condizioni determinano, secondo gli autori, una suscettibilità alla liquefazione così ripartita per le formazioni interessate dal tracciato di progetto:

- *Depositi alluvionali recenti (a)*: suscettibilità alla liquefazione da moderata ad alta;
- *Depositi alluvionali terrazzati (at<sub>2</sub>)*: suscettibilità alla liquefazione bassa;
- *Sabbie quarzose fini e calcareniti (Q<sub>m</sub>)*: suscettibilità alla liquefazione bassa;
- *Formazione delle Argille Subappennine (Q<sup>c</sup>a)*: suscettibilità alla liquefazione molto bassa;
- *Formazione delle Calcareniti di Gravina (Q<sub>tc</sub>-C)*: suscettibilità alla liquefazione molto bassa.

| Tipo deposito                              | Età del deposito |          |             |                 |
|--|------------------|----------|-------------|-----------------|
|  | <500 anni        | Olocene  | Pleistocene | Pre-Pleistocene |
| Depositi continentali                      |                  |          |             |                 |
| Canali fluviali                            | Molto alta       | Alta     | Bassa       | Molto bassa     |
| Pianure di esondazione                     | Alta             | Moderata | Bassa       | Molto bassa     |
| Pianure e conoidi alluvionali              | Moderata         | Bassa    | Bassa       | Molto bassa     |
| Spianate e terrazzi marini                 | -----            | Bassa    | Molto bassa | Molto bassa     |
| Deltaici                                   | Alta             | Moderata | Bassa       | Molto bassa     |
| Lacustri                                   | Alta             | Moderata | Bassa       | Molto bassa     |
| Colluvioni                                 | Alta             | Moderata | Bassa       | Molto bassa     |
| Scarpate                                   | Bassa            | Bassa    | Molto bassa | Molto bassa     |
| Dune                                       | Alta             | Moderata | Bassa       | Molto bassa     |
| Loess                                      | Alta             | Alta     | Alta        | Molto bassa     |
| Glaciali                                   | Bassa            | Bassa    | Molto bassa | Molto bassa     |
| Tuffi                                      | Bassa            | Bassa    | Molto bassa | Molto bassa     |
| Tephra                                     | Alta             | Alta     | ?           | ?               |
| Terreni residuali                          | Bassa            | Bassa    | Molto bassa | Molto bassa     |
| Sebkha                                     | Alta             | Moderata | Bassa       | Molto bassa     |
| Zone costiere                              |                  |          |             |                 |
| Deltaici                                   | Molto alta       | Alta     | Bassa       | Molto bassa     |
| Di estuario                                | Alta             | Moderata | Bassa       | Molto bassa     |
| Di spiaggia con elevata energia delle onde | Moderata         | Bassa    | Molto bassa | Molto bassa     |
| Di spiaggia con bassa energia delle onde   | Alta             | Moderata | Bassa       | Molto bassa     |
| Lagunari                                   | Alta             | Moderata | Bassa       | Molto bassa     |
| Litorali                                   | Alta             | Moderata | Bassa       | Molto bassa     |
| Riempimenti artificiali                    |                  |          |             |                 |
| Non compattati                             | Molto alta       | -----    | -----       | -----           |
| Compattati                                 | Bassa            | -----    | -----       | -----           |

Figura 10-24 Criterio di valutazione dei gradi di liquefazione secondo Youd e Perkins (1978).

In linea generale quindi, secondo quanto appena esposto, i terreni potenzialmente liquefacibili interessanti il tracciato di progetto apparirebbero ai *depositi alluvionali recenti(a)* presenti alle aree prossimali al Fiume Ofanto



ed ai suoi affluenti e, in minima parte, appartenerebbero ai *depositi alluvionali terrazzati (at<sub>2</sub>)* e alle *sabbie quarzose fini e calcareniti (Qm)*.

Ciononostante, un'ulteriore variabile da considerare è la profondità media stagionale della falda che, se fosse superiore ai 15 metri da piano campagna, scongiurerebbe il rischio di liquefazione.

Le stratigrafie dei sondaggi bibliografici e di progetto delineano la presenza di due falde: una profonda alcune decine di metri da piano campagna, circolante negli ammassi calcarei cretacei riferiti al 'Calcere di Bari', e quindi trascurabile; una superficiale, inserita nel complesso sabbioso siltoso-argilloso, caratterizzata da ampie oscillazioni dovute alle permeabilità estremamente variabili del complesso, dipendenti delle granulometrie eterogenee dei sedimenti.

Le considerazioni appena esposte non possono quindi escludere la possibilità di liquefazione nei terreni interessati dal tracciato di progetto, specialmente in quelli recenti e attuali (olocenici), caratterizzati da granulometrie prevalentemente sabbiose. In aggiunta, la presenza o meno della falda, la cui soggiacenza è fortemente influenzata dalla permeabilità dei depositi, potrebbe confermare o meno l'instaurarsi del fenomeno della liquefazione.

Per le verifiche a liquefazione si rimanda alla Relazione Geotecnica.

## 11 INDAGINI GEOGNOSTICHE

### 11.1 PREMESSA

I dati geognostici a supporto del presente studio derivano dalle risultanze della campagna di indagini in sito realizzate tra il 1985 e il 2020.

Alle indagini di progetto (eseguite nel 2020) si affiancano:

-una corposa parte ricavata dall' "Archivio Nazionale delle indagini del sottosuolo" situato sul sito internet di Ispra (<http://sgi.isprambiente.it/indagini>);

-i dati provenienti dalle indagini eseguite nell'ambito della realizzazione dal "Piano di Risanamento Acustico per il Comune di Barletta";

-i dati provenienti dalla campagna indagini RFI eseguite nell'ambito dei "Lavori di smaltimento delle acque meteoriche presso l'area Casalunga-Barletta";

L'intero *set* di dati derivanti dalle indagini di sito ha permesso di configurare un quadro di conoscenze soddisfacente, in relazione alla specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto litostratigrafico e geologico-strutturale dei termini litologici interessati dalle opere in progetto.

Per l'ubicazione di tutte le indagini si rimanda al documento "Carta geologica con ubicazione delle indagini geognostiche e profilo stratigrafico", allegato al presente studio.

### 11.2 CAMPAGNA DI INDAGINI PREGRESSE

#### 11.2.1 Indagini in sito ISPRA (anni 1985-2004)

Durante la campagna di indagini in sito sono stati realizzati:

- n.12 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo spinti ad una profondità variabile tra 24 m e 161 metri dal piano di campagna. Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state inoltre effettuate le seguenti attività:
  - installazione di n.5 piezometri tipo Norton a tubo aperto del diametro di 300 mm;
  - rilievo della stratigrafia con esecuzione di fotografie a colori del materiale depositato in cassetta;

Nella Tabella 11-1 si riporta la descrizione delle indagini eseguite, con l'indicazione della tipologia di indagine, dell'ubicazione nel sistema di coordinate UTM WGS 84, della quota e della profondità raggiunta, nonché dell'eventuale strumentazione di monitoraggio installata.

| Sigla  | Tipologia prova             | Coord. UTM WGS 84 |           | Quota<br>[m slm] | Prof.<br>[metri] | Strumentazione<br>di monitoraggio                 |
|--------|-----------------------------|-------------------|-----------|------------------|------------------|---|
|        |                             | Nord              | Est       |                  |                  |   |
| 152243 | Sond. a carotaggio continuo | 41,318450         | 16,261719 | 18               | 30               | Piezometro<br>(fessurato tra 17 e 24 m)           |
| 152245 | Sond. a carotaggio continuo | 4574477.01        | 605677.30 | 20               | 35.00            | Piez.<br>(fessurato tra 18 e 24 m, tra 29 e 34 m) |
| 152453 | Sond. a carotaggio continuo | 41,316500         | 16,241719 | 20               | 24               | -   |

| Sigla  | Tipologia prova             | Coord. UTM WGS 84 |           | Quota<br>[m slm] | Prof.<br>[metri] | Strumentazione<br>di monitoraggio       |
|--------|-----------------------------|-------------------|-----------|------------------|------------------|---|
|        |                             | Nord              | Est       |                  |                  |   |
| 152334 | Sond. a carotaggio continuo | 41,311231         | 16,210061 | 28               | 85               | -                                       |
| 152499 | Sond. a carotaggio continuo | 41,310389         | 16,204500 | 24               | 60               | -                                       |
| 152294 | Sond. a carotaggio continuo | 41,305950         | 16,178939 | 30               | 145              | -                                       |
| 152142 | Sond. a carotaggio continuo | 41,298731         | 16,155611 | 50               | 135              | -                                       |
| 152305 | Sond. a carotaggio continuo | 41,290950         | 16,137831 | 30               | 80               | Piezometro<br>(fessurato tra 72 e 76 m) |
| 152306 | Sond. a carotaggio continuo | 41,283169         | 16,133939 | 78               | 161              | -                                       |
| 152328 | Sond. a carotaggio continuo | 41,279561         | 16,122281 | 46               | 160              | -                                       |
| 152384 | Sond. a carotaggio continuo | 41,283450         | 16,109219 | 30               | 50               | Piezometro<br>(fessurato tra 44 e 50 m) |
| 152169 | Sond. a carotaggio continuo | 4574777.62        | 607254.26 | 34               | 80.00            | Piez.<br>(fessurato tra 68 e 86 m)      |

Tabella 11-1 Riepilogo delle indagini in sito eseguite (Ispra).

Per la relazione sulle indagini in sito si rimanda al documento "Indagini pregresse".

### 11.2.2 Indagini PRA Barletta

#### 11.2.2.1 RFI (2004)

Durante la campagna di indagini in sito sono stati realizzati:

- n.3 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo spinti ad una profondità di 20-21 metri dal piano di campagna (non inseriti nel profilo perché esterni alla tratta di interesse).

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state inoltre effettuate le seguenti attività:

- installazione di n.2 piezometri tipo Casagrande;
- rilievo della stratigrafia con esecuzione di fotografie a colori del materiale depositato in cassetta;
- esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer) nei livelli coesivi;
- esecuzione di n.8 prove geotecniche in foro di tipo SCPT;
- prelievo di n.8 campioni indisturbati.

Nella Tabella 11-5 si riporta la descrizione delle indagini eseguite, con l'indicazione della tipologia di indagine, dell'ubicazione nel sistema di coordinate UTM WGS 84, della quota e della profondità raggiunta, nonché dell'eventuale strumentazione di monitoraggio installata.



| Sigla | Tipologia prova             | Coord. UTM WGS 84 |     | Quota<br>[m slm] | Prof.<br>[metri] | Strumentazione<br>di monitoraggio |
|-------|-----------------------------|-------------------|-----|------------------|------------------|-----------------------------------|
|       |                             | Nord              | Est |                  |                  |                                   |
| S8    | Sond. a carotaggio continuo | -                 | -   | 16               | 21.0             | Piez. Casagrande                  |
| S9    | Sond. a carotaggio continuo | -                 | -   | 16               | 20.0             | -                                 |
| S10   | Sond. a carotaggio continuo | -                 | -   | 16.5             | 20.0             | Piez. Casagrande                  |

Tabella 11-2 Riepilogo delle indagini in sito eseguite (RFI).

Sui campioni indisturbati (CI) prelevati nei sondaggi stratigrafici descritti al paragrafo precedente, sono state eseguite le prove di laboratorio geotecnico. In particolare, oltre all'apertura ed alla descrizione dei campioni, sono state effettuate le seguenti prove:

- descrizione del campione;
- proprietà fisiche ( $\gamma$ ,  $\gamma_s$ ,  $\gamma_d$ ,  $w_n$ ,  $n$ ,  $e$ ,  $S_r$ );
- limiti di Atterberg;
- analisi granulometrica;
- prova di taglio diretto CD;
- prova di compressione ad espansione laterale libera.

Nella Tabella 11-3 si riporta un riepilogo dei campioni prelevati.

| Sond. | Camp. | Prof.<br>[da m ÷ a m] | Descriz.<br>camp. | Propr.<br>fisiche | Limiti<br>Atterb. | Analisi<br>granul. | Taglio<br>CD | ELL | C. EDO | Class. |
|-------|-------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------|-----|--------|--------|
| 8     | 1     | 5.00÷5.50             | X                 | X                 | X                 | X                  |              | X   |        | X      |
| 8     | 2     | 10.00÷10.50           | X                 | X                 | X                 | X                  | X            | X   | X      | X      |
| 8     | 3     | 15.00÷15.50           | X                 | X                 | X                 | X                  | X            |     | X      | X      |
| 9     | 1     | 4.00÷4.50             | X                 | X                 | X                 | X                  |              |     |        | X      |
| 9     | 2     | 7.00÷7.50             | X                 | X                 | X                 | X                  | X            |     |        | X      |
| 9     | 3     | 13.00÷13.40           | X                 | X                 | X                 | X                  |              | X   | X      | X      |
| 10    | 1     | 4.00÷4.50             | X                 | X                 | X                 | X                  |              |     |        | X      |
| 10    | 2     | 8.00÷8.50             | X                 | X                 | X                 | X                  | X            | X   |        | X      |

Tabella 11-3 Riepilogo delle prove di laboratorio geotecnico eseguite.

#### 11.2.2.2 Indagini in sito 2014 Linea Bari-Barletta

Durante la campagna di indagini in sito, inerente il "Grande Progetto": "Adeguamento ferroviario dell'area metropolitana Nord-Barese" (D.G.R. Puglia del 12/02/2008, n. 146) "Linea BARI-BARLETTA" (FERROTRAMVIARIA SpA - FERROTRAMVIARIA Engineering SpA, 2014), sono stati realizzati 4 sondaggi stratigrafici dei quali si considera solo l'S4-DH2 eseguito nella stazione di Barletta Centrale, spinto fino alla

profondità di 40 m da p.c. e con prelievo di n.2 campioni indisturbati e n.1 campioni rimaneggiati. Durante l'esecuzione del sondaggio non sono state eseguite prove tipo SPT.

### 11.2.2.3 Indagini Italferr 2018

Per la realizzazione del Piano di Risanamento Acustico di Barletta sono state eseguite indagini sismiche, di seguito sintetizzate:

- n. 6 prove sismiche di tipo M.A.S.W. (Masw1÷Masw6), con stendimenti di 24 geofoni posizionati ad intervalli regolari di 2.5 m;
- n. 4 stendimenti acquisiti anche mediante metodologia geoelettrica (ERT 1 ÷ ERT 4);
- n. 4 stendimenti di sismica a rifrazione (SRT 1 ÷ SRT 4).

Nella Tabella 11-5 si riporta la descrizione delle indagini eseguite, con l'indicazione della tipologia di indagine, dell'ubicazione nel sistema di coordinate geografiche e della lunghezza dello stendimento.

| Sigla  | Tipologia prova      | Coord. Gauss-Boaga |              |              |              | Lunghezza [m] |
|--------|----------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
|        |                      | Inizio linea       |              | Fine linea   |              |               |
|        |                      | Nord               | Est          | Nord         | Est          |               |
| MASW 1 | MASW                 | 41°19'03.96"       | 16°15'15.47" | 41°19'04.08" | 16°15'20.66" | 120           |
| MASW 2 | MASW                 | 41°19'01.87"       | 16°15'52.87" | 41°19'01.34" | 16°15'55.99" | 72            |
| MASW 3 | MASW                 | 41°18'49.27"       | 16°17'21.12" | 41°18'46.94" | 16°17'21.34" | 72            |
| MASW 4 | MASW                 | 41°18'52.26"       | 16°16'44.17" | 41°18'51.86" | 16°16'47.25" | 60            |
| MASW 5 | MASW                 | 41°19'06.00"       | 16°15'02.10" | 41°19'05.78" | 16°15'05.22" | 72            |
| MASW 6 | MASW                 | 41°18'39.37"       | 16°17'55.67" | 41°18'41.41" | 16°17'57.19" | 72            |
| ERT 1  | Geoelettrica         | 41°19'01.81"       | 16°15'39.86" | 41°19'01.24" | 16°15'44.37" | 108           |
| ERT 2  | Geoelettrica         | 41°19'02.05"       | 16°15'51.51" | 41°19'01.14" | 16°15'57.52" | 144           |
| ERT 3  | Geoelettrica         | 41°18'52.25"       | 16°16'43.75" | 41°18'51.69" | 16°16'48.27" | 108           |
| ERT 4  | Geoelettrica         | 41°19'06.20"       | 16°14'59.11" | 41°19'05.78" | 16°15'05.22" | 144           |
| SRT 1  | Sismica a rifrazione | 41°18'56.31"       | 16°16'33.19" | 41°18'56.22" | 16°16'35.55" | 84            |
| SRT 2  | Sismica a rifrazione | 41°18'48.37"       | 16°17'09.20" | 41°18'47.56" | 16°17'13.23" | 96            |
| SRT 3  | Sismica a rifrazione | 41°19'03.96"       | 16°15'15.47" | 41°19'04.08" | 16°15'20.66" | 120           |

| Sigla | Tipologia prova      | Coord. Gauss-Boaga |              |              |              | Lunghezza [m] |
|-------|----------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
|       |                      | Inizio linea       |              | Fine linea   |              |               |
|       |                      | Nord               | Est          | Nord         | Est          |               |
| SRT 4 | Sismica a rifrazione | 41°19'01.74"       | 16°15'40.28" | 41°19'01.24" | 16°15'44.37" | 96            |

Tabella 11-4 Riepilogo delle indagini in sito eseguite (Italferr 2018).

