

Via P.C. Cadoppi, 14 - 42124 Reggio Emilia  
E-mail: info@studiocgs.it  
Tel. 0522 439734 Fax 0522 580006



STUDIO INGEGNERIA GUIDETTI - SERRI

COMMITTENTE

**BORSARI SPA**  
Via Di Mezzo, 114/E  
41015 NONANTOLA (Modena)  
C.F. P. IVA 01352250367

BORSARI S.p.A.

FIRMA

PROGETTO

VARIANTE AL PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PRIVATA APPROVATO CON DELIBERAZIONE CONSIGLIO COMUNALE n°123 del 12/11/2009 - ZONA PRODUTTIVA BIBBIANA NUOVA di proprietà della ditta BORSARI S.p.A.

ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA  
GEOTECNICA - SISMICA

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO
H				
G				
F				
E				
D				
C				
B	08/09/16	INTEGRAZ. RICHIESTA DAL COMUNE	BENEVELLI J.	GUIDETTI P.
A	10/12/15	EMISSIONE	MASTRANGELI	GUIDETTI P.

FILE W:\P-2015\P44-BORSARI Spa\_ESECUTIVO opere urb\14-INT.3\REL R3V Rel Geologica-REV.B cartiglio.dwg

PROGETTISTA GENERALE

Ing. Paolo Guidetti



COLLABORATORE

FASE DI PROGETTO

**VARIANTE**  
piano particolareggiato  
di iniziativa privata

DATA EMISSIONE

10/12/2015

SCALA

---

PRATICA

P44/2015

TAVOLA

**R3.V**

A TERMINI DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETA' DI QUESTO ELABORATO CON DIVIETO DI RIPRODURLO E DI RENDERLO NOTO A TERZI SENZA LA NOSTRA AUTORIZZAZIONE SCRITTA



**Dott. Geol.**  
**PAOLO BERETTI**

Geologia Applicata e Geotecnica  
Consulenze e Controlli Ambientali

Via De Gasperi 2/1, 42020 Quattro Castella (RE)  
Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667 e-mail: [studio.beretti@gmail.com](mailto:studio.beretti@gmail.com); [paolo.beretti@epap.sicurezza postale.it](mailto:paolo.beretti@epap.sicurezza postale.it)

COMMITTENTE:	<b>Borsari Spa</b>
--------------	--------------------

**Provincia di Modena**  
**Comune di Nonantola**



Variante al Piano Particolareggiato d’iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009– Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.

## **RELAZIONE DI FATTIBILITÀ GEOLOGICO – GEOTECNICA E SISMICA**

**INTEGRAZIONE RELATIVA ALLO STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA COMUNALE**

Revisione	Descrizione	Data	Redazione
1	FGGS	Settembre 2016	Dott. Geol. Paolo Beretti



Borsari spa	<i>Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica</i>	Variante al Piano Particolareggiato d’iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	--	--

## INDICE

INDICE .....	1
PARTE INTRODUTTIVA .....	2
Premessa.....	2
Inquadramento territoriale.....	2
Vincoli territoriali .....	2
Effetti attesi in occasione di sisma e livelli di approfondimento .....	2
Piano e metodologia d’indagine .....	3
Riferimenti normativi.....	4
RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI - CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO .....	6
Inquadramento geologico e strutturale.....	6
Inquadramento geomorfologico.....	6
Esondabilità e aree a difficoltoso drenaggio.....	7
Vulnerabilità all’inquinamento degli acquiferi.....	7
Successione litomeccanica.....	8
Modello geologico .....	8
Pericolosità geologica e geomorfologica dell’area .....	9
RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA’ SISMICA DELL’AREA – .....	10
RISPOSTA SISMICA LOCALE .....	10
Inquadramento topografico .....	10
Storia sismica del sito.....	10
Classe dell’opera: Azione sismica e pericolosità sismica di base .....	13
Identificazione categoria suolo di fondazione .....	13
Fattore di amplificazione .....	14
Analisi Suscettibilità alla Liquefazione .....	15
Frequenza primaria terreni di fondazione .....	17
RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI - MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO .....	18
Volume significativo e piano di indagine .....	18
Successione geotecnica - Analisi geomeccanica dei terreni .....	18
Tipologia e Piano di posa fondale .....	20
Capacita’ resistente dei terreni (d.m. 14/01/2008) .....	20
Verifica dei cedimenti (Stato limite di esercizio) .....	22
Cedimenti indotti dal sisma .....	22
Problematiche connesse al livello della falda freatica .....	23
CONCLUSIONI.....	25
ALLEGATI .....	30

Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

## PARTE INTRODUTTIVA

### PREMESSA

Nell'ambito progettuale relativo al progetto di variante al Piano Particolareggiato di iniziativa Privata – zona produttiva Bibbiana Nuova, approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009, si è prodotto lo studio geologico geotecnico e sismico oggetto della presente relazione, *tenendo conto della campagna geognostica e geofisica eseguita nell'ambito progettuale relativo al piano particolareggiato stesso e delle richieste formulate dagli studi di microzonazione sismica del territorio comunale.*

Le analisi hanno consentito di individuare i caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici, geomeccanici e sismici dei terreni formanti il primo sottosuolo e quindi di effettuare la valutazione delle condizioni per l'uso edificatorio dell'area in oggetto.

Lo studio, svolto su commissione della **Società Borsari S.p.a.**, si è redatto in ottemperanza ai dettati del D.M. 11/03/88 e circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88 ed in riferimento alle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni, DM 14/01/2008.

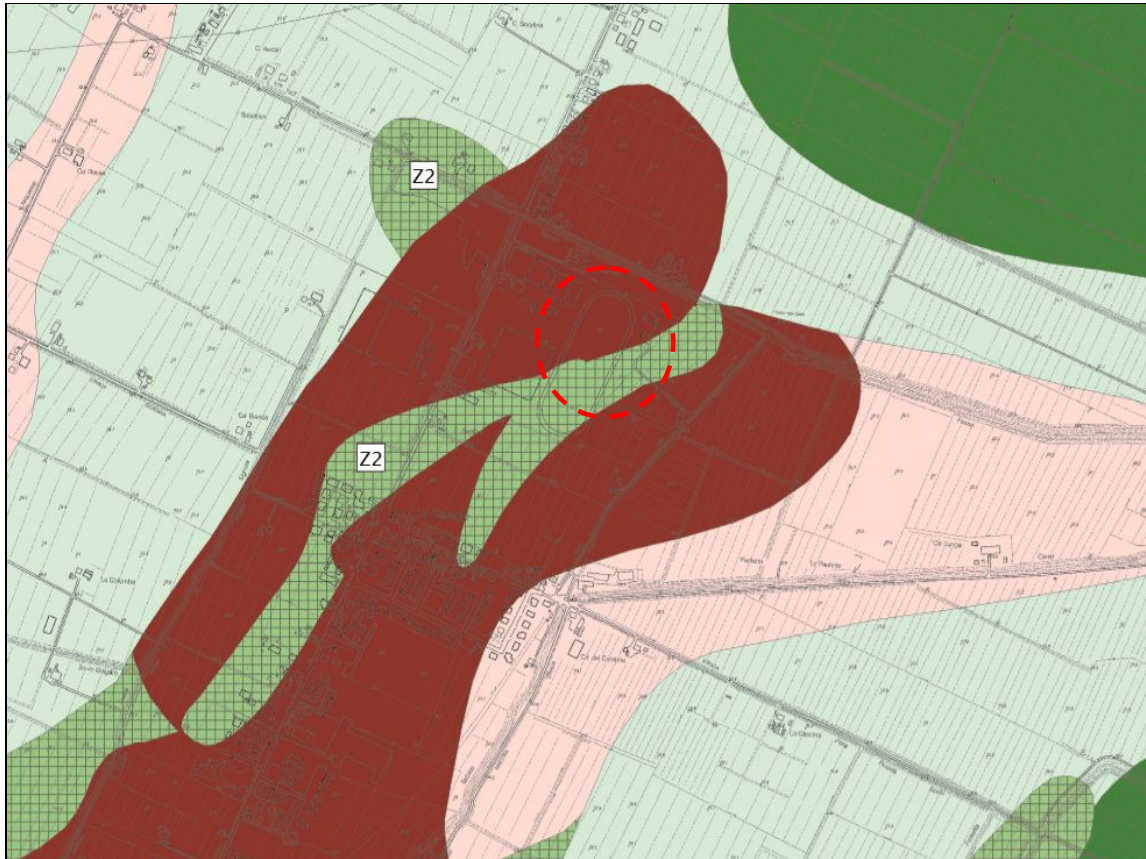
### INQUADRAMENTO TERRITORIALE

La zona d'intervento ricade nel settore sud occidentale della sezione NONANTOLA n° 202090, delle basi C.T.R. ER in scala 1:10.000, appartenente al F° MIRANDOLA N° 75 I.G.M. quadrato PQ zona 32 T.

### VINCOLI TERRITORIALI

#### **EFFETTI ATTESI IN OCCASIONE DI SISMA E LIVELLI DI APPROFONDIMENTO**

Dall'estratto della “Carta MOPS” dello Studio di Microzonazione Sismica del Comune si evince come in corrispondenza del sito in esame siano presenti depositi classificati al passaggio tra la categoria **“Zona suscettibile di sovrapposizione di instabilità differenti”** (caratterizzati da potenziale amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazioni e cedimenti differenziali) e la **Zona Z2** (caratterizzata da potenziale amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazioni); sono richiesti approfondimenti di III livello per l'analisi a liquefazione e, relativamente alla prima delle due zone citate, per la valutazione dei cedimenti differenziali.



## Legenda

### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- ZONA 1** Limi - limi argillosi - argille limose, moderatamente consistenti (ML/CL-24) contenenti sottili corpi lentiformi sabbioso limosi argillosi con spessore tra 1,0 e 2,0 moderatamente addensati (SM-12).  
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.  
Approfondimenti di II° livello.
- ZONA 2** Sabbie e sabbie limose in strati con spessori tra 2 e 4/5 m, moderatamente addensate (SM-12) con intercalate alternanze limose - limoso argillose moderatamente consistenti (ML-24).  
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione.  
Approfondimenti di III° livello per valutazione di suscettività alla liquefazione.
- ZONA 3** Argille limose - argille, moderatamente consistenti (CL-24) con intercalati subordinati corpi lentiformi limoso argilloso - moderatamente consistenti (ML-24) e sabbioso limosi poco addensati (SM-13).  
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche.  
Approfondimenti di II° livello.

### Zone stabili suscettibili di instabilità

- ZONA 1** Zona di attenzione per liquefazione tipo 1
- POTENZIALI CEDIMENTI DIFFERENZIALI**  
Limi - limi argilloso sabbiosi poco consistenti (CL / ML - 25) contenenti corpi sabbioso limosi lentiformi, con spessori inferiori a 1.0 m da poco addensati, poco consistenti a moderatamente addensati (SM - 13/12), moderatamente consistenti (ML-24) nei primi 12 m dal p.c.  
Argille limose - limi argillosi poco consistenti (ML / CL - 25) con intercalati corpi lentiformi sabbioso limosi, con spessori inferiori a 0.6 m da moderatamente a poco addensati (SM 12/13) nei primi 12-13 m p.c.  
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, cedimenti differenziali, addensamenti.  
Approfondimenti di III° livello per stima dei cedimenti differenziali.
- ZONA SUSCETTIBILE DI SOVRAPPOSIZIONE DI INSTABILITA' DIFFERENTI**  
Sabbie limose e sabbie poco addensate (SM-13) e limi - limi sabbioso argillosi poco consistenti (ML - 25) nei primi 14 m pc, con l'incremento della profondità sabbie limose moderatamente addensate (SM-11) limi argillosi - argille limose moderatamente consistenti. (ML/CL-24).  
Effetti attesi: amplificazione per caratteristiche litostratigrafiche, potenziale liquefazione e cedimenti differenziali.  
Approfondimenti di III° livello per valutazione di suscettività alla liquefazione e stima dei cedimenti differenziali.

## PIANO E METODOLOGIA D'INDAGINE

### Indagine geognostica

Allo scopo di determinare le caratteristiche fisico meccaniche del sottosuolo, sono state eseguite due nuove prove penetrometriche statiche CPT, utilizzando un penetrometro statico-dinamico, mod. Pagani Tg63-200, sino alla profondità di - 20 m p.c., con le seguenti caratteristiche:

Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

- **Prova penetrometrica statica:** caratteristiche conformi allo standard europeo (cfr. *Indicazioni ISSMFE - AGI*), cella di pressione idraulica a lettura digitale, prima asta attrezzata con punta *Begemann (Friction Sleeve Cone)*.

Ad integrazione, sono state considerate **6 ulteriori prove penetrometriche CPT** eseguite dallo Scrivente, nell'ambito della precedente fase di indagine.

### **Indagine geofisica**

Al fine di determinare la categoria del suolo di fondazione, valutare lo schema sismo-stratigrafico e ricavare i parametri di microzonazione sismica dell'area in oggetto, sono state eseguite le seguenti indagini geofisiche:

- **Prospezione geofisica con metodo sismico passivo a rifrazione con misurazione di microtremori (Re.Mi.),** per la rilevazione della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs. Tale indagine si è effettuata utilizzando un sismografo digitale a 24 canali ad elevata dinamica GEOMETRICS GEODE, attrezzato con 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz, disposti ad interasse di 3 m per una lunghezza totale di indagine pari a 69 m.
- **Determinazione della frequenza propria di vibrazione del terreno,** mediante sismometro SARA SR04MT/03 a dinamica di 24 bits dotato di geofono tridirezionale con frequenza propria di 2,0 Hz.

## **RIFERIMENTI NORMATIVI**

### **NORME NAZIONALI**

#### **- Dlgs 11 febbraio 2010, n. 22:**

Riassetto della normativa in materia di ricerca e coltivazione delle risorse geotermiche, a norma dell'articolo 27, comma 28, della legge 23 luglio 2009, n. 99. (10G0037)

#### **- Ministero delle Infrastrutture**

**Decreto 14 gennaio 2008 Norme Tecniche sulle Costruzioni**

**Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP.** Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

#### **- Presidenza del Consiglio dei Ministri**

**Ordinanza n. 3379 del 5 novembre 2004**

Disposizioni urgenti di protezione civile.

#### **- Presidenza del Consiglio dei Ministri**

**Ordinanza n. 3316 del 2 ottobre 2003**

Modifiche ed integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003.

#### **- Presidenza del Consiglio dei Ministri**

**Ordinanza n. 3274 del 20 marzo 2003**

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

#### **- Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, 12 giugno 2003, n. 185**

Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del decreto legislativo 11 maggio 1999, n.152.

#### **- Decreto Legge 12 ottobre 2000, n. 279**

Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone della regione Calabria danneggiate dalle calamità idrogeologiche di settembre ed ottobre 2000.

Borsari spa	<i>Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica</i>	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	--	--

- **Dlgs 11 maggio 1999, n.152**

Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole.

- **Ministero dei Lavori Pubblici - Circolare 9 gennaio 1996, n. 218/24/3**

Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del ministero dei Lavori Pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica.

- **Decisione n° 701/1995 della V Sezione giurisdizionale del Consiglio di Stato**

Esclusiva competenza del geologo per la relazione geologica La competenza del geologo anche per la relazione geotecnica.

- **Legge 11 febbraio 1994, n. 109 - (MERLONI TER)**

Legge quadro in materia di lavori pubblici.

- **Parere Ministero Lavori Pubblici, 17 dicembre 1993, N. 138**

Consiglio Superiore, Assemblea Generale

Legge 2 febbraio 1974 n.64 - Decreto Ministeriale 11 marzo 1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e stabilità delle opere di fondazione. Relazione geologica e geotecnica. Competenze professionali.

- **Decreto Ministero dei Lavori Pubblici 11 Marzo 1988**

- **Circolare Ministero Lavori Pubblici, 24 Settembre 1988, N. 30483**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione.

- **Legge 8 agosto 1985, n. 431 - (Galasso)**

Conversione in legge con modificazioni del Decreto Legge 27 giugno 1985, n. 312 concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale.

- **Legge 2 febbraio 1974, n. 64**

Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

- **R.D. 16 maggio 1926 n°1126**

Approvazione del regolamento per l'applicazione del regio decreto 30 dicembre 1923, n. 3267, concernente il riordinamento e la riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani.

- **R.D. 30 dicembre 1923 n°3267**

Vincolo idrogeologico: "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e di terreni montani."

## NORME REGIONALI

- **D.E.R. n°1105 del 03 febbraio 2014**

Indicazioni sulla documentazione tecnica da produrre a supporto della richiesta di contributi per interventi di consolidamento di terreno di fondazione in caso di riparazione, ripristino con miglioramento sismico o demolizione e ricostruzione di edifici dichiarati inagibili che abbiano riportato danni da liquefazione, a seguito della sequenza sismica che ha interessato la pianura emiliana nel maggio-giugno 2012.

- **L.R 23/05/2011 del 687/2011**

- Atto di indirizzo recante individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti, riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere sostanziale e definizione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico necessaria per il rilascio del permesso di costruire e per la denuncia di inizio attività, ai sensi degli articoli 9, comma 4, e 10, comma 3 della L.R. n. 19 del 2008.

- **Delibera dell'Assemblea legislativa progr. n°112 - oggetto n°3121 del 2 maggio 2007**

Gli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica.

- **Delibera GR n°1117 del 11/07/2000**

Direttiva regionale concernente le procedure amministrative e le norme tecniche relative alla gestione del vincolo idrogeologico, ai sensi ed in attuazione degli artt. 148, 149, 150 e 151 della L.R. 21 aprile 1999, n. 3 "Riforma del sistema regionale e locale".

- **L.R. 24 marzo 2000 n°20**

Disciplina generale sulla tutela e uso del territorio.

- **Delibera n. 2193 del 21 dicembre 2015**

Aggiornamento degli indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna.

Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

## **RELAZIONE GEOLOGICA SULLE INDAGINI - CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICA DEL SITO**

### **INQUADRAMENTO GEOLOGICO E STRUTTURALE**

La zona esaminata appartiene al bacino subsidente Pliocenico Quaternario della Pianura Padana costituito da un'ampia depressione a stile compressivo formata, negli orizzonti più recenti da depositi pliocenico quaternari. Questi ultimi, in base ai dati *AGIP MINERARIA (1986)*, sono suddivisi, a loro volta, in formazioni del Quaternario Continentale nei primi 350 m del sottosuolo e del Quaternario Marino circa da 350 m a 1050 ÷ 1200 m.

Tali unità geologiche sovrastano le formazioni pre-quaternarie che nel sottosuolo di Nonantola sono caratterizzate dalla presenza delle Pieghie Romagnole e qui costituiscono la sinclinale Reggio Emilia – Modena – Bologna, nella quale la profondità del substrato prepliocenico si colloca mediamente tra - 5.000 e -8.000 m dal piano campagna.

Detti approfondimenti maggiori di - 7.000 ÷ - 8.000 m p.c si rinvencono nel sottosuolo dell'area all'intorno di Nonantola; procedendo verso settentrione tale complesso tettonico passa alla regione delle Pieghie Ferraresi con contatto per faglia inversa.

I depositi alluvionali che formano i primi 250 ÷ 400 m del sottosuolo sono costituiti da ripetitive sequenze di livelli sostanzialmente argilloso limosi ai quali si intercalano lenti sabbiose di modesto spessore contraddistinte da una spiccata lenticolarità ed una sensibile discontinuità laterale. Detti caratteri e le componenti granulometriche e litologiche degli orizzonti sabbiosi attribuiscono la successione descritta all'Unità Idrogeologica della Media Pianura Padana Appenninica, formata dagli apporti distali dei fiumi appenninici.

Superati i depositi alluvionali più superficiali si riscontrano orizzonti argilloso sabbiosi - sabbioso argillosi, contenenti macrofossili e livelli torbosi, permeati da acque dolci sino a -600 ÷ -640 m dal piano campagna, quota alla quale compaiono le acque salmastre.

### **INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

Il territorio in oggetto appartiene alla Fascia della Media Pianura Padana Appenninica costituitasi tra i conigli alluvionali pedeappenninici ed il settore francamente dominato dal Po.

L'assetto geomorfologico dell'area studiata è legato alle passate vicende del fiume Panaro che ha caratterizzato la zona con sequenze formate da alternanze prevalentemente limoso argillose – limoso sabbioso argillose alle quali si intercalano nelle fasce territoriali meridionali (5 ÷ 6 Km a sud) orizzonti ghiaioso sabbiosi di spessore variabile ed a spiccata struttura lentiforme. Dette unità tendono ad essere sostituite da corpi sabbiosi che diminuiscono in spessore ed in percentuale rappresentata con l'aumento



Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

della profondità procedendo in verso settentrionale, sino a ridursi a sottili unità acquifere, intercalate a potenti sequenze argillose pochi km (2 ÷ 4) a nord del capoluogo.

L'attuale assetto geomorfologico territoriale consegue dalle passate vicende fluviali del torrente precedentemente indicato, che unitamente all'azione dell'uomo: bonifiche, canalizzazioni, riporti, ecc, hanno portato ad una conformazione pianeggiante con ondulazioni più o meno accentuate in senso ovest est.

In particolare, l'area studiata si ubica circa 200 m ad ovest di un paleoalveo, estendentesi tra Gaggio e Nonantola, seguendo inizialmente un allineamento sud-nord, per poi assumere direzione sud ovest – nord est, dopo il capoluogo, ricalcando l'andamento dell'attuale corso del Canal Torbido.

I litotipi formanti i primi 12 m dal piano campagna sono costituiti da alternanze argilloso limose intercalate a unità limose – limoso sabbiose, localmente sabbiose. Tali depositi sono attribuibili alle sequenze sedimentarie di terminazione laterale di paleoalveo, concordando con le evidenze geomorfologiche testè descritte.

Nell'ambito dell'attuale integrazione di indagine, il livello del battente idrico sotterraneo si è rinvenuto alle profondità di -2,5 m p.c.

Il livello di equilibrio della falda freatica al momento delle prime prove effettuate, Aprile 2009, si è rilevato nei fori di sondaggio geognostici, mediamente da - 0,7 ÷ - 1,1 m dal piano campagna esistente, attribuibile ad un intenso periodo di precipitazioni meteoriche.

Gli strumenti programmatici territoriali individuano una soggiacenza media del livello idrico freatico pari a:

$$\Delta H_2O = -1,5 \div -2,0 \text{ m p.c.}$$

## **ESONDABILITÀ E AREE A DIFFICOLTOSO DRENAGGIO**

La zona in esame non presenta eventi esondanti; il territorio in oggetto, secondo la *Tavola 2.3.1 Rischio Idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica* del PTCP di Modena, è classificato come area depressa a rapido scorrimento, ad elevata criticità idraulica. In ragione di ciò, si consiglia di elevare i piani di calpestio degli edifici a quote almeno pari a quelle dei principali assi di viabilità.

## **VULNERABILITÀ ALL'INQUINAMENTO DEGLI ACQUIFERI**

Il primo sottosuolo dell'area in esame è caratterizzato dalla presenza di litotipi argillosi a bassa permeabilità; altresì, l'area è contraddistinta da una soggiacenza della falda freatica pari a -0,7 ÷ 1,1 m p.c.

La zona di studio presenta quindi vulnerabilità all'inquinamento medio elevata: in tal senso, è opportuno che nelle fasi di urbanizzazione sia prevista l'adozione di idonei presidi ambientali al fine di evitare rilasci di inquinanti sul suolo.

Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

## SUCCESSIONE LITOMECCANICA

Allo scopo di determinare le caratteristiche fisico meccaniche del sottosuolo, sono state eseguite sei prove penetrometriche statiche CPT; i punti indagati sono ubicati come nella planimetria Tav. 4 ed i relativi risultati appaiono visualizzati negli allegati: *diagrammi penetrometrici*. In base al rapporto di Begemann ottenuto dall'esecuzione della penetrometria statica si è riconosciuta, dall'alto in basso rispetto alla quota del piano cortilivo, la successione litostratigrafico - meccanica di seguito descritta.

