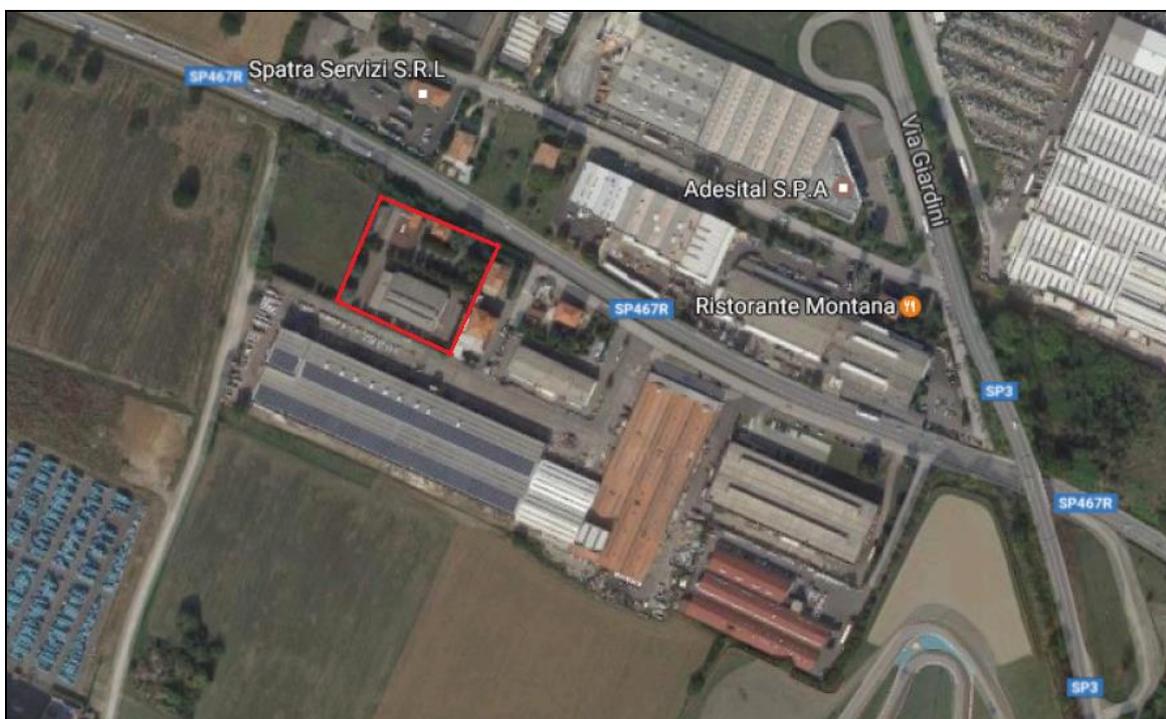


DOTT. ANNA VACCARI  
GEOLOGO

Modena, giugno 2017

## RELAZIONE GEOLOGICO GEOTECNICA E SISMICA



COMUNE DI FIORANO MODENESE – PROVINCIA DI MODENA  
AMBITO AR.1d - VIA GIARDINI

# INDICE

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>2</b>
1.1	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
1.2	INDAGINI GEOGNOSTICHE ATTUALI E PREGRESSE	4
1.2.1	PROVE PENETROMETRICHE STATICHE	4
1.2.2	INDAGINI GEOFISICHE	6
1.3	RIFERIMENTI NORMATIVI	7
<b>2</b>	<b>MODELLAZIONE DEL SITO</b>	<b>9</b>
2.1	LINEAMENTI MORFOLOGICI GEOMORFOLOGICI E IDROMORFOLOGICI	9
2.2	LINEAMENTI SISMOTETTONICI GEOLOGICI E LITOSTRATIGRAFICI	9
2.3	LINEAMENTI IDROGEOLOGICI GENERALI E LOCALI	12
2.4	VINCOLI E ZONIZZAZIONI DI TUTELA	14
<b>3</b>	<b>MODELLO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA</b>	<b>20</b>
<b>4</b>	<b>PERICOLOSITÀ E AZIONE SISMICA DA NTC2008 ALLO STATO LIMITE SLV</b>	<b>22</b>
4.1	CATEGORIA TOPOGRAFICA E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	22
4.2	CONDIZIONI DI SITO E CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE	22
4.3	PERICOLOSITÀ SISMICA DA NTC 2008	23
4.4	AZIONE SISMICA DA NTC 2008 SLV	24
<b>5</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE SISMICA E MODELLAZIONE GEOTECNICA</b>	<b>26</b>
5.1	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	26
5.2	MODELLAZIONE GEOTECNICA	26
5.3	INDICAZIONI TECNICHE PER LA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO	27
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>28</b>

