

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

**PROGETTO DEFINITIVO**

**COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO  
CON LA STAZIONE DI BRINDISI**

**GEOLOGIA, GEOMORFOLOGIA E IDROGEOLOGIA**

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA**

SCALA:

-

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

I A 7 K 0 0 D 6 9 R G G E 0 0 0 1 0 0 1 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione definitiva	S. Ferro	Dic. 2019	A. Pellegrino	Dic. 2019	T. Paoletti	Dic. 2019	M. Comedini Febbraio 2020
B	Emissione definitiva	S. Ferro	Feb. 2020	S. Giugliano	Feb. 2020	T. Paoletti	Feb. 2020	



File: IA7K00D69RGGE0001001B.doc

n. Elab.:

## INDICE

1	PREMESSA .....	4
2	NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	6
2.1	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	6
2.2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO .....	6
2.3	CAMPAGNE DI INDAGINE DISPONIBILI .....	7
2.4	INDAGINI ESEGUITE A SUPPORTO DEL PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA .....	7
2.4.1	<i>Indagini geognostiche di PFTE .....</i>	<i>7</i>
2.4.2	<i>Prospezioni geofisiche di PFTE .....</i>	<i>9</i>
2.4.3	<i>Indagini di laboratorio di PFTE .....</i>	<i>10</i>
2.5	INDAGINI ESEGUITE A SUPPORTO DEL PROGETTO DEFINITIVO .....	12
2.5.1	<i>Indagini geognostiche di PD .....</i>	<i>12</i>
2.5.2	<i>Indagini geofisiche di PD .....</i>	<i>15</i>
2.5.3	<i>Indagini di laboratorio di PD .....</i>	<i>15</i>
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE .....	16
4	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGRAFIA .....	18
5	ASSETTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO .....	19
6	IDROGEOLOGIA .....	22
6.1	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE .....	22
6.2	CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA DEI TERRENI E DELLE UNITÀ GEOLOGICHE .....	23
6.3	COMPLESSI IDROGEOLOGICI .....	26
6.3.1	<i>Complesso idrogeologico sabbioso limoso argilloso (SLA) .....</i>	<i>27</i>
6.3.2	<i>Complesso sabbioso limoso e calcarenitico (SLC) .....</i>	<i>27</i>
6.3.3	<i>Complesso idrogeologico argilloso-marnoso (AGM) .....</i>	<i>27</i>

6.3.4	Complesso idrogeologico calcarenitico (CAL)	28
6.4	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO	28
7	VALUTAZIONE DEI RISCHI	30
7.1	RISCHIO GEOLOGICO	30
7.2	RISCHIO GEOMORFOLOGICO	30
7.3	RISCHIO IDROGEOLOGICO	37
8	MODELLO GEOLOGICO LOCALE	38
9	ELEMENTI DI SISMICITÀ	40
9.1	CLASSIFICAZIONE SISMICA	40
9.2	SISMICITÀ STORICA	41
9.3	PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	42
9.4	SORGENTI SISMOGENETICHE E FAGLIE CAPACI	46
9.5	MAGNITUDO DI RIFERIMENTO	48
9.6	DISAGGREGAZIONE DEL TERREMOTO DI PROGETTO	49
10	PARAMETRI PER LA DETERMINAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO	53
10.1	CATEGORIA DI SUOLO	53
10.2	CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	54
10.3	VITA NOMINALE E CLASSE D'USO	54
11	ANALISI DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE	55
12	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	57

## 1 PREMESSA

La presente relazione illustra e riassume i risultati dello studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico eseguito a supporto del progetto di definitivo per la realizzazione di un nuovo collegamento ferroviario tra la stazione di Brindisi e la futura stazione dell'aeroporto del Salento (Figura 1). Quest'ultimo ha confermato il ruolo strategico rivestito negli ultimi anni per la Regione Puglia, la quale ha visto un notevole incremento dei flussi turistici sia nazionali che internazionali.

Il progetto in oggetto rappresenta la migliore alternativa progettuale risultante da un'analisi multicriteria realizzata all'interno del PFTE di prima fase consegnato ad RFI con nota AGCCS.BATA.0017480.19.U del12/03/2019.

Oggetto della progettazione è la realizzazione del nuovo collegamento a singolo binario tra la Stazione di Brindisi e la nuova Stazione di Brindisi Aeroporto (linea rossa in Figura 1), con una lunghezza complessiva del tracciato di circa 6,224 Km.

Contestualmente, il progetto prevede la realizzazione dei rami di collegamento della nuova linea Brindisi- Brindisi Aeroporto con la linea Taranto-Brindisi e la linea Bari-Lecce (linee gialle in Figura 1).

L'area di intervento risulta interamente collocata all'interno del territorio comunale di Brindisi.

La presente relazione e gli elaborati cartografici ad essa allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, basato sulle informazioni attualmente disponibili derivanti sia da fonti bibliografiche, sia da studi pregressi, sia dall'esito delle indagini geognostiche e geofisiche appositamente realizzate a supporto della presente e delle precedenti fasi progettuali.

Di seguito si chiariscono pertanto gli aspetti connessi con lo scenario naturale relativamente alla componente geologica in cui si colloca il settore di studio e si affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico, fornendo un quadro d'insieme adeguato all'attuale progetto. Le informazioni di carattere geologico, geomorfologico ed idrogeologico dell'area indagata sono state sintetizzate negli elaborati riportato nella seguente Tabella 1, che costituiscono parte integrante della presente relazione.

**Tabella 1. Elenco degli elaborati dello studio geologico.**

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA7K00D69G5GE0001001B	Carta geologica e geomorfologica	1:5000
IA7K00D69FZGE0001001B	Profilo geologico	1:5000/500

Codifica elaborato	Descrizione elaborato	Scala
IA7K00D69FZGE0001002B	Sezioni geologiche di dettaglio in corrispondenza delle opere – Tav. 1 di 2	1:2000/200
IA7K00D69FZGE0001003B	Sezioni geologiche di dettaglio in corrispondenza delle opere – Tav. 2 di 2	1:2000/200
IA7K00D69G5GE0002001B	Carta idrogeologica	1:5000
IA7K00D69FZGE0002001B	Profilo idrogeologico	1:5000/500
IA7K00D69FZGE0002002B	Sezioni idrogeologiche di dettaglio in corrispondenza delle opere – Tav. 1 di 2	1:2000/200
IA7K00D69FZGE0002003B	Sezioni idrogeologiche di dettaglio in corrispondenza delle opere – Tav. 2 di 2	1:2000/200
IA7K00D69NZGE0001001B	Carta e profilo geologico collettore scatolare IN16 – Tav. 1 di 2	1:2000/200
IA7K00D69NZGE0001002B	Carta e profilo geologico collettore scatolare IN16 – Tav. 2 di 2	1:2000/200
IA7K00D69NZGE0002001A	Carta e profilo idrogeologico collettore scatolare IN16 – Tav. 1 di 2	1:2000/200
IA7K00D69NZGE0002002A	Carta e profilo idrogeologico collettore scatolare IN16 – Tav. 2 di 2	1:2000/200



**Figura 1. Individuazione del tracciato in progetto (linea rossa) e dei raccordi alle infrastrutture esistenti (linee gialle) su foto aerea Google Earth – scala grafica.**

## 2 **NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

### 2.1 **RIFERIMENTI NORMATIVI**

- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.
- O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e ss.mm.ii..
- O.P.C.M. n.3519 del 28/04/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- D.G.R. 02/03/2004 n.153 – Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e delle tipologie di edifici ed opere strategici e rilevanti - Approvazione del programma temporale e delle indicazioni per le verifiche tecniche da effettuarsi sugli stessi.
- D.M. 17/01/2018, Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”.
- Circolare 21/01/2019 n.7 - Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.
- Autorità Interregionale di Bacino della Puglia – Piano di Bacino Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico (PAI), adottato dal Comitato Istituzionale il 15/12/2004 ed approvato dallo stesso con delibera n.39 del 30/11/2005.
- Piano di Tutela delle Acque (PTA) della Regione Puglia, adottato con D.G.R. 19/06/2007 n.883 la Regione Puglia e ss.mm.ii..

### 2.2 **DOCUMENTI DI RIFERIMENTO**

- Relazione sulle indagini geognostiche (cod. elab. IA7K00D69IGGE0001001A);
- Stratigrafie sondaggi dal BH 12 al BH14 e prove in foro (cod. IA7K00D69SGGE0005002A);
- Stratigrafie sondaggi dal BH 15 al BH17 e prove in foro (cod. IA7K00D69SGGE0005003A);
- Indagini geofisiche – Prove Down-Hole ed HVSR (cod. elab. IA7K00D69IGGE0005001A);
- Relazione sugli esiti delle prove di laboratorio (cod. elab. IA7K00D69PRGE0005001A).

## 2.3 CAMPAGNE DI INDAGINE DISPONIBILI

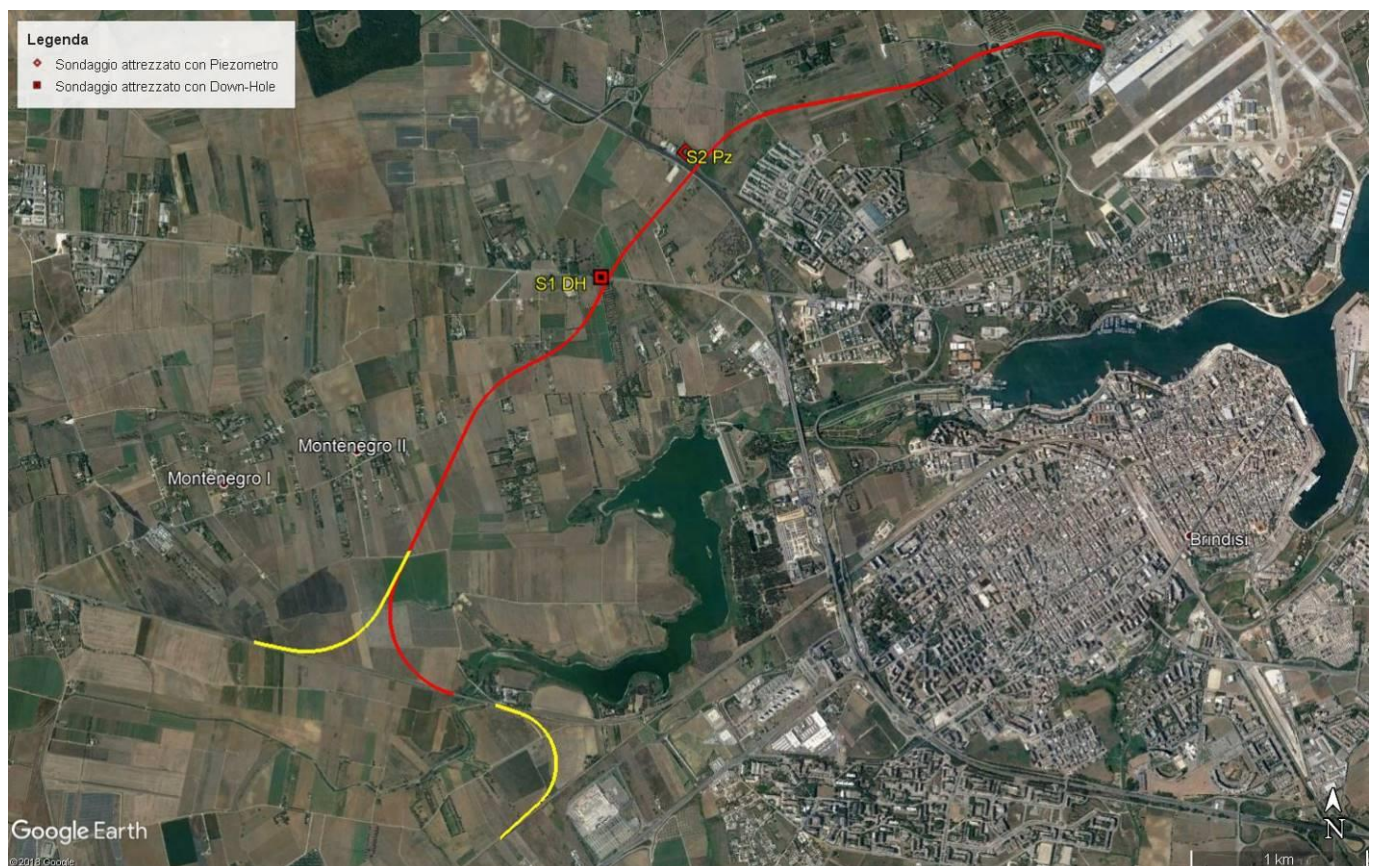
## 2.4 INDAGINI ESEGUITE A SUPPORTO DEL PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA

### 2.4.1 Indagini geognostiche di PFTE

A supporto del PFTE sono stati eseguiti n.2 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo spinti sino alla profondità di 30 m dal piano di campagna ed ubicati, rispetto al tracciato in progetto, così come riportato in Figura 2.

Le due verticali di indagine sono state poi attrezzate mediante l'installazione di una tubazione Ø3" in PVC per Down-Hole ed un piezometro tipo Norton Ø2", per i successivi rilievi piezometrici.

Sono state inoltre eseguite n.4 prove penetrometriche statiche con piezocono sismico – SCPTU (si veda successivo par. 2.4.2).



**Figura 2. Ubicazione indagini geognostiche di PTFE su foto aerea Google Earth – scala grafica.**

Durante le attività di perforazione sono inoltre state effettuate le seguenti prove:

- Prelievo di campioni indisturbati per le successive determinazioni di laboratorio geotecnico;
- Esecuzione di prove *Standard Penetration Test* (S.P.T.);
- Esecuzione di prove speditive di consistenza (*Pocket Penetrometer*) sul materiale in cassetta.

Nella seguente Tabella 5 si riporta l'elenco dei sondaggi eseguiti, unitamente alle principali informazioni e caratteristiche di ogni sondaggio ed in particolare:

- codice identificativo del sondaggio;
- coordinate del punto di indagine nel sistema WGS84/UTM 33 N;
- quota geoidica del boccaforo;
- profondità del sondaggio;
- eventuale strumentazione di monitoraggio geotecnico installata;
- altre prove in foro (SPT, campioni, prove di permeabilità).

**Tabella 2. Elenco dei sondaggi eseguiti nella campagna di PFTE**

Sigla	Est	Nord	Quota geoidica (m)	Profondità (m)	Strumentazione	SPT	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Prove Lefranc CV
S1 DH	745424,021	4503495,835	28,15	30,0	Tubo in PVC 3" per down hole	4	2	--	--
S2 Pz	745873,373	4504212,136	25,25	30,0	piezometro Norton 2" microfessurato tra 3÷30 m	4	2	--	--

In appendice 1 si riportano le stratigrafie delle suddette indagini.

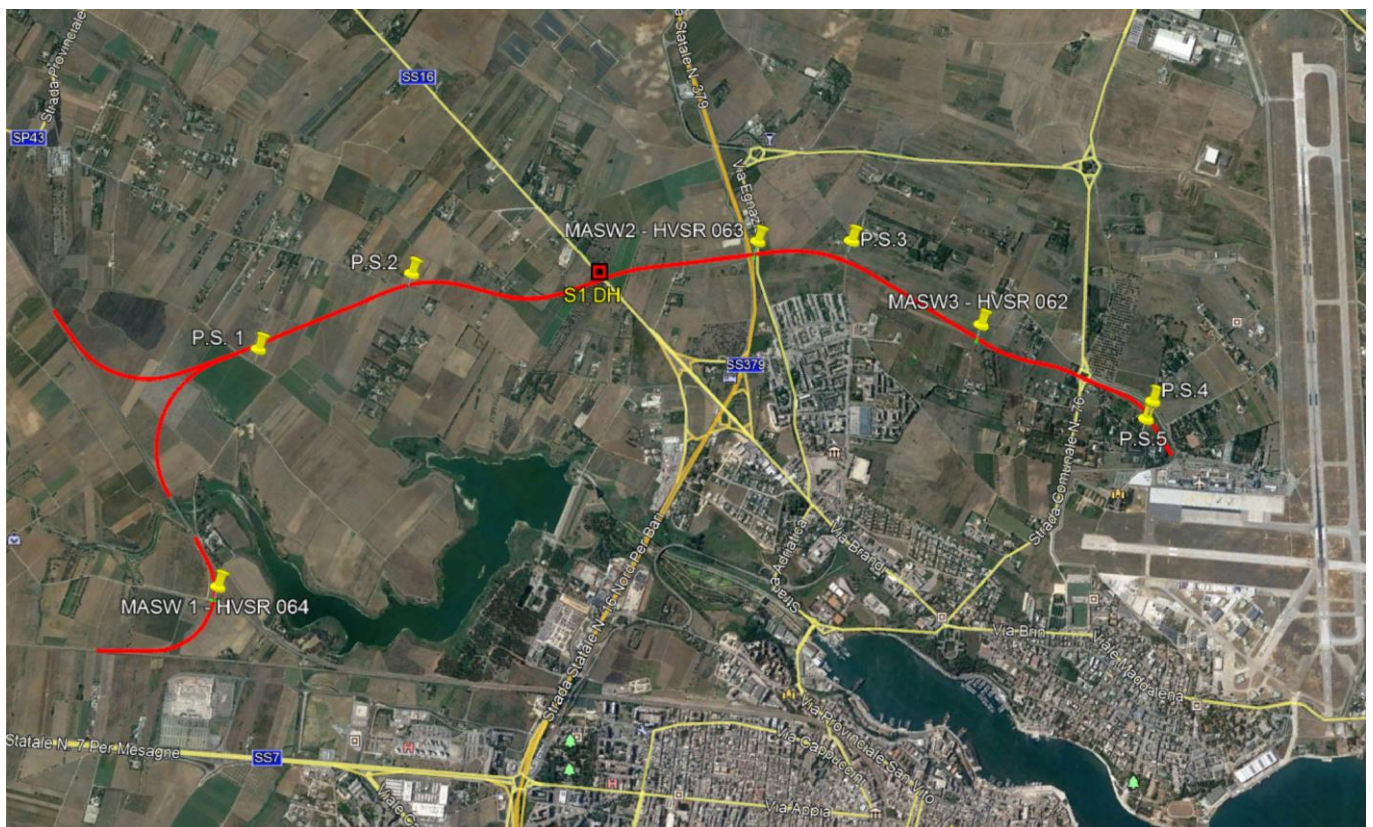


### 2.4.2 *Prospezioni geofisiche di PFTE*


Al fine di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio e con finalità di classificazione sismica, sono state realizzate:

- n.3 stendimenti MASW,
- n.3 prove in sismica passiva tipo HVSR,
- n.1 down-hole,
- n.5 prospezioni con cono sismico (P.S.).

Le indagini sono ubicate come nella seguente Figura 3. In appendice 1 si riportano i certificati di prova di suddette indagini.



**Figura 3. Planimetria ubicazione indagini geofisiche di PFTE – non in scala.**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA7K	00	D 69 RG	GE0001 001	B	10 di 58

I siti oggetto di indagine sono caratterizzati da velocità equivalenti molto prossime a 360 m/sec, così come desumibili dai certificati di prova e come di seguito riepilogato.

**Tabella 3. Riassunto dei valori di  $V_{s30}$  (m/s) ottenuti mediante le prospezioni geofisiche realizzate.**

ID PROVA	$V_{s30}$ (m/s)
<b>MASW 1 - HVSR 064</b>	$V_{s30} = 340$
<b>MASW 2 - HVSR 063</b>	$V_{s30} = 387$
<b>MASW 3 - HVSR 062</b>	$V_{s30} = 409$
<b>S1_DH</b>	$V_{s30} = 345$

Si segnala che tutte le prove con cono sismico non hanno raggiunto la profondità prevista di 30 m, arrestandosi, per raggiungimento del rifiuto strumentale, a profondità molto modeste (entro 1÷4 m di profondità), eccezion fatta per la SCPTU4 (sigla P.S.4 in Figura 3) arrestatasi a 19 m circa di profondità.

#### **2.4.3 Indagini di laboratorio di PFTE**

Sui campioni di terreno prelevati in fase di indagine geognostica in sito sono state eseguite prove geotecniche di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici e meccanici. In particolare sono state eseguite le seguenti determinazioni (vedi anche Tabella 4):

- prove speditive di consistenza all'estrazione del campione;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione del peso dell'unità di volume,
- determinazione del peso secco dell'unità di volume;
- determinazione del peso specifico del terreno;
- granulometria per aerometria e sedimentazione;
- determinazione dei limiti di consistenza;
- classificazione delle terre;
- prove di taglio diretto.

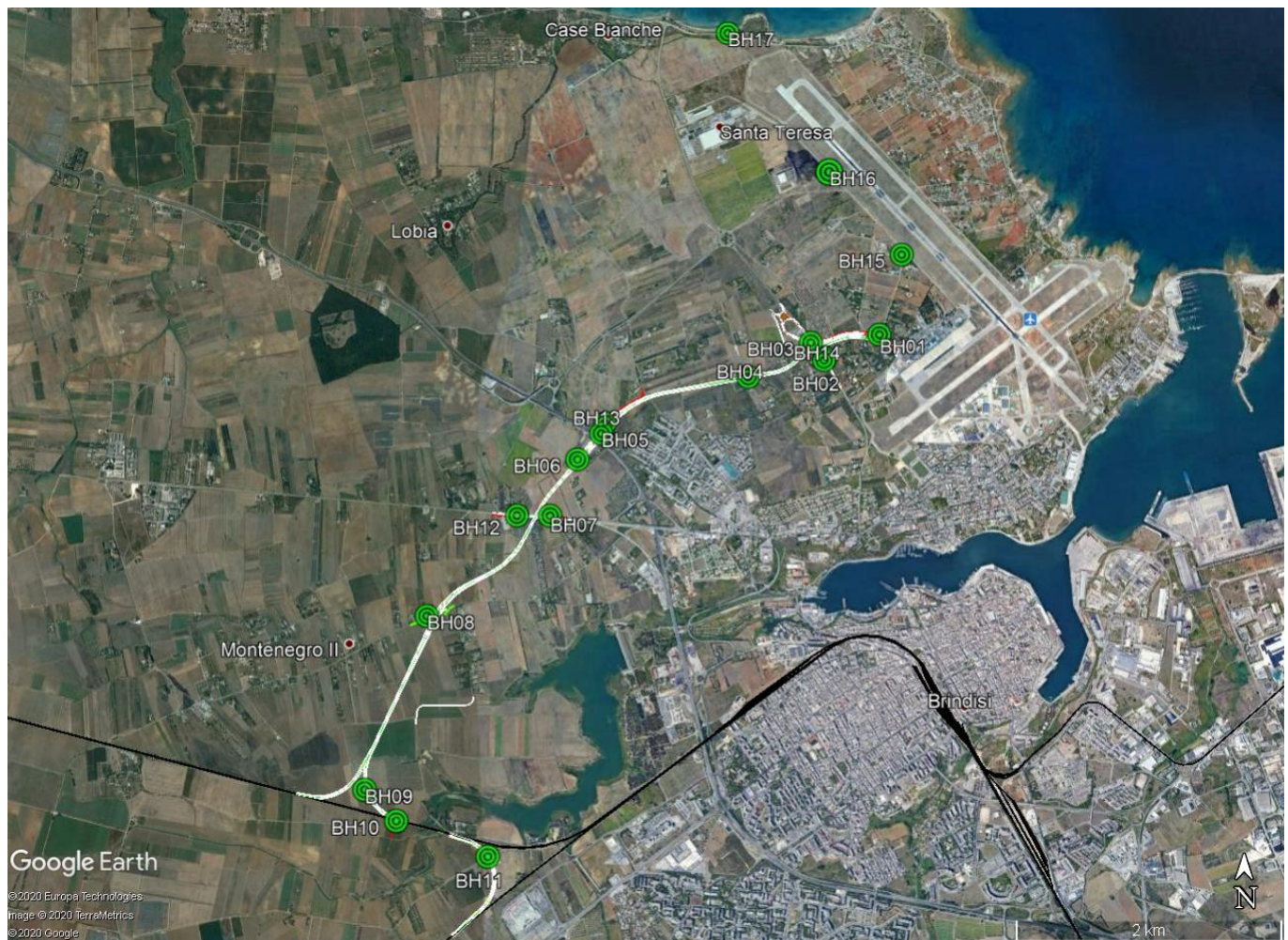


## 2.5 INDAGINI ESEGUITE A SUPPORTO DEL PROGETTO DEFINITIVO

### 2.5.1 Indagini geognostiche di PD

A supporto della corrente fase progettuale sono stati eseguiti n.17 sondaggi stratigrafici a carotaggio continuo spinti a profondità variabili tra 10 m e 65 m di profondità dal piano di campagna ed ubicati, rispetto al tracciato in progetto, così come riportato nella successiva Figura 4.

Si rimanda in ogni caso elaborati cartografici prodotti a corredo dello studio per una migliore definizione dell'ubicazione delle indagini geognostiche.



**Figura 4. Ubicazione indagini geognostiche di PD su foto aerea Google Earth – scala grafica.**

Durante le attività di perforazione sono inoltre state effettuate le seguenti prove e/o attività:

- Esecuzione di prove speditive di consistenza (*Pocket Penetrometer*) sul materiale in cassetta;
- Prelievo di campioni indisturbati e rimaneggiati per le successive determinazioni di laboratorio geotecnico;
- Esecuzione di prove *Standard Penetration Test* (S.P.T.);
- Esecuzione di prove di permeabilità di tipo Lefranc a carico variabile;
- Installazione di piezometri tipo Norton Ø2", per il successivo monitoraggio piezometrico nei sondaggi dal BH1 al BH11 e dal BH15 al BH17;
- Installazione di tubazione per esecuzione di indagini geofisiche, nei sondaggi dal BH12 al BH14.


Nella seguente Tabella 5 si riporta l'elenco dei sondaggi eseguiti nell'ambito della campagna di PD, unitamente alle principali informazioni e caratteristiche di ogni sondaggio ed in particolare:

- codice identificativo del sondaggio;
- coordinate del punto di indagine nel sistema WGS84/UTM 33 N;
- quota geoidica del boccaforo;
- profondità del sondaggio;
- eventuale strumentazione di monitoraggio geotecnico installata;
- altre prove in foro (SPT, campioni, prove di permeabilità).

**Tabella 5. Elenco dei sondaggi eseguiti nella campagna di PD**

Sigla	Est	Nord	Quota geoidica (m)	Profondità (m)	Strumentazione	SPT	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Prove Lefranc
BH 01	748079,842	4504970,176	11,384	30,0	piezometro Norton 2" microfessurato tra 3-30 m	2	4	3	2
BH 02	747655,029	4504756,528	13,975	30,0	piezometro Norton 2" microfessurato tra 3-30 m	6	2	3	2

Sigla	Est	Nord	Quota geoidica (m)	Profondità (m)	Strumentazione	SPT	Campioni indisturbati	Campioni rimaneggiati	Prove Lefranc
BH 03	747549,346	4504890,733	14,733	50,0	piezometro Norton 2" microfessurato tra 3÷21 m	6	6	3	2
BH 04	747070,561	4504607,541	18,709	20,0	piezometro Norton 2" microfessurato tra 2÷20 m	6	4	3	2
BH 05	745947,688	4504131,835	25,681	30,0	piezometro Norton 2" microfessurato tra 1÷30 m	6	4	3	2
BH 06	745770,355	4503926,021	27,209	50,0	piezometro Norton 2" microfessurato tra 3÷21 m	6	6	3	2
BH 07	745575,336	4503487,374	29,201	50,0	piezometro Norton 2" microfessurato tra 2÷27 m	6	6	3	2
BH 08	744660,125	4502691,927	33,635	30,0	piezometro Norton 2" microfessurato tra 3÷24 m	6	4	3	2
BH 09	744244,730	4501370,120	31,577	20,0	piezometro Norton 2" microfessurato tra 2÷17 m	4	4	3	3
BH 10	744495,696	4501146,059	30,387	10,0	piezometro Norton 2" microfessurato tra 3÷10 m	2	2	2	2
BH 11	745200,477	4500904,481	29,006	10,0	piezometro Norton 2" microfessurato tra 2÷10 m	3	1	3	2
BH 12	745320,420	4503480,240	28,215	50,0	Tubo in PVC per Down-Hole fino a 50 m	0	0	2	0
BH 13	745971,090	4504212,770	24,971	55,0	Tubo in PVC per Down-Hole fino a 55 m	0	0	2	0
BH 14	747663,770	4504774,110	14,105	65,0	Tubo in PVC per Down-Hole fino a 65 m	0	0	2	0
BH 15	748240,630	4505601,670	8,892	10,0	piezometro Norton 2" microfessurato tra 1÷10 m	0	0	2	0
BH 16	747659,330	4506232,480	8,623	15,0	piezometro Norton 2" microfessurato tra 2÷15 m	0	0	2	0
BH 17	746833,920	4507315,240	6,476	15,0	piezometro Norton 2" microfessurato tra 2÷15 m	0	0	2	0

	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 15 di 58

### 2.5.2 Indagini geofisiche di PD

Al fine di determinare il profilo di velocità delle onde di compressione e di taglio, e con finalità di classificazione sismica, sono state realizzate:


- n.3 down-hole (nei fori dei sondaggi BH12, BH13 e BH14),
- n.3 prove in sismica passiva tipo HVSR, nell'intorno dei fori dei sondaggi BH12, BH13 e BH14.

### 2.5.3 Indagini di laboratorio di PD

Sui campioni di terreno prelevati in fase di indagine geognostica in sito sono state eseguite prove geotecniche di laboratorio per la determinazione dei parametri fisici e meccanici. In particolare, sono state eseguite le seguenti determinazioni:

- prove speditive di consistenza all'estrazione del campione;
- determinazione del contenuto naturale d'acqua;
- determinazione del peso dell'unità di volume,
- determinazione del peso secco dell'unità di volume;
- determinazione del peso specifico del terreno;
- granulometria per aerometria e sedimentazione;
- determinazione dei limiti di consistenza;
- classificazione delle terre;
- prove di taglio diretto (TD);
- prove triassiali consolidata isotropicamente non drenate (TxCIU);
- prove triassiali non consolidate e non drenate (TxUU);
- prove di espansione laterale libera (ELL);
- prove di tipo Point Load (PLT) su spezzoni di roccia prelevati dal materiale in cassetta di sondaggio.

Per il dettaglio ed i certificati di prova di tali indagini si rimanda allo specifico elaborato relativo agli esiti delle prove di laboratorio.

	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 16 di 58

### 3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Il territorio di Brindisi si colloca nel comprensorio settentrionale della penisola Salentina geologicamente costituita da una successione di rocce calcareo-dolomitiche, calcarenitiche e sabbioso-argillose, la cui messa in posto è avvenuta nell'arco di tempo compreso tra il Mesozoico e il Quaternario.

Durante l'orogenesi appenninica, sviluppatasi a partire dall'Olocene Superiore-Miocene Inferiore, con il progressivo accavallamento, da Ovest verso Est, di unità stratigrafico-strutturali mesozoico-paleogeniche e di unità sinorogenetiche di avanfossa, la placca Apula è dapprima stata interessata dalla la formazione di blande pieghe, dovute all'innalzamento dell'Appennino e successivamente da una fase distensiva, che ha interessato tali piegamenti con fagliazioni normali e sub-verticali.