### Successione litomeccanica

Da p.c. a - 3,2 ÷ - 3,8 m p.c.	Superato lo strato di terreno agrario e/o rimaneggiato superficiale dello spessore medio di 0,8 ÷ 1,0 m, a prevalente componente limoso argillosa, talora limoso sabbiosa, si riscontra la presenza di litotipi prevalentemente argillosi, con sottili intercalazioni argilloso limosi; detti depositi sono caratterizzati da valori di resistenza alla punta di $q_{cm} = 12 \div 18 \text{ kgf/cmq}$ ; i valori di resistenza all'attrito laterale locale oscillano tra $f_{sm} = 0,6 \div 1,3 \text{ kgf/cmq}$ .
Da - 3,2 ÷ - 3,8 m a - 9,6 ÷ - 10,8 m p.c.	Alternanze prevalentemente limoso argillose, limoso e limoso sabbiose, con sottili intercalazioni argilloso limose e limoso torbose e presenza di corpi sabbiosi che incrementano tendenzialmente in direttrice meridionale; i valori di resistenza alla punta sono compresi tra $q_{cm} = 6 \div 16 \text{ kgf/cmq}$ , con medio massimi pari a $q_{cm} = 26 \div 40 \text{ kgf/cmq}$ in corrispondenza degli orizzonti francamente sabbiosi; i valori di resistenza ad attrito laterale locale oscillano tra $f_{sm} = 0,3 \div 0,7 \text{ kgf/cmq}$ .
Da - 9,6 ÷ - 10,8 a - 11,6 ÷ - 12,0 m p.c.	Orizzonte argilloso e argilloso limoso, con componente argillosa che si arricchisce verso il basso, contraddistinto da resistenza alla punta pari a $q_{cm} = 15 \div 25 \text{ kgf/cmq}$ e da resistenza ad attrito laterale corrispondente a $f_{sm} = 0,7 \div 1,4 \text{ kgf/cmq}$ .
Da - 11,6 ÷ - 12,0 a - 13,0 ÷ - 13,4 m p.c.	Termini prevalentemente argilloso limosi e limoso argillosi, a grado di consistenza relativo inferiore rispetto agli orizzonti soggiacenti e sottostanti, caratterizzato da valori di $q_{cm} = 10 \div 12 \text{ kgf/cmq}$ e da $f_{sm} = 0,6 \div 0,8 \text{ kgf/cmq}$ .
Da - 13,0 ÷ - 13,4 a - 15,8 ÷ - 16,0 m p.c.	Argille e argille limosi a medio elevato grado di consistenza, contraddistinte da resistenza alla punta pari a $q_{cm} = 16 \div 30 \text{ kgf/cmq}$ e da resistenza ad attrito laterale corrispondente a $f_{sm} = 1,2 \div 2,3 \text{ kgf/cmq}$ .
Da - 15,8 ÷ - 16,0 a - 20,0 m p.c.	Alternanze argilloso limose, limoso argillose e limose, presentanti valori di $q_{cm} = 14 \div 26 \text{ kgf/cmq}$ e da $f_{sm} = 0,7 \div 1,4 \text{ kgf/cmq}$ .

## MODELLO GEOLOGICO

I litotipi formanti i primi 20 m dal piano campagna sono costituiti da alternanze argilloso limose intercalate a unità limose – limoso sabbiose, localmente sabbiose. Tali depositi sono attribuibili alle sequenze sedimentarie di terminazione laterale di paleoalveo, concordando con le evidenze geomorfologiche testè descritte.

<b>Borsari spa</b>	<b>Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica</b>	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
--------------------	--	--

## **PERICOLOSITÀ GEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA DELL'AREA**

Dal punto di vista geologico e geomorfologico, alle attuali condizioni al contorno, il sito si presenta in condizioni di stabilità e sicurezza.

Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

## RELAZIONE SULLA PERICOLOSITA' SISMICA DELL'AREA – RISPOSTA SISMICA LOCALE

### INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

Le coordinate geografiche (**ellissoide ED50**) relative circa al centro dell'area d'intervento corrispondono a:

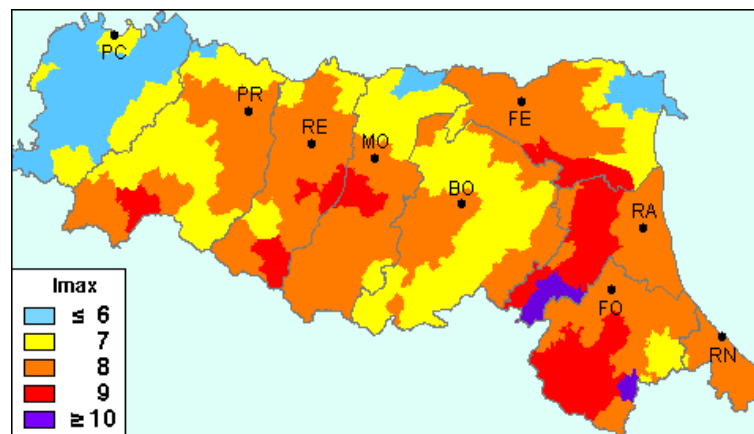
**11,05418 ÷ 44,69485**

(utilizzate per il calcolo dell'azione sismica – DM 14-01-08)

### STORIA SISMICA DEL SITO

Nell'ambito territoriale a cui appartiene il comune di Nonantola, il *Catalogo Parametrico dei terremoti di area italiana NT4.1* (Camassi e Stucchi, 2004) documenta eventi sismici giungenti al 7° ÷ 8° grado della Scala Mercalli – Cancani – Sieberg, con intensità variabile tra  $M = 4,8 \div 5,2$ .

Le elaborazioni relative alle caratteristiche di attività delle strutture tettoniche sepolte, visualizzate nella *Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna* (M.Boccaletti, L.Martelli; 2004) evidenziano la presenza di sovrascorrimenti e faglie interessate da movimenti attivatisi in periodi recenti (Pliocene – pleistocene inf.;  $1,72 \div 0,12$  Ma) che coinvolgono il sottosuolo dell'ambito areale a cui appartengono Modena – Soliera, Nonantola, S.Agata B.se, S.Giovanni in Persiceto (BO).



**Zonazione sismica della RER sulla base della scala MCS.**

Nell'ambito a cui appartiene il territorio comunale di Nonantola, il Database Macrosismico DBMI04, utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04 (Gruppo di lavoro CPTI, 2004 – INGV, Bologna) sono documentati gli eventi sismici di seguito riportati:

Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

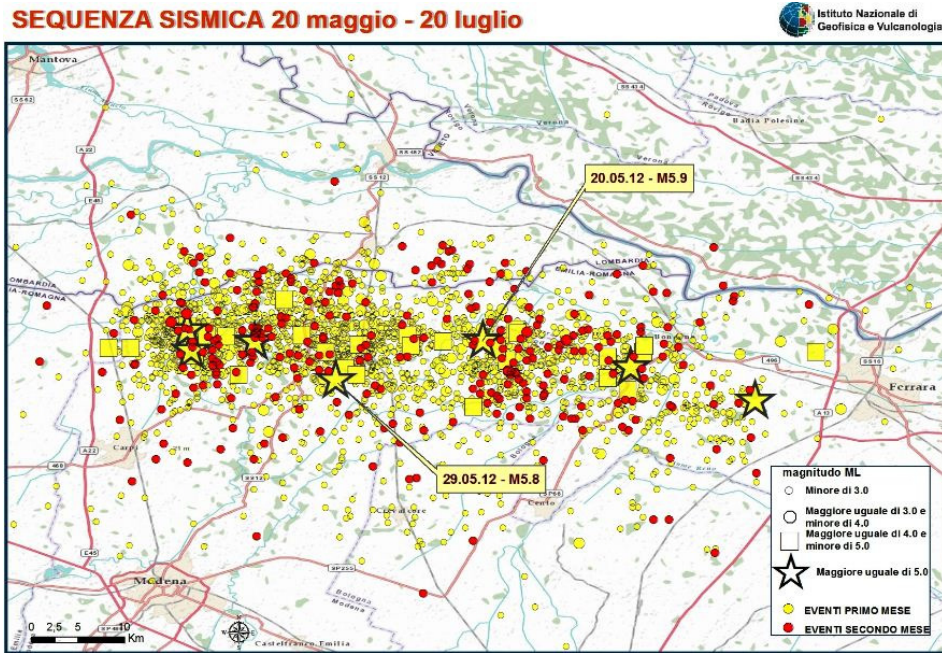
**Storia sismica di Nonantola (MO)**  
**Osservazioni disponibili: 27**

Effetti	In occasione del terremoto:			
Is	Anno Me Gi Or Mi Se	AE	Io	Mw
D	<a href="#">1117 01 03 13</a>	Veronese	9-10	6.49
5-6	<a href="#">1671 06 20</a>	RUBIERA	7	5.34
5-6	<a href="#">1983 11 09 16 29 52</a>	Parmense	6-7	5.10
5	<a href="#">1832 03 13 03 30</a>	Reggiano	7-8	5.59
5	<a href="#">1873 05 16 19 35</a>	REGGIANO	6-7	5.13
5	<a href="#">1909 01 13 45</a>	BASSA PADANA	6-7	5.53
5	<a href="#">1914 10 27 09 22</a>	GARFAGNANA	7	5.79
5	<a href="#">1996 10 15 09 55 60</a>	CORREGGIO	7	5.44
4-5	<a href="#">1873 06 29 03 58</a>	Bellunese	9-10	6.33
4	<a href="#">1901 10 30 14 49 58</a>	Salo'	8	5.67
4	<a href="#">1904 02 25 18 47 50</a>	Reggiano	6	5.13
4	<a href="#">1916 05 17 12 50</a>	Alto Adriatico	8	5.85
4	<a href="#">1916 08 16 07 06 14</a>	Alto Adriatico	8	5.92
4	<a href="#">1923 06 28 15 12</a>	FORMIGINE	6	5.21
4	<a href="#">1937 12 10 18 04</a>	APPENNINO MODENESE	6-7	5.42
F	<a href="#">1875 03 17 23 51</a>	Romagna sud-orient.	8	5.74
F	<a href="#">1957 08 27 11 54</a>	ZOCCA	6	5.06
3	<a href="#">1915 01 13 06 52</a>	AVEZZANO	11	6.99
3	<a href="#">1998 03 26 16 26 17</a>	APPENNINO UMBRO-MARCHIGIANO	6	5.33
2-3	<a href="#">1986 12 06 17 07 19</a>	BONDENO	6	4.56
2	<a href="#">1931 06 10 17 02</a>	MODENESE	4	4.84
NF	<a href="#">1898 01 16 12 10 05</a>	Romagna settent.	6-7	5.03
NF	<a href="#">1904 11 17 05 02</a>	PISTOIESE	7	5.18
NF	<a href="#">1909 08 25 22</a>	MURLO	7-8	5.40
NF	<a href="#">1965 11 09 15 35</a>	ALTA V. SECCHIA	5	5.01
NR	<a href="#">1522 10 05 08</a>	CREMONA	5-6	4.63
NR	<a href="#">1547 02 10 13 20</a>	Reggio Emilia	7	5.21

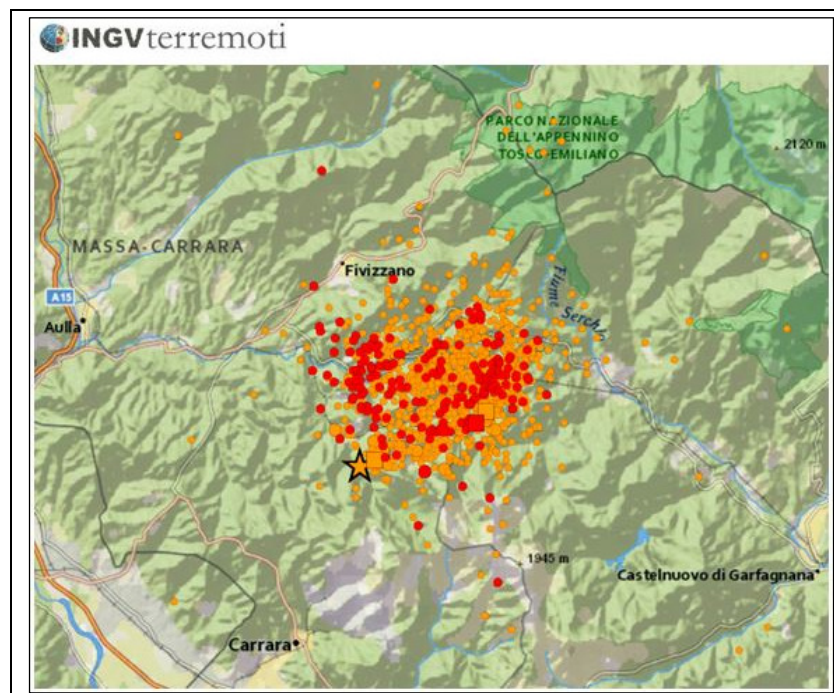
**Storia sismica del comune di Nonantola.**

A detti dati vanno aggiunti quelli relativi ai recenti eventi sismici, datati 20/05/2012 e 29/05/2012 che hanno presentato intensità pari a MW = 5.8 ÷ 5.9, la cui distribuzione areale è presentata nella figura seguente.

Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--



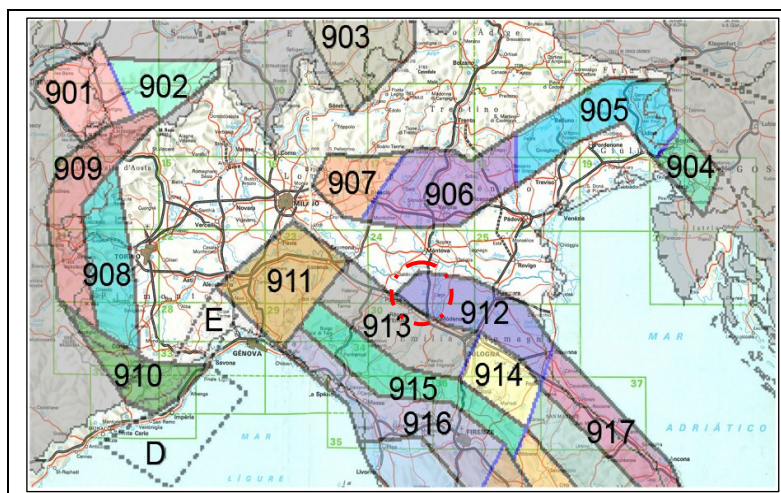
L'ultima sequenza sismica significativa rilevata dai sismografi che ha coinvolto il centro – nord Italia è stata quella che ha coinvolto la Lunigiana e la Garfagnana nel Giugno – Luglio 2013; l'evento principale, datato 21/06/2013, ha presentato intensità pari a MW = 5.2.



Gli epicentri sismici verificatisi nel territorio in analisi hanno origine, nella maggior parte dei casi, nei primi 15 ÷ 25 km del sottosuolo evidenziando la prevalenza di un'attività sismogenetica di tipo superficiale.

Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgente a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da I.N.G.V. (2003), attribuisce l'ambito territoriale in oggetto alla zona sismogenetica 912. La componente cinematica principale che regola la distribuzione degli sforzi all'interno di suddetta fascia è di tipo compressivo (prevalentemente *thrust*) legata all'accavallamento delle propaggini del fronte appenninico sepolto sotto i sedimenti della pianura padana.



Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004).

### CLASSE DELL'OPERA: AZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

L'intervento in progetto è caratterizzato dalla seguente classe d'opera e dai relativi parametri di definizione dell'input sismico.

	Classe	II
Vita nominale	Vn	50 anni
Coefficiente d'uso	Cu	1,0
Vita di riferimento	Vr	50 anni

### IDENTIFICAZIONE CATEGORIA SUOLO DI FONDAZIONE

I dati acquisiti dalle rilevazioni effettuate, denotano che i primi 30 m del sottosuolo, sottostanti la probabile quota di incastro delle fondazioni, sono contraddistinti dalle velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$ , profondità e spessori, come riportato nella seguente tabella:

Orizzonte sismostratigrafico	Profondità da p.c. [m]	Spessore medio [m]	$V_s$ [m/sec]
1	1,5 ÷ 5,7	4,2	200
2	5,7 ÷ 14,4	8,7	130
3	14,4 ÷ 31,5	17,1	230

La definizione del valore  $V_{s30}$  si è determinata mediante la relazione:

Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

$h_i$  = spessore dello strato iesimo, m

$v_i$  = velocità onde di taglio strato iesimo, m/sec

ottenendo:

$$V_{s30} = 185 \text{ m/sec}$$

**Categoria C:** Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT,30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u,30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

Tale categoria è stata assegnata nell'ambito dei lavori di progettazione del piano particolareggiato in prima stesura.

Il valore della  $a_g$  di riferimento riportato nell'allegato A4 della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n° 112/2007, corrisponde, per il comune di Nonantola, a:

$$a_{gref} = 0,160g$$

## FATTORE DI AMPLIFICAZIONE

Le caratteristiche geologiche dell'unità sono definibili nell'insieme, dal punto di vista sismostratigrafico, come un ammasso omogeneo; perciò si può assumere che le sollecitazioni correlate agli effetti sismici inducano velocità di propagazione delle onde di taglio praticamente di tipo costante.

In riferimento allo spessore ed omogeneità di detti materiali, si è determinato il valore di incremento della intensità sismica locale, mediante la relazione di Housner:

$$\Delta a = \int_{T_1}^{T_2} PSV dt$$

dove:

$\Delta a$  = fattore di amplificazione; PSV = spettro di risposta in velocità

In occasione di sollecitazione sismica, la successione sismostratigrafica può essere interessata dai seguenti fattori di amplificazione:

$$F_a \text{ PGA} = 1,5$$

$$F_a \text{ IS } (0,1 < T_0 < 0,5) = 1,8$$

$$F_a \text{ IS } (0,5 < T_0 < 1) = 2,5$$

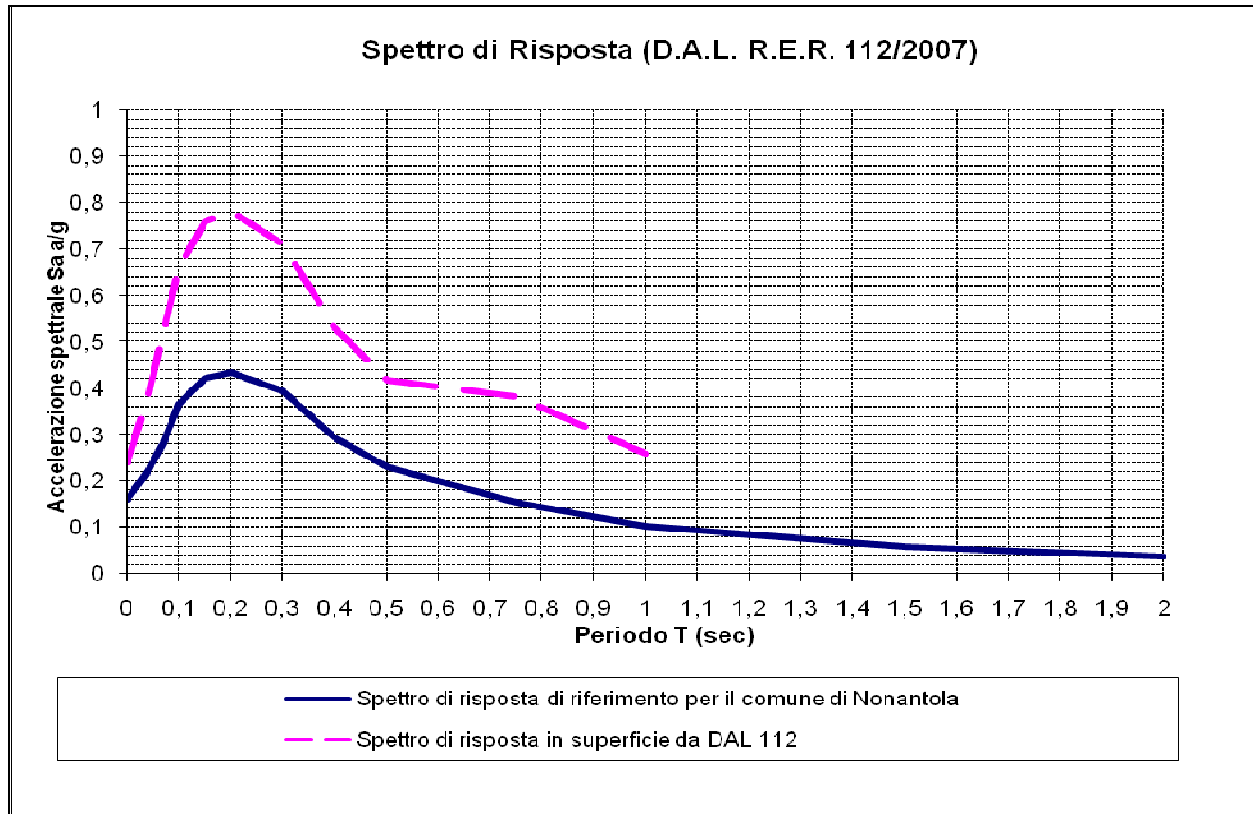
con un valore dell'accelerazione al suolo di riferimento pari a:

$$a_g = 0,160g$$



Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

Lo spettro di risposta del bedrock sismico o suolo A, di riferimento per i valori di FA sopra indicati, è visualizzato nella seguente figure. Nella medesima è inoltre visualizzato lo spettro di risposta sismica locale, riferito ai suddetti valori di FA IS, secondo i parametri esposti nell'Allegato A2.1.2 della D.A.L. 112/2007.



## ANALISI SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE

Per il comparto in esame, si è eseguita una verifica a suscettibilità alla liquefazione in riferimento al metodo di *Robertson & Wride* (Modificato Idriss, 1998), utilizzando un foglio di calcolo direttamente realizzato che definisce la suscettività alla liquefazione in rapporto ai valori di  $q_c$  ed alla sollecitazione tangenziale ciclica. Detta analisi è stata effettuata considerando l'assenza di manufatti poiché questa è la configurazione più sfavorevole per il rischio di liquefazione.

**In ragione delle analisi contenute negli studi di micro zonazione sismica del territorio comunale, si è proceduto all'esecuzione di due nuove prove CPT che raggiungessero la profondità di – 20 m dal p.c.**

Il coefficiente di sicurezza alla liquefazione è stato determinato mediante la relazione:

$$FSL = \frac{CRR_{7.5}}{CSR} \cdot MSF$$

dove:

**FSL** = coefficiente di sicurezza

<b>Borsari spa</b>	<b>Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica</b>	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
--------------------	--	--

$$CRR = 93 \cdot \left[ \frac{(qc_{ln})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0.08$$

ove:

$(qc_{ln})_{cs}$  = valore resistenza alla punta normalizzato, funzione di CF (%componenti fini) e di K, funzione di IC (indice del tipo di terreno); kPa

$$CSR = \frac{\tau_d}{\sigma'_0} = 0,65 \frac{A}{g} \frac{\sigma_0}{\sigma'_0} (1 - 0,00765z)$$

ove:

$\tau_d$  = tensione tangenziale ciclica

$\tau_e$  = resistenza del terreno

$\sigma_0$  = tensione verticale totale

$\sigma'_0$  = tensione verticale efficace

$A/g$  = valore di accelerazione, equivalente a 0,15 per S6.

$z$  = profondità dello strato

$\Delta nf$  = coefficiente funzione del contenuto in materiali fini

$CRR_{7,5}$  = capacità di resistenza ciclica riferita a  $M = 7,5$

**MSF** = fattore di magnitudo riferito all'intensità attesa in sito.

Il modello di calcolo elabora gli intervalli potenzialmente suscettibili alla liquefazione in relazione al contenuto di materiali fini, restituendo i coefficienti di sicurezza sulla verticale della prova penetrometrica.

$I_L$	Rischio liquefazione
$I_L = 0$	Nulla
$0 < I_L \leq 2$	Basso
$2 < I_L \leq 5$	Moderato
$5 < I_L \leq 15$	Alto
$I_L > 15$	Molto alto

[Sonmez, 2003]

Le verifiche a liquefazione sono state condotte applicando una magnitudo pari a  $M_w = 6,14$  e simulando la presenza di battente idrico sotterraneo come riscontrato direttamente al momento dell'esecuzione delle indagini penetrometriche.

A corredo, si riportano le verifiche a liquefazione meno cautelative, nella prima fase di indagine.

CPT	$I_L$
CPT3	1,961
CPT5	3,281

Di seguito si presentano le verifiche a liquefazione relative alla seconda fase di indagine.

<b>Borsari spa</b>	<b>Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica</b>	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
--------------------	--	--

CPT	I <sub>L</sub>
CPT1/16	0,000
CPT2/16	0,024

Le caratteristiche litotecniche dei materiali rilevati evidenziano, infine, che i terreni che formano il primo sottosuolo presentano un rischio di liquefazione variabile tra basso nullo e moderato; infatti, per la verticale di indagine CPT5 si è riscontrato un indice di liquefazione pari I<sub>L</sub> pari a 3,281.

Seppure i codici di calcolo restituiscano un indice di potenziale liquefazione moderato, in occorrenza degli eventi sismici del Maggio - Giugno 2012 non sono stati registrati episodi di liquefazione.

Si rimanda allo studio esecutivo l'analisi dettagliata del potenziale di liquefazione ed, eventualmente, l'utilizzo di sistemi di consolidamento del terreno.

### **FREQUENZA PRIMARIA TERRENI DI FONDAZIONE**

L'acquisizione effettuata con sismometro SR04MT/S3, è stata eseguita campionando il segnale a 100 Hz per una durata di circa 30 minuti.

Tali dati sono stati elaborati con la tecnica HVSR (*Horizontal to Vertical Spectral Ratio o metodo di Nakamura*); i risultati riportati nell'allegata scheda "Indagine HVSR".

Dall'esame dei dati si evidenzia un picco di amplificazione di primo ordine corrispondente a:

$$f_0 = 0,9 \text{ Hz}$$

equivalente ad un periodo T<sub>0</sub> = 1,11 s.

In fase progettuale, si dovrà appurare che non si verifichino fenomeni di doppia risonanza, in funzione dei periodi di vibrazione sopra esposti.