### 11.2.3 Indagini in sito RFI 2020 presso l'area Casalonga-Barletta

Durante la campagna di indagini in sito sono stati realizzati:

- n. 3 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo spinti ad una profondità da 10 a 20 metri dal piano di campagna. Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state inoltre effettuate le seguenti attività:
  - rilievo della stratigrafia con esecuzione di fotografie a colori del materiale depositato in cassetta;
  - esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer) nei livelli coesivi;
  - esecuzione di n.6 prove geotecniche in foro di tipo SPT;
  - esecuzione di n.4 prove di permeabilità Lefranc, tre a carico variabile ed una a carico costante
  - prelievo di n.6 campioni indisturbati;
- n. 2 prospezioni sismiche eseguita con tecnica MASW;
- n. 2 prospezioni sismiche passive con tecnica RE.MI.;
- n. 2 tomografie geoelettriche.

Nella Tabella 11-5 si riporta la descrizione delle indagini eseguite, con l'indicazione della tipologia di indagine, dell'ubicazione nel sistema di coordinate UTM WGS 84, della quota e della profondità raggiunta, nonché dell'eventuale strumentazione di monitoraggio installata.

| Sigla | Tipologia prova             | Coord. UTM 33 WGS 84 |            | Quota [m slm] | Prof. [metri] | Strumentazione di monitoraggio  |
|-------|-----------------------------|----------------------|------------|---------------|---------------|---|
|       |                             | Nord                 | Est        |               |               |   |
| S01   | Sond. a carotaggio continuo | 4570526.3            | 592563.24  | 36.3          | 10            | n.1 prove Lefranc a carico variabile prof. 1÷5 m  |
| S02   | Sond. a carotaggio continuo | 4570712.24           | 593207.40  | 35.5          | 20            | n.1 prove Lefranc a carico variabile prof. 0÷4 m, n.1 prove Lefranc a carico costante prof. 7.8÷9.5 m |
| S03   | Sond. a carotaggio continuo | 593543.59            | 4570727.34 | 34.8          | 10            | n.1 prove Lefranc a carico variabile prof. 1÷5 m  |

Tabella 11-5 Riepilogo delle indagini in sito eseguite (RFI).

Nella tabella seguente si riporta la descrizione delle indagini geofisiche eseguite, con l'indicazione della tipologia di indagine, dell'ubicazione nel sistema di coordinate UTM WGS 84.



| Sigla    | Tipologia prova | Coord. UTM 33 WGS 84 |           |            |           | Lunghezza [m] |
|----------|-----------------|----------------------|-----------|------------|-----------|---------------|
|          |                 | Inizio linea         |           | Fine linea |           |               |
|          |                 | Nord                 | Est       | Nord       | Est       |               |
| Masw01   | Masw            | 4570581.05           | 592671.59 | 4570541.23 | 592579.86 | 120           |
| Masw02   | Masw            | 4570723.80           | 593529.27 | 4570720.97 | 593429.31 | 120           |
| RE.MI.01 | RE.MI.          | 4570581.05           | 592671.59 | 4570541.23 | 592579.86 | 120           |
| RE.MI.02 | RE.MI.          | 4570723.80           | 593529.27 | 4570720.97 | 593429.31 | 120           |
| ERT 01   | Geoelettrica    | 4570632.25           | 592760.29 | 4570546.60 | 592557.55 | 240           |
| ERT 02   | Geoelettrica    | 4570736.44           | 593595.55 | 4570732.34 | 593373.26 | 240           |

Tabella 11-6 Riepilogo delle indagini geofisiche eseguite (RFI).

### 11.3 CAMPAGNA INDAGINI DI PROGETTO - ITALFERR 2020

Nella presente fase progettuale sono state eseguite le seguenti indagini:

- n 11 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo spinti ad una profondità massima di 40 metri dal piano di campagna. Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state inoltre effettuate le seguenti attività:
  - installazione di n. 8 piezometri tipo Norton a tubo aperto del diametro di 300 mm;
  - installazione di n. 3 piezometri tipo Casagrande;
  - rilievo della stratigrafia con esecuzione di fotografie a colori del materiale depositato in cassetta;
  - esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer) nei livelli coesivi;
  - esecuzione di n. 76 prove geotecniche in foro di tipo SPT;
  - esecuzione di n. 11 prove di permeabilità LeFranc a carico variabile;
  - prelievo di n. 27 campioni indisturbati;
- n. 8 prove penetrometriche statiche CPT;
- n. 12 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH;
- n. 6 prospezioni sismiche eseguite con tecnica MASW1D;
- n. 2 prospezioni sismiche eseguite con tecnica MASW2D;
- n. 6 prospezioni sismiche passive con tecnica HVSR.;
- n. 1 tomografia geoelettrica ERT.

Nella Tabella 11-7 si riporta la descrizione delle indagini geognostiche eseguite, con l'indicazione della tipologia di indagine, dell'ubicazione nel sistema di coordinate geografiche, della profondità di indagine e dell'eventuale strumentazione di monitoraggio installata.

| Sigla | Tipologia prova              | Coord. UTM 33 WGS 84 |           | Quota<br>[m slm] | Prof.<br>[metri] | Strumentazione<br>di monitoraggio                          |
|-------|------------------------------|----------------------|-----------|------------------|------------------|--|
|       |                              | Nord                 | Est       |                  |                  |  |
| S1    | Sond. a carotaggio continuo  | 4574930.83           | 605067.59 | 12.75            | 30               | n.2 celle di Casagrande prof. 17.0÷22 m                    |
| S2    | Sond. a carotaggio continuo  | 4574453.38           | 603261.35 | 12.46            | 30               | n.2 celle di Casagrande prof. 15.0÷22.5 m                  |
| S3    | Sond. a carotaggio continuo  | 4573863.14           | 599678.15 | 19.79            | 30               | n.1 piezometro Norton microfessurato prof da 3.0 a 18.0 m  |
| S4    | Sond. a carotaggio continuo  | 4573174.97           | 596905.37 | 18.00            | 30               | n.1 piezometro Norton microfessurato prof da 3.0 a 15.0 m  |
| S5    | Sond. a carotaggio continuo  | 4572258.31           | 596059.80 | 31.01            | 30               | n.1 celle di Casagrande prof. 18.0 m                       |
| S6    | Sond. a carotaggio continuo  | 4570714.73           | 593209.80 | 34.22            | 30               | n.1 piezometro Norton microfessurato prof da 3.0 a 15.0 m  |
| S7    | Sond. a carotaggio continuo  | 4569393.03           | 590112.56 | 39.67            | 30               | n.1 piezometro Norton microfessurato prof da 10.0 a 30.0 m |
| S8    | Sond. a carotaggio continuo  | 4568477.32           | 589699.07 | 39.86            | 40               | piezometro Norton microfessurato prof da 3.0 a 12.0 m      |
| S9    | Sond. a carotaggio continuo  | 4566290.95           | 588847.92 | -                | 40               | piezometro Norton microfessurato prof da 3.0 a 15.0 m      |
| S9bis | Sond. a carotaggio continuo  | 4565167.87           | 588377.60 | -                | 40               | piezometro Norton microfessurato prof da 3.0 a 15.0 m      |
| S10   | Sond. a carotaggio continuo  | 4563712.41           | 588411.98 | -                | 30               | piezometro Norton microfessurato prof da 9.0 a 30.0 m      |
| CPT1  | Prova penetrometrica statica | 4574567.71           | 603895.45 | -                | 11.00            | -  |
| CPT3  | Prova penetrometrica statica | 4573994.63           | 600587.13 | -                | 8.40             | -  |
| CPT4  | Prova penetrometrica statica | 4573693.14           | 598717.39 | -                | 9.60             | -  |
| CPT5  | Prova penetrometrica statica | 4570719.93           | 593236.73 | -                | 2.00             | -  |
| CPT6  | Prova penetrometrica statica | 4570085.46           | 591573.54 | -                | 2.60             | -  |
| CPT9  | Prova penetrometrica statica | 4565207.19           | 588388.87 | -                | 8.00             | -  |
| CPT10 | Prova penetrometrica statica | 4564321.84           | 588050.28 | -                | 7.00             | -  |
| CPT11 | Prova penetrometrica statica | 4574437.25           | 603242.81 | -                | 7.40             | -  |

| Sigla    | Tipologia prova               | Coord. UTM 33 WGS 84 |           | Quota<br>[m slm] | Prof.<br>[metri] | Strumentazione<br>di monitoraggio |
|----------|-------------------------------|----------------------|-----------|------------------|------------------|-----------------------------------|
|          |                               | Nord                 | Est       |                  |                  |                                   |
| DPSH1    | Prova penetrometrica dinamica | 4574567.71           | 603895.45 | -                | 11.80            | -                                 |
| DPSH2    | Prova penetrometrica dinamica | 4574198.84           | 601774.66 | -                | 1.20             | -                                 |
| DPSH2bis | Prova penetrometrica dinamica | 4574198.84           | 601774.66 | -                | 1.20             | -                                 |
| DPSH3    | Prova penetrometrica dinamica | 4573994.63           | 600587.13 | -                | 9.00             | -                                 |
| DPSH4    | Prova penetrometrica dinamica | 4573693.14           | 598717.39 | -                | 10.20            | -                                 |
| DPSH5    | Prova penetrometrica dinamica | 4570719.93           | 593236.73 | -                | 7.00             | -                                 |
| DPSH6    | Prova penetrometrica dinamica | 4570085.46           | 591573.54 | -                | 10.00            | -                                 |
| DPSH7    | Prova penetrometrica dinamica | 4568674.48           | 589768.65 | -                | 3.40             | -                                 |
| DPSH8    | Prova penetrometrica dinamica | 4567224.12           | 589205.68 | -                | 3.60             | -                                 |
| DPSH9    | Prova penetrometrica dinamica | 4565207.19           | 588388.87 | -                | 8.80             | -                                 |
| DPSH10   | Prova penetrometrica dinamica | 4564321.84           | 588050.28 | -                | 12.60            | -                                 |
| DPSH11   | Prova penetrometrica dinamica | 4574437.25           | 603242.81 | -                | 10.00            | -                                 |

Tabella 11-7 Riepilogo delle indagini in sito eseguite (Italferr 2020).

Nella tabella seguente si riporta la descrizione delle indagini geofisiche eseguite, con l'indicazione della tipologia di indagine, dell'ubicazione nel sistema di coordinate UTM WGS 84.

| Sigla    | Tipologia prova | Coord. UTM 33 WGS 84 |           |            |           | Lunghezza<br>[m] |
|----------|-----------------|----------------------|-----------|------------|-----------|------------------|
|          |                 | Inizio linea         |           | Fine linea |           |                  |
|          |                 | Nord                 | Est       | Nord       | Est       |                  |
| Masw2D-1 | Masw 2D         | 4574415.33           | 603109.15 | 4574449.05 | 603247.3  | 145              |
| Masw2D-2 | Masw 2D         | 4573083.73           | 596630.34 | 4572986.73 | 596550.66 | 125              |
| ERT1     | Geoelettrica    | 4569376.92           | 590095.50 | 4569426.61 | 590234.12 | 155              |

Tabella 11-8 Riepilogo delle indagini geofisiche 2D eseguite (Italferr 2020).

| Sigla | Tipologia prova | Coord. UTM 33 WGS 84 |           |
|-------|-----------------|----------------------|-----------|
|       |                 | Nord                 | Est       |
| Masw1 | Masw            | 4574737.16           | 604911.65 |
| Masw2 | Masw            | 4573821.95           | 599713.65 |
| Masw3 | Masw            | 4572099.62           | 596009.45 |
| Masw4 | Masw            | 4570709.67           | 593148.98 |
| Masw5 | Masw            | 4566177.44           | 588810.58 |
| Masw6 | Masw            | 4563805.85           | 588389.16 |
| HVSR1 | HVSR            | 4574737.16           | 604911.65 |
| HVSR2 | HVSR            | 4573821.95           | 599713.65 |
| HVSR3 | HVSR            | 4572099.62           | 596009.45 |
| HVSR4 | HVSR            | 4570709.67           | 593148.98 |
| HVSR5 | HVSR            | 4566177.4            | 588810.58 |
| HVSR6 | HVSR            | 4563805.85           | 588389.16 |

Tabella 11-9 Riepilogo delle indagini geofisiche (Italferr 2020).



## 11.4 CAMPAGNA INDAGINI INTEGRATIVE DI PROGETTO - ITALFERR 2020

Nella presente fase progettuale sono state eseguite delle indagini geofisiche integrative al fine di verificare e, se del caso, approfondire, l'interpretazione del modello geologico nelle seguenti aree:

- Settore **A**: dalla pk km 10+516 alla pk km 10+850 – Loc. Canne della Battaglia;
- Settore **B**: pk km 22+907 – Loc. Canosa di Puglia;
- Settore **C**: dalla pk km 23+600 alla pk km 24+100 – Loc. Canosa di Puglia.

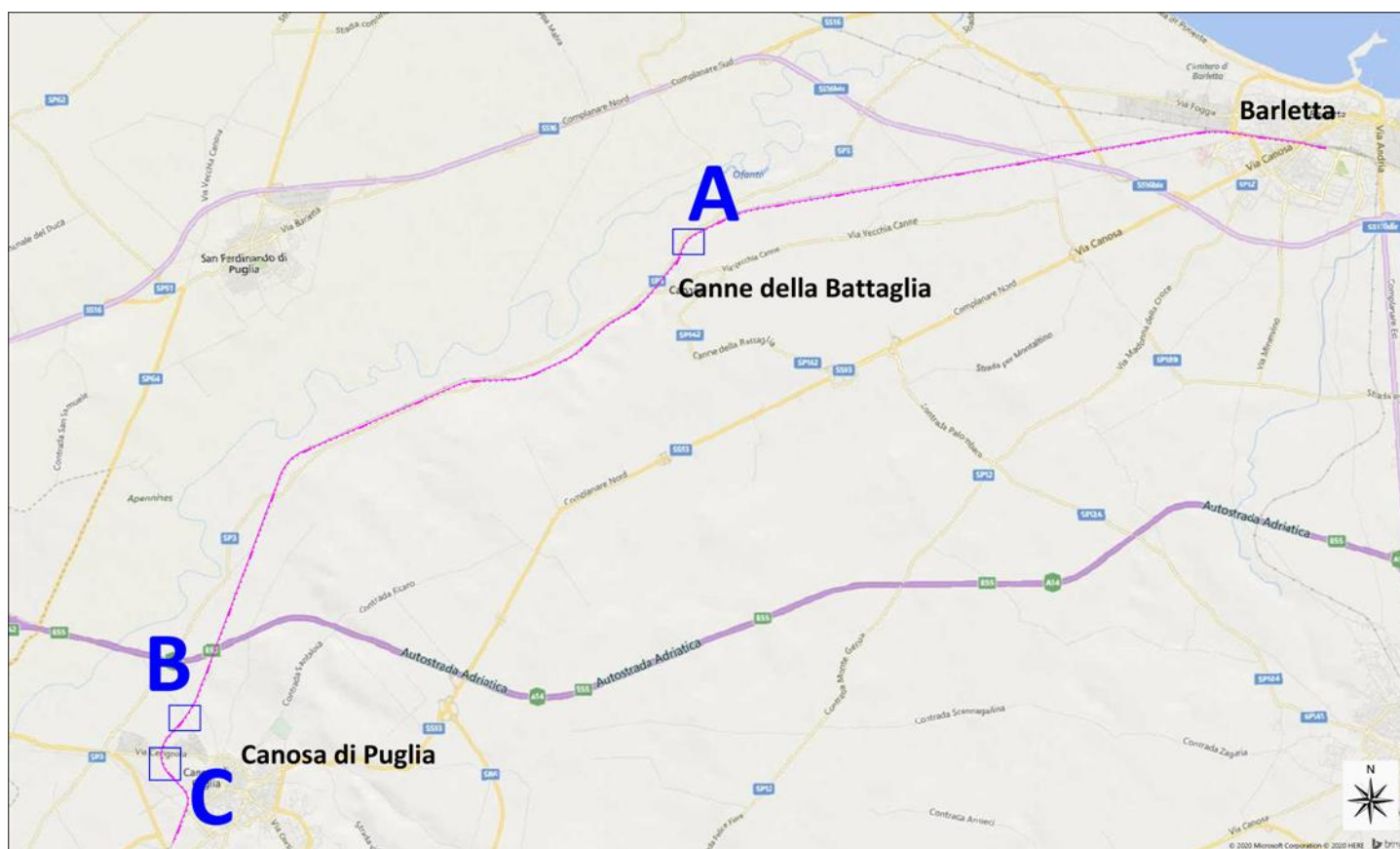


Figura 11-1 Ubicazione delle indagini integrative eseguite nei settori A, B e C. In colore magenta è rappresentata la linea ferroviaria.