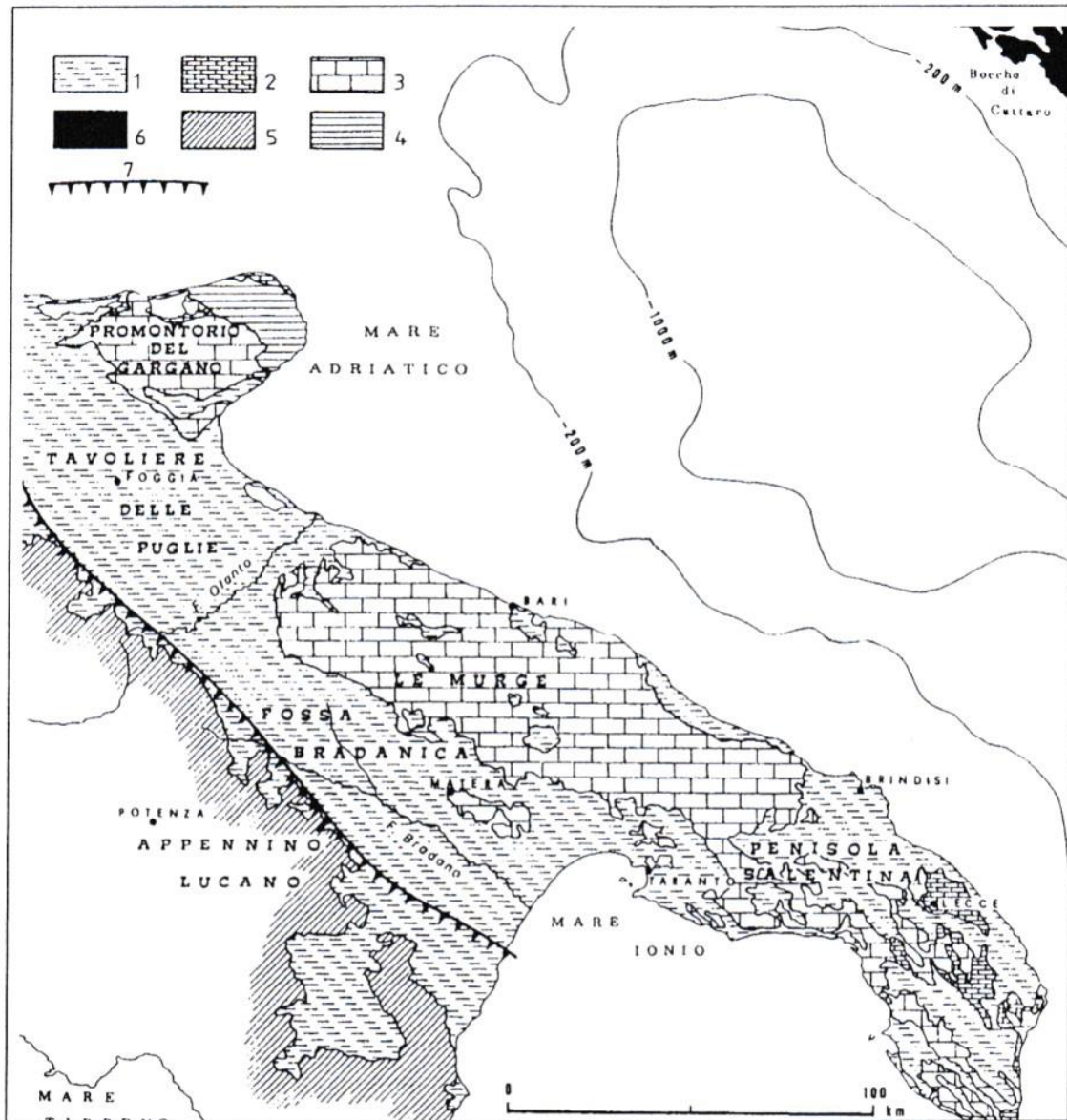
L'area in esame è posta al limite tra l'altopiano delle Murge e la penisola salentina ed è caratterizzata da una serie di *horst* e *graben*, di varie dimensioni, generalmente orientati in direzione appenninica (NO-SE) e legati a fenomeni di tettonica distensiva sopra descritta.

La stratigrafia di questa porzione di Puglia consiste, in massima parte, di una serie carbonatico-dolomitica mesozoica, di circa 6000 metri di spessore, poggiante sul basamento paleozoico indisturbato.

Quindi la serie stratigrafica locale comprende, sopra il potente complesso calcareo mesozoico, i depositi del ciclo sedimentario plio-pleistocenico della Fossa Bradanica coperti, in trasgressione, da depositi bioclastici terrazzati di ambiente litorale e continentali, olocenici ed attuali (Figura 6).

In particolare, la Piana di Brindisi corrisponde ad una vasta depressione strutturale (anche detta *graben* della "Conca di Brindisi") affacciantesi sulla costa adriatica e costituitasi a seguito del graduale abbassamento del basamento carbonatico mesozoico, che, a seguito di distinte fasi eustatico-tettoniche, è stato sepolto dai sedimenti del ciclo della Fossa Bradanica e dai Depositi marini terrazzati del Pleistocene medio – superiore.





– Carta geologica sintetica del territorio pugliese e del margine orientale della Catena appenninica (da Ricchetti, 1981).

Legenda: 1) depositi clastici di copertura (PLIO-PLIOCENE); 2) formazioni carbonatiche organogene e clastiche, di margine e di pendio-bacino (PALEOGENE-MIOCENE); 3) formazioni carbonatiche di laguna e di margine di piattaforma (GIURASSICO SUPERIORE-CRETACEO); 4) formazioni silico-carbonatiche di pendio e di bacino (GIURASSICO SUPERIORE-CRETACEO); 5) coltri alloctone appenniniche, arenaceo-marnose (CRETACEO-MIOCENE) e depositi sabbioso-argillosi parautoctoni (PLIOCENE); 6) terraferma balcanica; 7) margine sommerso della Piattaforma Apula dedotto da rilievi sismici a riflessione dell'AGIP Mineraria (1968); 8) fronte sepolto delle coltri alloctone appenniniche; 9) traccia di sezione


**Figura 5. Carta geologica schematica della Puglia (da: guida geologica Puglia e Monte Vulture, 1999).**

#### **4 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED IDROGRAFIA**

L'area di studio si colloca in un ambito geomorfologico di piana costiera, digradante dolcemente dall'entroterra in direzione del mare, con quote altimetriche passanti da circa 30÷32 m s.l.m. in prossimità del raccordo con la linea ferroviaria esistente Bari-Brindisi agli 11÷13 m s.l.m. nella zona immediatamente retrostante l'Aeroporto.

La blanda morfologia del territorio brindisino presenta, nel suo aspetto tabulare, una serie di incisioni erosive (solchi, lame e canali) che nascono in larga misura nella zona collinare e si sviluppano, assecondando la direzione di maggiore acclività della superficie, principalmente in direzione NE-SW perpendicolarmente alla linea di costa. Tali incisioni, di diversa estensione ed andamento, risultano talora occultati sia da azioni antropiche recenti che da pregressi effetti di "spianamento" dell'abrasione marina in conseguenza alle variazioni eustatiche, anch'esse geologicamente recenti.

In generale in tutto il territorio in esame i corsi d'acqua presenti, piuttosto modesti e poco gerarchizzati, evidenziano uno scarso sviluppo della rete idrografica imputabile sia alla dinamica delle acque marine nel corso dei tempi geologici che alla elevata permeabilità delle rocce affioranti nell'area. Infatti, la presenza in affioramento di rocce altamente permeabili per fessurazione e carsismo (calcari) o per porosità interstiziale (calcareniti) favorisce la rapida infiltrazione delle acque meteoriche in profondità impedendo, nel contempo, un prolungato ruscellamento superficiale delle stesse e di conseguenza lo sviluppo di un reticolo idrografico con caratteri permanenti.

	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 19 di 58

## 5 ASSETTO GEOLOGICO-STRATIGRAFICO

Dal punto di vista geologico, la zona di Brindisi è stata interessata, a partire dal Mesozoico ed in particolare dal Giurassico, dalla presenza di un mare epicontinentale sul quale si instaurò un basso fondale, costellato di piccoli bacini evaporitici.


I terreni depositi in questo ambiente sono costituiti da calcari e calcari dolomitici che danno vita all'impalcatura geologica della penisola salentina e sono il risultato dell'evoluzione della piattaforma carbonatica apula.

Durante la sedimentazione vi furono numerose oscillazioni del livello marino con cicli regressivi e trasgressivi e brevi emersioni, testimoniate da lacune stratigrafiche e tipici depositi continentali (terre rosse argillose e bauxiti).

In trasgressione sulle formazioni carbonatiche cretacee, si sovrappongono sedimenti marini pliocenici e quaternari, rappresentati sia da tufi (Calcareniti di Gravina e Depositi Marini Terrazzati), sia da materiali fini (Argille subappenniniche). Infine, lungo alcuni tratti di costa, si hanno depositi continentali di natura alluvionale, fluvio lacustri e palustri, composti di sabbie, sabbie argille sabbiose e limi e depositi dunari.

In particolare, l'area di studio è caratterizzata dalla tipica successione di riempimento della "Conca di Brindisi", caratterizzata, dal basso verso l'alto, dai seguenti termini stratigrafici:

- il substrato rigido calcareo-dolomitico, di età cretacea, che rappresenta l'unità geologica più profonda ed antica;
- le calcareniti, meglio note come "tufi calcarei", formatesi dall'erosione e successiva deposizione dello stesso substrato calcareo in seguito al ritiro del mare a causa della prima grande glaciazione;
- le "argille calabriane" di colore grigio-azzurro che rappresentano una fase di sedimentazione marina in seguito a nuove variazioni eustatiche;
- i banchi arenacei e calcarenitici calabriani e post-calabriani, costituenti la cosiddetta unità "panchina";
- i materiali di copertura limo-sabbiosi più recenti (età: olocene).

	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 20 di 58

Con riferimento allo stralcio della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 - Foglio n.203 "Brindisi" - di Figura 6 e alla cartografia geologica-geomorfologica di dettaglio in scala 1:5000 prodotta nell'ambito del presente studio, nell'area in esame i termini litologici affioranti sono riconducibili principalmente ai **Depositi marini terrazzati** del Calabriano (*sensu* Ciaranfi et al., 1988), in precedenza descritti come Formazione di Gallipoli (*sensu* Martinis, 1967), unità geologica predominante nel territorio in esame.

Si tratta in particolare di sabbie limose e limi sabbiosi giallastri o grigio-giallastri, talora debolmente cementate, con un certo contenuto di argilla, costituite prevalentemente da frammenti di quarzo a grana da media a fine. Le sabbie sono stratificate, in strati di qualche centimetro di spessore, e talora parzialmente cementate (**Q1s**), che passano gradualmente a sabbie argillose e argille grigio azzurrastre della sottostante formazione delle Argille Subappennine, non affiorante nell'area; spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati, costituenti la cosiddetta unità "panchina" (**Q1c**). Le calcareniti sono particolarmente abbondanti ed estese nell'area del foglio Brindisi. (Età: Pleistocene medio-superiore).

Al tetto di tale unità poggiano i terreni di copertura recenti, costituiti da:

- **Depositi continentali eluviali (de)**, presenti praticamente ovunque e generalmente distribuiti in lembi ridotti e poco potenti. Nella carta geologica sono riportati solo quei depositi relativamente più estesi e più potenti (oltre i 2-3 metri di spessore), che occupano depressioni in prossimità della costa, i fondi di alcune lame e le aree circostanti i corsi e gli specchi d'acqua principali. (Età: Olocene – Attuale);
- **Sabbie, argille sabbiose e limi grigi lagunari - palustri recenti (s)**, costituiti da ripetute intercalazioni di sabbie prevalentemente calcaree, sabbie argillose, argille sabbiose e limi, con tinta variabile attorno ai toni di grigio. Rappresentano il riempimento, generalmente parziale, di depressioni in prossimità della costa, talora completamente separate dal mare, talvolta in comunicazione periodica con lo stesso. La potenza non è rilevabile direttamente, causa l'assenza di sezioni adatte allo scopo; non dovrebbe tuttavia superare i pochi metri. (Età: Olocene – Attuale).

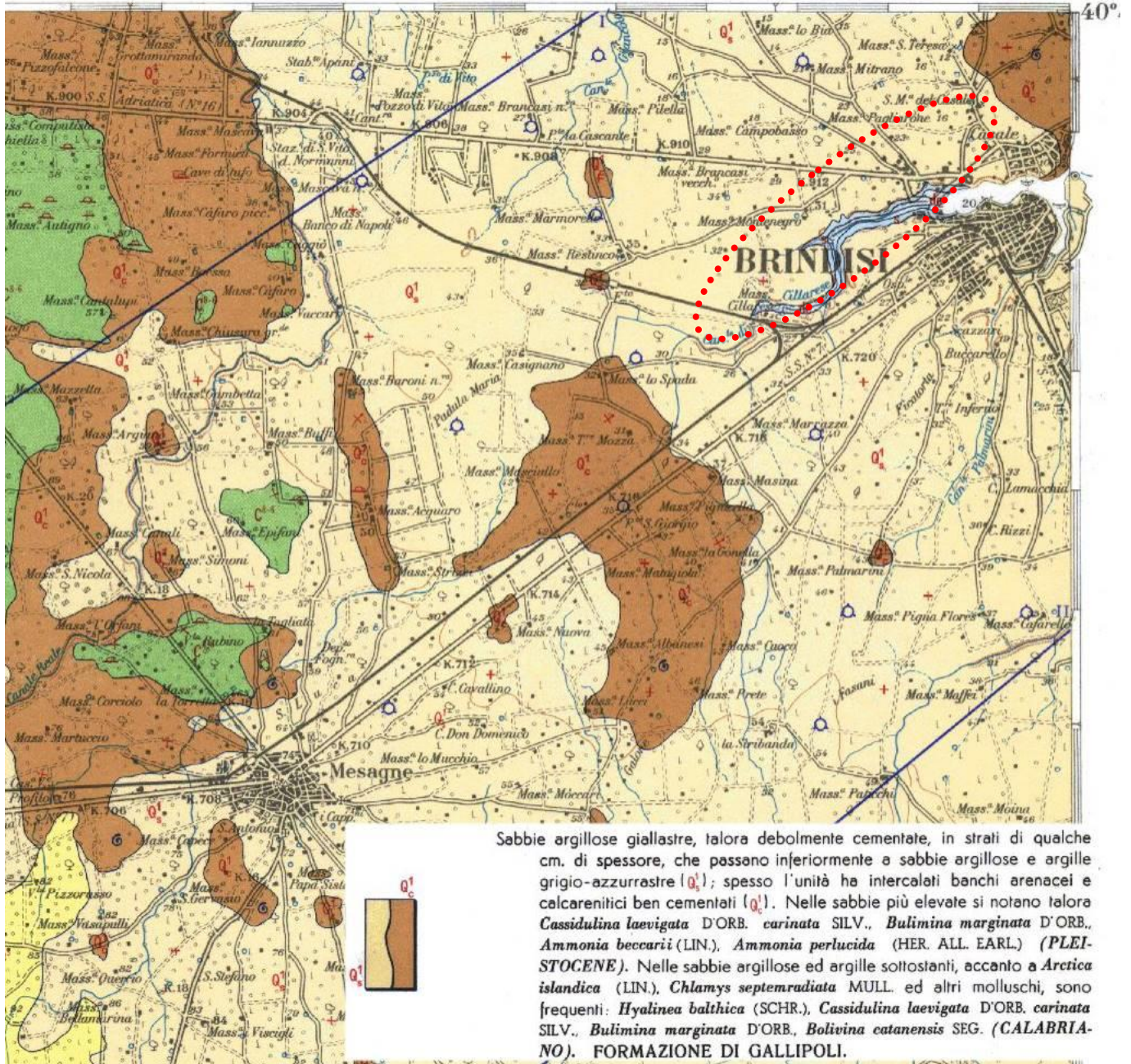


Figura 6. Stralcio della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000, foglio n.203 – Brindisi.

## **6 IDROGEOLOGIA**

### **6.1 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO GENERALE**

L'assetto geologico-strutturale della Piana di Brindisi determina la geometria e le caratteristiche dei corpi idrici sotterranei, influenzando sia sulle modalità di circolazione e di efflusso a mare, sia sulle caratteristiche quantitative e qualitative delle acque sotterranee.

Per il territorio brindisino è possibile distinguere un acquifero profondo, avente sede nell'ammasso carbonatico fessurato e carsificato e sostenuto alla base dall'acqua marina di invasione continentale; segue quindi al tetto un acquifero superficiale, avente sede nella formazione sabbioso-calcarenitica del Pleistocene medio-superiore (Depositi marini terrazzati) e sostenuto alla base dalla Formazione delle Argille subappennine.

Va evidenziato che in alcune aree, la formazione calcarenitica plio-pleistocenica a diretto contatto con i calcari del cretacico, concorre a formare l'acquifero della falda profonda. Detta circostanza si verifica allorché la formazione sabbioso-calcarenitica presenta una permeabilità per porosità, fratturazione e carsismo, non trascurabile.

Falda superficiale e falda profonda, tranne alcune eccezioni, risultano tra loro idraulicamente separate dal banco di Argille subappennine, considerabile ai fini idrogeologici praticamente impermeabile. L'acquifero superficiale presenta in genere modeste potenzialità idriche, sicché le portate da esso emungibili con i pozzi sono modeste.

In base alle informazioni bibliografiche disponibili, la falda profonda trova direttamente recapito nel Mare Adriatico, verso cui defluisce con pendenze piezometriche piuttosto modeste. Secondo la carta della distribuzione media dei carichi piezometrici dell'acquifero carsico del Salento, la falda profonda, in corrispondenza di tutta la zona in esame, si rinviene ad una profondità di 1÷2 m rispetto al livello del mare.

L'acquifero superficiale assume spesso carattere di acquifero multistrato, con una serie di falde superficiali, che si rinvergono a profondità molto variabili dal piano campagna (comprese fra pochi metri fino a 10 e 30 m), ovunque la presenza di livelli impermeabili vada a costituire uno sbarramento; quest'ultime sono delimitate verso il basso da livelli impermeabili costituiti a luoghi dalle terre rosse a luoghi da successioni limoso-argillose basali delle stesse formazioni.

In particolare, i rilievi piezometrici eseguiti nell'ambito delle attività di indagine geognostica indicano una falda freatica variabile lungo il tracciato, con una falda piuttosto superficiale e compresa tra 1.0÷3.0 m circa di profondità da piano campagna nella porzione di tracciato compresa tra la fine intervento e la pk 3+200, per poi progressivamente approfondirsi e risultare a quote anche superiori ai 10 m di profondità da piano campagna proseguendo lungo il tracciato in direzione dell'inizio degli interventi.

A livello più generale, le informazioni bibliografiche disponibili indicano per l'area una falda freatica posta al tetto delle argille calabriane.

La falda superficiale viene alimentata direttamente dagli eventi pluviali, ha ciclo stagionale e ha valenza economica locale; in funzione della morfologia del terreno che la ospita e del tetto dello strato argilloso delle Argille subappennine varia i suoi carichi idraulici pur mantenendo modeste le portate e ben definite le direttrici di deflusso preferenziale.

Per la bassa permeabilità dei terreni costituenti l'acquifero superficiale, la mobilità della falda è molto limitata; inoltre la bassa porosità determina durante gli eventi piovosi di notevole intensità, ma di breve durata, ampie zone di allagamento.

## 6.2 CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA DEI TERRENI E DELLE UNITÀ GEOLOGICHE

Per la caratterizzazione idrogeologica dei terreni interessati dalle opere in progetto sono disponibili i dati delle prove di permeabilità, di tipo Lefranc sia a carico variabile sia costante, eseguite in foro di sondaggio nel corso della campagna indagini a supporto della presente fase progettuale.

L'insieme dei risultati delle prove realizzate, elencate nella seguente Tabella 6, ha fornito valori di permeabilità piuttosto variabili da tra  $2,86 \cdot 10^{-8}$  m/s e  $9,40 \cdot 10^{-5}$  m/s, con un valore medio di  $6,23 \cdot 10^{-7}$  m/s. In generale, si tratta di valori di permeabilità medio-bassi.

**Tabella 6. Risultati delle prove Lefranc realizzate nel corso delle indagini di PD.**

ID sondaggio	ID prova	Prof media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Formazione geologica
<b>BH01</b>	<i>Lefranc 1</i>	3,50	9,40E-05	a carico costante	Depositi marini terrazzati
<b>BH01</b>	<i>Lefranc 2</i>	7,50	1,85E-07	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH02</b>	<i>Lefranc 1</i>	3,50	2,41E-06	a carico variabile	Depositi marini terrazzati

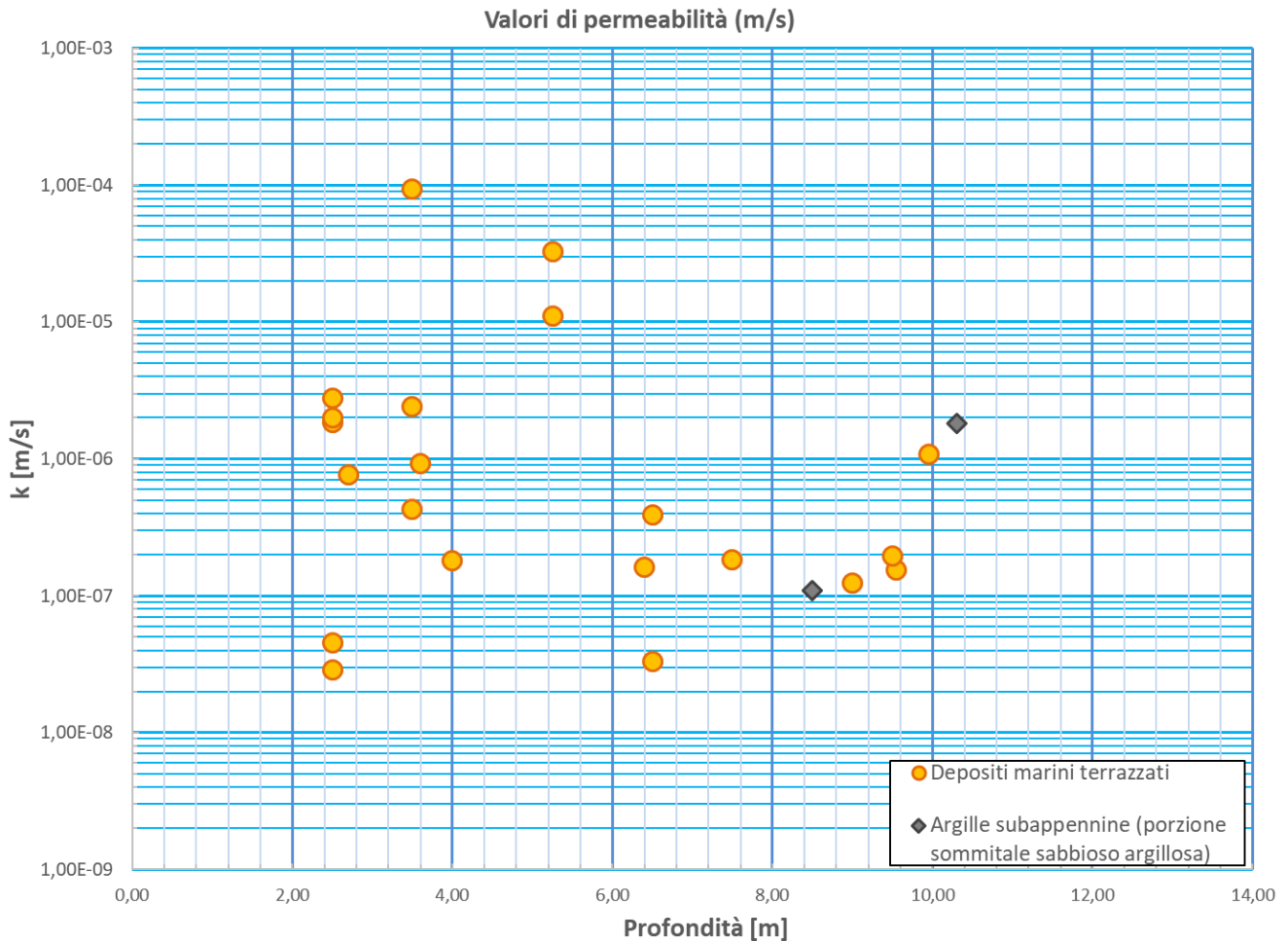
ID sondaggio	ID prova	Prof media (m da p.c.)	k (m/s)	Tipo di prova	Formazione geologica
<b>BH02</b>	<i>Lefranc 2</i>	10,30	1,81E-06	a carico variabile	Argille subappennine (tetto)
<b>BH03</b>	<i>Lefranc 1</i>	2,50	2,76E-06	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH03</b>	<i>Lefranc 2</i>	8,50	1,10E-07	a carico variabile	Argille subappennine (tetto)
<b>BH04</b>	<i>Lefranc 1</i>	2,50	1,86E-06	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH04</b>	<i>Lefranc 2</i>	6,50	3,89E-07	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH05</b>	<i>Lefranc 1</i>	2,50	1,99E-06	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH05</b>	<i>Lefranc 2</i>	9,55	1,54E-07	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH06</b>	<i>Lefranc 1</i>	2,70	7,65E-07	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH06</b>	<i>Lefranc 2</i>	9,95	1,09E-06	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH07</b>	<i>Lefranc 1</i>	3,60	9,32E-07	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH07</b>	<i>Lefranc 2</i>	9,00	1,23E-07	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH08</b>	<i>Lefranc 1</i>	3,50	4,30E-07	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH08</b>	<i>Lefranc 2</i>	9,50	1,94E-07	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH09</b>	<i>Lefranc 1</i>	4,00	1,80E-07	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH09</b>	<i>Lefranc 2</i>	5,25	3,28E-05	a carico costante	Depositi marini terrazzati
<b>BH09</b>	<i>Lefranc 3</i>	5,25	1,11E-05	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH10</b>	<i>Lefranc 2</i>	2,50	2,86E-08	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH10</b>	<i>Lefranc 2</i>	6,40	1,63E-07	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH11</b>	<i>Lefranc 1</i>	2,50	4,56E-08	a carico variabile	Depositi marini terrazzati
<b>BH11</b>	<i>Lefranc 2</i>	6,50	3,32E-08	a carico variabile	Depositi marini terrazzati

Nella seguente Figura 7 si riportano in forma grafica i risultati della sovrastante Tabella 6, plottati in funzione della profondità media di esecuzione delle prove di permeabilità.

In Figura 8 gli stessi dati vengono invece rappresentati in serie in funzione dell'unità geologica di appartenenza, indicando inoltre, per ciascuna unità geologica, il valore medio di permeabilità ottenuto eseguendo la media geometrica dei valori disponibili.



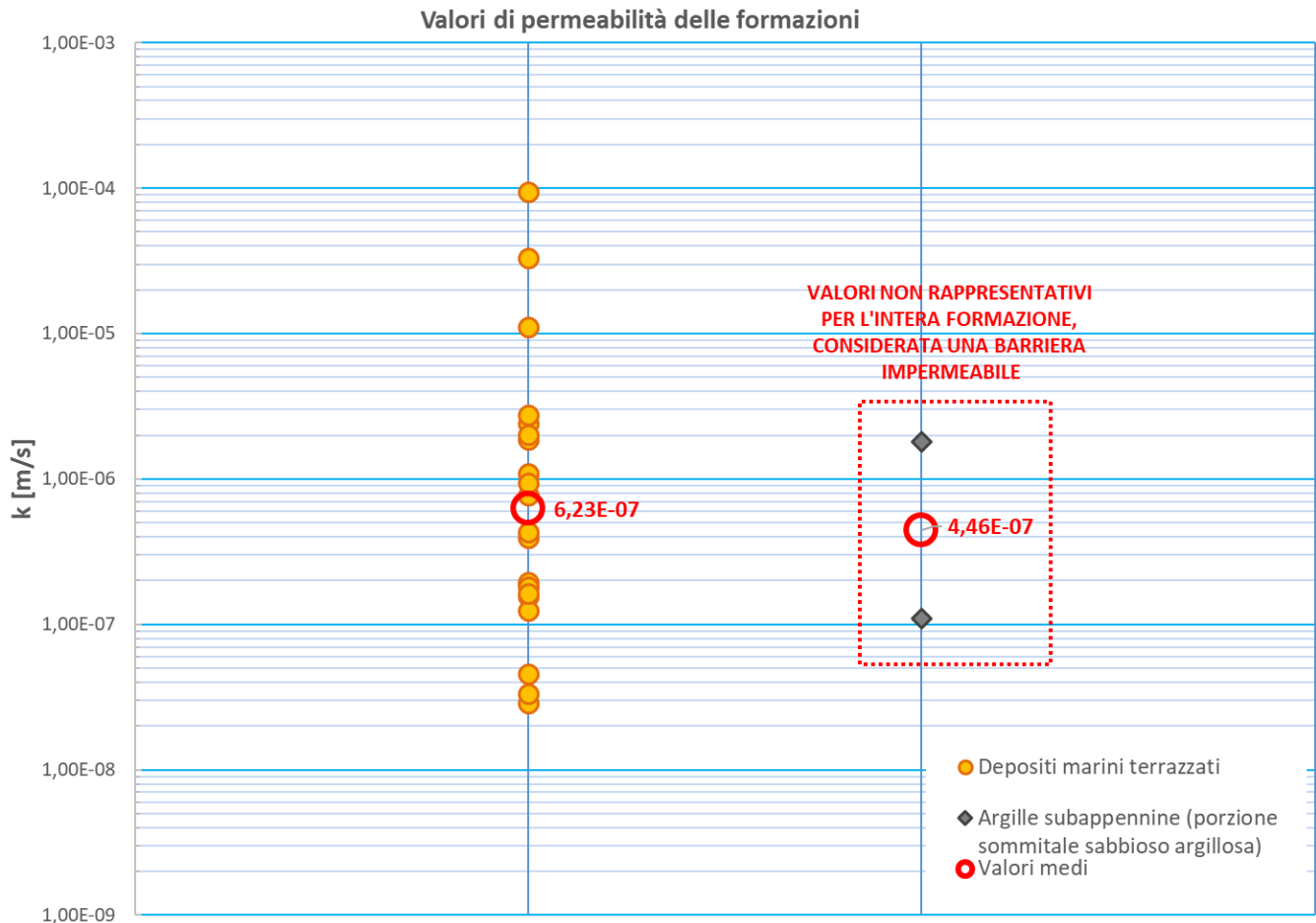
**Figura 7. Grafico relativo ai valori di permeabilità determinati da prove Lefranc.**



Si segnala che la quasi totalità delle prove realizzate interessano i depositi quaternari ascrivibili ai Depositi marini terrazzati, che rappresentano l'unità geologica prevalentemente affiorante nell'area, mentre n.2 prove sono state eseguite al tetto della sottostante formazione delle Argille subappennine.

Pertanto, per i terreni più recenti di copertura e le unità geologiche di substrato, non caratterizzabili direttamente attraverso i risultati delle prove di permeabilità in sito, l'attribuzione dei valori di permeabilità è stata effettuata su base litologica ed in riferimento ai valori disponibili da bibliografia e da studi pregressi.

**Figura 8. Grafico relativo ai valori di permeabilità determinati da prove Lefranc.**



### 6.3 COMPLESSI IDROGEOLOGICI

In funzione delle prove di permeabilità e delle caratteristiche litologiche delle formazioni, nell'area sono stati individuati quattro complessi idrogeologici, intesi come corpi litologici simili caratterizzati da un prevalente tipo di circolazione idrica ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione generalmente ristretto.

Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area di intervento.

Nello specifico, la definizione delle caratteristiche idrogeologiche dei vari complessi presenti nell'area è stata compiuta principalmente in considerazione delle prove di permeabilità (Lefranc) realizzate nei fori di sondaggio nel corso delle campagne di indagine. Come già accennato, laddove non disponibili tali dati, l'attribuzione dei valori di permeabilità è stata effettuata su base litologica ed in riferimento a valori da bibliografia e/o da studi pregressi.

Si sottolinea che la stima del range di variazione del coefficiente di permeabilità relativo ad ogni complesso idrogeologico è stata effettuata in funzione delle caratteristiche sedimentologiche e litologiche dei terreni, nonché del grado di alterazione, fessurazione e/o carsismo dei singoli ammassi rocciosi.

In particolare, sono stati individuati i complessi idrogeologici di seguito descritti, sulla base dei quali sono state prodotte le cartografie ed i profili idrogeologici a corredo del presente studio.

### **6.3.1 Complesso idrogeologico sabbioso limoso argilloso (SLA)**


Tale complesso è costituito dai terreni di copertura rappresentati dai depositi continentali eluviali (**de**) e dai depositi lagunari – palustri recenti (**s**). Si tratta in particolare di ripetute intercalazioni di sabbie, sabbie argillose, argille sabbiose e limi. La permeabilità di tali depositi è per porosità e risulta variabile da bassa a molto bassa. A questo complesso è stato attribuito un coefficiente di permeabilità  $k$  compreso tra  $1 \cdot 10^{-8}$  e  $1 \cdot 10^{-6}$  m/s.

### **6.3.2 Complesso sabbioso limoso e calcarenitico (SLC)**

Appartengono a tale complesso i depositi marini terrazzati del calabriano (**Q1s, Q1c**). Si tratta di sabbie limose e limi sabbiosi, debolmente argillosi, con intercalazioni di banchi arenacei e calcarenitici ben cementati. Sono sede di un acquifero multistrato, con una serie di falde superficiali, che si rinvencono a profondità molto variabili dal piano di campagna. La permeabilità, per porosità, è in generale bassa. Sulla base delle numerose prove Lefranc disponibili, al complesso in questione è stato attribuito un coefficiente di permeabilità  $k$  compreso tra  $1 \cdot 10^{-7}$  e  $1 \cdot 10^{-5}$  m/s.

### **6.3.3 Complesso idrogeologico argilloso-marnoso (AGM)**

Questo complesso è formato dai termini litologici dell'unità delle Argille subappennine (**ASP**). Si tratta di argille limose, argille sabbiose ed argille marnose, con orizzonti e lenti sabbiose, in strati da sottili a molto spessi; la porzione al tetto dell'unità presenta una discreta quantità di sabbia e limo. Costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente e/o lateralmente e, nello

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA7K	00	D 69 RG	GE0001 001	B	28 di 58

specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano un *acquicluda* di notevole importanza che sostiene l'acquifero freatico, ospitato entro i depositi marini terrazzati, che caratterizza la piana di Brindisi

La permeabilità, per porosità, è variabile da molto bassa a bassa. A tale complesso si può attribuire un coefficiente di permeabilità  $k$  compreso tra  $3 \cdot 10^{-9}$  e  $3 \cdot 10^{-6}$  m/s.

