

CUP: E91D22000260005 Piano degli investimenti  
di Acquedotto Pugliese S.p.A.  
2018-2024

**PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO  
ESTENSIONE DELLA RETE IDRICA E FOGNARIA A SERVIZIO  
DEL BORGO MONTALTINO NEL COMUNE DI BARLETTA (BT)**

Nota AIP prot.6510 del 21 dicembre 2021

Acquedotto Pugliese S.p.A.  
Direzione Ingegneria

Il Responsabile del Procedimento  
geom. Anastasio COTZIAS

Il Direttore  
ing. Gaetano BARBONE



Ing. Alberto DE PASCALIS  
Ing. Fabio DE PASCALIS



Ing. Gianluca PERRONE

**PROGETTAZIONE  
RTP**

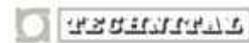
Studio di Ingegneria  
DE VENUTO & Associati  
Ing. Giuseppe De Venuto



Ing. Raffaele Michele CAGNAZZI  
Ing. Salvatore CAPUTO  
Ing. Antonio RINALDI



Ing. Vito Leonardo V. Casulli



Ing. Simone VENTURINI

Elaborato

**RGI**

**RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E INDAGINI**

Codice Intervento P1779

Codice SAP: 470000002639

Prot. 8625/2023

Data: 03/02/2023

---

N. Rev.	Data	Descrizione	Disegnato	Controllato	Approvato
01	OTT.2023	Aggiornamento per VERIFICA	.....	.....	.....
00	FEB.2023	Emesso per PROGETTAZIONE DEFINITIVA-ESECUTIVA	.....	.....	.....

## Sommario

1	PREMESSA.....	2
	1.1 Contenuti, standard metodologici e di lavoro.....	2
	1.2 Conformità dell'intervento con norme e piani vigenti .....	6
2	INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED INTERVENTI DI PROGETTO .....	9
3	CAMPAGNA DI INDAGINI .....	10
4	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOLOGICHE.....	10
	4.1 Inquadramento geologico.....	10
	4.2 Stratigrafia .....	11
	4.3 Geomorfologia .....	15
	4.4 Tettonica.....	16
	4.5 Sismicità dell'area .....	20
5	IDROGEOLOGIADELL'AREA.....	28
	5.1 Caratteristiche idrologiche superficiali .....	28
	5.2 Caratteristiche idrogeologiche.....	28
6	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE.....	34
7	CATEGORIA DEL TERRENO DI FONDAZIONE AI FINI SISMICI .....	35
8	MODELLO GEOLOGICO DEL SITO.....	38
9	ANALISI DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA CON RIFERIMENTO AL PROGETTO E PRESCRIZIONI GEOLOGICHE DI INDIRIZZO .....	39
	9.1 Assetto idraulico ed idrogeologico.....	39
	9.2 Piano di Tutela delle Acque .....	42
	9.3 Considerazioni ed indicazioni sulle modalità di scavo .....	45
	9.4 Stabilità nei confronti della liquefazione .....	48
10	CONCLUSIONI .....	49

Allegato - CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 1 di 50
------------------------------------	---	--------------

## 1 PREMESSA

La presente relazione illustra gli aspetti stratigrafici, geomorfologici, idrogeologici, sismici e geologico-tecnici dell'area interessata dai lavori di "Estendimento della rete idrica e fognaria alla zona "Borgo Montaltino" nel Comune di Barletta (BAT)".

La sintesi delle risultanze della presente relazione è finalizzata alla definizione del modello geologico e sismo-stratigrafico dell'area interessata, in modo da orientare consapevolmente le scelte progettuali in merito alle modalità di scavo per la posa in opera delle tubazioni e le verifiche del piano di posa dei manufatti prefabbricati per le stazioni di sollevamento;

In ottemperanza a quanto contenuto nelle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto del Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti del 17 gennaio 2018 e alla Circolare 21 gennaio 2019 n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell' aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018".

Il presente studio geologico propedeutico alla realizzazione degli interventi previsti nel presente progetto trova supporto sulla campagna di indagini dirette e indirette condotte dalla ditta APOGEO srl sotto la Direzione Tecnica del Dott. Geol. Pietro Pepe.

L'esito delle suddette indagini è riportato nella relazione allegato in calce.

### 1.1 Contenuti, standard metodologici e di lavoro

Nella presente sezione si riportano i contenuti ed in particolare le scelte metodologiche utilizzate per la redazione della relazione geologica del progetto in oggetto.

Per quanto concerne i contenuti della presente relazione geologica, la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito sono state definite in ottemperanza alle vigenti N.T.C. 2018 (D.M. Infrastrutture e Trasporti del 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»), secondo le quali la valutazione dell'azione sismica viene effettuata mediante l'approccio semplificato riconducibile alle categorie di sottosuolo calcolate mediante la velocità delle onde di taglio equivalenti ( $V_s,eq$ ) definite in Tabella 3.2.II delle NTC 2018.

In particolare la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito interessato dalla progettazione in oggetto ha consentito la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento così come previsto dal §6.2.1. delle NTC 2018.

Gli standard metodologici e di lavoro per la stesura della presente relazione geologica hanno tenuto in considerazione i contenuti ed i criteri riportati nei seguenti documenti di riferimento :

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 2 di 50
------------------------------------	---	--------------

- “*Raccomandazioni per la redazione della relazione geologica*” edita dalla *Fondazione “Centro Studi” del Consiglio Nazionale Geologi nel 2016*;
- “*Relazione geologica standard metodologici e di lavoro*” edita dalla “*Commissione Standard Relazione Geologica*” del *Consiglio Nazionale Geologi* nel 2010. In particolare si è fatto riferimento allo “*Standard 5: Progettazione di reti di distribuzione (fognarie, idriche, metanodotti, ecc.)*”.

Da un punto di vista metodologico, in prima analisi è stato analizzato il contesto geologico (pericolosità) a scala più ampia di quella d'intervento, con la definizione dell'ambito morfologico significativo, fisicamente contestualizzato, ed il legame che questo ha con la tipologia dell'opera (fase progettuale).

Questa fase, propedeutica alla definizione del Piano di Indagini, ha previsto:

1. La **consultazione delladocumentazione cartografica** tecnica e geologica dell'area, previa lettura della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000, Carta Topografica I.G.M. 1:25.000, Carta Geologica d'Italia, lettura ed interpretazione dell'evoluzione del territorio previa consultazione delle ortofotomultitemporali disponibili nel portale cartografico della Regione Puglia (<http://www.sit.puglia.it/>), lettura ed interpretazione del territorio utilizzando le funzionalità di *GoogleEarth*<sup>®</sup> (visualizzazione di immagini 3D multitemporali da differenti angolazioni, amplificazione delle altezze al fine di apprezzare incisioni, paleovalvei, ...) ed effettuando elaborazioni GIS (carta altimetrica, carta delle pendenze, carta delle esposizioni) a partire dal DTM (Digital Terrain Model) con risoluzione geometrica 8 x 8 m liberamente scaricabile dal portale cartografico della Regione Puglia (<http://www.sit.puglia.it/>) e dal DTM di dettaglio con risoluzione geometrica 1 x 1 m e 2 x 2 m Li.D.A.R. messo a diposizione, su richiesta, nel *Geoportale* del M.A.T.T.M. (Ministero dell'Ambientee della Tutela del Territorio e del Mare).
2. Consultazione della **documentazione scritta** inerente la geologia e la geomorfologia dell'area a partire dalle *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia*, ulteriori studi pubblicati su riviste specializzate e pubblicazioni scientifiche e risultanze di indagini geologiche pregresse condotte nell'area.

Per quanto attiene le informazioni geologiche, morfologiche e tettoniche di carattere generale dell'area di intervento, queste sono state desunte facendo riferimento al F° 176 “Barletta” Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 e delle relative Note Illustrative. Allo stato attuale, non è stato possibile utilizzare informazioni di natura geologica più aggiornate

Dott. Geol. Sandro Muscillo	Studio: Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) cell.: 3401528258 - e-mail:sandromuscillo@libero.it P.E.C.: sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 3 di 50
-----------------------------	--	--------------

e di maggior dettaglio in quanto la Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 non risulta ancora rilevata dall'ISPRA.

Lo studio bibliografico inerente la geologia e l'idrogeologia del territorio di Barletta ha tenuto in considerazione le seguenti pubblicazioni:

- Caldara M., Lopez R., Pennetta L. (1996). *L'entroterra di Barletta (Bari): Considerazioni sui rapporti fra stratigrafia e morfologia*. Il Quaternario - n. 9 (1), pagg. 337-344.
- De Giovanni A. (2007). *Tra geologia e archeologia: Barletta, il "mistero" di Ariscianne*. Geologi e Territorio - n. 2, pagg. 3-29.
- Lattanzio M., Salvemini A., Ventrella N.A. (1994). *Le falde idriche sotterranee nel territorio comunale di Barletta (Bari - Puglia): tipizzazione e connessioni con talune problematiche idrogeologiche ed ingegneristiche*. Geologica Romana - n. 30, pagg. 525-544.

Allo scopo di conoscere la geologia dei luoghi ed i rapporti stratigrafico-strutturali, nonché la tettonica e la morfologia della zona in esame ci si è avvalsi di informazioni esistenti desunte dal WebGIS dell'ISPRA *GeoMapView* (rinvenibile al seguente link:

<http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/>) integrandole con conoscenze dirette e di letteratura del territorio di Barletta (BT).

3. Successivamente si è provveduto all'**analisi cartografica dei vincoli** che insistono all'interno del sito con particolare riferimento alle problematiche geologiche ed ambientali che concorrono alla pericolosità geologica presente all'interno dell'area di intervento come previsto dalle previsioni dell'art. 26.1.a del DPR 207/2010 ed al § 6.2.1 delle NTC 2018.

In particolare sono state analizzate:

- le perimetrazioni di pericolosità del PAI individuate dall' "Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale" già Autorità di Bacino della Puglia, (Pericolosità geomorfologica e pericolosità da esondazione/alluvionamento);
- le perimetrazioni del *Vincolo idrogeologico* istituito e regolamentato con Regio Decreto n. 3267 del 30 dicembre 1923, Regio Decreto n. 1126 del 16 maggio 1926 e ss.mm.ii. e dal Regolamento Regionale 11 marzo 2015, n. 9 "Norme per i terreni sottoposti a vincolo idrogeologico";
- le perimetrazioni del *Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia*(P.T.A.);
- le perimetrazioni del P.P.T.R. inerenti le *Componenti geomorfologiche* e le *Componenti idrologiche*;

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 4 di 50
------------------------------------	---	--------------

- la zonizzazione dello strumento urbanistico del Comune di Barletta (Piano Regolatore Generale approvato definitivamente con D.G.R.n. 564 del 17/04/2003).

Questa operazione è stata effettuata in ambiente G.I.S. sovrapponendo i file vettoriali georeferenziati (shapefile) dei vincoli esistenti con quelli degli interventi di progetto.

Successivamente ciascuna interferenza è stata esaminata alla luce delle N.T.A. (Norme Tecniche di Attuazione) del Piano/Norma di riferimento, al fine di comprenderne la fattibilità e le eventuali prescrizioni per i singoli interventi, le procedure autorizzative cui dovrà essere sottoposto il progetto e gli eventuali studi specialistici necessari (*Studio di compatibilità geologica e geotecnica per le aree in Pericolosità Geomorfologica*, Relazione geologica redatta in conformità al R.R. 9/2015 per le aree ricadenti in *Vincolo Idrogeologico*).

Il livello di pericolosità geologica cui è soggetta l'area di intervento, è stato analizzato anche nei riguardi della possibile attivazione di processi di instabilità attivabili in caso di sisma, meglio noti come fenomeni cosismici (subsidenza, liquefazione, dislocazioni differenziali,...). A tal riguardo l'assetto tettonico dell'area è stato definito alla luce della consultazione del "Database delle Sorgenti Sismogenetiche Indipendenti" (DISS) realizzato dall'INGV e dal "Catalogo delle Faglie Capaci" realizzato dall'ISPRA – Servizio Geologico.

Inoltre la pericolosità sismica di base del sito è stata definita mediante la consultazione del *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 "CPTI2015"* realizzato dall'INGV e liberamente consultabile alla seguente pagina web: <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>, consultabile per località, il quale fornisce dati parametrici omogenei, sia macrosismici, sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  o magnitudo  $M \geq 4.0$  d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014.

Per completezza, la valutazione della sismicità recente, contenente gli eventi sismici successivi al 2014, è stata integrata mediante una ricerca mirata nella lista degli eventi presente nel sito del *Centro Nazionale Terremoti* dell'INGV (rinvenibile dal catalogo al seguente indirizzo: <http://cnt.rm.ingv.it>), la quale comprende gli eventi sismici registrati dalla rete sismica INGV a partire dal 01/01/1985 fino alla data attuale.

4. **Sopralluoghi sul campo** previo rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico di superficie, esteso ad un'area sufficientemente ampia dell'area di intervento. Questa fase è stata supportata anche dalla documentazione fotografica con fotocamera digitale dotata di GPS (modello "Canon SX260-HS") al fine di fornire un report fotografico georiferito dello stato dei luoghi (cfr. elaborato "**ED.2 - Rassegna fotografica con fotografie panoramiche del tracciato e particolari delle stazioni di rilievo**")

Dott. Geol. Sandro Muscillo	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 5 di 50
-----------------------------	---	--------------

Un volta definito il quadro conoscitivo preliminare sopra esposto, è stato predisposto il Piano di Indagini geologiche ed ambientali condiviso con l'Amministrazione comunale di Barlettae successivamente messo a gara dalla stessa amministrazione.

## **1.2 Conformità dell'intervento con norme e piani vigenti**

Gli aspetti geologico-tecnici che riguardano la presente relazione sono stati esaminati alla luce delle seguenti Norme vigenti:

- Decreto Ministeriale 17.01.2018 Testo Unico: Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- D.P.R. 120/2017: Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164;
- D. Lgs. n. 152/2006 e ss.mm.ii.: Norme in materia ambientale (Testo Unico Ambiente);
- R.R. n.5 del 3/11/1989 "Disciplina delle pubbliche fognature";
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Circolare del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 21 gennaio 2019, n. 7 "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Pericolosità sismica e criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27/07/2007;
- Eurocodice 8 (1998): Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003);
- Eurocodice 7.1 (1997) Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali – UNI;
- Eurocodice 7.2 (2002) Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI;
- Eurocodice 7.3 (2002) Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI;
- D.M. LL. PP. 12/12/1985: Norme tecniche relative alle tubazioni;
- D.M. 4 aprile 2014. Norme Tecniche per gli attraversamenti ed i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto (ex D.M. 23 febbraio 1971 e s.m.i.);

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 6 di 50
------------------------------------	---	--------------

- D. Lgs. 152/1999 Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della DIR. 91/271 CE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della dir. 91/676 CE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole, corredato delle relative note;
- D. Lgs.258/2000: "Disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, in materia di tutela delle acque dall'inquinamento, a norma dell'articolo 1, comma 4, della legge 24 aprile 1998, n. 128";
- Giugno 2002: Piano Direttore a stralcio del Piano di Tutela delle Acque - Commissario Delegato per l'Emergenza Ambientale, Presidente della Regione Puglia;
- D.C.R. n. 230/09: Approvazione Piano di Tutela delle Acque;
- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207: Regolamento di esecuzione ed attuazione del Decreto Legislativo 12 Aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE». (G.U. n. 288 del 10 dicembre 2010);
- D.Lgs. 50/2016 (Codice Appalti): Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture (G.U. n. 91 del 19 aprile 2016);
- Legge 4 agosto 1984, n. 464: Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio Geologico della Direzione Generale delle Miniere del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale (Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo);
- D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e ss.mm.ii.: Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- Decreto del Commissario Delegato Emergenza Ambientale 19 dicembre 2005, n. 209 Definizione e predisposizione, ai sensi del combinato disposto degli artt. 2, comma 1, e 7, comma 3, Ordinanza 22 marzo 2002, n. 3184 Ministero dell'Interno delegato per il coordinamento della protezione civile, del "Piano di Tutela delle Acque" di cui all'art. 44 D.Lgs. n. 152/1999;
- Legge Regione Puglia n.04/2014: "Semplificazioni del procedimento amministrativo. Modifiche ed integrazioni alla L.R. n°11/01, alla L.R. n°44/12 ed alla L.R. n°19/13;

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 7 di 50
------------------------------------	---	--------------

- R.R. n. 26 del 09/12/2013: “Disciplina delle acque meteoriche di dilavamento e di prima pioggia” (attuazione dell’art. 113 del D.Lgs. n. 152/06 e ss.mm. ed ii.);
- Decreto del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 1° marzo 2019 , n. 46: “Regolamento relativo agli interventi di bonifica, di ripristino ambientale e di messa in sicurezza, d’emergenza, operativa e permanente, delle aree destinate alla produzione agricola e all’allevamento, ai sensi dell’articolo 241 del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152”;
- Legge 28 giugno 2016, n. 132: “Istituzione del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell’Ambiente e disciplina dell’Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale”.
- Delibera del Consiglio del Sistema Nazionale della Protezione dell’Ambiente (SNPA). Seduta del 14.11.2017. Doc. n. 20/2017: “Linea Guida per la determinazione dei valori di fondo per i suoli e per le acque sotterranee”;
- Linee guida SNPA 2019. Terre e rocce da scavo. Delibera n. 54/2019 del 09.05.2019 Approvazione. “Linea guida sull'applicazione della disciplina per l'utilizzo delle terre e rocce da scavo”.

Sono stati inoltre considerati i rapporti esistenti tra gli interventi di progetto con gli aspetti geologico-tecnici alla luce dei seguenti Piani vigenti:

- **P.T.A. (Piano di Tutela delle Acque)**  
Deliberazione Giunta Regione Puglia n. 1441 del 04/08/2009, pubblicata sul BURP n. 130 suppl. del 24-8-2009 “Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia” - art. 121 del D. Lgs. n. 152/2006;
- **P.P.T.R. (Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia)**  
Deliberazione Giunta Regione n. 176 del 16/02/2015 e ss.mm.ii, pubblicata sul BURP n. 39 del 23.03.2015, *Approvazione del Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia (PPTR)*;
- **P.A.I. (Piano di Bacino Stralcio per l’Assetto Idrogeologico)**  
Deliberazione Comitato Istituzionale n.39 del 30/11/2005: Approvazione del Piano di Bacino della Puglia, stralcio “Assetto Idrogeologico” e delle relative Misure di Salvaguardia;
- **Strumento urbanistico – Piano Regolatore Generale** del Comune di Barletta.

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 8 di 50
------------------------------------	---	--------------

## 2 INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED INTERVENTI DI PROGETTO

Gli interventi di progetto ricadono all'interno del territorio comunale di Barletta (BT) e prevedono opere diffuse e distribuite ed in particolare la realizzazione di condotte interrato per circa 10 km e di due impianti di sollevamento nuovi a servizio di Borgo Montaltino.

Le condotte previste sono tutte in sede stradale e hanno funzionamento in parte a gravità realizzate con tubazioni in gres e in parte in pressione con tubazioni in ghisa. Lungo il tracciato delle condotte sono previsti pozzetti di ispezione in c.a. prefabbricati, monolitici, circolari del diametro interno di 1200 mm.

Gli impianti di sollevamento saranno del tipo chiuso e compatto, tipologicamente identici, interrati in lotto proprio a margine dalla sede stradale e saranno costituiti ciascuno da un pozzetto di by-pass, un comparto per l'impianto di sollevamento compatto e uno per il sollevamento di emergenza.

Il territorio di Barletta, esteso su oltre 14.691 ettari e con circa 13,5 km di costa, si affaccia sul mare Adriatico all'imboccatura sud-est del golfo di Manfredonia nell'area costiera in cui il litorale roccioso della Terra di Bari modifica le sue caratteristiche giungendo alle sabbie della foce del fiume Ofanto. La città di Barletta, capoluogo di provincia assieme ai Comuni di Andria e Trani, è situata sulla costa, 5 km a sud-est dalla foce dell'Ofanto ed è ubicata su di un bassopiano che varia dai 10 ai 30 metri sul livello del mare mentre il territorio comunale risulta compreso tra i 0 e i 158 metri sul livello del mare determinando così un'escursione altimetrica pari a 158 metri. Il centro abitato si estende per una lunghezza da est ad ovest di circa 6 km, da nord a sud per circa 2 km ed un perimetro di circa 13 km.

Il contesto territoriale in cui si inserisce l'opera di progetto è rappresentato da aree periurbane pianeggianti.

Più precisamente le aree sono situate nella periferia sud dell'abitato e presentano un assetto pressoché sub-orizzontale con quote altimetriche variabili tra 16 e 23 m circa s.l.m. su uno sviluppo territoriale di circa 4 km.

Gli interventi di progetto interessano un'area le cui caratteristiche morfologiche, stratigrafiche ed idrogeologiche risentono dell'influenza del torrente Camaggi.

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 9 di 50
------------------------------------	---	--------------

### 3 CAMPAGNA DI INDAGINI

A supporto dello studio geologico condotto nel territorio del Comune di Barletta (BAT) propedeutica alla definizione degli interventi previsti nel presente progetto è stata effettuata una campagna di indagini dirette e indirette atta a ricostruire la condizione geologica del sito in esame, a verificare la presenza della falda superficiale, per la definizione del modello geologico locale e determinare le caratteristiche elastico-dinamiche e geotecniche del terreno di fondazione.

La campagna geognostica effettuata dalla ditta APOGEO srl nello specifico è consistita in:

- n. 2 prove penetrometriche del tipo DPSH, DPSH0 e DPSH02 di cui la DPSH01 è stata spinta fino a 10m (profondità che rientra nell'interessamento delle fondazioni) mentre la DPSH02 si è fermata a soli 0.80m, essendo andata a "rifiuto";
- n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P (BS01 e BS02) di cui la Bs01 lunghezza pari 50.0m mentre la BS02 di lunghezza pari a 62.5m;
- n. 2 prospezioni di sismiche passive con tecnica RE.MI, (RE.MI.01 e RE.MI.02) per la determinazione della categoria di sottosuolo secondo il  $V_{s,eq}$  definito dalle NTC2018

L'esito delle suddette indagini è riportato nella relazione redatta dal Dott. Geol. Pietro Pepe Direttore Tecnico della ditta Apogeo srl, in allegato al presente studio.

### 4 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOLOGICHE

#### 4.1 Inquadramento geologico

Il territorio di Barletta può considerarsi una zona di transizione fra due importanti domini paleogeografici 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. Per tali ragioni l'area in esame è stata interessata da sedimentazione sia terrigena che carbonatica con movimenti tettonici recenti (Olocene) fino a poco tempo fa del tutto sconosciuti (Caldara M. et al., 1996 e 2005).

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

Al di sopra si rinvengono, sia in affioramento che in perforazioni profonde, sedimenti appartenenti a più cicli sedimentari marini che rappresentano il risultato combinato di movimenti tettonici verticali, iniziati all'inizio del Pleistocene Medio e delle oscillazioni glacio-eustatiche del

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 10 di 50
------------------------------------	---	---------------

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 e 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).

Di particolare interesse ai fini stratigrafici risulta la vicinanza delle opere di progetto al torrente Camaggi, il quale ha svolto assieme al Fiume Ofanto, un ruolo fondamentale nel determinare il particolare sistema deposizionale a cui afferiscono le facies sedimentarie rinvenibili tra il tratto iniziale della condotta di progetto e l'attraversamento ferroviario.

## 4.2 Stratigrafia

Le informazioni bibliografiche e le stratigrafie di sondaggi profondi rinvenibili all'intorno dell'area di intervento consentono di definire la seguente successione stratigrafica, che dalla più antica alla più recente sono rappresentate dalle seguenti unità stratigrafiche:

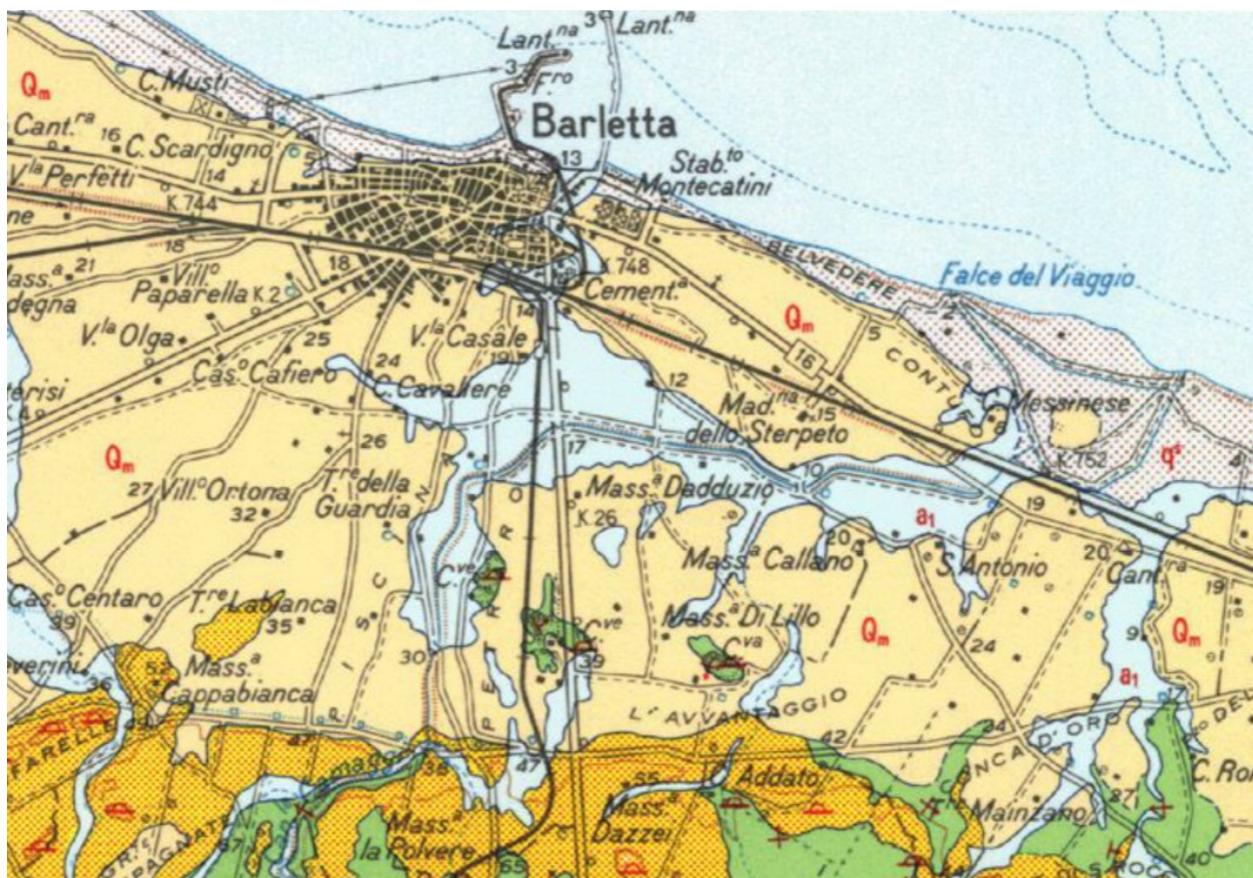
- Depositi alluvionali recenti;
- Depositi marini terrazzati;
- Argille subappennine;
- Calcareniti di Gravina;
- Calcarea di Bari.

Tuttavia, in affioramento in corrispondenza dell'area di intervento e del volume significativo relativo alle condotte di progetto, la cui profondità massima di scavo raggiungerà 6,68 m dal piano di campagna, in prossimità della parte terminale, è possibile rinvenire solo la parte superiore della successione litostratigrafica.

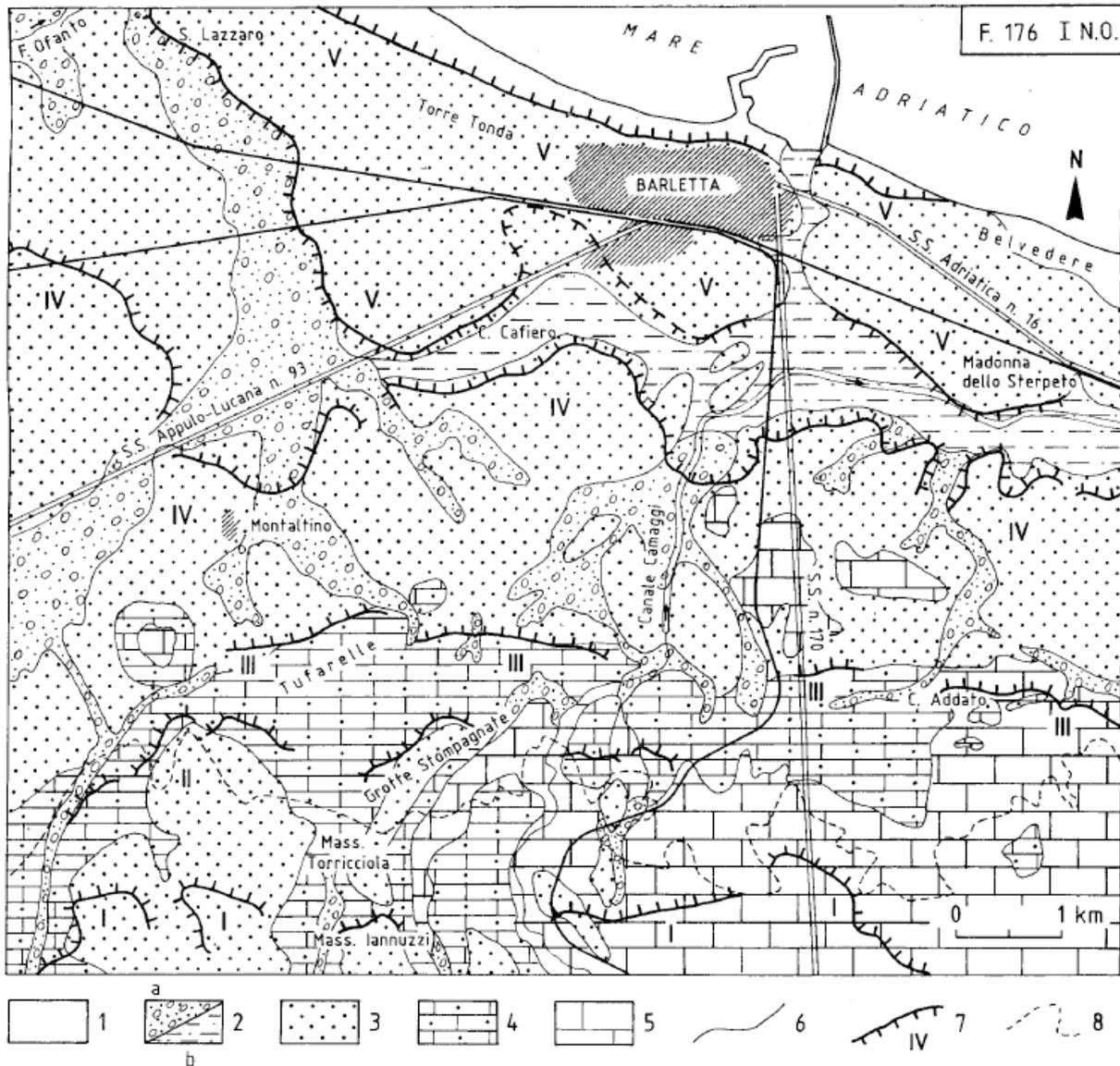
Quest'ultima corrisponde a terreni ascrivibili ai depositi terrazzati marini postcalabrianici "Q<sub>m</sub>" e ai depositi alluvionali "a<sub>1</sub>" così come indicati in Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 (**Fig. 3.2.1**).