ALLEGATO 1: Diagrammi penetrometrici e tabulati

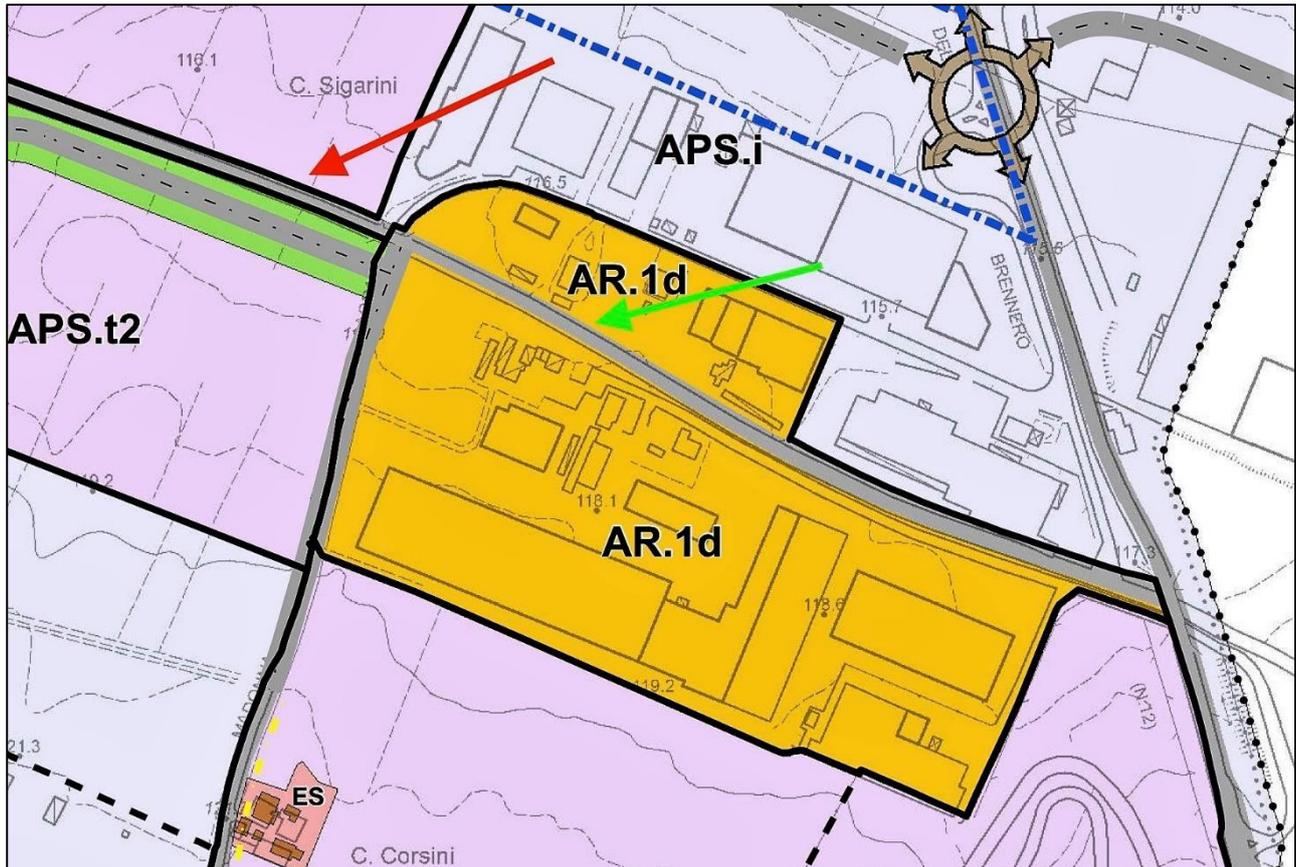
ALLEGATO 2: Indagine geofisica (2012)

---

# 1 INTRODUZIONE

Su incarico dell'Ing. Marco Montorsi (D.L. - **mopro** - studio di progettazione) d'intesa con la Proprietà, si è provveduto alla stesura di una relazione geologico - geotecnica e sismica a corredo di una proposta progettuale di Variante al P.O.C. in Comune di Fiorano Modenese (Provincia di Modena) redatta anche ad uso pratica edilizia (permesso di costruire), al fine di verificare le caratteristiche dei terreni presenti in relazione all'idoneità del nuovo assetto urbanistico previsto per l'Ambito produttivo denominato AR.1d in oggetto e alla progettazione strutturale (Fig. 1).