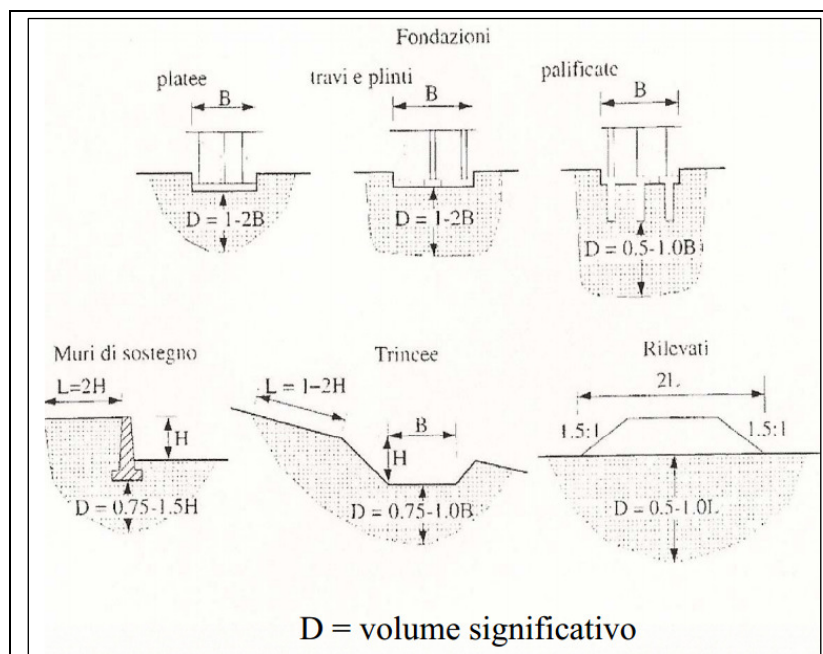
Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

## RELAZIONE GEOTECNICA SULLE INDAGINI - MODELLAZIONE GEOTECNICA DEL SITO

### VOLUME SIGNIFICATIVO E PIANO DI INDAGINE

Le attuali norme vigenti in materia di costruzioni prevedono che sia indagata la porzione di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione dell'opera e che influenza l'opera stessa. Tale orizzonte è definito volume significativo e al suo interno si sviluppano e si dissipano le pressioni esercitate dalla struttura.

In relazione alla scelta della tipologia fondale e del piano di posa, la forma e le dimensioni del volume significativo possono subire delle variazioni, a tratti anche significative, come evidenziato nella figura seguente.



**Identificazione del volume significativo.**

In relazione alle caratteristiche progettuali dell'opera, si è previsto l'esecuzione n°6 verticali di indagine penetrometrica (nello specifico, 6 CPT), protratte sino a profondità variabili tra -12 m ; il piano di lavoro descritto, unitamente allo studio geofisico, risponde alle richieste normative.

### SUCCESSIONE GEOTECNICA - ANALISI GEOMECCANICA DEI TERRENI

Per quanto riguarda l'analisi geomeccanica dei dati ottenuti dalle prove penetrometriche statiche, si sono ricavati i valori della coesione non drenata,  $c_u$ , dalla relazione di *Begemann*, l'angolo d'attrito interno, in termini di tensioni efficaci,  $\phi'$ , da quella di *L'Herminier*, il grado di consolidazione dalla relazione di *Ladd* e il modulo edometrico dalla relazione di *Mitchell e Gardner*.

Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

Il coefficiente di Poisson,  $\nu$ , si è ricavato da correlazioni empiriche tra velocità di propagazione delle onde sismiche e valori di resistenza penetrometrica, il modulo elastico da correlazioni tra  $E_d$ ,  $E$  e  $\nu$ , il coefficiente di Winkler,  $k$ , dalle equazioni di Bowles, modificate da evidenze sperimentali direttamente ricavate.

L'analisi è stata effettuata in termini statistici secondo il D.M. 14/01/2008 (si veda allegato "Analisi statistica dati penetrometrici"), ricavando i valori caratteristici di resistenza alla punta, di attrito laterale locale per ognuna delle unità individuate e quindi estrapolando i parametri geotecnici di seguito evidenziati.

### Successione geotecnica - Fase di Fattibilità

Unità geotecnica	Parametri geotecnici
<b>UGT1:</b> <b>da p.c. a – 1,0 ÷ – 3,0 m p.c.</b> Argille e argille limose a medio grado di compressibilità.	$c' = 0,10 \div 0,15 \text{ kgf/cmq.}$ $c_u = 0,45 \div 0,65 \text{ kgf/cmq.}$ $\phi' = 24^\circ \div 25^\circ$ $\gamma_n = 0,0019 \text{ kgf/cm}$ $E_d = 75 \div 88 \text{ kgf/cmq}$
<b>UGT2</b> <b>da – 3,0 ÷ a – 10,0 m p.c.</b> Alternanze limoso argillose e limose, con intercalazioni argilloso limose, limoso sabbiose e sabbiose, a grado di compressibilità medio elevato – elevato.	$c' = 0,05 \div 0,10 \text{ kgf/cmq}$ ( $c' = 0,00 \text{ kgf/cmq}$ per sabbie) $c_u = 0,25 \div 0,40 \text{ kgf/cmq}$ ( $c_u = 0,00 \text{ kgf/cmq}$ per sabbie) $\phi' = 22^\circ \div 25^\circ$ ( $\phi' = 29^\circ \div 30^\circ$ per sabbie) $\gamma_n = 0,0019 \div 0,0020 \text{ kgf/cm}$ $E_d = 39 \div 68 \text{ kgf/cmq}$ ( $E_d = 87 \div 105 \text{ kgf/cmq}$ per sabbie)
<b>UGT3</b> <b>Da – 10,0 a – 11,5 m p.c. m p.c.</b> Orizzonte argilloso e argilloso limoso, grado di compressibilità medio basso.	$c' = 0,10 \div 0,15 \text{ kgf/cmq.}$ $c_u = 0,45 \div 0,65 \text{ kgf/cmq.}$ $\phi' = 24^\circ \div 25^\circ$ $\gamma_n = 0,00195 \div 0,0020 \text{ kgf/cm}$ $E_d = 72 \div 77 \text{ kgf/cmq}$
<b>UGT4</b> <b>Da – 11,5 a – 13,0 m p.c. m p.c.</b> Orizzonte argilloso limoso e limoso argilloso, grado di compressibilità medio.	$c' = 0,08 \div 0,12 \text{ kgf/cmq.}$ $c_u = 0,35 \div 0,45 \text{ kgf/cmq.}$ $\phi' = 22^\circ \div 23^\circ$ $\gamma_n = 0,00192 \div 0,00195 \text{ kgf/cm}$ $E_d = 52 \div 57 \text{ kgf/cmq}$
<b>UGT5</b> <b>Da – 13,0 a – 16,0 m p.c. m p.c.</b> Argille e argille limose a grado di compressibilità basso.	$c' = 0,15 \div 0,18 \text{ kgf/cmq.}$ $c_u = 0,65 \div 0,90 \text{ kgf/cmq.}$ $\phi' = 24^\circ \div 25^\circ$ $\gamma_n = 0,00198 \div 0,00202 \text{ kgf/cm}$ $E_d = 82 \div 97 \text{ kgf/cmq}$
<b>UGT6</b> <b>Da – 16,0 a – 20,0 m p.c. m p.c.</b> Alternanze argilloso limose, limoso argillose e limose a grado di compressibilità medio.	$c' = 0,10 \div 0,12 \text{ kgf/cmq.}$ $c_u = 0,40 \div 0,60 \text{ kgf/cmq.}$ $\phi' = 23^\circ \div 25^\circ$ $\gamma_n = 0,00193 \div 0,00195 \text{ kgf/cm}$ $E_d = 61 \div 69 \text{ kgf/cmq}$

Ove:  $c_u$  = coesione non drenata,  $c'$  = coesione drenata;  $\phi'$  = angolo di attrito efficace,  $D_r$  = densità relativa;  $\gamma_n$  = peso dell'unità di volume;  $E_d$  = modulo edometrico,

In fase esecutiva, alla luce di nuove indagini di dettaglio, saranno da valutare i parametri geotecnici caratteristici.

Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

## TIPOLOGIA E PIANO DI POSA FONDALE

Dall'analisi dei parametri geognostici riscontrati nel sottosuolo dell'area in esame, risulta possibile l'adozione di fondazioni dirette, nel caso non siano applicati al suolo carichi eccessivi.

Il piano di appoggio fondale dovrà posto ad una profondità minima, rispetto all'attuale piano campagna, pari a:

$$D = - 1,20 \div -1,40 \text{ m}$$

In relazione alle particolari caratteristiche del primo sottosuolo, contraddistinto sovente da sensibile variabilità litologica laterale, è consigliabile la presenza di un tecnico abilitato, in fase di scavo e messa alla luce dei piani di posa fondali, al fine di verificare le caratteristiche litologiche e geomeccaniche dei materiali affioranti e di certificare l'analogia di queste ai dati presentati in tale documento.

### CAPACITA' RESISTENTE DEI TERRENI (D.M. 14/01/2008)

La valutazione del carico ammissibile sui terreni é funzione del tipo di variabilità verticale e laterale del grado di compressibilità dei litotipi caratterizzanti il sottosuolo. Ne consegue che il carico da trasmettere ai terreni di sottofondazione deve determinare cedimenti totali e differenziali contenuti nel limite di accettabilità per le strutture in elevazione.

Sempre nel contesto di quanto esposto, le tensioni trasmesse dovranno rientrare nel campo delle reazioni delle terre di tipo elastico - elastoplastico.

Per il calcolo del carico ammissibile sul terreno si é utilizzata la relazione di Meyerhof, relativamente alle penetrometrie statiche CPT:

$$q_a = q_c / f$$

dove:

$q_a$  = carico ammissibile sui terreni in kgf/cmq

$q_c$  = valore della resistenza alla punta in kgf/cmq

$f$  = fattore di sicurezza funzione delle caratteristiche del penetrometro usato e della punta con cui si é attrezzato lo stesso, del rapporto D/B e cioè tra profondità del piano di posa e larghezza della fondazione.

Nel caso le strutture in progetto non trasmettano tensioni al suolo di notevole intensità, in funzione delle prospezioni geognostiche e delle indagini di carattere geofisico, risultano, in fase di fattibilità geologica, i carichi ammissibili di seguito riportati:

Settore	Profondità piano di posa D = cm p.c.	Carico ammissibile $q_a = \text{kgf/cmq}$
Area nord occidentale – Cpt1, Cpt6, Cpt1/16	120 ÷ 140	0,90
Area nord orientale – Cpt2,	120 ÷ 140	0,85
Area sud orientale – Cpt3, Cpt4	120 ÷ 140	0,75
Area sud occidentale – Cpt5, Cpt2/16	120 ÷ 140	0,95

Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

Il calcolo del valore della capacità portante unitaria è stato calcolato per la struttura principale, sia agli stati ammissibili sia agli stati ultimi, per fondazioni dirette con solette a comportamento poco flessibile, si è eseguito utilizzando la relazione di *Terzaghi*, integrata dai coefficienti di *Hansen*:

$$q_d = c\delta_c N'c + q_0\delta_q N'q + \delta_\gamma \frac{1}{2}\gamma B N'\gamma$$

dove:

$N'c$ ,  $N'q$ ,  $N'\gamma$  = coefficienti di capacità portante in funzione di  $\phi$ . Si adottano i valori  $N'$  in rapporto al tipo di compressibilità dei litotipi riscontrati.

$\delta_c$ ,  $\delta_q$ ,  $\delta_\gamma$  = coefficienti in forma funzione del rapporto  $B/L$

$q_0$  = peso efficace del terreno al piano di incastro della fondazione e che contribuisce alla resistenza in relazione al carico laterale dei terreni in kgf/cm<sup>2</sup>

$\gamma$  = peso di volume del terreno in kgf/cm<sup>3</sup>

$c$  = coesione del terreno in kgf/cm<sup>2</sup>

$B$  = larghezza della fondazione in cm

$L$  = lunghezza della fondazione in cm

I valori sono stati determinati in riferimento allo spessore di terreno sottostante le opere fondali coinvolto dall'involuppo di spirale logaritmica delle sollecitazioni generate dal cuneo di penetrazione delle fondazioni nel contesto dell'insieme opera – terreno e sono presentati negli allegati fogli “*Verifica al collasso terreno fondazione*”.

In riferimento ai dettami del DM 14/01/08, si è determinato, in via preliminare, la resistenza  $R$  del terreno di fondazione allo stato limite ultimo (SLU) adottando i parametri previsti nella tab. 6.2.II – combinazioni di coefficienti parziali  $M1$ , che riducono i parametri geotecnici.

In presenza di sollecitazione sismica sono stati indicativamente determinati i valori di resistenza del terreno allo stato limite di salvaguardia della vita (SLV), tenendo conto degli effetti cinematici ed inerziali a cui vengono sottoposti i terreni di fondazione in occasione di *shock* dinamici. Tra le metodologie proposte in letteratura (la capacità resistente del terreno in campo pseudo-statico è un problema tuttora aperto) sono state utilizzate le relazioni presentate da *Maugeri & Novità* (2002), considerando un coefficiente sismico orizzontale pari a  $\sigma_h = 0,055$  (con  $\beta = 0,24$  come da NTC 14/01/2008, tenendo quindi conto della duttilità del terreno di fondazione).

<b>Borsari spa</b>	<b>Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica</b>	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
--------------------	--	--

	<b>Utilizzo coefficienti parziali M1</b>	
	<b>SLU (assenza sisma)</b>	<b>SLV (presenza sisma)</b>
<b>Area nord occidentale Cpt1, Cpt6, Cpt1/16</b>	R = 2,700 kgf/cmq	R = 2,348 kgf/cmq
<b>Area nord orientale Cpt2,</b>	R = 2,550 kgf/cmq	R = 2,217 kgf/cmq
<b>Area sud orientale Cpt3, Cpt4</b>	R = 2,250 kgf/cmq	R = 1,957 kgf/cmq
<b>Area sud occidentale Cpt5, Cpt2/16</b>	R = 2,850 kgf/cmq	R = 2,478 kgf/cmq

Tali valori possono leggermente variare in funzione della geometria delle fondazioni, delle caratteristiche della struttura in elevazione e delle tensioni effettivamente trasmesse al suolo, determinati in modo preliminare nel corso del presente studio.

### **VERIFICA DEI CEDIMENTI (STATO LIMITE DI ESERCIZIO)**

Il sottosuolo dell'area oggetto d'intervento edilizio è costituito da terreni a comportamento prettamente coesivo per i primi 10 ÷ 12 m, contraddistinti da un grado medio di compressibilità, a cui fanno seguito litotipi coesivi a minor compressibilità. Si attendono quindi cedimenti ampiamente rientranti nella tollerabilità.

In fase progettuale, in relazione alle reali tensioni applicate al suolo, sarà necessario provvedere alla verifica dettagliata dei valori dei cedimenti e alla corretta scelta delle caratteristiche fondali da adottare, al fine di ottenere cedimenti differenziali e valori di distorsione angolare rientranti nell'ambito della tollerabilità.

### **CEDIMENTI INDOTTI DAL SISMA**

In relazione ai possibili effetti attesi in occasione di sollecitazione sismica, secondo quanto indicato dalla cartografica tematica di PTCP, si è provveduto ad un calcolo indicativo dell'entità dei cedimenti indotti da *shock* dinamico, seguendo le indicazioni procedurali contenute all'interno dell'Allegato A3 della DAL112/2007.

Si è considerata la verticale di indagine CPT5, caratterizzata, in ragione della presenza di litotipi granulari saturi (falda compresa tra -0,7 e -1,1 m p.c.), da valori più bassi di FSL (coefficiente di sicurezza relativo al fenomeni di liquefazione) e quindi dai valori relativamente più elevati di incremento delle pressioni interstiziali.



<b>Borsari spa</b>	<b>Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica</b>	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
--------------------	--	--

Parametri	Strati					
	1 (da p.c. a – 3 m)	2 (da – 3 a – 4 m)	3 (da – 4 a – 7 m)	4 (da – 7 a – 8 m)	5 (da – 8 a – 9,5 m)	6 (da – 9,5 a – 12 m)
<b>Litologia</b>	Argille	Limi	Sabbie	Argille limose	Sabbie limose	Argille
<b>FL medio</b>	Elevato	3.2	1.45	Elevato	3.8	Elevato
<b><math>\Delta u/\sigma'_0</math></b>	< 0,3	$2,91 \cdot 10^{-4}$	$7,4 \cdot 10^{-2}$	< 0,3	$8,74 \cdot 10^{-5}$	< 0,3
<b><math>e_0</math></b>	-	0.75	0.55	-	0.65	-
<b><math>C_c</math></b>	-	0.45	0.20	-	0.30	-
<b><math>C_r</math></b>	-	0.101	0.045	-	0.068	-
<b>H (cm)</b>	300	100	300	300	150	300
<b><math>\Delta H</math> (cm)</b>	-	$7,31 \cdot 10^{-4}$	<b>0,29</b>	-	$2,33 \cdot 10^{-4}$	-

ove:

FL medio = fattore di sicurezza medio alla suscettibilità alla liquefazione;

$\Delta u/\sigma'_0$  = incremento delle pressioni interstiziali da sollecitazione dinamica;

$e_0$  = indice dei vuoti;

$C_c$  = indice di compressione;

$C_r$  = indice di riconsolidazione postciclica;

H = spessore strato;

$\Delta H$  = cedimento indotto da sollecitazioni dinamiche.

In occasione di sollecitazione sismica caratterizzata dal massimo valore di accelerazione al suolo, relativamente ai terreni compresi tra piano di campagna e -12,0 m p.c., potranno verificarsi cedimenti indotti in prima approssimazione corrispondenti a:

$$\Delta H \text{ (cm) totale} \sim 0,3 \text{ cm}$$

#### **PROBLEMATICHE CONNESSE AL LIVELLO DELLA FALDA FREATICA**

Le opere di fondazione dovranno essere realizzate considerando una sottospinta idraulica relativa ad un innalzamento del livello idrico sino a circa -0,5 ÷ -1,0 m p.c. e si consiglia la messa in opera di rivestimenti impermeabilizzati, che si estendano in continuità al di sotto delle fondazioni e sulle pareti perimetrali delle strutture sino ad almeno – 0,5 m p.c.

Sarà inoltre necessario accertare, preliminarmente agli scavi generalizzati di fondazione, mediante saggi con escavatore esterni all'area di impronta delle strutture fondali, il livello locale della falda e che

<b>Borsari spa</b>	<i>Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica</i>	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
--------------------	--	--

non si verificano di fenomeni di sifonamento o di sollevamento del fondo scavo; in tale eventualità dovranno adattarsi idonee tecniche di depressione dell'acqua nel sottosuolo. Tali tecniche non dovranno indurre coni di depressione della falda idrica in corrispondenza dell'area di impronta di fabbricati esistenti.

Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

## CONCLUSIONI

Nell'ambito progettuale relativo al progetto di variante al Piano Particolareggiato di iniziativa Privata – zona produttiva Bibbiana Nuova, approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009, si è prodotto lo studio geologico geotecnico e sismico oggetto della presente relazione, *tenendo conto della campagna geognostica e geofisica eseguita nell'ambito progettuale relativo al piano particolareggiato stesso e delle richieste formulate dagli studi di microzonazione sismica del territorio comunale.*

Lo studio, svolto su commissione della **Società Borsari S.p.a.**, si è redatto in ottemperanza ai dettati del D.M. 11/03/88 e circ. LL.PP. N° 30483 del 24/09/88 ed in riferimento alle nuove Norme Tecniche sulle Costruzioni, DM 14/01/2008.

La successione litostratigrafica nel sottosuolo dell'area in oggetto, ottenuta mediante l'esecuzione di due nuove prove penetrometriche statiche, protratte sino a – 20,0 m p.c., ad integrazione di sei prove penetrometriche statiche pregresse, è costituita, nei primi 12 m dal piano campagna, da alternanze argilloso limose intercalate a unità limose – limoso sabbiose, localmente sabbiose. Tali depositi sono attribuibili alle sequenze sedimentarie di terminazione laterale di paleoalveo, concordando con le evidenze geomorfologiche dell'area. Seguono, sino a – 20 m p.c, termini prevalentemente coesivi a basso grado di compressibilità.

Nell'ambito dell'attuale integrazione di indagine, il livello del battente idrico sotterraneo si è rinvenuto alle profondità di -2,5 m p.c.

Il livello di equilibrio della falda freatica al momento delle prime prove effettuate, Aprile 2009, si è rilevato nei fori di sondaggio geognostici, mediamente da - 0,7 ÷ - 1,1 m dal piano campagna esistente, attribuibile ad un intenso periodo di precipitazioni meteoriche.

Gli strumenti programmatici territoriali individuano una soggiacenza media del livello idrico freatico pari a:

$$\Delta H_2O = -1,5 \div -2,0 \text{ m p.c.}$$

Sarà necessario accertare, preliminarmente agli scavi generalizzati di fondazione, mediante saggi con escavatore esterni all'area di impronta delle fondamenta, il livello locale della falda e che non si verificino di fenomeni di sifonamento o di sollevamento del fondo scavo; in tale eventualità dovranno adattarsi idonee tecniche di depressione dell'acqua nel sottosuolo. *Tali tecniche non dovranno indurre coni di depressione della falda idrica in corrispondenza dell'area di impronta di fabbricati esistenti.*

Le opere di fondazione dovranno essere realizzate considerando una sottospinta idraulica relativa ad un innalzamento del livello idrico sino a circa -0,5 ÷ -1,0 m p.c. e si consiglia la messa in opera di rivestimenti impermeabilizzati, che si estendano in continuità al di sotto delle fondazioni e sulle pareti perimetrali delle strutture sino ad almeno – 0,5 m p.c.

Borsari spa	<i>Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica</i>	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	--	--

Il territorio in oggetto, secondo la *Tavola 2.3.1 Rischio Idraulico: carta della pericolosità e della criticità idraulica* del PTCP di Modena, è classificato come area depressa a rapido scorrimento, ad elevata criticità idraulica. In ragione di ciò, si consiglia di elevare i piani di calpestio degli edifici a quote almeno pari a quelle dei principali assi di viabilità.

### **RISPOSTA SISMICA LOCALE – PERICOLOSITA' SISMICA**

**Categoria C:** *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s,30}$  compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT,30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < cu,30 < 250$  kPa nei terreni a grana fina).*

Tale categoria è stata assegnata nell'ambito dei lavori di progettazione del piano particolareggiato in prima stesura.

Il valore della  $a_g$  di riferimento riportato nell'allegato A4 della Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n° 112/2007, corrisponde, per il comune di Nonantola, a:

$$a_{gref} = 0,160g$$

In occasione di sollecitazione sismica, la successione sismostratigrafica può essere interessata dai seguenti fattori di amplificazione:

$$F_a \text{ PGA} = 1,5$$

$$F_a \text{ IS } (0,1 < T_0 < 0,5) = 1,8$$

$$F_a \text{ IS } (0,5 < T_0 < 1) = 2,5$$

### **Frequenza di vibrazione dei terreni**

La determinazione della frequenza fondamentale dei terreni con metodo HVSr ha evidenziato un valore equivalente a:

$$f_0 = 0,9 \text{ Hz}$$

equivalente ad un periodo  $T_0 = 1,11$  s.

In fase progettuale, si dovrà appurare che non si verificano fenomeni di doppia risonanza, in funzione dei periodi di vibrazione sopra esposti.

### **Suscettività a liquefazione sismica**

Le caratteristiche litotecniche dei materiali rilevati evidenziano, infine, che i terreni che formano il primo sottosuolo presentano un rischio di liquefazione variabile tra basso e moderato; infatti, per la verticale di indagine CPT5 si è riscontrato un indice di liquefazione pari  $I_L$  pari a 3,281.

Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

### **Modellazione geologico geotecnica del sottosuolo**

Allo scopo di determinare le caratteristiche fisico meccaniche del sottosuolo, sono state eseguite complessivamente otto prove penetrometriche statiche CPT, le quali hanno definito la seguente modellazione geologico-tecnica.

#### **Successione geotecnica - Fase di Fattibilità**

<b>Unità geotecnica</b>	<b>Parametri geotecnici</b>
<b>UGT1:</b> <b>da p.c. a – 1,0 ÷ – 3,0 m p.c.</b> Argille e argille limose a medio grado di compressibilità.	$c' = 0,10 \div 0,15 \text{ kgf/cmq.}$ $c_u = 0,45 \div 0,65 \text{ kgf/cmq.}$ $\phi' = 24^\circ \div 25^\circ$ $\gamma_n = 0,0019 \text{ kgf/cm}$ $E_d = 75 \div 88 \text{ kgf/cm}$
<b>UGT2</b> <b>da – 3,0 ÷ a – 10,0 m p.c.</b> Alternanze limoso argillose e limose, con intercalazioni argilloso limose, limoso sabbiose e sabbiose, a grado di compressibilità medio elevato – elevato.	$c' = 0,05 \div 0,10 \text{ kgf/cmq (} c' = 0,00 \text{ kgf/cmq per sabbie)}$ $c_u = 0,25 \div 0,40 \text{ kgf/cmq (} c_u = 0,00 \text{ kgf/cmq per sabbie)}$ $\phi' = 22^\circ \div 25^\circ (\phi' = 29^\circ \div 30^\circ \text{ per sabbie)}$ $\gamma_n = 0,0019 \div 0,0020 \text{ kgf/cm}$ $E_d = 39 \div 68 \text{ kgf/cmq (} E_d = 87 \div 105 \text{ kgf/cm per sabbie)}$
<b>UGT3</b> <b>Da – 10,0 a – 11,5 m p.c. m p.c.</b> Orizzonte argilloso e argilloso limoso, grado di compressibilità medio basso.	$c' = 0,10 \div 0,15 \text{ kgf/cmq.}$ $c_u = 0,45 \div 0,65 \text{ kgf/cmq.}$ $\phi' = 24^\circ \div 25^\circ$ $\gamma_n = 0,00195 \div 0,0020 \text{ kgf/cm}$ $E_d = 72 \div 77 \text{ kgf/cm}$
<b>UGT4</b> <b>Da – 11,5 a – 13,0 m p.c. m p.c.</b> Orizzonte argilloso limoso e limoso argilloso, grado di compressibilità medio.	$c' = 0,08 \div 0,12 \text{ kgf/cmq.}$ $c_u = 0,35 \div 0,45 \text{ kgf/cmq.}$ $\phi' = 22^\circ \div 23^\circ$ $\gamma_n = 0,00192 \div 0,00195 \text{ kgf/cm}$ $E_d = 52 \div 57 \text{ kgf/cm}$
<b>UGT5</b> <b>Da – 13,0 a – 16,0 m p.c. m p.c.</b> Argille e argille limose a grado di compressibilità basso.	$c' = 0,15 \div 0,18 \text{ kgf/cmq.}$ $c_u = 0,65 \div 0,90 \text{ kgf/cmq.}$ $\phi' = 24^\circ \div 25^\circ$ $\gamma_n = 0,00198 \div 0,00202 \text{ kgf/cm}$ $E_d = 82 \div 97 \text{ kgf/cm}$
<b>UGT6</b> <b>Da – 16,0 a – 20,0 m p.c. m p.c.</b> Alternanze argilloso limose, limoso argillose e limose a grado di compressibilità medio.	$c' = 0,10 \div 0,12 \text{ kgf/cmq.}$ $c_u = 0,40 \div 0,60 \text{ kgf/cmq.}$ $\phi' = 23^\circ \div 25^\circ$ $\gamma_n = 0,00193 \div 0,00195 \text{ kgf/cm}$ $E_d = 61 \div 69 \text{ kgf/cm}$

Ove:  $c_u$  = coesione non drenata,  $c'$  = coesione drenata;  $\phi'$  = angolo di attrito efficace,  $D_r$  = densità relativa;  $\gamma_n$  = peso dell'unità di volume;  $E_d$  = modulo edometrico,

In fase esecutiva, alla luce di nuove indagini di dettaglio, saranno da valutare i parametrici geotecnici caratteristici.