L'assetto stratigrafico-strutturale del territorio di Barletta è stato descritto dagli studi di Lattanzio et al. (1994) e di Caldara et al. (1996) i quali hanno dimostrato, a partire dalle stratigrafie profonde che raggiungono il substrato calcareo in posizioni spaziali nettamente differenziate sia in ambito urbano che extra urbano, l'attività tettonica quaternaria determinando una struttura tipica ad Horst (pilastrici tettonici) e Graben (valli tettoniche) con improvvise risalite della roccia calcarea ed immediati sprofondamenti della stessa (**Fig. 3.2.2; Fig. 3.4.1**).

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 11 di 50
------------------------------------	---	---------------



**Figura 3.2.1:** Assetto stratigrafico dei terreni affioranti nel territorio di Barletta nel F° 176 "Barletta" della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000. In rosso, l'area di intervento.



Planimetria geologica della tavoletta «Barletta». 1) sabbie di spiagge attuali; 2a) depositi fluvio-lacustri tardo olocenici; 2b) depositi alluvionali, antichi e recenti del Fiume Ofanto e delle «dame» delle Murge; 3) Depositi Marini Terrazzati (Pleistocene Medio? - Olocene); 4) Calcarenite di Gravina (Pliocene Medio? - Pleistocene Inferiore); 5) Calcare di Bari (Valanginiano - Turoniano Inferiore?); 6) limite formazionale; 7) orlo di terrazzo e suo numero d'ordine; 8) limite amministrativo comunale.

**Figura 3.2.2:** Assetto stratigrafico dei terreni affioranti nel territorio di Barletta (Lattanzio et. al., 1996). In rosso, l'area di intervento.

Alla luce di quanto sopra riportato ed in relazione all'estensione degli interventi ed al loro volume significativo, è possibile sintetizzare la seguente successione (**Tab. 3.2.1**).

Olocene - Pleistocene		Depositi alluvionali recenti	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
Pleistocene		Depositi marini terrazzati postcalabrieri	Depositi marini terrazzati postcalabrieri, a luoghi in terrazzi, costituiti da sabbie fini in prevalenza quarzose, gialle o rossastre, con straterelli cementati, nonché da calcareniti grossolane con Lamellibranchi di facies litorale; "Crosta" in superficie.

**Tabella 3.2.1:** Successione stratigrafica rinvenibile in corrispondenza dell'area di intervento.

#### **Q<sub>m</sub>: Depositi marini terrazzati postcalabrieri**

Tali depositi sono rappresentati da sedimenti appartenenti a più cicli sedimentari marini che rappresentano il risultato combinato di 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 e 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).

Lo studio dei Depositi Marini Terrazzati riveste un'importanza fondamentale per la ricostruzione paleoambientale dell'area di studio in quanto la litologia e le tessiture riconoscibili in affioramento testimoniano le facies deposizionali del passato. La fascia costiera del nord-barese, come tra l'altro, gran parte del territorio pugliese, mostra la presenza di ripiani morfologici disposti a varie altezze sul livello del mare, delimitati a monte e a valle da scarpate, che conferiscono al paesaggio un tipico aspetto a "gradinata". Molte di queste scarpate corrispondono a paleo-linee di rivamento e i ripiani coincidono con le paleo-superfici di abrasione (Ricchetti et al., 1988).

Lo spessore massimo di questa unità è di poche decine di metri.

All'interno dell'area di intervento tale unità è rinvenibile alla profondità di una decina di metri in contatto eteropico con i sovrastanti depositi alluvionali recenti.

#### **a<sub>1</sub>: depositi alluvionali recenti**

Questi depositi comprendono depositi alluvionali recenti, sabbiosi e ciottolosi in corrispondenza dei terrazzi bassi del F.Ofanto e dei suoi affluenti, terrosi e ciottolosi nei solchi erosivi ("lame") delle Murge.

Più nel dettaglio tali depositi derivano dal particolare sistema deposizionale del Torrente Camaggi a cui afferiscono le facies sedimentarie limitrofe al suo alveo.

Gli spessori complessivi di tali terreni sono dell'ordine di alcuni metri.

Tali depositi si rinvengono in eteropia di facies con i depositi marini terrazzati pertanto è difficile delimitarli arealmente, presentando caratteri di transizione.

I depositi alluvionali recenti rappresentano i terreni rinvenibili in affioramento lungo l'intera area di intervento e rappresentano pertanto la sede in cui saranno posate le condotte di progetto.

Tali depositi sono determinati dalle esondazioni del tratto terminale del Torrente Camaggi, in corrispondenza della S.S. 16, che devia bruscamente il suo corso verso Est, a circa 2,5 km dalla costa, suggerendo l'evidenza di movimenti tettonici recenti nell'area di Barletta.

#### **4.3 Geomorfologia**

All'interno del territorio di Barletta, le spianate corrispondenti ai terrazzi marini, risultano variamente incise da piccoli solchi erosivi ("lame") che si sviluppano prevalentemente in direzione Nord-Sud con recapito nel fiume Ofanto o direttamente nel mare Adriatico.

Nell'ambito dell'area di intervento, il più importante di questi è il Torrente Camaggi, che originandosi dalle propaggini delle Murge nord-occidentali immediatamente a sud di Castel del Monte, a quote di poco superiori a 500 m s.l.m. sfocia in località "Falce del Viaggio", regimentato all'interno di un canale artificiale. L'origine di tale solco erosivo, interessato da deflusso idrico solo in occasione di forti precipitazioni meteoriche, è da riconnettersi quasi sicuramente a motivi tettonici. Difatti, secondo Lattanzio et al. (1992), il Torrente Camaggi sarebbe la proiezione in superficie di due discontinuità delle Murge Basse Andriesi, normali tra loro, l'una ad andamento NNE-SSO, indicata come "faglia sepolta di Barletta" e l'altra ONO-ESE, coincidente con il tratto finale del torrente, immediatamente a monte dell'area di Ariscianne. Proprio l'andamento del tratto terminale del Torrente Camaggi, che devia bruscamente il suo corso verso est, a circa 2,5 km dalla costa, suggerirebbe l'evidenza di movimenti tettonici recenti nell'area di Barletta (Caldara et al., 1996). Lo sviluppo morfologico di alcuni tratti del Torrente Camaggi potrebbe, altresì, essere legato a fenomeni di "sapping processes", ovvero di escavazione ed erosione sotterranea determinata dall'intrusione dell'acqua marina nelle fratture dell'ammasso roccioso calcareo-dolomitico.

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 15 di 50
------------------------------------	---	---------------

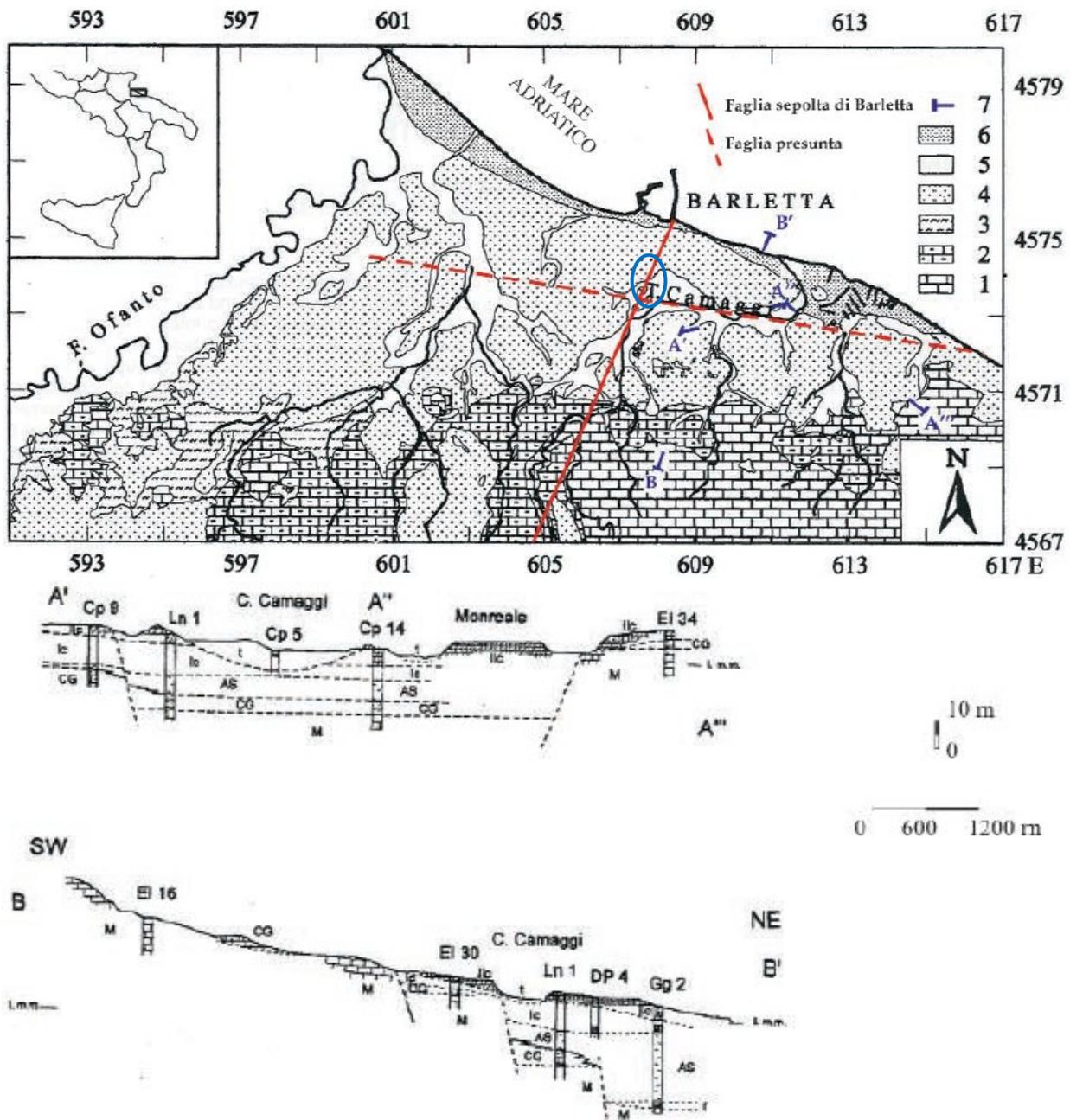
Tale fenomeno, ipotizzato per lo sviluppo di alcune incisioni lungo la costa centrale della Puglia (Mastronuzzi G. et al., 2002), potrebbe essere intervenuto anche per il tratto intermedio del Torrente Camaggi, laddove le variazioni del livello di base, connesse alle oscillazioni glacio-eustatiche del livello marino, avrebbero favorito la dissoluzione carsica proprio in corrispondenza delle discontinuità tettoniche e della zona di transizione tra acque dolci ed acque salate.

Il Torrente Camaggi ha svolto assieme al Fiume Ofanto, un ruolo fondamentale nel determinare il particolare sistema deposizionale a cui afferiscono tutte le facies sedimentarie riconoscibili nell'entroterra di Ariscianne, sistema che si è ripetuto identico nel tempo a partire dal Pleistocene medio-superiore e per tutto l'Olocene, con piccole variazioni spaziali.

#### 4.4 Tettonica

La tettonica quaternaria ha avuto un'influenza determinante sull'assetto geomorfologico ed idrogeologico attuale della zona di Barletta. Come dimostrato da Lattanzio et al. (1992) ed in seguito da Caldara et al. (1996) utilizzando i dati dei numerosi pozzi esistenti è possibile ricostruire l'andamento delle discontinuità tettoniche sepolte basandosi sulle quote di rinvenimento del tetto del Calcere di Bari (**Fig. 3.4.1**). A parte le chiare anticlinali in località "Case Addato", "Lovino" e "Petraro", ciò che emerge è la presenza immediatamente a valle delle Murge Basse Andriesi, di una struttura tettonica composta ad Horst e Graben che digrada verso il litorale adriatico e verso la bassa Valle dell'Ofanto. Tale tettonica disgiuntiva ha ribassato per fagliamento diretto il basamento mesozoico verso l'esterno ed ha probabilmente sbloccato a differenti altezze le potenti bancate dolomitiche (a bassa permeabilità) note in affioramento presso il Canale Camaggi, determinando la circolazione in pressione della falda nel Calcere di Bari. La struttura ad Horst e Graben sembra configurarsi anche in prossimità della costa, proprio nelle zone di Ariscianne e Boccadoro, dove le rocce calcaree mesozoiche arrivano ad affiorare in superficie in taluni punti (ad es. a margine della S.S. n. 16 Barletta - Trani a circa 1,4 km dalla costa) per poi sprofondare sino a 30 m di profondità dal p.c. in corrispondenza della linea di riva di Ariscianne. La recente variazione del pattern del reticolo idrografico, con deviazioni verso est del Torrente Camaggi e verso nord-ovest della foce del Fiume Ofanto (Pennetta, 1988), dimostra l'esistenza di movimenti tettonici olocenici (forse tra 7.000 e 8.000 anni fa) in corrispondenza di faglie sismogenetiche.

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 16 di 50
------------------------------------	---	---------------



**Figura 3.4.1:** 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.

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 postbradanico; Ilc= II° ciclo postbradanico; t= depositi alluvionali (da Caldara M. et al., 1996 – modificata). In blu, l'area di intervento

<p><b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b></p>	<p><b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT)  <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it  <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it</p>	<p>Pag. 17 di 50</p>
---	--	----------------------

La stima della pericolosità legata ai terremoti, in particolare alla fagliazione superficiale che spesso l'accompagna per magnitudo  $\geq 6$ , è un tema molto importante, specialmente in aree densamente popolate ed industrializzate come il territorio italiano.

L'individuazione di faglie in grado di dislocare e/o deformare la superficie topografica, in occasione di eventi sismici di magnitudo, in genere, medio-elevata risulta essere di particolare interesse per le opere ad estensione lineare quali la posa di condotte oggetto della progettazione in oggetto.

Di conseguenza, la conoscenza approfondita e la precisa collocazione spaziale delle faglie attive, in special modo di quelle stimate in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie (faglie capaci), assume un ruolo chiave per la mitigazione del rischio. A questo scopo, il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITalyHAzard from CApablefaults), che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano.

ITHACA è uno strumento fondamentale per:

- a) analisi di pericolosità ambientale e sismica;
- b) comprensione dell'evoluzione recente del paesaggio;
- c) pianificazione territoriale;
- d) gestione delle emergenze di Protezione Civile.

Può essere inoltre di supporto alla ricerca scientifica nell'ambito dell'analisi dei processi geodinamici.

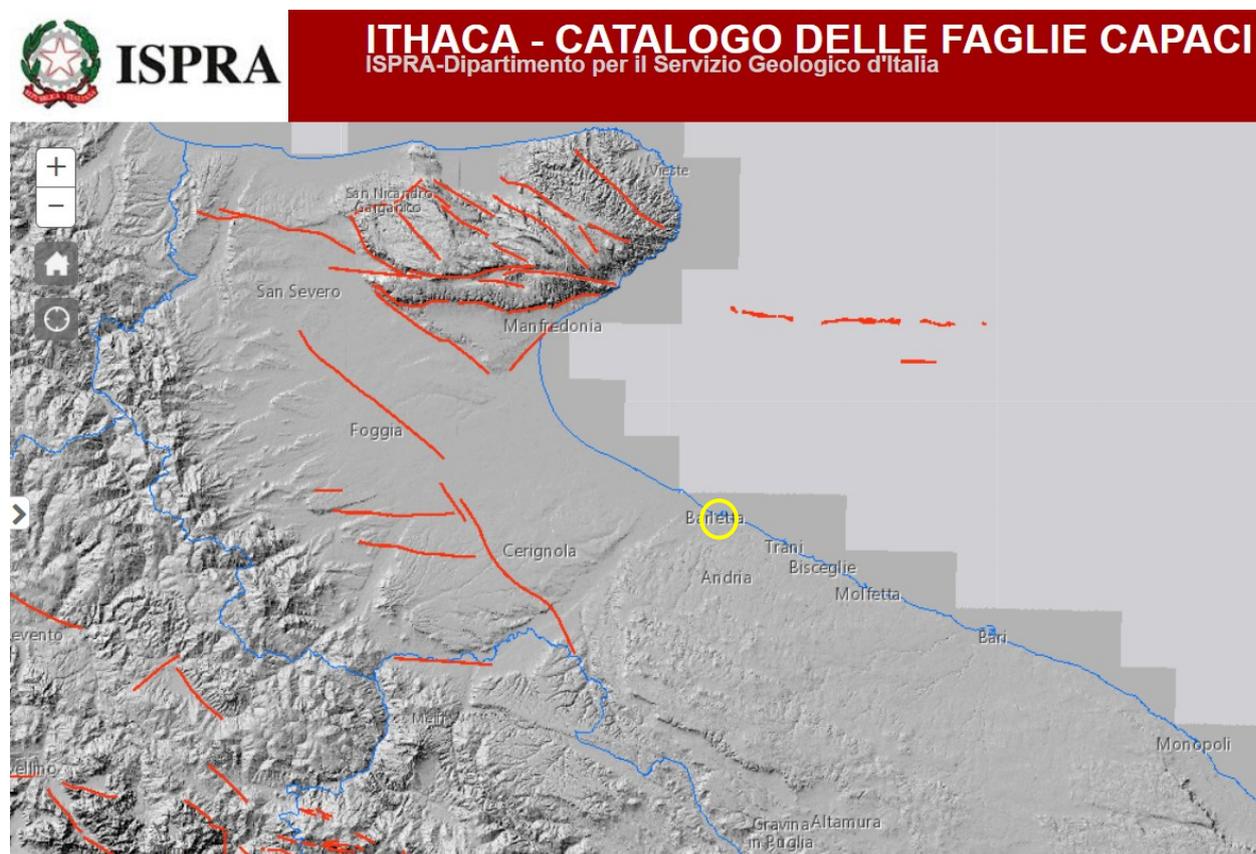
Le faglie capaci vengono mappate e caratterizzate in ITHACA sulla base dei dati disponibili in letteratura, dopo una attenta revisione critica. Ne consegue che ITHACA: è in continuo aggiornamento e non può mai considerarsi completo o definitivo;

- non rappresenta la totalità delle faglie capaci potenzialmente presenti sul territorio nazionale, ma solo quelle per le quali esiste uno studio, anche di livello minimo e quindi un riferimento bibliografico;
- non ha una copertura omogenea a livello nazionale. Il dettaglio è funzione della qualità delle indagini che sono state effettuate (rilevabile dal campo "*studyquality*") e della scala alla quale è stato pubblicato il dato, indicata nel campo "*mapping scale*", presente nella scheda descrittiva associata ad ogni faglia. A tal riguardo, la risoluzione massima cui poter utilizzare il dato non può in nessun caso essere superiore alla *mapping scale*.

Inoltre, nonostante le faglie capaci possano essere anche strutture sismogenetiche, il catalogo ITHACA non può essere utilizzato per una caratterizzazione della sorgente sismogenetica in termini di scuotimento. Per tali scopi si rimanda ad altre banche dati specifiche (p.es., DISS –

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 18 di 50
------------------------------------	---	---------------

Database of Individual Seismogenic Sources). Ad ogni modo per completezza viene di seguito riportata di seguito l'individuazione delle "faglie capaci" più vicine agli interventi di progetto, che risultano essere distanti non meno di 30 km (Fig. 3.4.2).

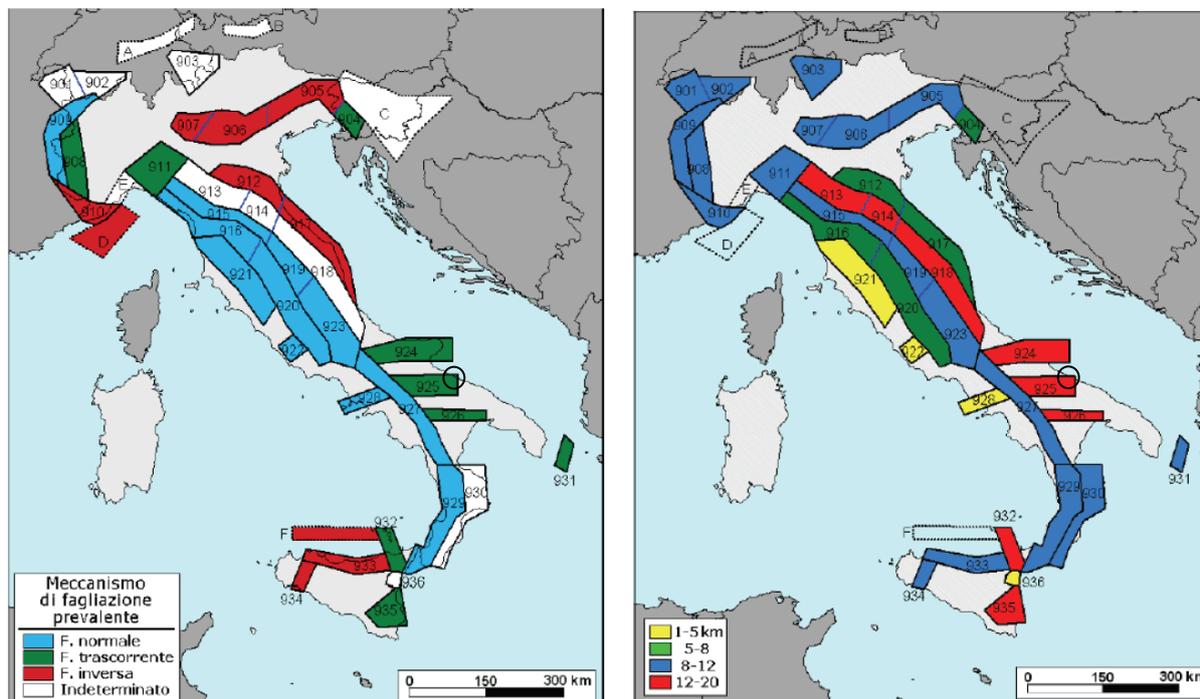


**Figura 3.4.2:** Stralcio del webGIS ITHACA delle Faglie Capaci (il cerchio di colore giallo indica l'area di intervento, le linee rosse le Faglie Capaci).

Secondo la zonazione sismogenetica ZS9, redatta dal Gruppo di lavoro per la redazione della *Mappa di pericolosità sismica* (INGV, 2004), che individua aree omogenee caratterizzate da sorgenti in grado di generare terremoti e da una distribuzione spaziale uniforme degli eventi sismici (per zona sismogenetica si intende la presenza di strutture geologiche in grado di generare terremoti, le cosiddette "faglie capaci"), il territorio comunale di Barletta è posto nella zona sismogenetica "ZS925".

Questa sismozona include al suo interno le sorgenti sismogenetiche responsabili dei terremoti di più elevata magnitudo, che hanno interessato l'area ofantina. Come si evidenzia in **Figura 3.4.3**, le sorgenti sismogenetiche della "ZS925" sono caratterizzate da meccanismo di fagliazione prevalente di tipo "trascorrente", con profondità ipocentrali comprese tra 12 e 20 km.

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 19 di 50
------------------------------------	---	---------------



**Figura 3.4.3:** Zonazione sismogenetica ZS9 con distinzione del meccanismo di fagliazione prevalente (a sinistra) e per profondità media (a destra). (“Rapporto conclusivo del Gruppo di lavoro per la redazione della Mappa di pericolosità sismica”, INGV. Aprile 2004). Il cerchio nero individua l’area oggetto di intervento ricadente nella “ZS925”.

#### 4.5 Sismicità dell’area

La probabilità che un evento sismico colpisca una data regione costituisce la pericolosità sismica per quella regione. Il rischio di un territorio, connesso ad un evento sismico, in un determinato intervallo temporale, è in relazione con la pericolosità sismica e con la vulnerabilità delle costruzioni, intesa come propensione delle costruzioni stesse a subire dei danni per effetto di un sisma di assegnate caratteristiche.

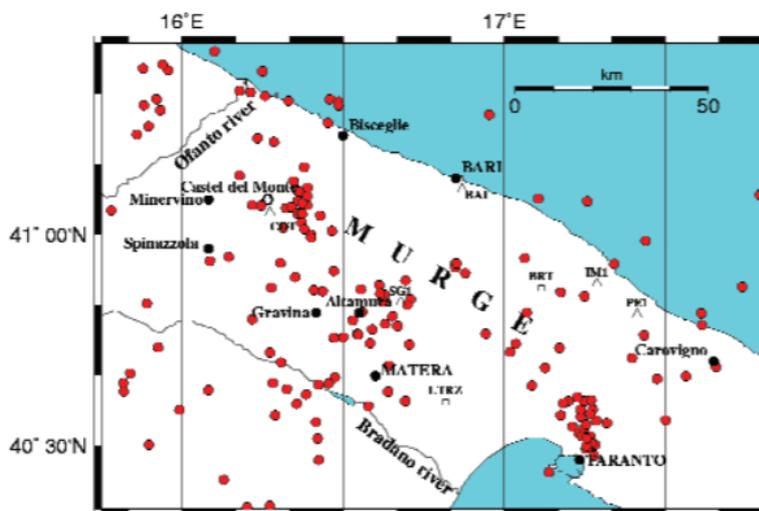
Poiché l’intensità dell’evento, il luogo in cui si verificherà, il momento e la durata dell’evento sismico sono tutti fattori di incertezza, l’individuazione di aree a più alto rischio rappresenta un importante punto di partenza su cui intervenire preventivamente al fine di pianificare azioni ed interventi volti alla riduzione e alla mitigazione del danno.

Sebbene, la Puglia sia interessata da livelli di sollecitazione sismica di minore pericolosità, soprattutto per la più bassa frequenza temporale con cui si verificano eventi capaci di produrre danni, ciò nonostante, la pericolosità sismica del territorio garganico è tutt’altro che trascurabile per due ragioni: in primo luogo per la presenza di aree sismogenetiche capaci di generare

frequenti terremoti anche molto forti; in secondo luogo per la presenza di una attività sismica con un'elevata potenzialità di danno.

Per quanto riguarda l'area a sud dell'Ofanto i dati di sismicità storica sono piuttosto scarsi.

Questa evidenza riflette il fatto che il potenziale sismogenetico di quest'area è sicuramente inferiore a quello delle regioni contigue (sia la catena appenninica che il promontorio del Gargano). Per quanto riguarda la Puglia centrale, un solo evento sismico è documentato aver causato un imprecisato numero di vittime, e cioè il terremoto dell'11 maggio 1560, che colpì particolarmente gli abitati di Barletta e Bisceglie con effetti stimati dell'VIII grado MCS. Tuttavia altri eventi che hanno almeno prodotto danneggiamenti sono riportati da fonti documentali ed è possibile che finora sia stato sottostimato il potenziale sismogenetico dell'area murgiana. In un recente studio (Del Gaudio et al., 2004), basato sia su dati storici che sulle osservazioni strumentali raccolte in poco meno di vent'anni dall'Osservatorio Sismologico dell'Università di Bari (Fig. 3.5.1), si è ipotizzato che strutture sismogenetiche minori, presenti all'interno dell'area murgiana, possono essere occasionalmente riattivate, talvolta sotto lo stimolo della redistribuzione degli sforzi generata da eventi sismici importanti nelle regioni contigue.



**Figura 3.5.1:** Mappa degli eventi sismici localizzati dal 1985 al 2001 nell'area della Puglia centrale, sulla base dei dati della rete di stazioni dell'Osservatorio Sismologico dell'Università di Bari (OSUB). Si tratta di eventi la cui magnitudo ha raggiunto al massimo un valore 3.4. I triangoli marcano le stazioni della rete OSUB, i quadratini quelle della rete sismica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV).

Tracce di questa sismicità "intramurgiana" si possono cogliere anche nei dati di sismicità storica se si supera il pregiudizio che ha indotto, talvolta, ad attribuire i fenomeni sismici descritti in letteratura a risentimenti di eventi con epicentro in aree vicine, pregiudizio favorito anche dal fatto che i centri abitati, cioè i punti di raccolta dell'informazione storica sui terremoti, hanno una distribuzione periferica rispetto al corpo dell'altopiano murgiano.

Per tutto quanto sopra riportato, il Comune di Barletta è stato classificato come "zona 2" dalla O.P.C.M. 3274/2003 e recepita anche dalla Regione Puglia con Deliberazione G.R. 02 marzo 2004 n. 153.