L'attività si è articolata in differenti metodologie geofisiche (ubicazione in Figura 11-2 e 11-3) strutturate in:

- N. 2 Rilievi Tomografici Elettrici in acquisizione 2D, denominati EL1 e EL2; i profili sono stati costituiti da n. 72 elettrodi con passo regolare ogni 3.0 m, pari a uno sviluppo lineare di 213.0 metri;
- N. 6 Prospezioni Sismiche a Rifrazione con registrazione in onde P per l'elaborazione di profili interpretativi in termini di velocità sismiche, denominati S1, S2, S3, S4, S5-6 e S7; gli stendimenti sono stati costituiti da un numero variabile di geofoni posizionati ad intervalli regolari di 2.0 metri.

Nel dettaglio:

- Profilo S1: sviluppo lineare di 178.0 m e n. 90 geofoni complessivi.
- Profilo S2: sviluppo lineare di 334.0 m e n. 168 geofoni complessivi.
- Profilo S3: sviluppo lineare di 166.0 m e n. 84 geofoni complessivi.
- Profilo S4: sviluppo lineare di 142.0 m e n. 72 geofoni complessivi.

- Profilo S5-6: sviluppo lineare di 478.0 m e n. 240 geofoni complessivi.
- Profilo S7: sviluppo lineare di 382.0 m e n.192 geofoni complessivi.

- N. 6 stendimenti sismici con acquisizione prove di tipo M.A.S.W. 2D/Re.Mi., denominate con sigla M2D\_1, M2D\_2, M2D\_3, M2D\_4, M2D\_5-6 e M2D\_7, registrate lungo i medesimi profili delle prove sismiche a rifrazione mediante l'utilizzo di un land streamer con 24 geofoni intervallati a 2 metri, spostando la catena di registrazione di 4.0 metri ad ogni energizzazione e calcolando il profilo Vs per ognuna delle acquisizioni. Le singole indagini sismiche M.A.S.W. sono state infine utilizzate per la ricostruzione di una sezione 2D in termini di velocità delle onde S.

Abbinata alle singole acquisizioni M.A.S.W. sono state registrate prove sismiche passive di tipo Re.Mi. finalizzate a verificare l'andamento delle velocità delle onde S anche a profondità maggiori di quelle indagabili con il solo metodo M.A.S.W.

L'adeguata localizzazione plano-altimetrica delle indagini è stata realizzata tramite un dettagliato rilievo topografico con strumentazione GPS "Trimble R2" dotata di "GNSS Receiver" e di "TSC3 Controller".

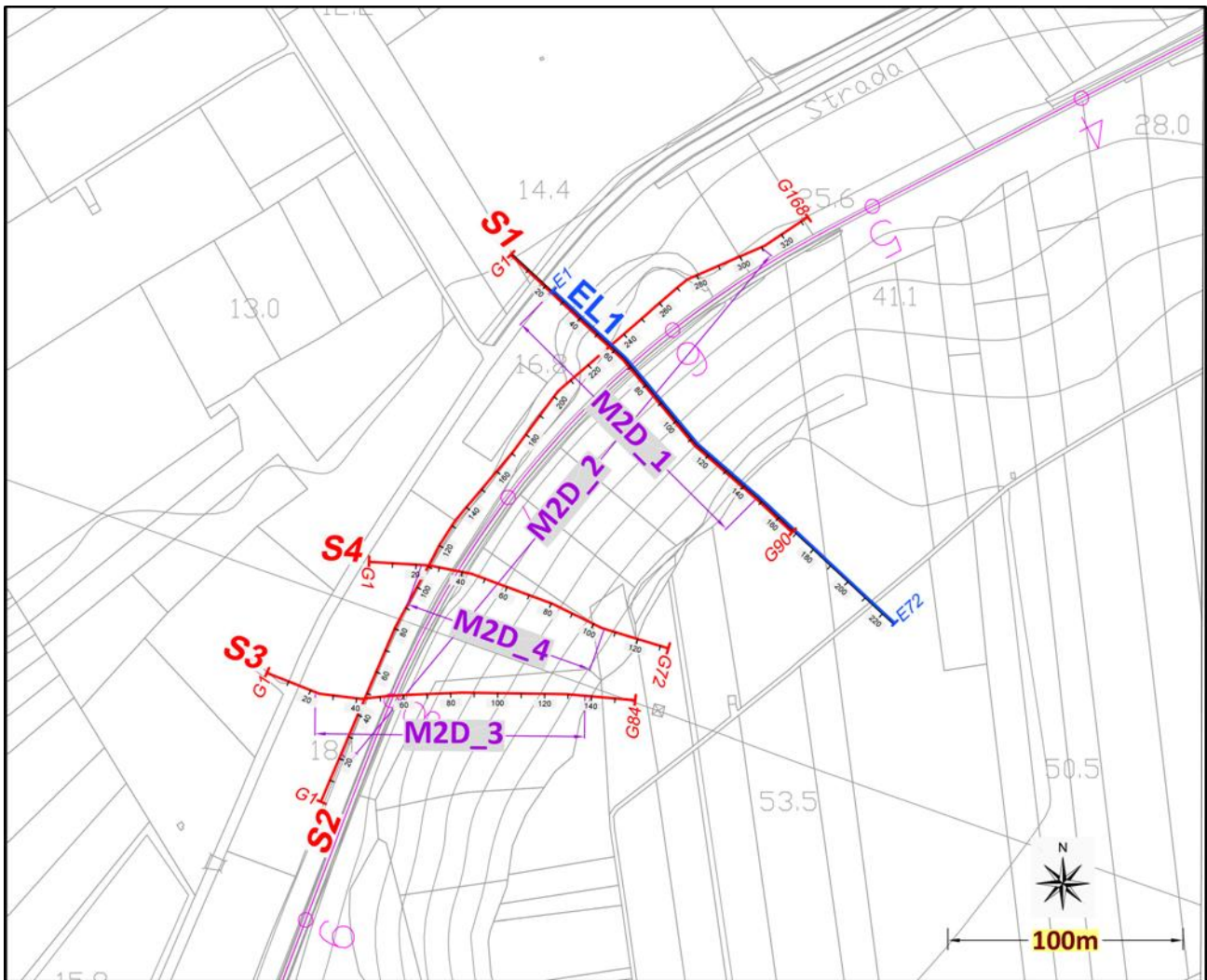


Fig. 11-2– Ubicazione indagini geofisiche – Settore A: Località Canne della Battaglia (da km 10+516 a km 10+850).

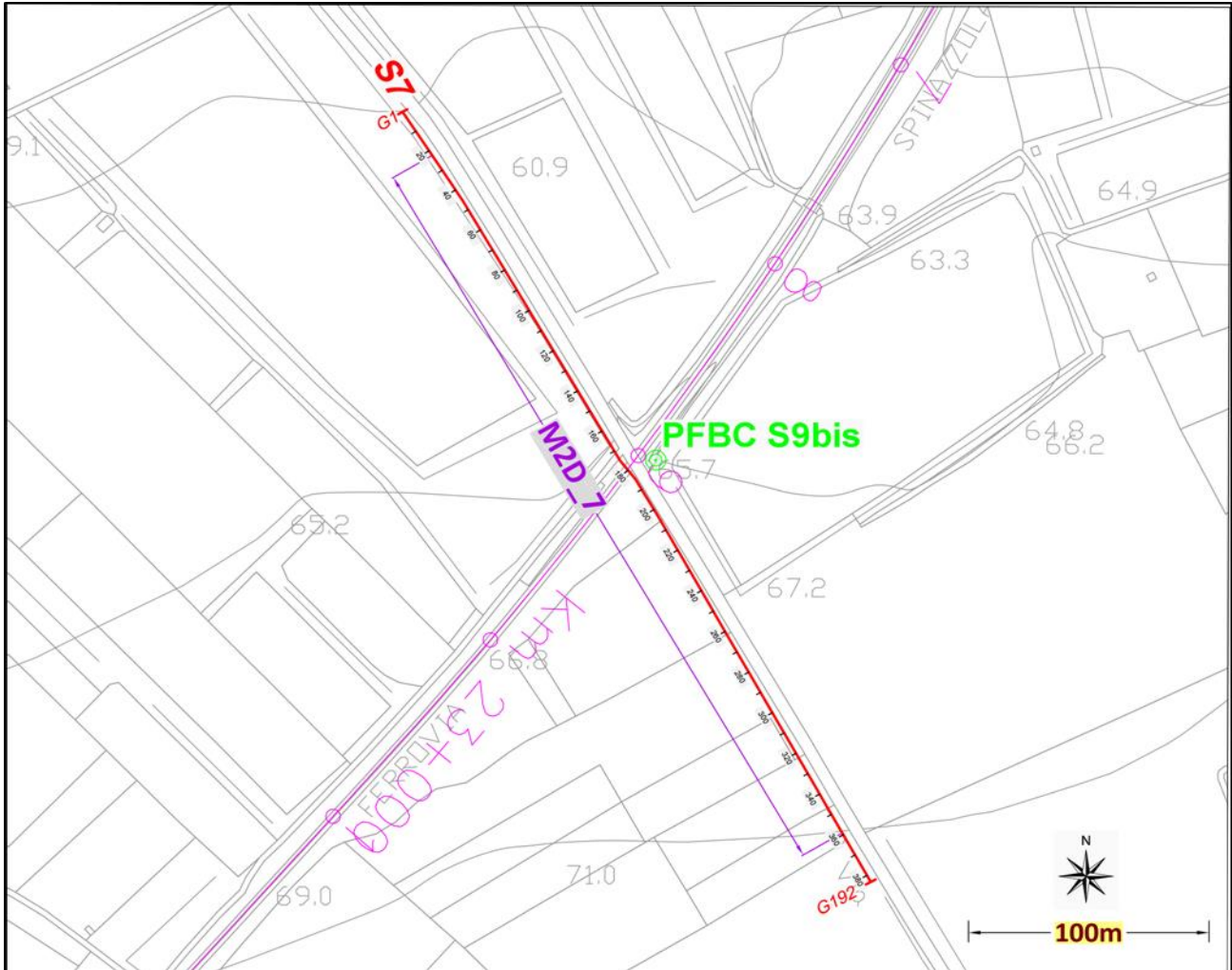


Fig. 11-3 – Ubicazione indagini geofisiche – Settore B: Località Canosa di Puglia (km 22+907). In verde il sondaggio a carotaggio continuo (PFBC S9bis).

## 12 SISMICITA' DELL'AREA

### 12.1 GENERALITÀ

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

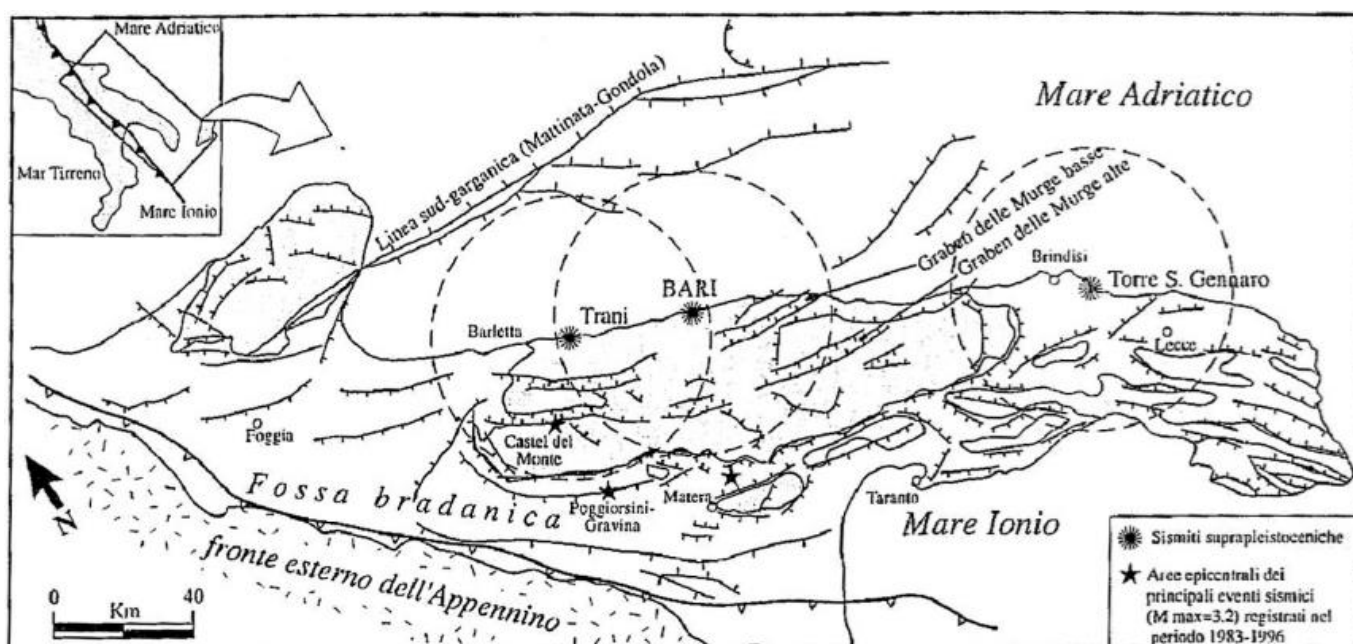


Figura 12-1 Schema strutturale dell'Avampaese Apulo emerso (da Tropeano et al. 1997).

### 12.2 CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La classificazione sismica del territorio nazionale è stata elaborata e rivista in seguito ai principali terremoti; tra questi, in particolare, quelli verificatisi in Irpinia nel 1980 ed in Molise nel 2002.

Fino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione; la sismicità era definita attraverso il grado di sismicità S.

Per quanto concerne la classificazione sismica del territorio in esame, trova attuazione la classificazione sismica stabilita dall'Allegato 1, punto 3 dell'Ordinanza n.3274/2003, la quale ha introdotto una nuova classificazione sismica, suddividendo il territorio nazionale in quattro zone caratterizzate da diverso grado di sismicità e sottoposte alle normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

Le zone sono definite rispettivamente ad alta sismicità la zona 1, a media sismicità la zona 2 e a bassa sismicità la zona 3, mentre nella zona 4 viene demandata alle regioni la facoltà di imporre o meno l'obbligo della normativa.

I Comuni di Barletta e di Canosa di Puglia risultano classificati in zona "2", come riportato in Figura 12-2.