### 6.3.4 Complesso idrogeologico calcarenitico (CAL)

Questo complesso è formato dai termini litologici delle Calcareniti di Gravina (**GRA**). Si tratta di calcareniti e calciruditi bioclastiche, passanti a materiali sabbiosi con inclusi ciottoli che si rinvencono in spessori molto esigui. La permeabilità è essenzialmente per porosità ed è variabile da media a bassa. Solo in corrispondenza dei livelli macrofossiliferi la permeabilità diventa medio-alta a causa delle numerose vie preferenziali che l'acqua incontra tra i macrofossili. A tale complesso è stato attribuito un coefficiente di permeabilità  $k$  compreso tra  $1 \cdot 10^{-6}$  e  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s.


## 6.4 MONITORAGGIO PIEZOMETRICO

Nella seguente tabella si riportano le risultanze delle letture piezometriche disponibili al momento della stesura della presente relazione, relativamente alla strumentazione installata in ambito della campagna indagini di Progetto Definitivo. I valori dei livelli di falda sono espressi come soggiacenza della stessa in metri dal piano campagna.

**Tabella 7. Quadro riassuntivo delle letture piezometriche disponibili (in m da p.c.)**

Sigla Piezometro	05÷06/11/2019	18/11/2019	27/01/2020	28/01/2020	29/01/2020	30/01/2020
BH01	3,28	3,18	--	--	--	3,03
BH 02	3,27	3,13	--	--	--	2,96
BH 03	3,16	3,05	--	--	--	2,81
BH 04	2,85	2,63	--	--	--	2,58
BH 05	1,33	1,13	--	--	--	0,85
BH 06	2,36	2,13	--	--	--	2,36
BH 07	3,67	3,27	--	--	--	3,67
BH 08	5,17	5,18	--	--	--	5,22
BH 09	--	3,30	--	--	--	3,44

Sigla Piezometro	05-06/11/2019	18/11/2019	27/01/2020	28/01/2020	29/01/2020	30/01/2020
BH 10	assente	assente	--	--	--	assente
BH 11	assente	assente	--	--	--	assente
BH 15	--	--	2,70	--	--	--
BH 16	--	--	--	4,41	--	--
BH 17	--	--	--	--	6,57	--

	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 30 di 58

## 7 VALUTAZIONE DEI RISCHI

Di seguito si analizzano le potenziali interferenze dell'opera con gli elementi geologici, geomorfologici ed idrogeologici caratterizzanti il territorio, al fine di segnalare i potenziali rischi connessi alla realizzazione degli interventi in progetto.

### 7.1 RISCHIO GEOLOGICO

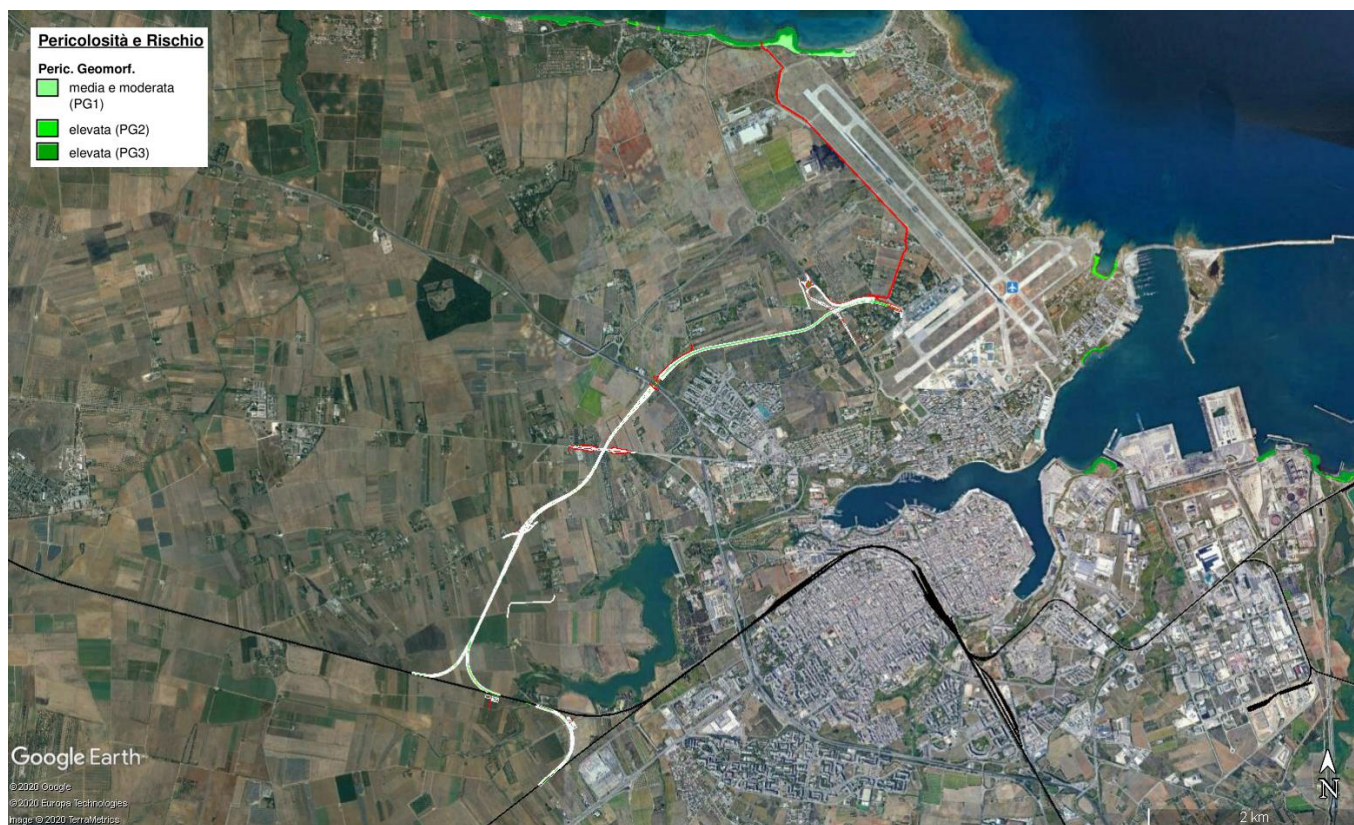
Per quanto concerne gli elementi di carattere geologico, non si ravvisano particolari criticità da questo punto di vista. Gli interventi si collocano infatti su depositi sabbioso limosi e limoso sabbiosi, talora debolmente cementati, che passano gradualmente a sabbie argillose e argille, le cui caratteristiche appaiono certamente compatibili con le opere in progetto.

### 7.2 RISCHIO GEOMORFOLOGICO

Relativamente agli aspetti geomorfologici, il tracciato si sviluppa in caratterizzata da topografia sub-pianeggiante ed esente pertanto da potenziali rischi connessi alle dinamiche di versante, con particolare riferimento alle fenomenologie di tipo gravitativo.

A conferma di ciò, ai fini della verifica delle condizioni di assetto geomorfologico locale è stata eseguita la verifica della pericolosità geomorfologica dell'area in esame attraverso la consultazione della "Carta della pericolosità geomorfologica" del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico" dell'Autorità di Bacino della Puglia, disponibile online mediante piattaforma WebGIS all'indirizzo [http://93.51.158.165/gis/map\\_default.phtml](http://93.51.158.165/gis/map_default.phtml).

Dalla consultazione di tale cartografia, con perimetrazioni aggiornate al 19.11.2019, è stato verificato che le opere in progetto non interferiscono con aree perimetrata a pericolosità geomorfologica, come evidenziato anche nello stralcio cartografico riportato nelle seguenti Figure 9a e 9b, se non limitatamente all'estremità finale del collettore di scarico IN16, che in prossimità della costa, intercetta una stretta fascia perimetrata a pericolosità progradante da media a moderata (PG1) sino ad elevata (PG2 e PG3) all'approssimarsi della linea di costa.



**Figura 9 a. P.A.I. Puglia - stralcio della carta della pericolosità geomorfologica dell'area interessata dagli interventi in progetto (tracciato bianco: nuovo collegamento ferroviario; tracciato rosso: collettore di scarico IN16).**

In riferimento a quanto sopra riportato, il nuovo tracciato ferroviario in progetto è compatibile con l'assetto geomorfologico del territorio.



**Figura 9 b. P.A.I. Puglia - stralcio della carta della pericolosità geomorfologica dell'area interessata dagli interventi in progetto con zoom sul collettore di scarico IN16 (segmento rosso).**

Come evidenziato nello stralcio cartografico riportato in Figura 9 b, il collettore di scarico IN16 interferisce, limitatamente all'estremità finale, in prossimità della costa, con una stretta fascia perimetrata a pericolosità progradante da media a moderata (PG1) sino ad elevata (PG2 e PG3) all'approssimarsi della linea di costa.

In merito a suddette aree perimetrata a pericolosità geomorfologica, si segnala che, nel caso specifico, esse non identificano movimenti gravitativi in atto o potenziali, ma definiscono una fascia di costa potenzialmente interessata da processi erosivi e fenomeni di dissesto corticale connessi alle dinamiche del litorale.

Nella fattispecie, il tratto di costa in oggetto appare stabile da tempo in rapporto ai processi geomorfologici, come emerso anche da analisi aerofotogrammetrica multi-temporale, di seguito riportata.



Alla luce della situazione sopra evidenziata, a controllo e verifica delle indicazioni fornite dallo P.S.A.I. è stata condotta un'analisi geomorfologica multi-temporale del tratto di costa in oggetto, finalizzata ad un approfondimento in merito al rischio geomorfologico dell'area.

L'analisi è stata effettuata mediante studio e confronto di fotogrammi aerei della e relativi agli anni 1988 (Figura 9 c), 1994 (Figura 9 d), 2000 (Figura 9 e), 2006 (Figura 9 f), 2012 (Figura 9 g), 2018 (Figura 9 h) e 2019 (Figura 9 i).

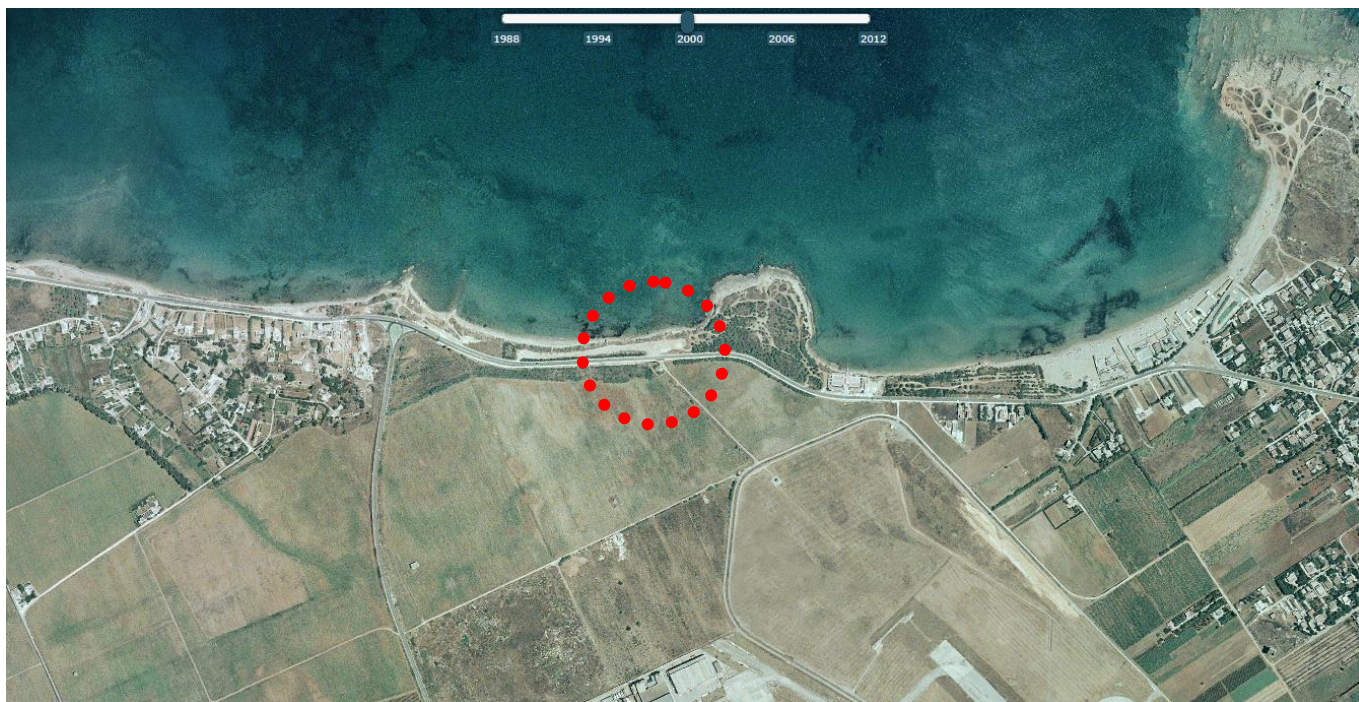
Con riferimento alle aree interessate dalle perimetrazioni in esame, dal confronto delle diverse riprese aeree si evince come l'area non mostri, negli ultimi 30 anni circa, sostanziali mutamenti morfologici, né segni ed evidenze di dissesti macroscopici.



**Figura 9 c. Ortofoto in bianco e nero dell'area relativa all'anno 1988.**



**Figura 9 d. Ortofoto in bianco e nero dell'area relativa all'anno 1994.**



**Figura 9 e. Ortofoto a colori dell'area relativa all'anno 2000.**



**Figura 9 f. Ortofoto a colori dell'area relativa all'anno 2006.**



**Figura 9 g. Ortofoto a colori dell'area relativa all'anno 2012.**



**Figura 9 h. Foto aerea dell'area (fonte Google Earth) relativa all'anno 2018.**



**Figura 9 i. Foto aerea dell'area (fonte Google Earth) relativa all'anno 2019.**

In riferimento a quanto sopra riportato, il collettore di scarico IN16 in progetto è compatibile con l'assetto geomorfologico del territorio.

### **7.3 RISCHIO IDROGEOLOGICO**

In merito agli aspetti idrogeologici, non essendo previste opere in sotterraneo di particolare rilevanza, non si segnalano particolari criticità e/o interferenze tra le opere in progetto ed i flussi idrici sotterranei. Tuttavia, i terreni costituenti l'acquifero superficiale sono caratterizzati da una bassa permeabilità, e, unitamente ai blandi gradienti della superficie topografica e del reticolo scolante, potrebbero causare la formazione di zone di allagamento durante gli eventi piovosi di breve durata e notevole intensità.

Infine, con particolare riferimento agli elaborati relativi alla carta idrogeologica, le opere in progetto non interferiscono con la fascia di rispetto di pozzi ad uso idropotabile.

## 8 MODELLO GEOLOGICO LOCALE

Con riferimento agli elaborati della carta geologica e del profilo geologico in asse al tracciato a corredo del presente studio (vedasi Tabella 1), le stratigrafie dei sondaggi e le prove penetrometriche disponibili confermano la presenza di terreni di copertura essenzialmente limoso-sabbiosi, di colore generalmente marroncino-giallastro, poggianti sulle argille calabriane. In particolare, le verticali di sondaggio realizzate individuano il tetto di queste ultime a partire da profondità variabili tra 7÷15 m circa, con terreni di colore grigio, talora a forte componente sabbiosa, che rappresentano il pacco lenticolare che è andato a ricolmare, congiuntamente alle sottostanti calcareniti, la nota "Conca di Brindisi" generata per immersione dei calcari di base.

In sostanza, da un punto di vista geologico e relativamente alle profondità investigate, lungo l'opera in progetto i terreni in sito, dall'alto verso il basso, possono essere così identificati:

- **Depositi marini terrazzati** (da p.c. fino a 7÷15 m circa di profondità da p.c.): si tratta di sabbie limose e limi sabbiosi, debolmente argillosi, di colore giallastro, talora debolmente cementate, in strati di qualche centimetro di spessore (**Q1s**), che passano gradualmente a sabbie argillose e argille grigio azzurrastre della sottostante formazione delle Argille Subappennine; spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati (**Q1c**), costituenti la cosiddetta unità "panchina". (*Età: Pleistocene medio-superiore*);
- **F.ne delle Argille subappennine (ASP)** (da 7÷15 m circa di profondità sino ad 53 m di profondità da p.c.): depositi marini di piattaforma e scarpata superiore, costituiti da argille limose, argille sabbiose ed argille marnose di color grigio-azzurro, talora giallastre, con orizzonti e lenti sabbiose, in strati da sottili a molto spessi, generalmente poco evidenti e a laminazione piano-parallela; la porzione al tetto di tale unità ha una colorazione grigio chiara per la presenza di una discreta quantità di sabbia e limo, che a volte si rinviene in livelletti e liste millimetriche ben individuabili e totalmente incoerenti. Tale porzione sommitale presenta uno spessore variabile da qualche metro sino a 10÷14 m. Questi depositi non affiorano nell'area in esame, ma occupano vaste aree nel sottosuolo, costituendo il substrato impermeabile che sostiene l'acquifero superficiale della Piana di Brindisi. In tale area, le Argille subappennine presentano spessori alquanto variabili, che aumentano procedendo sia da Ovest verso Est che da Sud verso Nord. Lungo la costa, ad esempio, lo spessore passa

da circa 20 m a 45 m, muovendosi dall'area di Cerano fino al Porto di Brindisi. (*Età: Pleistocene inferiore*);

- **Calcareniti di Gravina (GRA)** (a partire dai 39÷53 m circa ed oltre di profondità da p.c.): si tratta di depositi calcarenitici e calciruditi bioclastici di ambiente litorale. La formazione è direttamente trasgressiva sui calcari cretaci. Sono localmente rappresentate da calcareniti e calciruditi passanti a materiali sabbiosi con inclusi ciottoli che si rinvengono in spessori molto esigui. Al contatto con i calcari spesso si trovano abbondanti affioramenti di materiali residuali rossastri (terre rosse), testimoni di una lunga fase di emersione che ha preceduto la trasgressione marina quaternaria. Nell'area tale formazione risulta non affiorante e costituisce la formazione al letto delle Argille Subappennine. (*Età: Pliocene superiore - Pleistocene inferiore*).

In genere, in superficie è da tenere in considerazione una copertura variabile dell'ordine di 50÷100 cm di terreno vegetale, costituito da limo sabbioso di colore marrone-nerastro.

Per una rappresentazione più dettagliata ed una corretta interpretazione della stratigrafia lungo l'infrastruttura in progetto si rimanda ai profili geologici realizzati a corredo del presente studio (vedasi Tabella 1).

## **9 ELEMENTI DI SISMICITÀ**

### **9.1 CLASSIFICAZIONE SISMICA**

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

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

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato, in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni), da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo. A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003. Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone (da 1 a 4), a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

A seguito dell'emanazione dei criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche da parte dello Stato, inseriti prima nell'allegato 1 dell'OPCM 3274/03 e in seguito aggiornati con l'OPCM 3519/06, la Regione Puglia ha individuato le zone sismiche e ha stilato un elenco regionale dei comuni in zona sismica (DGR n.153 del 02/03/2004).

In base a tale classificazione, il Comune di Brindisi risulta classificato in zona "4", risultando pertanto a bassa sismicità.



## 9.2 SISMICITÀ STORICA

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente il Comune di Brindisi. Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15 (Locati et al., 2016), il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (Rovida et al., 2016, consultabile on-line al sito <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>).

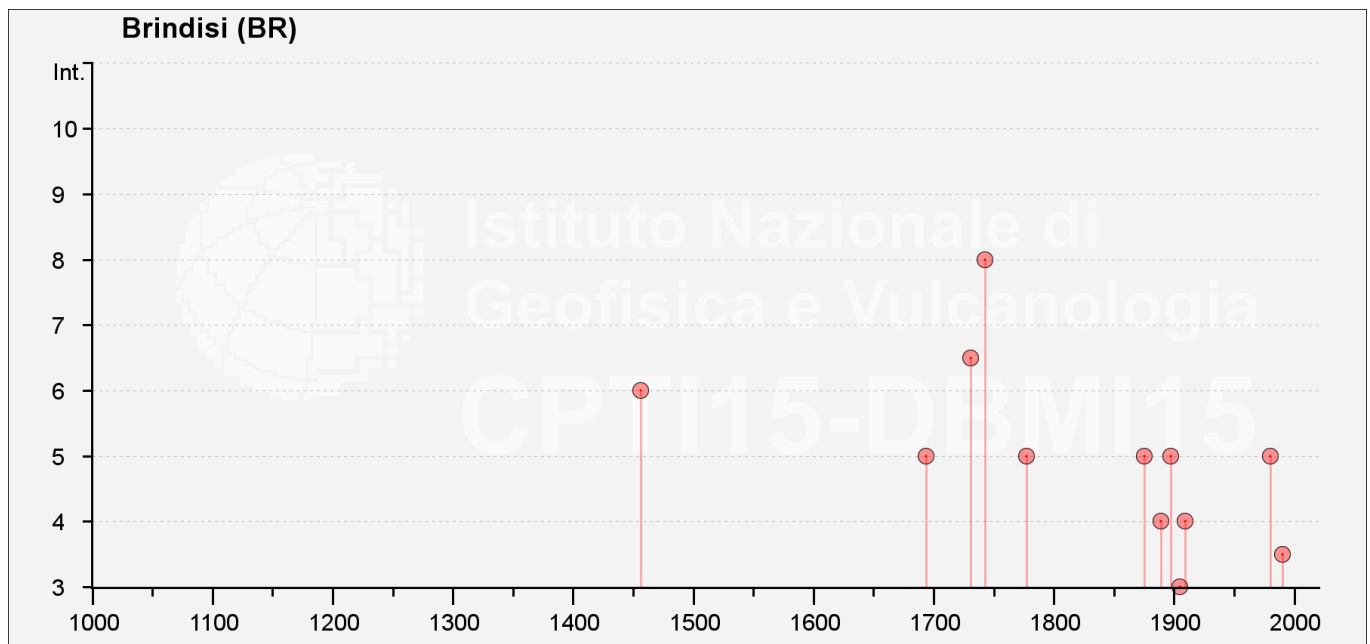
Nella successiva tabella sono indicati con i seguenti simboli:

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

**Tabella 8. Storia sismica del Comune di Brindisi [40.637, 17.945].**

Is	Anno Me Gi Or Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7,19
5	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6,73
6-7	1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9	6,33
8	1743 02 20	Ionio settentrionale	84	9	6,68
5	1777 06 06 16 15	Tirreno meridionale	9		
2-3	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7,12
5	1875 12 06	Gargano	97	8	5,86
4	1889 12 08	Gargano	122	7	5,47
5	1897 05 28 22 40 02.00	Ionio	132	6	5,46
3	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6,95
4	1909 01 20 19 58	Salento	32	5	4,51
NF	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5,76
NF	1913 06 28 08 53 02.00	Calabria settentrionale	151	8	5,64
NF	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7,08
F	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6,67

Is	Anno Me Gi Or Mi Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1947 05 11 06 32 15.00	Calabria centrale	254	8	5,7
NF	1951 01 16 01 11	Gargano	73	7	5,22
2	1978 09 24 08 07 44.00	Materano	121	6	4,75
5	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
NF	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5,62
NF	1990 02 18 20 10 48.71	Adriatico centrale	46		4,24
3-4	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5,77



**Figura 10. Storia sismica del Comune di Brindisi [40.637, 17.945].**

### 9.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Le novità introdotte con l'ordinanza sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate, grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (INGV, Reluis, Eucentre). Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006.

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ),

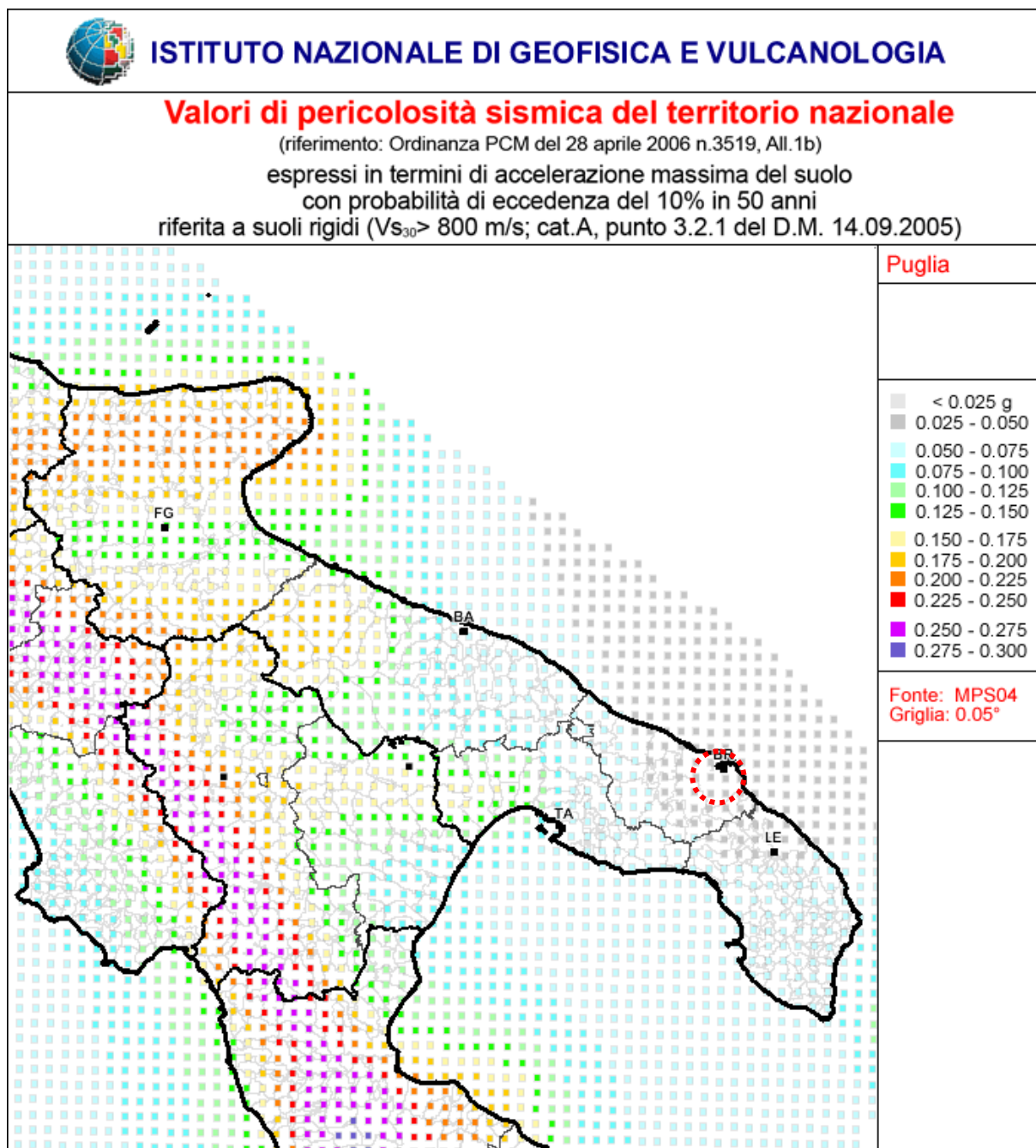
con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche (Tabella 9). Le Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 gennaio 2008 hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona, e quindi per ciascun comune, precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

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

**Tabella 9. Valori di accelerazione massima del suolo  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferito a suoli rigidi caratterizzati da  $V_{s,30}>800$  m/s**

Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

L'azione sismica viene valutata in condizioni di campo libero (cioè in assenza di manufatti), su sito di riferimento rigido (di categoria A), a superficie orizzontale (superficie topografica di categoria T1), riferendosi alla definizione di "pericolosità sismica di base", fornita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (Figura 11).



**Figura 11. Mappa di pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi ( $V_{S,30} > 800$  m/s) – da INGV. In rosso l'area di studio**

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono

compiutamente definite le forme spettrali per la generica "probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ ":

$a_g$ : accelerazione massima su suolo tipo A;

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

$T_{C^*}$ : periodo di riferimento che consente di calcolare il periodo  $T_C$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro.


La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del Comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

Relativamente alla pericolosità sismica di base, in riferimento alla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (O.P.C.M. 28/04/2006 n.3519), con particolare riferimento al territorio della Regione Puglia (Figura 11), il range di accelerazione massima del suolo, con probabile eccedenza del 10% in 50 anni, nell'area in studio è minore di 0.125 g.

In Tabella 10 vengono forniti, per periodi di ritorno  $T_R$  di 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni, i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_{C^*}$  da utilizzare per definire l'azione sismica nei diversi stati limite considerati.

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_{C^*}$
30	0,014	2,322	0,154
50	0,019	2,305	0,202
72	0,023	2,319	0,264
101	0,026	2,324	0,318
140	0,030	2,384	0,345
201	0,035	2,438	0,371
475	0,046	2,520	0,447
975	0,055	2,630	0,512
2475	0,069	2,830	0,535

**Tabella 10. Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_{C^*}$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento**

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA7K	00	D 69 RG	GE0001 001	B	46 di 58

#### 9.4 SORGENTI SISMOGENETICHE E FAGLIE CAPACI

Recentemente è stata presentata la nuova versione (vers. 3.2.1) del database “*A compilation of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*”, inizialmente divulgato in forma preliminare nel luglio 2000 come versione 1.0 e quindi pubblicato nel 2001 come versione 2.0 (Valensise & Pantosti, 2001).

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

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

Obiettivo del Database è quello di rendere quanto più possibile completa l'informazione sulle sorgenti sismogenetiche potenziali del territorio nazionale; per questa ragione, oltre ad un numero maggiore di sorgenti individuali, viene proposta una forma di rappresentazione e caratterizzazione di tutte le aree che, pur essendo certamente in grado di generare forti terremoti, sono ancora poco comprese.

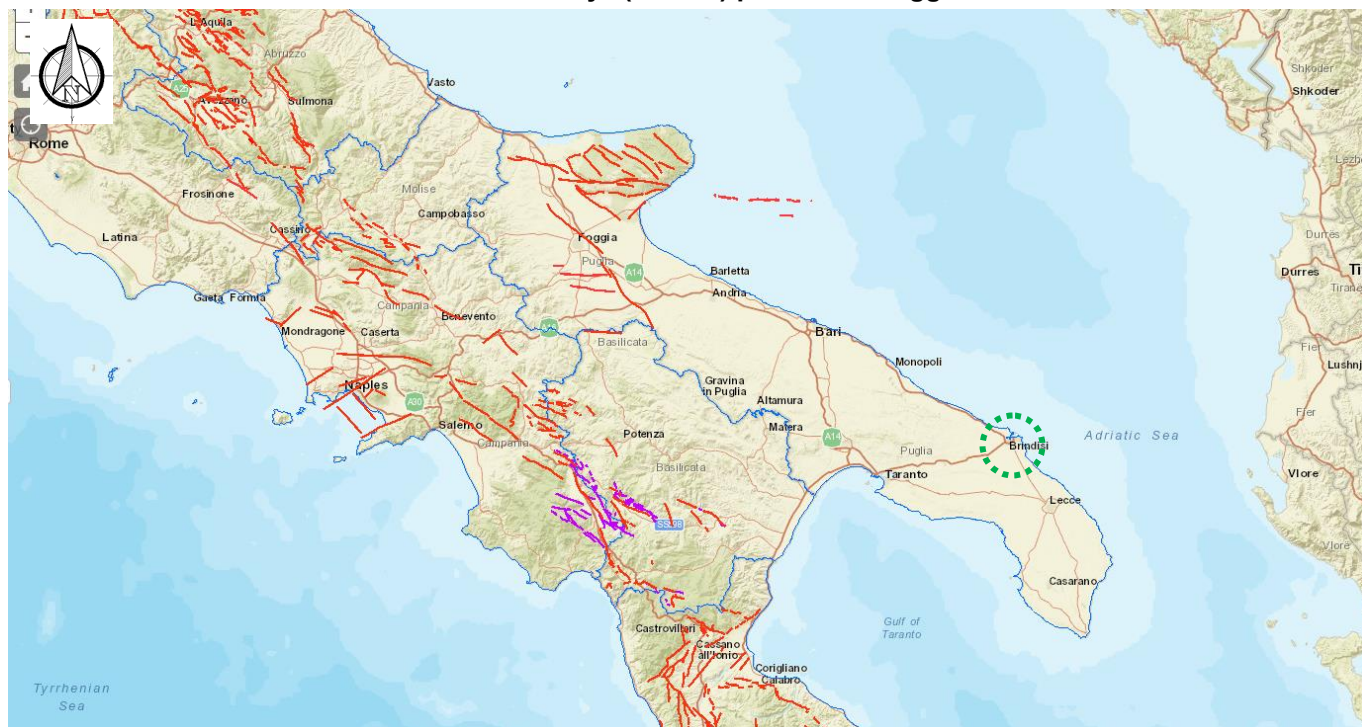
È stata pertanto istituita una nuova categoria di aree sismogenetiche per le quali, in analogia con quanto proposto dalla nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti & Valensise, 2004), viene fornita la localizzazione geografica, la stima del meccanismo di fagliazione, la profondità efficace e la magnitudo massima attesa.

Dall'esame del Database, nei pressi dei siti di studio non sono presenti sorgenti sismogenetiche (Figura 12).