#### **Tipologia e Piano di posa fondale**

Dall'analisi dei parametri geognostici riscontrati nel sottosuolo dell'area in esame, risulta possibile l'adozione di fondazioni dirette, nel caso non siano applicati al suolo carichi eccessivi.

Borsari spa	Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	---	--

Il piano di appoggio fondale dovrà posto ad una profondità minima, rispetto all'attuale piano campagna, pari a:

$$D = - 1,20 \div -1,40 \text{ m}$$

**Verifica alle tensioni ammissibili (paragrafo puramente indicativo)**

In relazione alle prove geognostiche effettuate, il sottosuolo dell'area, alle previste quote di appoggio fondale, è caratterizzato dai seguenti carichi ammissibili:

Settore	Profondità piano di posa D = cm p.c.	Carico ammissibile qa = kgf/cm <sup>2</sup>
Area nord occidentale – Cpt1, Cpt6, Cpt1/16	120 ÷ 140	0,90
Area nord orientale – Cpt2,	120 ÷ 140	0,85
Area sud orientale – Cpt3, Cpt4	120 ÷ 140	0,75
Area sud occidentale – Cpt5, Cpt2/16	120 ÷ 140	0,95

**Stato limite ultimo dei terreni di fondazione (D.M. 14/01/2008)**

Secondo i dettami del DM 14/01/08, si è determinato, in via preliminare, la resistenza R del terreno di fondazione allo stato limite ultimo (SLU) adottando i parametri previsti nella tab. 6.2.II – combinazioni di coefficienti parziali M1 ed M2, che riducono i parametri geotecnici. I valori sono stati determinati in riferimento allo spessore di terreno sottostante le opere fondali coinvolto dall'involuppo di spirale logaritmica delle sollecitazioni generate dal cuneo di penetrazione delle fondazioni nel contesto dell'insieme opera - terreno.

	<b><u>Utilizzo coefficienti parziali M1</u></b>	
	SLU (assenza sisma)	SLV (presenza sisma)
Area nord occidentale Cpt1, Cpt6, Cpt1/16	R = 2,700 kgf/cm <sup>2</sup>	R = 2,348 kgf/cm <sup>2</sup>
Area nord orientale Cpt2,	R = 2,550 kgf/cm <sup>2</sup>	R = 2,217 kgf/cm <sup>2</sup>
Area sud orientale Cpt3, Cpt4	R = 2,250 kgf/cm <sup>2</sup>	R = 1,957 kgf/cm <sup>2</sup>
Area sud occidentale Cpt5, Cpt2/16	R = 2,850 kgf/cm <sup>2</sup>	R = 2,478 kgf/cm <sup>2</sup>

Tali valori possono leggermente variare in funzione della geometria delle fondazioni, delle caratteristiche della struttura in elevazione e delle tensioni effettivamente trasmesse al suolo, determinati in modo preliminare nel corso del presente studio.

Borsari spa	<i>Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica</i>	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
-------------	--	--

### **Cedimenti - Stato limite di esercizio**

Il sottosuolo dell'area oggetto d'intervento edilizio è costituito da termini a comportamento prettamente coesivo per i primi 10 ÷ 12 m, contraddistinti da un grado medio di compressibilità, a cui fanno seguito litotipi coesivi a minor compressibilità. Si attendono quindi cedimenti rientranti nella tollerabilità.

La determinazione preliminare dell'entità dei cedimenti sismici ha denotato valori ampiamente rientranti nell'ambito dell'accettabilità.

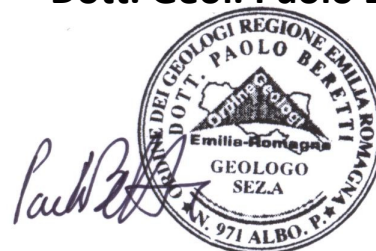
I valori presentati nel presente documento sono da considerarsi indicativi, per quanto riguarda le caratteristiche geomeccaniche generali e le condizioni di edificabilità del sito di intervento; dovrà essere inoltre verificata, in fase esecutiva, la loro compatibilità con i carichi trasmessi al suolo dalle strutture in progetto e l'entità dei fenomeni di consolidazione.

Dato il tipo di variabilità laterale e verticale sia delle peculiarità granulometriche dei litotipi che del diverso grado di compressibilità degli stessi, in relazione alla definizione del piano di posa delle fondazioni e all'area di impronta dei fabbricati, *in fase di progetto esecutivo, dovranno necessariamente essere eseguite indagini geognostiche integrative a quelle effettuate.*

Nella stessa fase esecutiva, magari utilizzando la nuova campagna d'indagine e ad analisi geofisiche e geomeccaniche maggiormente approfondite, sarà opportuno procedere ad una dettagliata quantificazione dell'indice di potenziale liquefazione e delle caratteristiche geotecniche e sismiche del primo sottosuolo.

**Quattro Castella, Settembre 2016**

**Dott. Geol. Paolo Beretti**



<b>Borsari spa</b>	<b>Relazione di fattibilità geologica - geotecnica e sismica</b>	Variante al Piano Particolareggiato d'iniziativa Privata approvato con deliberazione del consiglio comunale n° 123 del 12/11/2009 – Zona produttiva Bibbiana Nuova, di proprietà di della ditta Borsari S.p.A.
--------------------	--	--

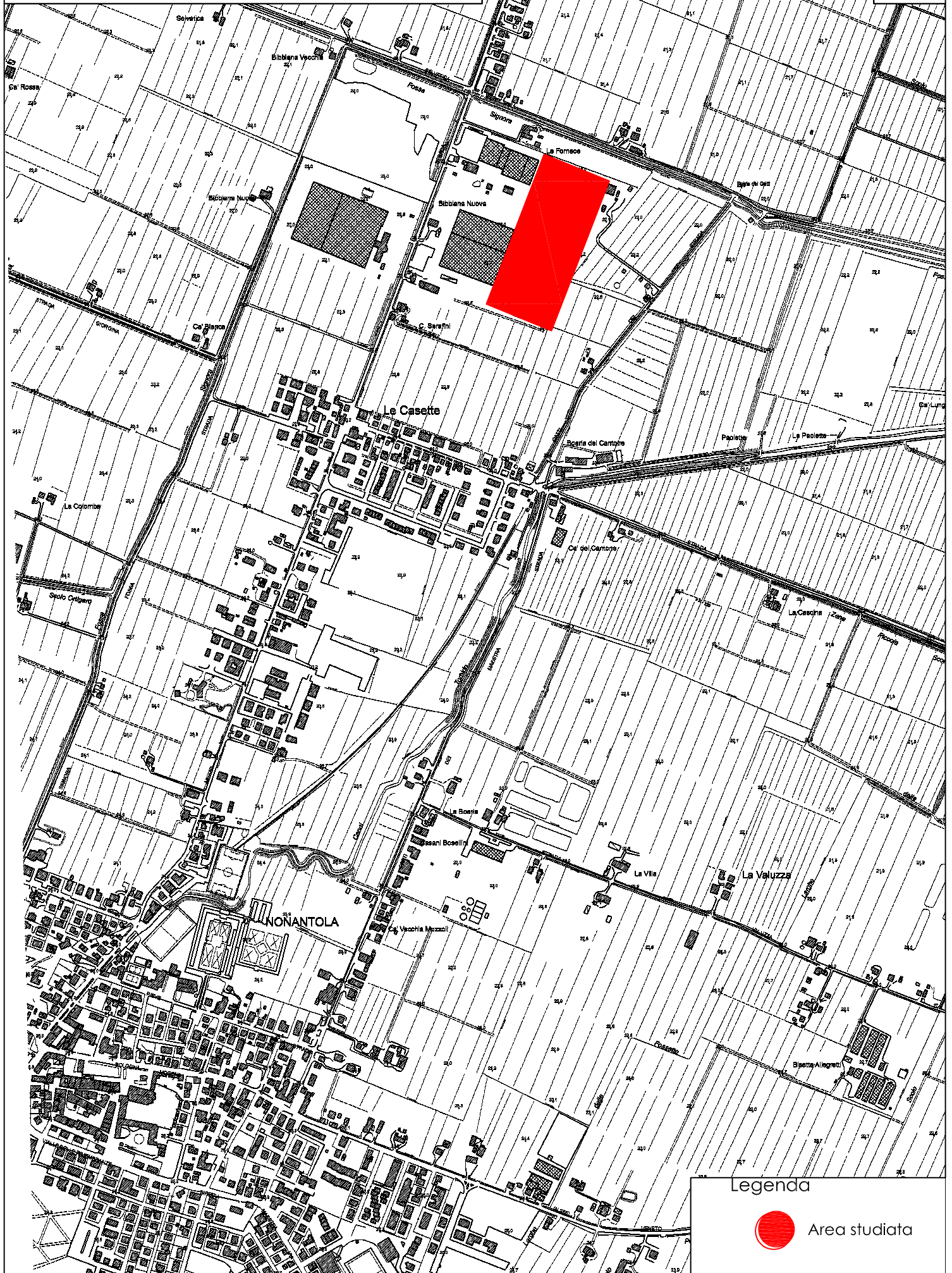
## **ALLEGATI**

- Tav 1. Inquadramento territoriale
- Tav 2. Carta geologica
- Tav 3. Ubicazione delle indagini in situ
- Stendimento Re.Mi.
- Determinazione HVSR
- Prove penetrometriche statiche CPT
- Analisi di suscettibilità alla liquefazione sismica



# Tav.1 - Ubicazione area studiata

Scala 1:10000



Legenda

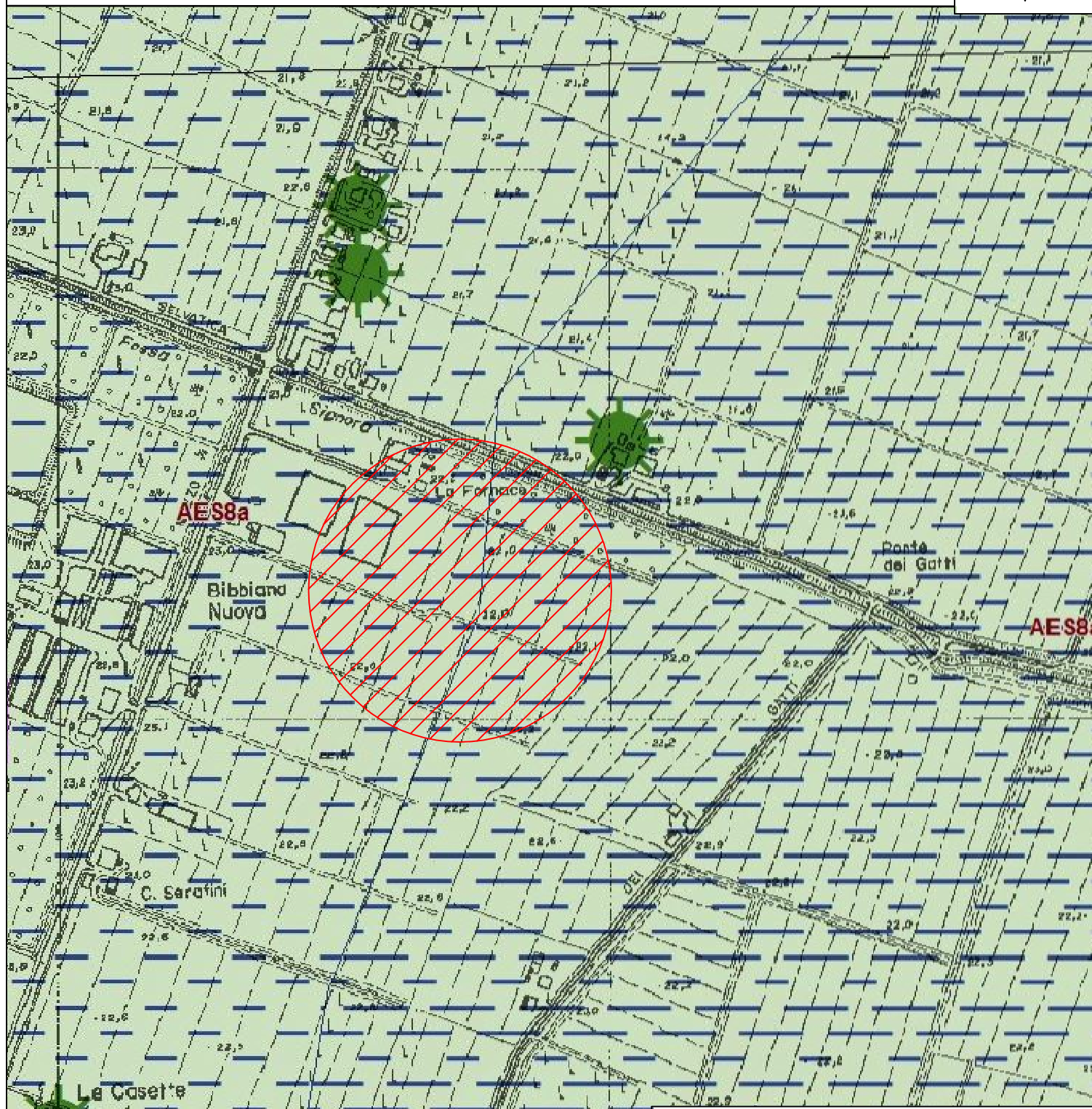


Area studiata

# Tav.2 - Carta geologica regionale

Scala 1:5000

NORD



### Legenda:

**AES8** - Subsistema di Ravenna  
**AES8a** - Unità di Modena






Area studiata

# Tav. 3 - Ubicazione indagine in situ

Scala 1:2000



## LEGENDA

-  prova penetrometrica statica CPT di nuova esecuzione
-  prova penetrometrica statica CPT pregressa
-  **RM - MW** Prospezione geofisica Integrata Re.MI - MASW 57,5 m

**Dott. Geol. Paolo Beretti**

**INDAGINE Re.Mi.**

LOCALITA': Nonantola

COMMITTENTE: Borsari spa

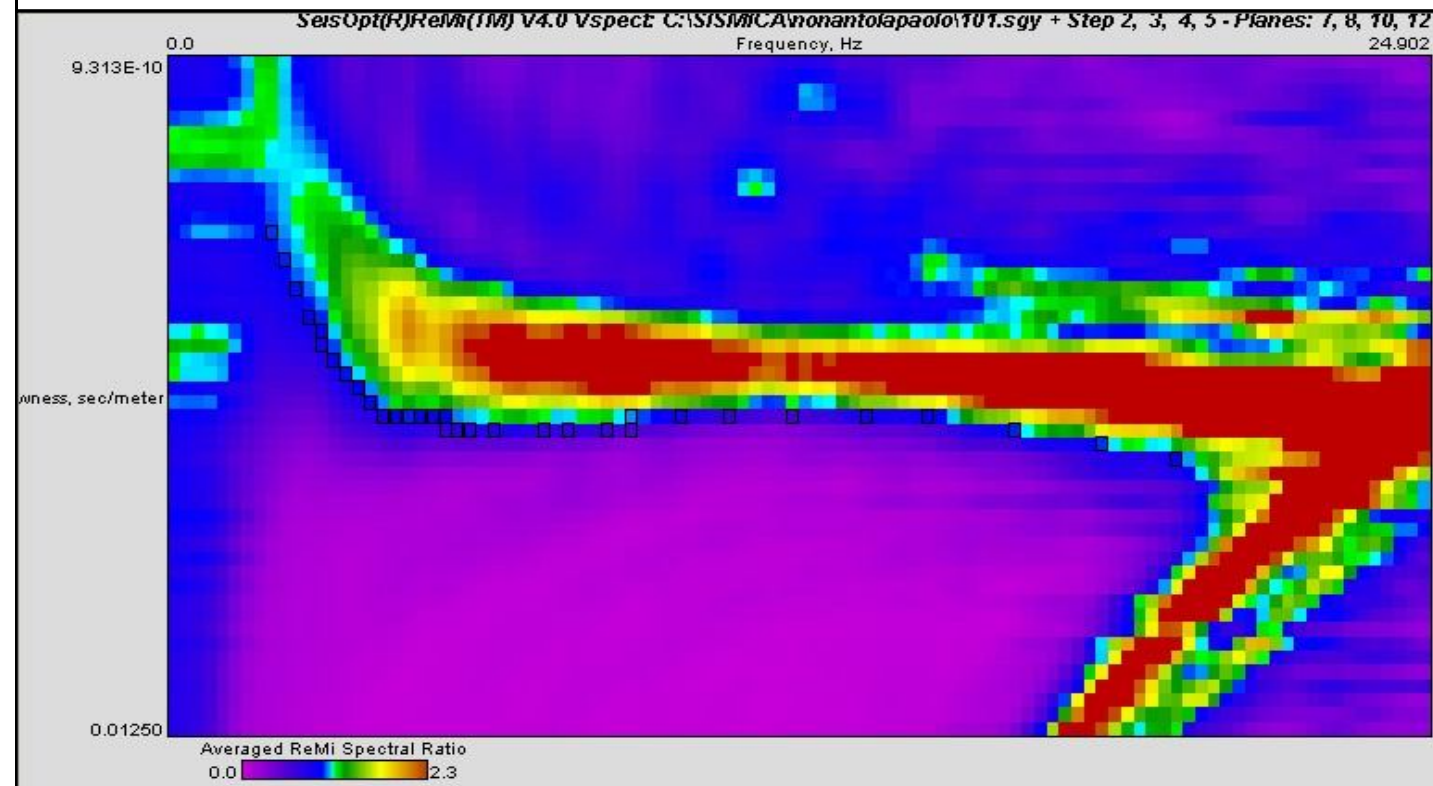
DATA: 14/04/09

CANTIERE: Variante al P.P. Bibbiana Nuova

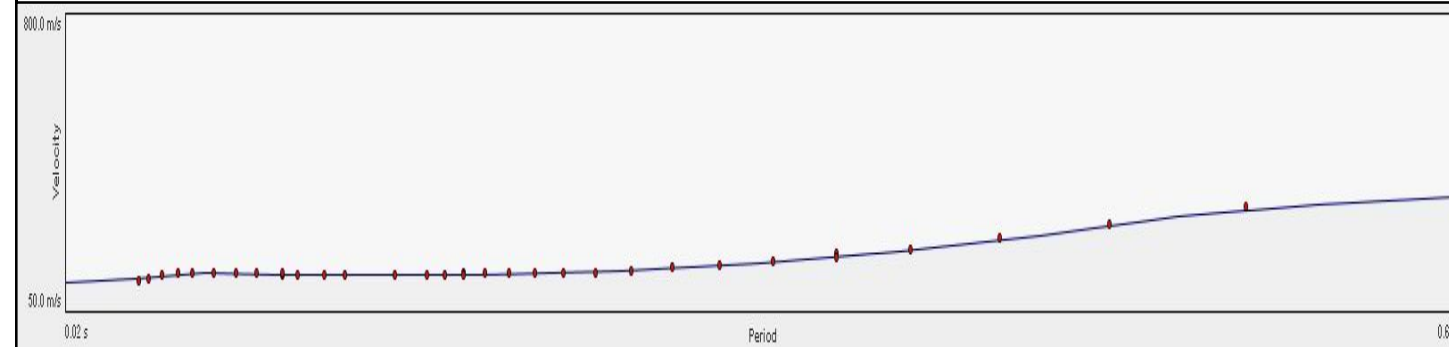
QUOTA: p.c.