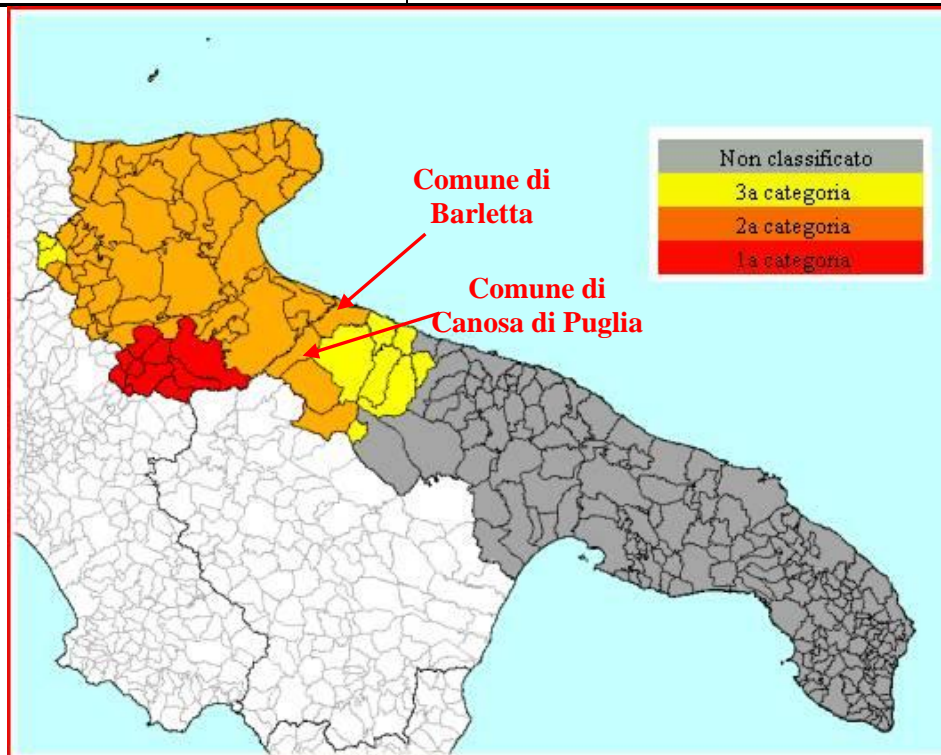


Figura 12-2. Classificazione sismica dei Comuni della Puglia

Relativamente alla pericolosità sismica di base, in riferimento alla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. 28/04/2006 n.3519), il range di accelerazione massima del suolo con probabile eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi, nell'area in studio è compresa tra 0.15 e 0.25g (Tabella 12-1).

Tabella 12-1. Valori di accelerazione massima del suolo  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferito a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s,30} > 800$  m/s.

| Zona | Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ ) | Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche, $a_g/g$ ) |
|------|---|---|
| 1    | >0.25   | 0.35  |
| 2    | 0.15 ÷ 0.25   | 0.25  |
| 3    | 0.05 ÷ 0.15   | 0.15  |
| 4    | <0.05   | 0.05  |



Figura 12-3 Mappa di pericolosità sismica della Regione Puglia espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s) – da INGV riferita a suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s) – da INGV.

Dal 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 (ora aggiornate dal D.M. 17/01/2018), per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali (come previsto dalla precedente normativa in materia sismica).

L'azione sismica ai sensi del D.M. 17/01/2018 viene valutata in condizioni di campo libero (cioè in assenza di manufatti), su sito di riferimento rigido (di categoria A), a superficie orizzontale (superficie topografica di categoria T1), riferendosi alla definizione di "pericolosità sismica di base", fornita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica “probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ ”:

- $a_g$ : accelerazione massima su suolo tipo A;
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_{C^*}$ : periodo di riferimento che consente di calcolare il periodo  $T_c$  corrispondente all’inizio del tratto a velocità costante dello spettro.

Nelle tabelle seguenti vengono forniti, per i comuni di interesse e per periodi di ritorno  $T_R$  di 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni, i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_{C^*}$  da utilizzare per definire l’azione sismica nei diversi stati limite considerati.

Nel dettaglio:

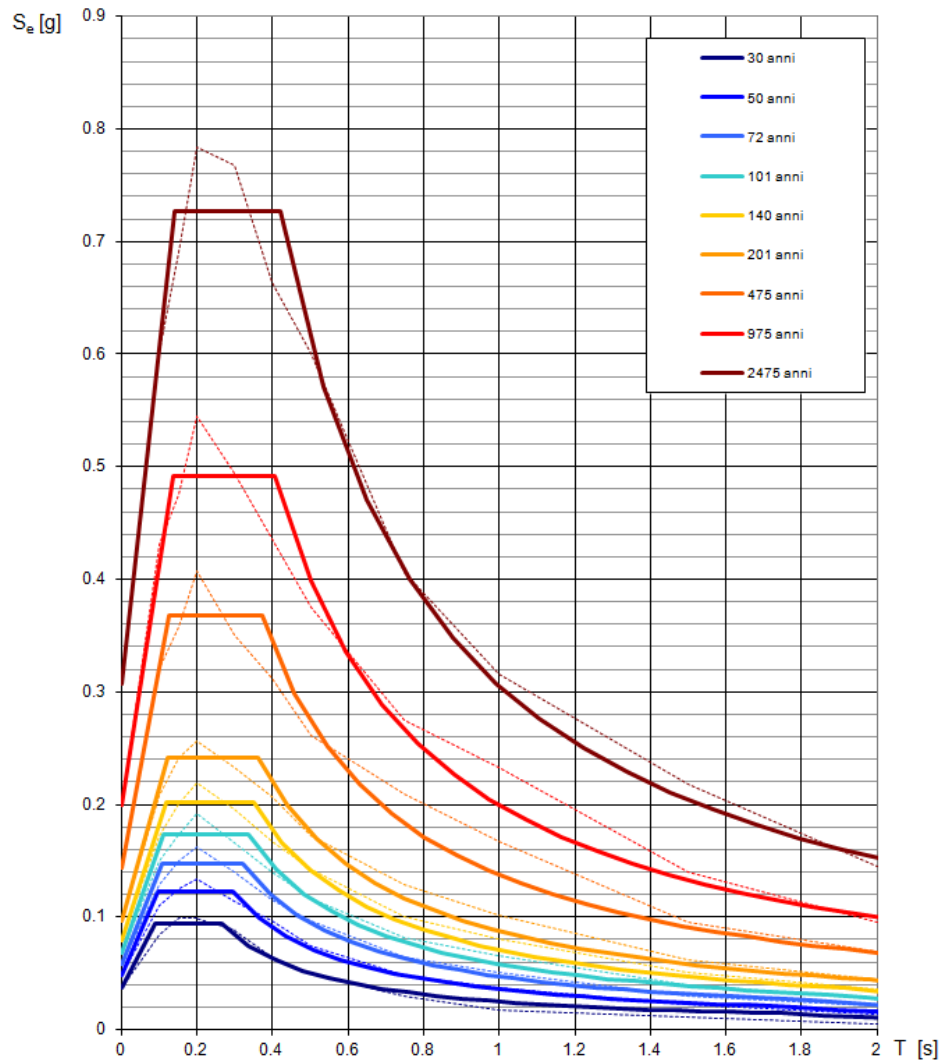
$a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito su suolo tipo A;

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_{C^*}$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tabella 12-2 Comune di Barletta-Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_{C^*}$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento.

| $T_R$<br>[anni] | $a_g$<br>[g] | $F_0$<br>[-] | $T_{C^*}$<br>[s] |
|-----------------|--------------|--------------|------------------|
| 30              | 0.037        | 2.517        | 0.266            |
| 50              | 0.048        | 2.559        | 0.294            |
| 72              | 0.058        | 2.527        | 0.322            |
| 101             | 0.068        | 2.540        | 0.335            |
| 140             | 0.079        | 2.558        | 0.351            |
| 201             | 0.096        | 2.513        | 0.362            |
| 475             | 0.143        | 2.568        | 0.373            |
| 975             | 0.200        | 2.467        | 0.405            |
| 2475            | 0.307        | 2.372        | 0.420            |



**NOTA:**

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.



**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_C$  : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$**

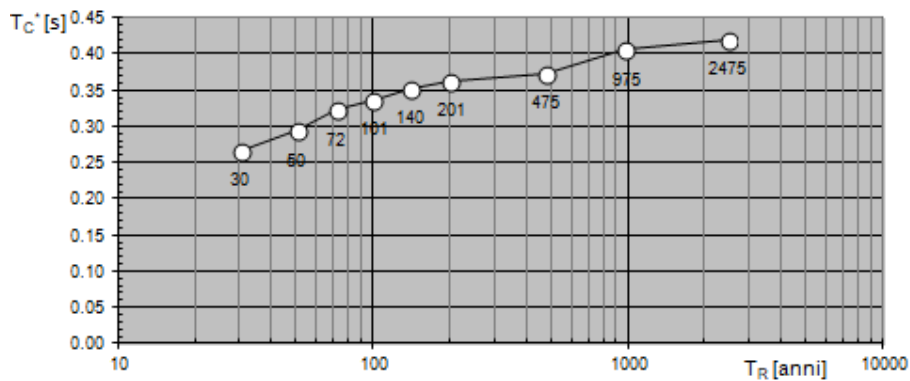
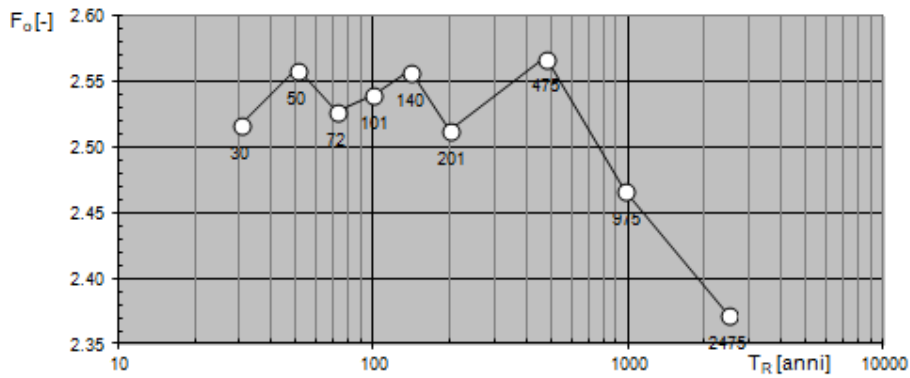
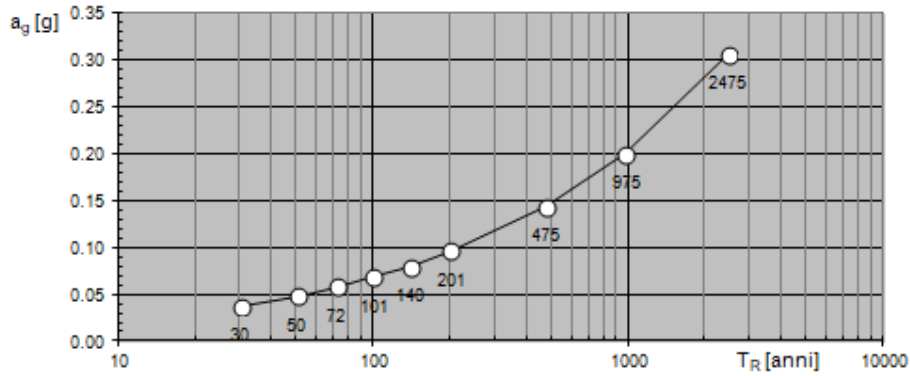
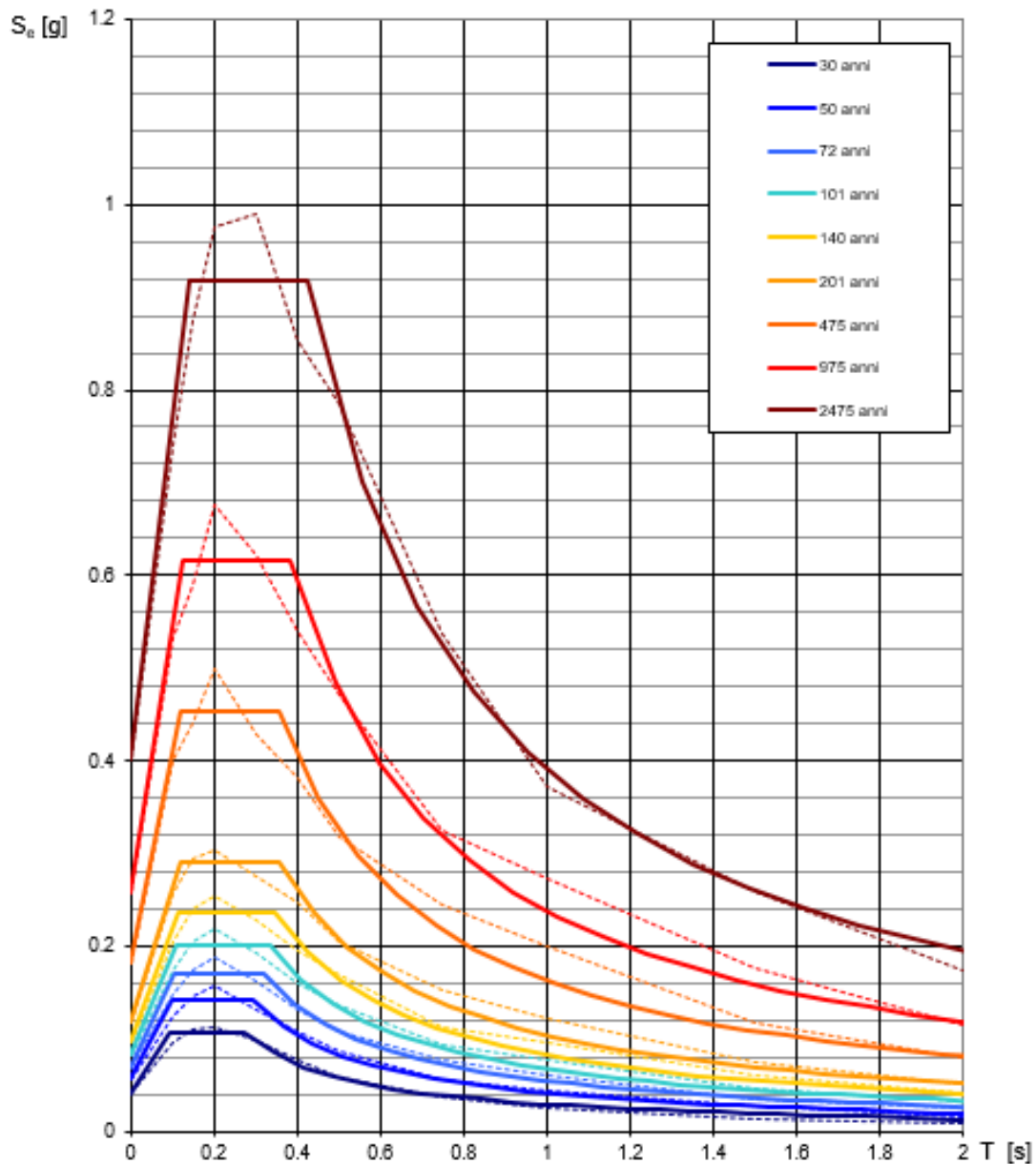


Tabella 12-3 Comune di Canosa di Puglia-Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento.

| $T_R$<br>[anni] | $a_g$<br>[g] | $F_0$<br>[-] | $T_c^*$<br>[s] |
|-----------------|--------------|--------------|----------------|
| 30              | 0.041        | 2.556        | 0.275          |
| 50              | 0.056        | 2.508        | 0.292          |
| 72              | 0.070        | 2.441        | 0.321          |
| 101             | 0.082        | 2.450        | 0.335          |
| 140             | 0.096        | 2.467        | 0.347          |
| 201             | 0.118        | 2.447        | 0.359          |
| 475             | 0.181        | 2.505        | 0.358          |
| 975             | 0.258        | 2.392        | 0.385          |
| 2475            | 0.402        | 2.287        | 0.425          |

**Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

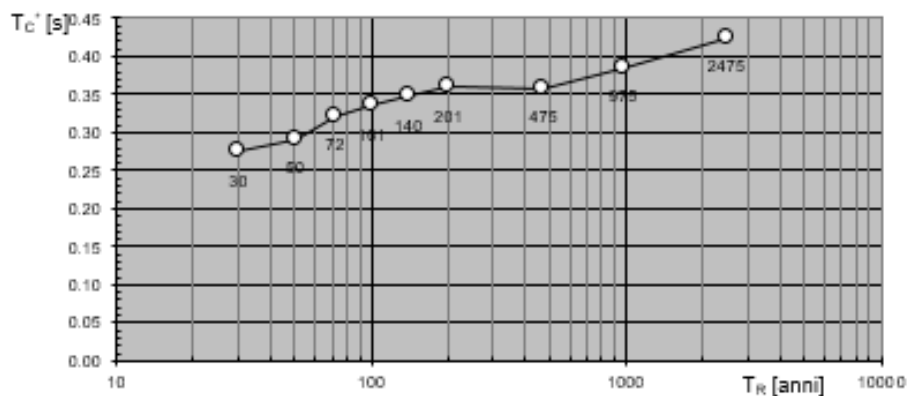
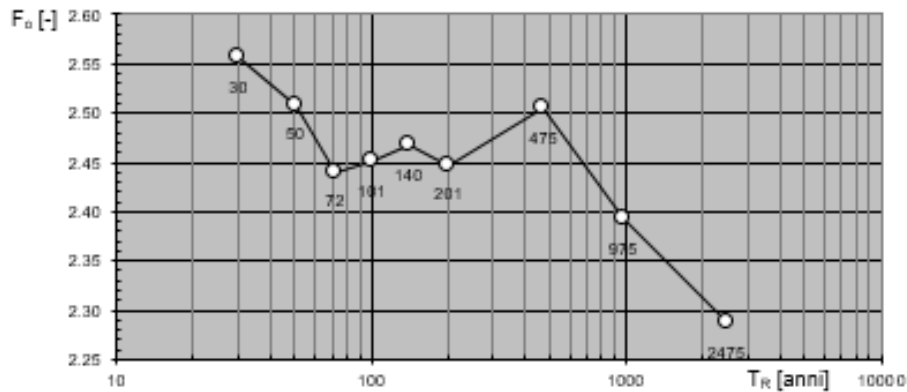
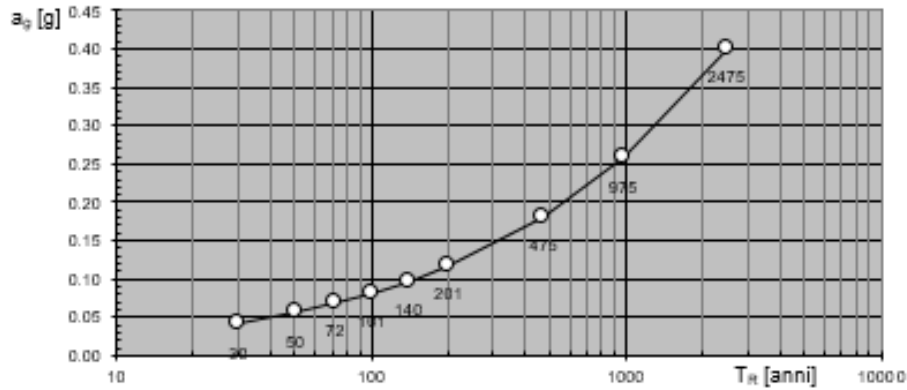


**NOTA:**

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_d$ ,  $T_C^*$ : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$**



La verifica dell' idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.