<p><b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b></p>	<p><b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT)  <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it  <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it</p>	<p>Pag. 21 di 50</p>
---	--	----------------------

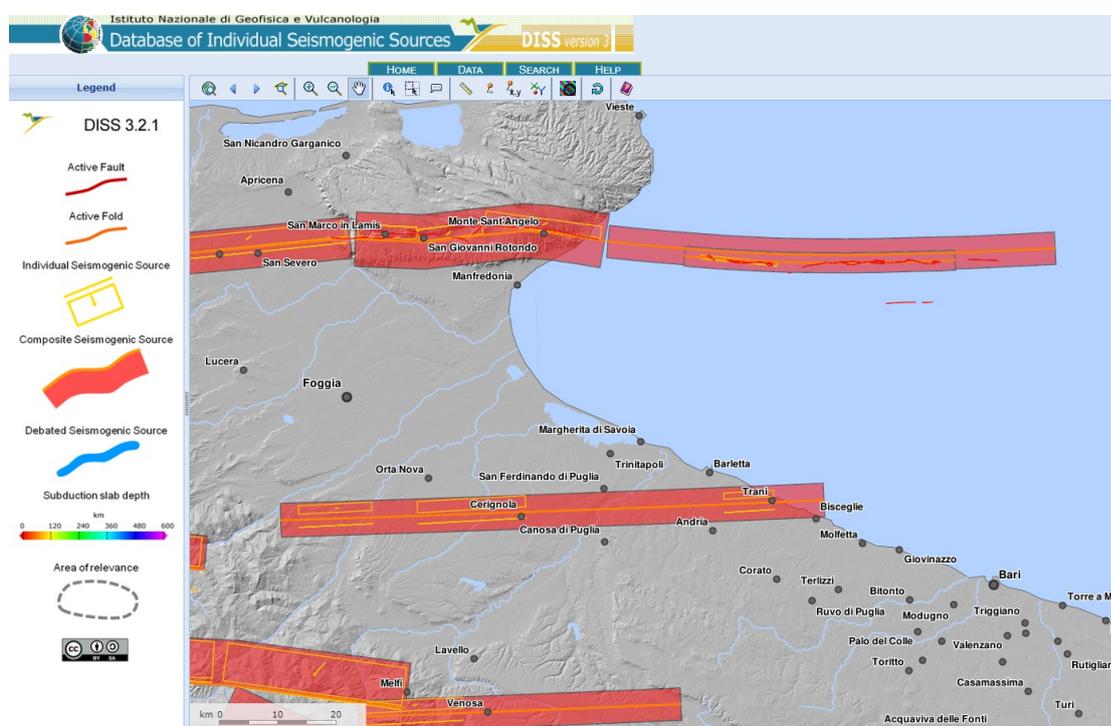
Pertanto, alla luce del D.M. 17.01.2018 “Nuove Norme tecniche per le costruzioni” e s.m.i., anche le opere ubicate in zona 2 sono sottoposte alla progettazione sismica.

Il catalogo Macrosismico dell'INGV “DBMI 2015” il quale fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014, consultabile per località al seguente indirizzo: <http://emidius.mi.ingv.it/>, evidenzia che il Comune di Barletta ha risentito di 43 terremoti provenienti da regione limitrofe (**Fig.3.5.2**).

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
2	2006	12	10	11	03	4	Adriatico centrale	54		4.48

**Figura 3.5.2:** Eventi sismici risentiti nel Comune di Barletta.

Come evidenziato in precedenza, il grado di pericolosità sismica del territorio compreso tra il nord Barese e l'area ofantina risulta in prevalenza legato alla presenza di numerose aree sismogenetiche situate in posizione geografica prossimale. L'incidenza di tale aspetto appare evidente consultando lo strumento cartografico DISS (Database of Individual Seismogenic Sources): infatti, come si può osservare nello stralcio del DISS riportato in **Figura 3.5.3**, il territorio di Barletta risulta prossimoad importanti aree sismogenetiche, tra queste la struttura sismogenetica più vicina è rappresentata dalla faglia trascorrente “Castelluccio dei Sauri-Trani” identificata ITCS004, in grado di determinare eventi sismici attesi di magnitudo  $M = 6.3$ .



**Figura 3.5.3:** Stralcio del Database delle Sorgenti Sismogenetiche Individuali (DISS) dell'INGV. (Fonte: <http://diss.rm.ingv.it/>).

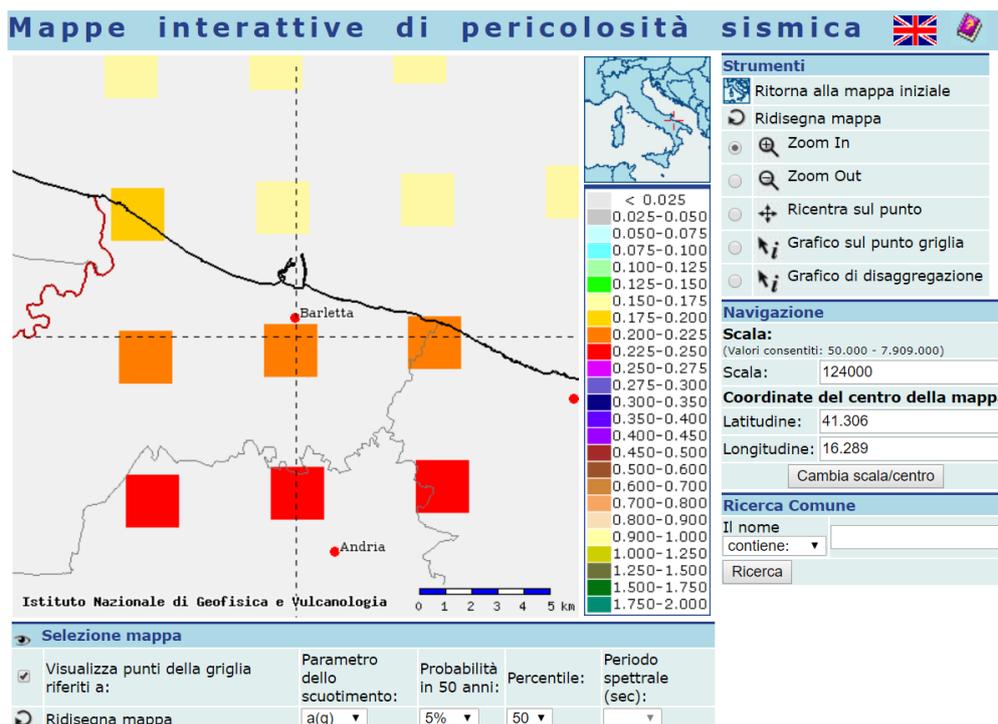
Facendo espresso riferimento al vigente strumento di classificazione sismica del territorio italiano, redatto nel 2004 in recepimento delle disposizioni contenute nell'O.P.C.M. n. 3274/2003, il territorio amministrativo del Comune di Barletta ricade in “Zona 2”, ovvero in area con livello di sismicità medio-alta.

Tuttavia, le recenti Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 e l'OPCM del 20 marzo 2003 n. 3274, superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima

<p><b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b></p>	<p><b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT)  <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it  <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezzapostale.it</p>	<p>Pag. 23 di 50</p>
---	---	----------------------

preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove diversi periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di  $a_g$  e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima  $F_0$  e periodo di inizio del tratto a velocità costante  $T^*C$ ). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e resi disponibili al seguente indirizzo: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>.

In base alla suddetta mappa, di cui è riportato uno stralcio in **Fig. 3.5.4**, il territorio in esame ricade in una zona che, espressa in termini di accelerazione massima del suolo (riferita a suoli rigidi di Categoria A così come definiti dalle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D.M. 17/01/2018), presenta accelerazioni comprese tra 0,200 – 0,225 g con una probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni, riferita ad un tempo di ritorno  $T_r=975$  anni.

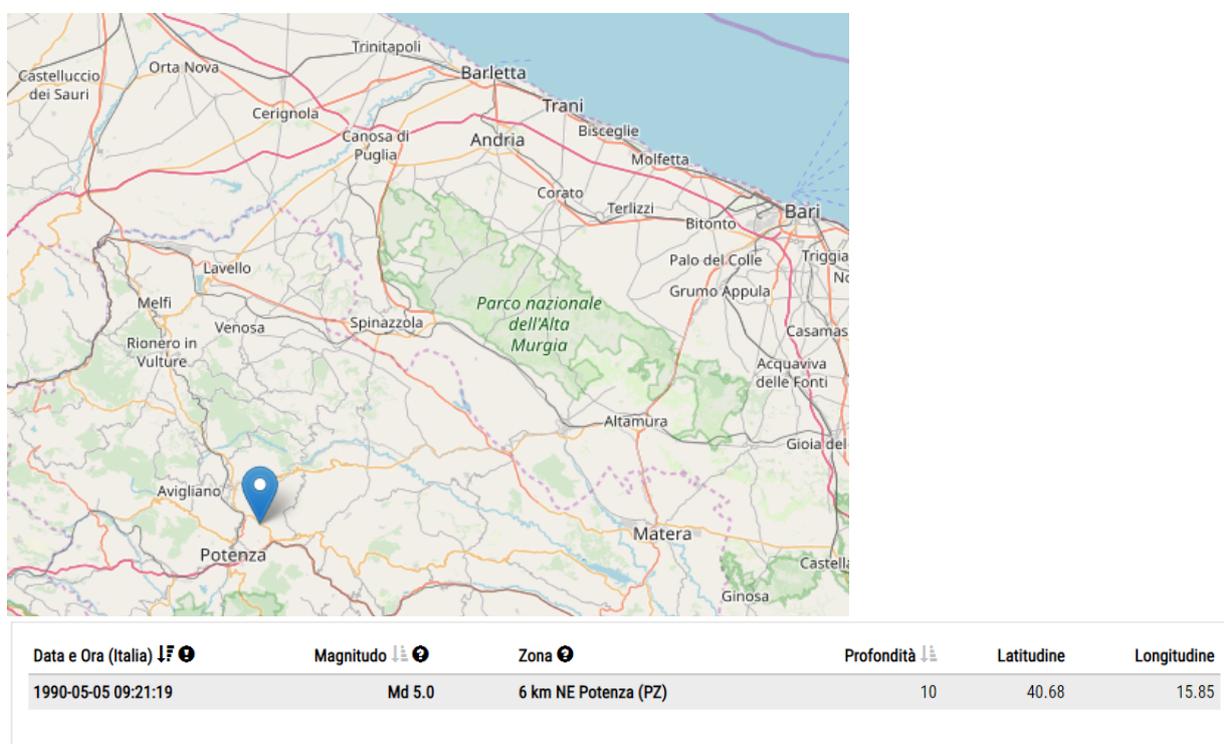


**Figura 3.5.4:** Stralcio della Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale allegata all'O.P.C.M. n. 3519/2006. Valori espressi in unità g. (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

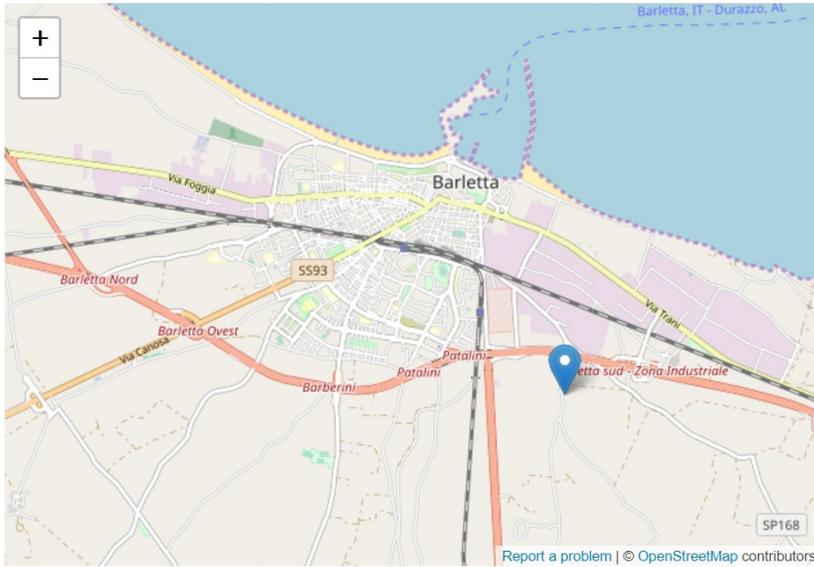
Per la valutazione della sismicità recente dell'area è stata effettuata una ricerca mirata nella lista degli eventi presente nel sito del Centro Nazionale Terremoti dell'INGV (rinvenibile dal catalogo al seguente indirizzo: <http://cnt.rm.ingv.it>).

Si è scelto di focalizzare l'attenzione sugli eventi sismici con magnitudo "M" superiore a 5,0 nel raggio di 100 km dal comune di Barletta a partire dal 01/01/1985 fino al 25/10/2019 ed è stata riscontrata la presenza di solo n.1 terremoto con tali caratteristiche (**Fig. 3.5.5**).

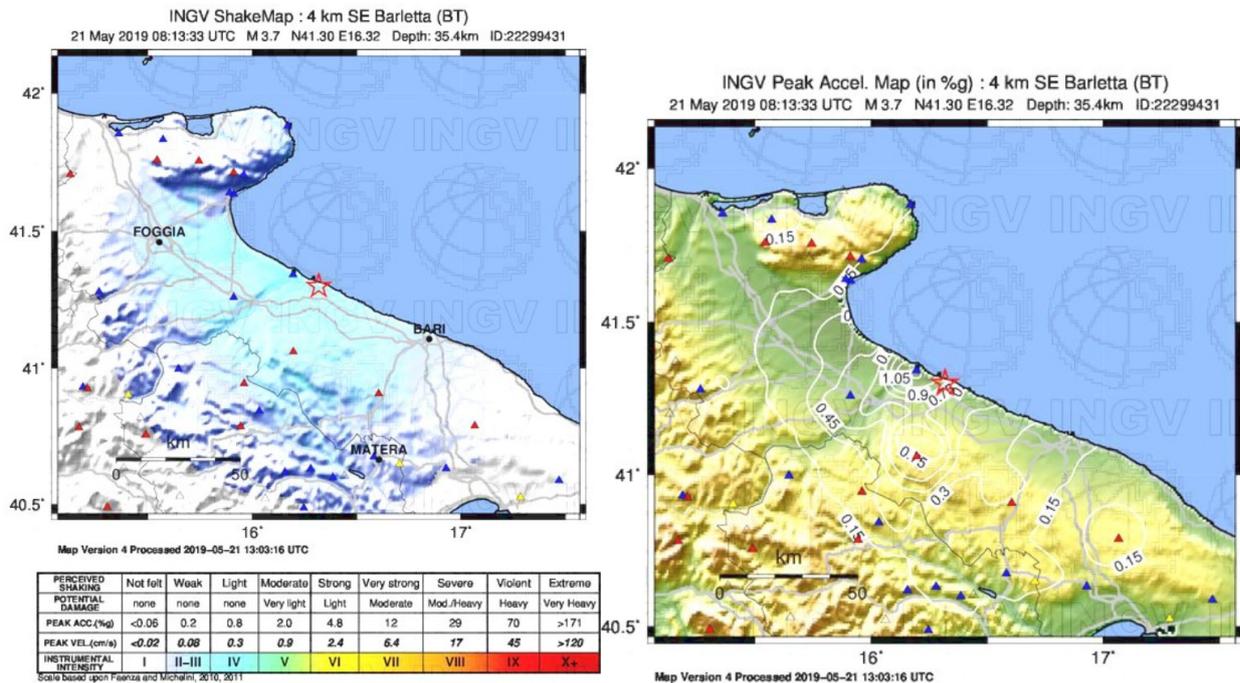
Per completezza di informazione, si riportano le caratteristiche sismiche del recente evento sismico con epicentro nel territorio di Barletta (coordinate geografiche: Lat. 41°.3;Long. 16°.3) registrato in data 21.05.2019 avente Mw 3.7 (**Fig. 3.5.6-7**) e profondità di 30 km.



**Figura 3.5.5:** Eventi sismici con magnitudo "M" superiore a 5,0 nel raggio di 100 km dal Comune di Barletta dal 01/01/1985 fino al 25/10/2019. Il cerchio rosso evidenzia l'area d'intervento.



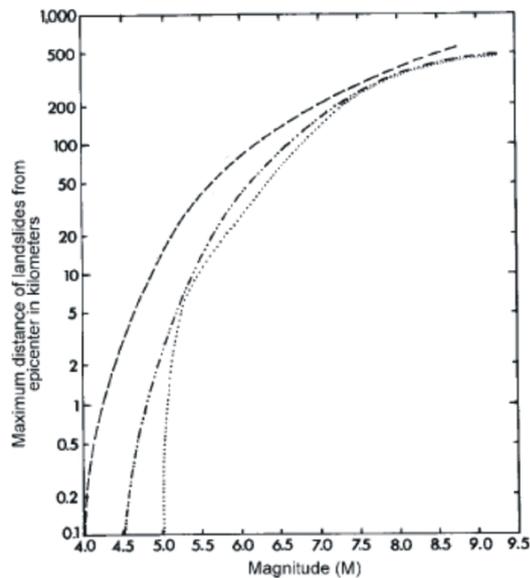
**Figura 3.5.6:** Evento sismico del giorno 21.05.2019 avente Mw 3.7. Il punto di colore blu indica l'epicentro del sisma.



**Figura 3.5.7:** A sinistra, mappa di scuotimento dell'evento sismico del giorno 21.05.2019 avente  $M_w$  3.7. A destra, distribuzione delle accelerazioni di picco relative allo stesso evento sismico.

La scelta di ricercare terremoti aventi magnitudo  $M > 5$  è stata effettuata anche in prospettiva di una valutazione sui fenomeni di instabilità indotta del suolo ovvero fenomeni di deformazione permanente del suolo che possono determinare effetti di danneggiamento o perché tali deformazioni coinvolgono i terreni di fondazione dell'opera compromettendone la stabilità, o

perché per effetto gravitativo innescano movimenti in massa che possono coinvolgere le opere (Figura 3.5.8).



**Figura 3.5.8:** Distanze massime dall'epicentro entro cui sono state osservate frane sismo-indotte per diverse tipologie di movimenti di massa: frane incoerenti (tratteggio), frane coerenti (tratto-punto), espansioni laterali e colate rapide (puntinato), (Keefer, 1984).

Nell'ambito dell'area di intervento, tra questi fenomeni è possibile annoverare:

- fenomeni di addensamento;
- liquefazione;
- cedimenti differenziali.

## 5 IDROGEOLOGIA DELL'AREA

### 5.1 Caratteristiche idrologiche superficiali

L'orografia del bacino scolante presenta pendenze molto basse; in aggiunta, il marcato consumo di suolo caratterizzato da elevata impermeabilizzazione, riduce l'infiltrazione di pioggia nel suolo determinando un incremento dei deflussi idrici superficiali anche ad elevato carico solido che, in area urbana, possono causare allagamenti con deposizione di grandi quantità di fanghi e seri danni alle infrastrutture.

Tale configurazione territoriale, determina la presenza di aree soggette ad allagamento, lungo il torrente Camaggi, come riportato nelle perimetrazioni di pericolosità idraulica individuate all'interno del PAI dell'Autorità di Bacino della Puglia, come verrà meglio illustrato nella sezione § 8 "Analisi della pericolosità geologica con riferimento al progetto e prescrizioni geologiche di indirizzo".

### 5.2 Caratteristiche idrogeologiche

All'interno del territorio urbano e periurbano della città di Barletta si riscontra la presenza di due falde idriche sotterranee nettamente separate e distinte sia per tipologia, ubicazione e geometria degli acquiferi che le contengono che per caratteristiche idrodinamiche e geochemiche.

La **falda profonda** ha sede all'interno dell'acquifero murgiano le cui acque dolci sotterranee circolano al di sopra delle acque salate di intrusione marina ed il livello del mare costituisce il livello base della circolazione idrica sotterranea; nel territorio di Barletta, il deflusso a mare avviene attraverso sorgenti concentrate e fronti sorgentizi di tipo essenzialmente subaereo.

La peculiarità di questo acquifero, rispetto agli analoghi costieri del Gargano e del Salento, è che ovunque la falda circola in pressione e sempre al di sotto del livello marino (circa 200-400 m), con carichi e gradienti idraulici spesso elevati (7-8‰).

Di conseguenza, la zona di transizione acqua dolce-acqua salata si rinviene a notevole profondità anche in prossimità della costa: nei pozzi idrologici profondi terebrati a pochi metri dal mare in aree non distanti da quella di interesse (a quote di 1,5÷2,0 ms.l.m.), il limite inferiore della suddetta zona si rinviene a circa -200 m sotto il livello del mare. Misure di portata effettuate in corrispondenza della confluenza dei collettori di Ariscianne indicano valori di  $Q_m = 750 \div 800$  l/s, mentre la portata complessiva media delle sorgenti in località Boccadoro sarebbe superiore a circa 400 l/s. Tali portate inglobano, evidentemente, anche i contributi della falda

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 28 di 50
------------------------------------	---	---------------

acquifera superficiale circolante nei Depositi Marini Terrazzati, la cui esistenza è ampiamente documentata nell'agro di Barletta (Lattanzio et al., 1992.).

La **Falda Superficiale**, invece, è rappresentata da falde freatiche generalmente a pelolifero od al massimo semiconfinate, generalmente caratterizzate da portata da modesta a media (0.2-3.0 l/sec) la cui alimentazione è direttamente legata alla entità dei locali apporti pluviometrici, basse velocità di flusso.

Tale falda può avere una certa continuità spaziale oppure essere formata da un sistema di falde e livelli idrici minori, non sempre idraulicamente connessi tra loro, con limite alla circolazione idrica (definito e fisso) rappresentato da livelli ed orizzonti limo-argillosi impermeabili.

Valori della permeabilità di tali livelli acquiferi desunti da indagini pregresse, testimoniano la estrema variabilità della trasmissività di questo acquifero superficiale, con valori delle permeabilità che generalmente attestano intorno a  $K=10^{-5}-10^{-6}$  m/sec, a seconda che la circolazione avvenga in litologie sabbio-ghiaiose o limo-sabbiose.

Il letto di detta circolazione idrica superficiale è rappresentato dapprima dai limi-argillosi ed argille azzurre plio-pleistoceniche, sebbene gli spessori nell'area di interesse non sono elevati ed in seconda battuta dai calcari sottostanti presenti in banchi poco fessurati o con fessure ricristallizzate e/o riempite da limi residuali rossastri.

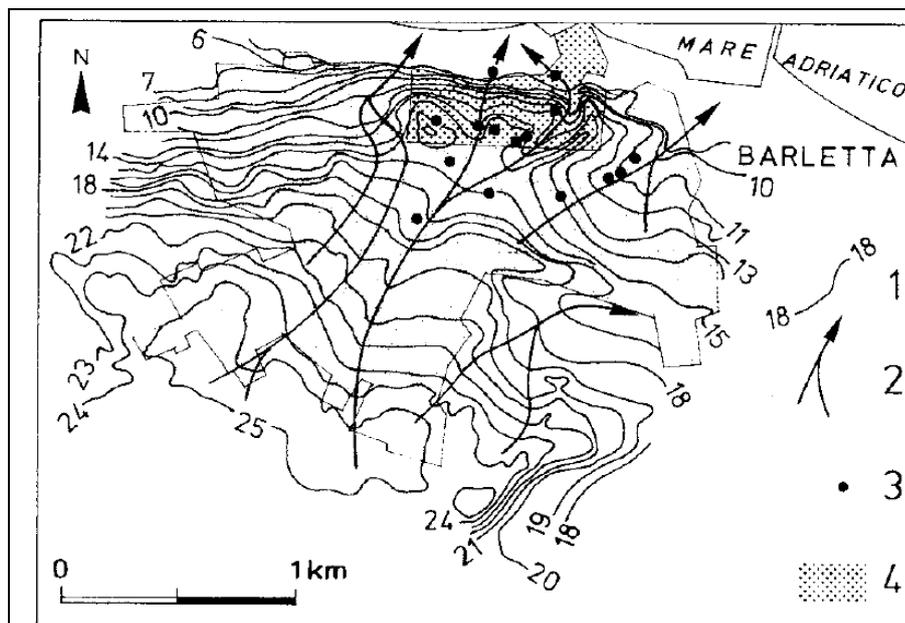
L'andamento generale dell'acquifero "superficiale" risulta essere in direzione N-N-E, con una leggera concavità rivolta verso la linea di costa e irregolarità dovute alla morfologia originaria del bacino di sedimentazione dei depositi terrazzati.

Gli intervalli calcarenitici, a consistenza litoide e poco permeabili, assumono localmente spessore di alcuni decimetri ed estensione areale tale da sostenere le acque sotterranee costituendo falde sospese di esigua potenza.

Oltre tale orizzonte argilloso piuttosto omogeneo e continuo nell'area di indagine, è presente il basamento carbonatico (Calcareniti di Gravina-Calcarei di Altamura), sede della falda idrica profonda.

Variazioni del livello di falda conseguenti ad eventi meteo-climatici estremi possono portare a variazioni significative della quota piezometrica interessando le strutture di fondazione e producendo allagamenti o dissesti su vetusti edifici del centro storico. Le caratteristiche idrochimiche delle acque della falda secondaria sono ben note così come sono definiti i probabili percorsi sotterranei con cui si esplica il deflusso verso mare (**Fig. 4.2.1**).

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 29 di 50
------------------------------------	---	---------------



Confronto tra i principali elementi morfologici e la *falda idrica superficiale* nell'area urbana di Barletta. 1) Isoipse (m s.l.m.); 2) linee di deflusso preferenziale della falda; 3) «cantine» allagate; 4) antichi «granai».

**Figura 4.2.1:** Andamento della falda idrica superficiale nell'area urbana di Barletta.

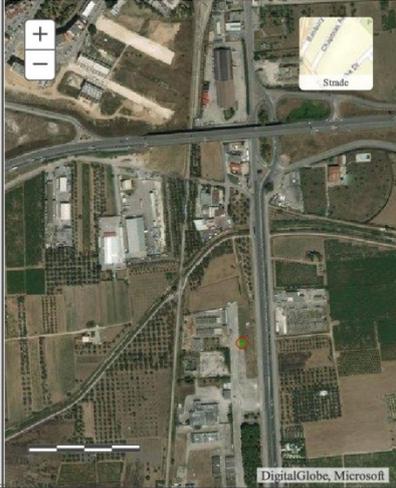
Sebbene i sondaggi geognostici terebrati all'interno dell'area di intervento fino alla profondità di 10 m, non abbiano evidenziato la presenza di falda superficiale, i dati idrogeologici derivanti da indagini pregresse e da quelli desumibili dal database dell'ISPRA relativo alla L. 464/84, riportano che il tetto del livello statico della falda superficiale sia rinvenibile a profondità comprese tra 14 e 17 m dal piano di campagna.

All'interno dell'area di intervento sono state riscontrate stratigrafie rappresentative dell'area di intervento contenute nel database dell'ISPRA relativo alla L. 464/84, pertanto per la ricostruzione stratigrafica ed idrogeologica dell'area di intervento è stata integrata con tali informazioni (**Fig. 4.2.2-3**).

 		<b>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</b>			
<b>Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)</b>					
<b>Dati generali</b>		<b>Ubicazione indicativa dell'area d'indagine</b>			
<p> <b>Codice:</b> 152459  <b>Regione:</b> PUGLIA  <b>Provincia:</b> BARLETTA-ANDRIA-TRAN  <b>Comune:</b> BARLETTA  <b>Tipologia:</b> PERFORAZIONE  <b>Opera:</b> POZZO PER ACQUA  <b>Profondità (m):</b> 36,00  <b>Quota pc slm (m):</b> 18,00  <b>Anno realizzazione:</b> 2000  <b>Numero diametri:</b> 1  <b>Presenza acqua:</b> SI  <b>Portata massima (l/s):</b> 1,000  <b>Portata esercizio (l/s):</b> 1,000  <b>Numero falde:</b> 0  <b>Numero filtri:</b> 0  <b>Numero piezometrie:</b> 1  <b>Stratigrafia:</b> SI  <b>Certificazione(*):</b> NO  <b>Numero strati:</b> 11  <b>Longitudine WGS84 (dd):</b> 16,288111  <b>Latitudine WGS84 (dd):</b> 41,314281  <b>Longitudine WGS84 (dms):</b> 16° 17' 17.21" E  <b>Latitudine WGS84 (dms):</b> 41° 18' 51.41" N              (*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia         </p>					
<b>DIAMETRI PERFORAZIONE</b>					
<b>Progr</b>	<b>Da profondità (m)</b>	<b>A profondità (m)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Diametro (mm)</b>	
1	0,00	36,00	36,00	450	
<b>MISURE PIEZOMETRICHE</b>					
<b>Data rilevamento</b>	<b>Livello statico (m)</b>	<b>Livello dinamico (m)</b>	<b>Abbassamento (m)</b>	<b>Portata (l/s)</b>	
lug/2000	17,00	22,00	5,00	1,000	
<b>STRATIGRAFIA</b>					
<b>Progr</b>	<b>Da profondità (m)</b>	<b>A profondità (m)</b>	<b>Spessore (m)</b>	<b>Età geologica</b>	<b>Descrizione litologica</b>
1	0,00	0,30	0,30		TERRENO DI RIPORTO
2	0,30	1,00	0,70		TERRENO VEGETALE
3	1,00	1,50	0,50		CROSTA PUGLIESE
4	1,50	3,50	2,00		SABBIA CALCAREA CEMENTATA
5	3,50	6,50	3,00		SABBIA
6	6,50	12,00	5,50		ARGILLA GIALLA SABBIOSA
7	12,00	14,00	2,00		SABBIA
8	14,00	20,00	6,00		ARGILLA SABBIOSA
9	20,00	23,00	3,00		SABBIA
10	23,00	28,00	5,00		CALCARENITE
11	28,00	36,00	8,00		CALCARE

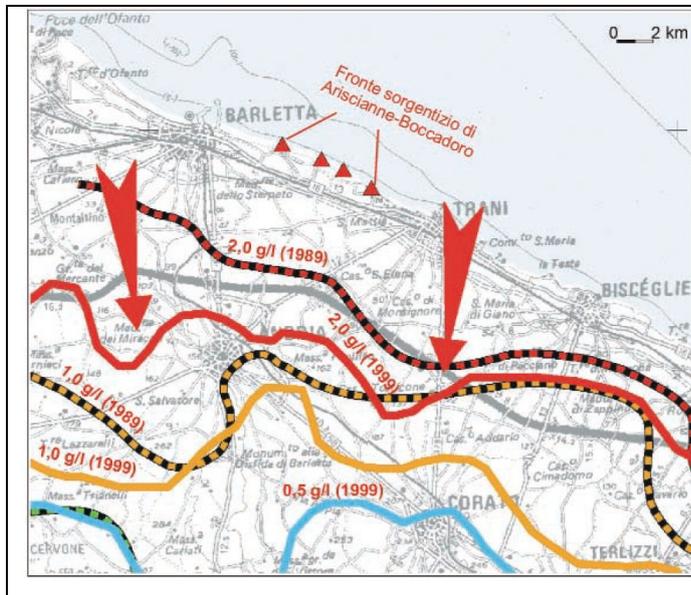
**Figura 4.2.2:** Stratigrafia riportata nel database ISPRA relativo alla L. 464/84.