Infine, la consultazione del database del progetto ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults) ha permesso di verificare l'eventuale presenza di faglie capaci, definite come lineamenti tettonici attivi che possono potenzialmente creare deformazioni in superficie e produrre fenomeni dagli effetti distruttivi per le opere antropiche. In riferimento allo stralcio cartografico riportato in Figura 13, nell'area si può escludere la presenza di faglie capaci.



**Figura 12. Sorgenti sismogenetiche contenute nel "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy" (v. 3.2.1) per l'area in oggetto.**



**Figura 13. Stralcio cartografico dell'area di interesse con indicazione delle faglie capaci (in rosso) (da <http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>). In verde l'area di studio.**

	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 48 di 58

## 9.5 MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

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

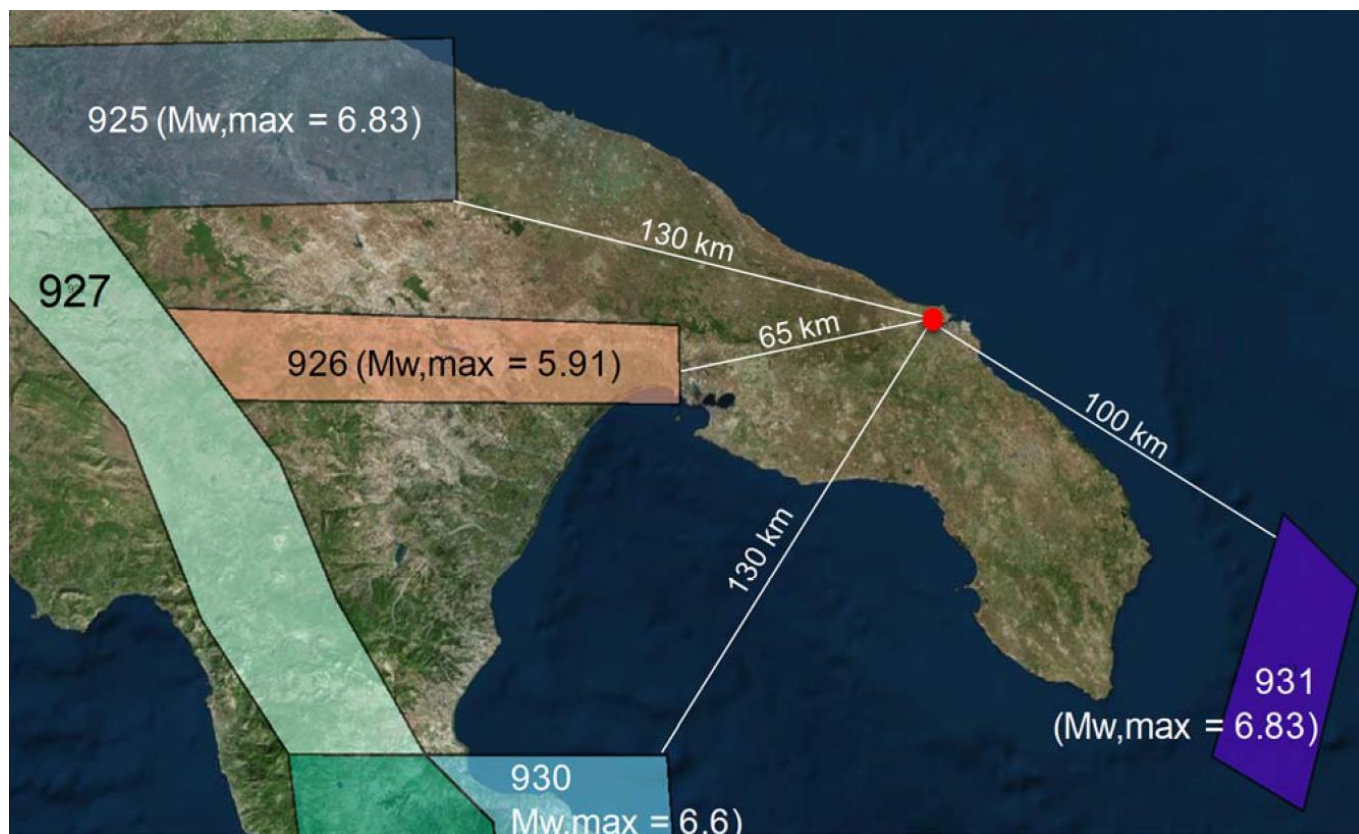
In base alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale, la sismicità in Italia può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo, espressa in termini di magnitudo momento Mw.

Nel caso di siti che ricadono al di fuori di tali zone, come nel caso del territorio di Brindisi, si dovrà eseguire un'analisi accoppiata magnitudo-distanza, secondo le indicazioni contenute nella ZS9, per il calcolo del valore di magnitudo in relazione alla distanza minima di ogni sito dalle zone sismogenetiche circostanti (Figura 15).

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

Figura 14. Valori di M<sub>wmax</sub> per le zone sismogenetiche di ZS9.






**Figura 15. Zonazione sismogenetica ZS9**

## 9.6 DISAGGREGAZIONE DEL TERREMOTO DI PROGETTO

Al fine di definire la Magnitudo (M) di riferimento, ci si può riferire alla disaggregazione sismica del terremoto di progetto.

La disaggregazione della pericolosità sismica consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M.

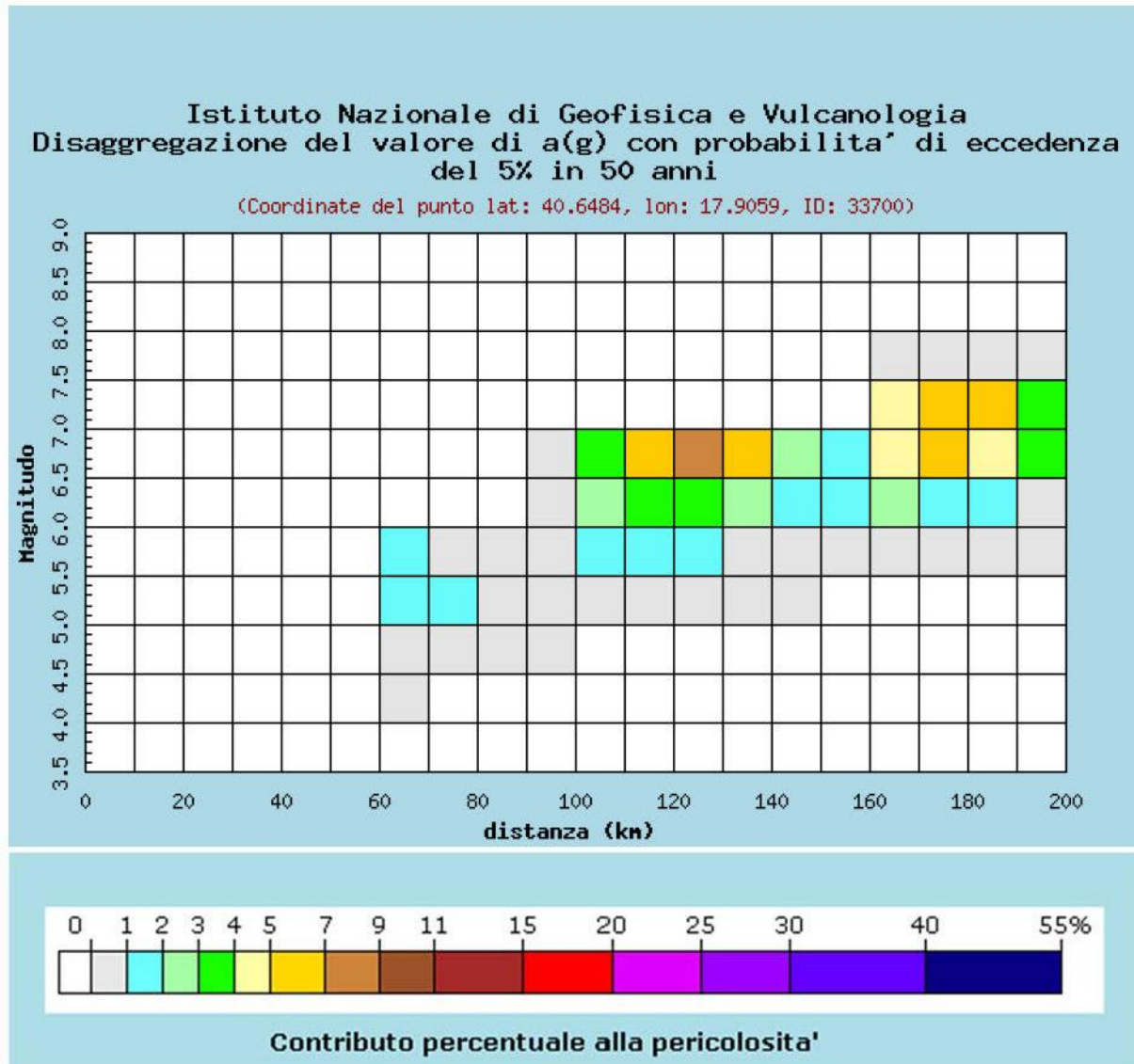
Espresso in altri termini, il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento, di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio, che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso.

	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b>  <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	COMMESSA IA7K	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 50 di 58

Per la definizione del terremoto di progetto, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV – sito: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>) fornisce:

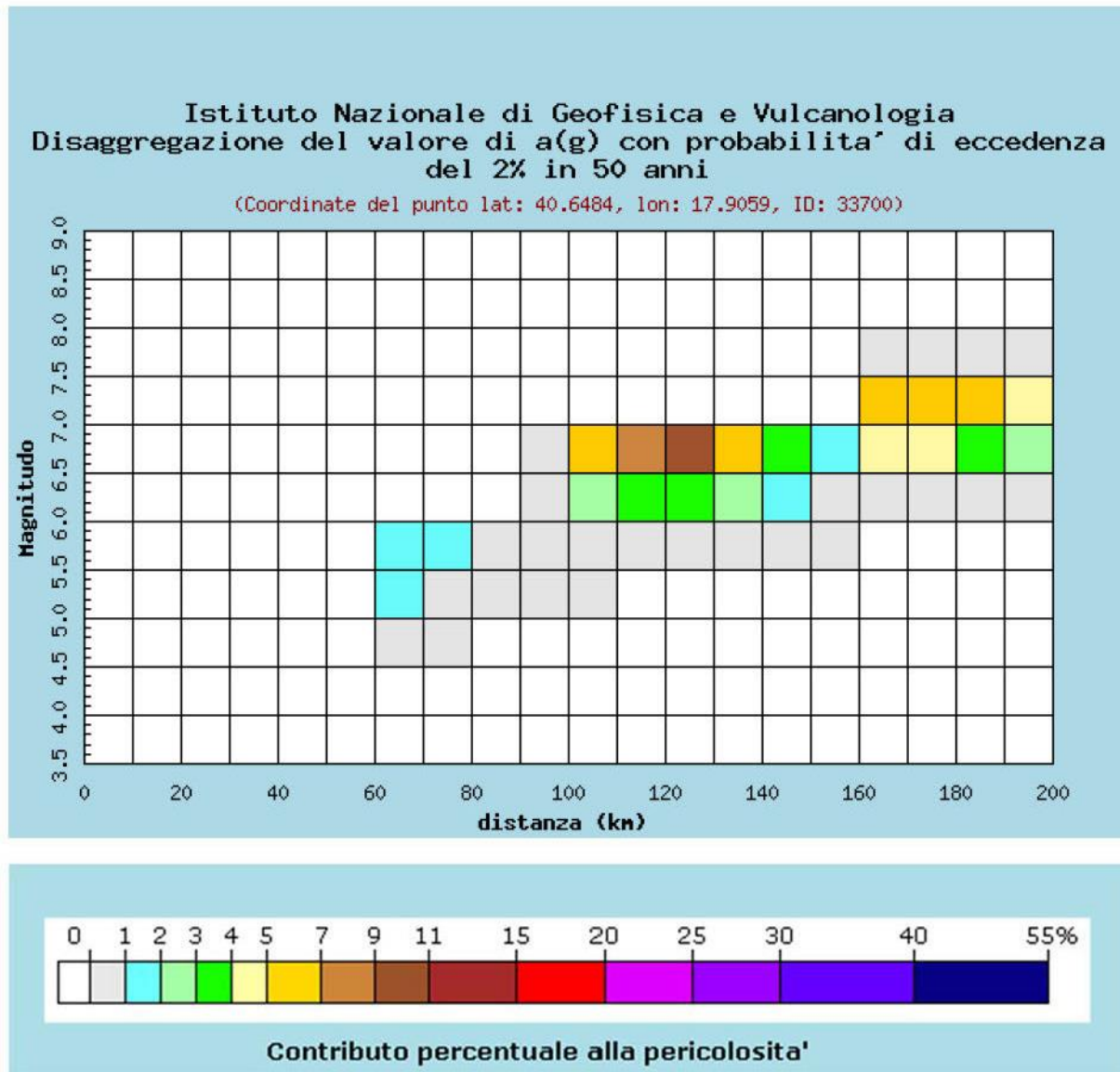
- i contributi, espressi in termine di percentuale alla pericolosità, delle sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M;
- il valore medio, corrispondente al terremoto di scenario.

Nelle seguenti si riportano i grafici di disaggregazione di magnitudo-distanza calcolati per la linea ferroviaria e altre opere ( $T_R = 1000$  anni) e per il viadotto ed il cavalcaferrovia ( $T_R = 2475$  anni).



Valori medi	
Magnitudo	Distanza
6.590	145.000

**Figura 16. Grafico di disaggregazione M-R per la linea ferroviaria e altre opere (TR = 1000 anni)**



Valori medi	
Magnitudo	Distanza
6.710	143.000

**Figura 17. Grafico di disagregazione M-R per il viadotto ed il cavalcaferrovia (TR = 2475 anni)**

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

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

### 10.1 CATEGORIA DI SUOLO

Per la determinazione del tipo di suolo secondo normativa, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $v_s$ .

Allo scopo, l'elaborazione delle indagini geofisiche effettuate in sito in termini di profilo di velocità di propagazione delle onde di taglio  $v_s$ , indica valori di propagazione delle onde di taglio  $v_{s,30}$  prossime a 360 m/sec, facendo pertanto ricadere i suoli talora in categoria C, talora in categoria B (Tabella 11), ma sostanzialmente i valori relativi sono piuttosto vicini fra loro.

**Tabella 11. Categoria di suolo da valori di  $V_{s30}$  (m/s).**


ID PROVA	$V_{s30}$ (m/s)	Categoria di suolo
<b>MASW 1 - HVSr 064</b>	$V_{s30} = 340$	C
<b>MASW 2 - HVSr 063</b>	$V_{s30} = 387$	B
<b>MASW 3 - HVSr 062</b>	$V_{s30} = 409$	B
<b>S1_DH</b>	$V_{s30} = 345$	C
<b>BH12</b>	$V_{s30} = 336$	C
<b>BH13</b>	$V_{s30} = 343$	C
<b>BH14</b>	$V_{s30} = 386$	B

Sulla base dei dati disponibili e mediando i valori di  $V_{s30}$  lungo il tracciato, si ritiene di poter classificare i settori di tracciato così come di seguito riportato:

- da inizio intervento sino alla progressiva chilometrica 3+500 circa in categoria C;
- dalla progressiva chilometrica 3+500 circa sino a fine intervento in categoria B;

segnalando che:

- il viadotto sopra la SS379 è classificabile in Categoria B dalla media delle prove MASW2 e BH13;
- il Cavalcaferrovia SS16 è classificato in Categoria C dalla media delle prove S1\_DH e BH12;

	<b>COLLEGAMENTO FERROVIARIO DELL'AEROPORTO DEL SALENTO CON LA STAZIONE DI BRINDISI</b>					
	<b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA</b>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IA7K	00	D 69 RG	GE0001 001	B	54 di 58

- il Cavalcaferrovia Strada Comunale n.76 è classificato in Categoria B dalla media delle prove MASW3 e BH 14.

## 10.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, essendo le aree in oggetto localizzate in ambito di pianura e non essendovi particolari emergenze topografiche che possano dar luogo ad effetti di amplificazione sismica locale, le morfologie possono essere ricondotte ad una delle configurazioni superficiali semplici previste nel D.M. 17/01/2018 in Tabella 3.2.IV .

In particolare, il sito in oggetto può essere classificato di categoria T1, “*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$* ”, caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1,0$ .

## 10.3 VITA NOMINALE E CLASSE D'USO

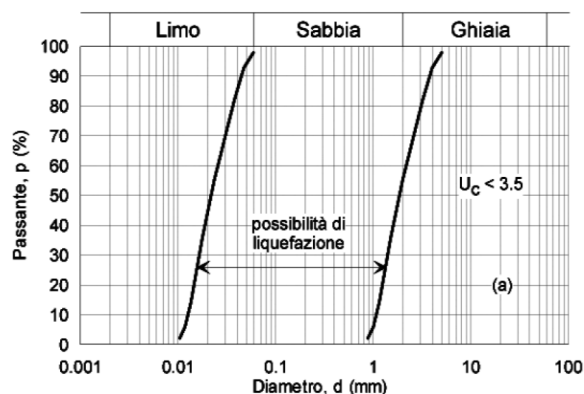
Di seguito si riepilogano gli input progettuali relativamente alla “Vita Nominale” ( $V_N$ ) delle opere, il “Coefficiente d'Uso” ( $C_U$ ), definito in base alla classe d'uso, e alla “Vita di Riferimento” ( $V_R$ ):

- Viadotto ferroviario sopra la “SS379 – corridoio E55”:
  - o  $V_N = 100$  anni
  - o Classe d'uso IV ( $C_U = 2.0$ )
  - o  $V_R = 200$  anni
- Cavalcaferrovia SS16 e Cavalcaferrovia Strada Comunale n.76:
  - o  $V_N = 75$  anni
  - o Classe d'uso III ( $C_U = 1.5$ )
  - o  $V_R = 112.5$  anni
- Rilevati ferroviari, tombini/scatolari (sottovia scatolare) e altre opere non sopra menzionate:
  - o  $V_N = 75$  anni
  - o Classe d'uso II ( $C_U = 1.0$ )
  - o  $V_R = 75$  anni

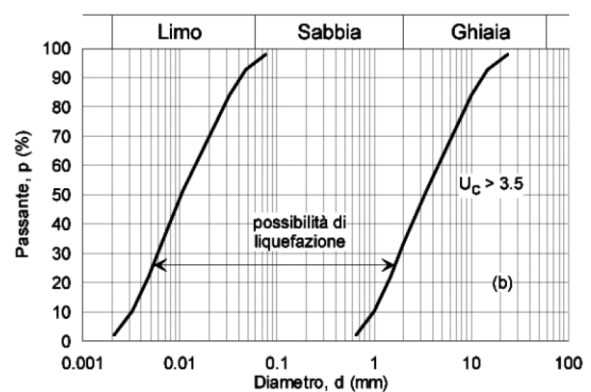
## 11 ANALISI DEL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE

In terreni saturi sabbiosi sollecitati, in condizioni non drenate, da azioni cicliche dinamiche, il termine liquefazione comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche. L'avvenuta liquefazione si manifesta, in presenza di manufatti, attraverso la perdita di capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni. In base ad D.M. 17/01/2018, la verifica di liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanza:

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 e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite, con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{c1N} > 180$ , dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e  $q_{c1N}$  è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche statiche (CPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico a), nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  e nel grafico b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$ .



a)



b)

Nei caso specifico, la verifica a liquefazione può essere omessa poiché per il sito in esame non sono attese accelerazioni massime al piano campagna, incondizioni di campo libero, superiori a 0.1g.



## 12 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- AA.VV (1999) – “*Guide Geologiche Regionali – Puglia e Monte Vulture*”, Società Geologica Italiana.
- ANNONE A. & PIERI P. (1979) - *Considerazioni critiche sui tufi calcarei delle Murge. Nuovi dati litostratigrafici e paleoambientali*. Geogr. Fis. e Din. Quat., 2, 173-186.
- AZZAROLI A. (1968) - *Calcarenite di Gravina. Studi illustrativi della Carta Geologica d'Italia - Formazioni geologiche*. Servizio Geologico d'Italia, I, 183- 185.
- CIARANFI N. et al. (1983) - “*Carta Neotettonica dell'Italia Meridionale*”, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Progetto finalizzato Geodinamica, Pubbl. n. 515 del P.F. Geodinamica, Bari.
- CIARANFI N., PIERI P. & RICCHETTI G. (1988) - *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centromeridionale)*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 449- 460.
- CIARANFI N., PIERI P., RICCHETTI G. (1988) – Note illustrative alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centromeridionale). Mem. Soc. Geol. It., 41, 449-460.
- D'ERASMO G. (1934) - *Il Mare Pliocenico della Puglia*. Memorie Geologiche e Geografiche di Giotto Dainelli, 4, 307-396
- DELLE ROSE M. (2007) - *Sedimentological features of the Plio-Quaternary Aquifers of Salento (Puglia)*. Memorie descrittive della Carta Geologica d'Italia, vol. 76, Workshop “Development in aquifer sedimentology and groundwater flow studies in Italy”, Parma 2004, 137-145.
- DELLE ROSE M. (2008a) - *The Chattian-Messinian Salento super-sequence and its relation with tectonic and paleoclimate*. Riassunti GEOSD 2008, Bari 23- 27 settembre, 44-46.
- DELLE ROSE M. (2008b) - *Eustatic-climate versus tectonic control of Pliocene-lower Pleistocene sequence stratigraphic surfaces (Salento, south Italy)*. Riassunti GEOSD 2008, Bari 23-27 settembre, 47-49.
- RICCHETTI E., POLEMIO M. (1996) – *L'acquifero superficiale del territorio di Brindisi: dati geoidrologici diretti e immagini radar da satellite*. Mem. Soc. Geol. It., 51, 1059-1074.
- RICCHETTI G. (1972) – *Osservazioni geologiche e morfologiche preliminari sui depositi quaternari affioranti nel F°203 Brindisi*. Boll. Soc. Nat. Napoli, 81, 543-566.
- RICCHETTI G., CIARANFI N., LUPERTO SINNI E., MONGELLI F. & PIERI P. (1988) - *Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'avampaese apulo*. Mem. Soc. Geol. It., 41, 57-82.
- ROSSI D. (1969) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000 - Fogli 203 - 204 213, Brindisi, Lecce e Maruggio*. Serv. Geol. d'Italia, ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato – Direzione Generale delle Miniere, Ercolano.
- SPIZZICO M., LOPEZ N., SCIANNAMBLO D., TINELLI R. - *La Piana di Brindisi: fenomeni di interazione fra le falde idriche sotterranee presenti nell'area*, Giornale di Geologia Applicata 3 (2006) 17-24.
- TROPEANO M. & SABATO L. (2000) - *Response of PlioPleistocene mixed bioclastic-lithoclastic temperate-water carbonate systems to forced regression: the Calcarenite di Gravina Formation, Puglia, SE Italy*. In: HUNT D., and GAWTHORPE R.L. (eds.) - *Sedimentary response to forced regression*. Geological Society, Spec. Publ., 172, 217-243.

## **APPENDICE 1**

**CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICA E GEOFISICA DI PFTE**





Committente: **ITALFERR S.p.A.**  
Via G. Galati n. 71 - 00155 Roma -

Cantiere: **Esecuzione di indagini geognostiche per il PFTE del Collegamento dell'Aeroporto del Salento con la Stazione di Brindisi**

Denominazione sondaggio		Coordinate UTM WGS84		Quota	Direzione Lavori	Geologo	Perforatore											
<b>S1</b>		745424.021 E 4503495.835 N		28.15 m	<b>Geol. A. Pellegrino</b>	<b>P. Rescio</b>	<b>L. Caretto</b>											
Data inizio/fine		Profondità	Diametro	Metodo di perforazione	Impianto di perforazione		Commessa											
11/06/2019		30 m	101/127 mm	Carotaggio continuo	FRASTE XL 140		127/16											
Profondità da p.c. (m)	altezza strato (m)	Stratigrafia	Descrizione stratigrafica	Falda rilevata	Carotiere	Rivestimento	Pocket Penetr. (Mpa)	Vane Test	S.P.T. numero colpi	Campione/Prova	% di carotaggio	Schema strumentaz. in foro						
												R.Q.D. %	Profondità	Riempimento	Tubazione			
26,00	3,50						0,2											
30,00	4,00		Argilla consistente, plastica, colore grigio-azzurro		Ø=101 mm	Ø=127 mm	0,25											
							0,3											

Annotazioni

Committente: ITALFERR S.p.A.  
Via G. Galati n. 71 - 00155 Roma -

Cantiere: Esecuzione di indagini geognostiche per il PFTE del Collegamento dell'Aeroporto del Salento con la Stazione di Brindisi

Denominazione sondaggio	Coordinate UTM WGS84	Quota	Direzione Lavori	Geologo	Perforatore
<b>S1</b>	745424.021 E 4503495.835 N	28.15 m	<b>Geol. A. Pellegrino</b>	<b>P. Rescio</b>	<b>L. Caretto</b>
Data inizio/fine	Profondità	Diametro	Metodo di perforazione	Impianto di perforazione	Commessa
11/06/2019	30 m	101/127 mm	Carotaggio continuo	FRASTE XL 140	127/16

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Postazione



Cassetta 1



Cassetta 2



Cassetta 3



Cassetta 4



Cassetta 5



Annotazioni

Committente: **ITALFERR S.p.A.**  
Via G. Galati n. 71 - 00155 Roma -

Cantiere: **Esecuzione di indagini geognostiche per il PFTE del Collegamento dell'Aeroporto del Salento con la Stazione di Brindisi**

Denominazione sondaggio	Coordinate UTM WGS84		Quota	Direzione Lavori	Geologo	Perforatore
<b>S1</b>	745424.021 E 4503495.835 N		28.15 m	<b>Geol. A. Pellegrino</b>	<b>P. Rescio</b>	<b>L. Caretto</b>
Data inizio/fine	Profondità	Diametro	Metodo di perforazione	Impianto di perforazione		Commessa
11/06/2019	30 m	101/127 mm	Carotaggio continuo	FRASTE XL 140		127/16

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Cassetta 6



Annotazioni









Committente: **ITALFERR S.p.A.**  
Via G. Galati n. 71 - 00155 Roma -

Cantiere: **Esecuzione di indagini geognostiche per il PFTE del Collegamento dell'Aeroporto del Salento con la Stazione di Brindisi**

Denominazione sondaggio	Coordinate UTM WGS84	Quota	Direzione Lavori	Geologo	Perforatore
<b>S2</b>	745873.373 E 4504212.136 N	25.25 m	<b>Geol. A. Pellegrino</b>	<b>P. Rescio</b>	<b>L. Caretto</b>
Data inizio/fine	Profondità	Diametro	Metodo di perforazione	Impianto di perforazione	Commessa
10/06/2019	30 m	101/127 mm	Carotaggio continuo	FRASTE XL 140	127/16

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Postazione



Cassetta 1



Cassetta 2



Cassetta 3



Cassetta 4



Cassetta 5



Annotazioni

Committente: **ITALFERR S.p.A.**  
Via G. Galati n. 71 - 00155 Roma -

Cantiere: **Esecuzione di indagini geognostiche per il PFTE del Collegamento dell'Aeroporto del Salento con la Stazione di Brindisi**

Denominazione sondaggio	Coordinate UTM WGS84		Quota	Direzione Lavori	Geologo	Perforatore
<b>S2</b>	745873.373 E 4504212.136 N		25.25 m	<b>Geol. A. Pellegrino</b>	<b>P. Rescio</b>	<b>L. Caretto</b>
Data inizio/fine	Profondità	Diametro	Metodo di perforazione	Impianto di perforazione		Commessa
10/06/2019	30 m	101/127 mm	Carotaggio continuo	FRASTE XL 140		127/16

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Cassetta 6



Annotazioni



Fig. 1

# RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

**CLIENTE:** ITALFERR

**CODICE LAVORO:** 1861-21

**CODICE PROVA:** MASW 1 - HVSR 064

**LOCALITA':** BRINDISI AEROPORTO - STAZIONE

**DATA PROVA:** 03/07/2019

**LONGITUDINE:** 17.898864°

**LATITUDINE:** 40.622693°

**QUOTA (m.s.l.m.):** 29

**TERRENO DI MISURA:**

naturale

**ACCOPIAMENTO:**

solidale con i piedini metallici

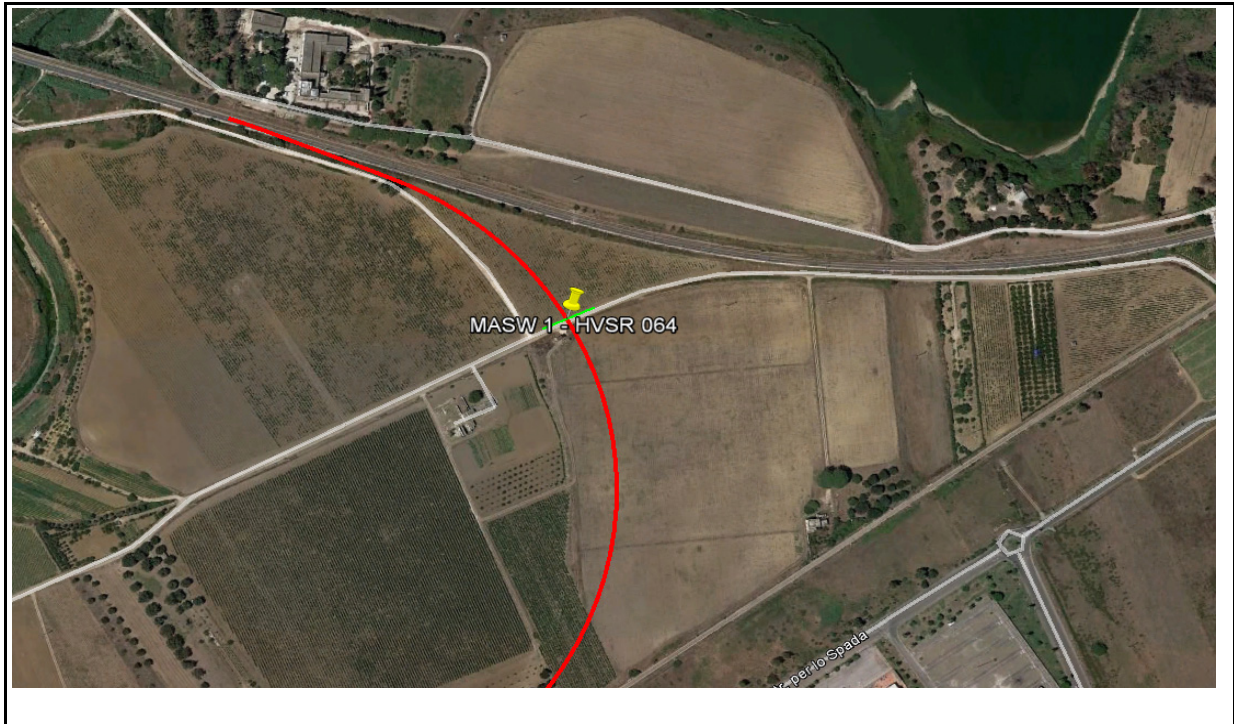
**ORIENTAMENTO:**

Nord

**CONDIZIONI METEO:**

Cloudy

## FOTO AEREA (Google Earth)



## FOTO AREA DI INDAGINE



# RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

CLIENTE: ITALFERR

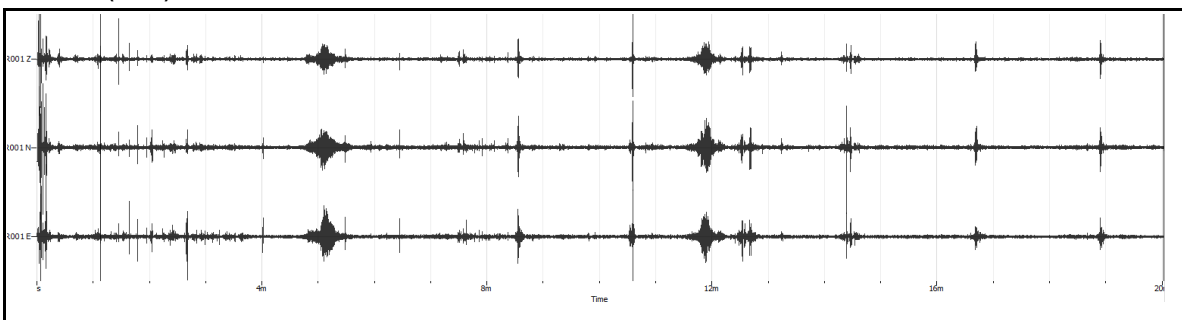
CODICE LAVORO: 1861-21

CODICE PROVA: MASW 1 - HVSR 064

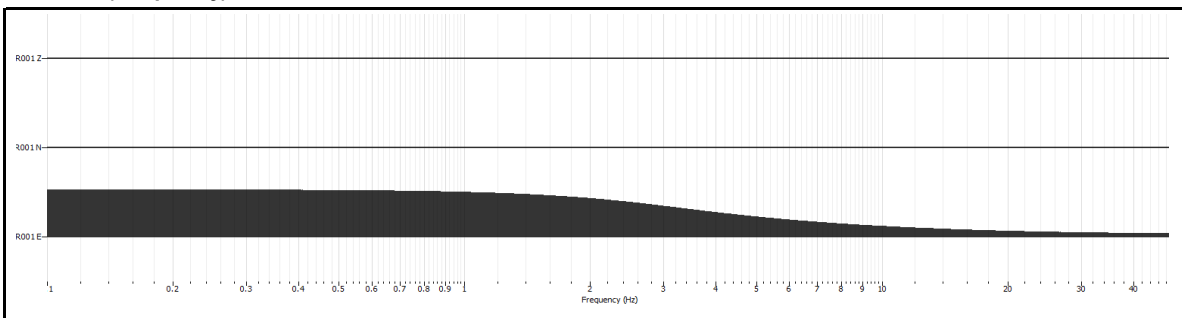
PARAMETRI DI ACQUISIZIONE	
Apparecchiatura di misura	Sara SL 07
Lunghezza registrazione	20 min
Fine registrazione	09:15:00
Frequenza di campionamento	200 Hz