OPERATORI: P.Beretti

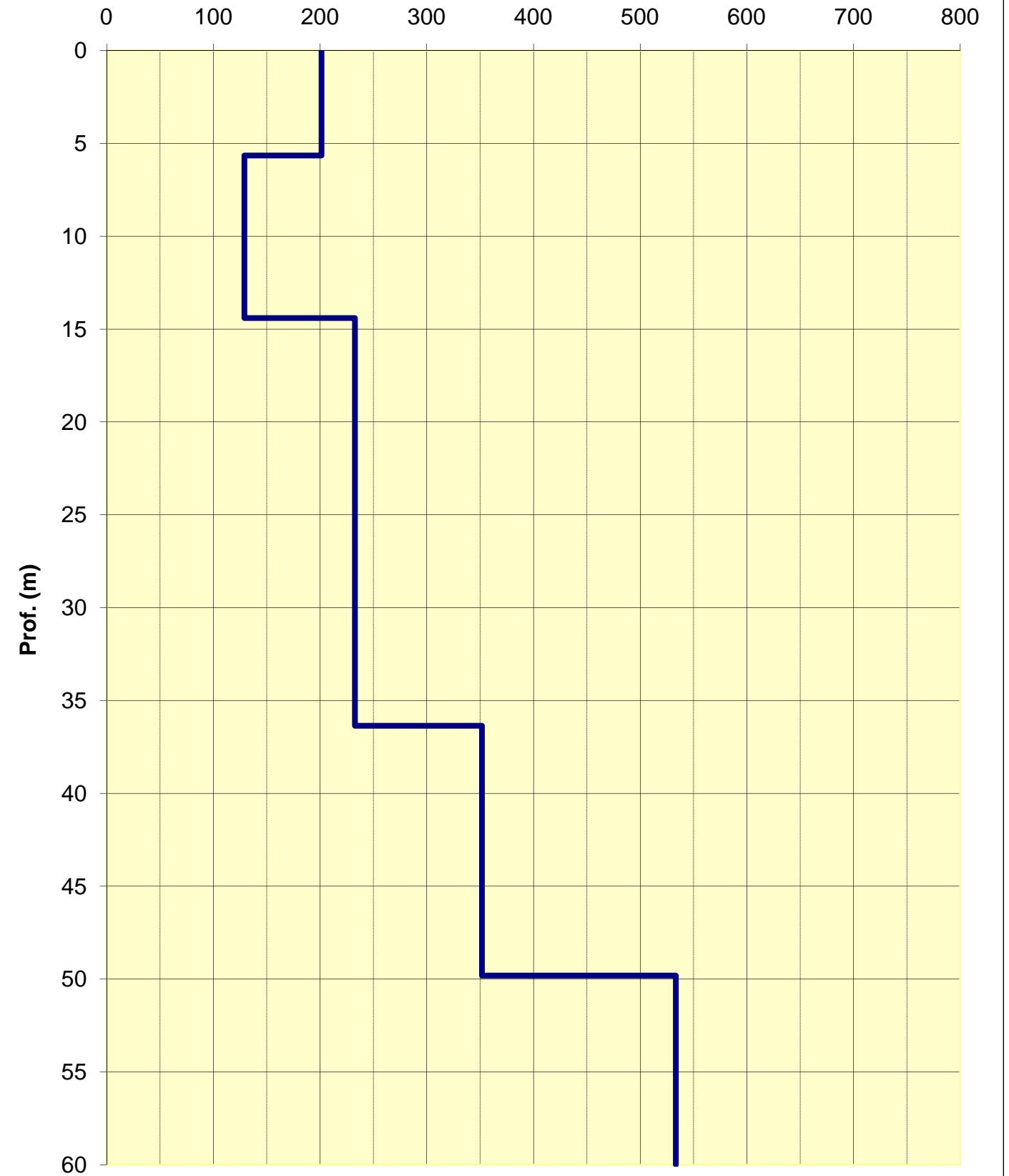
**Spettro di potenza**



**Curva di dispersione**



**Modello interpretativo  
profilo Vs (m/s)**



**Dott. Geol. Paolo Beretti**

# INDAGINE HVSR

LOCALITA': Nonantola

COMMITTENTE: Borsari spa

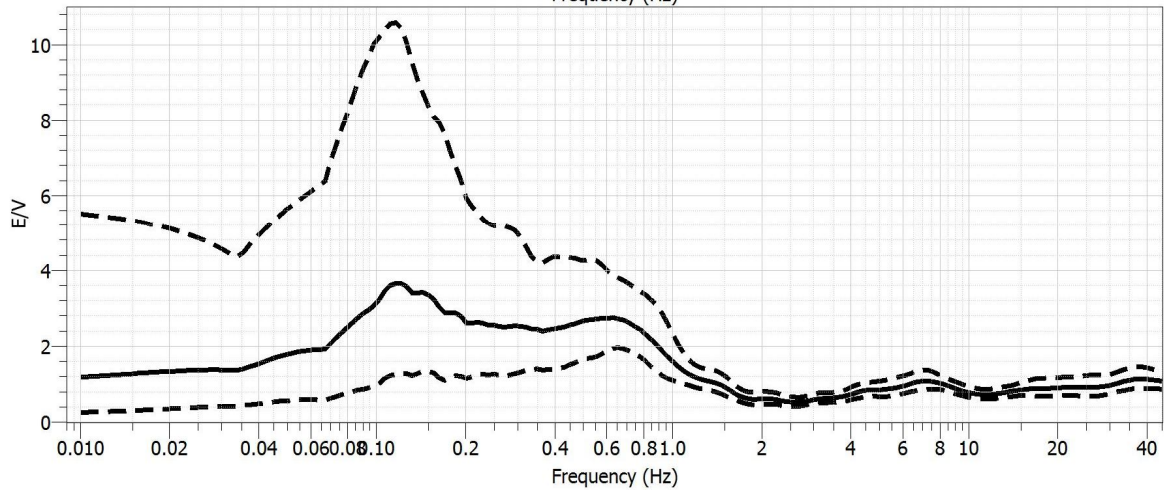
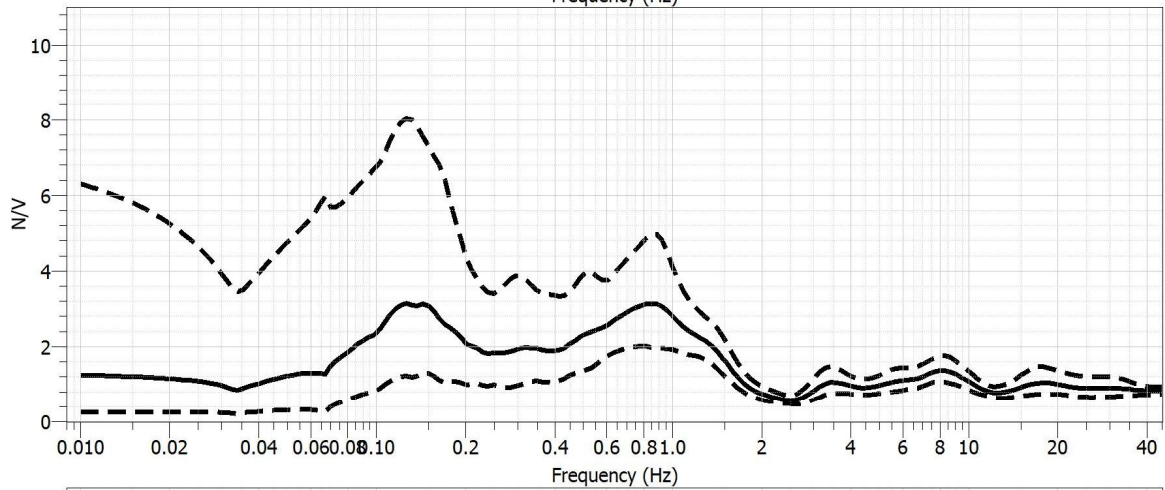
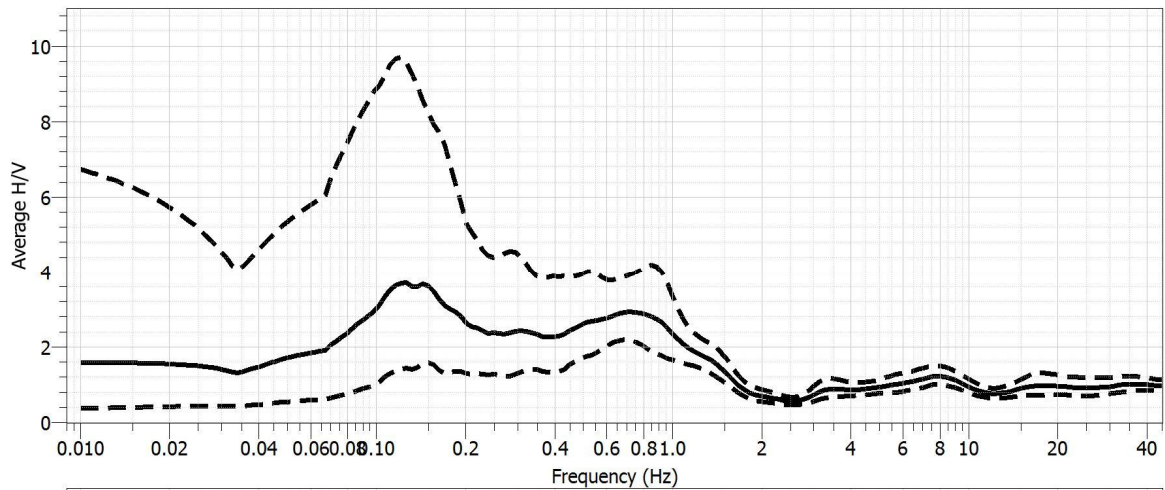
DATA: 14-04-2009

CANTIERE: P.P.Bibbiana Nuova

QUOTA: m slm

OPERATORI: P.Beretti

## Rapporti spettrali



<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i>  Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	<b>Prova penetrometrica statica</b>				<b>COMMITTENTE:</b> Borsari Spa			
	<b>CPT</b>				<b>1</b>		<b>CANTIERE:</b> Borsari Spa	
	ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200				Data: 24/08/2016			
	OPERATORE: Dott. M. Boccaletti				Profondità falda: chiuso -0.8 m p.c.			

**Letture di campagna e elaborazioni Pag. 1**

PROF.	qc kgf/cm <sup>2</sup>	RI kgf/cm <sup>2</sup>	fs kgf/cm <sup>2</sup>	qc/fs	PROF.	qc kgf/cm <sup>2</sup>	RI kgf/cm <sup>2</sup>	fs kgf/cm <sup>2</sup>	qc/fs	PROF.	qc kgf/cm <sup>2</sup>	RI kgf/cm <sup>2</sup>	fs kgf/cm <sup>2</sup>	qc/fs
0,2	0	0	0,00	0,00	5,2	7	17	0,67	15,00	10,2	19	33	0,93	19,00
0,4	23	28	0,33	49,29	5,4	9	16	0,47	22,50	10,4	21	36	1,00	18,53
0,6	25	32	0,47	22,06	5,6	9	15	0,40	16,88	10,6	21	38	1,13	17,50
0,8	19	36	1,13	15,00	5,8	12	20	0,53	25,71	10,8	23	41	1,20	18,16
1,0	21	40	1,27	11,67	6,0	17	24	0,47	18,21	11,0	24	43	1,27	18,00
1,2	18	45	1,80	12,27	6,2	12	26	0,93	15,00	11,2	25	45	1,33	18,75
1,4	15	37	1,47	10,71	6,4	10	22	0,80	16,67	11,4	22	42	1,33	16,50
1,6	13	34	1,40	13,93	6,6	9	18	0,60	22,50	11,6	14	34	1,33	14,00
1,8	12	26	0,93	15,00	6,8	6	12	0,40	15,00	11,8	13	28	1,00	15,00
2,0	12	24	0,80	11,25	7,0	9	15	0,40	19,29	12,0	12	25	0,87	16,36
2,2	11	27	1,07	10,31	7,2	9	16	0,47	19,29	12,2	12	23	0,73	16,36
2,4	15	31	1,07	13,24	7,4	8	15	0,47	15,00	12,4	11	22	0,73	16,50
2,6	15	32	1,13	11,25	7,6	11	19	0,53	20,63	12,6	12	22	0,67	20,00
2,8	16	36	1,33	10,00	7,8	15	23	0,53	17,31	12,8	14	23	0,60	19,09
3,0	21	45	1,60	13,13	8,0	21	34	0,87	18,53	13,0	19	30	0,73	17,81
3,2	21	45	1,60	13,13	8,2	23	40	1,13	21,56	13,2	19	35	1,07	15,83
3,4	21	45	1,60	15,75	8,4	19	35	1,07	19,00	13,4	20	38	1,20	15,79
3,6	20	40	1,33	13,64	8,6	17	32	1,00	36,43	13,6	21	40	1,27	15,00
3,8	14	36	1,47	17,50	8,8	10	17	0,47	16,67	13,8	18	39	1,40	15,00
4,0	13	25	0,80	17,73	9,0	15	24	0,60	25,00	14,0	24	42	1,20	13,85
4,2	8	19	0,73	24,00	9,2	15	24	0,60	20,45	14,2	25	51	1,73	14,42
4,4	13	18	0,33	16,25	9,4	9	20	0,73	16,88	14,4	30	56	1,73	15,00
4,6	9	21	0,80	19,29	9,6	12	20	0,53	22,50	14,6	27	57	2,00	14,46
4,8	13	20	0,47	21,67	9,8	16	24	0,53	18,46	14,8	30	58	1,87	14,52
5,0	10	19	0,60	15,00	10,0	18	31	0,87	19,29	15,0	35	66	2,07	17,50

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

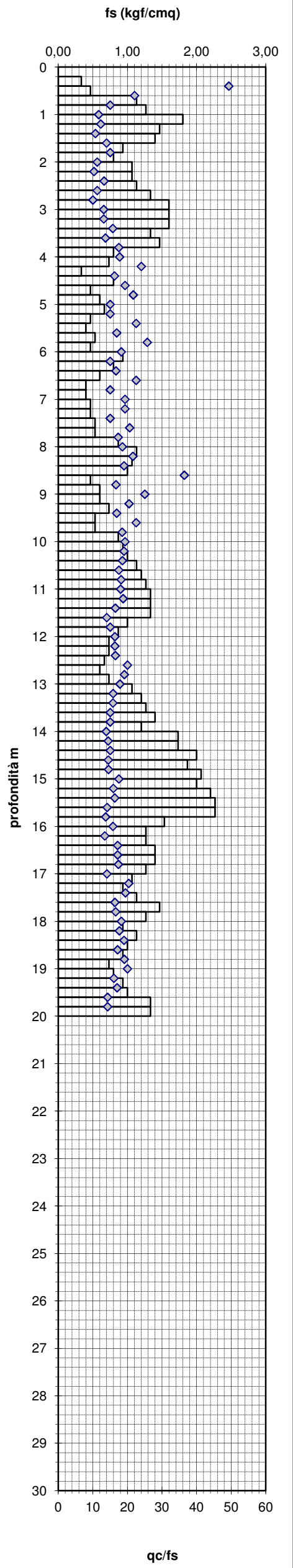
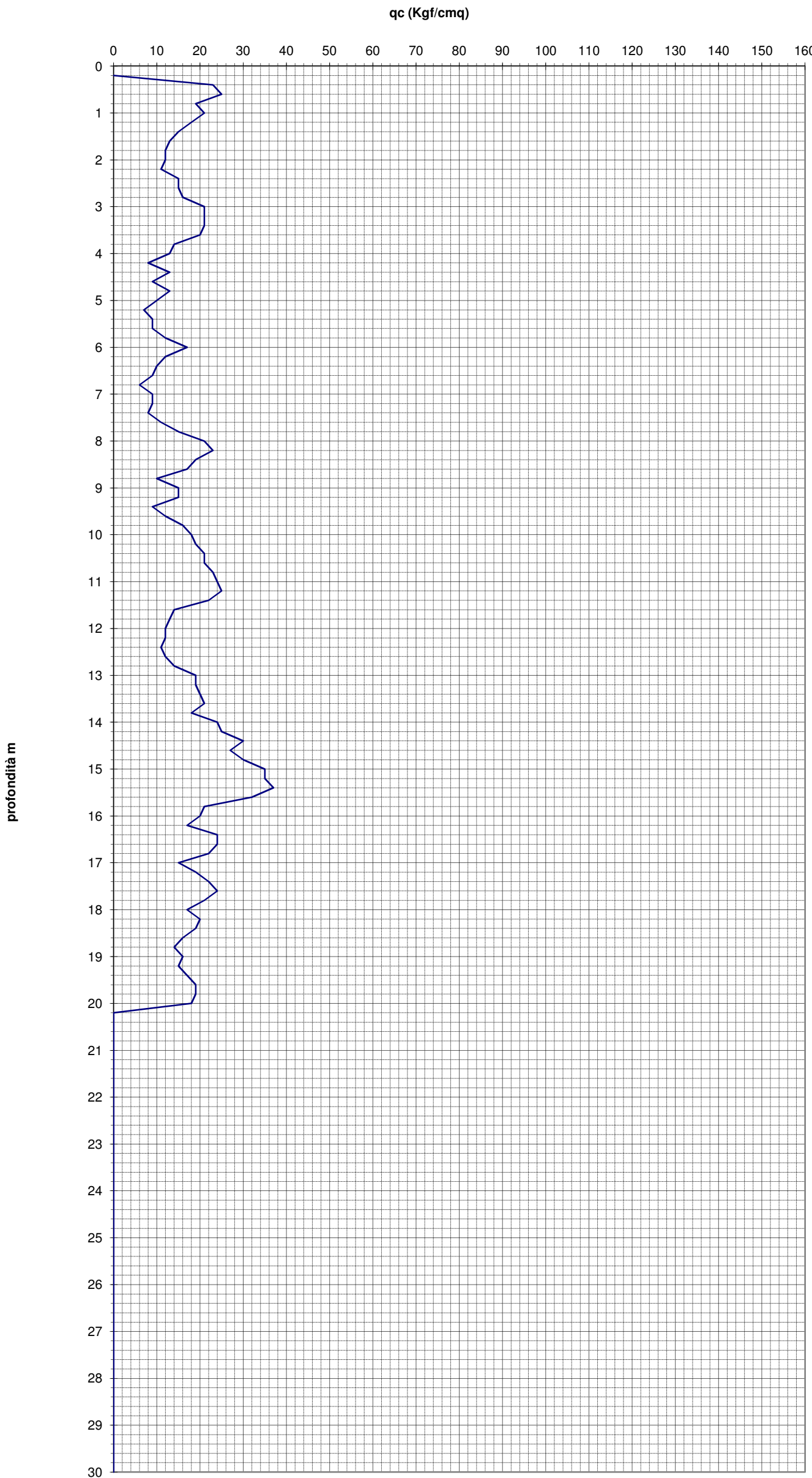
<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i>  Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	<b>Prova penetrometrica statica</b>			<b>COMMITTENTE:</b> Borsari Spa		
	<b>CPT</b>			<b>1</b>		<b>CANTIERE:</b> Borsari Spa
	ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200			Data: 24/08/2016		
OPERATORE: Dott. M. Boccaletti			Profondità falda: chiuso -0.8 m p.c.			

**Letture di campagna e elaborazioni Pag. 2**

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
15,2	35	65	2,00	15,91	20,2					25,2				
15,4	37	70	2,20	16,32	20,4					25,4				
15,6	32	66	2,27	14,12	20,6					25,6				
15,8	21	55	2,27	13,70	20,8					25,8				
16,0	20	43	1,53	15,79	21,0					26,0				
16,2	17	36	1,27	13,42	21,2					26,2				
16,4	24	43	1,27	17,14	21,4					26,4				
16,6	24	45	1,40	17,14	21,6					26,6				
16,8	22	43	1,40	17,37	21,8					26,8				
17,0	15	34	1,27	14,06	22,0					27,0				
17,2	19	35	1,07	20,36	22,2					27,2				
17,4	22	36	0,93	19,41	22,4					27,4				
17,6	24	41	1,13	16,36	22,6					27,6				
17,8	21	43	1,47	16,58	22,8					27,8				
18,0	17	36	1,27	18,21	23,0					28,0				
18,2	20	34	0,93	17,65	23,2					28,2				
18,4	19	36	1,13	19,00	23,4					28,4				
18,6	16	31	1,00	17,14	23,6					28,6				
18,8	14	28	0,93	19,09	23,8					28,8				
19,0	16	27	0,73	20,00	24,0					29,0				
19,2	15	27	0,80	16,07	24,2					29,2				
19,4	17	31	0,93	17,00	24,4					29,4				
19,6	19	34	1,00	14,25	24,6					29,6				
19,8	19	39	1,33	14,25	24,8					29,8				
20,0	18	38	1,33	0,00	25,0					30,0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° <b>1</b>	COMMITTENTE: <b>Borsari Spa</b>
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico TG63- 200	CANTIERE: Borsari Spa
QUOTA: p.c.	Profondità falda: chiuso -0.8 m p.c.	DATA: 24/08/2016





<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i>  Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	<b>Prova penetrometrica statica</b>				<b>COMMITTENTE:</b> Borsari Spa			
	<b>CPT</b>				<b>2</b>		<b>CANTIERE:</b> Borsari Spa	
	ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200				Data: 24/08/2016			
	OPERATORE: Dott. M. Boccaletti				Profondità falda: -2.5 m p.c.			

**Letture di campagna e elaborazioni Pag. 1**

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0,2	0	0	0,00	0,00	5,2	9	20	0,73	11,25	10,2	15	30	1,00	15,00
0,4	19	23	0,27	20,36	5,4	13	25	0,80	16,25	10,4	13	28	1,00	12,19
0,6	29	43	0,93	54,38	5,6	11	23	0,80	18,33	10,6	16	32	1,07	15,00
0,8	41	49	0,53	21,21	5,8	21	30	0,60	28,64	10,8	21	37	1,07	14,32
1,0	41	70	1,93	13,67	6,0	19	30	0,73	25,91	11,0	22	44	1,47	14,35
1,2	43	88	3,00	12,40	6,2	17	28	0,73	15,94	11,2	21	44	1,53	13,70
1,4	41	93	3,47	12,30	6,4	18	34	1,07	22,50	11,4	22	45	1,53	15,00
1,6	28	78	3,33	14,00	6,6	15	27	0,80	17,31	11,6	23	45	1,47	18,16
1,8	23	53	2,00	10,78	6,8	12	25	0,87	13,85	11,8	17	36	1,27	17,00
2,0	19	51	2,13	11,88	7,0	15	28	0,87	17,31	12,0	18	33	1,00	19,29
2,2	17	41	1,60	12,14	7,2	17	30	0,87	19,62	12,2	13	27	0,93	16,25
2,4	15	36	1,40	13,24	7,4	17	30	0,87	19,62	12,4	13	25	0,80	15,00
2,6	15	32	1,13	13,24	7,6	16	29	0,87	17,14	12,6	10	23	0,87	15,00
2,8	16	33	1,13	15,00	7,8	20	34	0,93	17,65	12,8	11	21	0,67	15,00
3,0	18	34	1,07	15,00	8,0	25	42	1,13	19,74	13,0	12	23	0,73	15,00
3,2	20	38	1,20	14,29	8,2	20	39	1,27	17,65	13,2	13	25	0,80	16,25
3,4	20	41	1,40	15,79	8,4	19	36	1,13	17,81	13,4	18	30	0,80	15,88
3,6	19	38	1,27	15,00	8,6	11	27	1,07	15,00	13,6	23	40	1,13	16,43
3,8	11	30	1,27	15,00	8,8	14	25	0,73	16,15	13,8	23	44	1,40	13,80
4,0	14	25	0,73	19,09	9,0	17	30	0,87	15,94	14,0	23	48	1,67	13,80
4,2	14	25	0,73	16,15	9,2	11	27	1,07	23,57	14,2	20	45	1,67	12,50
4,4	10	23	0,87	13,64	9,4	15	22	0,47	20,45	14,4	24	48	1,60	17,14
4,6	10	21	0,73	16,67	9,6	12	23	0,73	16,36	14,6	24	45	1,40	13,33
4,8	10	19	0,60	16,67	9,8	14	25	0,73	15,00	14,8	26	53	1,80	15,00
5,0	15	24	0,60	20,45	10,0	17	31	0,93	17,00	15,0	28	54	1,73	13,55

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

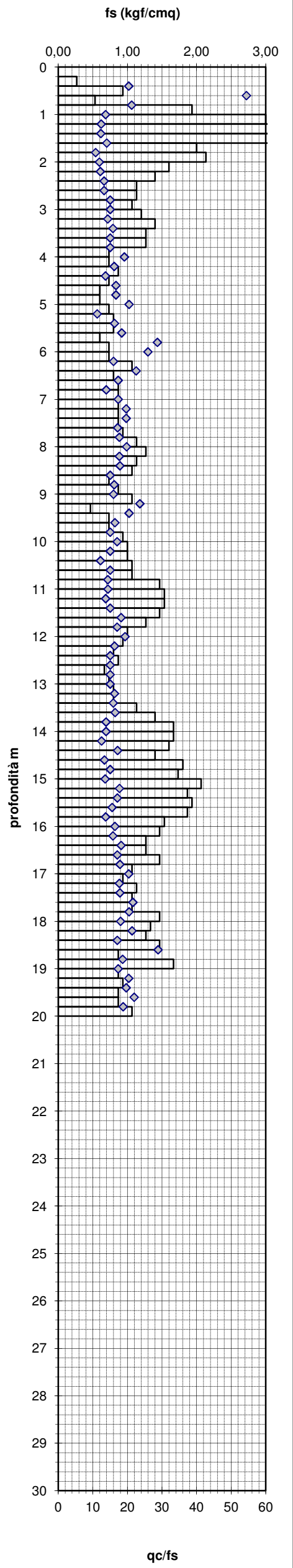
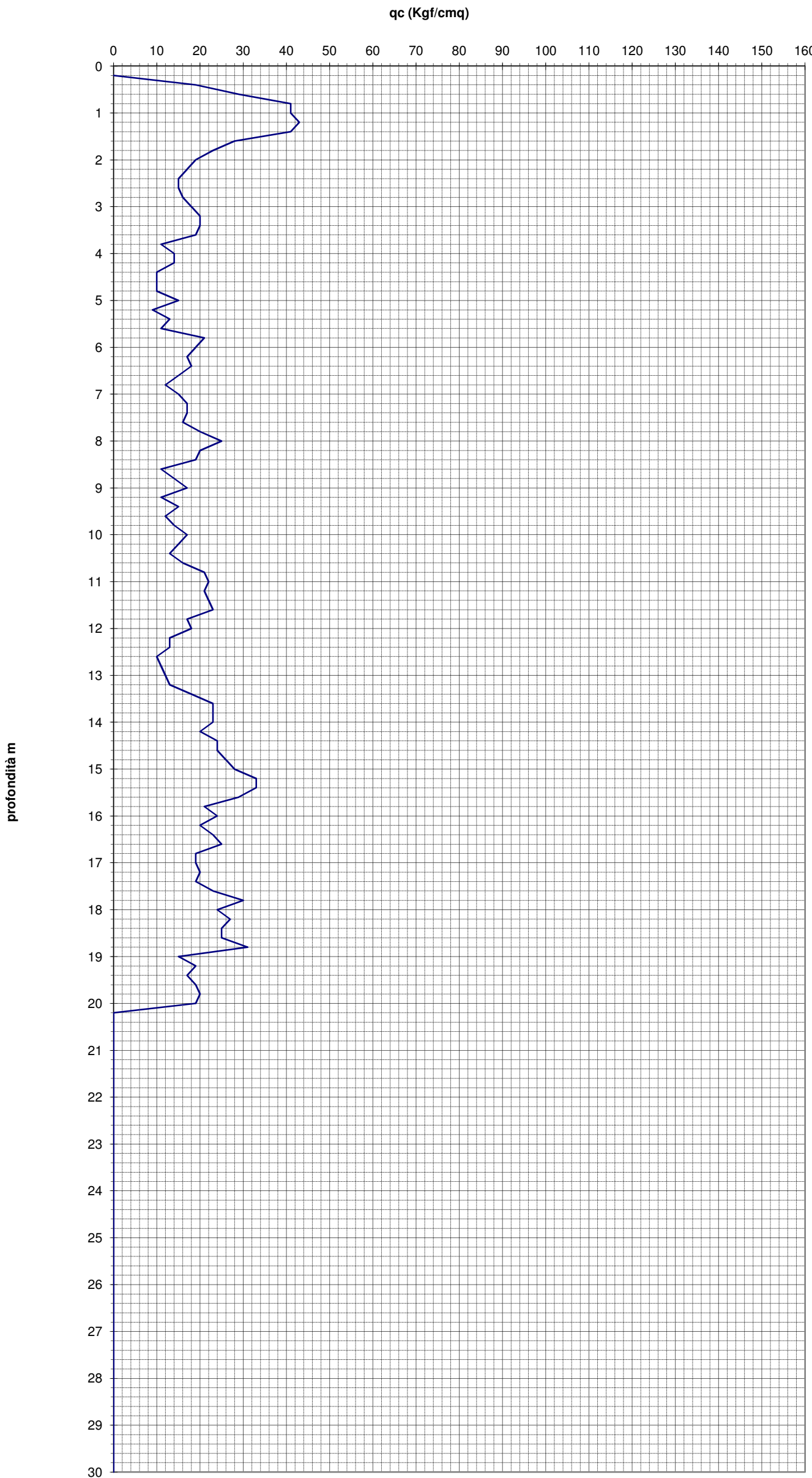
<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i>  Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	<b>Prova penetrometrica statica</b>			<b>COMMITTENTE:</b> Borsari Spa		
	<b>CPT</b>		<b>2</b>	<b>CANTIERE:</b> Borsari Spa		
	ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200			Data: 24/08/2016		
OPERATORE: Dott. M. Boccaletti			Profondità falda: -2.5 m p.c.			