### 12.3 SISMICITÀ STORICA

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente i Comuni di Barletta e Canosa di Puglia.

Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15 (Locati et al., 2016), il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (Rovida et al., 2016, consultabile on-line al sito <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>).

Nella successiva sono indicati con i seguenti simboli:

- Is = intensità in sito (MCS);
- Anno = anno    Me = mese    Gi = giorno    Or = ora;
- NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto;
- Io = intensità massima (MCS);
- Mw = magnitudo momento.

| Effetti | In occasione del terremoto del |    |    |    |    |    |                              |      |     |      |
|---------|--------------------------------|----|----|----|----|----|------------------------------|------|-----|------|
| Int.    | Anno                           | Me | Gi | Ho | Mi | Se | Area epicentrale             | NMDP | Io  | Mw   |
| 6       | 1456                           | 12 | 05 |    |    |    | Appennino centro-meridionale | 199  | 11  | 7.19 |
| 8       | 1560                           | 05 | 11 | 04 | 40 |    | Costa pugliese centrale      | 7    | 8   | 5.66 |
| 6-7     | 1689                           | 09 | 21 |    |    |    | Costa pugliese centrale      | 3    | 6-7 | 4.86 |
| 6       | 1694                           | 09 | 08 | 11 | 40 |    | Irpinia-Basilicata           | 251  | 10  | 6.73 |
| 6-7     | 1720                           | 06 | 07 |    |    |    | Tavoliere delle Puglie       | 7    | 6-7 | 5.22 |
| 7-8     | 1731                           | 03 | 20 | 03 |    |    | Tavoliere delle Puglie       | 49   | 9   | 6.33 |
| 5       | 1731                           | 05 | 10 | 05 | 20 |    | Costa pugliese centrale      | 3    | 5-6 | 4.40 |
| 6-7     | 1731                           | 10 | 17 | 11 |    |    | Tavoliere delle Puglie       | 6    | 6-7 | 4.86 |
| 7       | 1743                           | 02 | 20 |    |    |    | Ionio settentrionale         | 84   | 9   | 6.68 |
| 6-7     | 1851                           | 08 | 14 | 13 | 20 |    | Vulture                      | 103  | 10  | 6.52 |
| F       | 1851                           | 08 | 14 | 14 | 40 |    | Vulture                      | 10   | 7-8 | 5.48 |
| 5-6     | 1856                           | 05 | 12 | 01 | 45 |    | Barese                       | 5    | 5-6 | 4.40 |
| 6-7     | 1857                           | 12 | 16 | 21 | 15 |    | Basilicata                   | 340  | 11  | 7.12 |
| 4       | 1858                           | 05 | 24 | 09 | 20 |    | Tavoliere delle Puglie       | 13   | 4-5 | 4.35 |
| 7       | 1875                           | 12 | 06 |    |    |    | Gargano                      | 97   | 8   | 5.86 |
| 3       | 1905                           | 08 | 18 | 04 | 07 |    | Tavoliere delle Puglie       | 41   | 5   | 4.61 |
| NF      | 1905                           | 11 | 26 |    |    |    | Irpinia                      | 122  | 7-8 | 5.18 |
| 5       | 1910                           | 06 | 07 | 02 | 04 |    | Irpinia-Basilicata           | 376  | 8   | 5.76 |
| 2-3     | 1912                           | 07 | 02 | 07 | 34 |    | Tavoliere delle Puglie       | 49   | 5   | 4.55 |
| 3       | 1913                           | 10 | 04 | 18 | 26 |    | Molise                       | 205  | 7-8 | 5.35 |
| NF      | 1915                           | 01 | 13 | 06 | 52 | 4  | Marsica                      | 1041 | 11  | 7.08 |
| 3       | 1919                           | 10 | 21 | 00 | 24 |    | Gargano                      | 24   | 5-6 | 5.03 |
| 4       | 1925                           | 08 | 25 | 05 | 10 |    | Gargano                      | 14   | 5   | 4.92 |
| 5-6     | 1930                           | 07 | 23 | 00 | 08 |    | Irpinia                      | 547  | 10  | 6.67 |
| 3       | 1931                           | 12 | 03 | 09 | 32 |    | Tavoliere delle Puglie       | 12   | 6   | 4.59 |
| 4       | 1951                           | 01 | 16 | 01 | 11 |    | Gargano                      | 73   | 7   | 5.22 |
| NF      | 1956                           | 09 | 22 | 03 | 19 | 3  | Gargano                      | 57   | 6   | 4.64 |
| NF      | 1963                           | 02 | 13 | 12 | 45 |    | Potentino                    | 31   | 7   | 5.19 |
| 3       | 1967                           | 12 | 09 | 03 | 09 | 5  | Adriatico centrale           | 22   |     | 4.36 |
| 2-3     | 1973                           | 08 | 08 | 14 | 36 | 2  | Appennino campano-lucano     | 29   | 5-6 | 4.75 |
| 5       | 1975                           | 06 | 19 | 10 | 11 |    | Gargano                      | 61   | 6   | 5.02 |
| F       | 1978                           | 09 | 24 | 08 | 07 | 4  | Materano                     | 121  | 6   | 4.75 |
| 5       | 1980                           | 11 | 23 | 18 | 34 | 5  | Irpinia-Basilicata           | 1394 | 10  | 6.81 |
| NF      | 1984                           | 04 | 29 | 05 | 02 | 5  | Umbria settentrionale        | 709  | 7   | 5.62 |
| 3-4     | 1988                           | 04 | 26 | 00 | 53 | 4  | Adriatico centrale           | 78   |     | 5.36 |
| NF      | 1990                           | 02 | 18 | 20 | 10 | 4  | Adriatico centrale           | 46   |     | 4.24 |
| 4-5     | 1990                           | 05 | 05 | 07 | 21 | 2  | Potentino                    | 1375 |     | 5.77 |
| 3-4     | 1991                           | 05 | 26 | 12 | 25 | 5  | Potentino                    | 597  | 7   | 5.08 |
| 4-5     | 1995                           | 09 | 30 | 10 | 14 | 3  | Gargano                      | 145  | 6   | 5.15 |
| NF      | 1996                           | 04 | 03 | 13 | 04 | 3  | Irpinia                      | 557  | 6   | 4.90 |
| 4       | 2006                           | 05 | 29 | 02 | 20 | 0  | Gargano                      | 384  |     | 4.64 |
| NF      | 2006                           | 10 | 04 | 17 | 34 | 2  | Adriatico centrale           | 98   | 4-5 | 4.30 |

Tabella 12-4 Storia sismica del Comune di Barletta [41.319, 16.279].

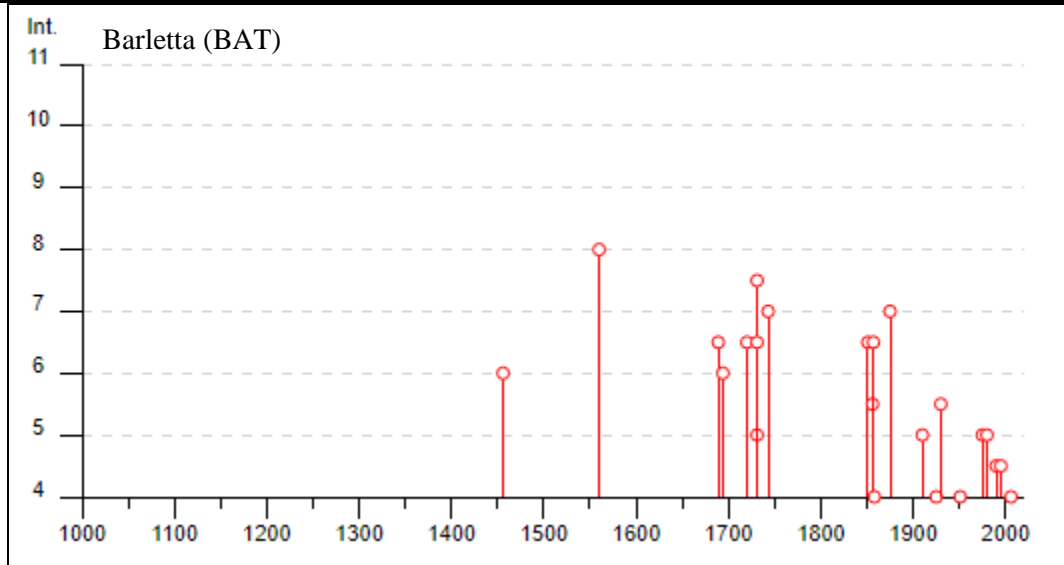


Figura 12-4. Storia sismica del Comune di Barletta [41.319, 16.279].

| Effetti | In occasione del terremoto del |    |    |    |    |    | NMDP                         | Io Mw          |
|---------|--------------------------------|----|----|----|----|----|------------------------------|----------------|
| Int.    | Anno                           | Me | Gi | Ho | Mi | Se | Area epicentrale             |                |
| 8       | 1361                           | 07 | 17 | 17 | 15 |    | Subappennino dauno           | 2 9 6.03       |
| 9       | 1456                           | 12 | 05 |    |    |    | Appennino centro-meridionale | 199 11 7.19    |
| 8       | 1627                           | 07 | 30 | 10 | 50 |    | Capitanata                   | 64 10 6.66     |
| 10      | 1646                           | 05 | 31 |    |    |    | Gargano                      | 35 10 6.72     |
| 7       | 1694                           | 09 | 08 | 11 | 40 |    | Irpinia-Basilicata           | 251 10 6.73    |
| 8-9     | 1731                           | 03 | 20 | 03 |    |    | Tavoliere delle Puglie       | 49 9 6.33      |
| 7-8     | 1731                           | 10 | 17 | 11 |    |    | Tavoliere delle Puglie       | 6 6-7 4.86     |
| 8       | 1743                           | 02 | 20 |    |    |    | Ionio settentrionale         | 84 9 6.68      |
| 7-8     | 1851                           | 08 | 14 | 13 | 20 |    | Vulture                      | 103 10 6.52    |
| 5-6     | 1856                           | 05 | 12 | 01 | 45 |    | Barese                       | 5 5-6 4.40     |
| 8       | 1857                           | 12 | 16 | 21 | 15 |    | Basilicata                   | 340 11 7.12    |
| 4-5     | 1889                           | 12 | 08 |    |    |    | Gargano                      | 122 7 5.47     |
| 3       | 1892                           | 04 | 20 |    |    |    | Gargano                      | 15 6-7 5.02    |
| 3-4     | 1892                           | 06 | 06 |    |    |    | Isole Tremiti                | 68 6 4.88      |
| 4       | 1893                           | 01 | 25 |    |    |    | Vallo di Diano               | 134 7 5.15     |
| NF      | 1899                           | 08 | 16 | 00 | 05 |    | Subappennino dauno           | 32 6 4.57      |
| 5       | 1905                           | 09 | 08 | 01 | 43 |    | Calabria centrale            | 895 10-11 6.95 |
| 2-3     | 1905                           | 11 | 26 |    |    |    | Irpinia                      | 122 7-8 5.18   |
| 4       | 1910                           | 06 | 07 | 02 | 04 |    | Irpinia-Basilicata           | 376 8 5.76     |
| 3       | 1925                           | 07 | 28 | 03 | 33 |    | Tavoliere delle Puglie       | 6 5 4.20       |
| 7       | 1930                           | 07 | 23 | 00 | 08 |    | Irpinia                      | 547 10 6.67    |
| 4       | 1930                           | 11 | 06 | 21 | 56 |    | Alta Murgia                  | 16 5 4.41      |
| 4-5     | 1931                           | 12 | 03 | 09 | 32 |    | Tavoliere delle Puglie       | 12 6 4.59      |
| 4       | 1933                           | 03 | 07 | 14 | 39 |    | Irpinia                      | 42 6 4.96      |
| 4       | 1937                           | 07 | 17 | 17 | 11 |    | Tavoliere delle Puglie       | 40 6 4.96      |
| 6       | 1948                           | 08 | 18 | 21 | 12 | 2  | Gargano                      | 58 7-8 5.55    |
| 4       | 1951                           | 01 | 16 | 01 | 11 |    | Gargano                      | 73 7 5.22      |
| 4       | 1953                           | 07 | 19 | 18 | 46 |    | Gargano                      | 5 4-5 4.55     |
| 4       | 1954                           | 08 | 06 | 19 | 21 | 1  | Potentino                    | 13 5-6 5.18    |
| 3       | 1956                           | 01 | 09 | 00 | 44 |    | Materano                     | 45 6 4.72      |
| 7       | 1956                           | 09 | 22 | 03 | 19 | 3  | Gargano                      | 57 6 4.64      |
| 4       | 1962                           | 01 | 19 | 05 | 01 | 2  | Gargano                      | 31 5 4.42      |
| 5-6     | 1962                           | 08 | 21 | 18 | 19 |    | Irpinia                      | 562 9 6.15     |
| 3       | 1963                           | 02 | 13 | 12 | 45 |    | Potentino                    | 31 7 5.19      |
| 3       | 1967                           | 12 | 09 | 03 | 09 | 5  | Adriatico centrale           | 22 4.36        |
| 2       | 1978                           | 09 | 24 | 08 | 07 | 4  | Materano                     | 121 6 4.75     |
| 6       | 1980                           | 11 | 23 | 18 | 34 | 5  | Irpinia-Basilicata           | 1394 10 6.81   |
| NF      | 1984                           | 04 | 29 | 05 | 02 | 5  | Umbria settentrionale        | 709 7 5.62     |
| NF      | 1984                           | 05 | 07 | 17 | 50 |    | Monti della Meta             | 911 8 5.86     |
| NF      | 1984                           | 05 | 11 | 10 | 41 | 4  | Monti della Meta             | 342 7 5.47     |
| 5-6     | 1990                           | 05 | 05 | 07 | 21 | 2  | Potentino                    | 1375 5.77      |
| 5       | 1991                           | 05 | 26 | 12 | 25 | 5  | Potentino                    | 597 7 5.08     |
| 5-6     | 1995                           | 09 | 30 | 10 | 14 | 3  | Gargano                      | 145 6 5.15     |
| 2-3     | 1996                           | 04 | 03 | 13 | 04 | 3  | Irpinia                      | 557 6 4.90     |
| 4       | 1998                           | 04 | 07 | 21 | 36 | 5  | Valle dell'Ofanto            | 45 5 4.31      |
| 3-4     | 2002                           | 11 | 01 | 15 | 09 | 0  | Molise                       | 638 7 5.72     |
| 2       | 2004                           | 09 | 03 | 00 | 04 | 1  | Potentino                    | 156 5 4.41     |
| 4       | 2006                           | 05 | 29 | 02 | 20 | 0  | Gargano                      | 384 4.64       |
| NF      | 2006                           | 12 | 10 | 11 | 03 | 4  | Adriatico centrale           | 54 4.48        |

Tabella 12-5 Storia sismica del Comune di Canosa di Puglia [41.223, 16.067].