PARAMETRI DI ELABORAZIONE	
Windows lenght (sec)	40
Overlap	5%
Smoothing windows	Konno & Ohmachi
Costant	40
Taper	0.5%
Low Pass	15 Hz
N° of windows	36

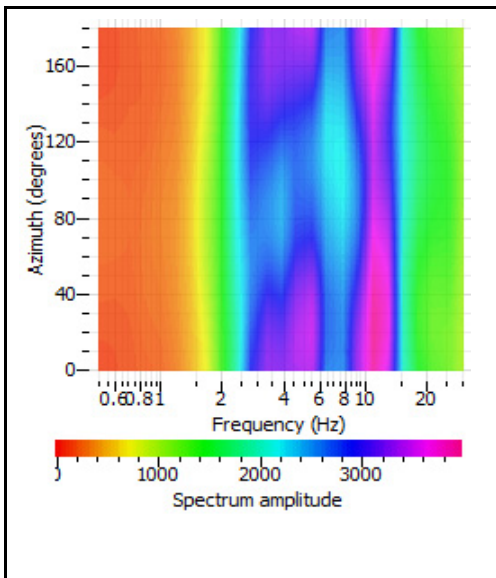
## RECORD (Time)



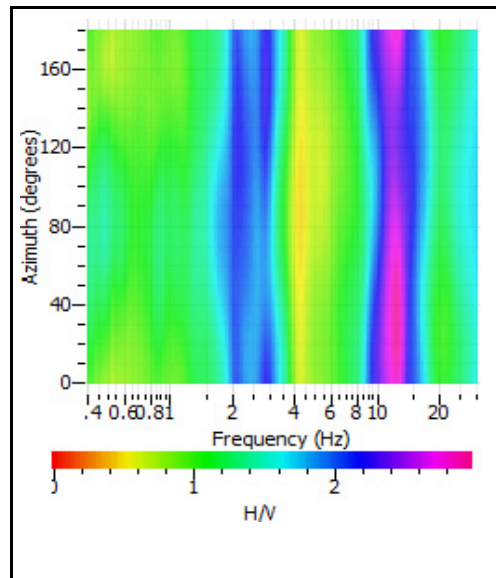
## RECORD (Frequency)



## HORIZONTAL SPECTRUM ROTATE



## HV ROTATE RESULTS

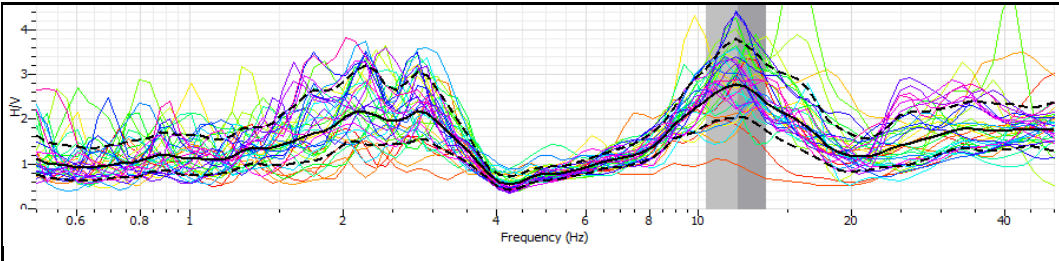


# RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSr)

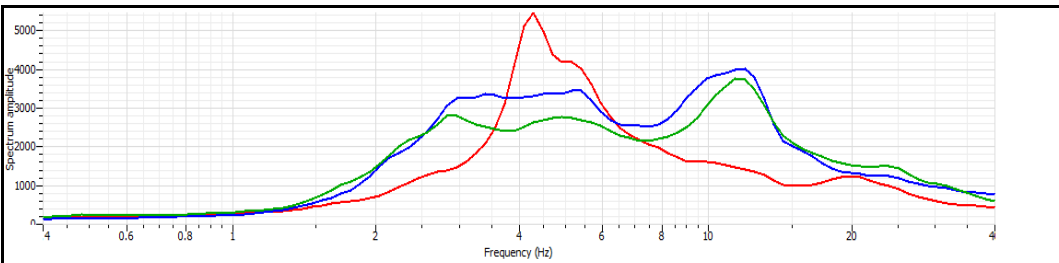
**CLIENTE** ITALFERR  
**CODICE LAVORO** 1861-21  
**CODICE PROVA** MASW 1 - HVSr 064

## RAPPORTO SPETTRALE H/V

Max HVSr 11.96 ± 1.6 Hz. A0 = 1.52



## SPETTRO SINGOLE COMPONENTI



### Criteri per una curva H/V affidabile

[tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

f0	11.96		
Lw	20		
nw	71		
f0 > 10 / Lw	11.96 > 10/20	✓	
nc (f0) > 200	16983.2 > 200	✓	
σA(f) < 2 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 > 0.5 Hz	Exceeded 0 out of	✓	
σA(f) < 3 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 < 0.5 Hz	0 times		

### Criteri per un picco H/V chiaro

[almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f' in [f0/4, f0]   AH/V(f') < A0/2	0 Hz		✗
Exists f'' in [4f0, f0]   AH/V(f'') < A0/2	0 Hz		✗
A0 > 2	1.52 > 2	✓	
fpeak [AH/V(f) ± σA(f)] = f0 ± 5%	-11.96 < 0.05	✓	
σf < ε(f0)	1.609 < 0.598		✗
σA(f0) < θ(f0)	0 < 1.58	✓	

Lw	Window length
nW	Number of windows used in the analysis
nc = Lw nW f0	Number of significant cycles
f	Current frequency
f0	H/V peak frequency
σf	Standard deviation of H/V peak frequency
ε(f0)	Threshold value for the stability condition of σf < ε(f0)
A0	H/V peak amplitude at frequency f0
AH/V(f)	H/V curve amplitude at frequency f
f-	Frequency between f0/4 and f0 for which AH/V(f-) < A0/2
f+	Frequency between f0 and 4f0 for which AH/V(f+) < A0/2
σA(f)	Standard deviation of AH/V(f), σA(f) is the factor by which the mean AH/V(f) curve should be multiplier or divided
σlogH/V(f)	Standard deviation of log AH/V(f) curve
θ(f0)	Threshold value for the stability condition σA(f) < θ(f0)

Freq. Range [Hz]	Threshold value for σf and σA(f0)				
	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
ε(f0) (Hz)	0.25 f0	0.20 f0	0.15 f0	0.10 f0	0.05 f0
θ(f0) for σA(f0)	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
Log θ(f0) for σlogH/V(f0)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



# MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACES WAVES (MASW)

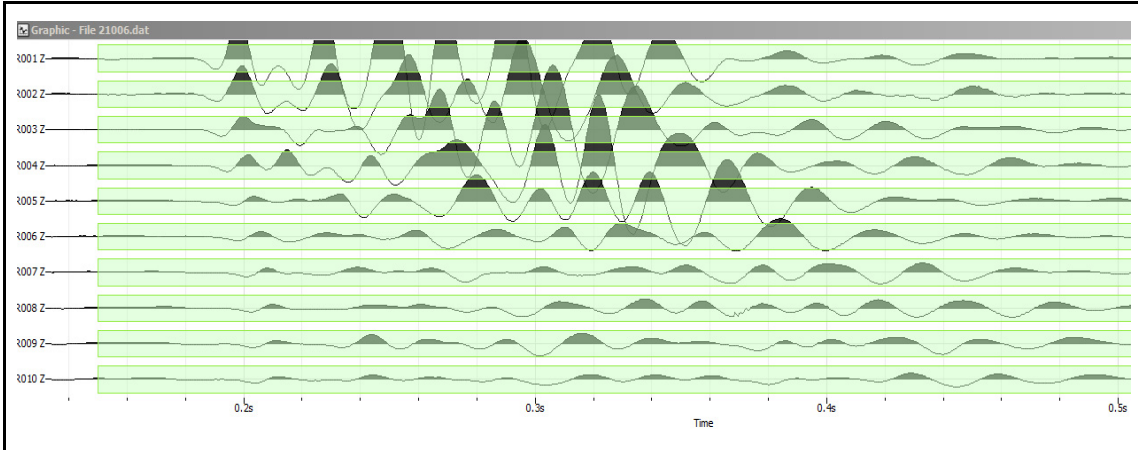
**CLIENTE** ITALFERR

**CODICE LAVORO** 1861-21  
**CODICE PROVA** MASW 1 - HVSR 064

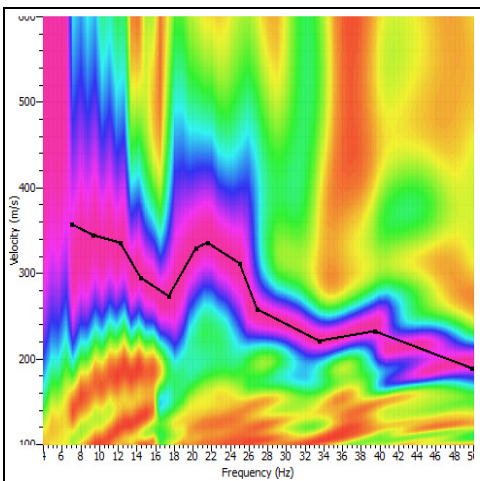
**LOCALITA':** BRINDISI AEROPORTO - STAZIONE  
**DATA PROVA:** 03/07/2019  
**LONGITUDINE:** 17.898864°  
**LATITUDINE:** 40.622693°  
**QUOTA (m.s.l.m.):** 29  
**AZIMUT** 60

**STRUMENTAZIONE** Geometrics GEODE  
**N°CANALI** 10  
**SPACING** da 1 a 5 m  
**RECORD TIME (Sec)** 5  
**SAMPLING (Sec)** 0.5

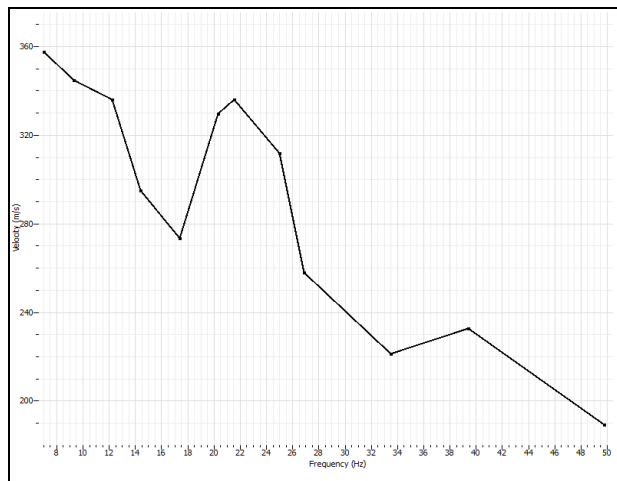
## REGISTRAZIONE



## SPETTRO F-K



## CURVA DI DISPERSIONE



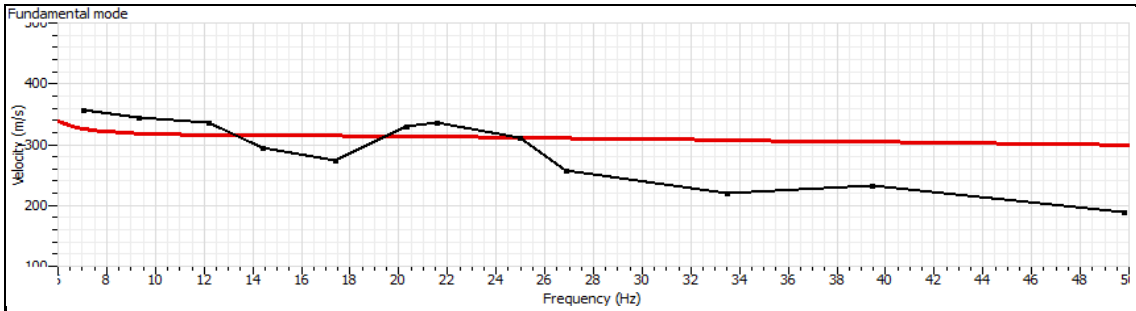
# ANALISI CONGIUNTA PROVA MASW - HVSR

**CLIENTE**            **ITALFERR**  
**CODICE LAVORO**   **1861-21**  
**CODICE PROVA**    **MASW 1 - HVSR 064**

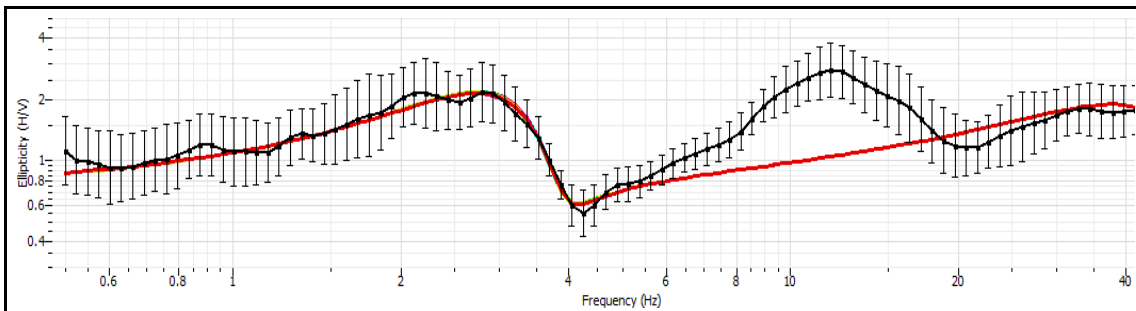
**LOCALITA':**            BRINDISI AEROPORTO - STAZIONE  
**DATA PROVA:**        03/07/2019  
**LONGITUDINE:**      17.898864°  
**LATITUDINE:**        40.622693°  
**QUOTA (m.s.l.m.):**    29  
**AZIMUT**                60

**APPARECCHIATURA MASW:** Geometrics GEODE  
**APPARECCHIATURA HVSR:** SARA SL 07  
**N°CANALI**                10  
**SPACING**                da 1 a 5 m  
**RECORD TIME (Sec)**    5  
**SAMPLING (Sec)**        0.5

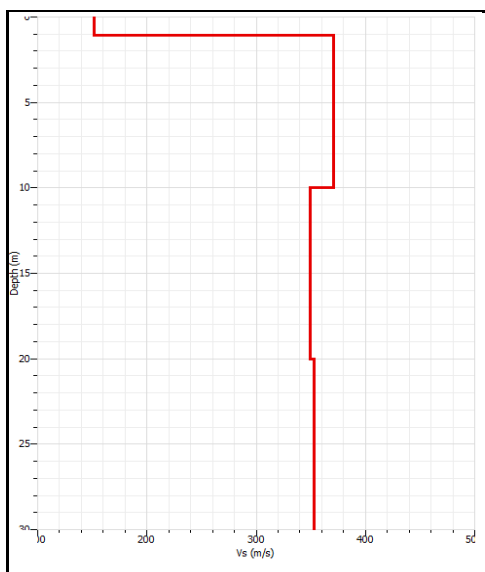
## CURVA DI DISPERSIONE PROVA MASW



## CURVA DI ELLIPTICITY PROVA HVSR



## PROFILO VELOCITA' ONDE DI TAGLIO



## CALCOLO VS30

SPESSORE	PROFONDITA'	Vs	SPESSORE/Vs
1	0	152	0.006578947
8.8	1	369	0.023848238
9.4	9.8	344	0.027325581
10.8	19.2	355	0.030422535
	30		
			0.088175302

Vs<sub>eq</sub> = 340

Seismic classification of soils  
(It. D.M. 17/01/2018) C

# RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

**CLIENTE:** ITALFERR

**CODICE LAVORO:** 1861-21

**CODICE PROVA:** MASW 2 - HVSR 063

**LOCALITA':** BRINDISI AEROPORTO - STAZIONE

**DATA PROVA:** 03/07/2019

**LONGITUDINE:** 17.908775°

**LATITUDINE:** 40.651333°

**QUOTA (m.s.l.m.):** 25

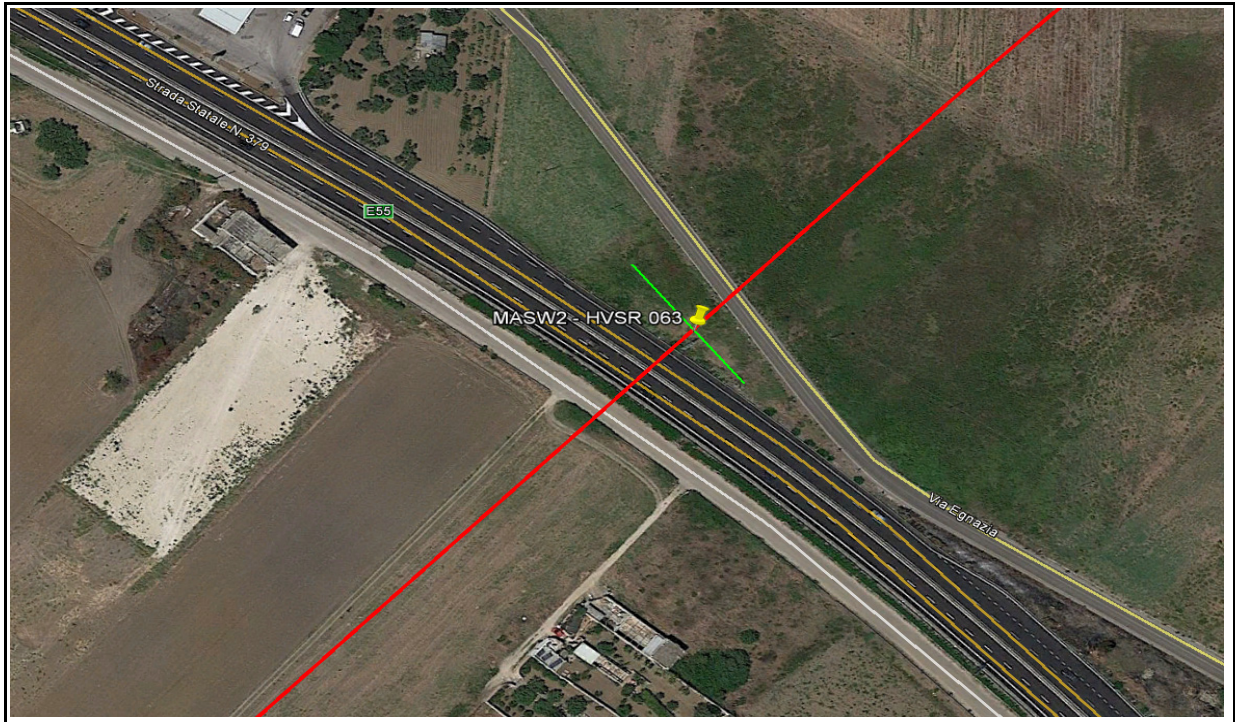
**TERRENO DI MISURA:** naturale

**ACCOPIAMENTO:** solidale con i piedini metallici

**ORIENTAMENTO:** Nord

**CONDIZIONI METEO:** Cloudy

## FOTO AEREA (Google Earth)



## FOTO AREA DI INDAGINE



# RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

**CLIENTE:** ITALFERR

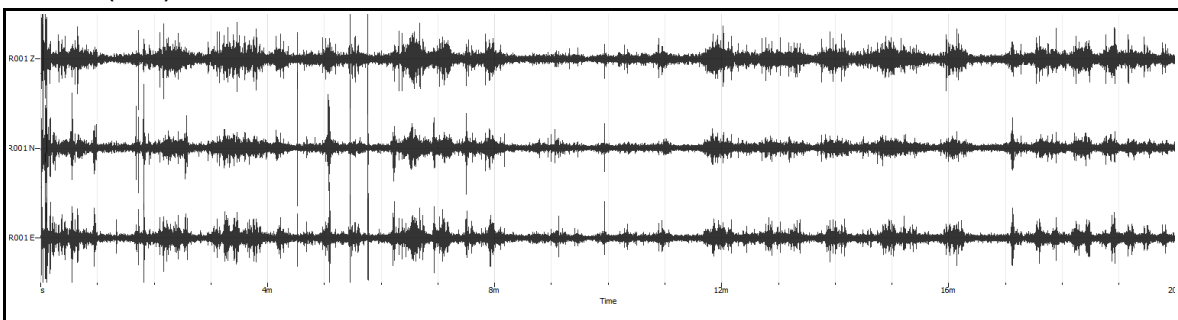
**CODICE LAVORO:** 1861-21

**CODICE PROVA:** MASW 2 - HVSR 063

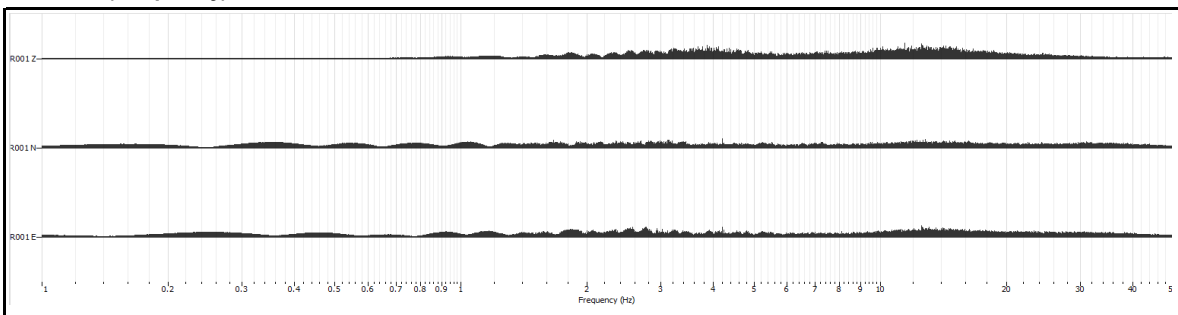
PARAMETRI DI ACQUISIZIONE	
Apparecchiatura di misura	Sara SL 07
Lunghezza registrazione	20 min
Fine registrazione	09:55:00
Frequenza di campionamento	200 Hz

PARAMETRI DI ELABORAZIONE	
Windows lenght (sec)	40
Overlap	5%
Smoothing windows	Konno & Ohmachi
Costant	40
Taper	0.5%
Low Pass	15 Hz
N° of windows	32

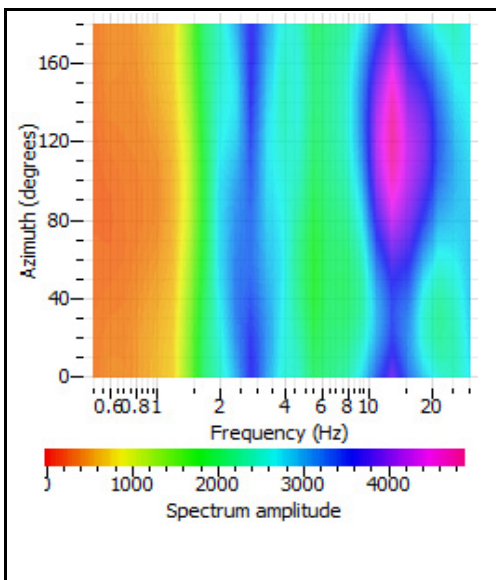
## RECORD (Time)



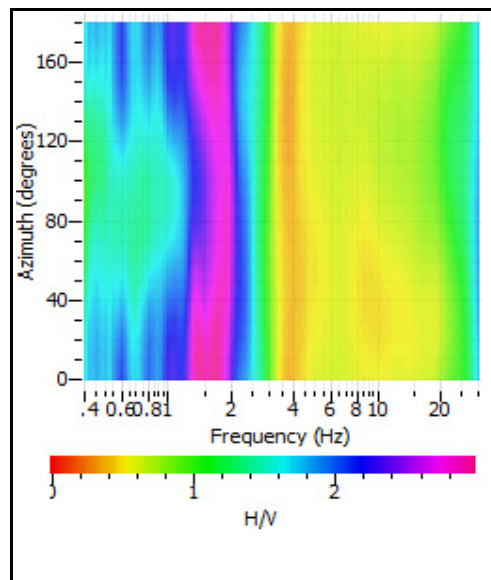
## RECORD (Frequency)



## HORIZONTAL SPECTRUM ROTATE



## HV ROTATE RESULTS

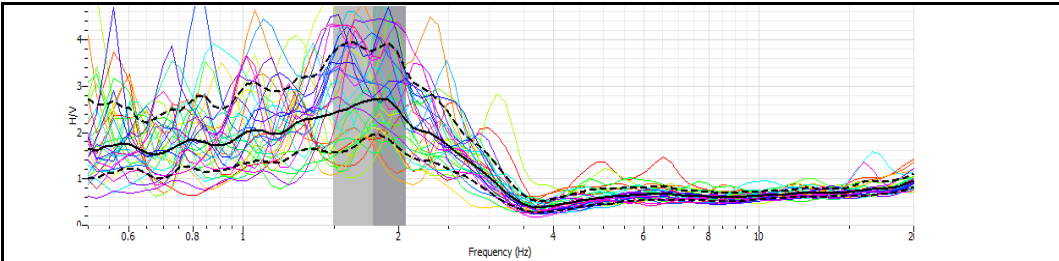


# RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

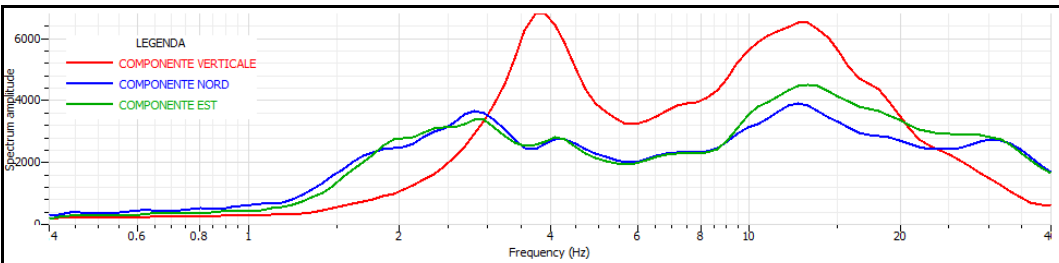
**CLIENTE** ITALFERR  
**CODICE LAVORO** 1861-21  
**CODICE PROVA** MASW 2 - HVSR 063

## RAPPORTO SPETTRALE H/V

**Max HVSR 1.78 ± 0.28 Hz. A0 = 1.52**



## SPETTRO SINGOLE COMPONENTI



### Criteri per una curva H/V affidabile

[tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

f0	1.78		
Lw	20		
nw	71		
f0 > 10 / Lw	1.78 > 10/20	✓	
nc (f0) > 200	2527.6 > 200	✓	
σA(f) < 2 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 > 0.5 Hz	Exceeded 0 out of	✓	
σA(f) < 3 for 0.5 f0 < f < 2 f0 if f0 < 0.5 Hz	0 times		

### Criteri per un picco H/V chiaro

[almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f' in [f0/4, f0]   AH/V(f') < A0/2	0 Hz		✗
Exists f'' in [4f0, f0]   AH/V(f'') < A0/2	0 Hz		✗
A0 > 2	1.52 > 2	✓	
fpeak [AH/V(f) ± σA(f)] = f0 ± 5%	-1.78 < 0.05	✓	
σf < ε(f0)	0.28869 < 0.178		✗
σA(f0) < θ(f0)	0 < 1.78	✓	

Lw	Window length
nW	Number of windows used in the analysis
nc = Lw nW f0	Number of significant cycles
f	Current frequency
f0	H/V peak frequency
σf	Standard deviation of H/V peak frequency
ε(f0)	Threshold value for the stability condition of ε < ε(f0)
A0	H/V peak amplitude at frequency f0
AH/V(f)	H/V curve amplitude at frequency f
f-	Frequency between f0/4 and f0 for which AH/V(f-) < A0/2
f+	Frequency between f0 and 4f0 for which AH/V(f+) < A0/2
σA(f)	Standard deviation of AH/V(f), σA(f) is the factor by which the mean AH/V(f) curve should be multiplier or divided
σlogH/V(f)	Standard deviation of log AH/V(f) curve
θ(f0)	Threshold value for the stability condition σA(f) < θ(f0)

	Threshold value for σf and σA(f0)				
Freq. Range [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
ε(f0) (Hz)	0.25 f0	0.20 f0	0.15 f0	0.10 f0	0.05 f0
θ(f0) for σA(f0)	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
Log θ(f0) for σlogH/V(f0)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

# MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACES WAVES (MASW)

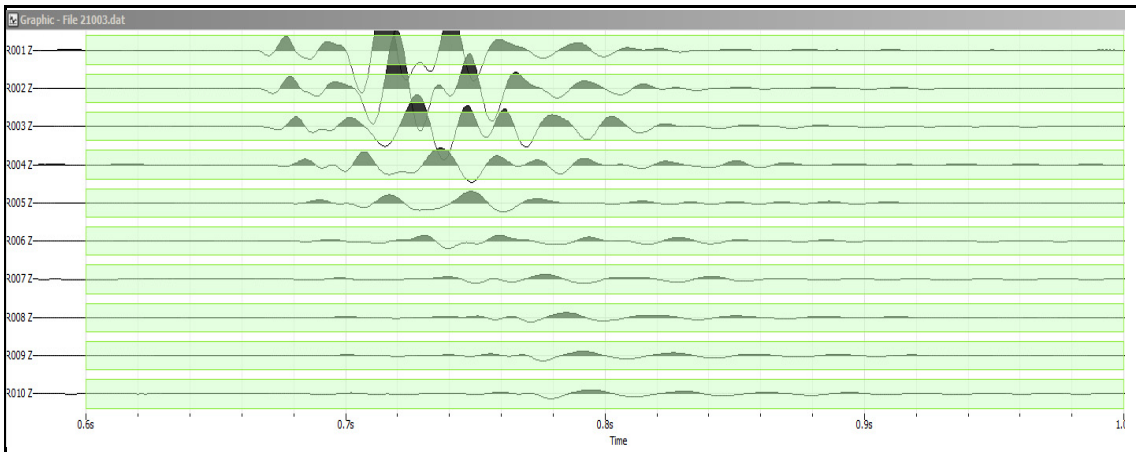
**CLIENTE** ITALFERR

**CODICE LAVORO** 1861-21  
**CODICE PROVA** MASW 2 - HVSR 063

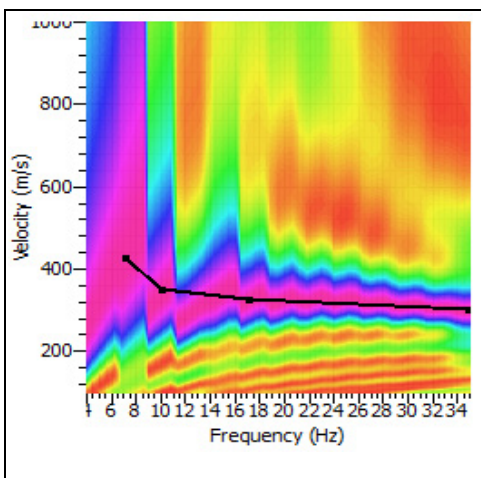
**LOCALITA':** BRINDISI AEROPORTO - STAZIONE  
**DATA PROVA:** 03/07/2019  
**LONGITUDINE:** 17.908775°  
**LATITUDINE:** 40.651333°  
**QUOTA (m.s.l.m.):** 25  
**AZIMUT** 140

**STRUMENTAZIONE** Geometrics GEODE  
**N°CANALI** 10  
**SPACING** da 1 a 5 m  
**RECORD TIME (Sec)** 5  
**SAMPLING (Sec)** 0.5