**Letture di campagna e elaborazioni Pag. 2**

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
15,2	33	64	2,07	17,68	20,2					25,2				
15,4	33	61	1,87	17,07	20,4					25,4				
15,6	29	58	1,93	15,54	20,6					25,6				
15,8	21	49	1,87	13,70	20,8					25,8				
16,0	24	47	1,53	16,36	21,0					26,0				
16,2	20	42	1,47	15,79	21,2					26,2				
16,4	23	42	1,27	18,16	21,4					26,4				
16,6	25	44	1,27	17,05	21,6					26,6				
16,8	19	41	1,47	17,81	21,8					26,8				
17,0	19	35	1,07	20,36	22,0					27,0				
17,2	20	34	0,93	17,65	22,2					27,2				
17,4	19	36	1,13	17,81	22,4					27,4				
17,6	23	39	1,07	21,56	22,6					27,6				
17,8	30	46	1,07	20,45	22,8					27,8				
18,0	24	46	1,47	18,00	23,0					28,0				
18,2	27	47	1,33	21,32	23,2					28,2				
18,4	25	44	1,27	17,05	23,4					28,4				
18,6	25	47	1,47	28,85	23,6					28,6				
18,8	31	44	0,87	18,60	23,8					28,8				
19,0	15	40	1,67	17,31	24,0					29,0				
19,2	19	32	0,87	20,36	24,2					29,2				
19,4	17	31	0,93	19,62	24,4					29,4				
19,6	19	32	0,87	21,92	24,6					29,6				
19,8	20	33	0,87	18,75	24,8					29,8				
20,0	19	35	1,07	0,00	25,0					30,0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> Via De Gasperi 2/1 – Quattro Castella (RE) Tel. 0522 1695098 Fax 0522 1691413 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° <b>2</b>	COMMITTENTE: <b>Borsari Spa</b>
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico TG63- 200	CANTIERE: Borsari Spa
QUOTA: p.c.	Profondità falda: -2.5 m p.c.	DATA: 24/08/2016



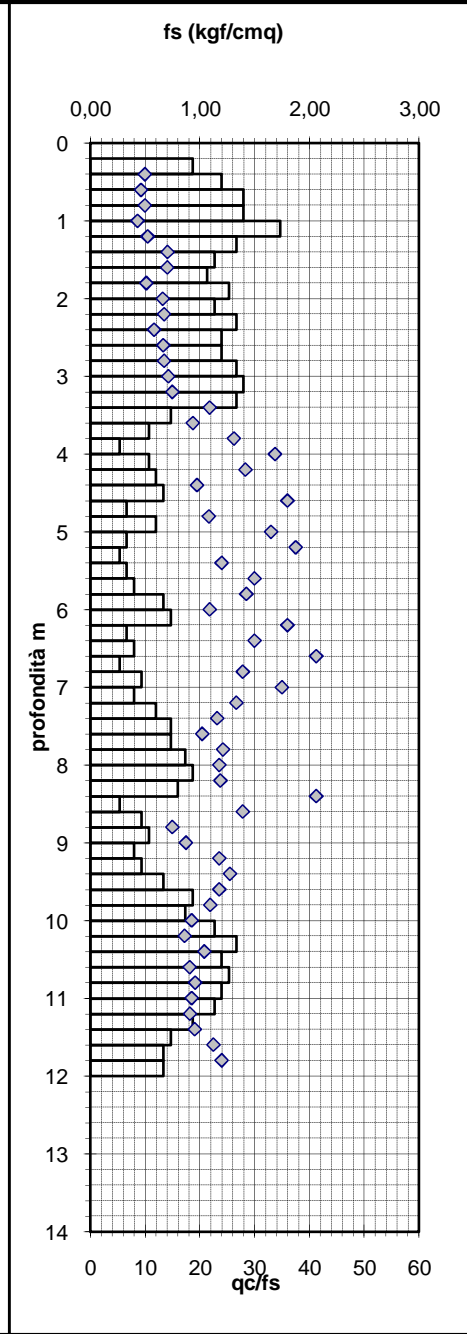
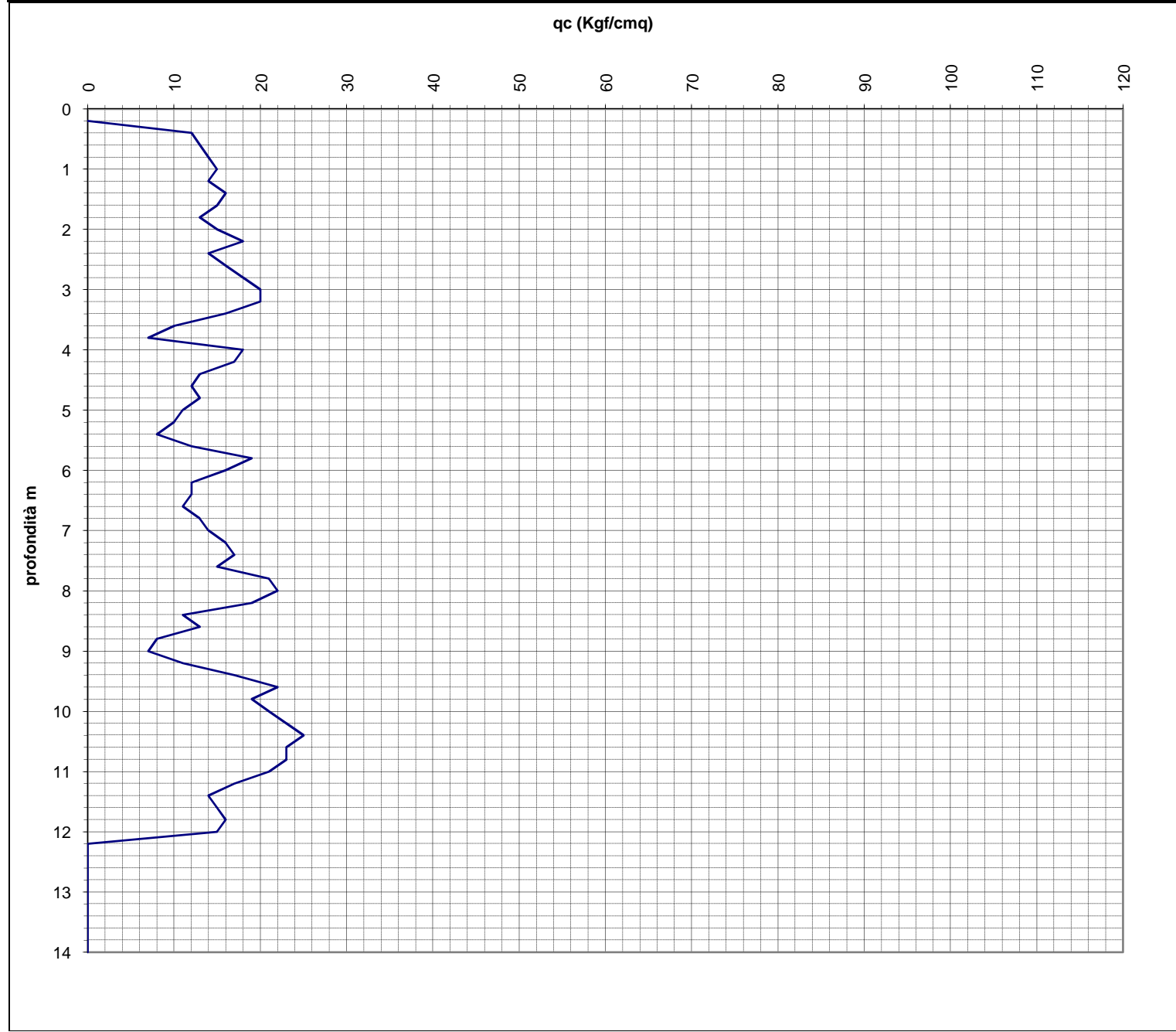
<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Sede: Via Manot 5, Salvarano di Quattro Castella (RE) Ufficio: Via Turati 8/b, Roncolo di Quattro Castella (RE) Tel 0522 258008 Fax 0522 258414 Cell 348 6902667	<b>Prova penetrometrica statica</b>				<b>COMMITTENTE: Borsari spa</b>											
	<b>CPT</b>				<b>1</b>					<b>CANTIERE: -</b>						
	ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200				Data: 14/04/2009					OPERATORE: Dr. Beretti				Profondità falda: - 1,05 m p.c.		

### Letture di campagna e elaborazioni

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0,2					5,2	10	15	0,33	37,5	10,2	23	40	1,13	17,3
0,4	12	26	0,93	10,0	5,4	8	12	0,27	24,0	10,4	25	45	1,33	20,8
0,6	13	31	1,20	9,3	5,6	12	17	0,33	30,0	10,6	23	41	1,20	18,2
0,8	14	35	1,40	10,0	5,8	19	25	0,40	28,5	10,8	23	42	1,27	19,2
1,0	15	36	1,40	8,7	6,0	16	26	0,67	21,8	11,0	21	39	1,20	18,5
1,2	14	40	1,73	10,5	6,2	12	23	0,73	36,0	11,2	17	34	1,13	18,2
1,4	16	36	1,33	14,1	6,4	12	17	0,33	30,0	11,4	14	28	0,93	19,1
1,6	15	32	1,13	14,1	6,6	11	17	0,40	41,3	11,6	15	26	0,73	22,5
1,8	13	29	1,07	10,3	6,8	13	17	0,27	27,9	11,8	16	26	0,67	24,0
2,0	15	34	1,27	13,2	7,0	14	21	0,47	35,0	12,0	15	25	0,67	
2,2	18	35	1,13	13,5	7,2	16	22	0,40	26,7	12,2				
2,4	14	34	1,33	11,7	7,4	17	26	0,60	23,2	12,4				
2,6	16	34	1,20	13,3	7,6	15	26	0,73	20,5	12,6				
2,8	18	36	1,20	13,5	7,8	21	32	0,73	24,2	12,8				
3,0	20	40	1,33	14,3	8,0	22	35	0,87	23,6	13,0				
3,2	20	41	1,40	15,0	8,2	19	33	0,93	23,8	13,2				
3,4	16	36	1,33	21,8	8,4	11	23	0,80	41,3	13,4				
3,6	10	21	0,73	18,8	8,6	13	17	0,27	27,9	13,6				
3,8	7	15	0,53	26,3	8,8	8	15	0,47	15,0	13,8				
4,0	18	22	0,27	33,8	9,0	7	15	0,53	17,5	14,0				
4,2	17	25	0,53	28,3	9,2	11	17	0,40	23,6	14,2				
4,4	13	22	0,60	19,5	9,4	17	24	0,47	25,5	14,4				
4,6	12	22	0,67	36,0	9,6	22	32	0,67	23,6	14,6				
4,8	13	18	0,33	21,7	9,8	19	33	0,93	21,9	14,8				
5,0	11	20	0,60	33,0	10,0	21	34	0,87	18,5	15,0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> Via Manot 5, Salvarano di Quattro Castella (RE) Tel 0522 258008 Fax 0522 258414 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° <b>1</b>	COMMITTENTE: Borsari spa
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico Pagani	CANTIERE: -
QUOTA: p.c.	Profondità falda: - 1,05 m p.c.	DATA: 14/04/2009



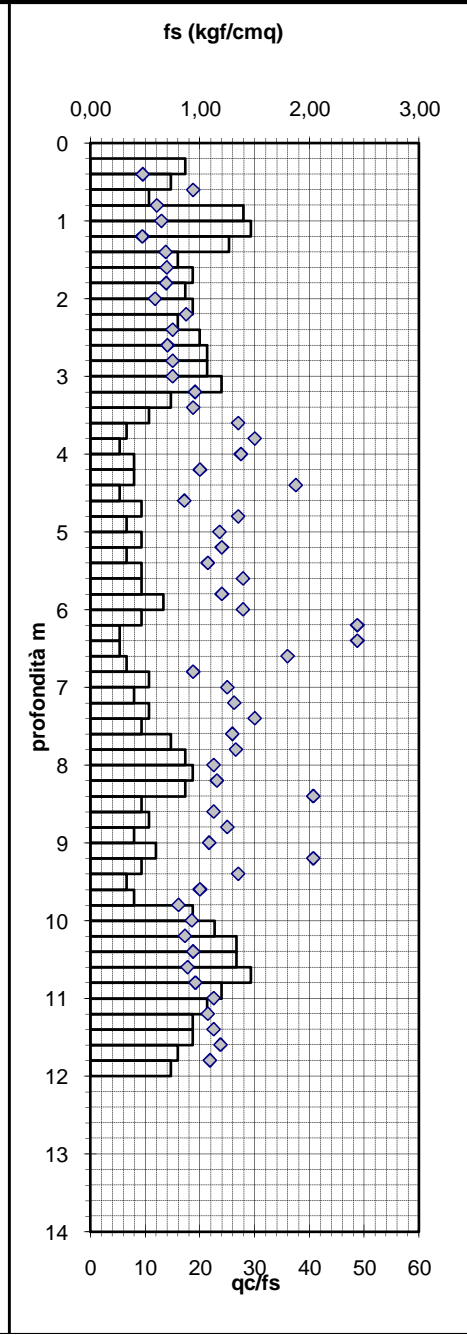
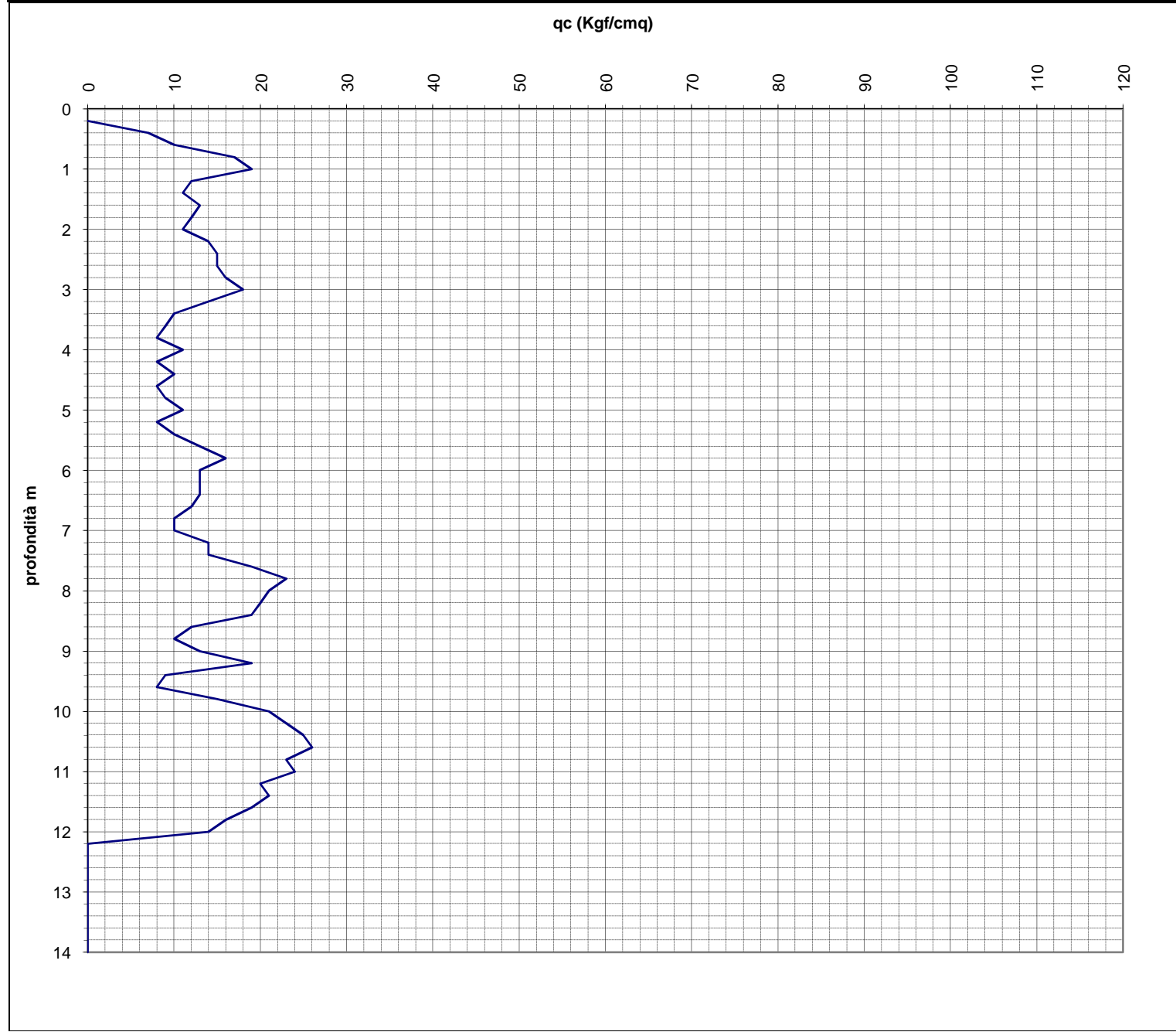
<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Sede: Via Manot 5, Salvarano di Quattro Castella (RE) Ufficio: Via Turati 8/b, Roncolo di Quattro Castella (RE) Tel 0522 258008 Fax 0522 258414 Cell 348 6902667	<b>Prova penetrometrica statica</b>				<b>COMMITTENTE: Borsari spa</b>											
	<b>CPT</b>				<b>2</b>					<b>CANTIERE: -</b>						
	ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200				Data: 14/04/2009					OPERATORE: Dr. Beretti				Profondità falda: - 1,12 m p.c.		

### Letture di campagna e elaborazioni

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0,2					5,2	8	15	0,47	24,0	10,2	23	40	1,13	17,3
0,4	7	20	0,87	9,5	5,4	10	15	0,33	21,4	10,4	25	45	1,33	18,8
0,6	10	21	0,73	18,8	5,6	13	20	0,47	27,9	10,6	26	46	1,33	17,7
0,8	17	25	0,53	12,1	5,8	16	23	0,47	24,0	10,8	23	45	1,47	19,2
1,0	19	40	1,40	13,0	6,0	13	23	0,67	27,9	11,0	24	42	1,20	22,5
1,2	12	34	1,47	9,5	6,2	13	20	0,47	48,8	11,2	20	36	1,07	21,4
1,4	11	30	1,27	13,8	6,4	13	17	0,27	48,8	11,4	21	35	0,93	22,5
1,6	13	25	0,80	13,9	6,6	12	16	0,27	36,0	11,6	19	33	0,93	23,8
1,8	12	26	0,93	13,8	6,8	10	15	0,33	18,8	11,8	16	28	0,80	21,8
2,0	11	24	0,87	11,8	7,0	10	18	0,53	25,0	12,0	14	25	0,73	
2,2	14	28	0,93	17,5	7,2	14	20	0,40	26,3	12,2				
2,4	15	27	0,80	15,0	7,4	14	22	0,53	30,0	12,4				
2,6	15	30	1,00	14,1	7,6	19	26	0,47	25,9	12,6				
2,8	16	32	1,07	15,0	7,8	23	34	0,73	26,5	12,8				
3,0	18	34	1,07	15,0	8,0	21	34	0,87	22,5	13,0				
3,2	14	32	1,20	19,1	8,2	20	34	0,93	23,1	13,2				
3,4	10	21	0,73	18,8	8,4	19	32	0,87	40,7	13,4				
3,6	9	17	0,53	27,0	8,6	12	19	0,47	22,5	13,6				
3,8	8	13	0,33	30,0	8,8	10	18	0,53	25,0	13,8				
4,0	11	15	0,27	27,5	9,0	13	19	0,40	21,7	14,0				
4,2	8	14	0,40	20,0	9,2	19	28	0,60	40,7	14,2				
4,4	10	16	0,40	37,5	9,4	9	16	0,47	27,0	14,4				
4,6	8	12	0,27	17,1	9,6	8	13	0,33	20,0	14,6				
4,8	9	16	0,47	27,0	9,8	15	21	0,40	16,1	14,8				
5,0	11	16	0,33	23,6	10,0	21	35	0,93	18,5	15,0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> Via Manot 5, Salvarano di Quattro Castella (RE) Tel 0522 258008 Fax 0522 258414 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° <b>2</b>	COMMITTENTE: Borsari spa
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico Pagani	CANTIERE: -
QUOTA: p.c.	Profondità falda: - 1,12 m p.c.	DATA: 14/04/2009



<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Sede: Via Manot 5, Salvarano di Quattro Castella (RE) Ufficio: Via Turati 8/b, Roncolo di Quattro Castella (RE) Tel 0522 258008 Fax 0522 258414 Cell 348 6902667	<b>Prova penetrometrica statica</b>				<b>COMMITTENTE: Borsari spa</b>									
	<b>CPT</b>				<b>3</b>					<b>CANTIERE: -</b>				
	ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200				Data: 14/04/2009									
	OPERATORE: Dr. Beretti				Profondità falda: - 0,95m p.c.									

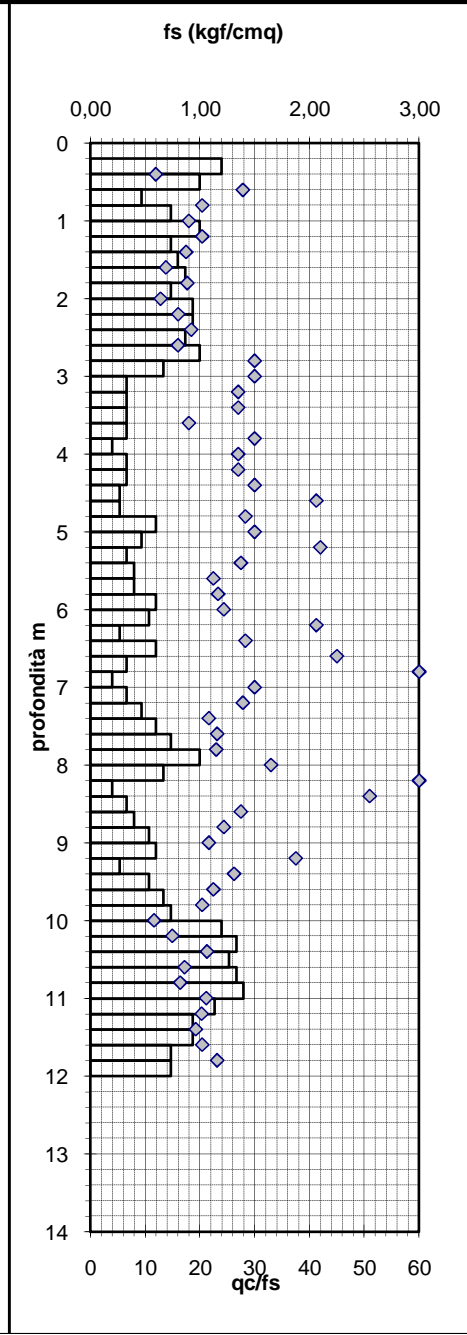
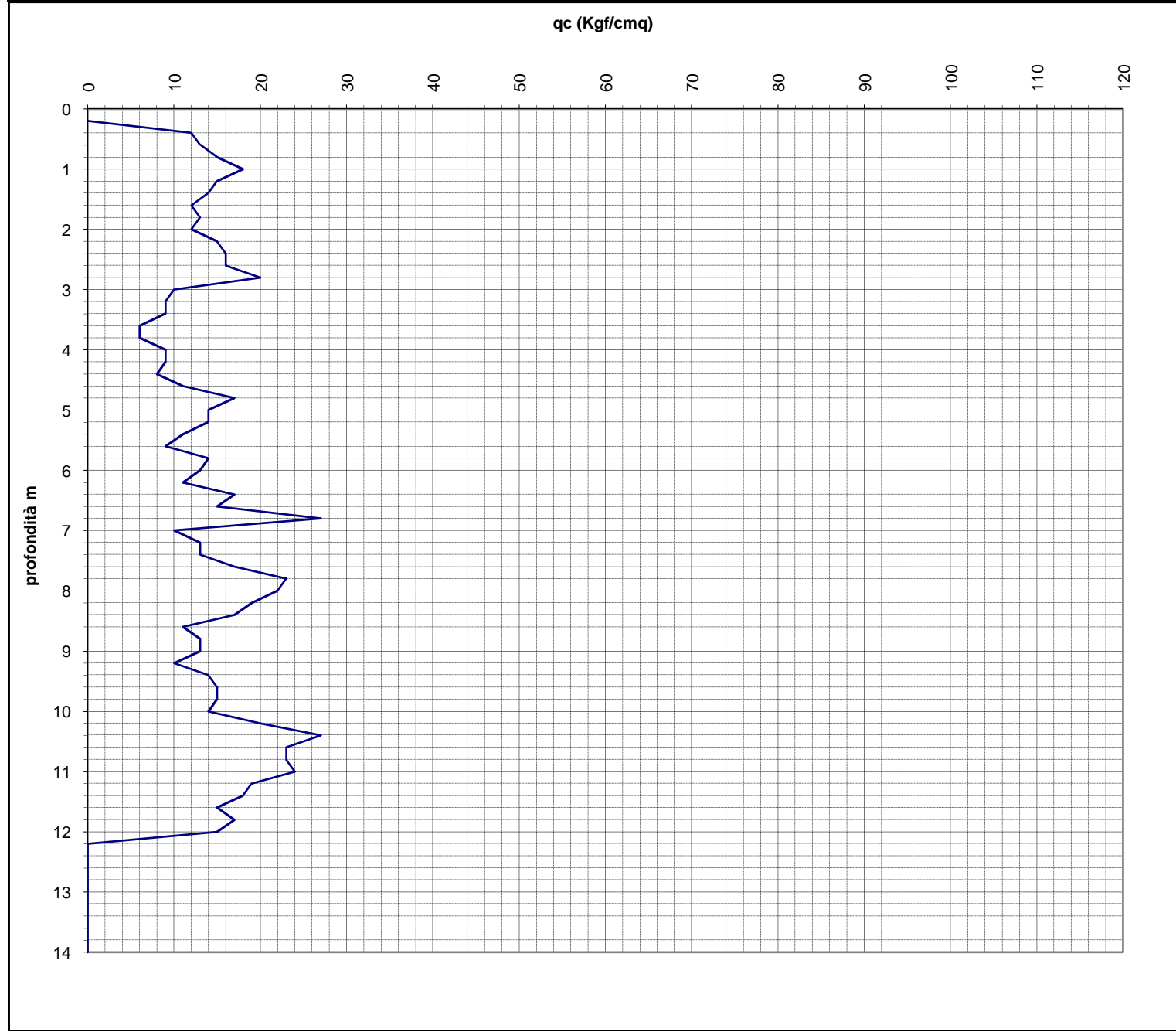
### Letture di campagna e elaborazioni