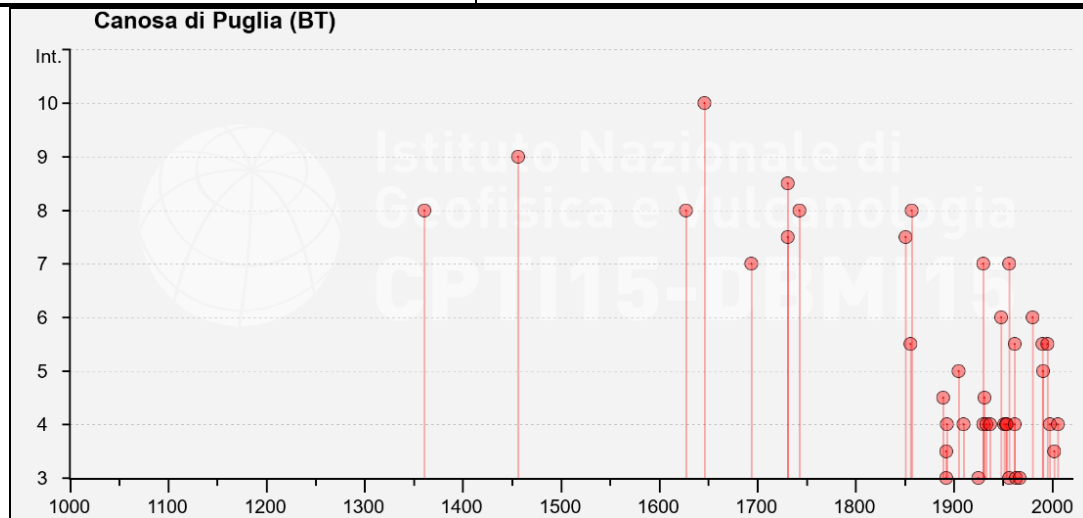


Figura 12-5 Storia sismica del Comune di Canosa di Puglia [41.223, 16.067].

## 12.4 SORGENTI SISMOGENETICHE

Recentemente è stata presentata la nuova versione (vers. 3.2) del database “*A compilation of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy and sur-rounding areas*”, inizialmente divulgato in forma preliminare nel luglio 2000 come versione 1.0 e quindi pubblicato nel 2001 come versione 2.0 (Valensise & Pantosti, 2001).

Il Database contiene sorgenti sismogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare grandi terremoti. La nuova versione del Database contiene oltre 100 sorgenti sismogenetiche identificate attraverso studi geologico-geofisici (70% in più rispetto alla precedente versione). Tali sorgenti ricadono sull'intero territorio italiano e su alcune regioni confinanti.

L'assetto di queste sorgenti fornisce informazioni sull'andamento dei maggiori sistemi di faglie attive, consentendo in alcuni casi di individuare aree di potenziale gap sismico.

Obiettivo del Database è quello di rendere quanto più possibile completa l'informazione sulle sorgenti sismogenetiche potenziali del territorio nazionale; per questa ragione, oltre ad un numero maggiore di sorgenti individuali, viene proposta una forma di rappresentazione e caratterizzazione di tutte le aree che, pur essendo certamente in grado di generare forti terremoti, sono ancora poco comprese. È stata pertanto istituita una nuova categoria di aree sismogenetiche per le quali, in analogia con quanto proposto dalla nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004), viene fornita la localizzazione geografica, la stima del meccanismo di fagliazione, la profondità efficace e la magnitudo massima attesa.

Dall'esame del Database, nell'area del tracciato è presente la sorgente “Castelluccio dei Sauri-Trani” (ITCS004). Le principali informazioni di riferimento per ciascuna sorgente sono riportate in Figura 12-6 e 7.

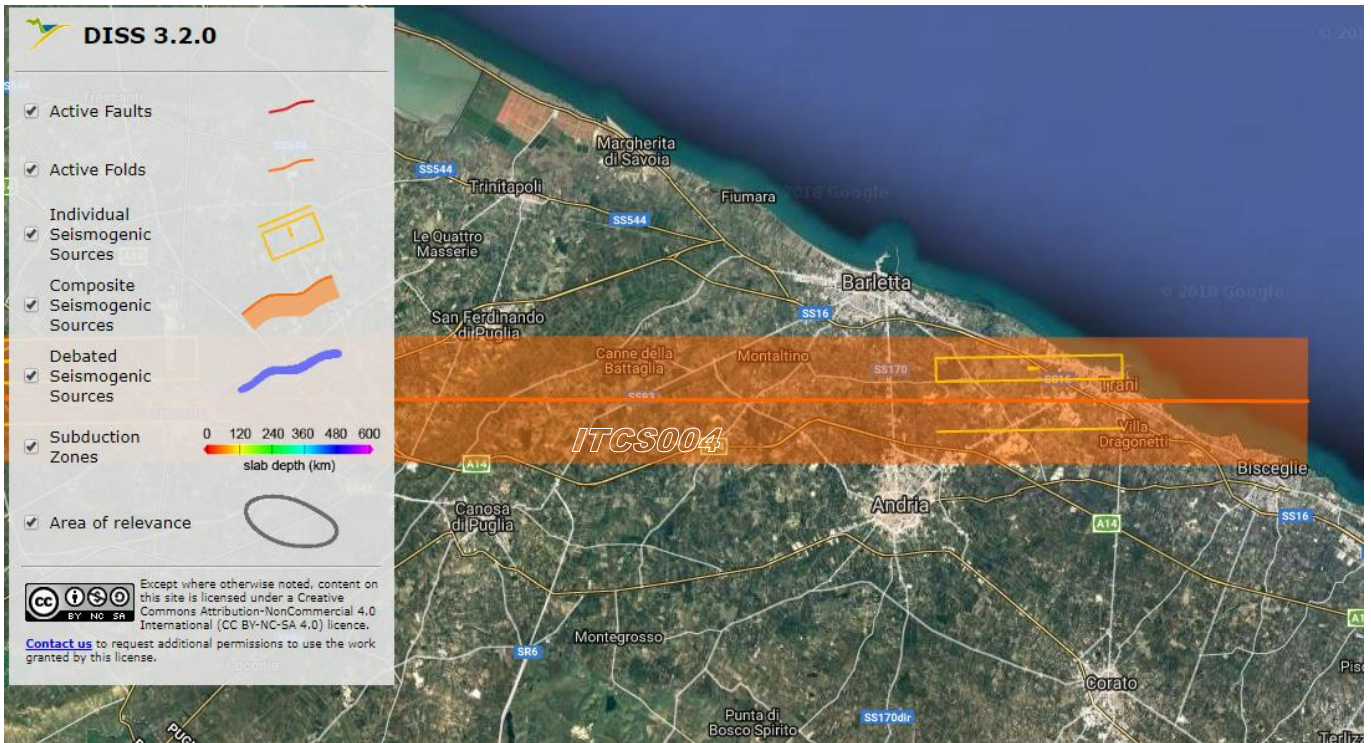


Figura 12-63. Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy" per l'area in oggetto.

### PARAMETRIC INFORMATION

| PARAMETER                   | QUALITY   | EVIDENCE |  |
|-----------------------------|-----------|----------|--|
| Min depth [km]              | 11.0      | EJ       | Inferred from upper depth of instrumental major earthquakes in the region. |
| Max depth [km]              | 22.5      | EJ       | Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region. |
| Strike [deg] min... max     | 260...280 | OD       | Based on macroseismic and geophysical data.                                |
| Dip [deg] min... max        | 70...90   | OD       | Based on macroseismic and geophysical data.                                |
| Rake [deg] min... max       | 170...190 | EJ       | Inferred from rake of instrumental major earthquakes in the region.        |
| Slip Rate [mm/y] min... max | 0.1...0.5 | EJ       | Unknown, values assumed from geodynamic constraints.                       |
| Max Magnitude [Mw]          | 6.3       | OD       | Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).         |

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 12-7. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Castelluccio dei Sauri-Trani (ITCS004).

## 12.5 MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

Sulla base delle originali elaborazioni relative alla definizione delle sorgenti sismogenetiche (DISS2.0-2001) è stato elaborato un modello sintetico che descrive la localizzazione delle sorgenti di futuri terremoti, la magnitudo massima che questi potranno raggiungere ed i *rate* di sismicità attesa zona per zona. Questo modello, che si pone come base per la redazione della carta di pericolosità sismica ed è rappresentato dalla mappa delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti & Valensise, 2004).

In base alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale, la sismicità in Italia può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo, espressa in termini di magnitudo momento  $M_w$ .

Nel caso di siti che ricadono al di fuori di tali zone si dovrà eseguire un'analisi accoppiata magnitudo distanza per il calcolo del valore di magnitudo in relazione alla distanza minima di ogni sito dalle zone sismogenetiche circostanti.

Il territorio in oggetto non ricade in nessuna Zona Sismogenetica perciò si dovrà eseguire un'analisi accoppiata magnitudo distanza per il calcolo del valore di magnitudo in relazione alla distanza minima di ogni sito dalle zone sismogenetiche circostanti.

Il territorio in oggetto è ubicato a 2 km dalla zona sismogenetica 925 "Ofanto" ( $M_w=6.83$ ), a 24 km dalla zona sismogenetica 906 "Molise Gargano" ( $M_w=6.83$ ) (Figura 12-8). In particolare, si verifica per ciascuna zona se la magnitudo della zona sismogenetica  $M_w(i)$  è inferiore o superiore alla magnitudo  $M_s(i)$  fornita dalla seguente relazione:

$$M_{s(i)} = 1 + 3 \cdot \log(R_i) \quad (\text{Aiello E., 2014})$$

dove  $R_i$  è la minima distanza del sito dalla zona sismogenetica  $i$ .

Nel caso in oggetto, i due valori di  $M_s(i)$  così definiti risultano:

$$M_s(925) = 1 + 3 \cdot \log(1.8) = 1.76$$

$$M_s(906) = 1 + 3 \cdot \log(24) = 5.14$$

Nel caso in cui almeno una  $M_s(i)$  calcolata per le zone sismogenetiche circostanti è inferiore alla  $M_w(i)$  della stessa zona per la quale è stata calcolata  $M_s(i)$ , si assume come  $M_w$  il valore di Magnitudo più alto tra le zone sismogenetiche circostanti; se invece tutte le  $M_s(i)$  calcolate sono superiori alle  $M_w(i)$ , si determina la con il metodo della disaggregazione (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Nel caso in oggetto, tutte le  $M_s(i)$  calcolate sono inferiori alle  $M_w$  delle sorgenti sismogenetiche; pertanto può essere definita la seguente magnitudo di riferimento  $M = 6,83$ .

| Nome ZS  | Numero ZS   | $M_{wmax}$ |
|--|---|------------|
| Colli Albani, Etna   | 922, 936  | 5.45       |
| Ischia-Vesuvio   | 928   | 5.91       |
| Altre zone   | 901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934 | 6.14       |
| Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo                  | 918, 919, 910   | 6.37       |
| Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica | 905, 906, 915, 930  | 6.60       |
| Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto                                     | 924, 925, 931   | 6.83       |
| Appennino Abruzzese, Sannio - Irpinia-Basilicata                             | 923, 927  | 7.06       |
| Calabria tirrenica, Iblei  | 929, 935  | 7.29       |

Figura 12-8. Valori di  $M_{wmax}$  per le zone sismogenetiche di ZS9.

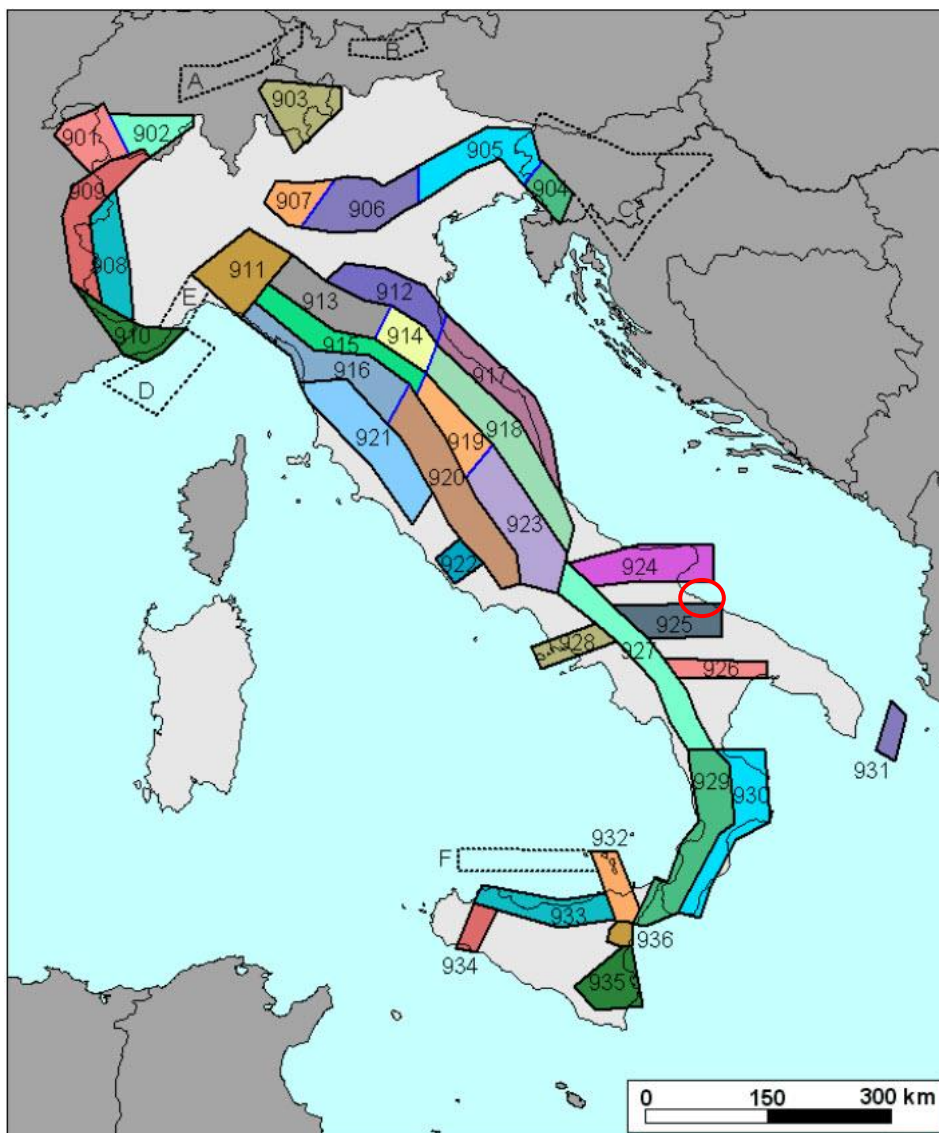


Figura 12-9. Zone sismogenetiche per la mappa di pericolosità sismica di base di riferimento. In rosso è evidenziata l'area di studio.



## 12.6 PARAMETRI PER LA DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Ai sensi del D.M. 14/01/2008, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e geomorfologiche locali, determinando quindi la corrispondente categoria (o tipo) di sottosuolo nonché le condizioni topografiche del sito di interesse.

### 12.6.1 Comune di Barletta

#### 12.6.1.1 Categoria di sottosuolo

Con riferimento alla tabella 3.2.II delle NTC2018, per la definizione dell'azione sismica locale ci si è basati (approccio semplificato) sull'individuazione di categorie di sottosuolo stimate a partire dai valori di  $V_s$ , eq ottenuti dalle indagini sismiche precedentemente descritte:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [3.2.1]$$

con:

$h_i$  spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{s,i}$  velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

$N$  numero di strati;

$H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Secondo la normativa vigente, per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. La presente classificazione è riferita al p.c.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_s$ , eq è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Per il territorio comunale di Barletta sono stati esaminati profili di  $V_{s,30}$  disponibili dalle prove sismiche Masw (riportati in tabella), realizzate nell'ambito del Progetto di Risanamento Acustico del Comune di Barletta, oltre che i dati relativi alla campagna RFI 2020 (Masw e RE.MI.) e della campagna di progetto (Italferr 2020).