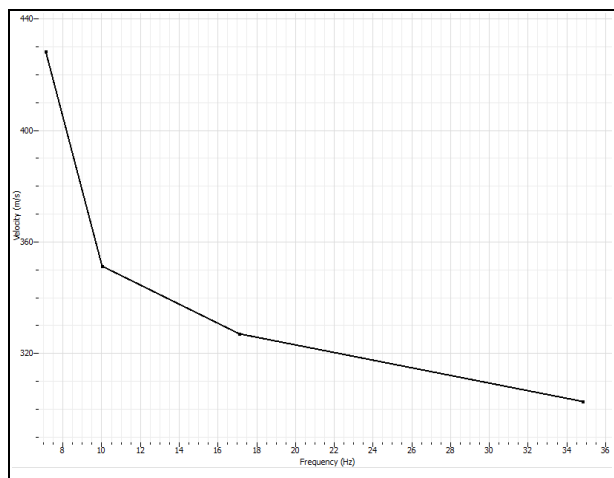
## REGISTRAZIONE



## SPETTRO F-K



## CURVA DI DISPERSIONE



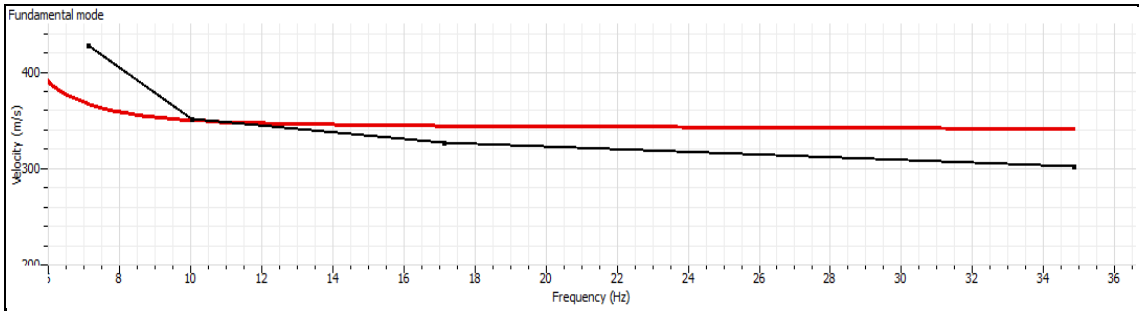
# ANALISI CONGIUNTA PROVA MASW - HVSR

**CLIENTE**            **ITALFERR**  
**CODICE LAVORO**   **1861-21**  
**CODICE PROVA**    **MASW 2 - HVSR 063**

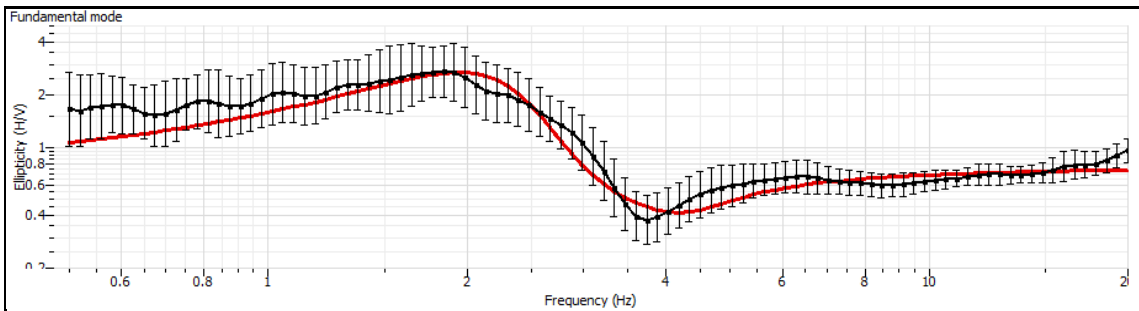
**LOCALITA':**            BRINDISI AEROPORTO - STAZIONE  
**DATA PROVA:**        03/07/2019  
**LONGITUDINE:**      17.908775°  
**LATITUDINE:**        40.651333°  
**QUOTA (m.s.l.m.):**    25  
**AZIMUT**                140

**APPARECCHIATURA MASW:** Geometrics GEODE  
**APPARECCHIATURA HVSR:** SARA SL 07  
**N°CANALI**                10  
**SPACING**                da 1 a 5 m  
**RECORD TIME (Sec)**    5  
**SAMPLING (Sec)**        0.5

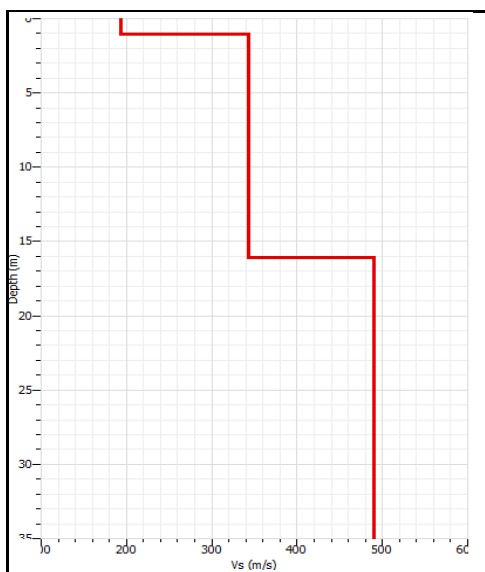
## CURVA DI DISPERSIONE PROVA MASW



## CURVA DI ELLIPTICITY PROVA HVSR



## PROFILO VELOCITA' ONDE DI TAGLIO



## CALCOLO VS30

SPESSORE	PROFONDITA'	Vs	SPESSORE/Vs
1	0	194	0.005154639
15.08	1	343	0.043965015
13.92	16.08	490	0.028408163
	30		0.077527817

$V_{seq} = 387$

Seismic classification of soils  
(It. D.M. 17/01/2018)

**B**

# RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

**CLIENTE:** ITALFERR

**CODICE LAVORO:** 1861-21

**CODICE PROVA:** MASW 3 - HVSR 062

**LOCALITA':** BRINDISI AEROPORTO - STAZIONE

**DATA PROVA:** 03/07/2019

**LONGITUDINE:** 17.922386°

**LATITUDINE:** 40.655441°

**QUOTA (m.s.l.m.):** 18

**TERRENO DI MISURA:**

naturale

**ACCOPIAMENTO:**

solidale con i piedini metallici

**ORIENTAMENTO:**

Nord

**CONDIZIONI METEO:**

Sun

## FOTO AEREA (Google Earth)



## FOTO AREA DI INDAGINE





# RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSR)

CLIENTE: ITALFERR

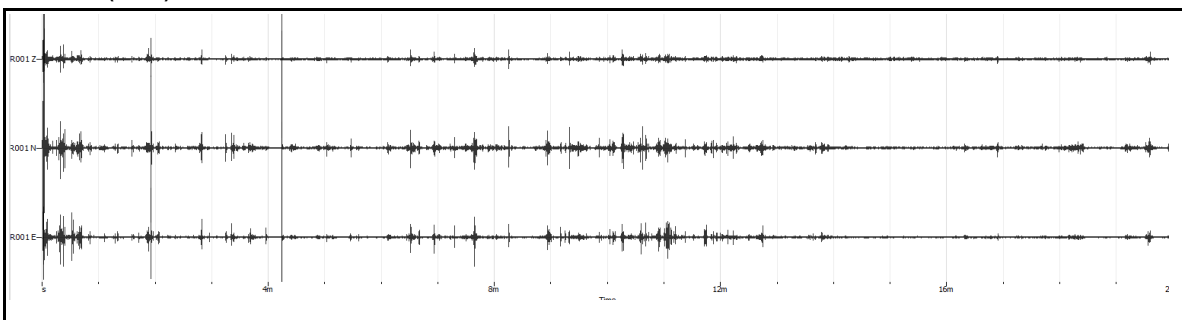
CODICE LAVORO: 1861-21

CODICE PROVA: MASW 3 - HVSR 062

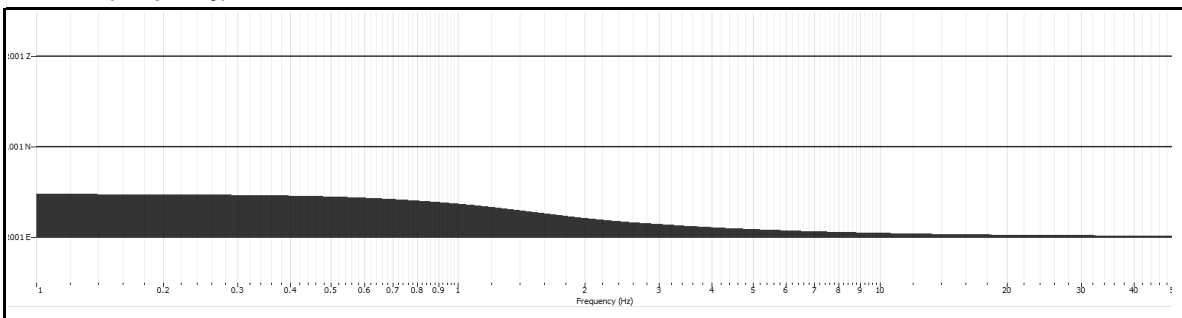
PARAMETRI DI ACQUISIZIONE	
Apparecchiatura di misura	Sara SL 07
Lunghezza registrazione	20 min
Fine registrazione	10:05:00
Frequenza di campionamento	200 Hz

PARAMETRI DI ELABORAZIONE	
Windows lenght (sec)	40
Overlap	5%
Smoothing windows	Konno & Ohmachi
Costant	40
Taper	0.5%
Low Pass	15 Hz
N° of windows	35

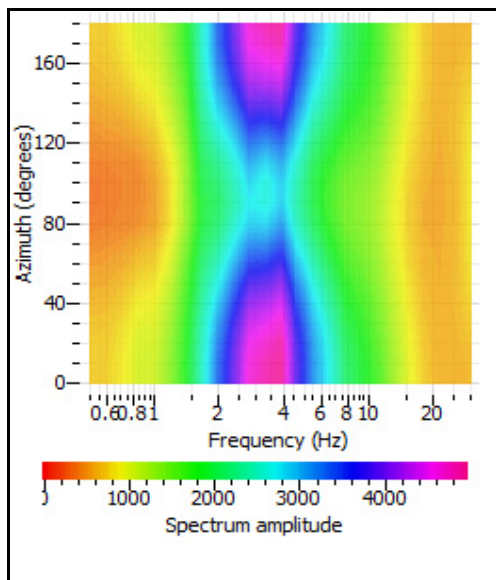
## RECORD (Time)



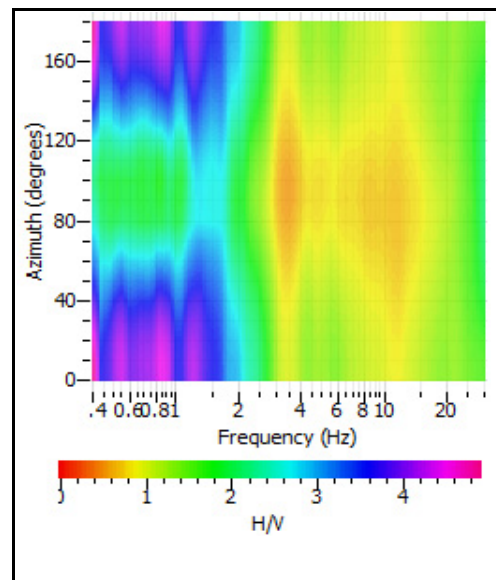
## RECORD (Frequency)



## HORIZONTAL SPECTRUM ROTATE



## HV ROTATE RESULTS

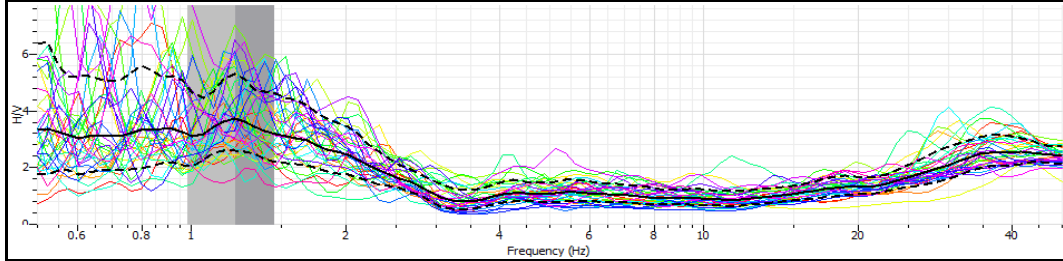


# RAPPORTO SPETTRALE A STAZIONE SINGOLA (HVSr)

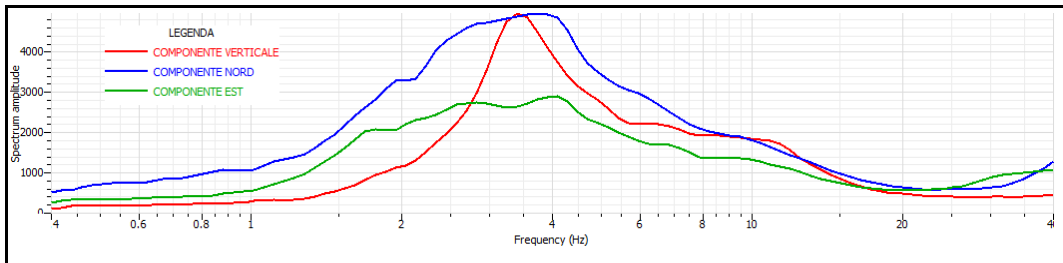
**CLIENTE** ITALFERR  
**CODICE LAVORO** 1861-21  
**CODICE PROVA** MASW 3 - HVSr 062

## RAPPORTO SPETTRALE H/V

Max HVSr  $1.21 \pm 0.23$  Hz.  $A_0 = 3.37$



## SPETTRO SINGOLE COMPONENTI



### Criteri per una curva H/V affidabile

[tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

f0	1.21		
Lw	20		
nw	71		
f0 > 10 / Lw	1.21 > 10/20	✓	
nc (f0) > 200	1718.2 > 200	✓	
$\sigma A(f) < 2$ for $0.5 f_0 < f < 2 f_0$ if $f_0 > 0.5$ Hz	Exceeded 1 out of 0 times		✗
$\sigma A(f) < 3$ for $0.5 f_0 < f < 2 f_0$ if $f_0 < 0.5$ Hz			

### Criteri per un picco H/V chiaro

[almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Exists f' in [f0/4, f0]   AH/V(f') < A0/2	0 Hz		✗
Exists f'' in [4f0, f0]   AH/V(f'') < A0/2	0 Hz		✗
A0 > 2	3.37 > 2	✓	
fpeak [AH/V(f) ± σA(f)] = f0 ± 5%	-1.21 < 0.05	✓	
σf < ε(f0)	0.231942 < 0.121		✗
σA(f0) < θ(f0)	0 < 1.78	✓	

Lw	Window length
nW	Number of windows used in the analysis
nc = Lw nW f0	Number of significant cycles
f	Current frequency
f0	H/V peak frequency
σf	Standard deviation of H/V peak frequency
ε(f0)	Threshold value for the stability condition of $\sigma f < \epsilon(f_0)$
A0	H/V peak amplitude at frequency f0
AH/V(f)	H/V curve amplitude at frequency f
f-	Frequency between f0/4 and f0 for which AH/V(f-) < A0/2
f+	Frequency between f0 and 4f0 for which AH/V(f+) < A0/2
σA(f)	Standard deviation of AH/V(f), σA(f) is the factor by which the mean AH/V(f) curve should be multiplier or divided
σlogH/V(f)	Standard deviation of log AH/V(f) curve
θ(f0)	Threshold value for the stability condition $\sigma A(f) < \theta(f_0)$

Freq. Range [Hz]	Threshold value for $\sigma_f$ and $\sigma_A(f_0)$				
	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
ε(f0) (Hz)	0.25 f0	0.20 f0	0.15 f0	0.10 f0	0.05 f0
θ(f0) for σA(f0)	3.00	2.50	2.00	1.78	1.58
Log θ(f0) for σlogH/V(f0)	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

# MULTICHANNEL ANALYSIS OF SURFACES WAVES (MASW)

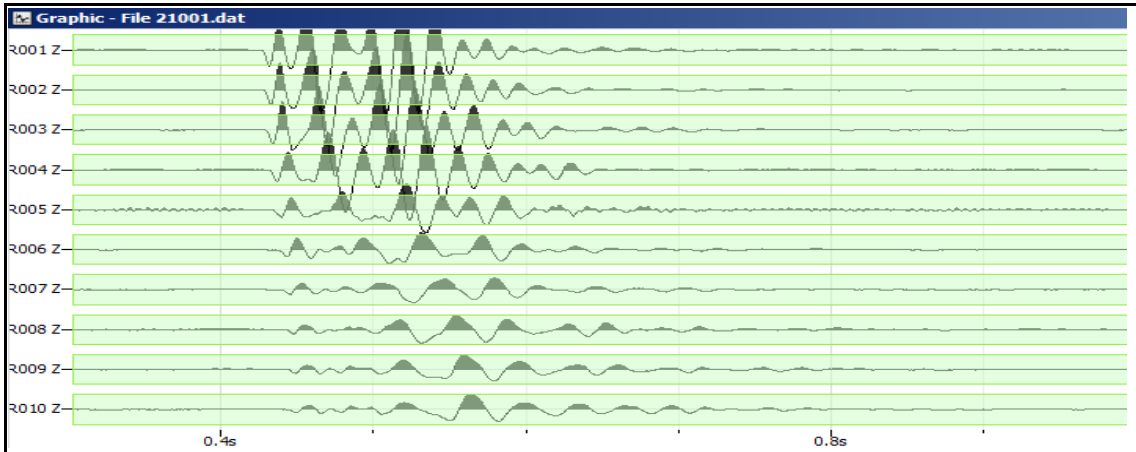
**CLIENTE** ITALFERR

**CODICE LAVORO** 1861-21  
**CODICE PROVA** MASW 3 - HVSR 062

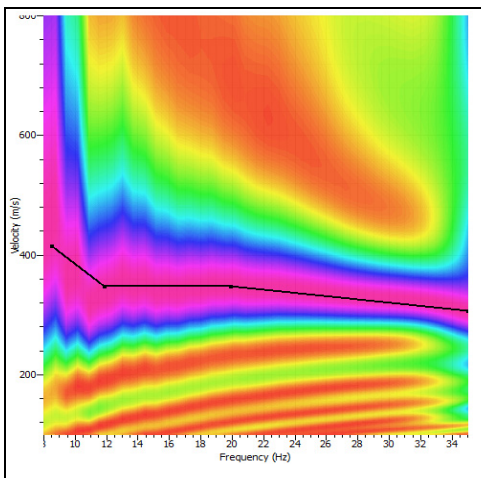
**LOCALITA':** BRINDISI AEROPORTO - STAZIONE  
**DATA PROVA:** 03/07/2019  
**LONGITUDINE:** 17.922386°  
**LATITUDINE:** 40.655441°  
**QUOTA (m.s.l.m.):** 18  
**AZIMUT** 160

**STRUMENTAZIONE** Geometrics GEODE  
**N°CANALI** 10  
**SPACING** da 1 a 5 m  
**RECORD TIME (Sec)** 5  
**SAMPLING (Sec)** 0.5

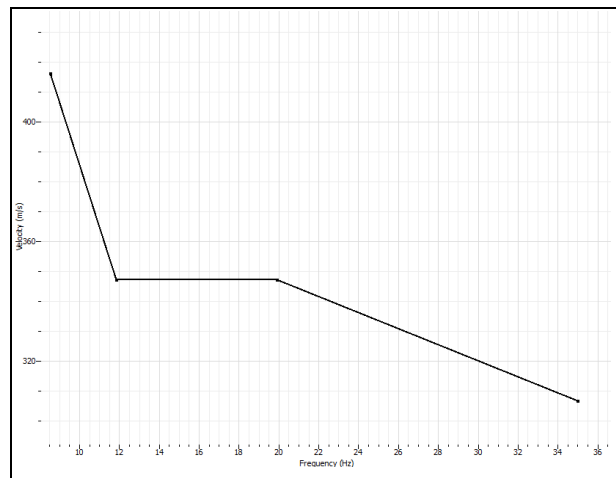
## REGISTRAZIONE



## SPETTRO F-K



## CURVA DI DISPERSIONE



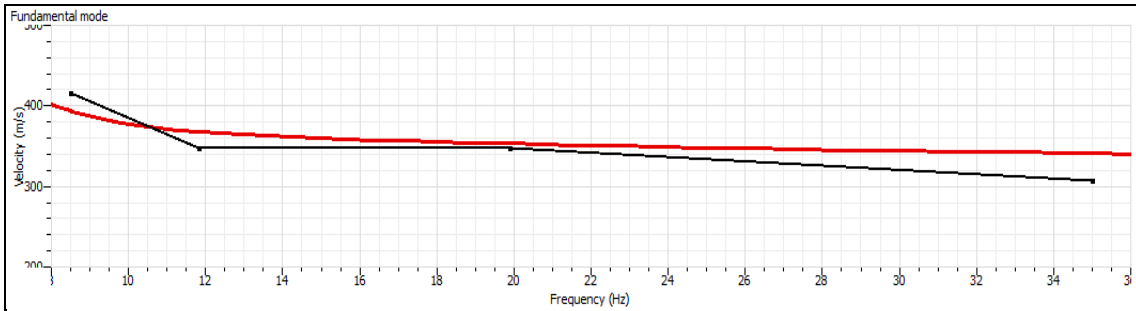
# ANALISI CONGIUNTA PROVA MASW - HVSR

**CLIENTE**            **ITALFERR**  
**CODICE LAVORO**    **1861-21**  
**CODICE PROVA**     **MASW 3 - HVSR 062**

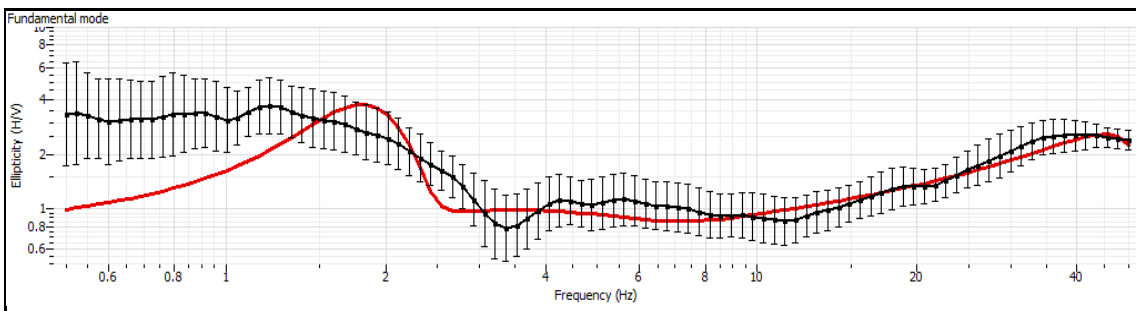
**LOCALITA':**            BRINDISI AEROPORTO - STAZIONE  
**DATA PROVA:**        03/07/2019  
**LONGITUDINE:**      17.922386°  
**LATITUDINE:**        40.655441°  
**QUOTA (m.s.l.m.):**    18  
**AZIMUT**                160

**APPARECCHIATURA MASW:** Geometrics GEODE  
**APPARECCHIATURA HVSR:** SARA SL 07  
**N°CANALI**                10  
**SPACING**                da 1 a 5 m  
**RECORD TIME (Sec)**    5  
**SAMPLING (Sec)**        0.5

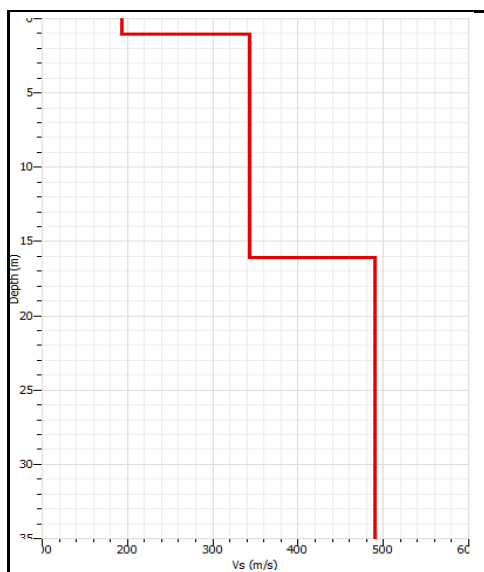
## CURVA DI DISPERSIONE PROVA MASW



## CURVA DI ELLIPTICITY PROVA HVSR



## PROFILO VELOCITA' ONDE DI TAGLIO



## CALCOLO VS30

SPESSORE	PROFONDITA'	Vs	SPESSORE/Vs
1.2	0	150	0.008
19.2	1.2	390	0.049230769
9.6	20.4	597	0.016080402
	30		
			0.073311171
<b>V<sub>seq</sub> = 409</b>			
Seismic classification of soils (It. D.M. 17/01/2018)			<b>B</b>

**COMMITTENTE**  
**DOWN HOLE**  
 Località - Progetto  
 Data acquisizione

**ITALFERR**  
**S1\_DH**  
**Brindisi collegamento ferroviario**  
**3 Luglio 2019**

**SISMOGRAMMI**  
 Misura eseguita con sonda 3d costituita da due gruppi di sensori, con orientamento tridirezionale, a distanza di 1 m  
**Distanza bocca foro -shot = 3.5 m**

Sulla medesima immagine sono riportati i sismogrammi relativi ai sensori verticali per le onde di compressione e orizzontali per le onde di taglio, posti ad una interdistanza di 1 m.



Profondità misura | SISMOGRAMMI ONDE DI COMPRESSIONE [Sensore geofonico] | SISMOGRAMMI ONDE DI TAGLIO [Energizzazione Positiva] | SISMOGRAMMI ONDE DI TAGLIO [Energizzazione negativa] | ONDE DI TAGLIO [En.Positiva-En. negativa] | STRATIGRAFIA

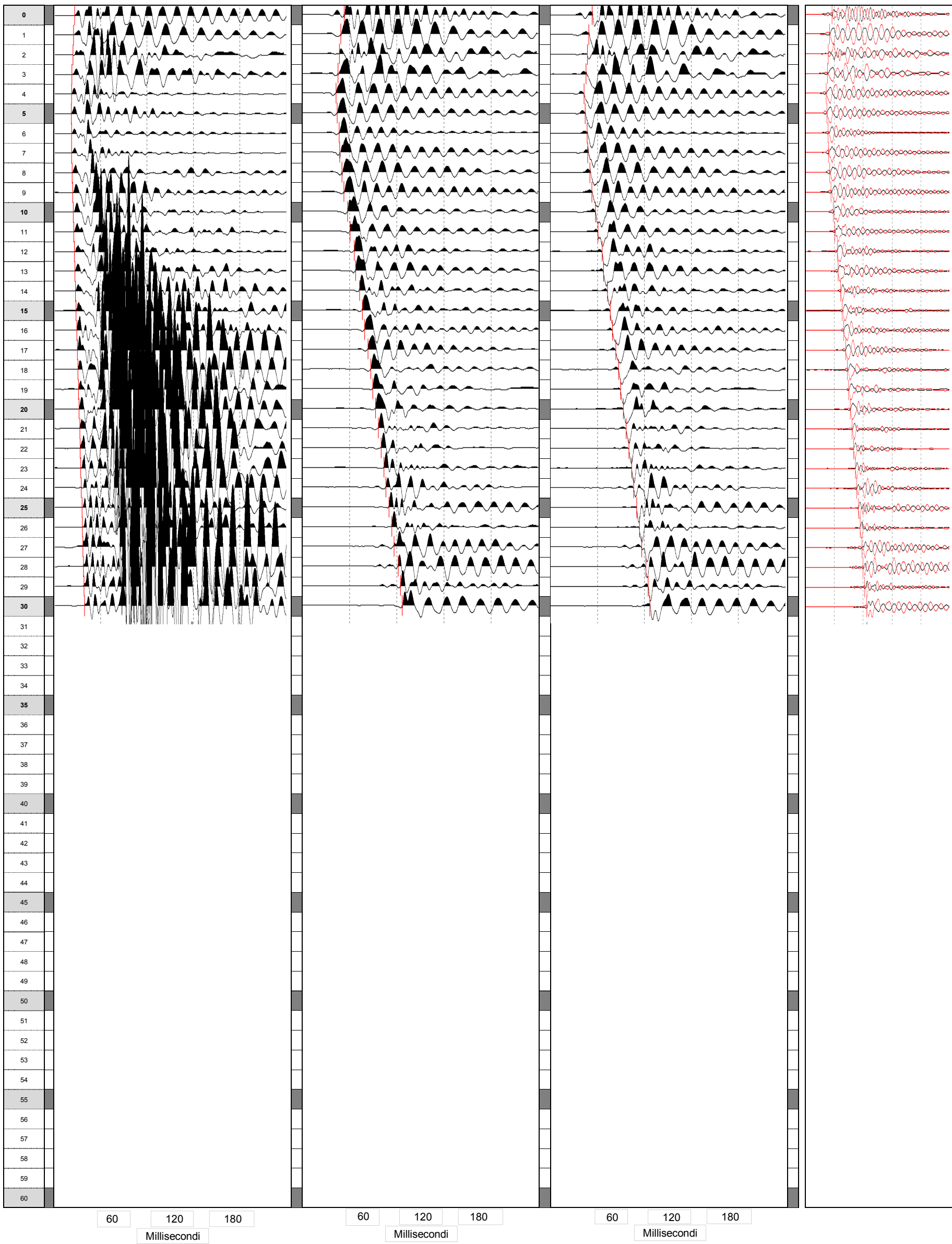


Fig. 1



**COMMITTENTE**  
**DOWN HOLE**  
**Località**  
**Data acquisizione**

**ITALFERR**  
**S1\_DH**  
**Brindisi collegamento ferroviario**  
**3 Luglio 2019**

**LOG DEI PARAMETRI ELASTICI**  
**Progressivo**  
**Distanza bocca foro -shot = 3.5 m**



**Stratigrafia sintetica**

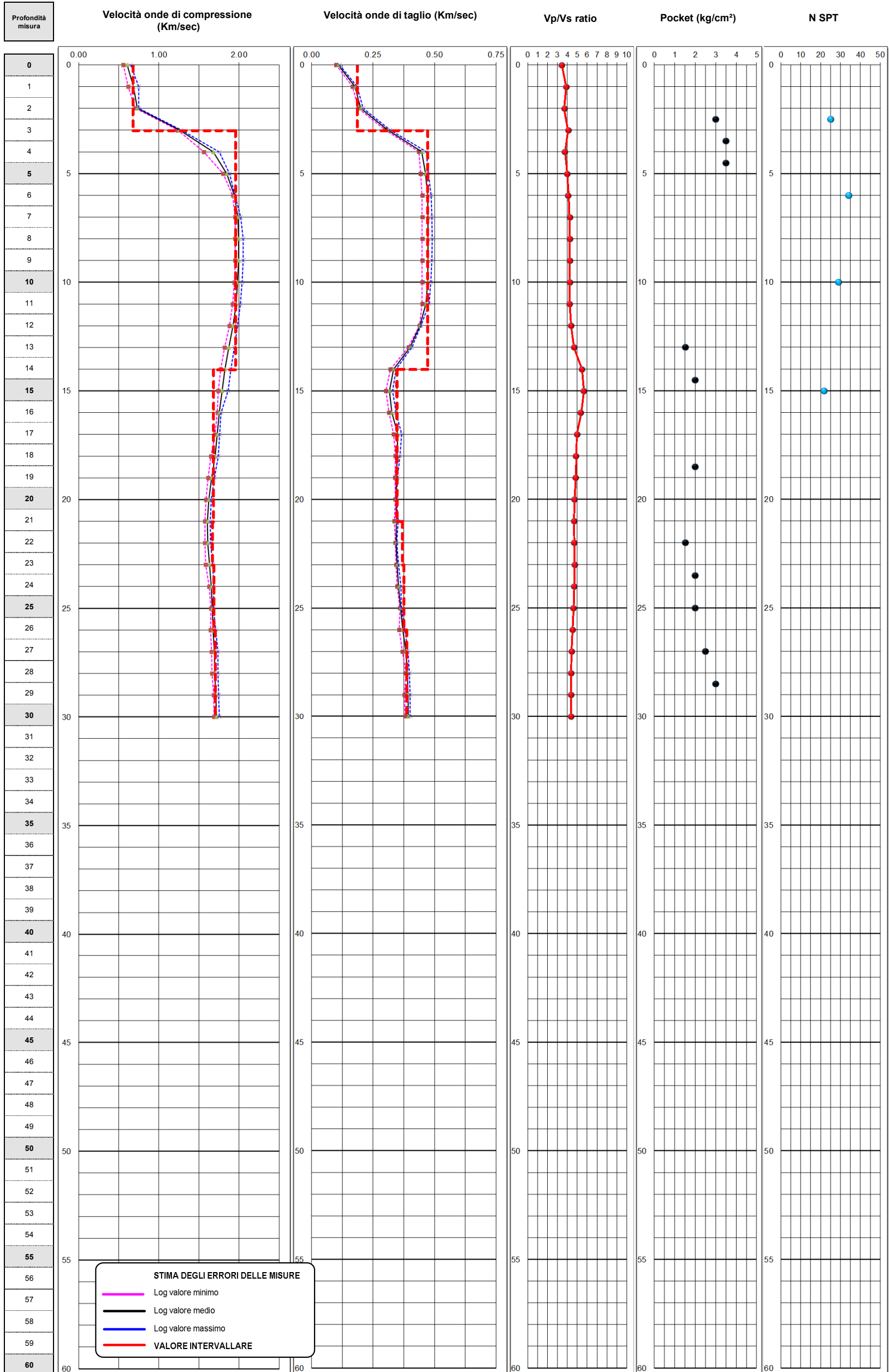


Fig. 3

<b>COMMITTENTE</b>
<b>DOWN HOLE</b>
<b>Località</b>
<b>Data acquisizione</b>

<b>ITALFERR</b>
<b>S1_DH</b>
<b>Brindisi collegamento ferroviario</b>
<b>3 Luglio 2019</b>