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0,2					5,2	14	21	0,47	42,0	10,2	20	38	1,20	15,0
0,4	12	30	1,20	12,0	5,4	11	16	0,33	27,5	10,4	27	47	1,33	21,3
0,6	13	28	1,00	27,9	5,6	9	15	0,40	22,5	10,6	23	42	1,27	17,3
0,8	15	22	0,47	20,5	5,8	14	20	0,40	23,3	10,8	23	43	1,33	16,4
1,0	18	29	0,73	18,0	6,0	13	22	0,60	24,4	11,0	24	45	1,40	21,2
1,2	15	30	1,00	20,5	6,2	11	19	0,53	41,3	11,2	19	36	1,13	20,4
1,4	14	25	0,73	17,5	6,4	17	21	0,27	28,3	11,4	18	32	0,93	19,3
1,6	12	24	0,80	13,8	6,6	15	24	0,60	45,0	11,6	15	29	0,93	20,5
1,8	13	26	0,87	17,7	6,8	27	32	0,33	135,0	11,8	17	28	0,73	23,2
2,0	12	23	0,73	12,9	7,0	10	13	0,20	30,0	12,0	15	26	0,73	
2,2	15	29	0,93	16,1	7,2	13	18	0,33	27,9	12,2				
2,4	16	30	0,93	18,5	7,4	13	20	0,47	21,7	12,4				
2,6	16	29	0,87	16,0	7,6	17	26	0,60	23,2	12,6				
2,8	20	35	1,00	30,0	7,8	23	34	0,73	23,0	12,8				
3,0	10	20	0,67	30,0	8,0	22	37	1,00	33,0	13,0				
3,2	9	14	0,33	27,0	8,2	19	29	0,67	95,0	13,2				
3,4	9	14	0,33	27,0	8,4	17	20	0,20	51,0	13,4				
3,6	6	11	0,33	18,0	8,6	11	16	0,33	27,5	13,6				
3,8	6	11	0,33	30,0	8,8	13	19	0,40	24,4	13,8				
4,0	9	12	0,20	27,0	9,0	13	21	0,53	21,7	14,0				
4,2	9	14	0,33	27,0	9,2	10	19	0,60	37,5	14,2				
4,4	8	13	0,33	30,0	9,4	14	18	0,27	26,3	14,4				
4,6	11	15	0,27	41,3	9,6	15	23	0,53	22,5	14,6				
4,8	17	21	0,27	28,3	9,8	15	25	0,67	20,5	14,8				
5,0	14	23	0,60	30,0	10,0	14	25	0,73	11,7	15,0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann



<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> Via Manot 5, Salvarano di Quattro Castella (RE) Tel 0522 258008 Fax 0522 258414 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° <b>3</b>	COMMITTENTE: Borsari spa
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico Pagani	CANTIERE: -
QUOTA: p.c.	Profondità falda: - 0,95m p.c.	DATA: 14/04/2009



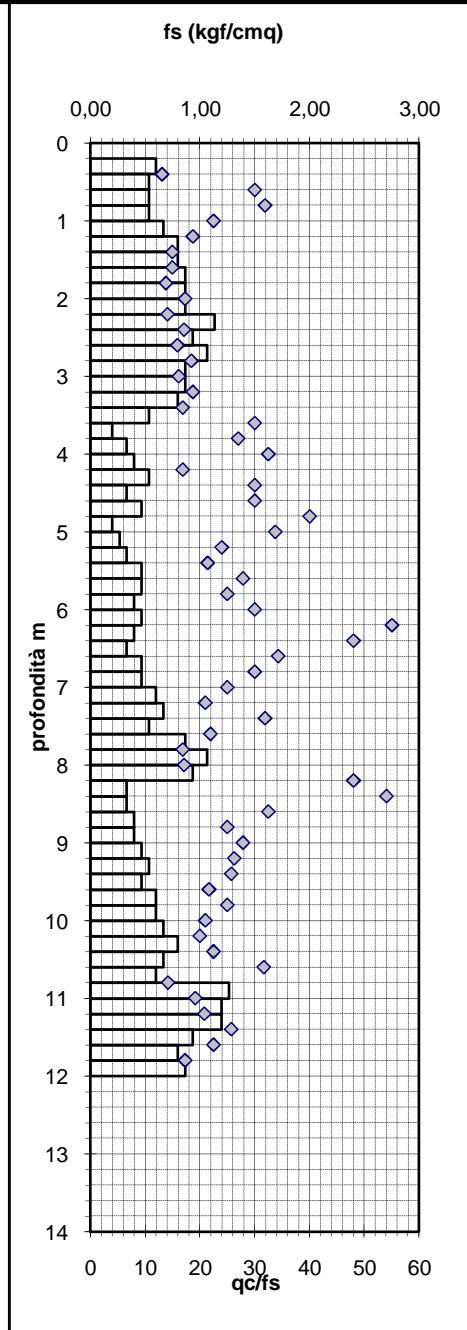
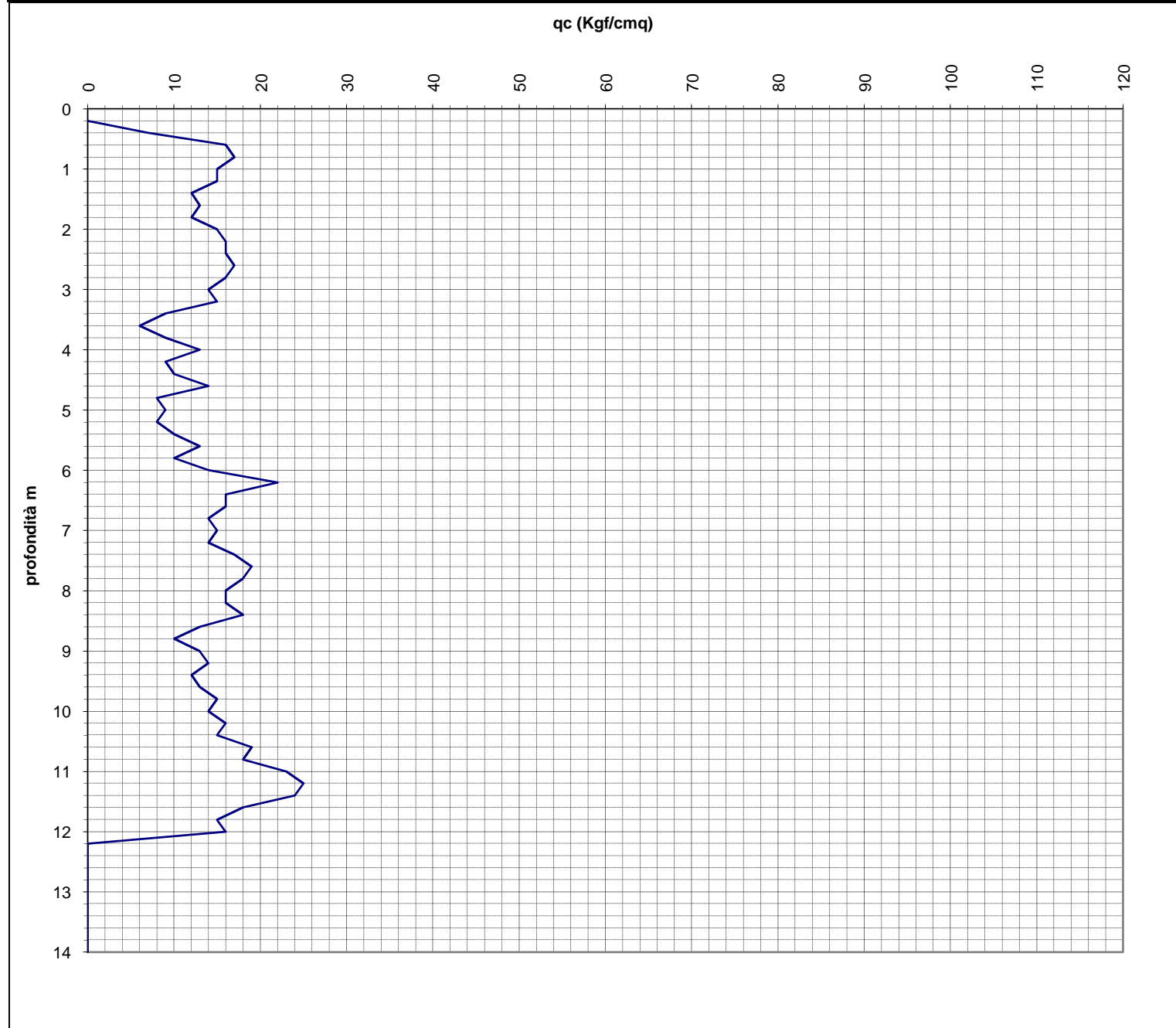
<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Sede: Via Manot 5, Salvarano di Quattro Castella (RE) Ufficio: Via Turati 8/b, Roncolo di Quattro Castella (RE) Tel 0522 258008 Fax 0522 258414 Cell 348 6902667	<b>Prova penetrometrica statica</b>				<b>COMMITTENTE: Borsari spa</b>							
	<b>CPT</b>				<b>4</b>				<b>CANTIERE: -</b>			
	ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200				Data: 14/04/2009							
	OPERATORE: Dr. Beretti				Profondità falda: - 0,75 m p.c.							

### Letture di campagna e elaborazioni

PROF.	qc kgf/cm <sup>2</sup>	RI kgf/cm <sup>2</sup>	fs kgf/cm <sup>2</sup>	qc/fs	PROF.	qc kgf/cm <sup>2</sup>	RI kgf/cm <sup>2</sup>	fs kgf/cm <sup>2</sup>	qc/fs	PROF.	qc kgf/cm <sup>2</sup>	RI kgf/cm <sup>2</sup>	fs kgf/cm <sup>2</sup>	qc/fs
0,2					5,2	8	12	0,27	24,0	10,2	16	26	0,67	20,0
0,4	7	16	0,60	13,1	5,4	10	15	0,33	21,4	10,4	15	27	0,80	22,5
0,6	16	24	0,53	30,0	5,6	13	20	0,47	27,9	10,6	19	29	0,67	31,7
0,8	17	25	0,53	31,9	5,8	10	17	0,47	25,0	10,8	18	27	0,60	14,2
1,0	15	23	0,53	22,5	6,0	14	20	0,40	30,0	11,0	23	42	1,27	19,2
1,2	15	25	0,67	18,8	6,2	22	29	0,47	55,0	11,2	25	43	1,20	20,8
1,4	12	24	0,80	15,0	6,4	16	22	0,40	48,0	11,4	24	42	1,20	25,7
1,6	13	25	0,80	15,0	6,6	16	21	0,33	34,3	11,6	18	32	0,93	22,5
1,8	12	25	0,87	13,8	6,8	14	21	0,47	30,0	11,8	15	27	0,80	17,3
2,0	15	28	0,87	17,3	7,0	15	22	0,47	25,0	12,0	16	29	0,87	
2,2	16	29	0,87	14,1	7,2	14	23	0,60	21,0	12,2				
2,4	16	33	1,13	17,1	7,4	17	27	0,67	31,9	12,4				
2,6	17	31	0,93	15,9	7,6	19	27	0,53	21,9	12,6				
2,8	16	32	1,07	18,5	7,8	18	31	0,87	16,9	12,8				
3,0	14	27	0,87	16,2	8,0	16	32	1,07	17,1	13,0				
3,2	15	28	0,87	18,8	8,2	16	30	0,93	48,0	13,2				
3,4	9	21	0,80	16,9	8,4	18	23	0,33	54,0	13,4				
3,6	6	14	0,53	30,0	8,6	13	18	0,33	32,5	13,6				
3,8	9	12	0,20	27,0	8,8	10	16	0,40	25,0	13,8				
4,0	13	18	0,33	32,5	9,0	13	19	0,40	27,9	14,0				
4,2	9	15	0,40	16,9	9,2	14	21	0,47	26,3	14,2				
4,4	10	18	0,53	30,0	9,4	12	20	0,53	25,7	14,4				
4,6	14	19	0,33	30,0	9,6	13	20	0,47	21,7	14,6				
4,8	8	15	0,47	40,0	9,8	15	24	0,60	25,0	14,8				
5,0	9	12	0,20	33,8	10,0	14	23	0,60	21,0	15,0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> Via Manot 5, Salvarano di Quattro Castella (RE) Tel 0522 258008 Fax 0522 258414 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° <b>4</b>	COMMITTENTE: Borsari spa
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico Pagani	CANTIERE: -
QUOTA: p.c.	Profondità falda: - 0,75 m p.c.	DATA: 14/04/2009



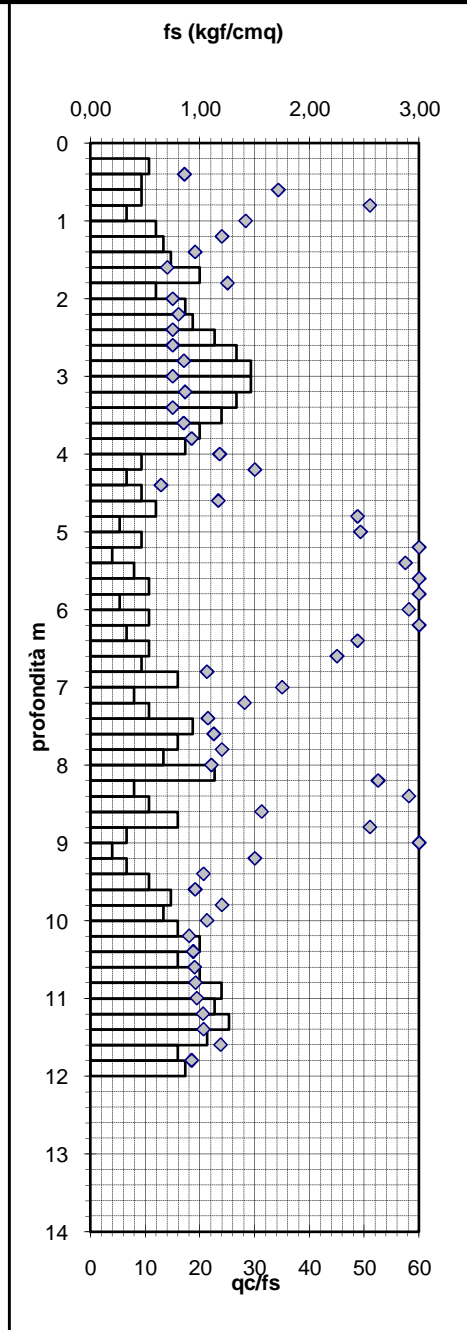
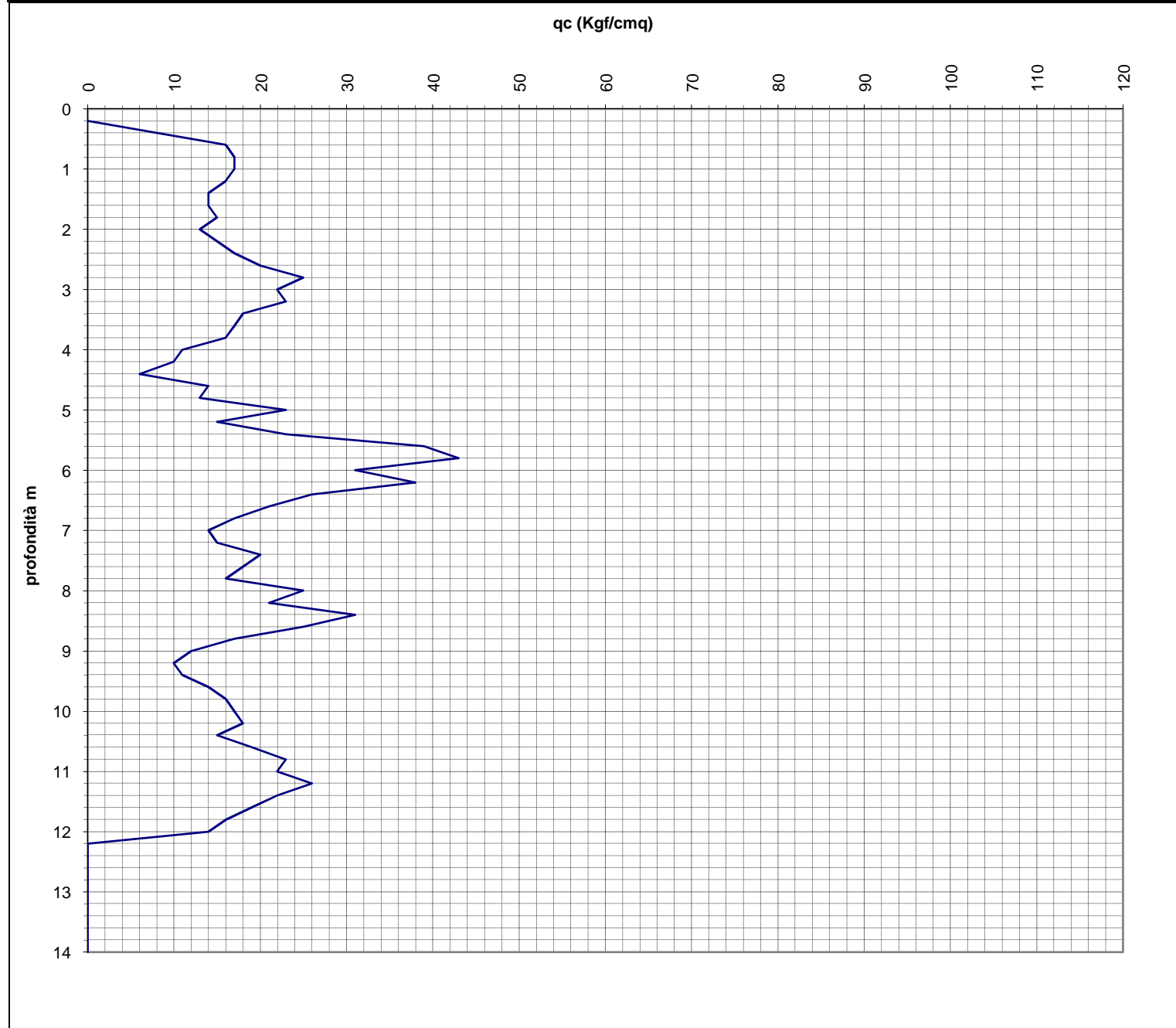
<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Sede: Via Manot 5, Salvarano di Quattro Castella (RE) Ufficio: Via Turati 8/b, Roncolo di Quattro Castella (RE) Tel 0522 258008 Fax 0522 258414 Cell 348 6902667	<b>Prova penetrometrica statica</b>				<b>COMMITTENTE: Borsari spa</b>			
	<b>CPT</b>		<b>5</b>		<b>CANTIERE: -</b>			
	ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200				Data: 14/04/2009			
	OPERATORE: Dr. Beretti				Profondità falda: - 0,70 m p.c.			

### Letture di campagna e elaborazioni

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0,2					5,2	15	22	0,47	75,0	10,2	18	30	0,80	18,0
0,4	8	16	0,53	17,1	5,4	23	26	0,20	57,5	10,4	15	30	1,00	18,8
0,6	16	23	0,47	34,3	5,6	39	45	0,40	73,1	10,6	19	31	0,80	19,0
0,8	17	24	0,47	51,0	5,8	43	51	0,53	161,3	10,8	23	38	1,00	19,2
1,0	17	22	0,33	28,3	6,0	31	35	0,27	58,1	11,0	22	40	1,20	19,4
1,2	16	25	0,60	24,0	6,2	38	46	0,53	114,0	11,2	26	43	1,13	20,5
1,4	14	24	0,67	19,1	6,4	26	31	0,33	48,8	11,4	22	41	1,27	20,6
1,6	14	25	0,73	14,0	6,6	21	29	0,53	45,0	11,6	19	35	1,07	23,8
1,8	15	30	1,00	25,0	6,8	17	24	0,47	21,3	11,8	16	28	0,80	18,5
2,0	13	22	0,60	15,0	7,0	14	26	0,80	35,0	12,0	14	27	0,87	
2,2	15	28	0,87	16,1	7,2	15	21	0,40	28,1	12,2				
2,4	17	31	0,93	15,0	7,4	20	28	0,53	21,4	12,4				
2,6	20	37	1,13	15,0	7,6	18	32	0,93	22,5	12,6				
2,8	25	45	1,33	17,0	7,8	16	28	0,80	24,0	12,8				
3,0	22	44	1,47	15,0	8,0	25	35	0,67	22,1	13,0				
3,2	23	45	1,47	17,3	8,2	21	38	1,13	52,5	13,2				
3,4	18	38	1,33	15,0	8,4	31	37	0,40	58,1	13,4				
3,6	17	35	1,20	17,0	8,6	25	33	0,53	31,3	13,6				
3,8	16	31	1,00	18,5	8,8	17	29	0,80	51,0	13,8				
4,0	11	24	0,87	23,6	9,0	12	17	0,33	60,0	14,0				
4,2	10	17	0,47	30,0	9,2	10	13	0,20	30,0	14,2				
4,4	6	11	0,33	12,9	9,4	11	16	0,33	20,6	14,4				
4,6	14	21	0,47	23,3	9,6	14	22	0,53	19,1	14,6				
4,8	13	22	0,60	48,8	9,8	16	27	0,73	24,0	14,8				
5,0	23	27	0,27	49,3	10,0	17	27	0,67	21,3	15,0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> Via Manot 5, Salvarano di Quattro Castella (RE) Tel 0522 258008 Fax 0522 258414 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° <b>5</b>	COMMITTENTE: Borsari spa
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico Pagani	CANTIERE: -
QUOTA: p.c.	Profondità falda: - 0,70 m p.c.	DATA: 14/04/2009



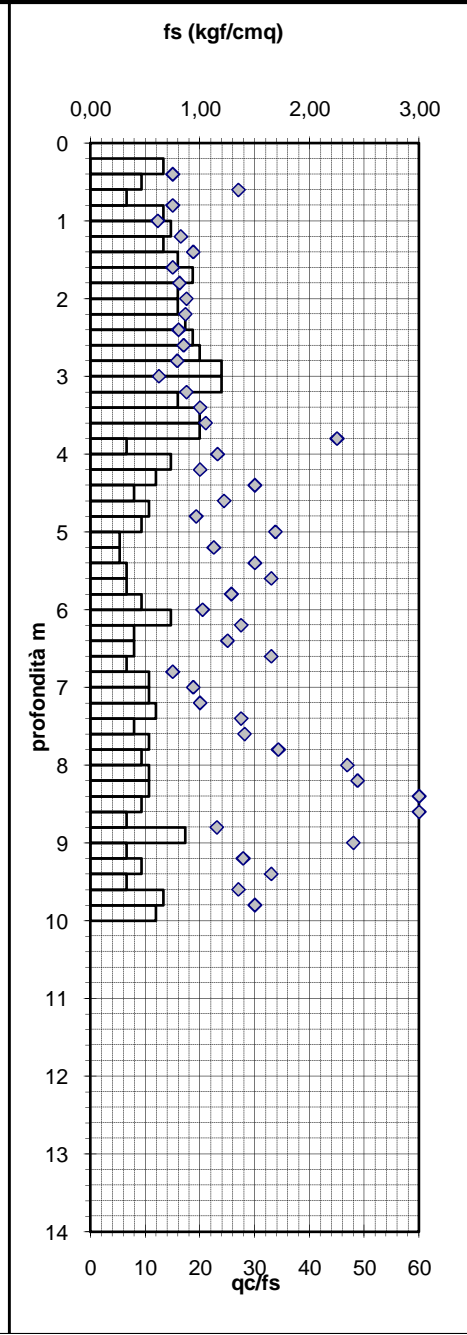
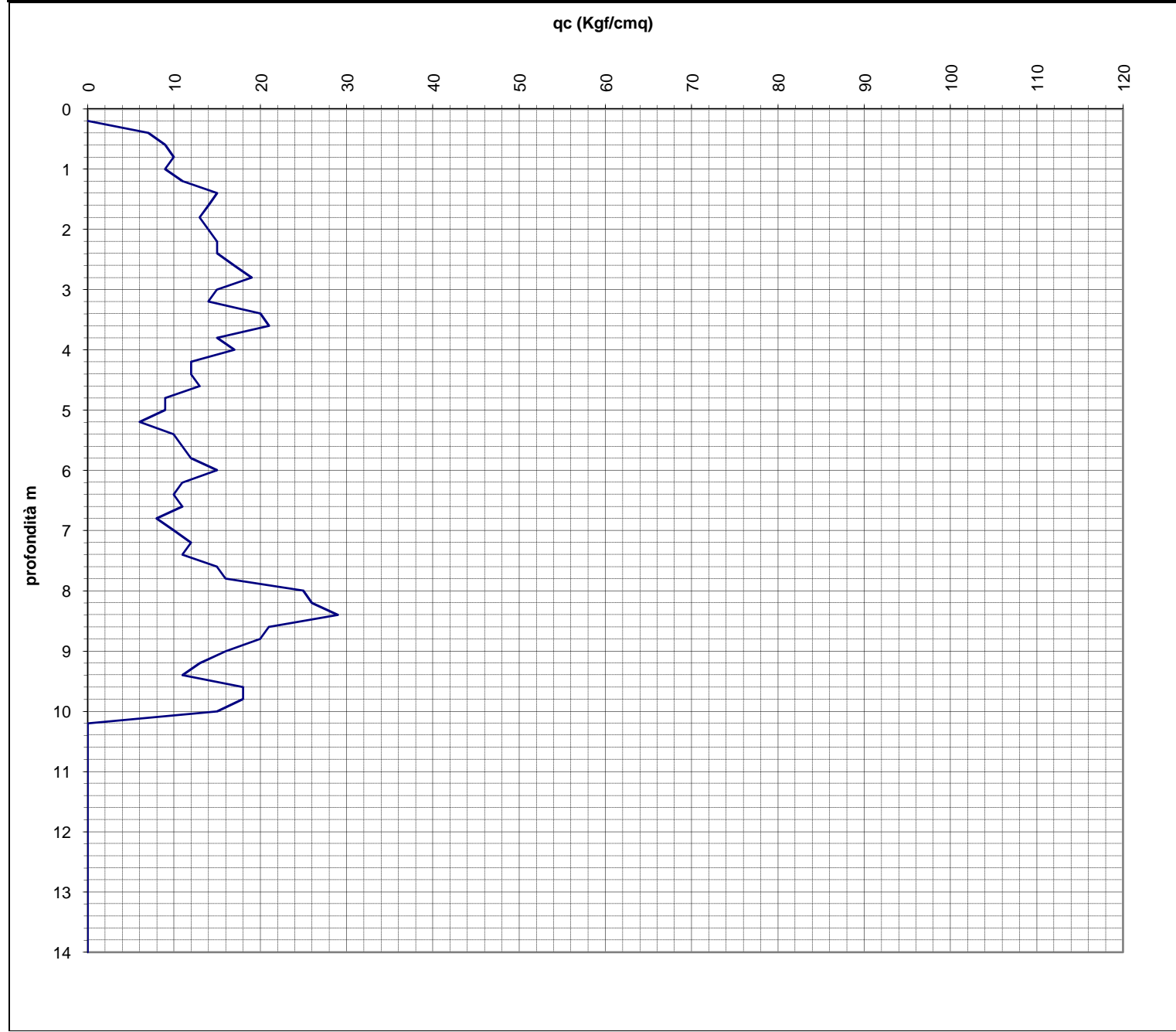
<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> <i>Geologia applicata e Geotecnica, Consulenze Ambientali</i> Sede: Via Manot 5, Salvarano di Quattro Castella (RE) Ufficio: Via Turati 8/b, Roncolo di Quattro Castella (RE) Tel 0522 258008 Fax 0522 258414 Cell 348 6902667	<b>Prova penetrometrica statica</b>			<b>COMMITTENTE: Borsari spa</b>								
	<b>CPT</b>			<b>6</b>				<b>CANTIERE: -</b>				
	ATTREZZO: Pen. Statico dinamico Pagani TG 63-200			Data: 14/04/2009				OPERATORE: Dr. Beretti			Profondità falda: - 0,70 m p.c.	