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 31 di 50
------------------------------------	---	---------------

 		<b>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale</b>			
<b>Archivio nazionale delle indagini nel sottosuolo (Legge 464/1984)</b>					
<b>Dati generali</b>		<b>Ubicazione indicativa dell'area d'indagine</b>			
<p> <b>Codice:</b> 152418  <b>Regione:</b> PUGLIA  <b>Provincia:</b> BARLETTA-ANDRIA-TRAN  <b>Comune:</b> BARLETTA  <b>Tipologia:</b> PERFORAZIONE  <b>Opera:</b> POZZO PER ACQUA  <b>Profondità (m):</b> 35,00  <b>Quota pc slm (m):</b> 20,00  <b>Anno realizzazione:</b> 2001  <b>Numero diametri:</b> 1  <b>Presenza acqua:</b> SI  <b>Portata massima (l/s):</b> 1,500  <b>Portata esercizio (l/s):</b> ND  <b>Numero falde:</b> 3  <b>Numero filtri:</b> 1  <b>Numero piezometrie:</b> 1  <b>Stratigrafia:</b> SI  <b>Certificazione(*):</b> NO  <b>Numero strati:</b> 5  <b>Longitudine WGS84 (dd):</b> 16,289500  <b>Latitudine WGS84 (dd):</b> 41,300669  <b>Longitudine WGS84 (dms):</b> 16° 17' 22.21" E  <b>Latitudine WGS84 (dms):</b> 41° 18' 02.42" N         </p> <p>(*)Indica la presenza di un professionista nella compilazione della stratigrafia</p>					
<b>DIAMETRI PERFORAZIONE</b>					
<b>Progr</b>	<b>Da profondità (m)</b>	<b>A profondità (m)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Diametro (mm)</b>	
1	0,00	35,00	35,00	270	
<b>FALDE ACQUIFERE</b>					
<b>Progr</b>	<b>Da profondità (m)</b>	<b>A profondità (m)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>		
1	17,00	18,00	1,00		
2	23,00	25,00	2,00		
3	30,00	35,00	5,00		
<b>POSIZIONE FILTRI</b>					
<b>Progr</b>	<b>Da profondità (m)</b>	<b>A profondità (m)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Diametro (mm)</b>	
1	24,00	25,00	1,00	ND	
<b>MISURE PIEZOMETRICHE</b>					
<b>Data rilevamento</b>	<b>Livello statico (m)</b>	<b>Livello dinamico (m)</b>	<b>Abbassamento (m)</b>	<b>Portata (l/s)</b>	
lug/2001	14,00	16,00	2,00	1,500	
<b>STRATIGRAFIA</b>					
<b>Progr</b>	<b>Da profondità (m)</b>	<b>A profondità (m)</b>	<b>Spessore (m)</b>	<b>Età geologica</b>	<b>Descrizione litologica</b>
1	0,00	2,00	2,00		TERRENO VEGETALE
2	2,00	5,00	3,00		TUFO
3	5,00	14,00	9,00		ARGILLA GRIGIA
4	14,00	20,00	6,00		CIOTTOLI CON SABBIA
5	20,00	35,00	15,00		FRATTURATO CON ARGILLA

**Figura 4.2.3:** Stratigrafia riportata nel database ISPRA relativo alla L. 464/84.

Il Piano di Tutela delle Acque, evidenzia che l'isoalina di 2 g/l nel decennio 1989-1999, rilevata nella falda carsica profonda, risulta essere spostata verso l'entroterra per oltre 4 km a dimostrazione del sovrasfruttamento della falda per usi irrigui **Fig. 4.2.4.**



**Figura 4.2.4:** Distribuzione media del contenuto salino (g/l) della falda carsica profonda delle Murge Nord-Occidentali - A) dalla Tav. 9.1.1. del Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia, Sogesid S.p.A, 2007.

## 6 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

In questo paragrafo vengono descritte le proprietà fisico-meccaniche e idrogeologiche dei terreni litologici direttamente interessati dagli interventi di progetto

Si riportano di seguito un riepilogo stratigrafico dell'area di intervento.

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Spessore	Parametri geotecnici	S.P.T. (n° di colpi)	Campioni indisturbati	Cass. Catalog.	Falda	Campioni ambientali	
		Terreno di riporto	0.75							
1		Limo sabbioso marrone scuro poco addensato	0.85							
2		Sabbie limose e argillose e ghiaiose marrone-rossastre	5.90							
3										
4										
5										
					9-14-13 5.50 PA	4.50 5.00	5.00			
6		Sabbia con argilla limosa marrone-rossastra	2.50							
7										
8										
9					4-4-9 8.50 PA	7.50 8.00				
10							10.00			

Le prove penetrometriche dinamiche mostrano terreni con uno stato di consistenza variabile da compatto ad estremamente compatto.

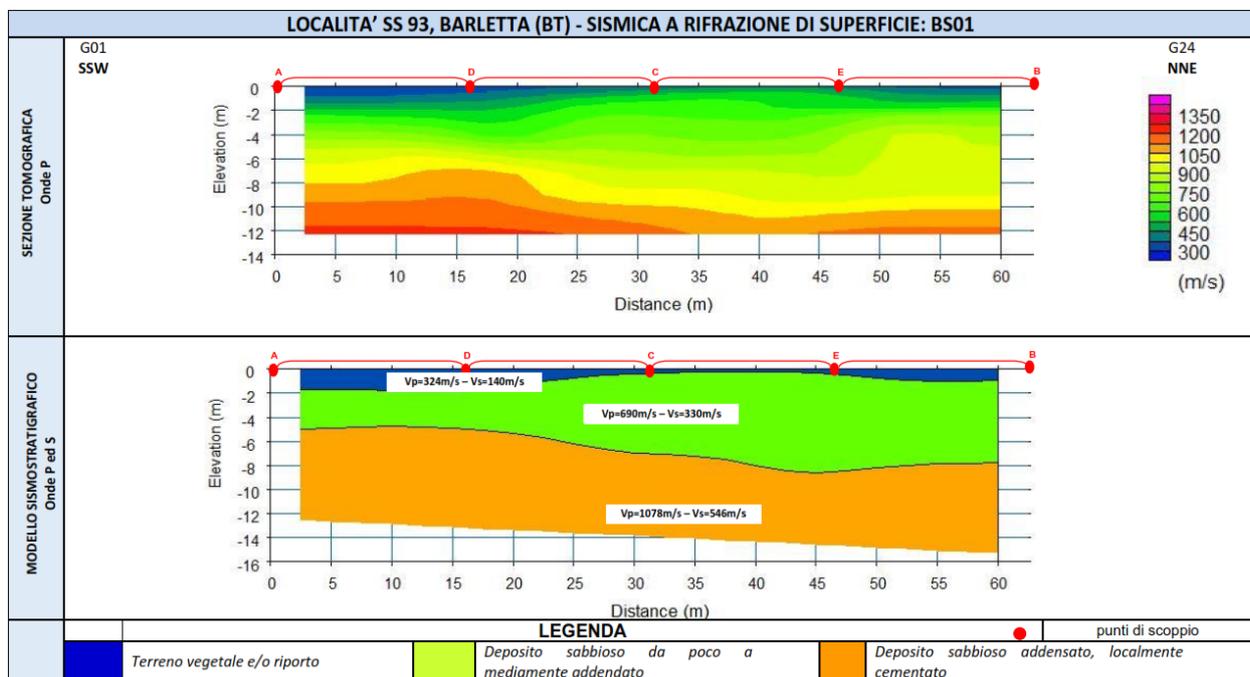
## 7 CATEGORIA DEL TERRENO DI FONDAZIONE AI FINI SISMICI

Per la valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafica SS si è fatto riferimento alla caratterizzazione geotecnica condotta nel volume significativo con riferimento ai parametri geomeccanici desumibili dalle indagine condotta per la caratterizzazione geotecnica nel volume significativo.

Al fine di calcolare il valore di velocità delle onde di taglio (S) fino alla profondità del substrato, e determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione, secondo quanto è richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/1/2018, sono state eseguite n. 2 prospezioni di sismiche passive 2 con prospezioni sismiche a rifrazione di superficie, in onde P con tecnica RE.MI:

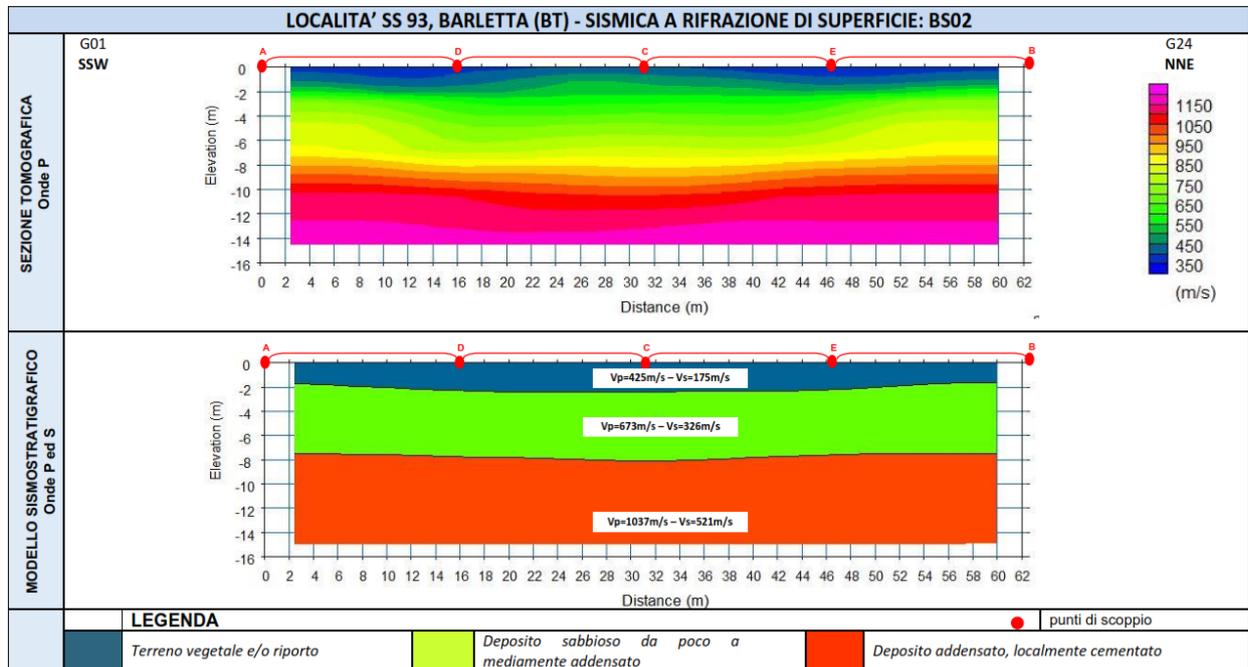
- RE.MI.01 in corrispondenza dell'impianto di sollevamento IS1
- RE.MI.02 in corrispondenza dell'impianto di sollevamento IS2

Di seguito si rappresentano i profili dei sismostrati valutati dalle indagini



	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	425	175	0,00+2,00	Terreno vegetale e/o materiale di riporto
2	673	326	2,00+7,80	Deposito sabbioso da poco a mediamente addensato
3	1037	521	7,80+15,00	Deposito addensato, localmente cementato

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 35 di 50
------------------------------------	---	---------------



	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	324	140	0,00+1,90	Terreno vegetale e/o materiale di riporto
2	690	330	1,90+7,70	Deposito sabbioso da poco a mediamente addensato
3	1078	546	7,70+13,00	Deposito addensato, localmente cementato

In conformità al D.M. 17/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni” la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall’espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

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; formazione costituita da terreno molto

rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

In corrispondenza delle prospezioni di sismiche è possibile determinare i seguenti valori:

RE.MI.01, valore del  $V_{S,eq} = 475\text{m/s}$

RE.MI.02, valore del  $V_{S,eq} = 447\text{m/s}$

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 36 di 50
------------------------------------	---	---------------

Le indagini hanno permesso di collocare il sottosuolo, secondo le NTC 2018, localmente in entrambe i casi nella Categoria B secondo la Tab. 3.2.II delle NTC 2018.

Tab. 3.2.II

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

L'andamento dello spettro di risposta elastico del sito in esame, oltre che dalla litologia, è anche influenzato dalle condizioni orografiche definite e classificate come mostrato nella tabella seguente Tab. 3.2.III

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Per la valutazione del coefficiente di amplificazione topografica ST, viste le condizioni in sito e l'orografia della zona, si è attribuita la categoria topografica T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 37 di 50
------------------------------------	---	---------------

## 8 MODELLO GEOLOGICO DEL SITO

Con riferimento alle stratigrafie è possibile definire il modello geologico rappresentativo dell'area in cui si andranno a realizzare gli interventi.

E' generalmente possibile fare riferimento, per l'intera area di intervento ad un modello a tre strati.

- 1) Il **primo strato** (con una profondità compresa tra 0 -1,0 m dal piano di campagna) associabile a terreno di riporto e limo sabbioso.
- 2) Il **secondo strato** (con una profondità compresa tra 0.5-1,5 m dal piano di campagna) associabile a sabbie e sabbie limose.
- 3) Il **terzo strato** (a partire da profondità di 1.5 -7,5 m dal piano di campagna) associabile a sabbie limose e limi sabbioso-argillosi.

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 38 di 50
------------------------------------	---	---------------

## 9 ANALISI DELLA PERICOLOSITA' GEOLOGICA CON RIFERIMENTO AL PROGETTO E PRESCRIZIONI GEOLOGICHE DI INDIRIZZO

### 9.1 Assetto idraulico ed idrogeologico

In generale l'assetto idrogeologico rappresenta una problematica che si può ripercuotere sia in fase di scavo che di progettazione e di esercizio dell'opera.

Come anticipato nella sezione § 2, l'orografia del bacino scolante presenta pendenze molto basse; in aggiunta, il marcato consumo di suolo caratterizzato da elevata impermeabilizzazione, riduce l'infiltrazione di pioggia nel suolo determinando un incremento dei deflussi idrici superficiali anche ad elevato carico solido che, in area urbana, possono causare allagamenti con deposizione di grandi quantità di fanghi e seri danni alle infrastrutture.

Tale configurazione territoriale, determina la presenza di aree soggette ad allagamento, come riportato nelle perimetrazioni di pericolosità idraulica individuate all'interno del PAI dell'Autorità di Bacino della Puglia (**Fig. 8.1**).

In particolare la sovrapposizione della condotta di progetto con le perimetrazioni del PAI evidenzia che essa ricade in aree in **Media Pericolosità Idraulica** ed **Alta Pericolosità Idraulica** disciplinate rispettivamente all'art. 7 e all'art.8 delle NTA del PAI.

Per tali aree, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, l'"*Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale – sede della Puglia*" già Autorità di Bacino della Puglia, richiede la redazione di uno *studio di compatibilità idrologica ed idraulica* che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata.

Si rappresenta che, le perimetrazioni del Rischio associato alla pericolosità idraulica individuate dal PAI, definiscono aree in R3 ed R4 (**Fig. 8.2**). Tale criticità è da relazionarsi alla presenza di infrastrutture (Via Andria, S.S. 16, ferrovie) ed opere strategiche (Caserma "R. Stella") in corrispondenza delle perimetrazioni di Pericolosità Idraulica.

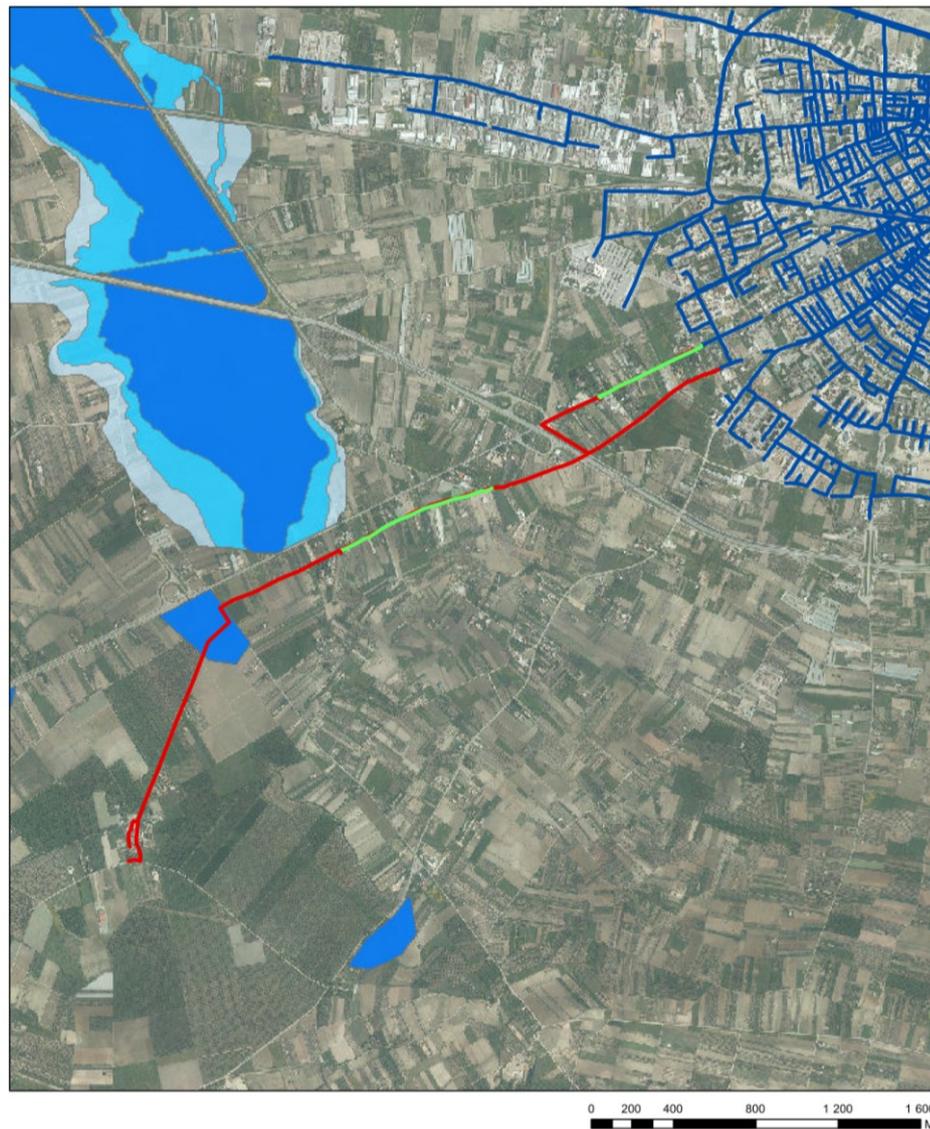
Sarà pertanto valutata in fase di parere la fattibilità degli interventi in relazione alla presenza della Pericolosità Idraulica.

Ad ogni modo si ritiene opportuno considerare le proprietà fisico-meccaniche dei terreni più superficiali al fine di valutare la capacità di resistenza al trascinamento, e le capacità di erosione/trasporto solido del Torrente Ciappetta-Camaggi in prossimità dei tratti di intervento, finalizzati a verificare la congruenza degli stessi con le dinamiche fluviali. Ne consegue la realizzazione di adeguate opere di intercettazione delle acque di scorrimento superficiale lungo il versante a monte delle opere di progetto.

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 39 di 50
------------------------------------	---	---------------

Dall'analisi dello stralcio cartografico riportato in allegato 3 non risultano interventi interferenti con aree soggette a pericolosità geomorfologica.

Si è riscontrata, invece, interferenza con aree classificate ad Alta Pericolosità idraulica per il tronco fognario TR1 e il tronco idrico RI4-5-6. Si applicano dunque le prescrizioni di cui all'art.7 delle norme tecniche del PAI.



#### Legenda

- Tronchi di progetto
- Prementi di progetto
- Rete esistente
- Sollevamenti di progetto

#### Piano di Assetto Idrogeologico

##### Pericolosità Idraulica

- AP - Alta Pericolosità
- MP - Media Pericolosità
- BP - Bassa Pericolosità

##### Pericolosità Geomorfologica

- PG1 - Pericolosità media e moderata
- PG2 - Pericolosità elevata
- PG3 - Pericolosità molto elevata



**Legenda**

— Rete idrica di progetto

**Piano di Assetto Idrogeologico**

**Pericolosità Idraulica**

■ AP - Alta Pericolosità

■ MP - Media Pericolosità

■ BP - Bassa Pericolosità

**Pericolosità Geomorfologica**

■ PG1 - Pericolosità media e moderata

■ PG2 - Pericolosità elevata

■ PG3 - Pericolosità molto elevata

Come disposto dal comma 1, lettera d risultano consentiti “interventi di ampliamento e di ristrutturazione delle infrastrutture a rete pubbliche o di interesse pubblico esistenti, comprensive dei relativi manufatti di servizio, riferite a servizi essenziali e non delocalizzabili”  
 Alla luce di quanto riportato nelle NTA, dunque, l’intervento risulta del tutto compatibile con il Piano. Tuttavia, in termini procedurali, si ritiene necessario richiedere il Parere di compatibilità

<p><b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b></p>	<p><b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT)  <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it  <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it</p>	<p>Pag. 41 di 50</p>
---	--	----------------------

idraulica L'Ente competente al rilascio del parere è l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale. Sede Puglia. A tal fine è stata predisposta apposita Relazione di Compatibilità Idraulica.

## 9.2 Piano di Tutela delle Acque

Per quanto attiene il **Piano di Tutela delle Acque** si rappresenta che l'area di intervento ricade interamente all'interno di aree soggette a "**vulnerabilità da contaminazione salina**" (**Fig. 8.3**).

Ad ogni modo la profondità massima di scavo raggiungerà 6,68 m dal piano di campagna, garantendo un franco di circa 9-10 m dal tetto dell'acquifero superficiale il quale è rinvenibile a profondità comprese tra 14 e 17 m dal piano di campagna, pertanto non si rilevano interferenze tra le condotte di progetto e la falda superficiale.

Si rappresenta che gli interventi di progetto possono ritenersi compatibili con il Piano di Tutela delle Acque in quanto non si prevedono opere di captazione della falda né scarichi nel suolo.

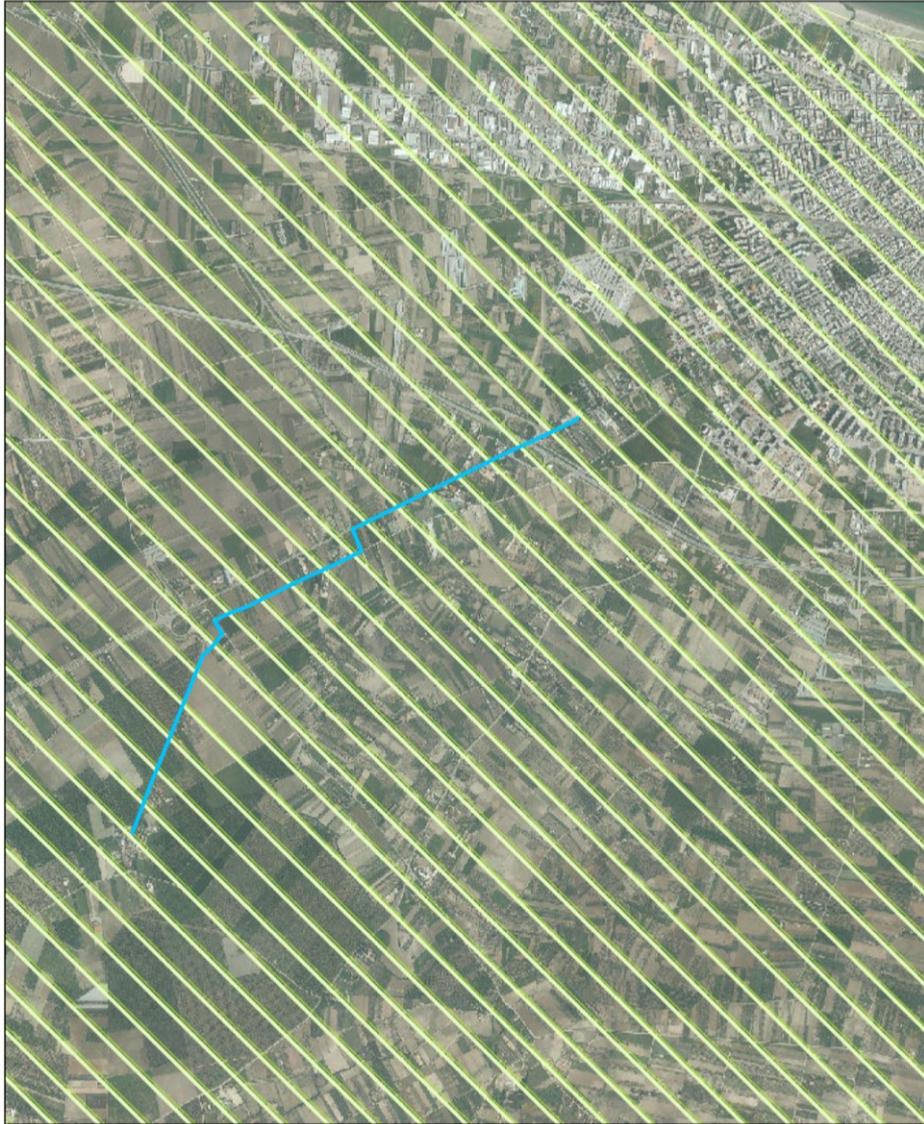
Dall'analisi dello stralcio cartografico inerente i vincoli del PTA le aree oggetto di intervento non risultano interferenti con aree meritevoli di tutela ai sensi del PTA.

Dall'analisi dello stralcio cartografico inerente i vincoli del PTA le aree oggetto di intervento risultano interferenti con le "Aree vulnerabili di contaminazione salina".

Tali aree sono caratterizzate da un sistema vincolistico che non influisce direttamente sul sistema di pianificazione urbanistica ed infrastrutturale, trattandosi di un sistema di tutela esclusivamente legato alla regolazione degli emungimenti dall'acquifero.

Pertanto, considerato che trattasi di opere il cui esercizio non prevede emungimenti e/o prelievi ai fini irrigui o industriali, l'intervento risulta compatibile e coerente con le misure previste dal PTA.

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 42 di 50
------------------------------------	---	---------------



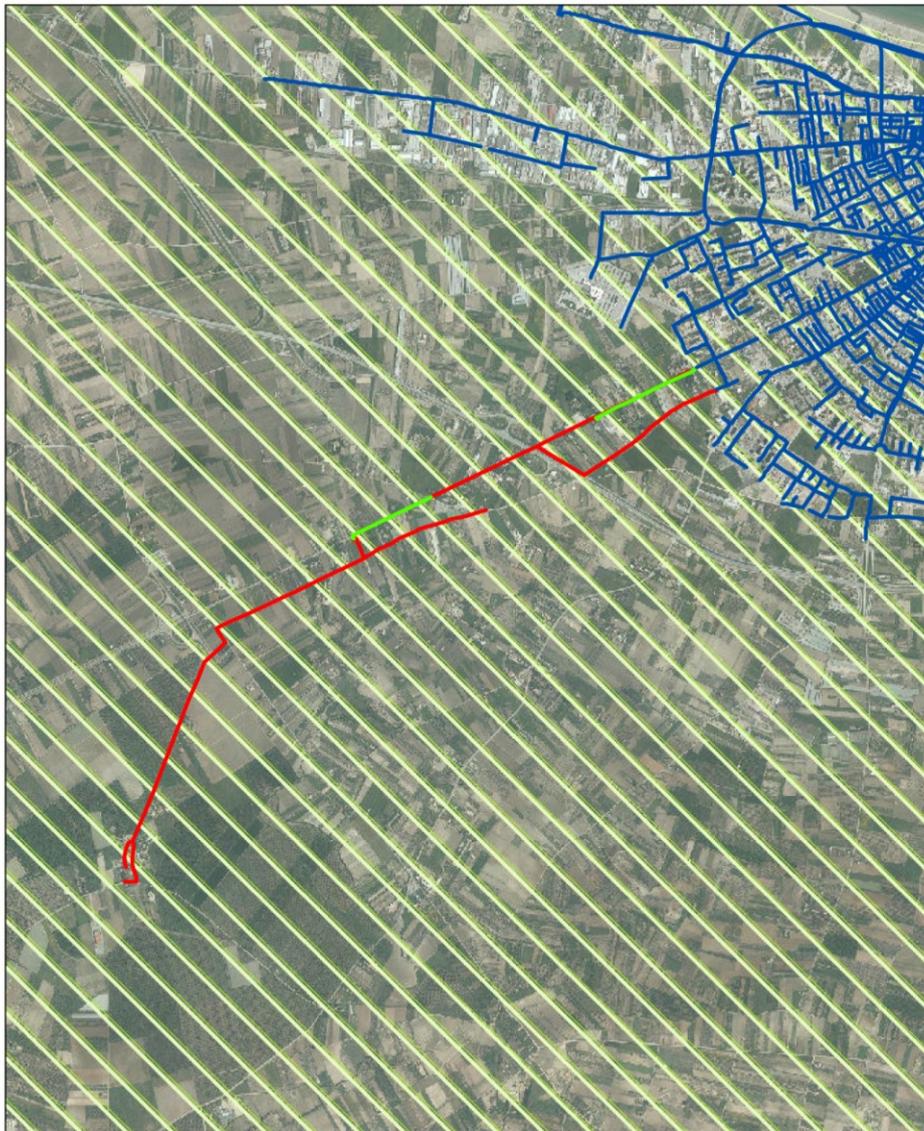
0 200 400 800 1200 1600 M

**Legenda**

— Rete idrica di progetto

**Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia**

- ZPSI A
- ZPSI B
- ZPSI C
- Aree di tutela quantitativa
- Aree di tutela quali-quantitativa
- Aree vulnerabili da contaminazione salina



**Legenda**

- Rete esistente
- Prementi
- Tronco fogna di progetto
- Sollevamenti di progetto

**Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia**

- ZPSI A
- ZPSI B
- ZPSI C
- Aree di tutela quantitativa
- Aree di tutela quali-quantitativa
- Aree vulnerabili da contaminazione salina

Sulla base di tutto quanto sopra, non è necessario procedere all'acquisizione di specifica autorizzazione.