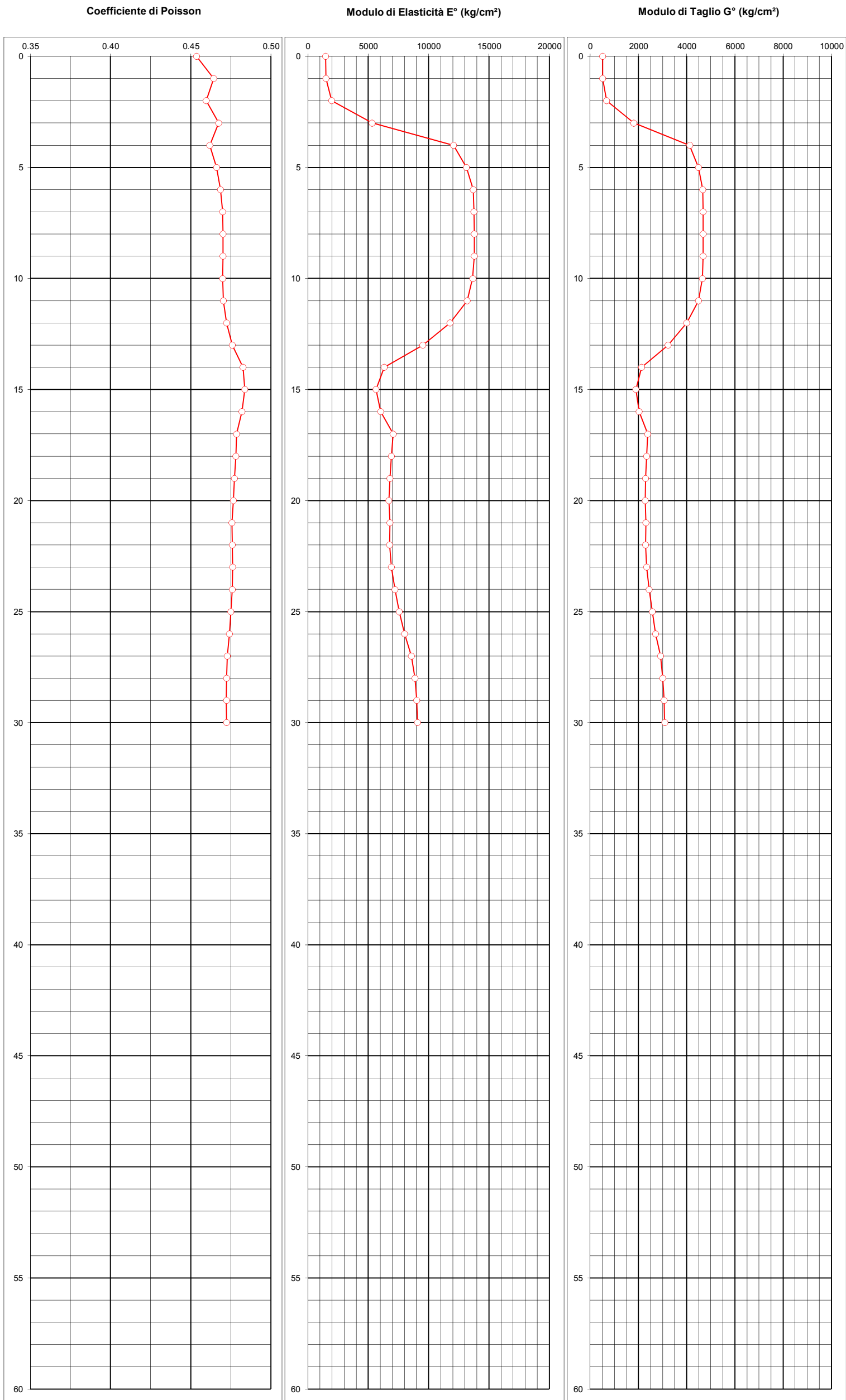
<b>LOG DEI PARAMETRI ELASTICI</b>
<b>Progressivo</b>
<b>Distanza bocca foro -shot = 3.5 m</b>



**Stratigrafia sintetica**

<b>Profondità misura</b>
--------------------------

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60



Da 0.00 a 3.00 m Limo sabbioso argilloso
Da 3.00 a 14.00 m Sabbia fine limosa addensata
Da 14.00 a 21.00 m limo sabbioso. Da 14.00a 15.50 argilloso
Da 21.00 a 23.00 m Limo argilloso
Da 23.00 a 26.00 m Argilla
Da 26.00 a 30.00 m Argilla consistente, plastica

Fig. 4

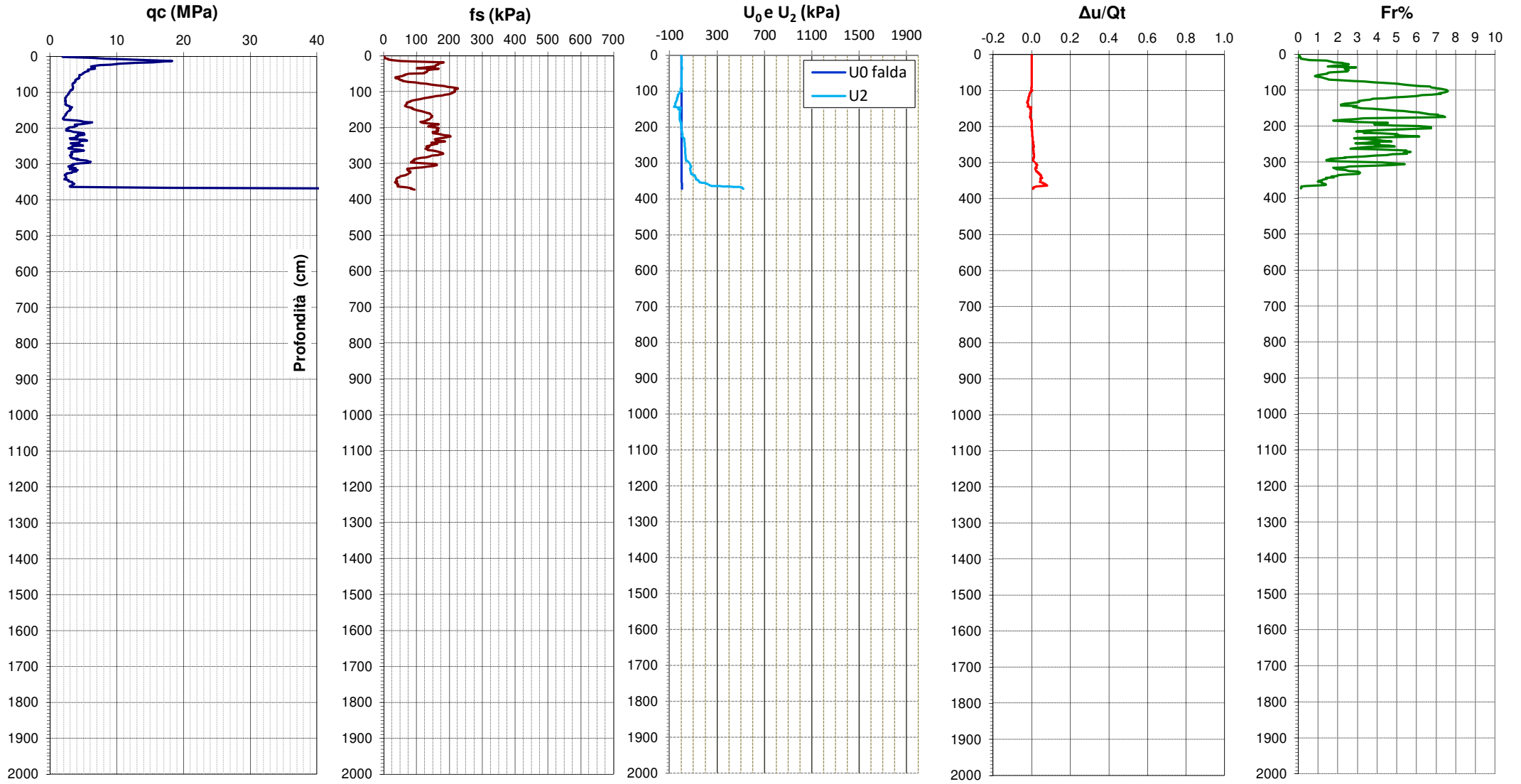


### DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.: 0  
Località: Brindisi (BR)  
Indirizzo:

Prova: SCPTU1  
Livello piezometrico: 3.40 metri da p.c.  
Data di indagine: 6 luglio 2019

Latitudine: 40.631888  
Longitudine: 17.890655



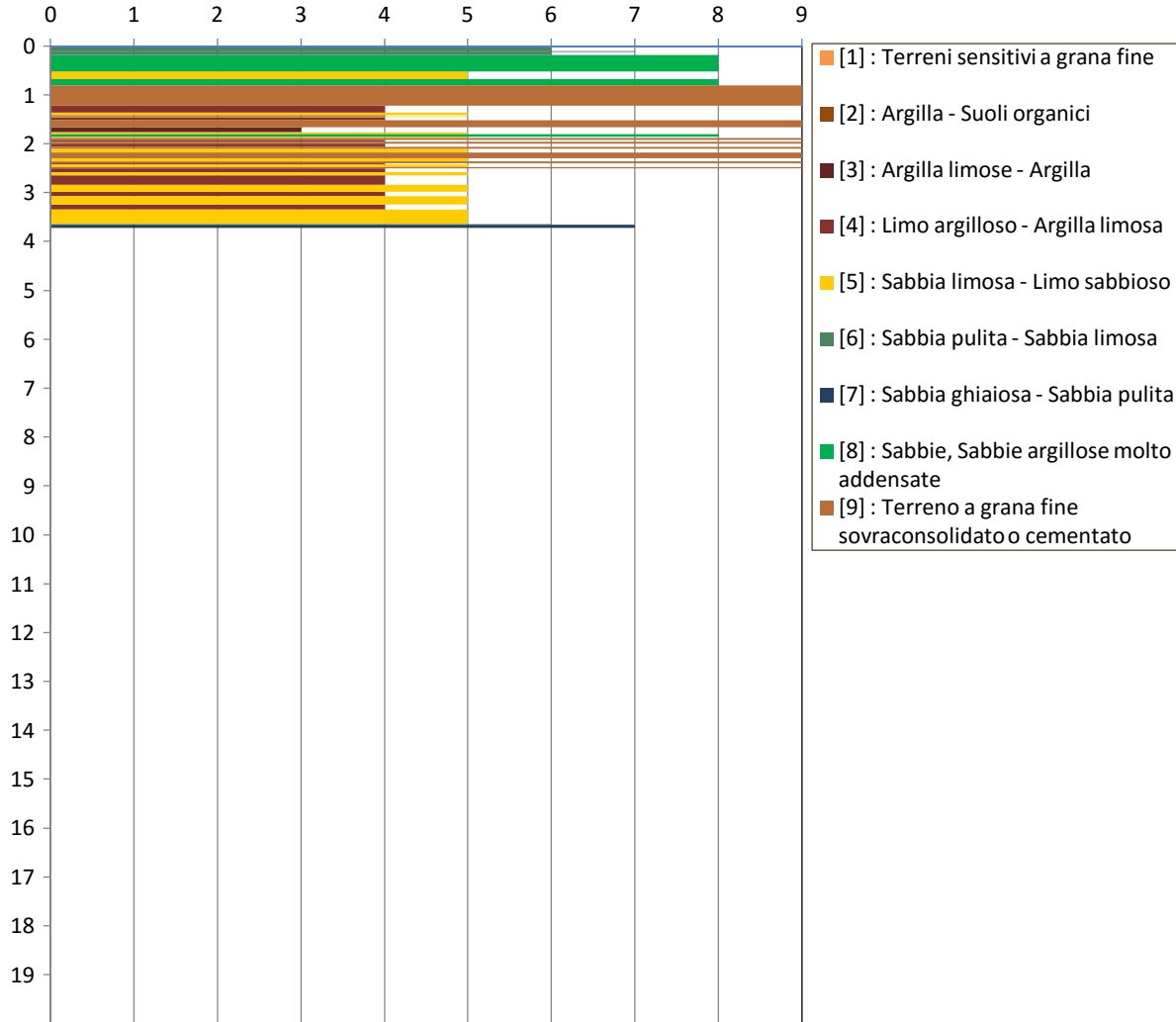
## DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.: 0  
 Località : Brindisi (BR)  
 Indirizzo :

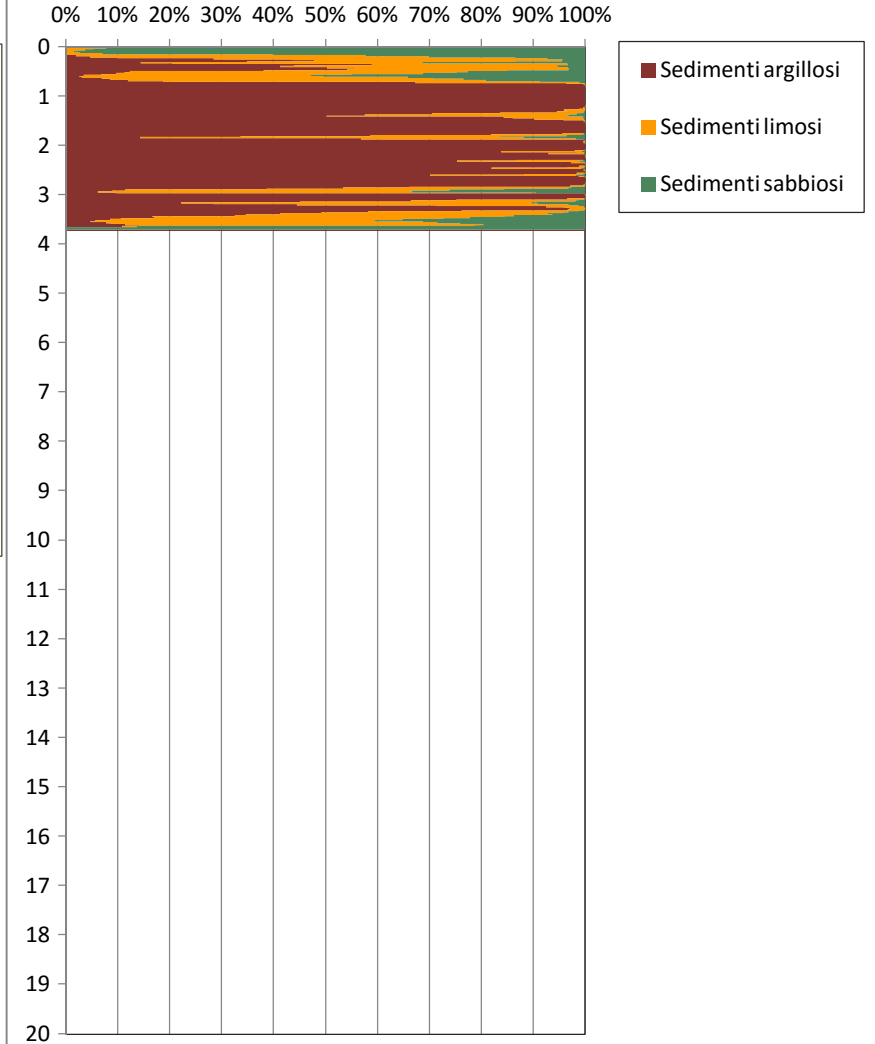
Prova: SCPTU1  
 Data di indagine : 6 luglio 2019  
 Livello piezometrico: 3.40 metri da p.c.

Latitudine: 40.631888  
 Longitudine: 17.890655

### Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



### Fuzzy Classification Method



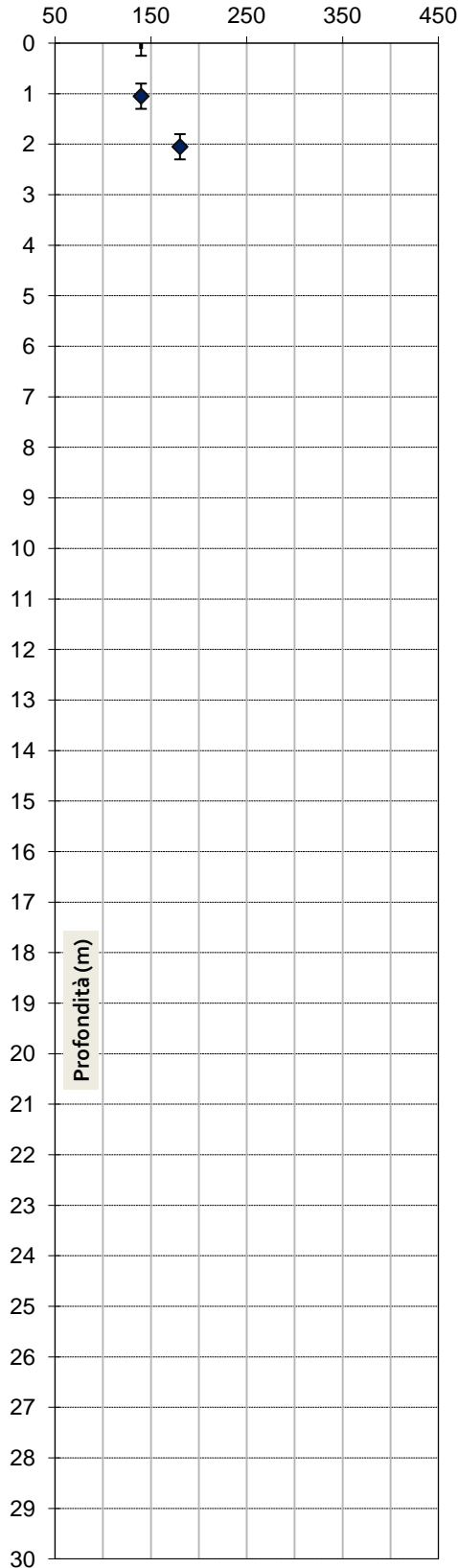
# PROVA SCPTU

doc.	data emiss.	sperimentatore	responsabile
1	11/07/2019		

Committente:	ITALFERR S.P.A.
Cantiere:	Brindisi (BR)
Prova:	SCPTU 1
Data prova:	6 luglio 2019

Distanza sorgente da verticale misura:	0.60 metri
Profondità sorgente da piano campagna:	0.00 metri

## Velocità onde di taglio $V_{SVH}$ (m/s)



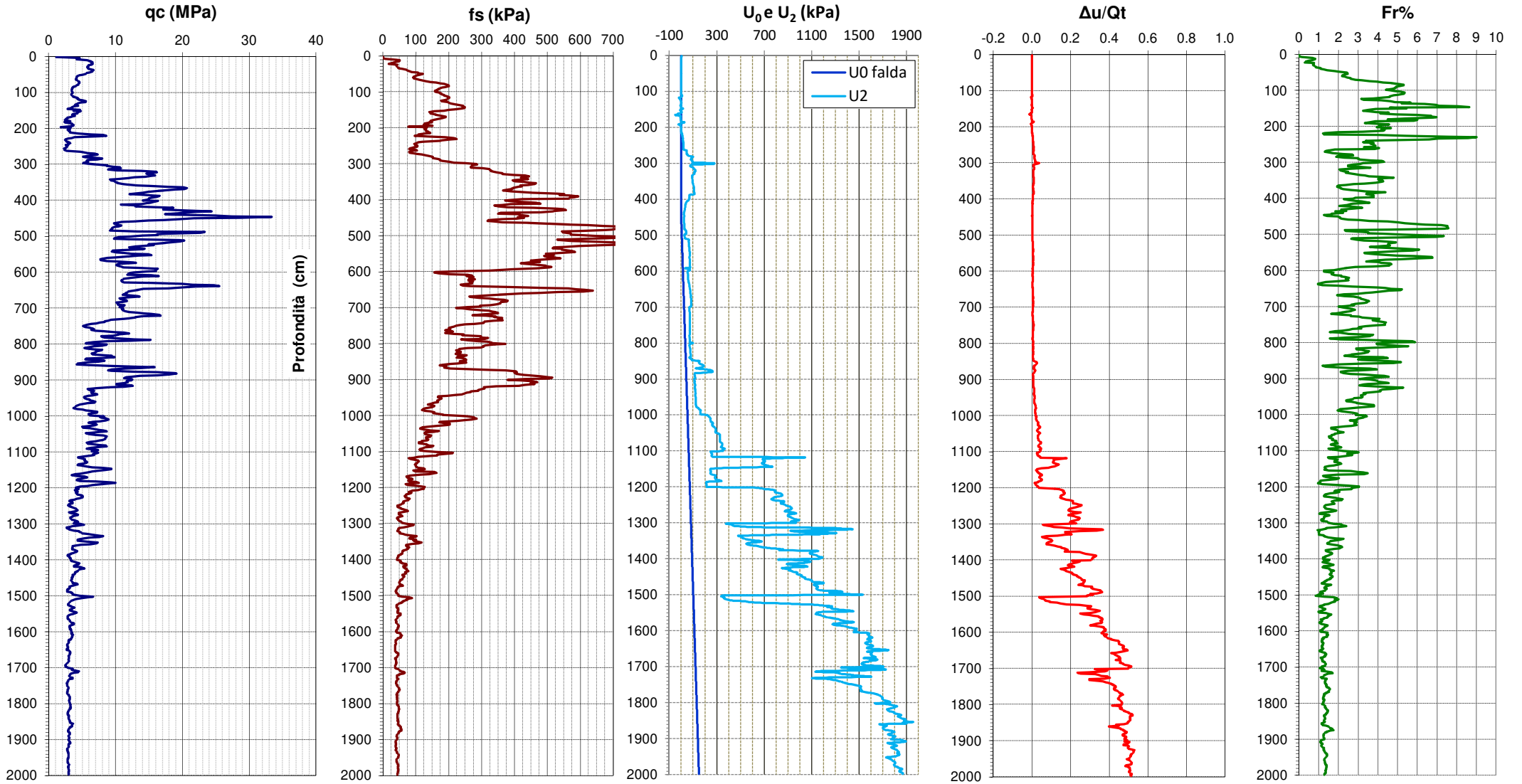
Prof. misura da	Prof. dato a	Prof. dato m	Velocità m/s	Time Shift msec	Accuratezza
0.8	1.3	1.05	139.74	3.090	0.956
1.8	2.3	2.05	180.30	2.660	0.880

# DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.: 0  
Località: Brindisi (BR)  
Indirizzo:

Prova: SCPTU2  
Livello piezometrico: 4.50 metri da p.c.  
Data di indagine: 5 luglio 2019

Latitudine: 40.639285  
Longitudine: 17.894388



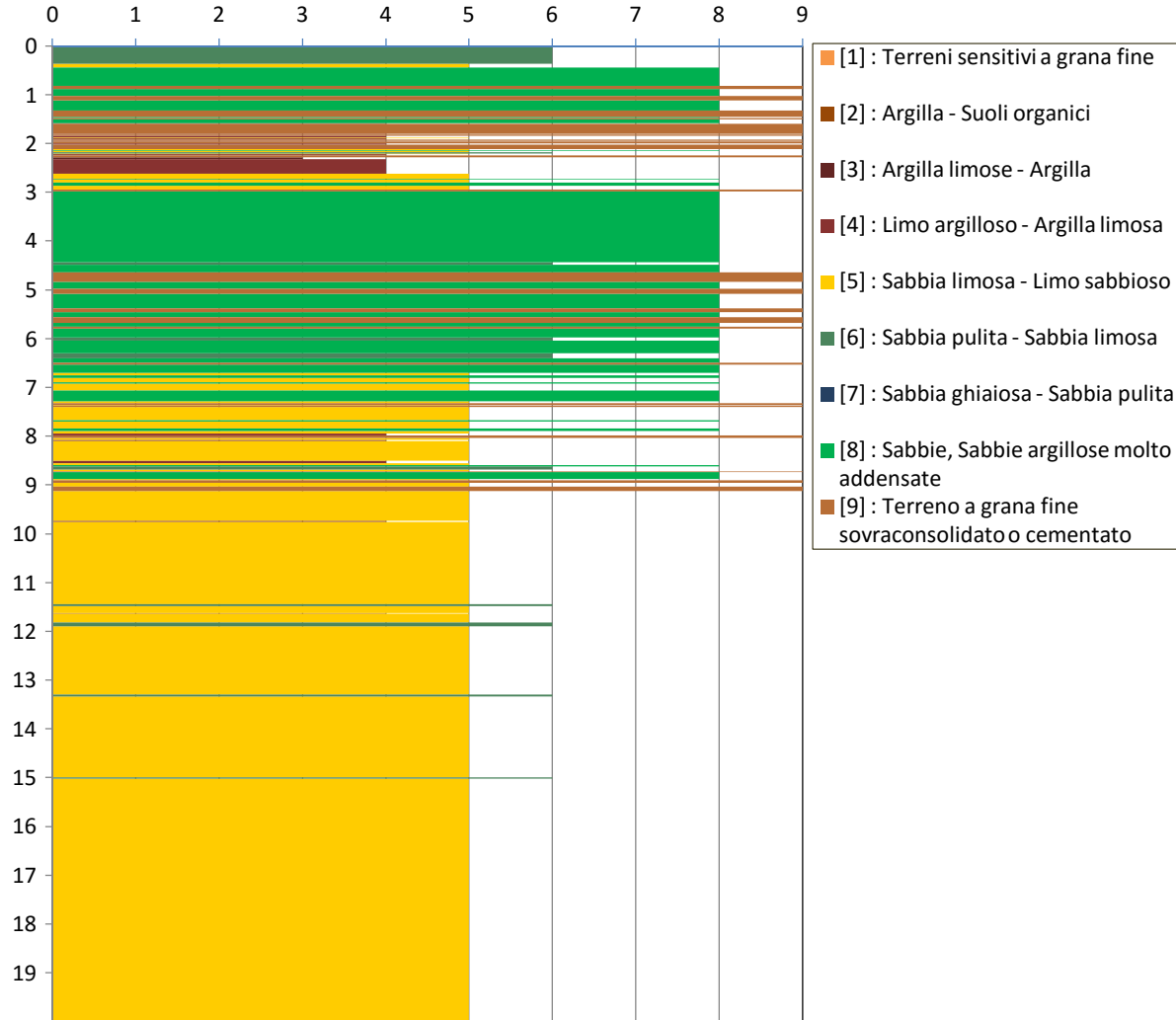
## DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.: 0  
 Località : Brindisi (BR)  
 Indirizzo :

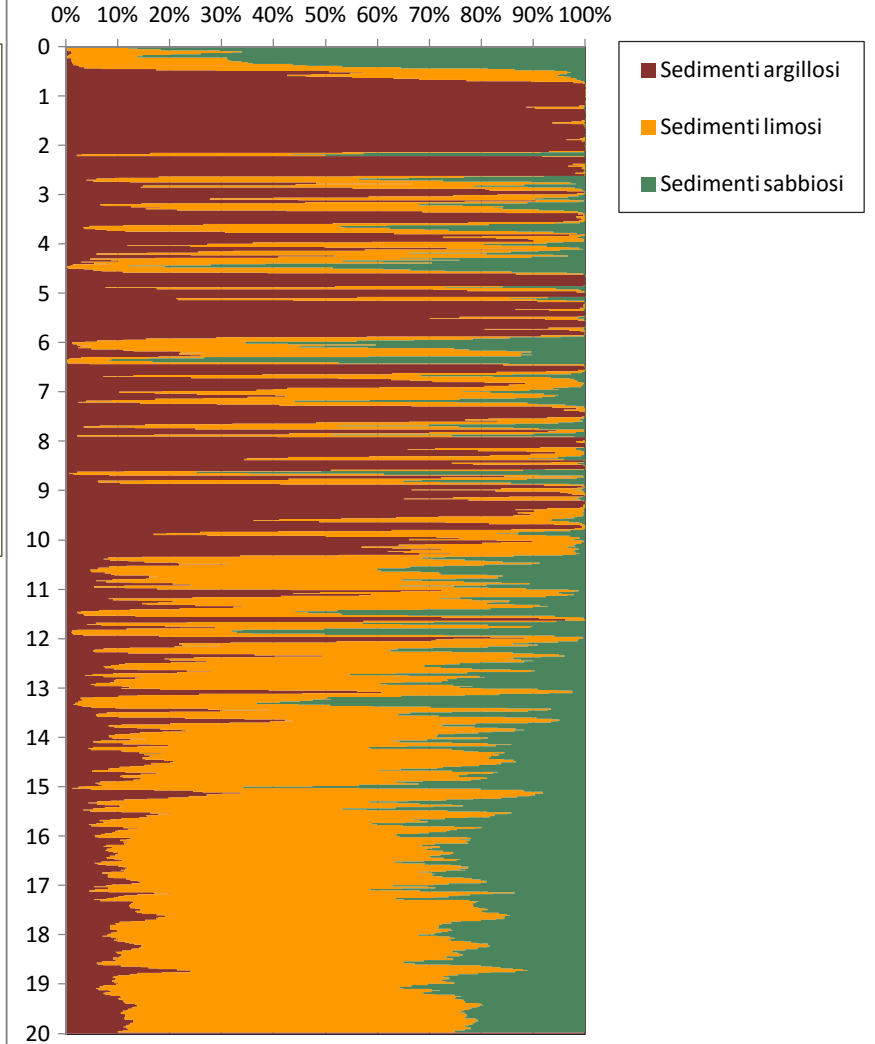
Prova: SCPTU2  
 Data di indagine : 5 luglio 2019  
 Livello piezometrico: 4.50 metri da p.c.