### Letture di campagna e elaborazioni

PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs	PROF.	qc kgf/cmq	RI kgf/cmq	fs kgf/cmq	qc/fs
0,2					5,2	6	10	0,27	22,5	10,2				
0,4	7	17	0,67	15,0	5,4	10	14	0,27	30,0	10,4				
0,6	9	16	0,47	27,0	5,6	11	16	0,33	33,0	10,6				
0,8	10	15	0,33	15,0	5,8	12	17	0,33	25,7	10,8				
1,0	9	19	0,67	12,3	6,0	15	22	0,47	20,5	11,0				
1,2	11	22	0,73	16,5	6,2	11	22	0,73	27,5	11,2				
1,4	15	25	0,67	18,8	6,4	10	16	0,40	25,0	11,4				
1,6	14	26	0,80	15,0	6,6	11	17	0,40	33,0	11,6				
1,8	13	27	0,93	16,3	6,8	8	13	0,33	15,0	11,8				
2,0	14	26	0,80	17,5	7,0	10	18	0,53	18,8	12,0				
2,2	15	27	0,80	17,3	7,2	12	20	0,53	20,0	12,2				
2,4	15	28	0,87	16,1	7,4	11	20	0,60	27,5	12,4				
2,6	17	31	0,93	17,0	7,6	15	21	0,40	28,1	12,6				
2,8	19	34	1,00	15,8	7,8	16	24	0,53	34,3	12,8				
3,0	15	33	1,20	12,5	8,0	25	32	0,47	46,9	13,0				
3,2	14	32	1,20	17,5	8,2	26	34	0,53	48,8	13,2				
3,4	20	32	0,80	20,0	8,4	29	37	0,53	62,1	13,4				
3,6	21	36	1,00	21,0	8,6	21	28	0,47	63,0	13,6				
3,8	15	30	1,00	45,0	8,8	20	25	0,33	23,1	13,8				
4,0	17	22	0,33	23,2	9,0	16	29	0,87	48,0	14,0				
4,2	12	23	0,73	20,0	9,2	13	18	0,33	27,9	14,2				
4,4	12	21	0,60	30,0	9,4	11	18	0,47	33,0	14,4				
4,6	13	19	0,40	24,4	9,6	18	23	0,33	27,0	14,6				
4,8	9	17	0,53	19,3	9,8	18	28	0,67	30,0	14,8				
5,0	9	16	0,47	33,8	10,0	15	24	0,60		15,0				

LEGENDA: qc = resistenza alla punta; RI = resistenza laterale; fs = resistenza ad attrito laterale locale; qc/fs = rapporto di Begemann

<b>Dott. Geol. Paolo Beretti</b> Via Manot 5, Salvarano di Quattro Castella (RE) Tel 0522 258008 Fax 0522 258414 Cell. 348 6902667	PROVA PENETROMETRICA C.P.T. N° <b>6</b>	COMMITTENTE: Borsari spa
	ATTREZZO: Pen. statico dinamico Pagani	CANTIERE: -
QUOTA: p.c.	Profondità falda: - 0,70 m p.c.	DATA: 14/04/2009



**VERIFICA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE COL METODO DI ROBERTSON & WRIE MODIFICATO (1998)**

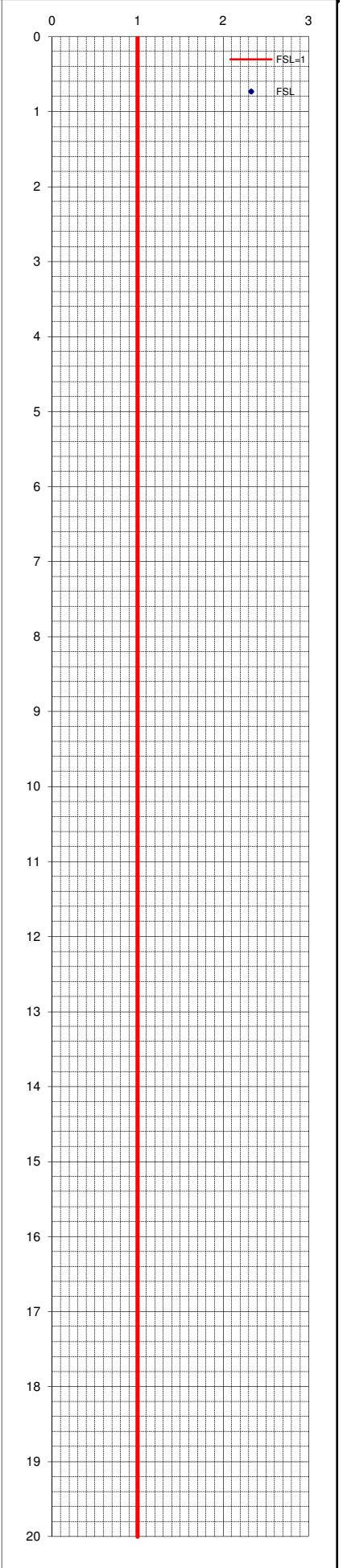
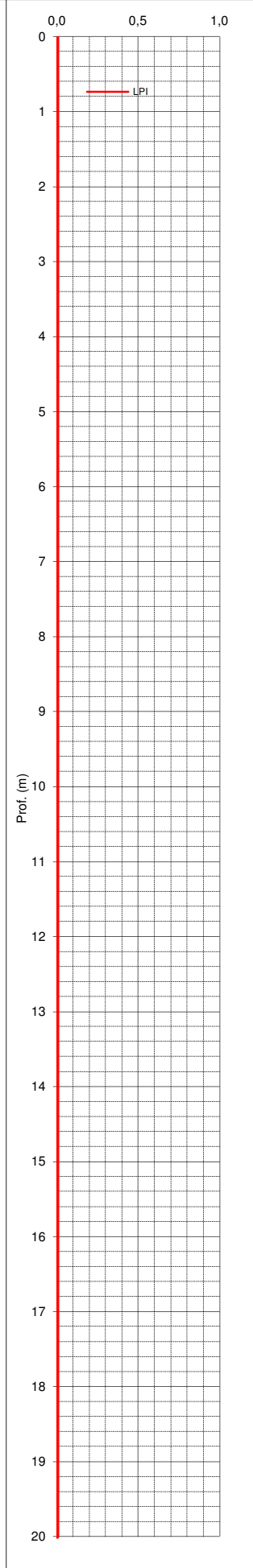
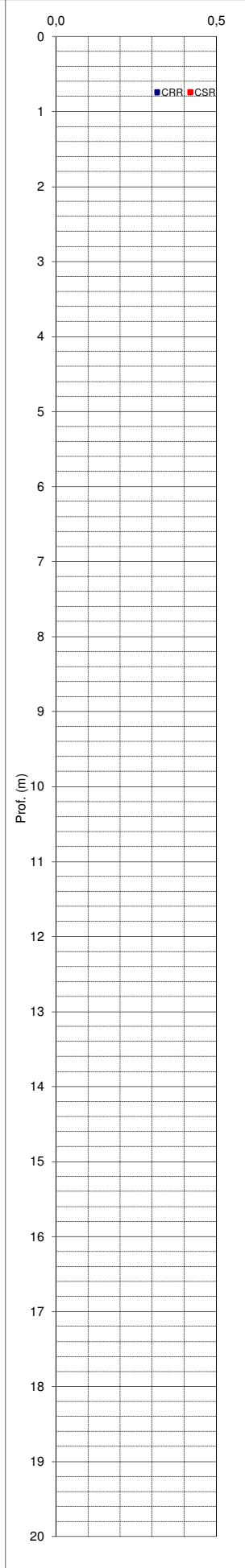
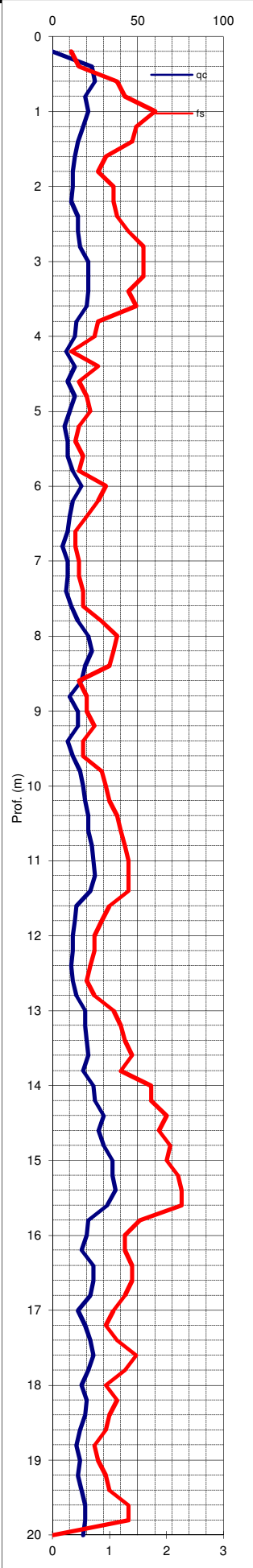
Cantiere: Borsari Spa  
 Località: Nonantola  
 Operatore: Dott. M. Boccaletti

Quota inizio: p.c.  
 Prof. falda: riuso -0.8 m p.c.  
 DATA: 24/08/2016

**PROVA N°: 1**

Prof. Falda considerata	0,8
amax/g	0,24
Magnitudo attesa M	6,14

MSF (Idriss, 1997)	<b>1,67</b>	Indice del Potenziale di liquefazione $I_L$	<b>0,000</b>
--------------------	-------------	---	--------------





**VERIFICA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE COL METODO DI ROBERTSON & WRIE MODIFICATO (1998)**

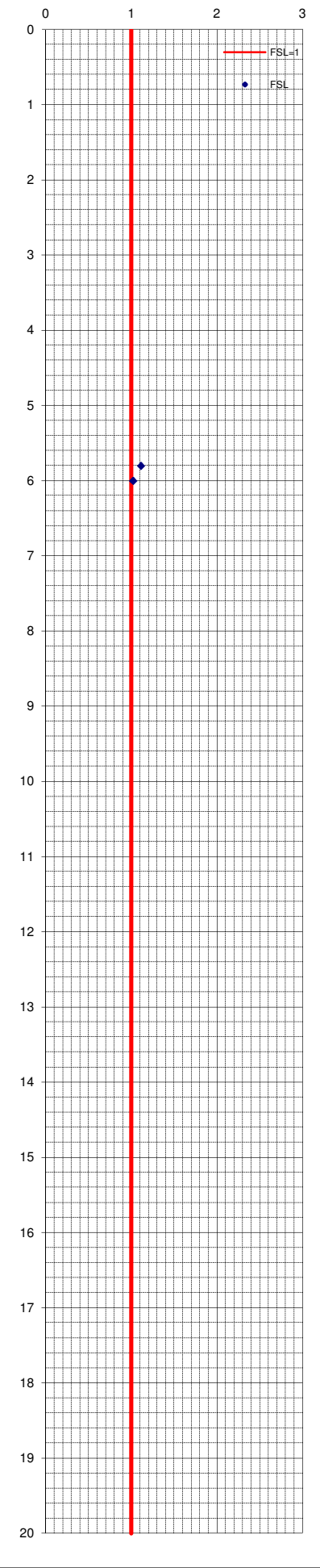
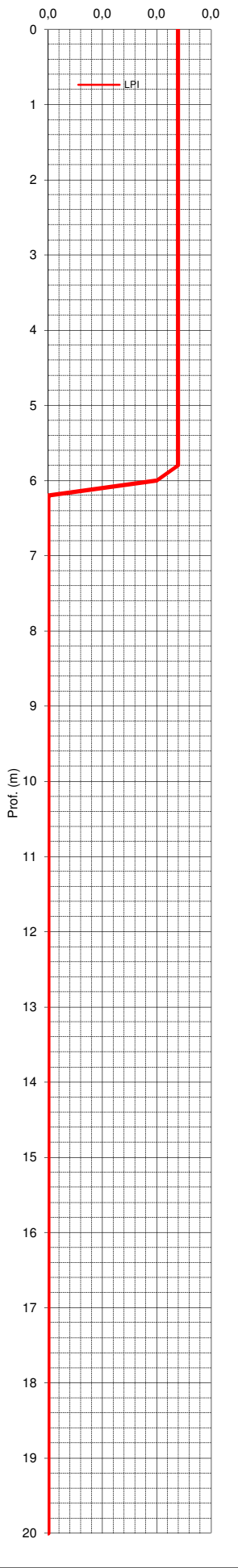
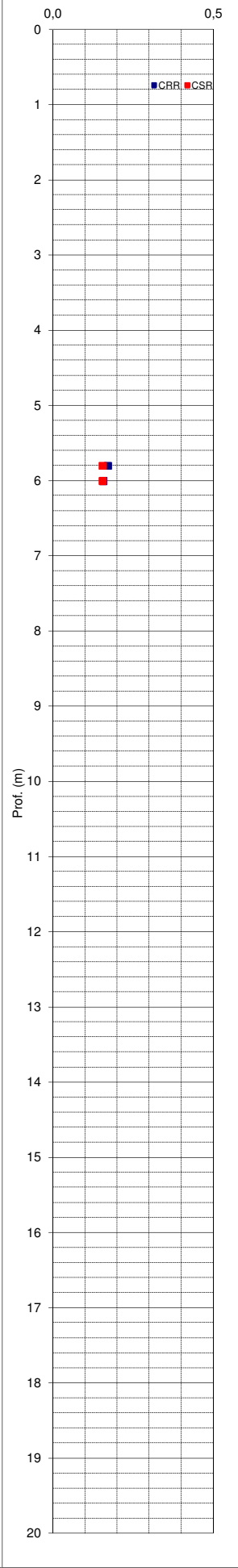
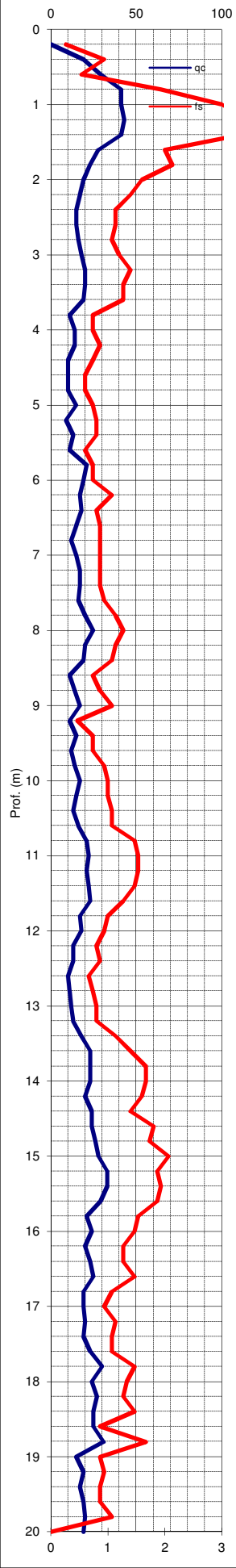
Cantiere: Borsari Spa  
 Località: Nonantola  
 Operatore: Dott. M. Boccaletti

Quota inizio: p.c.  
 Prof. falda: -2,5 m p.c.  
 DATA: 24/08/2016

**PROVA N°: 2**

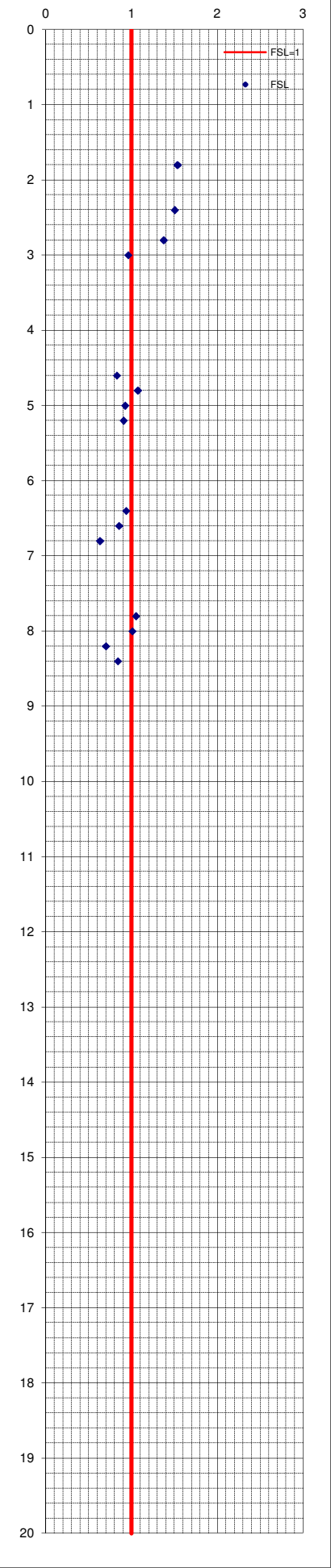
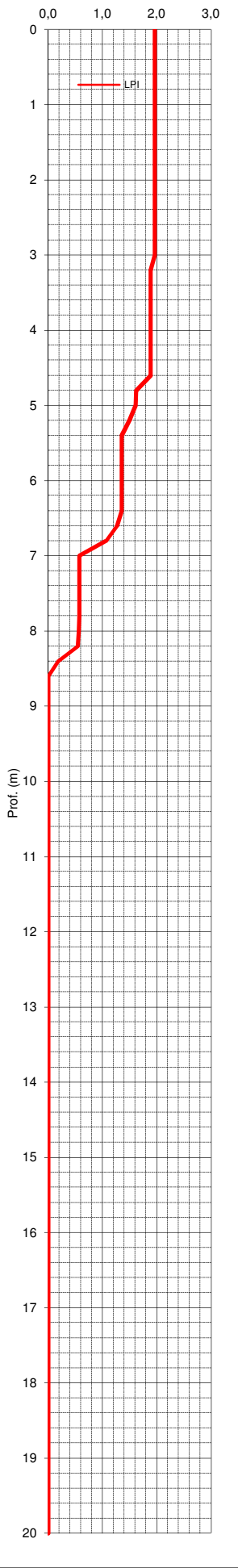
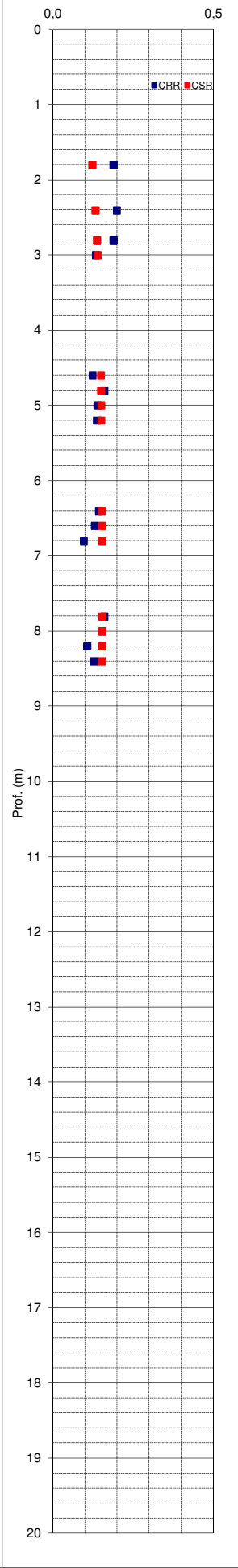
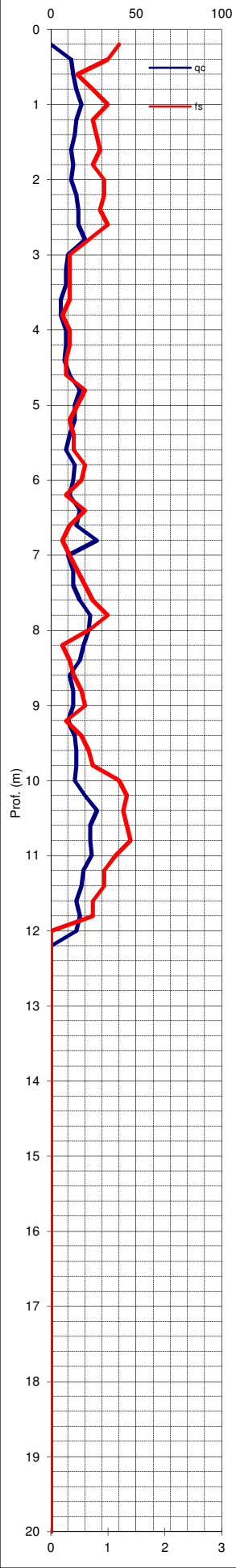
Prof. Falda considerata	0,8
amax/g	0,24
Magnitudo attesa M	6,14

MSF (Idriss, 1997)	<b>1,67</b>	Indice del Potenziale di liquefazione $I_L$	<b>0,024</b>
--------------------	-------------	---	--------------



**VERIFICA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE COL METODO DI ROBERTSON & WRIE MODIFICATO (1998)**

Cantiere: -	Quota inizio: p.c.	<b>PROVA N°: 3</b>	
Località: Nonantola	Prof. falda: - 0,95 m p.c.	Prof. Falda considerata	0,95
Operatore: Dott. Beretti	DATA 14/04/2009	amax/g	0,24
<b>MSF (Idriss, 1997)</b>	<b>1,67</b>	<b>Indice del Potenziale di liquefazione <math>I_L</math></b>	<b>1,961</b>
		Magnitudo attesa M	6,14



**VERIFICA SUSCETTIBILITA' ALLA LIQUEFAZIONE COL METODO DI ROBERTSON & WRIE MODIFICATO (1998)**

Cantiere: - Quota inizio: p.c.  
 Località: Nonantola Prof. falda: - 0,70 m p.c.  
 Operatore: Dott. Beretti DATA 14/04/2009

**PROVA N°: 5**

Prof. Falda considerata	0,7
amax/g	0,24
Magnitudo attesa M	6,14

MSF (Idriss, 1997)	1,67	Indice del Potenziale di liquefazione $I_L$	3,281
--------------------	------	---	-------