### 9.3 Considerazioni ed indicazioni sulle modalità di scavo

Le informazioni relative alle modalità di scavo per la posa della condotta sono state desunte facendo riferimento sia ai parametri fisico-meccanici dei terreni nell'area di intervento, interpretati in termini di attitudine alla rippabilità (scavabilità).

Infatti, in letteratura sono disponibili numerosi studi volti a correlare la velocità delle onde sismiche con le caratteristiche di scavabilità e rippabilità degli ammassi rocciosi.

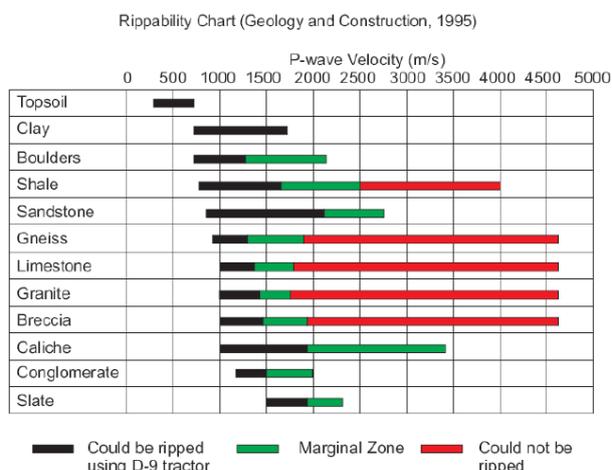
Il più conosciuto è quello sintetizzato nella tabella riportata nel *Caterpillar Performance Handbook* che però generalmente risulta eccessivamente "ottimista", nel senso che, ad esempio, ammassi rocciosi con velocità sino a 2200 m/s sono definiti rippabili, quando in realtà richiedono l'uso di martello demolitore. Una ricerca approfondita nella letteratura internazionale, ha permesso di rintracciare correlazioni alternative che, nella pratica risultano più realistiche, soprattutto considerate le attrezzature normalmente utilizzate nelle nostre zone.

Esse sono riportate nelle tabelle seguenti e sono quelle utilizzate per le valutazioni successive, permettendo la divisione degli ammassi rocciosi presenti nelle aree indagate in varie classi correlabili a quelle indicate sul prezzario regionale.

Una correlazione molto utilizzata è quella del *California Department of Transportations*

Velocity (m/s)	Rippability
1050 – 1500	Moderately Difficult
1500 – 2000	Difficult Ripping / Light Blasting
> 2000	Blasting Required

I valori limite vengono anche confrontati con la tipologia di roccia/terreno come indicato di seguito nella tabella della escavabilità (Rippability Chart, Geology and Construction, 1995).



Nella fattispecie di progetto per le attività di scavo a sezione obbligata, fino a profondità di 1.50 m, si può prevedere

- **scavo in rocce sciolte (argilla, sabbia, ghiaia, terreno vegetale e simili o con trovanti fino ad 1 mc).**

Invece, per profondità comprese tra 1,5 m fino a 5-7,5 m dal piano di campagna, in maniera cautelativa si può prevedere

- **scavo in conglomerati (calcareniti, tufo, pietra crosta, puddinghe, argilla compatta e assimilabili), scavabili con mezzi meccanici.**
- **in roccia calcarea o simile, compatta, o in blocchi litoidi non stratificati, con strati di modesto spessore**

Alcune considerazioni di indirizzo attuative sono utili per la migliore programmazione dell'intervento.

#### **Stabilità a breve termine dei fronti di scavo (fase di esecuzione delle opere)**

Le problematiche di stabilità dei fronti di scavo, soprattutto per inclinazioni elevate (quasi subverticali) sono uno degli aspetti più significativi soprattutto in fase esecutiva delle opere (es. sicurezza delle maestranze) ovvero prima della realizzazione delle opportune opere di sostegno necessarie per la sistemazione definitiva dell'area.

La stabilità dei fronti di scavo, oltre alla geometria degli stessi (altezza ed inclinazione), è fortemente influenzata dagli agenti atmosferici, in particolare dal deflusso superficiale e profondo, che riduce drasticamente ed improvvisamente la coesione dei terreni.

Particolari attenzioni dovranno essere pertanto poste in fase di apertura degli scavi i quali dovranno essere lasciati aperti in minor tempo possibile; inoltre nel caso di condizioni meteorologiche avverse i fronti di scavo dovranno essere protetti mediante teli impermeabili.

#### **Fase di approntamento cantiere: problematiche di scavo**

Come già in precedenza accennato lo scavo ed il relativo sostegno del fronte rappresentano la fase più delicata e di cui necessariamente dovranno essere valutate attentamente le scelte operative sia in fase di progetto che durante la realizzazione operativa.

Di seguito sono individuate alcune possibili scelte tecniche, senza alcuna presunzione di dimensionamento o di obbligo attuativo, legate alle geometrie dei fronti di scavo previsti.

Le possibili problematiche evidenziabili riguardano:

- 1) modalità esecutive dell'opera e presidi temporanei e/o definitivi;
- 2) fase di scavo e/o demolizione trovanti.

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 46 di 50
------------------------------------	---	---------------

## Scavi

In relazione alle differenti ipotesi di scavo, possono necessariamente sussistere problematiche estremamente variabili (es. presenza localizzata di livelli a caratteristiche geomeccaniche scadenti, venute idriche, ecc.) che impongono un costante controllo del cantiere e l'adozione di tutte le scelte tecniche atte alla corretta esecuzione dei lavori, adottando anche un costante controllo geologico almeno durante la delicata fase di scavo.

L'allontanamento delle acque meteoriche provenienti dalle aree a monte, nonché di quelle eventualmente intercettate durante lo sbancamento potrà avvenire necessariamente con drenaggi temporanei (es. canalette a monte del pendio) e definitivi (tubi di drenaggio).

Sebbene la campagna di indagini geologiche non abbia evidenziato la presenza di livelli di terre rosse, tuttavia, in presenza di acqua, si potrebbero innescare improvvisi fenomeni di crollo e di franamento del fronte di scavo a causa dell'effetto di dilavamento.

## Riferimenti normativi sugli scavi

Di seguito sono riportate alcuni riferimenti normativi in tal senso, da utilizzare quale riferimento:

1. D.Lgs 81/2008, art. 118:

- 1. Nei lavori di splateamento o sbancamento eseguiti senza l'impiego di escavatori meccanici, le pareti delle fronti di attacco devono avere un'inclinazione o un tracciato tali, in relazione alla natura del terreno, da impedire franamenti. Quando la parete del fronte di attacco supera l'altezza di m 1,50, è vietato il sistema di scavo manuale per scalzamento alla base e conseguente franamento della parete.*
- 2. Quando per la particolare natura del terreno o per causa di piogge, di infiltrazione, di gelo o disgelo, o per altri motivi, siano da temere frane o scoscendimenti, deve essere provveduto all'armatura o al consolidamento del terreno.(es in caso di innalzamento della falda).*

2. D.Lgs 81/2008, art. 119:

- 1. Nello scavo di pozzi e di trincee profondi più di m 1,50, quando la consistenza del terreno non dia sufficiente garanzia di stabilità, anche in relazione alla pendenza delle pareti, si deve provvedere, man mano che procede lo scavo, all'applicazione delle necessarie armature di sostegno.*

3. D.Lgs 81/2008, art. 120:

*È vietato costituire depositi di materiali presso il ciglio degli scavi. Qualora tali depositi siano necessari per le condizioni del lavoro, si deve provvedere alle necessarie puntellature.*

*È questo uno degli aspetti spesso dimenticati nei cantieri. Oltre a vietare il deposito di materiale di scavo sui cigli degli stessi e necessario non depositare altra tipologia di materiale (es. legato al cantiere) nè transitare con mezzi ad una distanza inferiore all'altezza dello scavo.*

4. D.M. 17.01.2018 "Norme tecniche sulle costruzioni" (NTC 2018) § 6.8.6. (fronti di scavo):

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 47 di 50
------------------------------------	---	---------------

*Per scavi trincea a fronte verticale di altezza superiore ai 2 m, nei quali sia prevista la permanenza di operai, e per scavi che ricadano in prossimità di manufatti esistenti, deve essere prevista un'armatura di sostegno delle pareti di scavo.*

#### **9.4 Stabilità nei confronti della liquefazione**

Le NTC 2018, prevedono nella sezione § 7.11.3.4 "Stabilità nei confronti della liquefazione", che *"Il sito presso il quale è ubicato il manufatto deve essere stabile nei confronti della liquefazione, intendendo con tale termine quei fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di edifici o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.*

*In assenza di interventi di miglioramento del terreno, l'impiego di fondazioni profonde richiede comunque la valutazione dell'riduzione della capacità portante e degli incrementi delle sollecitazioni indotti nei pali".*

Si rappresenta che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 1) accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
- 2) profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale strutture con fondazioni superficiali;
- 3) depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)_{60} > 30$  oppure  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- 4) distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ .

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 48 di 50
------------------------------------	---	---------------

## 10 CONCLUSIONI

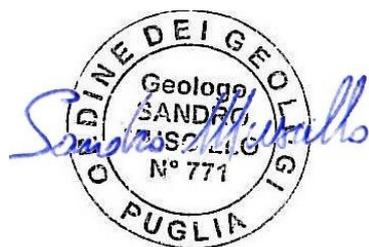
- I terreni di fondazione sono classificabili secondo le NTC 2018 come **Categoria di Suolo “B”**, cui corrispondono **Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s**, così come riportato nella Tabella 3.2.II delle NTC 2018.
- Le condotte di progetto avranno sede all'interno dei depositi alluvionali recenti consistenti in sabbie limose con ghiaie dotate di buone proprietà fisico-meccaniche, progressivamente crescenti con la profondità.
- Fino alla profondità di 10 m dal piano di campagna, non vi sono falde superficiali. Tuttavia, i dati idrogeologici disponibili per l'area di intervento ed i profili tomografici elettrici eseguiti per il presente progetto evidenziano che la falda superficiale è rinvenibile a partire dalla profondità di 14-17 m dal piano di campagna.
- Le caratteristiche dei terreni suggeriscono, per profondità fino ad 1,5 m dal piano di campagna, la seguente modalità di scavo: *scavo in rocce sciolte (argilla, sabbia, ghiaia, terreno vegetale e simili o con trovanti fino ad 1 mc)*, mentre per profondità comprese tra 1,5 m fino a 5-7,5 m dal piano di campagna si suggerisce lo scavo *in conglomerati (calcareni, tufo, pietra crosta, puddinghe, argilla compatta e assimilabili)*, *scavabili con mezzi meccanici*.
- In relazione alle profondità di scavo sarà necessaria l'armatura delle pareti di scavo (sbadacchiature). Inoltre in fase di apertura degli scavi dovranno essere lasciati aperti in minor tempo possibile e, nel caso di condizioni meteorologiche avverse i fronti di scavo dovranno essere protetti mediante teli impermeabili.
- In relazione alla presenza di aree a Media Pericolosità Idraulica e ad Alta Pericolosità Idraulica, si ritiene opportuno considerare le proprietà fisico-meccaniche dei terreni più superficiali al fine di valutare la capacità di resistenza al trascinamento, e le capacità di erosione/trasporto solido del Torrente Ciappetta-Camaggi in prossimità dei tratti di intervento, finalizzati a verificare la congruenza degli stessi con le dinamiche fluviali. Ne consegue la realizzazione di adeguate opere di intercettazione delle acque di scorrimento superficiale lungo il versante a monte delle opere di progetto.
- Gli interventi previsti non alterano in alcun modo le attuali condizioni geomorfologiche e di sicurezza dei luoghi trattandosi di opere interamente interrato realizzate, prevalentemente entro la sede stradale già esistente.
- Gli interventi non determineranno l'innescò di azioni morfoevolutive anche durante i periodi di forte precipitazione;

<b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b>	<b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT) <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it	Pag. 49 di 50
------------------------------------	---	---------------

- La tipologia progettuale, di tipo interrata, non pone alcun problema di ordine geologico o tecnico e non incide negativamente sugli equilibri idrogeologici dei luoghi, non determinando alcuna apprezzabile turbativa degli assetti geomorfologici, idrogeologici o geotecnici dell'area.
- Gli interventi risultano coerenti con le norme tecniche di attuazione dei vincoli che insistono nell'area, fatto salvo il parere di compatibilità idraulica da parte "Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale – Sede della Puglia"

Tanto dovevasi.

Il geologo  
Dott. *Sandro Muscillo*



<p><b>Dott. Geol. Sandro Muscillo</b></p>	<p><b>Studio:</b> Via Palmiro Togliatti n.33 - 76125 - Trani (BT)  <b>cell.:</b> 3401528258 - <b>e-mail:</b> sandromuscillo@libero.it  <b>P.E.C.:</b> sandromuscillo@epap.sicurezza postale.it</p>	<p>Pag. 50 di 50</p>
---	--	----------------------

# COMUNE DI BARLETTA

Barletta-Andria-Trani

## OGGETTO

### CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE CON PROVE DIRETTE E INDAGINI INDIRETTE ESEGUITE LUNGO LA SS 93 - COMUNE DI BARLETTA

CODICE

ELABORATO

**01**

**RELAZIONE SULLE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

## COMMITTENTE

ACQUEDOTTO PUGLIESE S.P.A.

## RILIEVI E INDAGINI

### APOGEO s.r.l.

Via della Roverella, 20 70022 Altamura (BA)

Cod. Fisc. e P. IVA 01037210778

Tel.: 080/3143324 [www.apogeo.biz](http://www.apogeo.biz)

Email: [apogeo.altamura@libero.it](mailto:apogeo.altamura@libero.it) - PEC: [apogeo.altamura@pec.it](mailto:apogeo.altamura@pec.it)

OS20A Class. I OS20B Class. IV



## IL DIRETTORE TECNICO

APOGEO S.r.l.  
Il Direttore Tecnico  
**Dr. Geol. Pietro Pepe**



## PROGETTISTA STRUTTURE

**Ing**

REV.	DATA	RIFERIMENTO REVISIONE	ESEGUITO	CONTROLLATO	APPROVATO
	Settembre 2023		GAUDIANO	PEPE	PEPE

SCALA

CODICE COMMESSA

**2023\_246**

## ELENCO ALLEGATI

ALLEGATO 01 – PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI

ALLEGATO 02 – PROVE PENETROMETRICHE DEL TIPO DPSH

ALLEGATO 03A E 03B – PROSPEZIONI SISMICHE DI SUPERFICIE IN ONDE P **E RE.MI.**

ALLEGATO 04 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

## SOMMARIO

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2. PROVE PENETROMETRICHE.....</b>	<b>4</b>
2.1 PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE DPSH.....	4
2.1.1 <i>Penetrometri in uso</i> .....	4
2.1.2 <i>Correlazione con N<sub>spt</sub></i> .....	5
2.1.3 <i>Valutazione resistenza dinamica alla punta R<sub>qp</sub></i> .....	5
2.1.4 <i>Metodologia di elaborazione</i> .....	6
2.1.5 <i>Valutazioni statistiche e correlazioni</i> .....	6
2.1.6 <i>Pressione ammissibile</i> .....	6
2.1.7 <i>Correlazioni geotecniche terreni incoerenti</i> .....	7
2.1.8 <i>Correlazioni geotecniche terreni coesivi</i> .....	9
2.2 RISULTATI DELLE PROVE DPSH.....	10
<b>3. PROSPEZIONI SISMICHE DI SUPERFICIE .....</b>	<b>10</b>
3.1 PROSPEZIONI SISMICHE A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE IN ONDE P .....	11
3.1.1 <i>Descrizione del metodo e della strumentazione</i> .....	11
3.1.2 <i>Acquisizione dei dati</i> .....	11
3.1.3 <i>Elaborazione dei dati</i> .....	11
3.1.4 <i>Rappresentazione dei dati</i> .....	11
3.1.5 <i>Interpretazione dei risultati</i> .....	12
3.2 PROSPEZIONE SISMICA PER LA STIMA DEL V <sub>s</sub> ,EQ .....	13
3.2.1 <i>RE.MI. (Refraction Microtremors) - Descrizione del metodo e della strumentazione</i> .....	13
3.2.2 <i>RE.MI. - Acquisizione dei dati</i> .....	13
3.2.3 <i>RE.MI. - Elaborazione dei dati</i> .....	14
3.2.4 <i>RE.MI. - Rappresentazione dei risultati</i> .....	14
3.2.5 <i>RE.MI. - Interpretazione dei risultati</i> .....	14
<b>4. STIMA DEI MODULI DINAMICI.....</b>	<b>17</b>
<b>5. ALLEGATO 01 – PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI .....</b>	<b>20</b>
<b>6. ALLEGATO 02 – PROSPETTI STRATIGRAFICI .....</b>	<b>ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È DEFINITO.</b>
<b>7. ALLEGATO 03 – PROVE DPSH.....</b>	<b>22</b>
<b>8. ALLEGATO 04A - PROSPEZIONI SISMICHE IN ONDE P .....</b>	<b>27</b>
BS01 .....	28
BS02 .....	31
<b>9. ALLEGATO 04B - PROSPEZIONI SISMICHE PER LA VERIFICA DELLA V<sub>s</sub>,EQ.....</b>	<b>34</b>



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IV



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

---

RE.MI.01.....	35
RE.MI.02.....	38
<b>10. ALLEGATO 05 - PROSPEZIONE SISMICA IN FORO .....</b>	<b>ERRORE. IL SEGNA LIBRO NON È DEFINITO.</b>
<b>11. ALLEGATO 06 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA .....</b>	<b>41</b>
<b>12. ALLEGATO 07 – PROVE CHIMICO-AMBIENTALI .....</b>	<b>ERRORE. IL SEGNA LIBRO NON È DEFINITO.</b>
<b>13. ALLEGATO 08A – PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO SU TERRE.....</b>	<b>ERRORE. IL SEGNA LIBRO NON È DEFINITO.</b>
<b>14. ALLEGATO 08B – PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO SU ROCCIA.....</b>	<b>ERRORE. IL SEGNA LIBRO NON È DEFINITO.</b>

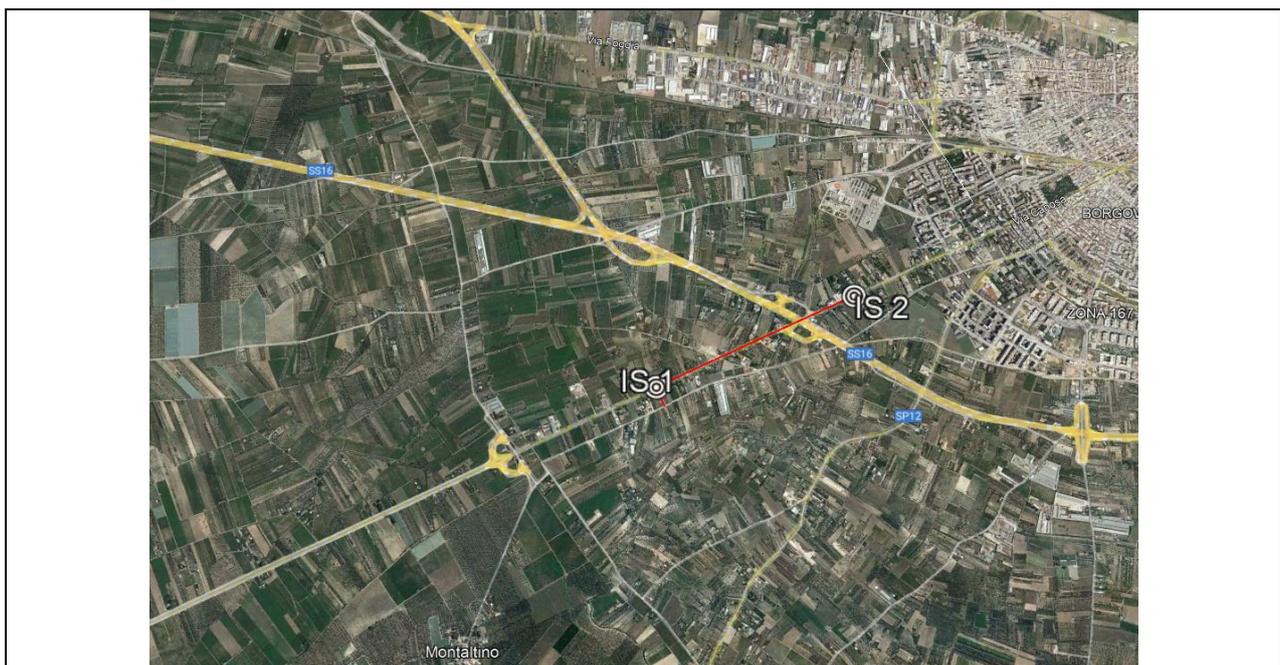
## 1. PREMESSA

Lungo la S.S. 93, nel territorio del Comune di Barletta (BT) è stata condotta una campagna di indagini dirette e indirette atta a ricostruire la condizione geologico del sito in esame, a verificare la presenza della falda superficiale, a determinare le caratteristiche elastico-dinamiche e geotecniche del terreno di fondazione.

La campagna geognostica a supporto degli interventi previsti nel comune di Barletta, nello specifico è consistita in:

- n. 2 prove penetrometriche del tipo DPSH, **DPSH0** e **DPSH02** di cui la DPSH01 è stata spinta fino a 10m (profondità che rientra nell'interessamento delle fondazioni) mentre la DPSH02 si è fermata a soli 0.80m, essendo andata a "rifiuto";
- n. 2 prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P (**BS01** e **BS02**) di cui la BS01 lunghezza pari 50.0m mentre la BS02 di lunghezza pari a 62.5m;
- n. 2 prospezioni di sismiche passive con tecnica RE.MI, (**RE.MI.01** e **RE.MI.02**) per la determinazione della categoria di sottosuolo secondo il  $V_{s,eq}$  definito dalle NTC2018.

*Stralcio ortofoto con ubicazione dell'area in esame*



## 2. PROVE PENETROMETRICHE

### 2.1 Prove penetrometriche dinamiche continue DPSH

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi  $\delta$ ) misurando il numero di colpi N necessari; sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette, inoltre, di individuare con un buon grado di precisione lo spessore delle coltri dal substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette, facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Gli elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M;
- altezza libera caduta H;
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura  $\alpha$ );
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$ ;
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	Peso della massa M (kg)	Profondità max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M < 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M > 60$	25

#### 2.1.1 Penetrometri in uso

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE): massa battente M = 30 kg, altezza di caduta H = 0.20 m, avanzamento = 10 cm, punta conica ( $\delta=60-90^\circ$ ), diametro D=35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;
- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE): massa battente M = 20 kg, altezza di caduta H=0.20 m, avanzamento = 10 cm, punta conica ( $\delta= 60-$

90°), diametro D 35.7 mm, area base cono A=10 cm<sup>2</sup> rivestimento / fango bentonitico: talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE): massa battente M = 73 kg, altezza di caduta H=0.75 m, avanzamento δ=30 cm, punta conica (α = 60°), diametro D = 50.8 mm, area base cono A=20.27 cm<sup>2</sup>, rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;
- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA): massa battente M=63.5 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento δ=20-30 cm, punta conica conica (α = 60°-90°) diametro D = 50.5 mm, area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>, rivestimento / fango bentonitico talora previsto.

In questa campagna geognostica è stato utilizzato un penetrometro superpesante “DPSH 63-73 SM della GEO Deep Drill” avente massa battente M=63.0 kg, altezza caduta H=0.75 m, avanzamento δ=20-30 cm, punta conica conica (α = 90°), φ=50mm, area base cono A = 20 cm<sup>2</sup>.

### 2.1.2 Correlazione con N<sub>spt</sub>

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più efficaci e vantaggiosi economicamente per ricavare informazioni circa la natura litologica e la condizione geologica del sottosuolo, occorre correlare i risultati delle due prove, quella in foro (Standard Penetration Test) e quella eseguita a partire dalla superficie (Prova Penetrometrica Dinamica); ciò risulta possibile utilizzando la seguente equazione:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q<sub>spt</sub> è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

dove

M	= peso massa battente;
M'	= peso aste;
H	= altezza di caduta;
A	= area base punta conica;
δ	= passo di avanzamento.

### 2.1.3 Valutazione resistenza dinamica alla punta R<sub>qp</sub>

#### Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

R<sub>pd</sub> = resistenza dinamica punta (area A);

e = infissione media per colpo (δ/ N);

M = peso massa battente (altezza caduta H);

P = peso totale aste e sistema battuta.

#### 2.1.4 Metodologia di elaborazione

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software*.

Tale programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981 permettendo inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione delle prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili e alquanto attendibili ai fini della progettazione. In particolare tale metodologia consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici;
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche;
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e della resistenza alla punta.

#### 2.1.5 Valutazioni statistiche e correlazioni

##### Elaborazione Statistica

Il programma di calcolo utilizzato, inoltre, permette l'elaborazione statistica dei dati numerici di Dynamic Probing, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

- **Media**: Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato;
- **Media minima**: valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato;
- **Massimo**: valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato;
- **Minimo**: valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato;
- **Scarto quadratico medio**: Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato;
- **Media deviata**: valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato;
- **Media scarto** (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato;
- **Distribuzione normale R.C.:** Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione: 
$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$
 dove  $N_{spt}$  è la deviazione standard di  $N_{spt}$ ;
- **Distribuzione normale R.N.C.:** Il valore di  $N_{spt,k}$  viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di  $N_{spt}$  distribuiti normalmente: 
$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$
 dove  $n$  è il numero di letture.

#### 2.1.6 Pressione ammissibile

Nel programma la pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) viene calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 m ed immersione  $d = 1$  m.

## 2.1.7 Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

### Correzione $N_{spt}$ in presenza di falda

In presenza di falda il valore  $N_{spt}$  viene corretto e quindi  $N_{spt}$  corretto =  $15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$  dove  $N_{spt}$  è il valore medio nello strato.

Si specifica che la correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

### Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m. per terreni sopra falda e < 8 m. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq);
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati);
- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m. per terreni in falda) >5 t/mq;
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°;
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %;
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $\phi > 15$  t/mq;
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose;
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq;
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt;
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

### Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie  $D_r$  viene sovrastimato, per limi sottostimato;
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato;
- Meyerhof (1957);
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC, metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di  $D_r$  % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

### Modulo Di Young (E<sub>y</sub>)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace;
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici;
- Schultze-Menzenbach, correlazione valida per vari tipi litologici;
- D'Appollonia ed altri (1970), correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia;
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

### Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia;
- Buismann-Sanglerat, correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa;
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati);
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

### Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

### Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

### Peso di volume saturo

- Bowles 1982, Terzaghi-Peck 1948-1967. Correlazione valida per peso specifico del materiale pari a circa 2,65 t/mc e per peso di volume secco variabile da 1,33 (N<sub>spt</sub> = 0) a 1,99 (N<sub>spt</sub> = 95).

### Modulo di Poisson

- Classificazione A.G.I..

### Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981. Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

### Velocità onde di taglio V<sub>s</sub> (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

### Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite;
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

### Modulo di reazione (K<sub>o</sub>)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

### Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson 1983 Qc.

#### 2.1.8 Correlazioni geotecniche terreni coesivi

##### Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983;
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con  $N_{spt} < 8$ , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate;
- Terzaghi-Peck (1948). *Cu min-max*;
- Sanglerat, da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi, tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività  $> 5$ , per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità;
- Sanglerat, (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche  $< 10$  colpi, per resistenze penetrometriche  $> 10$  l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat;
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità, (Cu- $N_{spt}$ -grado di plasticità);
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con  $N_c=20$  e  $Q_c/N_{spt}=2$ ;
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC;
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago). Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità;
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità;
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità;
- Begemann;
- De Beer.

### Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)

- Robertson 1983 Qc

##### Modulo Edometrico-Confinato (Mo)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali;
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali;
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi);
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (Kg/cmq) -, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ );
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt}=6-12$ ).

##### Modulo Di Young (EY)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P.  $> 15$ ;
- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

### Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977.

### Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

### Peso di volume saturo

- Correlazione Bowles (1982), Terzaghi-Peck (1948-1967), valida per condizioni specifiche: peso specifico del materiale pari a circa  $G=2,70$  (t/mc) e per indici dei vuoti variabili da 1,833 ( $N_{spt}=0$ ) a 0,545 ( $N_{spt}=28$ ).