Quasi tutte le indagini sismiche condotte lungo tratta compresa nel territorio comunale di Barletta hanno permesso di definire la categoria di sottosuolo come "B" ovvero "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,eq}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Alla luce dei risultati delle prove sismiche realizzate nell'ambito della campagna di progetto (Italferr 2020), si sono evidenziate due zone (Masw 2: LAT 41.309700 LONG 16.191216, Masw3: LAT 41.294638 LONG 16.146701) nelle quali la categoria di sottosuolo è stata stimata come "C".

Sarà cura del progettista valutare la categoria di sottosuolo in funzione dell'ubicazione dell'opera da realizzare.



Figura 12-10 Stralcio della planimetria di indagine (PRA Barletta).

| Sigla prova | Tipo prova | V <sub>s,30</sub> (m/s) |
|-------------|------------|-------------------------|
| Masw1       | Masw       | 370                     |
| Masw2       | Masw       | 398                     |
| Masw3       | Masw       | 409                     |
| Masw4       | Masw       | 354                     |
| Masw5       | Masw       | 392                     |
| Masw6       | Masw       | 379                     |

Tabella 12-6 Risultati delle prove sismiche in termini di V<sub>s,30</sub>.





Figura 12-4. Stralcio dell'ubicazione planimetrica delle indagini MASW01, RE.MI.01 (RFI).

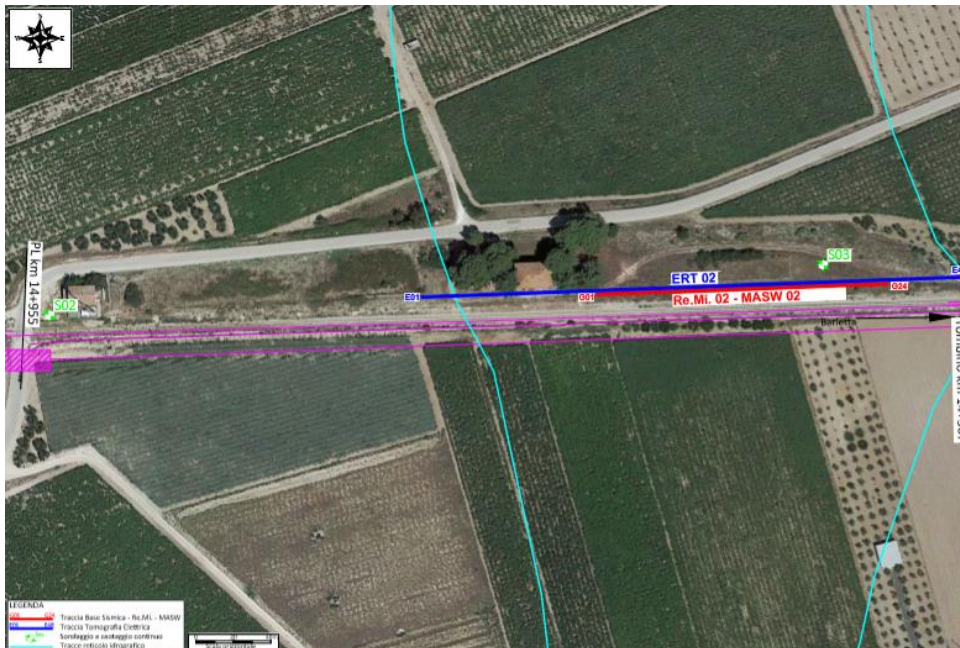


Figura 12-5. Stralcio dell'ubicazione planimetrica delle indagini MASW02, RE.MI.02 (RFI).

| Sigla prova | Tipo prova | $V_{s,eq}$ (m/s) |
|-------------|------------|------------------|
| Masw01      | Masw       | 373              |
| Masw02      | Masw       | 394              |
| RE.MI.01    | RE.MI.     | 490              |
| RE.MI.02    | RE.MI.     | 439              |

Tabella 12-7 Risultati delle prove sismiche in termini di  $V_{s,eq}$ .

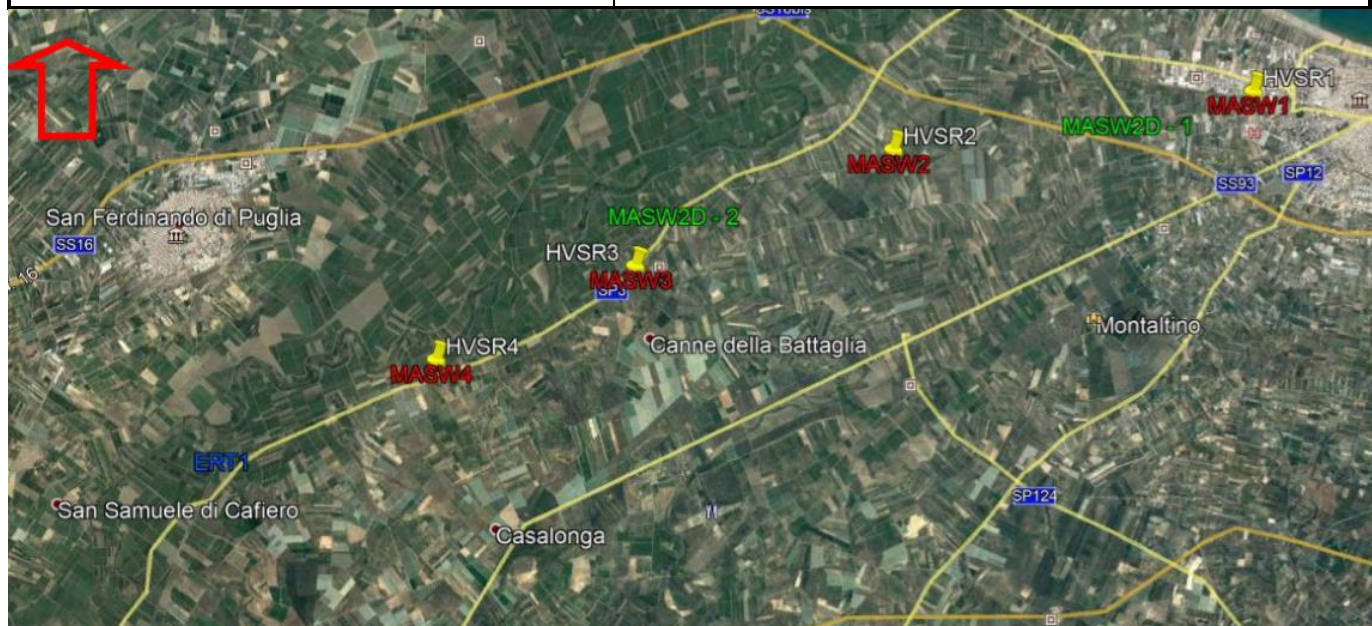


Figura 12-6 Stralcio dell'ubicazione planimetrica delle indagini MASW e HVSR nel Comune di Barletta (Italferr 2020).

| Sigla prova | Tipo prova | $V_{s,eq}$ (m/s) |
|-------------|------------|------------------|
| Masw1       | Masw       | 371              |
| Masw2       | Masw       | 316              |
| Masw3       | Masw       | 284              |
| Masw4       | Masw       | 443              |

Tabella 12-8 Risultati delle prove sismiche in termini di  $V_{s,eq}$ .

### 12.6.1.2 Condizioni topografiche

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, essendo le aree in oggetto localizzate in ambito di pianura e non essendovi particolari emergenze topografiche che possano dar luogo ad effetti di amplificazione sismica locale, le morfologie possono essere ricondotte ad una delle configurazioni superficiali semplici previste nel D.M. 14/01/2008 in Tabella 3.2.IV.

In particolare, i siti in oggetto possono essere classificati di categoria T1, "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ", caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1,0$ .

### 12.6.1.3 Parametri sismici di progetto

Di seguito si riportano i parametri sismici di progetto calcolati per entrambi gli scenari (Cat. Sottosuolo B e C).

- Cat. Sottosuolo  $S_s = B$
- Cat. Topografica  $S_t = T1$
- Vita nominale  $V_N = 50$  anni;
- Classe d'uso II ( $C_u = 1,0$ );
- Periodo di riferimento  $V_R = 50$  anni.
- $M = 6,83$



Tramite i quali si ricavano i seguenti parametri.

| Stati limite | SLV     |
|--------------|---------|
| $a_g$        | 0.143 g |
| $F_0$        | 2.568   |
| $T_c$        | 0.373 s |
| $S_s$        | 1.200   |
| $C_c$        | 1.340   |
| $S_t$        | 1.000   |
| $q$          | 1.500   |

Tabella 12-9 Parametri sismici di progetto con cat. di sottosuolo "B".

- Cat. Sottosuolo  $S_s = C$
- Cat. Topografica  $S_t = T1$
- Vita nominale  $V_N = 50$  anni;
- Classe d'uso II ( $C_u = 1.0$ );
- Periodo di riferimento  $V_R = 50$  anni.
- $M = 6.83$

Tramite i quali si ricavano i seguenti parametri.

| Stati limite | SLV     |
|--------------|---------|
| $a_g$        | 0.143 g |
| $F_0$        | 2.568   |
| $T_c$        | 0.373 s |
| $S_s$        | 1.500   |
| $C_c$        | 1.340   |
| $S_t$        | 1.000   |
| $q$          | 1.500   |

Tabella 12-10 Parametri sismici di progetto con cat. di sottosuolo "C".

## 12.6.2 Comune di Canosa di Puglia

### 12.6.2.1 Categoria di sottosuolo

Per il Comune di Canosa di Puglia, in assenza di risultanze di indagini geofisiche, è stata analizzata la Carta della Categoria Sismica del Suolo del Piano Urbanistico Generale. ha permesso di definire la categoria di sottosuolo tra "B e C", e da valori di  $V_{S,30}$  compresi tra 340 m/s e 460 m/s". Sono stati inoltre esaminati profili di  $V_{S,30}$  disponibili

dalle prove sismiche MASW e HVSR (riportati in tabella), realizzate nell'ambito e della campagna di progetto (Italferr 2020).

I risultati delle indagini realizzate nell'ambito della campagna di progetto hanno permesso di definire la categoria di sottosuolo come "B", ovvero "Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,eq}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

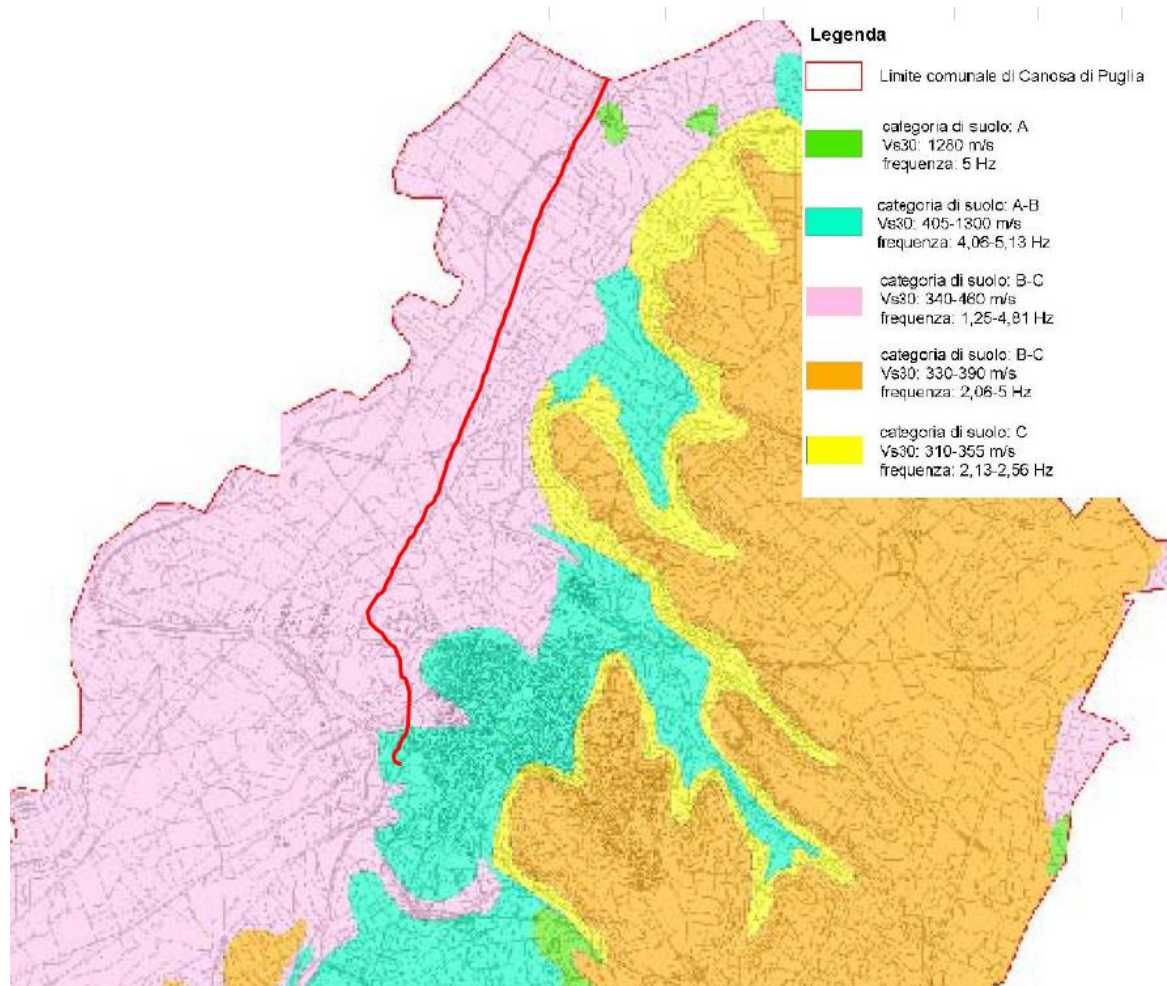


Figura 12-7. Stralcio della Carta della Categoria Sismica del Suolo del Piano Urbanistico Generale del Comune di Canosa di Puglia. In rosso il tracciato di progetto.

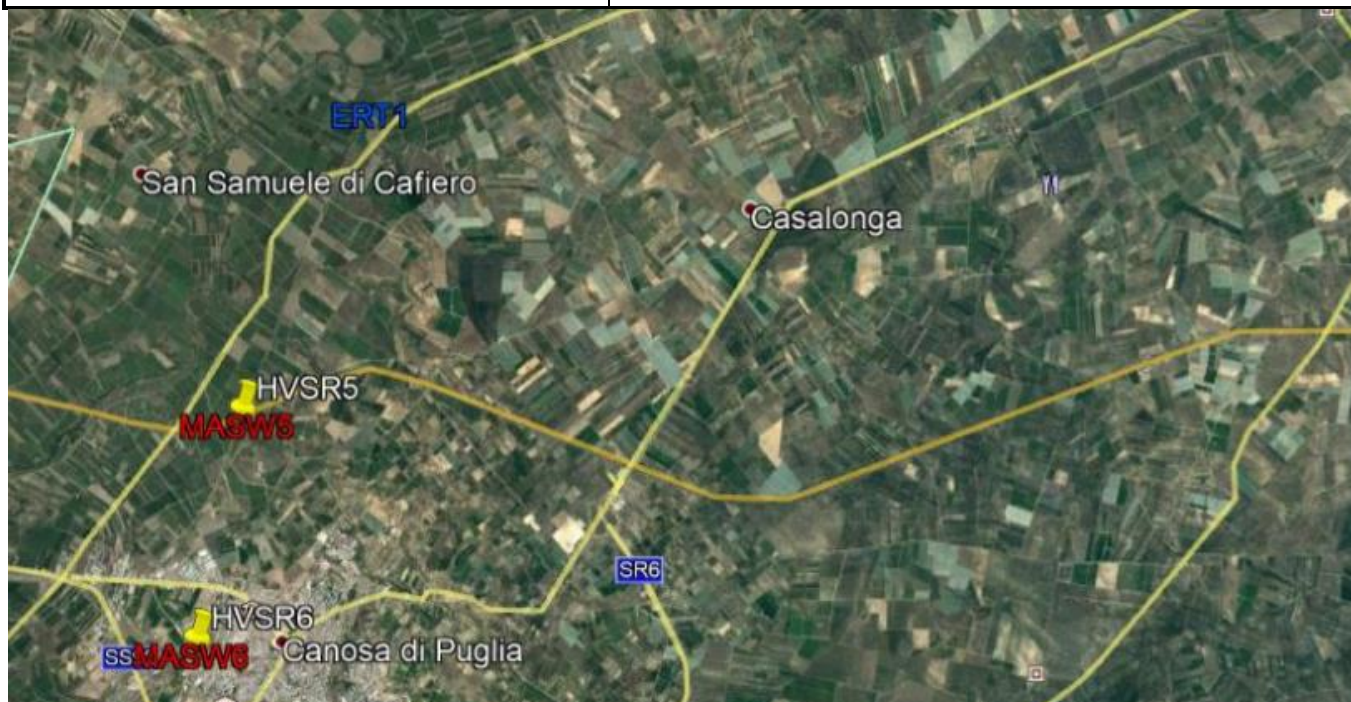


Fig. 12-1 Stralcio dell'ubicazione planimetrica delle indagini MASW e HVSR nel Comune di Barletta (Italferr 2020).

| Sigla prova | Tipo prova | $V_{s,eq}$ (m/s) |
|-------------|------------|------------------|
| Masw5       | Masw       | 412              |
| Masw6       | Masw       | 408              |

Tabella 12-11 Risultati delle prove sismiche in termini di  $V_{s,eq}$ .