Latitudine: 40.639285  
 Longitudine: 17.894388

### Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



### Fuzzy Classification Method

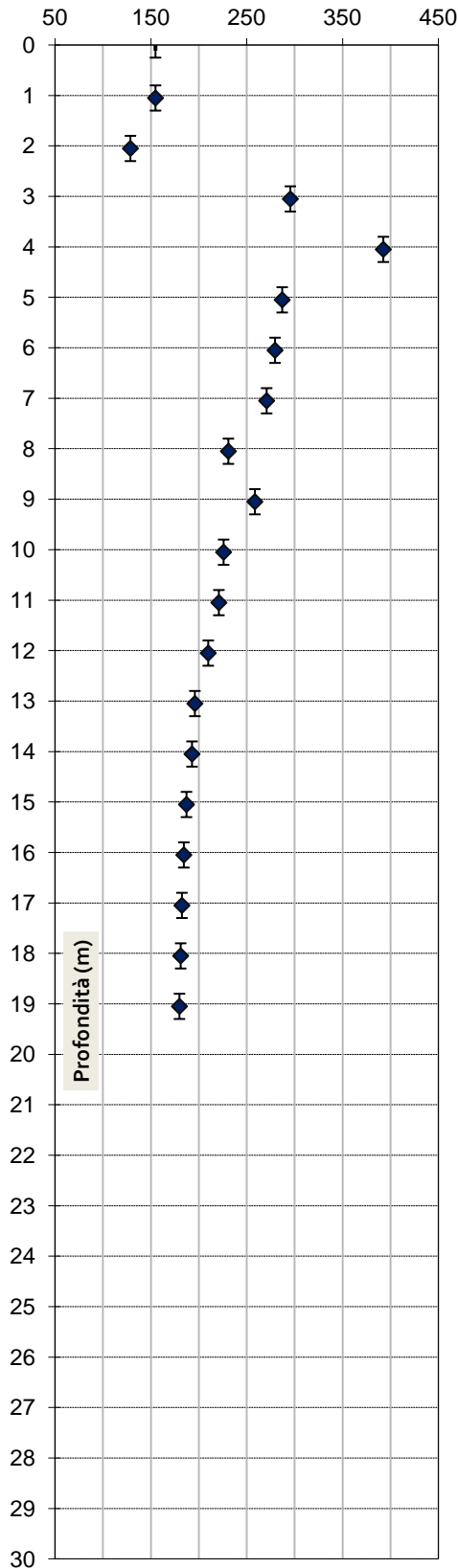


doc.	data emiss.	sperimentatore	responsabile
1	11/07/2019		

Committente:	
Cantiere:	Brindisi (BR)
Prova:	SCPTU 2
Data prova:	6 luglio 2019

Distanza sorgente da verticale misura:	0.60 metri
Profondità sorgente da piano campagna:	0.00 metri

### Velocità onde di taglio $V_{SVH}$ (m/s)



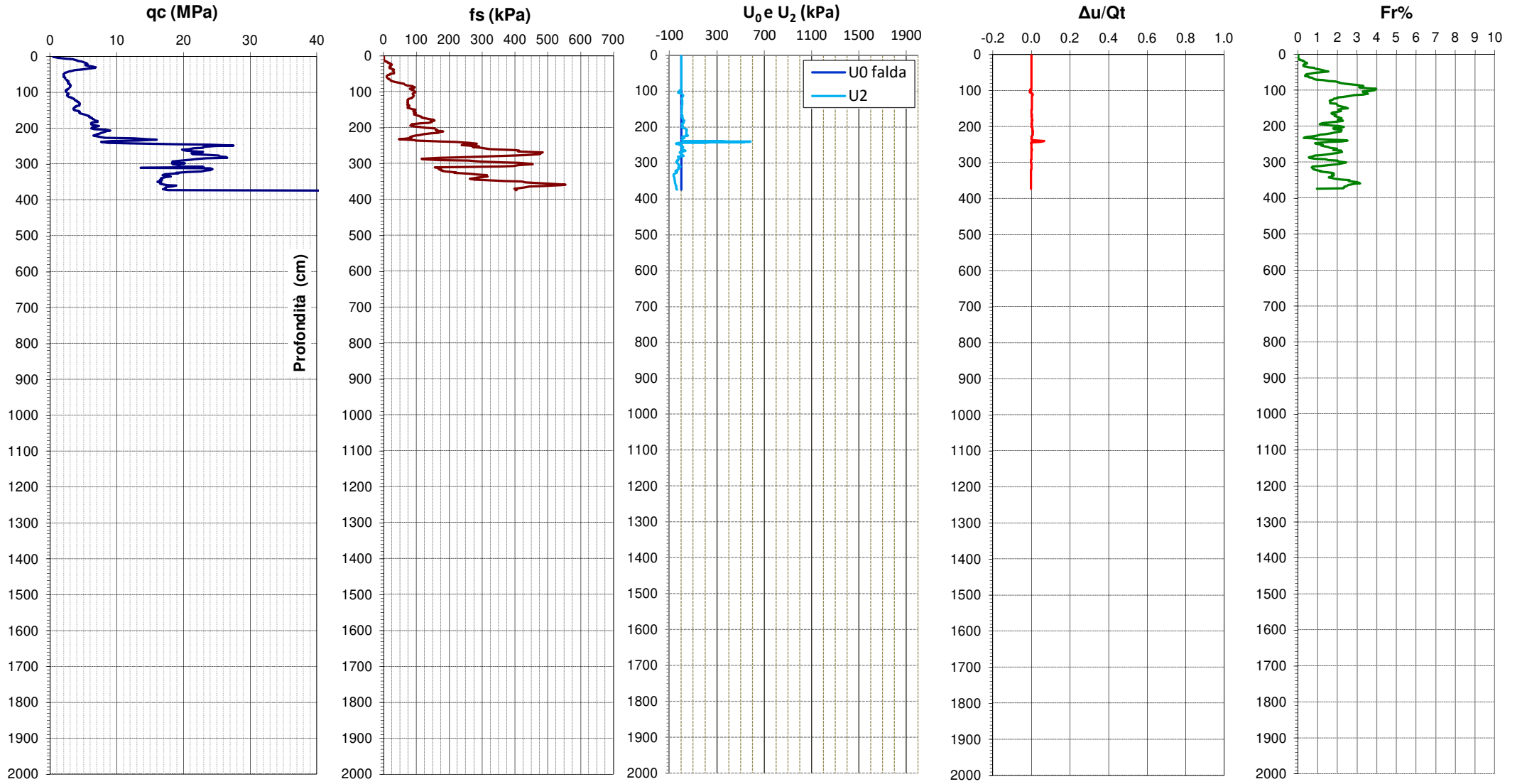
Prof. misura da	Prof. dato a	Prof. dato m	Velocità m/s	Time Shift msec	Accuratezza
		0.00		45.400	
0.8	1.3	1.05	154.76	2.790	0.859
1.8	2.3	2.05	128.58	3.730	0.785
2.8	3.3	3.05	295.50	1.660	0.839
3.8	4.3	4.05	392.53	1.260	0.742
4.8	5.3	5.05	286.99	1.730	0.877
5.8	6.3	6.05	279.53	1.780	0.887
6.8	7.3	7.05	270.76	1.840	0.893
7.8	8.3	8.05	230.84	2.160	0.887
8.8	9.3	9.05	258.50	1.930	0.935
9.8	10.3	10.05	225.84	2.210	0.891
10.8	11.3	11.05	220.91	2.260	0.885
11.8	12.3	12.05	209.82	2.380	0.883
12.8	13.3	13.05	195.87	2.550	0.927
13.8	14.3	14.05	192.87	2.590	0.940
14.8	15.3	15.05	187.12	2.670	0.849
15.8	16.3	16.05	184.37	2.710	0.812
16.8	17.3	17.05	182.37	2.740	0.787
17.8	18.3	18.05	181.06	2.760	0.864
18.8	19.3	19.05	179.77	2.780	0.785

# DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.: 0  
Località: Brindisi (BR)  
Indirizzo:

Prova: SCPTU3  
Livello piezometrico: metri da p.c.  
Data di indagine: 5 luglio 2019

Latitudine: 40.654323  
Longitudine: 17.91303



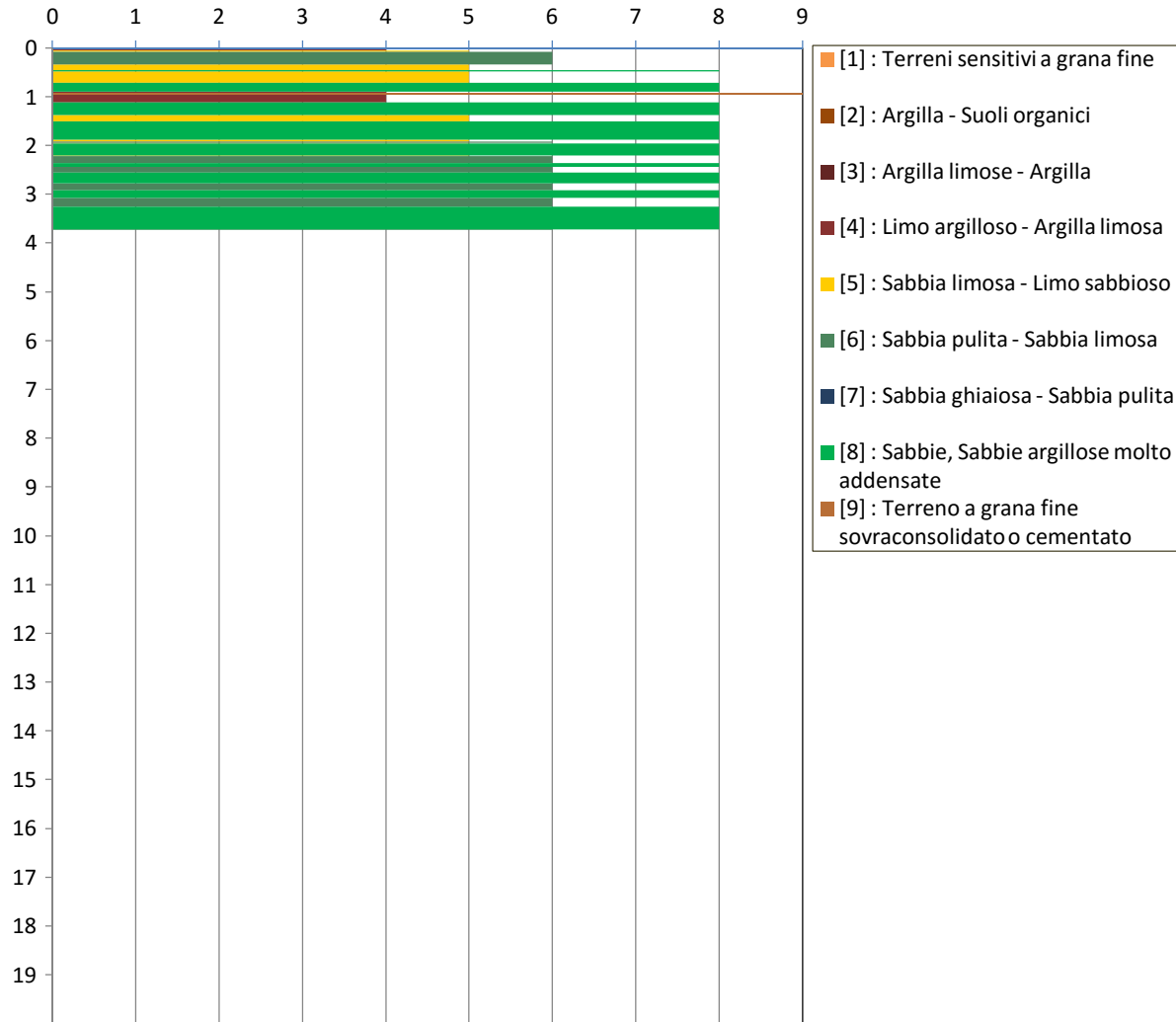
## DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.: 0  
 Località : Brindisi (BR)  
 Indirizzo :

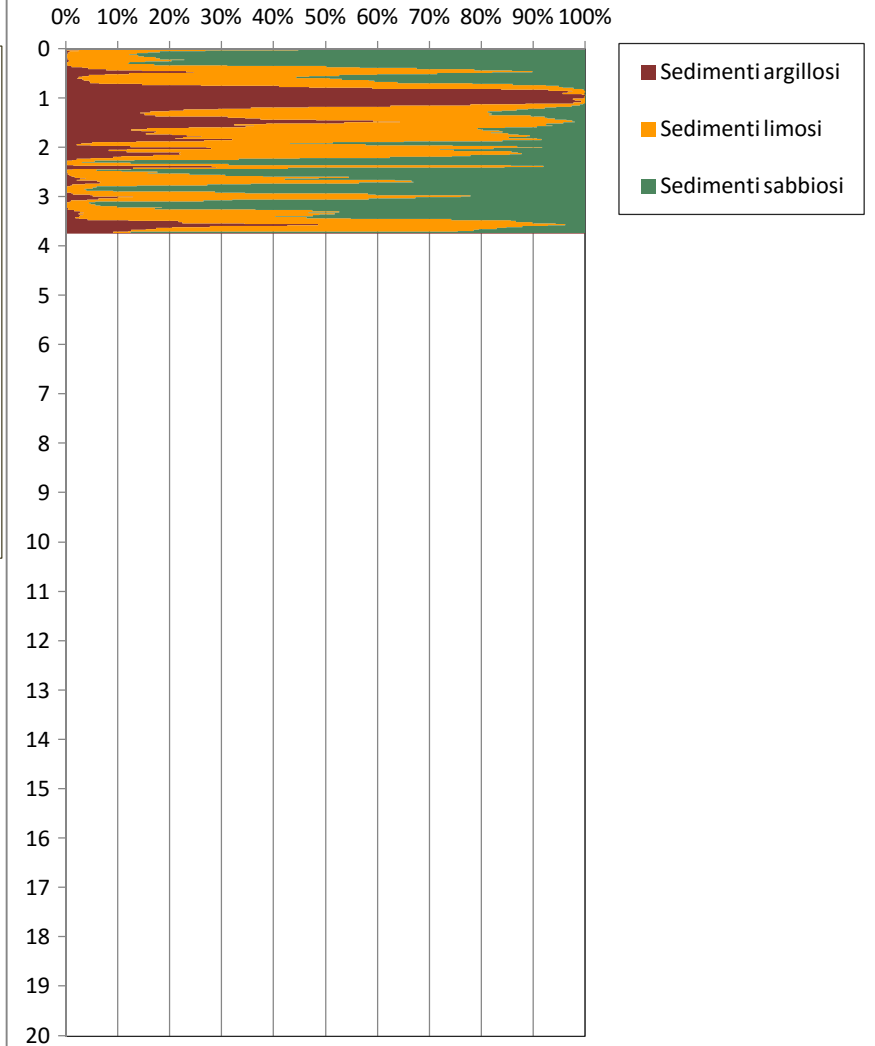
Prova: SCPTU3  
 Data di indagine : 5 luglio 2019  
 Livello piezometrico: metri da p.c.

Latitudine: 40.654323  
 Longitudine: 17.91303

### Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



### Fuzzy Classification Method





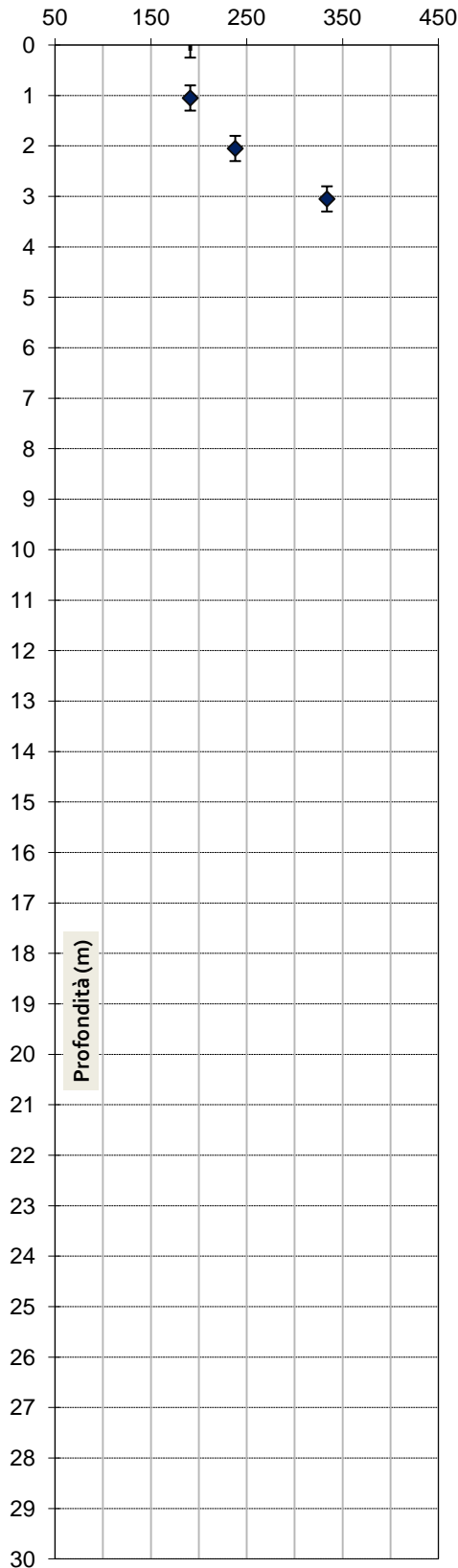
# PROVA SCPTU

doc.	data emiss.	sperimentatore	responsabile
1	11/07/2019		

Committente:	ITALFERR S.P.A.
Cantiere:	Brindisi (BR)
Prova:	SCPTU 3
Data prova:	6 luglio 2019

Distanza sorgente da verticale misura:	0.60 metri
Profondità sorgente da piano campagna:	0.00 metri

## Velocità onde di taglio $V_{SVH}$ (m/s)



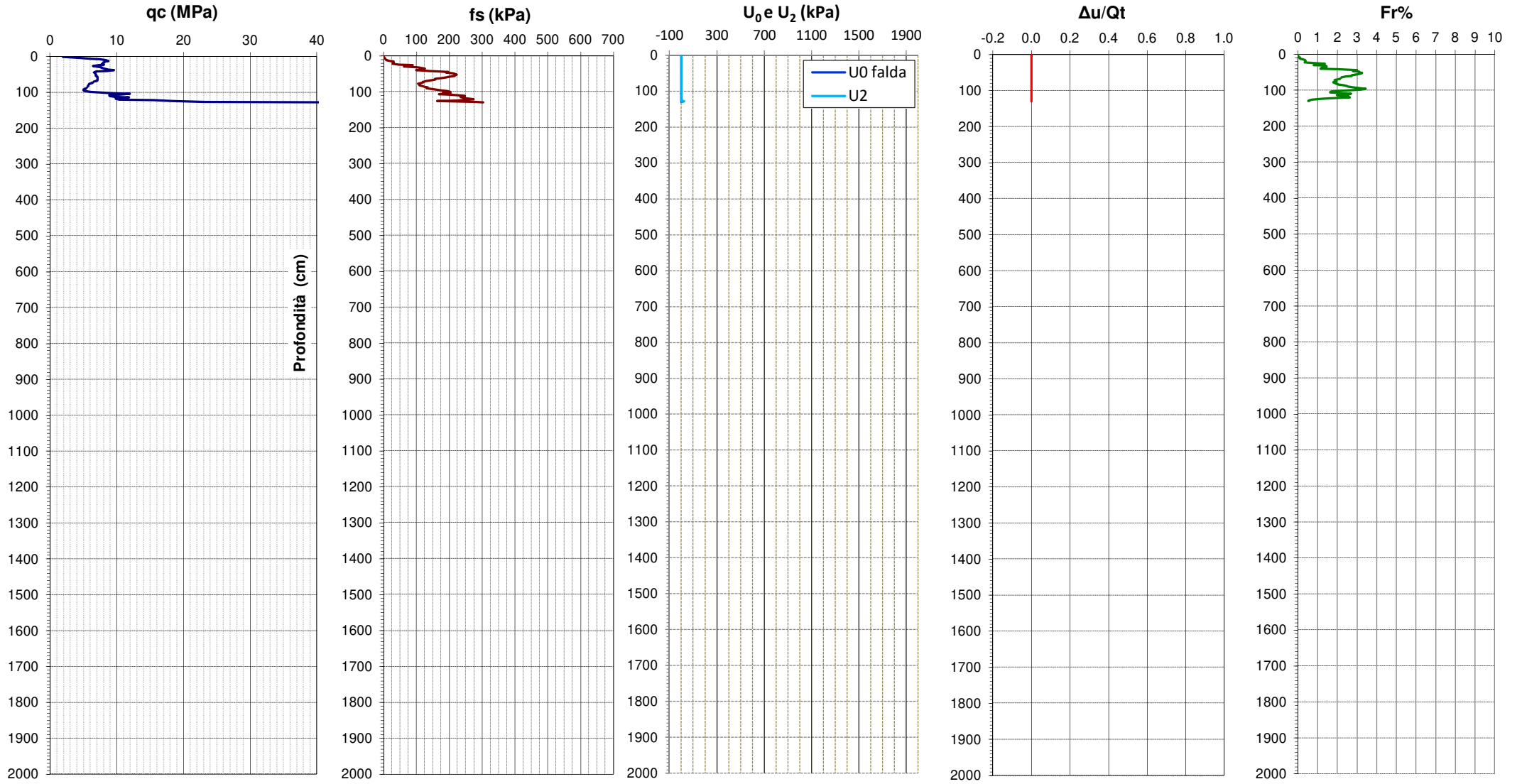
Prof. misura da	Prof. dato a	Prof. dato m	Velocità m/s	Time Shift msec	Accuratezza
0.8	1.3	1.05	191.05	2.260	0.943
1.8	2.3	2.05	238.02	2.015	0.997
2.8	3.3	3.05	333.70	1.470	0.839

# DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.: 0  
Località: Brindisi (BR)  
Indirizzo:

Prova: SCPTU4  
Livello piezometrico: metri da p.c.  
Data di indagine: 5 luglio 2019

Latitudine: 40.658147  
Longitudine: 17.933295



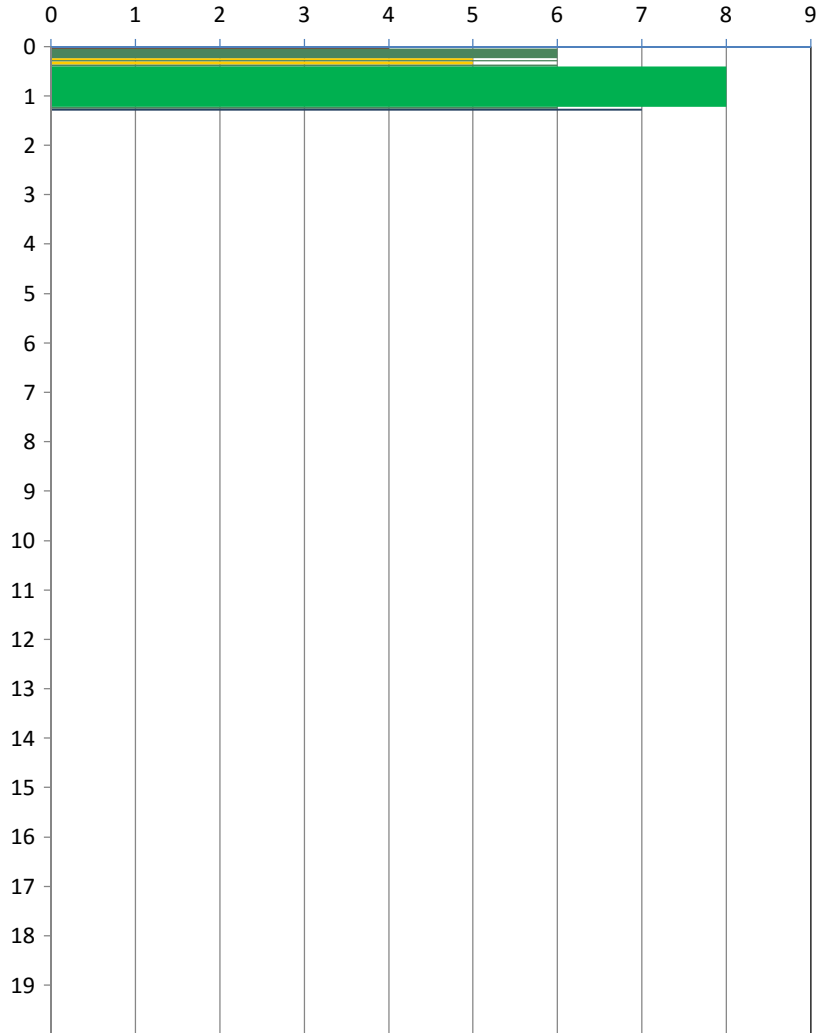
## DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.: 0  
 Località : Brindisi (BR)  
 Indirizzo :

Prova: SCPTU4  
 Data di indagine : 5 luglio 2019  
 Livello piezometrico: metri da p.c.

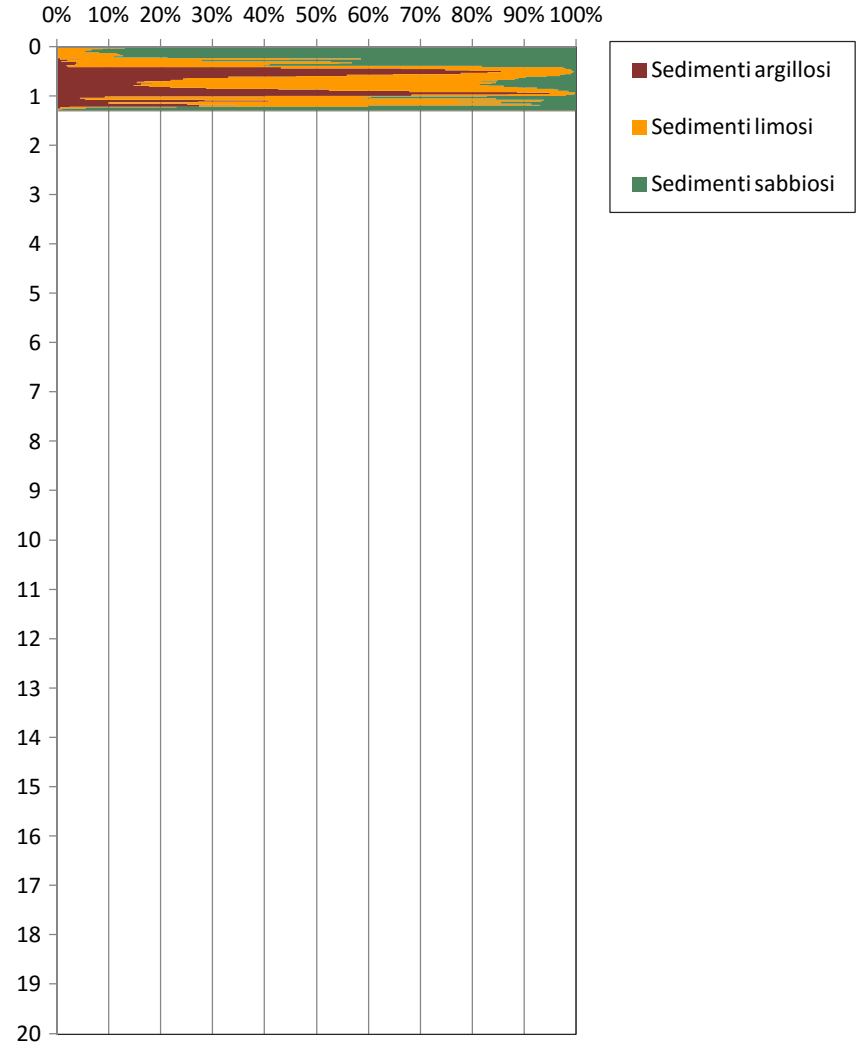
Latitudine: 40.658147  
 Longitudine: 17.933295

### Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



- [1] : Terreni sensitivi a grana fine
- [2] : Argilla - Suoli organici
- [3] : Argilla limose - Argilla
- [4] : Limo argilloso - Argilla limosa
- [5] : Sabbia limosa - Limo sabbioso
- [6] : Sabbia pulita - Sabbia limosa
- [7] : Sabbia ghiaiosa - Sabbia pulita
- [8] : Sabbie, Sabbie argillose molto addensate
- [9] : Terreno a grana fine sovraconsolidato o cementato

### Fuzzy Classification Method

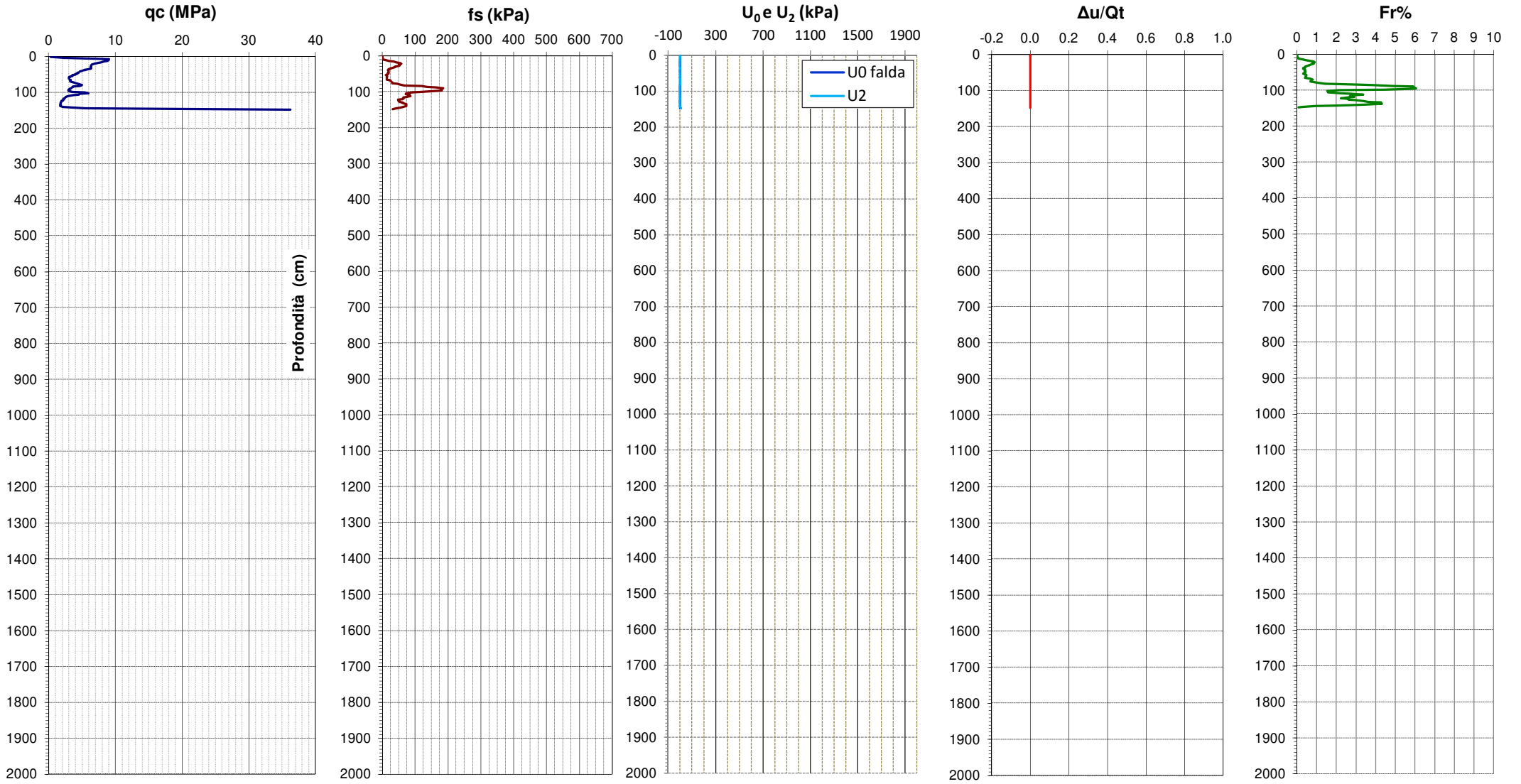


### DIAGRAMMI DI RESISTENZA e CLASSIFICAZIONE

Comm.: 0  
Località : Brindisi (BR)  
Indirizzo :

Prova: SCPTU5  
Livello piezometrico: metri da p.c.  
Data di indagine : 5 luglio 2019

Latitudine: 40.65731  
Longitudine: 17.933685



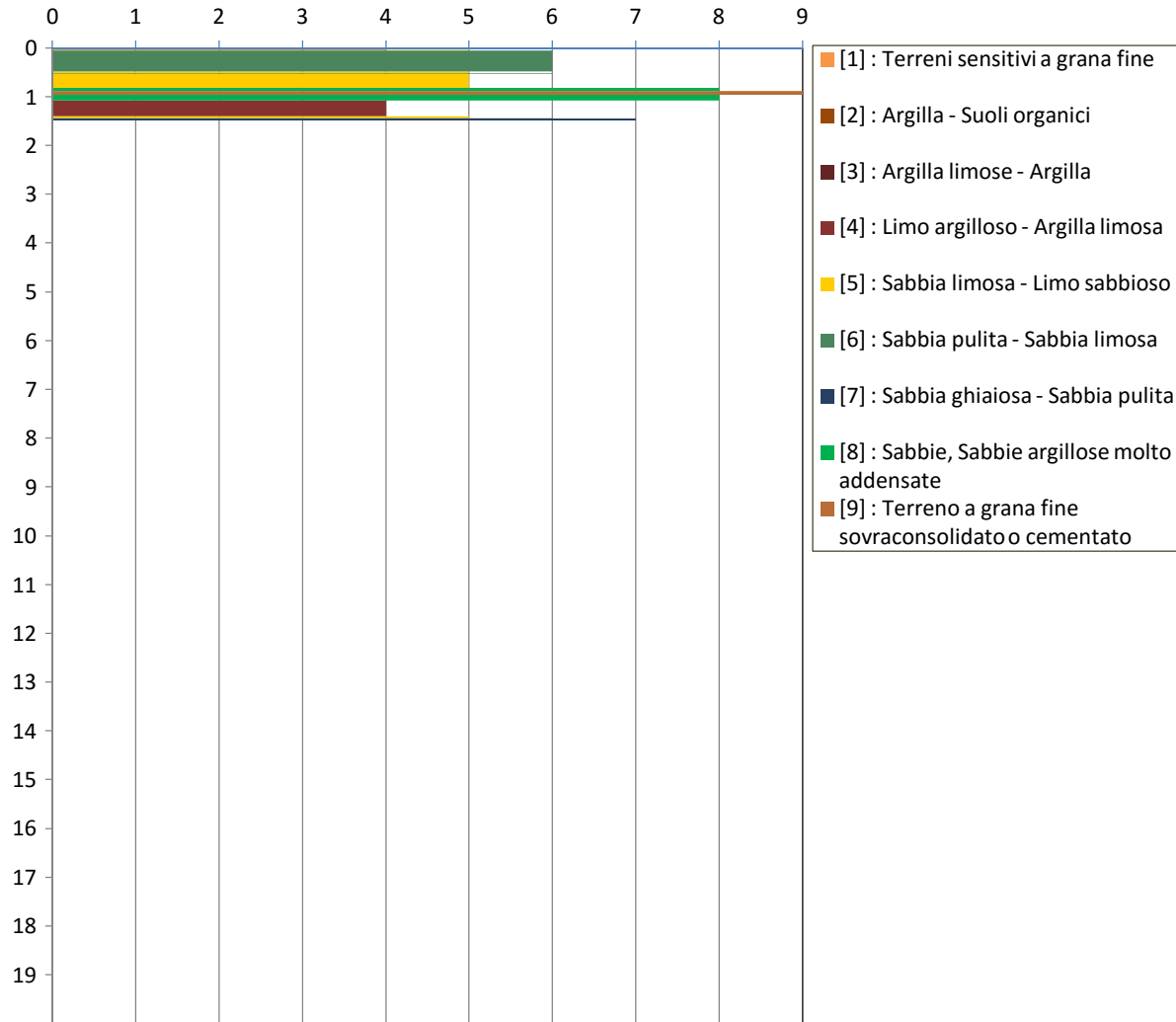
## DIAGRAMMI DI CLASSIFICAZIONE LITOLOGICA

Comm.: 0  
 Località : Brindisi (BR)  
 Indirizzo :

Prova: SCPTU5  
 Data di indagine : 5 luglio 2019  
 Livello piezometrico: metri da p.c.

Latitudine: 40.65731  
 Longitudine: 17.933685

### Classificazione SBT - Soil Behaviour Type



### Fuzzy Classification Method