## 2.2 Risultati delle prove DPSH

Le prove DPSH eseguite, eseguite in due siti distinti, hanno consentito di caratterizzare il sottosuolo fino ad una profondità massima di 10.0 m, nel caso della costruenda opera "Impianto di sollevamento IS\_1 e fino ad una profondità massima di 0.80 m, nel caso della costruenda opera "Impianto di sollevamento IS\_2; in entrambi i casi le prove sono state svolte a partire dal piano campagna, discretizzandolo in una serie di strati a differente comportamento in funzione del numero di colpi misurati durante le fasi di avanzamento con un passo di 0.20m.

I valori ottenuti del numero di colpi e dell'Rpd sono rappresentati in maniera grafica in **Allegato 02**.

Di seguito l'elenco dei parametri estrapolati dalle prove penetrometriche e le relative correlazioni utilizzate:

- "densità relativa" si è considerata la correlazione di *Skempton*;
- "angolo di resistenza al taglio" si è considerata la correlazione *Malcev 1986*;
- "modulo edometrico" la correlazione considerata è quella di *Menzenbach e Malcev (sabbie medie)*;
- "modulo di Young" in questo caso specifico, essendo state eseguite prove geofisiche in sito, sono state omesse nel report della presente prova;
- "peso unità di volume": la correlazione considerata è quella di *Meyerhof et alii*;
- "peso unità di volume saturo": la correlazione considerata è quella di *Terzaghi-Peck 1948-1967*;
- "coesione non drenata": *Sangleret*;
- "modulo di Poisson" si è considerata la correlazione AGI;
- "modulo di deformazione a taglio dinamico" si è considerata la correlazione di *Robertson e Campanella (1983)*;
- "velocità onde di taglio" in questo caso specifico, essendo state eseguite prove geofisiche in sito, sono state omesse nel report della presente prova;
- "modulo di reazione" si è considerata la correlazione *Navfac 1971-1982*;
- "resistenza alla punta" si è considerata la correlazione di *Robertson 1983*.

## 3. PROSPEZIONI SISMICHE DI SUPERFICIE

Il metodo sismico, consente in primo luogo di rilevare l'andamento della sismostratigrafia del sottosuolo, ricercando le superfici di discontinuità fisica – rifrattori – ed in particolare quelle superfici che separano porzioni di ammasso terroso o roccioso con differente grado di densità e compattezza; in secondo luogo di ricavare lo spessore e le caratteristiche geomeccaniche degli strati così riconosciuti, calcolare i valori di Rigidità Sismica dei singoli orizzonti al fine di valutare ad

esempio l'amplificazione sismica locale e classificare i terreni alla luce della recente normativa sismica (VS,eq).

### 3.1 Prospezioni sismiche a rifrazione di superficie in onde P

#### 3.1.1 Descrizione del metodo e della strumentazione

L'indagine geosismica del tipo a rifrazione di superficie, come tutti i metodi d'indagine indiretta del sottosuolo, permette di investigare un certo volume di sottosuolo variabile a seconda sia della lunghezza dei profili eseguiti ma anche della natura litologica del sito.

Il metodo consiste nell'inviare nel terreno un impulso sismico, tramite un'opportuna sorgente a impatto o esplosiva e nel rilevare il primo arrivo di energia, costituito da un'onda elastica diretta e da una rifratta. L'onda rifratta, emergente in superficie, è generata da interfacce rifrangenti che separano mezzi a differente velocità sismica (sismostrati), generalmente, crescente con la profondità.

I primi arrivi, individuati su sismogrammi rilevati dai geofoni e registrati tramite un sismografo, sono riportati su grafici tempo-distanza (dromocrone), in seguito interpretati per ottenere informazioni sismostratigrafiche.

Per il caso in esame, la strumentazione utilizzata è consistita in un sismografo a 24 canali, della "MAE" modello dell'X610/S con acquisizione computerizzata dei dati e in una sorgente del tipo ad impatto verticale per la generazione di onde rilevate da 24 geofoni rispettivamente di frequenza pari a 14Hz per le onde P.

#### 3.1.2 Acquisizione dei dati

Nell'ambito del presente studio, sono state eseguita n. **2** prospezioni sismiche a rifrazione di superficie, in onde P, **BS01 e BS02**, entrambi di lunghezza pari a 62.5 m; per le quali sono stati effettuati cinque scoppi ed utilizzati 24 geofoni.

Infatti, per quanto riguarda la geometria adottata per gli stendimenti, i 24 geofoni sono stati disposti sul terreno con una spaziatura di 2.5m, i punti di scoppio A e B sono a 2.5m rispettivamente dal **1°** e dal **24°** geofono, in posizione esterna allo stendimento geofonico, lo scoppio C è posto al centro dello stendimento stesso (fra il **12°** e il **13°** geofono), mentre gli altri due scoppi intermedi D ed E rispettivamente tra **6°** e **7°** geofono e tra il **18°** e il **19°** geofono, quindi l'intero stendimento per ciascuna di queste basi risulta di 62.5m.

L'ubicazione dei profili sismici è riportata nell' **Allegato 01**.

#### 3.1.3 Elaborazione dei dati

L'elaborazione dei dati è stata eseguita secondo la procedura descritta schematicamente di seguito:

- ✓ Inserimento delle geometrie mediante il software Pickwin (distanze fra geofoni e posizioni dei punti di scoppio);
- ✓ Applicazione dei filtri "*low-pass*" e "*high-pass*" per la lettura ottimale dei primi arrivi eliminando le frequenze di disturbo;
- ✓ *Picking* dei primi arrivi;
- ✓ Export delle dromocrone;
- ✓ Inversione tomografica dei dati attraverso l'applicativo Plotrefa;
- ✓ Definizione del modello sismostratigrafico.

#### 3.1.4 Rappresentazione dei dati

I dati elaborati sono stati esportati e restituiti nell'**allegato 03A**: per le basi sismiche sono stati riportati i sismogrammi relativi ai cinque punti di scoppio, le dromocrone, le sezioni tomografiche e i

modelli sismostratigrafici. In particolare l'elaborazione tomografica rappresenta l'andamento dei sismostrati, lungo la sezione corrispondente al profilo in superficie, ottenuta dalla elaborazione ed inversione dei dati sismici; il modello sismostratigrafico rappresenta invece l'interpretazione degli stessi sismostrati in funzione della geologia del sito, ottenuto correlando le velocità medie di ciascun sismostrato con i dati geologici noti e le loro velocità sismiche caratteristiche.

### 3.1.5 Interpretazione dei risultati

Ai fini della corretta interpretazione dei risultati dell'indagine sismica è importante precisare che generalmente:

- i sismostrati non sono necessariamente associabili a litotipi ben definiti, ma sono rappresentativi di livelli con simili caratteristiche elastiche, in cui le onde sismiche si propagano con la stessa velocità;
- la risoluzione del metodo è funzione della profondità di indagine e la risoluzione diminuisce con la profondità: considerato uno strato di spessore  $h$  ubicato a profondità  $z$  dal piano campagna, in generale non è possibile individuare sismostrati in cui  $h < 0.25 \cdot z$ .
- nelle indagini superficiali, le onde di taglio, meno veloci, arrivano in un tempo successivo, per cui il segnale registrato sarà la risultante delle onde S con le onde P e quindi la lettura dei tempi di arrivo delle onde S può risultare meno precisa della lettura dei tempi di arrivo delle onde P;
- i terreni esaminati possono ricoprire un ampio campo delle velocità sismiche, in relazione alla presenza di materiale di riporto, di terreno vegetale e di acqua di falda nonché ai vari gradi di stratificazione, carsificazione e di fratturazione dell'ammasso roccioso.

Di seguito sono stati riportati, in tabella, i valori di velocità delle onde sismiche di compressione tipici di ogni litotipo.

**Tabella 1.1 – Valori di velocità per le onde di compressione (da “Le indagini geofisiche per lo studio del sottosuolo” di Carrara – Rapolla – Roberti, “Il manuale del geologo” di Cassadio – Elmi).**

LITOTIPO	Vp (m/sec)
Areato superficiale	300-800
Argille	1100-2900
Sabbia asciutta	200-1000
Sabbie umida	600-1800
Terreni alluvionali sciolti	400-2100
Acqua	1400-1500
Calcere fratturato	700-4200
Calcere compatto	2800-6400
Calcere cristallino	5700-6400
Piroclastiti coerenti (tufo)	750-2450
Piroclastiti incoerenti (pozzolana)	350-1000
Arenaria	1400-4500
Granito, Monzonite, Granodiorite, Gabbro, Diabase, Basalto	4000-6000
Anidride	3500-5500
Gesso	1800-4000
Gneiss e scisti	3500-7500

Dai valori di velocità di propagazione delle onde P, è stato possibile ricavare la sismostruttura del sottosuolo in corrispondenza delle basi sismiche. Il sottosuolo investigato è stato distinto, in tre sismostrati ciascuno caratterizzato da un determinato valore di velocità delle onde di compressione. Data la lunghezza degli stendimenti eseguiti e la natura del sottosuolo esaminato, è stato possibile investigare il sottosuolo fino alla profondità massima compresa tra 12.50m e 14.0m a partire dalla superficie topografica.

Di seguito si riportano le risultanze delle basi sismiche eseguite:

- ✓ BS01 in onde P ed S (mediante RE.MI. 01): si individuano tre sismostrati

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	324	140	0,00÷1,90	Terreno vegetale e/o materiale di riporto
2	690	330	1,90÷7,70	Deposito sabbioso da poco a mediamente addensato
3	1078	546	7,70÷13,00	Deposito addensato, localmente cementato

- ✓ BS02 in onde P ed S (mediante RE.MI. 02): si individuano tre sismostrati

	Velocità Onde P in m/s	Velocità Onde S in m/s	Intervallo di profondità (m)	Descrizione
1	425	175	0,00÷2,00	Terreno vegetale e/o materiale di riporto
2	673	326	2,00÷7,80	Deposito sabbioso da poco a mediamente addensato
3	1037	521	7,80÷15,00	Deposito addensato, localmente cementato

### 3.2 Prospezione sismica per la stima del Vs,eq

#### 3.2.1 RE.MI. (Refraction Microtremors) - Descrizione del metodo e della strumentazione

Al fine di calcolare il valore di velocità delle onde di taglio S (Vs,eq) e determinare la classe di appartenenza del terreno di fondazione, secondo quanto è richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni DM 17/01/2018, sono stati eseguiti n. 2 profili RE.MI. (**RE.MI.01 e RE.MI.02**) ubicati rispettivamente in corrispondenza delle stesse basi sismiche come mostrato nell'**Allegato 01**.

La tecnica utilizzata consente una stima accurata dell'andamento delle velocità di propagazione delle onde S nel sottosuolo; ciò avviene registrando semplicemente il rumore di fondo ed elaborando il segnale con un opportuno software.

A rigore, quella che è misurata è la velocità delle onde superficiali (Onde di Rayleigh), ma essa è praticamente uguale alla velocità delle Onde S (95 ÷ 97%). È così possibile definire, con un'approssimazione valutabile tra il 5% e il 15%, il profilo "Vs".

Per il caso in esame, la strumentazione utilizzata è consistita in 24 geofoni verticali a 4.5Hz, in un sismografo a 24 canali della "MAE" modello X610/S con acquisizione computerizzata dei dati.

#### 3.2.2 RE.MI. - Acquisizione dei dati

Le fasi operative possono essere così schematizzate:

- predisposizione di ciascun stendimento, cioè una serie di 24 geofoni regolarmente spazati e in linea retta, di lunghezza pari a 57.5 metri (**RE.MI.01 e RE.MI.02**);
- esecuzione di 20 registrazioni della durata di 30 sec del rumore ambientale;

- controllo dei dati raccolti con prima elaborazione in situ del profilo, in modo da verificare la coerenza del segnale, l'effettivo raggiungimento della profondità d'investigazione richiesta ed eventualmente apportare le necessarie variazioni dei parametri d'acquisizione prima di ripetere la registrazione;
- i dati raccolti sono registrati nell'hd dell'X610/S.

### 3.2.3 RE.MI. - Elaborazione dei dati

L'analisi prevede la formattazione dei files dati, l'analisi spettrale con l'individuazione della curva di dispersione e la modellazione del profilo.

È importante rilevare che il profilo di ciascun stendimento è stato ottenuto coinvolgendo nelle misurazioni un'estesa porzione del sito da investigare, esso quindi, pur non avendo la risoluzione di un profilo ottenuto ad es. con la tecnica down-hole, è più rappresentativo a larga scala rispetto a quelli ottenibili da un rilievo puntuale.

I dati sono stati interpolati ed elaborati con i Software SWAN prodotto dalla Geostudi Astier.

### 3.2.4 RE.MI. - Rappresentazione dei risultati

Nell'**Allegato 03B** sono stati rappresentati, in tre grafici, le elaborazioni dei dati acquisiti con il metodo RE.MI. e il sismogramma medio di tutte le interazioni, per ciascun stendimento svolto.

Il primo grafico, a partire dallo spettro P-F, mette in relazione le frequenze contenute nel segnale registrato con il numero d'onda: permette di riconoscere l'energia delle Onde di Rayleigh e fissare i punti che rappresentano l'andamento della curva di dispersione, funzione della distribuzione della velocità negli strati del sottosuolo. Nel grafico successivo, invece, è riportata la curva calcolata tramite l'inversione di un modello di sottosuolo, ottenuto per "aggiustamenti" successivi da un modello iniziale, cercando ovviamente di trovare la migliore corrispondenza con i punti prima individuati. Il grafico successivo riporta il modello del sottosuolo in termini di strati con diversa velocità di propagazione delle Onde S.

### 3.2.5 RE.MI. – Interpretazione dei risultati

Alla luce della recente normativa in materia di costruzione, NTC 2018, è stato introdotto il calcolo di un nuovo parametro, il  $V_{s,eq}$ , in sostituzione del  $V_{s30}$ , ottenuto attraverso la seguente formula:

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

$h_i$  = Spessore in metri dello strato i-esimo

$V_{s,i}$  = 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/sec

In tale formula appare evidente come il calcolo delle velocità sismiche di taglio non si riferisce più necessariamente alla profondità di 30m, ma alla reale profondità del bedrock, ovvero, alla profondità di quella formazione rocciosa o terreno molto rigido, caratterizzato da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s, che inevitabilmente varierà di volta in volta.

In questo elaborato, le cui indagini sono state svolte in luoghi differenti, non limitrofi, è stato effettuato il calcolo del  $V_{s,eq}$  a partire dal piano campagna.

Basandosi sulle indagini sismiche svolte, è stata individuata la categoria del suolo di fondazione del sottosuolo in esame. Le indagini RE.MI., che hanno raggiunto una profondità investigativa superiore ai 30m, non hanno consentito però di individuare un substrato rigido caratterizzato da un  $V_s \geq 800$  m/s e pertanto, così come enuncia la nuova norma il valore del  $V_{s,eq}$  è definito dal parametro  $V_{s30}$

ottenuto ponendo  $H=30m$  nella attuale espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Come è possibile osservare dalle tabelle di calcolo, in corrispondenza del **RE.MI.01**, è stato ricavato un valore del  **$V_{s,eq} = V_{s,30} = 475m/s$**

<b>STIMA DEL <math>V_{s,eq}</math> – RE.MI.01</b>						
Strati	Litotipo	Spessore strato (m)	Velocità onda S misurata in sito (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali in secondi (onda S misurata)	
$h_1$	STRATO 1	1.0	140.00	$h_1/V_1$	0.007	
$h_2$	STRATO 2	6.0	330.00	$h_2/V_2$	0.018	
$h_3$	STRATO 3	7.0	546.00	$h_3/V_3$	0.013	
$h_4$	STRATO 4	15.7	638.00	$h_3/V_4$	0.025	
$h_5$	STRATO 5	0.3	680.00	$h_5/V_5$	0.000	
<b>H</b>		<b>30.0</b>		$\Sigma h_i/V_i$	0.063	
<b><math>V_{s,eq} (misurata) = \quad m/s \quad 475</math></b>						

in corrispondenza del **RE.MI.02**, è stato ricavato un valore del  **$V_{s,eq} = V_{s,30} = 447m/s$**

<b>STIMA DEL <math>V_{s,eq}</math> – RE.MI.02</b>						
Strati	Litotipo	Spessore strato (m)	Velocità onda S misurata in sito (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali in secondi (onda S misurata)	
$h_1$	STRATO 1	2.0	175.00	$h_1/V_1$	0.011	
$h_2$	STRATO 2	5.5	326.00	$h_2/V_2$	0.017	
$h_3$	STRATO 3	7.8	521.00	$h_3/V_3$	0.015	
$h_4$	STRATO 4	11.7	600.00	$h_3/V_4$	0.020	
$h_5$	STRATO 5	3.0	690.00	$h_5/V_5$	0.004	
<b>H</b>		<b>30.0</b>		$\Sigma h_i/V_i$	0.067	
<b><math>V_{s,eq} (misurata) = \quad m/s \quad 447</math></b>						

Da tale stima ne consegue che il sottosuolo esaminato rientra nella categoria di suolo di tipo “**B**” definita con le seguenti caratteristiche:

<b>Tabella 3.2. II - Categoria di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato</b>	
<b>Categoria</b>	<b>Descrizione</b>
<b>A</b>	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
<b>B</b>	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
<b>C</b>	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>D</b>	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
<b>E</b>	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

È opportuno precisare che dal profilo REMI si ricavano i valori di velocità delle onde S lungo la verticale a circa metà della lunghezza dello stendimento fino a una profondità mutevole in funzione della variazione delle frequenze; generalmente, se non ci sono particolari "accidenti", la profondità d'investigazione è pari alla lunghezza dello stendimento; in questo caso per gli stendimenti RE.MI. eseguiti, i modelli sismostratigrafici riportano una profondità dei sismostrati superiore a 30 m, calcolandoli a partire dal piano d'indagine.

#### 4. STIMA DEI MODULI DINAMICI

Dalle velocità sismiche, ricavate dall'indagine a rifrazione superficiale classica in onde P e dalla metodologia RE.MI., per entrambi gli stendimenti, sono stati stimati alcuni tra i principali parametri geotecnici relativi al comportamento elastico dei terreni coinvolti.

Assegnando, infatti, la densità in sito, ricavata empiricamente mediante l'equazione di Gardner, che lega la densità alla velocità delle onde longitudinali ( $V_p$ ), sono stati calcolati il *coefficiente di Poisson* e alcuni moduli elastici dinamici. Le determinazioni dei moduli elastici, eseguite mediante tali metodologie sismiche, sono riferibili a volumi significativi di terreno in condizioni relativamente indisturbate a differenza delle prove geotecniche di laboratorio che, pur raggiungendo un elevato grado di sofisticazione ed affidabilità, soffrono della limitazione di essere puntuali cioè relative ad un modesto volume di roccia.

I moduli elastici sismici possono essere correlati ai normali moduli statici attraverso un fattore di riduzione (*Rzhevsky et alii, 1971*) semplicemente evidenziando che si riferiscono, in virtù delle energie movimentate dall'indagine e del conseguente basso livello di deformazione raggiunto, ad un modulo statico tangente iniziale.

$$E_{din} = 8.3E_{stat} + 0,97$$

Inoltre, con i dati ottenuti dall'indagine eseguita è possibile calcolare il coefficiente di reazione del terreno  $K_s$  ( $\text{Kg/cm}^3$ ) attraverso la relazione di Vesic (1961):

$$K_s = E_s/B^*(1 - \nu^2)$$

dove

$B$  = larghezza della fondazione;

$E$  = modulo di elasticità del terreno;

$\nu$  = coefficiente di Poisson.

Infine per la classificazione geotecnica dell'ammasso, nell'ambito dello stesso foglio di calcolo, attraverso le letture sismiche, sono state determinate indirettamente, i valori di indice di qualità della roccia (RQD), nel caso degli ammassi rocciosi, la coesione dell'ammasso e l'angolo di attrito dello stesso.

Allo stesso tempo, per l'analisi dei pali sottoposti a forze orizzontali e nella verifica a svergolamento è stato determinato, indirettamente, il coefficiente di reazione orizzontale,  $K_h$ . Tale modulo viene determinato dalla formula di Chiarugi Maia secondo la quale è funzione di: modulo edometrico, modulo elastico del palo, diametro del palo, coefficiente di Poisson.

Di seguito sono riportati i principali moduli elastici dei terreni riguardanti la base sismica eseguita; tali valori si riferiscono all'ammasso pertanto devono essere intesi come valori medi.

### MODULI ELASTICO DINAMICI - BS01

	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
<b>Velocità onde P (m/s):</b>	<b>324</b>	<b>690</b>	<b>1078</b>
<b>Velocità onde S (m/s):</b>	<b>140</b>	<b>330</b>	<b>546</b>
<b>V<sub>LAB</sub> = Velocità onde P di laboratorio (m/s):</b>	<b>6000</b>	<b>6000</b>	<b>6000</b>
<b>SPESSORE MEDIO STRATO (m)</b>	<b>1.30</b>	<b>5.00</b>	<b>6.00</b>
<b>Profondità Media Strato (m)</b>	<b>0.65</b>	<b>3.80</b>	<b>9.30</b>
<b>Modulo di Poisson (<math>\nu</math>)</b>	0.39	0.35	0.33
<b>Densità naturale (<math>\rho</math> in gr/cm<sup>3</sup>) = 0,23xVp<sup>0,25</sup> (Gardner et al., 1974)</b>	1.32	1.59	1.78
<b>Porosità % (<math>\emptyset</math>)</b> (correlazione Rzhesky e Novik (1971))	47.72%	44.30%	40.67%
<b>MOD. di YOUNG DINAMICO - (E<sub>din</sub> in Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	714	4678	14059
<b>MOD. di TAGLIO DINAMICO (G<sub>din</sub> in Kg/cm<sup>2</sup>)</b> G <sub>din</sub> = E <sub>din</sub> /(2*(1+ $\nu$ ))	258	1730	5295
<b>MOD. di BULK (K) (Kg/cm<sup>2</sup>):</b> K=E <sub>din</sub> /(3*(1-2* $\nu$ ))	1037	5257	13582
<b>MOD. di YOUNG STATICO (E<sub>stat</sub> in Kg/cm<sup>2</sup>)</b> (Rzhesky et alii, 1971)	86	563	1694
<b>MOD. di TAGLIO STATICO (G<sub>stat</sub> in Kg/cm<sup>2</sup>)</b>	31	208	638
<b>MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm<sup>2</sup>)</b> <span style="color:red">▲</span> (da velocità onde P e densità) $\rho * Vp^2$ (valido per le terre)	14.08	77.14	210.49
<b>MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in Kg/cm<sup>2</sup>)</b> M=((Vp*Vp* $\rho$ *(1+ $\nu$ )*(1-2* $\nu$ )/(1- $\nu$ )) (relazione di NAVIER)	7.28	47.70	143.36
<b>Rigidità Sismica (<math>\gamma * Vp</math>) (Tonn/m<sup>2</sup>*sec)</b>	<b>184</b>	<b>524</b>	<b>970</b>
<b>Frequenza dello Strato</b>	<b>27</b>	<b>17</b>	<b>23</b>
<b>Periodo dello Strato</b>	<b>0.04</b>	<b>0.06</b>	<b>0.04</b>
<b>COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO</b>			
<b>B (ipotesi dimensione fondazione superficiale in cm)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>D (ipotesi diametro palo in m)</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>
<b>K = (Coeff. di Winkler in Kg/cm<sup>3</sup> -&gt; VESIC 1961) k=E/[B(1-<math>\nu</math><sup>2</sup>)]</b>	<b>1.01</b>	<b>6.43</b>	<b>18.97</b>
<b>k = 17,2*Vs<sup>1,25</sup> Kg/cm<sup>3</sup> (Bowles 1997, Keceli, Imai e Yoshimura 2012)</b>	<b>0.84</b>	<b>2.47</b>	<b>4.63</b>
<b>K<sub>v</sub> (Coeff. di Winkler verticale in Kg/cm<sup>3</sup> -&gt; K<sub>v</sub> = <math>\alpha 2 * E d / b</math> dove <math>\alpha 2 = 2 / \log_e(b+2H) / b</math>)</b>	<b>0.08</b>	<b>0.99</b>	<b>3.19</b>
<b>K<sub>h</sub> (Coeff. di Winkler orizzontale in Kg/cm<sup>3</sup> - Chiarugi-Maia)</b>	<b>0.12</b>	<b>3.94</b>	<b>27.03</b>
<b>INDICAZIONI SU CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE</b>			
<b>Fs (Fattore di sicurezza= Vp/Vs)</b>	<b>2.3</b>	<b>2.1</b>	<b>2.0</b>
<b>Q<sub>ult</sub> (kg/cm<sup>2</sup>) = <math>\gamma_{nat} * v_s^*(0,1)</math> (Keceli 2012)</b>	<b>1.84</b>	<b>5.24</b>	<b>9.70</b>
<b>Q<sub>amm</sub>=Q<sub>ult</sub>/Fs</b>	<b>0.80</b>	<b>2.51</b>	<b>4.91</b>

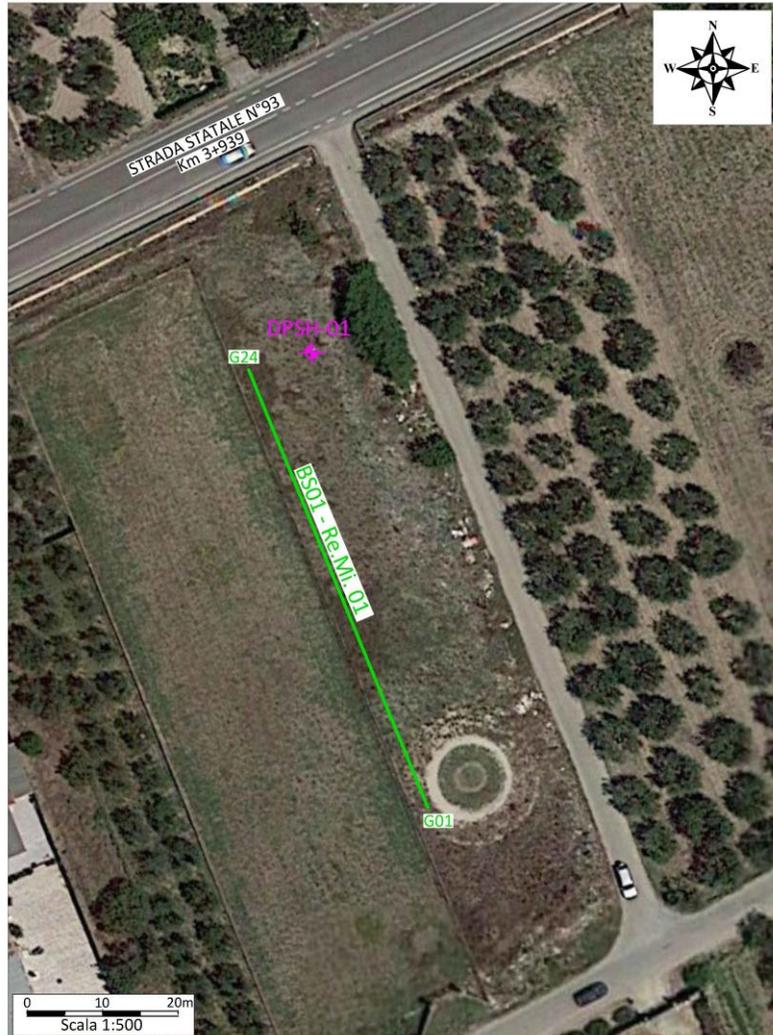
### MODULI ELASTICO DINAMICI - BS02

	STRATO 1	STRATO 2	STRATO 3
<b>Velocità onde P (m/s):</b>	<b>425</b>	<b>673</b>	<b>1037</b>
<b>Velocità onde S (m/s):</b>	<b>175</b>	<b>326</b>	<b>521</b>
<b>V<sub>LAB</sub> = Velocità onde P di laboratorio (m/s):</b>	<b>6000</b>	<b>6000</b>	<b>6000</b>
<b>SPESSORE MEDIO STRATO (m)</b>	<b>2.00</b>	<b>6.00</b>	<b>6.00</b>
<b>Profondità Media Strato (m)</b>	<b>1.00</b>	<b>5.00</b>	<b>11.00</b>
<b>Modulo di Poisson (<math>\nu</math>)</b>	0.40	0.35	0.33
<b>Densità naturale (<math>\rho</math> in <math>\text{gr}/\text{cm}^3</math>) = <math>0,23 \times V_p^{0,25}</math> (Gardner et al., 1974)</b>	1.41	1.58	1.76
<b>Porosità % (<math>\emptyset</math>)</b> (correlazione Rzheshvsky e Novik (1971))	46.78%	44.46%	41.06%
<b>MOD. di YOUNG DINAMICO - (<math>E_{din}</math> in <math>\text{Kg}/\text{cm}^2</math>)</b>	1205	4520	12713
<b>MOD. di TAGLIO DINAMICO (<math>G_{din}</math> in <math>\text{Kg}/\text{cm}^2</math>)</b> $G_{din} = E_{din} / (2 \cdot (1 + \nu))$	431	1678	4775
<b>MOD. di BULK (K) (<math>\text{Kg}/\text{cm}^2</math>):</b> $K = E_{din} / (3 \cdot (1 - 2 \cdot \nu))$	1968	4914	12551
<b>MOD. di YOUNG STATICO (<math>E_{stat}</math> in <math>\text{Kg}/\text{cm}^2</math>)</b> (Rzheshvsky et alii, 1971)	145	544	1532
<b>MOD. di TAGLIO STATICO (<math>G_{stat}</math> in <math>\text{Kg}/\text{cm}^2</math>)</b>	52	202	575
<b>MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in <math>\text{Kg}/\text{cm}^2</math>)</b> (da velocità onde P e densità) $\rho \cdot V_p^2$ (valido per le terre)	25.92	72.93	192.91
<b>MOD. DI COMPRESSIONE EDOMETRICA (M in <math>\text{Kg}/\text{cm}^2</math>)</b> $M = ((V_p \cdot V_p \cdot \rho \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - 2 \cdot \nu)) / (1 - \nu))$ (relazione di NAVIER)	12.29	46.09	129.64
<b>Rigidità Sismica (<math>\gamma \cdot V_p</math>) (Tonn/m<sup>2</sup>·sec)</b>	<b>246</b>	<b>515</b>	<b>917</b>
<b>Frequenza dello Strato</b>	<b>22</b>	<b>14</b>	<b>22</b>
<b>Periodo dello Strato</b>	<b>0.05</b>	<b>0.07</b>	<b>0.05</b>
<b>COEFFICIENTE DI SOTTOFONDO</b>			
<b>B</b> (ipotesi dimensione fondazione superficiale in cm)	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>
<b>D</b> (ipotesi diametro palo in m)	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>	<b>0.50</b>
<b>K</b> = (Coeff. di Winkler in $\text{Kg}/\text{cm}^3 \rightarrow \text{VESIC 1961}$ ) $k = E / [B \cdot (1 - \nu^2)]$	<b>1.72</b>	<b>6.19</b>	<b>17.20</b>
<b>k</b> = $17,2 \cdot V_s^{1,25}$ $\text{Kg}/\text{cm}^3$ (Bowles 1997, Keceli, Imai e Yoshimura 2012)	<b>1.12</b>	<b>2.43</b>	<b>4.37</b>
<b>K<sub>v</sub></b> (Coeff. di Winkler verticale in $\text{Kg}/\text{cm}^3 \rightarrow K_v = \alpha \cdot 2 \cdot E_d / b$ dove $\alpha = 2 / \log_e(b + 2H) / b$ )	<b>0.17</b>	<b>1.03</b>	<b>2.89</b>
<b>K<sub>h</sub></b> (Coeff. di Winkler orizzontale in $\text{Kg}/\text{cm}^3$ - Chiarugi-Maia)	<b>0.35</b>	<b>4.80</b>	<b>28.97</b>
<b>INDICAZIONI SU CAPACITA' PORTANTE FONDAZIONE SUPERFICIALE</b>			
<b>F<sub>s</sub></b> (Fattore di sicurezza = $V_p / V_s$ )	<b>2.4</b>	<b>2.1</b>	<b>2.0</b>
<b>Q<sub>ult</sub></b> ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ ) = $\gamma_{nat} \cdot v_s \cdot (0,1)$ (Keceli 2012)	<b>2.46</b>	<b>5.15</b>	<b>9.17</b>
<b>Q<sub>amm</sub></b> = $Q_{ult} / F_s$	<b>1.01</b>	<b>2.49</b>	<b>4.60</b>