#### 12.6.2.2 Condizioni topografiche

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, essendo le aree in oggetto localizzate in ambito di pianura e non essendovi particolari emergenze topografiche che possano dar luogo ad effetti di amplificazione sismica locale, le morfologie possono essere ricondotte ad una delle configurazioni superficiali semplici previste nel D.M. 14/01/2008 in Tabella 3.2.IV.

In particolare, i siti in oggetto possono essere classificati di categoria T1, "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ", caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1,0$ .

#### 12.6.2.3 Parametri sismici di progetto

Di seguito si riportano i parametri sismici di progetto.

- Vita nominale  $V_N = 50$  anni;
- Classe d'uso II ( $C_u = 1,0$ );
- Periodo di riferimento  $V_R = 50$  anni.
- $M = 6,83$

Tramite i quali si ricavano i seguenti parametri.

| Stati limite | SLV     |
|--------------|---------|
| $a_g$        | 0.197 g |
| $F_0$        | 2.470   |
| $T_c$        | 0.404 s |
| $S_s$        | 1.400   |
| $C_c$        | 1.416   |
| $S_t$        | 1.000   |
| $q$          | 1.500   |

*Tabella 12-12 Parametri sismici di progetto.*



|  |   |                         |                       |                                |                  |                           |
|--|---|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|---------------------------|
|  | <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</b>                             |                         |                       |                                |                  |                           |
|  | <b>POTENZIAMENTO ED ELETRIFICAZIONE DELLA LINEA BARLETTA-CANOSA DI PUGLIA</b> |                         |                       |                                |                  |                           |
| RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA                     | COMMESSA<br><b>IA6C</b>   | LOTTO<br><b>00 F 69</b> | CODIFICA<br><b>RG</b> | DOCUMENTO<br><b>GE0000 001</b> | REV.<br><b>D</b> | FOGLIO<br><b>95 di 98</b> |

### 13 SINTESI E CONCLUSIONI

La presente relazione illustra e riassume i risultati dello studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico eseguito a supporto della progettazione di fattibilità tecnico-economica della "Elettrificazione Barletta Canosa / opera anticipata Fermata Ospedale".

L'area di studio si colloca nel settore settentrionale della Regione Puglia, in corrispondenza di una porzione della linea ferroviaria Barletta-Spinazzola, che si sviluppa per una lunghezza di circa 66 km in direzione all'incirca NNE-SSW. L'area esaminata, compresa nella provincia di Barletta-Andria-Trani, si snoda in direzione NE-SO lungo il corso del Fiume Ofanto, attraversando i comuni di Barletta e Canosa di Puglia, per una lunghezza di circa 22,5 km

In generale, nel sottosuolo dell'area di studio, sono presenti le unità più antiche della piattaforma carbonatica apula ("Calcarea di Bari", Cretaceo, Valanginiano-Hauteriviano), sulle quali poggiano i depositi del primo ciclo trasgressivo della Fossa Bradanica, in zona riferibili al Pleistocene inferiore, rappresentati dalle "Calcareniti di Gravina" e dalle "Argille Subappennine".

Al di sopra si rinvencono, sia in affioramento che in perforazioni profonde (pozzi idrologici Acquedotto Pugliese, Ente Irrigazione di Bari, Consorzio di Bonifica Apulo-Lucano, Cementeria di Barletta, ecc.) sedimenti appartenenti a più cicli sedimentari marini che rappresentano il risultato combinato dei movimenti tettonici verticali, cominciati all'inizio del Pleistocene Medio e delle oscillazioni glacio-eustatiche del livello marino.

Tali sedimenti appartengono alle numerose unità litostratigrafiche riferibili ai Depositi Marini Terrazzati (Salvemini, 1984; Ciaranfi et al., 1988; Caldara et al., 1996) costituiti da sabbie fini, calcareniti, silts ed argille in facies di spiaggia e di barra litorale spesso in eteropia con facies di transizione tipicamente lagunari, palustri e continentali (dune e depositi alluvionali).

In funzione dell'attività tettonica che ha interessato l'area di interesse, il substrato calcareo si rinviene a quote estremamente variabili.

Tra le pk 0+000 ÷ 4+500 (territorio comunale di Barletta) il tracciato attraversa prevalentemente i depositi marini post-calabrianici ( $Qm$ ), costituiti da limi sabbiosi, sabbie fini in prevalenza quarzose, gialle e rossastre, con straterelli cementati e calcareniti grossolane poggianti sulle sottostanti Argille Subappennine ( $Q^ac$ ) presenti a ca 30 metri di profondità dal p.c.

Tra le pk 5+900 ÷ 6+900 i depositi marini post-calabrianici ( $Qm$ ) sono presenti in spessori via via inferiori, al di sopra dei sottostanti depositi argillosi delle Argille Subappennine ( $Q^ac$ ) che successivamente affiorano sul tracciato fino alla pk 14+100.

Nella tratta dalla pk 13+400 fino alla pk 14+100 è possibile ipotizzare la presenza di sovrascorrimenti sepolti, che, in seguito ad un'intensa attività tettonica compressiva, hanno dislocato le Calcareniti di Gravina e il sottostante substrato cretaceo costituito dai Calcari di Bari ( $Q^{7-3}c$ ), determinandone un significativo sollevamento fino a pochi metri da p.c.

Dalla pk 14+100 fino a fine lotto il tracciato attraversa i depositi alluvionali dei terrazzi del F. Ofanto ( $a, at_2$ ) in contatto erosivo con le calcareniti di Gravina, fatta eccezione per una lente argillosa delle Argille Subappennine ( $Q^ac$ ) individuata tra pk 21+500 e 23+900. Le calcareniti affiorano nuovamente sul tracciato dalla pk 24+750 fino a fine lotto (territorio comunale di Canosa di Puglia).

Dal punto di vista idrogeologico la circolazione idrica sotterranea è invece molto variabile da zona a zona in relazione alla differente permeabilità delle rocce affioranti. In linea generale l'idrogeologia dell'area si caratterizza per la presenza di una falda 'profonda' e di una falda 'superficiale'.

La prima è collocata ad una profondità maggiore di 30 metri dalla superficie topografica ed è circolante negli ammassi calcarei cretacei riferiti al 'Calcere di Bari'. La falda 'superficiale' è inserita nel complesso sabbioso siltoso-argilloso che presenta caratteri di permeabilità estremamente variabili.

I livelli piezometrici disponibili (derivanti da monitoraggio piezometrico e da letture in corso di perforazione dei sondaggi) indicano valori di soggiacenza medi della falda compresi tra circa 8.0 e 12.0 m da p.c..

Nel tratto oggetto di studio, per quanto riguarda il rischio geomorfologico (pericolosità e rischio frana), sul tracciato si segnalano le seguenti criticità:

- all'area tra le pk 18 +200 ÷ 18+600 la cartografia del PAI assegna una pericolosità media e moderata ed una classe di Rischio geomorfologico R1.
- all'interno dell'area tra le pk 24+200 ÷ 25+200, ubicata presso l'abitato di Canosa di Puglia, si individuano due sotto aree, la prima tra le pk 24+200 ÷ 24+400, la seconda tra le pk 24+600 ÷ 25+200.
  - o alla prima area in questione la cartografia PAI assegna una classe di pericolosità geomorfologica media e moderata (PG1 Figura 10-10) ed una classe di Rischio geomorfologico R1.
  - o alla seconda area in questione la cartografia PAI assegna una classe di pericolosità geomorfologica elevata (PG2) ed una classe di Rischio geomorfologico R3. L'area in questione, visto la presenza di un affluente del Fiume Ofanto, è caratterizzata da pericolosità idrogeologica molto elevata e da Rischio Idrogeologico molto elevato.

Per quanto riguarda il pericolo alluvione ed il relativo rischio idraulico, sul tracciato si segnalano le seguenti criticità:

- l'area tra le pk 8+000 ÷ 22+000 visto la vicinanza del Fiume Ofanto, è caratterizzata da pericolosità idrogeologica molto elevata (Figura 10-20) e da Rischio Idrogeologico molto elevato.
- l'area tra le pk 24+000 ÷ 25+250 visto la presenza del Canale della Piena delle Murge, un affluente del Fiume Ofanto, è caratterizzata da pericolosità idrogeologica molto elevata.

Negli anni 1985-2004 (indagini ISPRA) sono stati realizzati n. 14 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti ad una profondità variabile tra 24 m e 161 metri dal piano di campagna, 5 dei quali attrezzati con piezometro tipo Norton.

Nell'ambito del progetto relativo al Piano di Risanamento Acustico del Comune di Barletta sono state prese in considerazione le indagini relative alla Campagna RFI 2004 durante la quale sono stati realizzati n.3 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo spinti ad una profondità di 20-21 metri dal piano di campagna. Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati inoltre installati n.2 piezometri tipo Casagrande oltre che l'esecuzione di n.8 prove geotecniche in foro di tipo SCPT ed il prelievo di n.8 campioni indisturbati;

All'interno dello stesso progetto è stata analizzata la Campagna 2014 della Linea Bari Barletta durante la quale sono stati realizzati n.4 sondaggi stratigrafici dei quali si considera solo l'S4-DH2 eseguito nella stazione di Barletta Centrale, spinto fino alla profondità di 40 m da p.c.. Nella fase di progetto (2018) è stata eseguita una campagna di indagini geofisiche costituita da n.6 prove sismiche di tipo M.A.S.W., n°4 stendimenti acquisiti anche mediante metodologia geoelettrica (ERT 1 ÷ ERT 4) e n° 4 stendimenti di sismica a rifrazione (SRT 1 ÷ SRT 4).

Nel mese di Marzo 2020, in sede di progetto RFI, sono stati eseguiti n.3 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo spinti ad una profondità da 10-20 metri dal piano di campagna. Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite prove SPT in foro ed il prelievo di n.6 campioni indisturbati sui quali sono state eseguite prove di laboratorio.

Nella presente fase progettuale sono stati realizzati n. n° 11 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo spinti ad una profondità massima di 40 metri dal piano di campagna, n.8 prove penetrometriche statiche CPT e n.12 prove penetrometriche superpesanti DPSH. Durante l'esecuzione dei sondaggi sono stati inoltre installati n.8 piezometri

tipo Norton a tubo aperto, n.3 piezometri tipo Casagrande. Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite n.76 prove geotecniche in foro di tipo SPT, n 11 prove di permeabilità Lefranc a carico variabile e sono stati prelevati n.27 campioni indisturbati e n.101 campioni rimaneggiati. E' stata eseguita una campagna di indagini geofisiche costituita da n.6 prove sismiche di tipo M.A.S.W.1D, n.6 prospezioni sismiche passive con tecnica HVSR, n.9 stendimenti acquisiti mediante metodologia M.A.S.W. 2D e n.3 stendimenti mediante tomografia geoelettrica e n.1 sismica a rifrazione.

Sulla base di tali indagini è stato poi ricostruito il profilo geologico di riferimento.

Per quanto concerne la classificazione sismica, i Comuni di Barletta e di Canosa di Puglia risultano classificati in zona "2". In riferimento al D.M. 14/01/2008, la quasi totalità delle prove sismiche effettuate lungo la tratta ricadente all'interno del territorio comunale di Barletta ha permesso di definire la categoria di sottosuolo come "B". Dal momento che le MASW 2 e 3 (rispettivamente ubicate alle coordinate Lat 41.309700 Long 16.191216 e Lat 41.294638 Long 16.146701) hanno permesso di definire una categoria di sottosuolo "C", sarà cura del progettista valutare la categoria di sottosuolo in funzione dell'ubicazione dell'opera da realizzare.

Per il territorio Comunale di Canosa di Puglia, sulla base di quanto riportato all'interno della Carta della Categoria Sismica del Suolo del Piano Urbanistico Generale la categoria di sottosuolo risulta compresa tra "B e C". Sono stati inoltre esaminati profili di  $V_{s,30}$  disponibili dalle prove sismiche MASW e HVSR, realizzate nell'ambito e della campagna di progetto (Italferr 2020). I risultati delle indagini realizzate nell'ambito della campagna di progetto hanno permesso di definire la categoria di sottosuolo come "B"

Per l'intera tratta si assume una categoria topografica "T1".

Infine, considerata la stratigrafia dei sondaggi, specialmente per i depositi recenti e attuali (olocenici), caratterizzati da granulometrie prevalentemente sabbiose e, vista la presenza o possibile presenza di una falda superficiale nei primi 15 metri, deve essere condotta la verifica alla liquefazione. Per tale verifica si rimanda alla Relazione Geotecnica.

|   |   |                         |                         |                       |                                |                  |
|---|---|-------------------------|-------------------------|-----------------------|--------------------------------|------------------|
| <br><b>ITALFERR</b><br>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE | <b>PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ECONOMICA</b><br><br><b>POTENZIAMENTO ED ELETTTRIFICAZIONE DELLA LINEA<br/>         BARLETTA-CANOSA DI PUGLIA</b> |                         |                         |                       |                                |                  |
|   | RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,<br>IDROGEOLOGICA E SISMICA   | COMMESSA<br><b>IA6C</b> | LOTTO<br><b>00 F 69</b> | CODIFICA<br><b>RG</b> | DOCUMENTO<br><b>GE0000 001</b> | REV.<br><b>D</b> |

## 14 BIBLIOGRAFIA

- Caldara M., Lopez R. & Pennetta L. (1996) – L’entroterra di Barletta (Bari): considerazioni sui rapporti fra stratigrafia e morfologia. *Il Quaternario*, 9 (1), 337-344.
- Caldara M., Caroli I., Lopez R., Muntoni I., Radina F., Siculo M., Simone O. (2005) – I primi risultati sulle ricerche nel sito di Belvedere – Ariscianne (Barletta) – Atti del 25° Convegno sulla Preistoria – Protostoria e Storia della Daunia, San Severo, 2004, pp. 99-138.
- Caldara M. & Simone O. (2005) – Coastal changes in the eastern Tavoliere Plain (Apulia, Italy) during the Late Holocene: Natural or anthropic? “*Quaternary Science Reviews*” 24, 2137-2145.
- Ciaranfi N., Pieri P. & Ricchetti G. (1988) – Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia Centro Meridionale). *Memorie della Società Geologica Italiana*, 41(1), 449-460, Roma.
- FERROTRAMVIARIA S.p.A. - FERROTRAMVIARIA Engineering S.p.A. (2014) – Grande Progetto: "ADEGUAMENTO FERROVIARIO DELL'AREA METROPOLITANA NORD-BARESE" (D.G.R. PUGLIA DEL 12/02/2008, N. 146) Progetto definitivo del Sottopasso Barletta Centrale e Sottopasso Stazione Barletta Scalo. Emissione in data 29/10/2014.
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D’Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.
- Meletti C. & Valensise G. (2004). Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20/03/2003 n.3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Zonazione sismogenetica ZS9, App.2 al Rapporto Conclusivo.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P.(2016). CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.
- Salvemini A. (1984) – Osservazioni preliminari sui depositi quaternari affioranti nella tavoletta 176 I NO “Barletta”. *Geologia Applicata e Idrogeologia*, 19 pp. 17-41. Bari.
- Servizio Geologico d’Italia (1971). Foglio 176 “Barletta” della Carta Geologica d’Italia alla scala 1:100.000 e relative note illustrative. Serv. Geol. d’Italia - APAT, Roma.
- Valensise G. & Pantosti D. (2001). The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review, *J. Seismol.*, 5, 287-306.