## 5. ALLEGATO 01 – PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI

- 
- UBICAZIONE DI DETTAGLIO DELLE PROVE DPSH: DPSH01 E DPSH02
  - UBICAZIONE DI DETTAGLIO DELLE INDAGINI SISMICHE DI SUPERFICIE: BS01 E BS02 – RE.MI.01 E RE.MI.02
-

**ALLEGATO 01: PLANIMETRIA CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI DIRETTE E INDIRECTE - SCALA 1:500**



## 6. ALLEGATO 02 – PROVE DPSH

- 
- NUMERO DI COLPI
  - RESISTENZA DINAMICA
  - INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA
-



Cat. OS20A Class. I  
Cat. OS20B Class. IV



ISO 9001:2015

Certificate No: IT/0146Q/0283

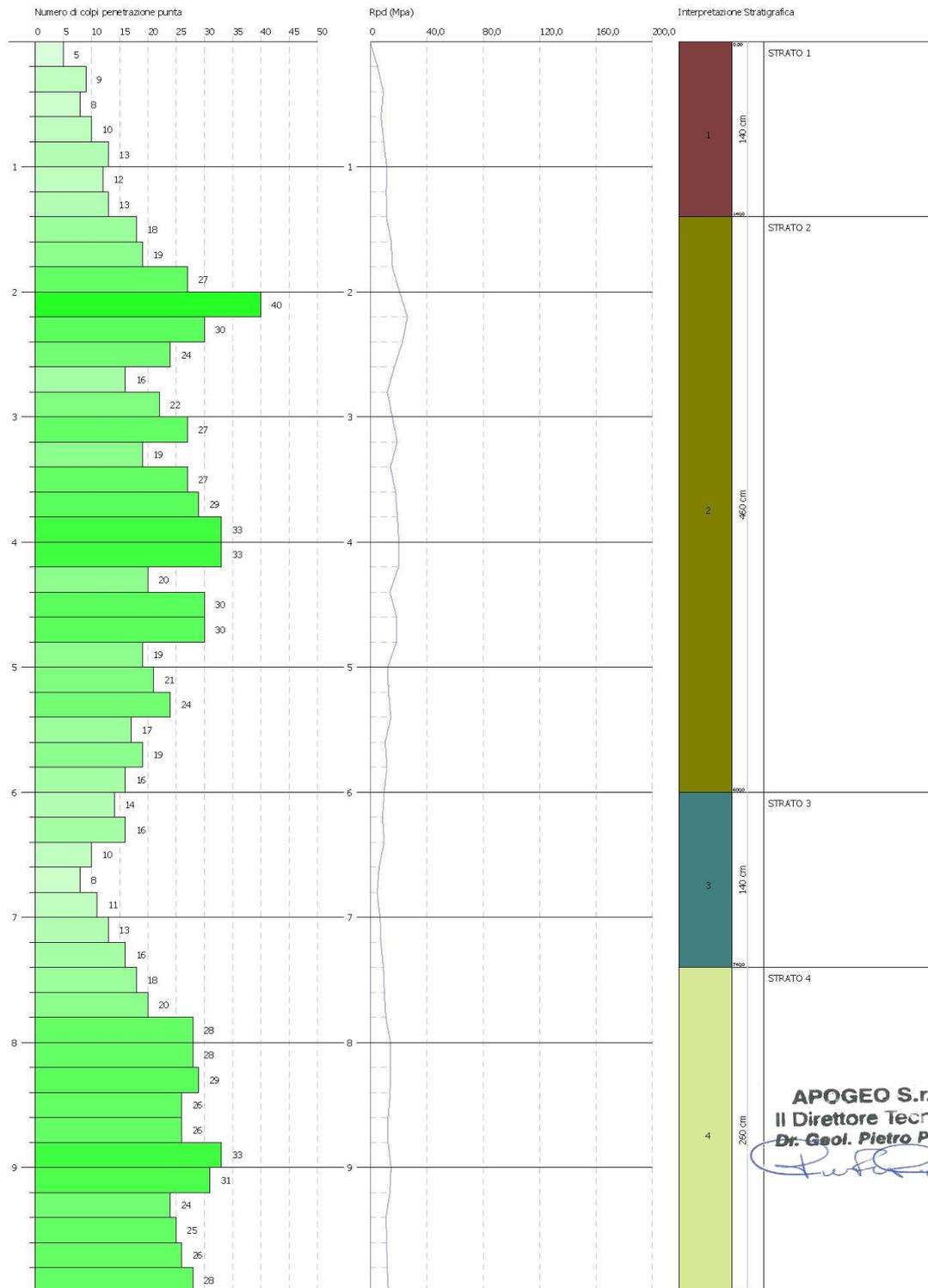
PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 01	Correlazione	Strato 1	Strato 2	Strato 3	Strato 4
Spessore		1.40m	4.60m	1.40m	2.60m
Coesione non drenata $C_u$ ( $Kg/cm^2$ ) (*)	Sanglerat	2,39	5,36	2,77	4,88
Densità relativa $D_r$ (%)	SKempton (1986)	49,84	74,66	54,29	76,95
Angolo di resistenza al taglio $\phi$ (°)	Malcev 1964	28,94	31,39	29,01	29,66
Modulo Edometrico $E_{ed}$ ( $Kg/cm^2$ )	Menzenbach e Malcev (sabbie media)	123,07	229,49	136,41	242,76
Peso unità di volume $\gamma$ ( $t/m^3$ )	Meyerhof et alii	1,85	2,01	1,72	1,92
Peso unità di volume saturo $\gamma_s$ ( $t/m^3$ )	Terzaghi -Peck 1948-1967	1,95	2,08	1,84	1,99
Modulo di Poisson $\sigma$	(A.G.I.)	0,38	0,33	0,37	0,33
Classificazione AGI	(A.G.I. – 1977)	Moderatamente addensato	Addensato	Moderatamente addensato	Addensato
Modulo di deformazione a taglio dinamico ( $Kg/cm^2$ )	Robertson e Campanella (1983)	1039,10	2225,48	1195,54	2369,40
Modulo di reazione $K_0$	Navfac 1971-1982	3,89	7,25	4,42	7,61
Resistenza punta Penetrometro Statico $Q_c$ ( $Kg/cm^2$ )	Robertson (1983)	37,04	85,80	44,30	91,62

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr. 1  
Strumento utilizzato... DFSH 73 DEEP DRILL

Committente: ACQUEDOTTO PUGLIESE S.P.A.  
Cantiere: ESECUZIONE DI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO  
Località: SS 93 - BARLETTA (BT)

Data: 05/09/2023

Scala 1:42



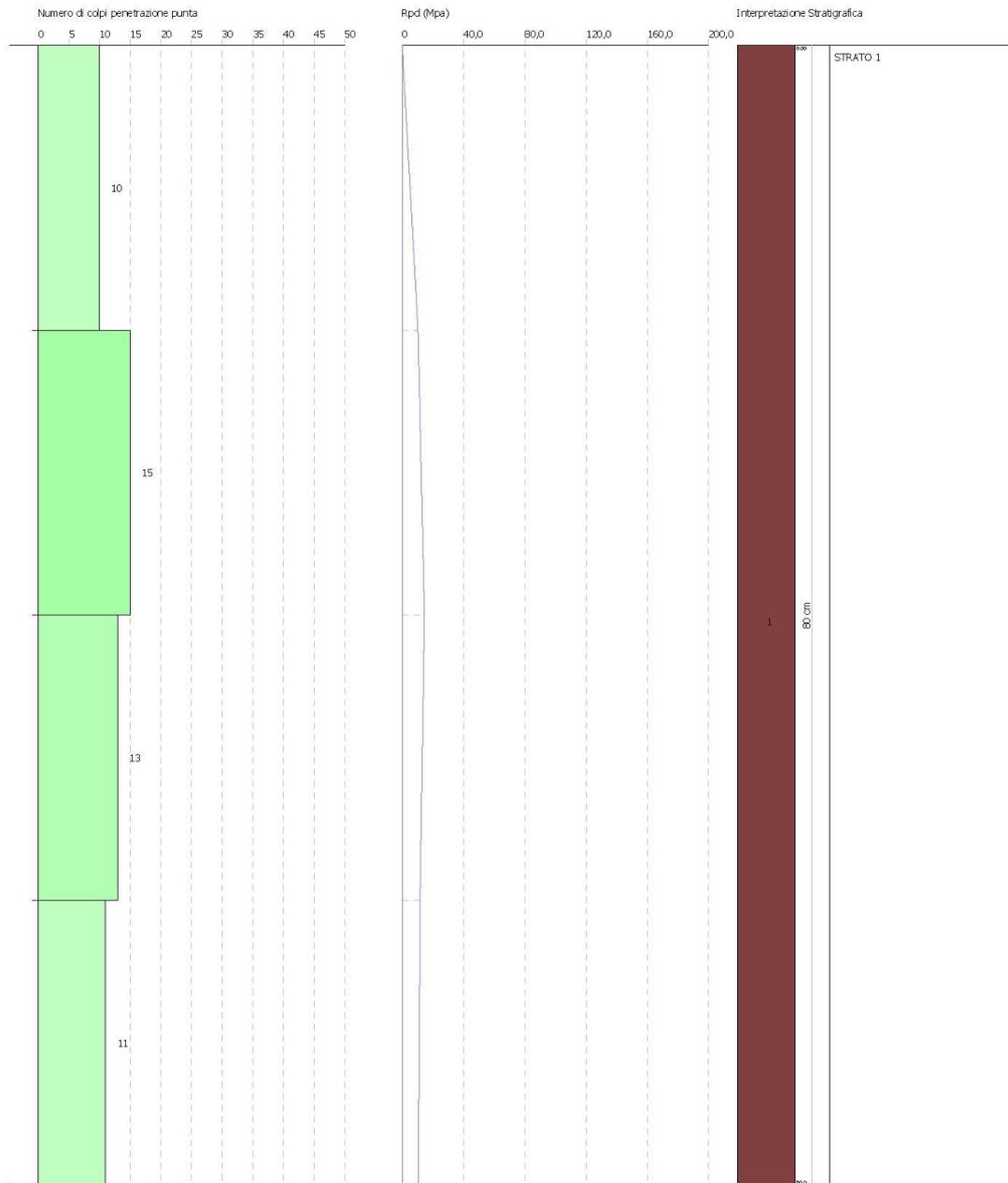
PARAMETRI GEOTECNICI PROVA DPSH 02	Correlazione	Strato 1
Spessore		0,80m
Coesione non drenata $C_u$ (Kg/cm <sup>2</sup> ) (*)	Sanglerat	2,44
Densità relativa $D_r$ (%)	SKempton (1986)	47,47
Angolo di resistenza al taglio $\phi$ (°)	Malcev 1964	28,00
Modulo Edometrico $E_{ed}$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Menzenbach e Malcev (sabbie media)	136,10
Peso unità di volume $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Meyerhof et alii	1,82
Peso unità di volume saturo $\gamma_s$ (t/m <sup>3</sup> )	Terzaghi -Peck 1948-1967	1,90
Modulo di Poisson $\sigma$	(A.G.I.)	0,40
Classificazione AGI	(A.G.I. – 1977)	Moderatamente addensato
Modulo di deformazione a taglio dinamico (Kg/cm <sup>2</sup> )	Robertson e Campanella (1983)	1009,93
Modulo di reazione $K_0$	Navfac 1971-1982	3,77
Resistenza punta Penetrometro Statico $Q_c$ (Kg/cm <sup>2</sup> )	Robertson (1983)	35,94

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr. 2  
Strumento utilizzato... DF5H 73 DEEP DRILL

Committente: ACQUEDOTTO PUGLIESE S.P.A.  
Cantiere: ESECUZIONE DI IMPIANTI DI SOLLEVAMENTO  
Località: SS 93 - BARILETTA (BT)

Data: 05/09/2023

Scala 1:4

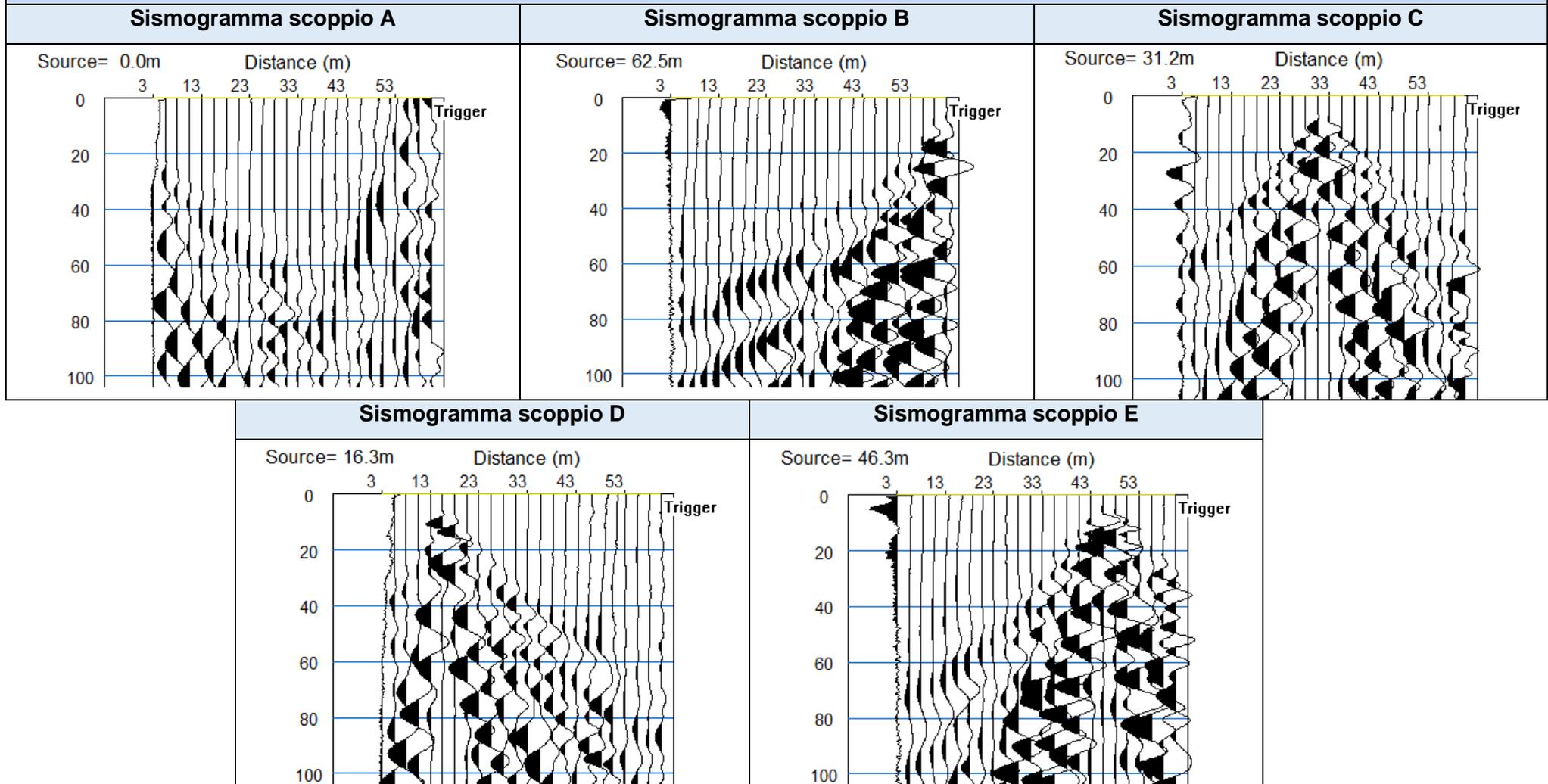


## 7. ALLEGATO 03A - PROSPEZIONI SISMICHE IN ONDE P

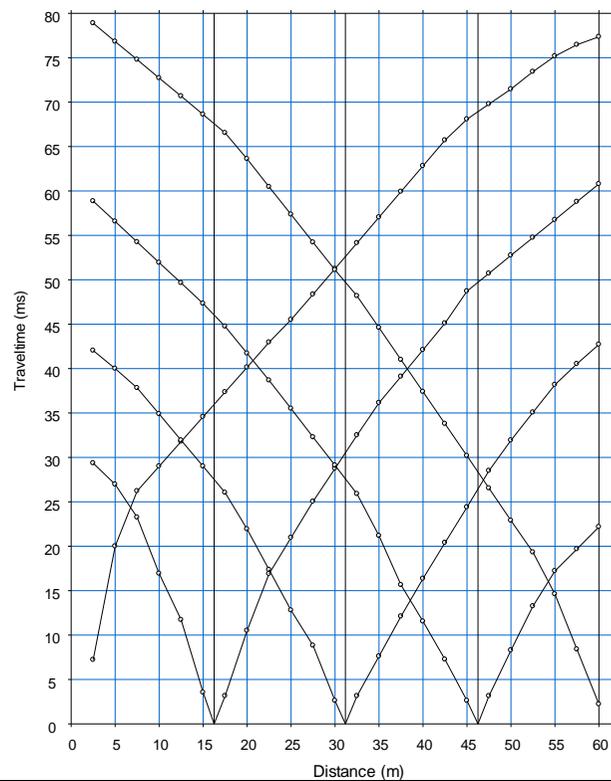
- 
- SISMOGRAMMI
  - DROMOCRONE
  - TOMOGRAFIE SISMICHE MODELLI SISMOSTRATIGRAFICI
-

BS01

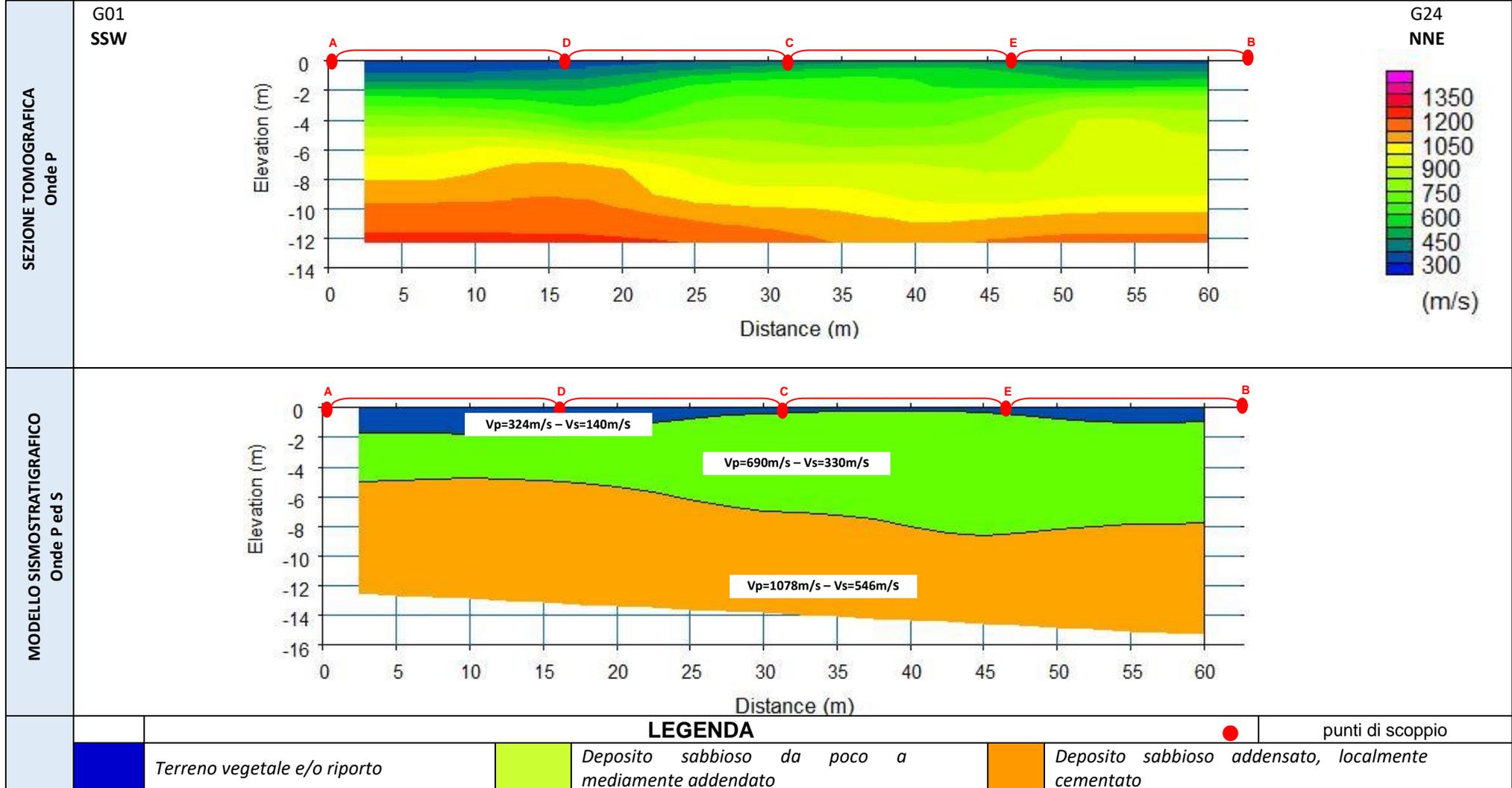
**LOCALITA' SS 93, BARLETTA (BT) - SISMICA A RIFRAZIONE ONDE P: SISMOGRAMMI BS01**



### LOCALITA' SS 93, BARLETTA (BT) - SISMICA A RIFRAZIONE ONDE P: DROMOCRONE BS01

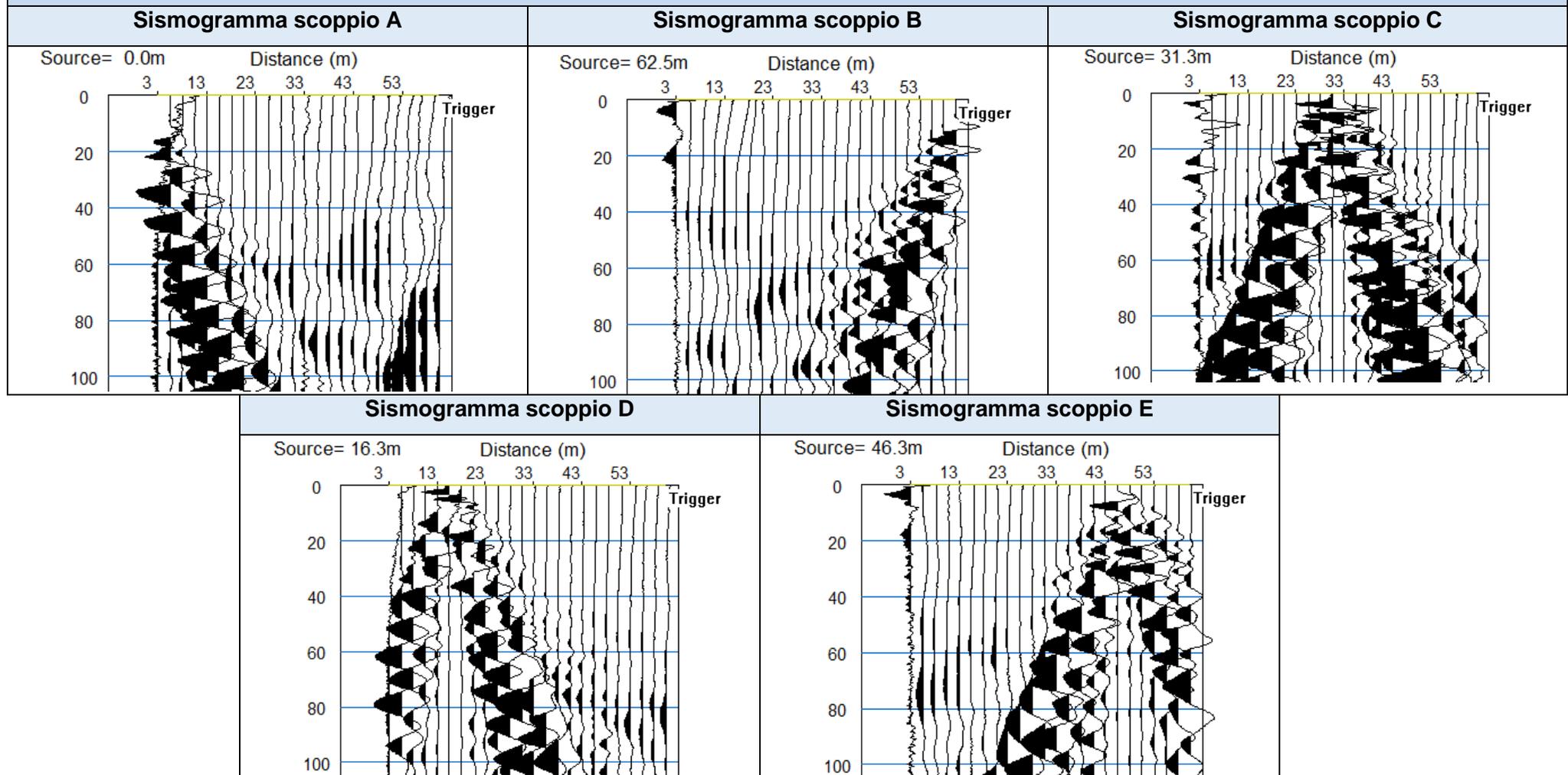


**LOCALITA' SS 93, BARLETTA (BT) - SISMICA A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE: BS01**

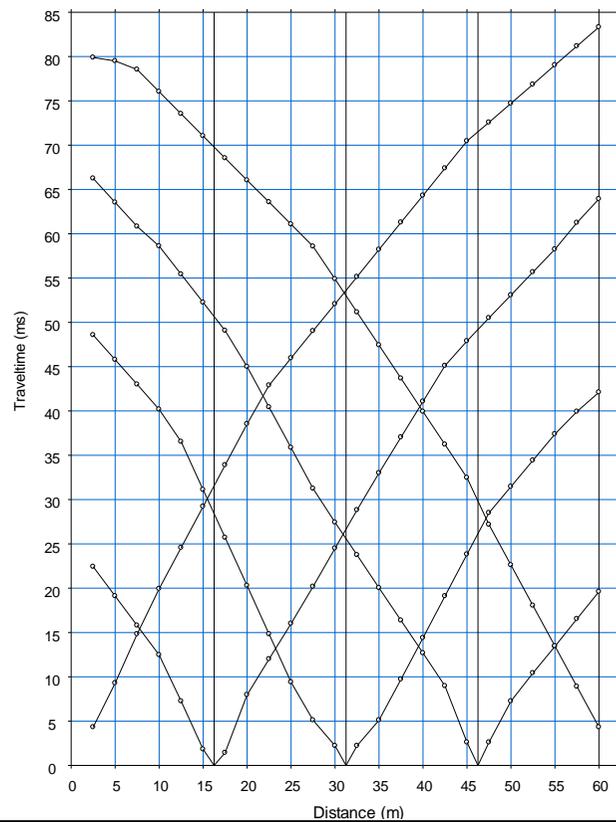


BS02

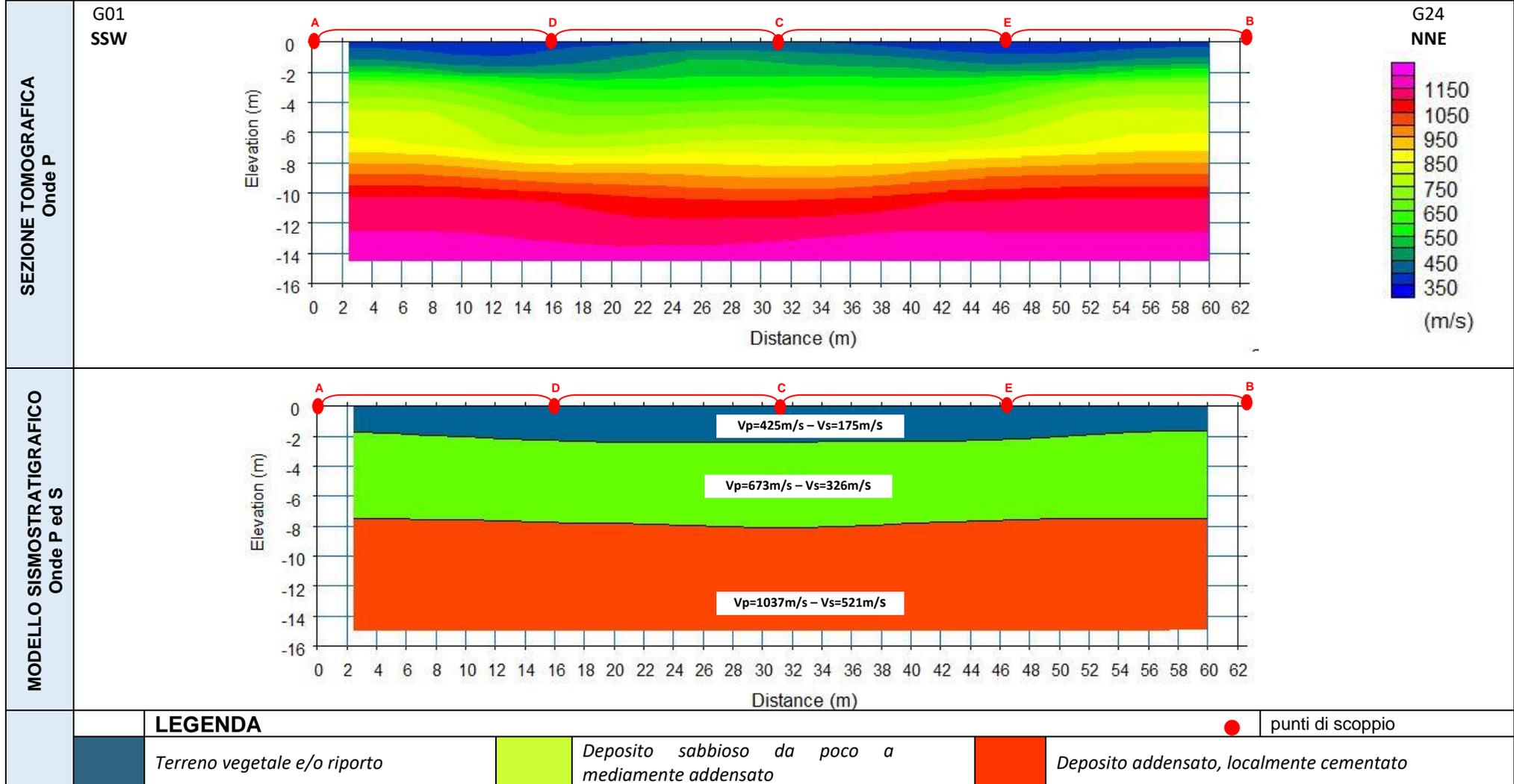
LOCALITA' SS 93, BARLETTA (BT) - SISMICA A RIFRAZIONE ONDE P: SISMOGRAMMI BS02



### LOCALITA' SS 93, BARLETTA (BT) - SISMICA A RIFRAZIONE ONDE P: DROMOCRONE BS02



**LOCALITA' SS 93, BARLETTA (BT) - SISMICA A RIFRAZIONE DI SUPERFICIE: BS02**



## 8. ALLEGATO 03B - PROSPEZIONI SISMICHE PER LA VERIFICA DELLA VS, EQ

- 
- ELABORATI INDAGINI RE.MI.
    - SISMOGRAMMI MEDI
    - SPETTRI
    - CURVE DI DISPERSIONE
    - PROFILI DI VELOCITA'
    - TABELLE VALORI
-

RE.MI.01

ELABORATI INDAGINE RE.MI.01

SISMOGRAMMA MEDIO

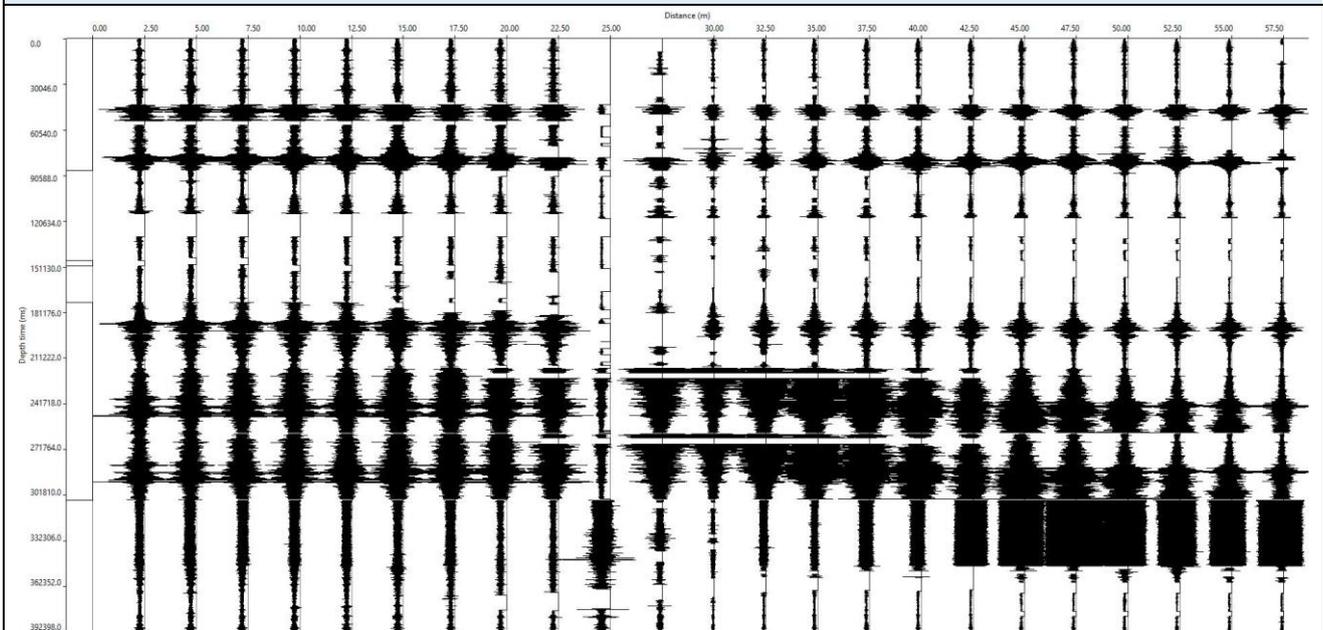
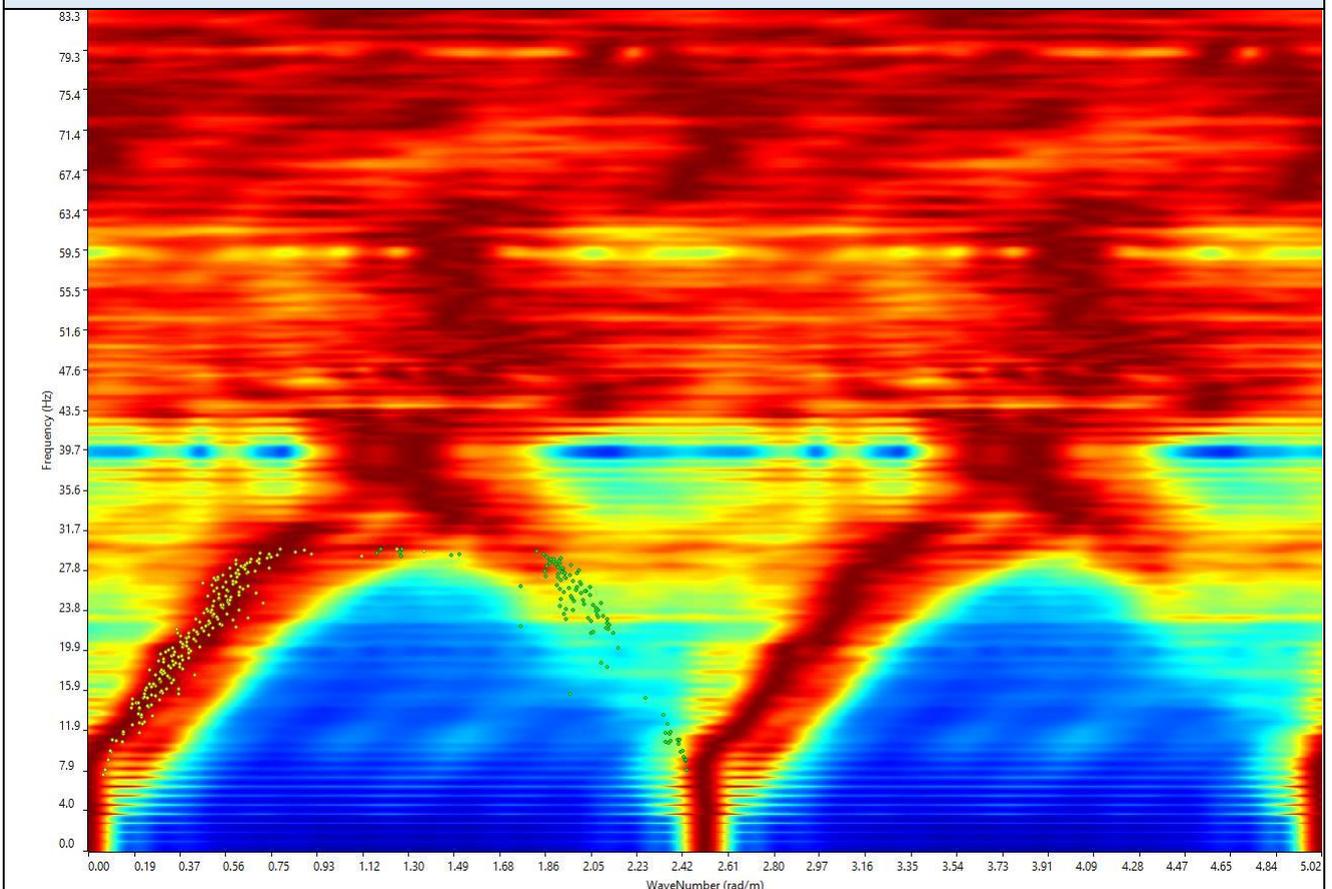
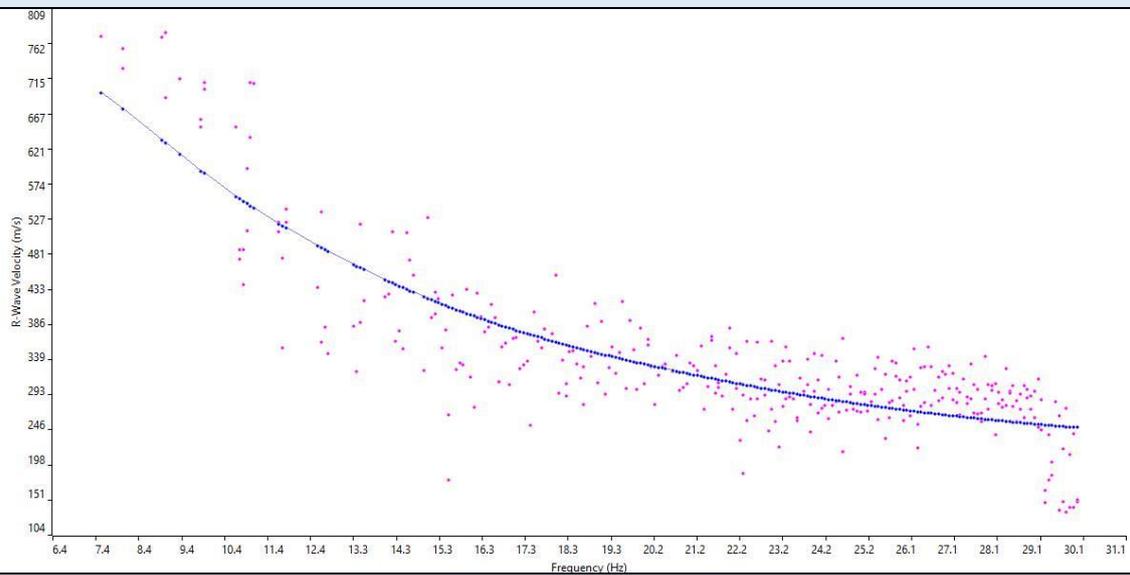


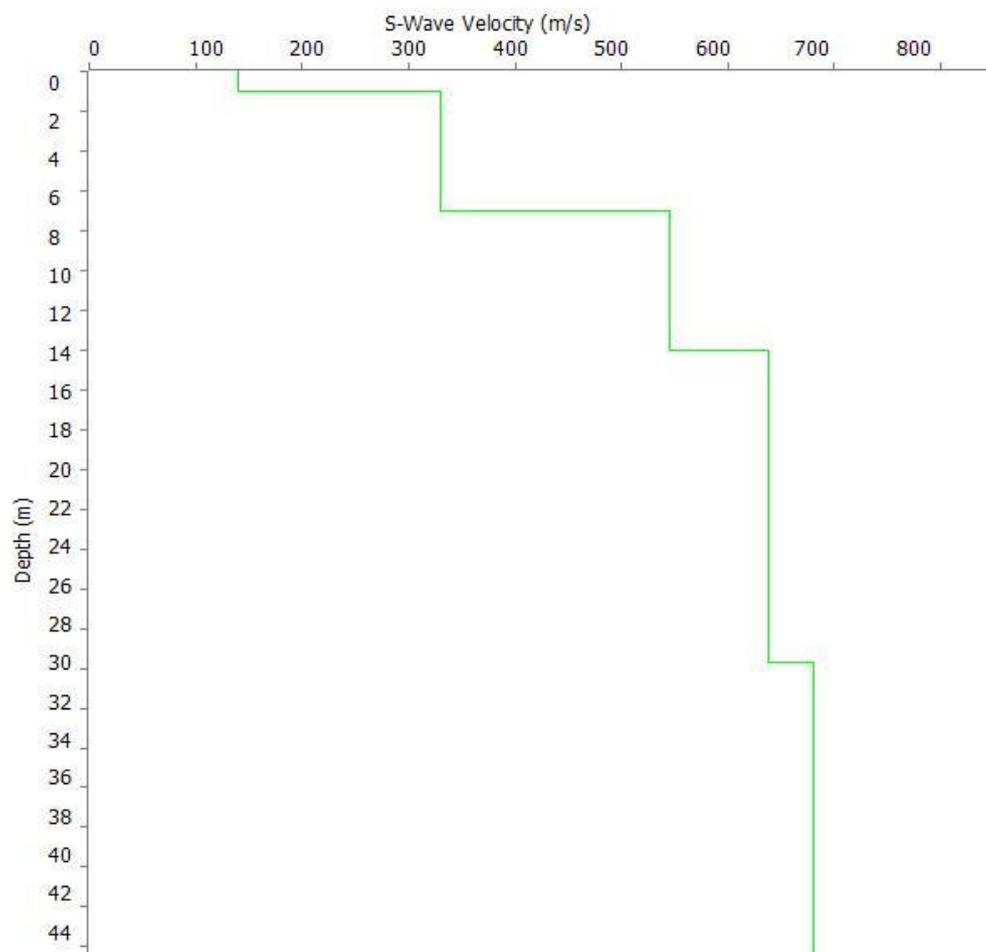
GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE



### CURVA DI DISPERSIONE



### PROFILO VS



Categoria "B" – Vs,30=Vs,eq=475m/s, calcolato dal p.c.

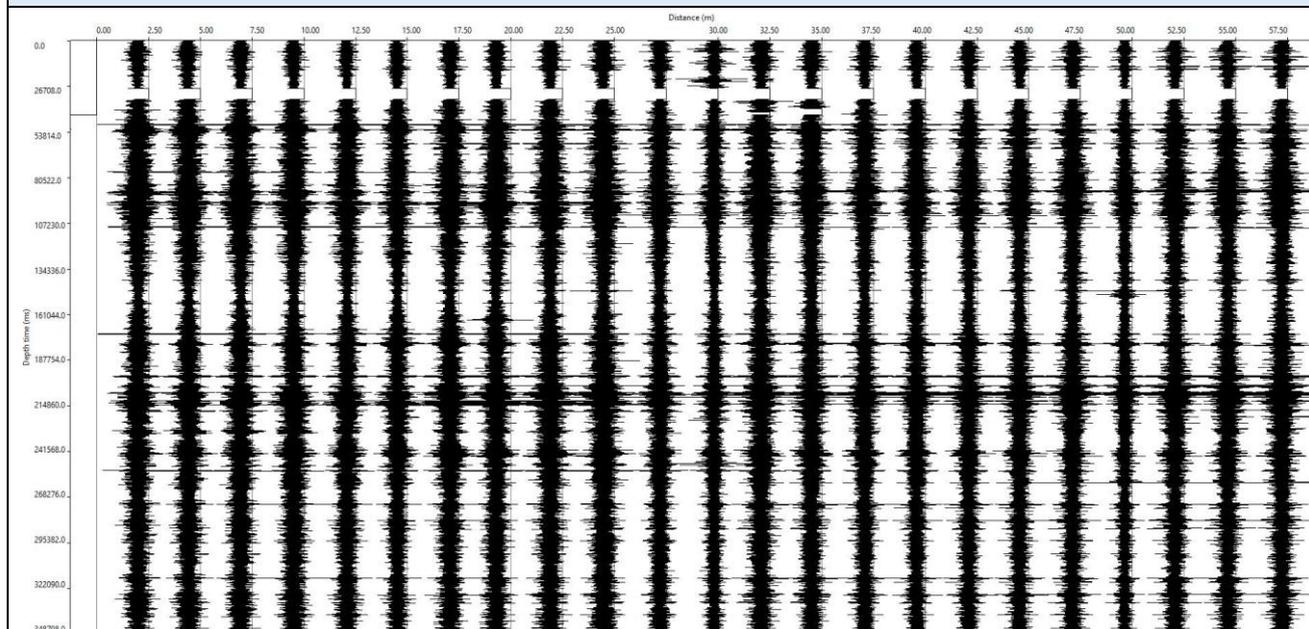
**N. SISMOSTRATI – SPESSORI - PROFONDITA' - VELOCITA' ONDE S**

		Thickness	Depth	Vs
Layer 1	<input type="checkbox"/>	1.00	0.00 <input type="checkbox"/>	140
Layer 2	<input type="checkbox"/>	6.00	1.00 <input type="checkbox"/>	330
Layer 3	<input type="checkbox"/>	7.00	7.00 <input type="checkbox"/>	546
Layer 4	<input type="checkbox"/>	15.70	14.00 <input type="checkbox"/>	638
Layer 5	<input type="checkbox"/>	INF	29.70 <input type="checkbox"/>	680

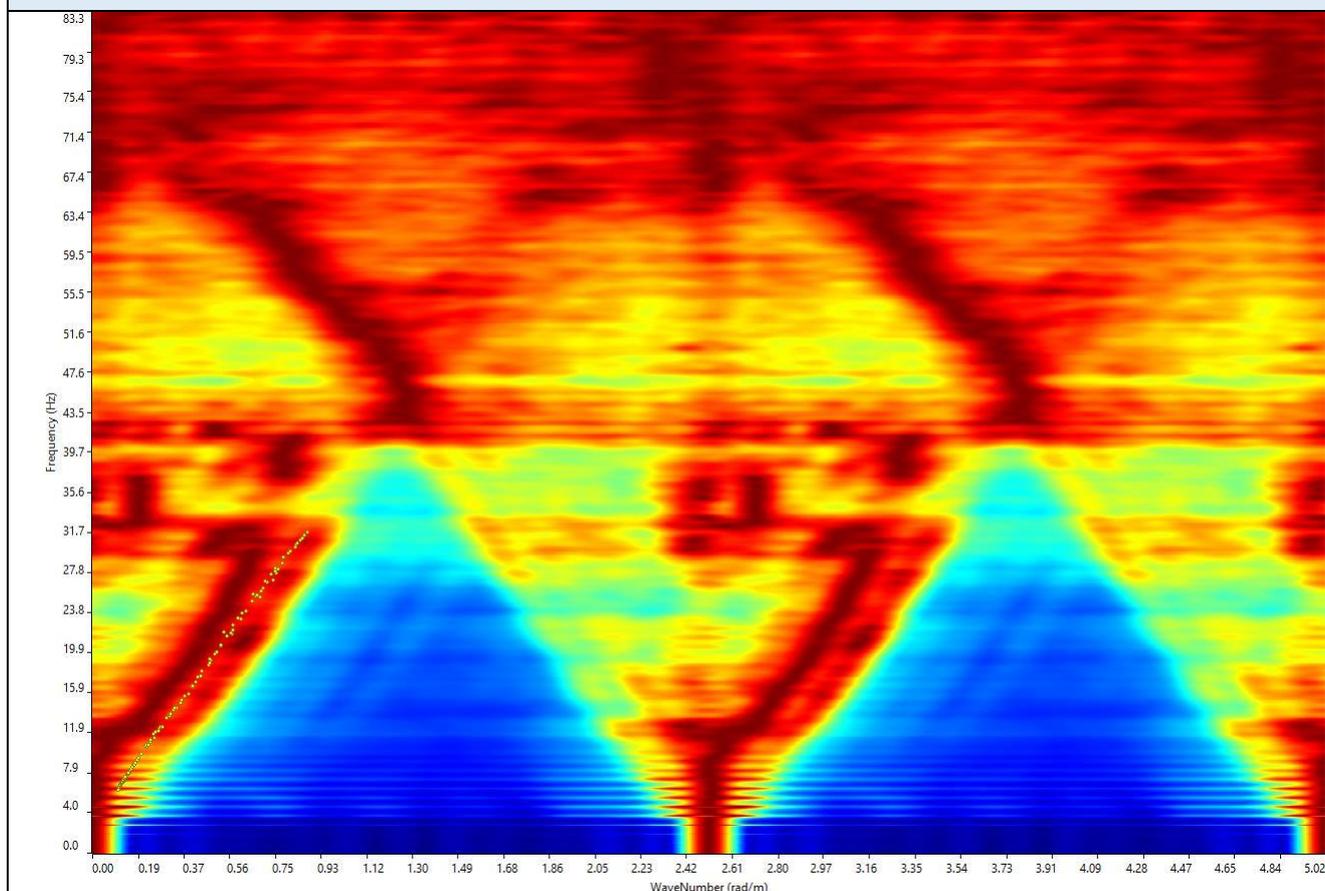
## RE.MI.02

### ELABORATI INDAGINE RE.MI.02

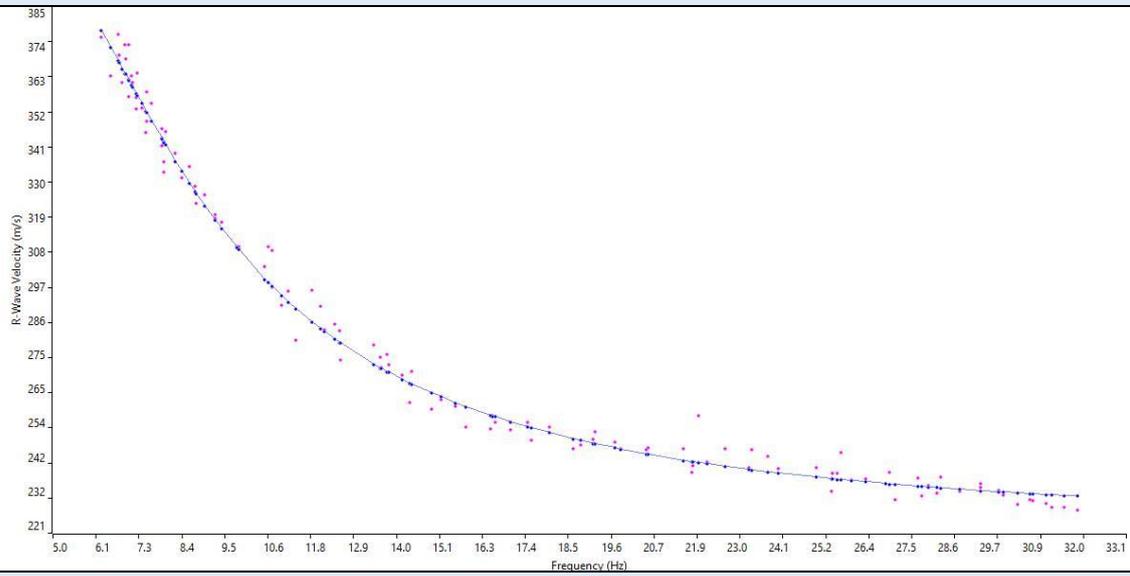
#### SISMOGRAMMA MEDIO



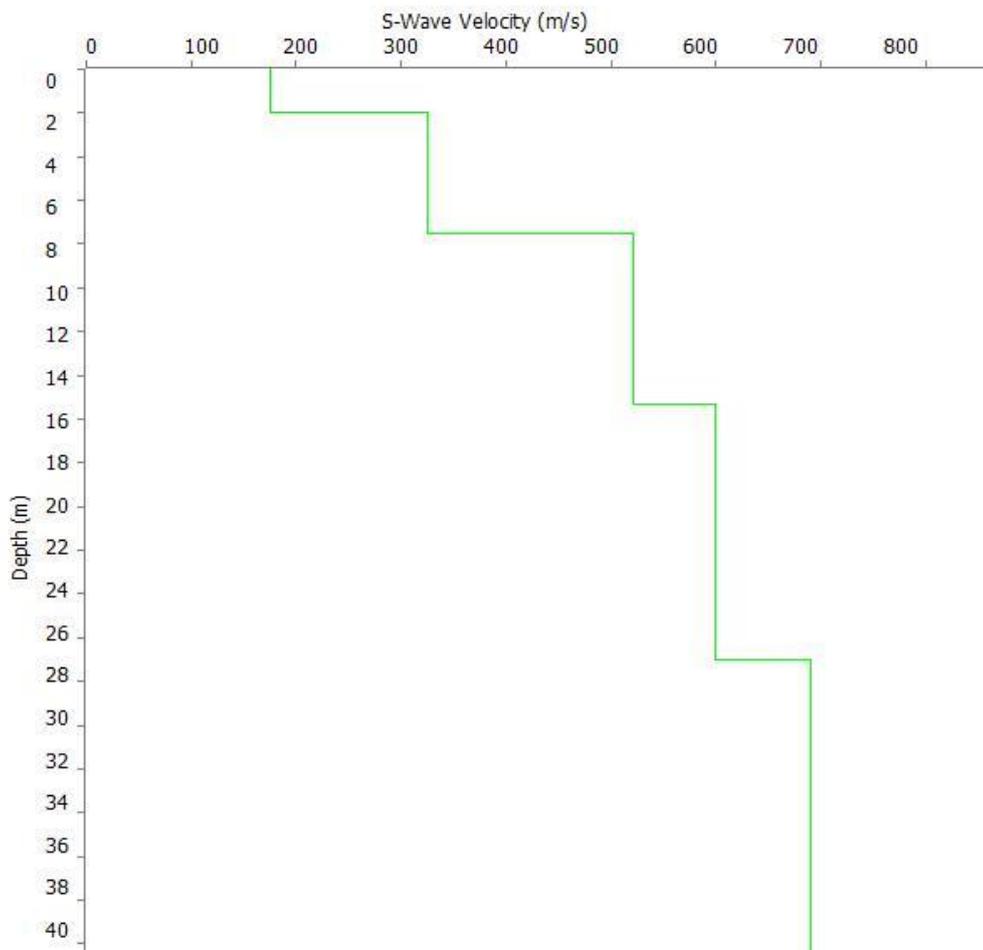
#### GRAFICO P-F CON L'INDIVIDUAZIONE DEI PUNTI DELLA CURVA DI DISPERSIONE



### CURVA DI DISPERSIONE



### PROFILO VS



Categoria "B" –  $V_{s,30}=V_{s,eq}=447\text{m/s}$ , calcolato dal p.c.

**N. SISMOSTRATI – SPESSORI - PROFONDITA' - VELOCITA' ONDE S**

		Thickness	Depth	Vs
Layer 1	<input type="checkbox"/>	2.00	0.00 <input type="checkbox"/>	175
Layer 2	<input type="checkbox"/>	5.50	2.00 <input type="checkbox"/>	326
Layer 3	<input type="checkbox"/>	7.80	7.50 <input type="checkbox"/>	521
Layer 4	<input type="checkbox"/>	11.70	15.30 <input type="checkbox"/>	600
Layer 5	<input type="checkbox"/>	INF	27.00 <input type="checkbox"/>	690

## 9. ALLEGATO 06 – DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

- 
- PROVE DPSH
  - PROSPEZIONI SISMICHE DI SUPERFICIE IN ONDE P **E RE.MI.**
-

## PROVE PENETROMETRICHE DPSH: DPSH01 E DPSH02

Località SS 93 - Barletta (BT)

DPSH01 - UBICAZIONE



DPSH02 - UBICAZIONE



**PROSPEZIONI SISMICHE DI SUPERFICIE: BS01 E BS02 – RE.MI. 01 E RE.MI.02**

Località SS 93 - Barletta (BT)

BS01 e RE.MI. 01, p.to di vista dal geofono G1



BS01 e RE.MI. 01, p.to di vista dal geofono G24



BS01 e RE.MI. 01, particolare della strumentazione



BS02 e RE.MI. 02, p.to di vista dal geofono G1



BS02 e RE.MI. 02, p.to di vista dal geofono G24



BS02 e RE.MI. 02, particolare della strumentazione