**FIGURA 1: STRALCIO PSC**

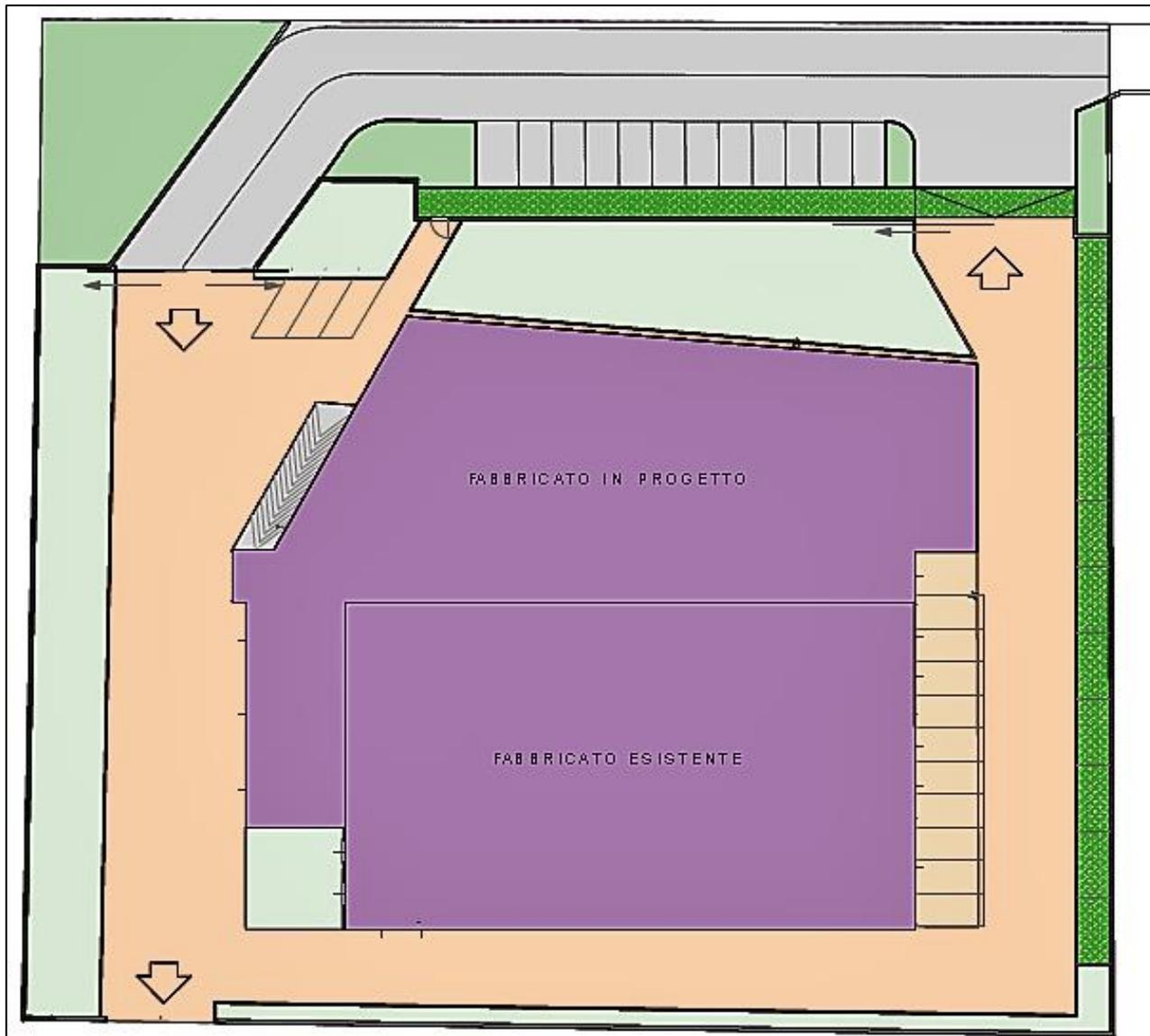


Come riferito dal progettista si prevede la demolizione dei manufatti presenti nel settore nord ovest dell'Ambito posto a sud della SP467R con riorganizzazione della viabilità, finalizzata a migliorarne l'accessibilità e a determinare un più congruo distacco dell'edificato dall'asse della Pedemontana con creazione di parcheggi e verde pubblico (Sup. territoriale sub-ambito da inserire nel POC = 6.121,00 m<sup>2</sup>), oltre alla nuova costruzione di un fabbricato produttivo affianco al capannone esistente che sarà dotato di fondazioni dirette superficiali del tipo a plinti isolati associati a cordoli di collegamento, i cui dettagli tecnici sono riportati negli elaborati del progetto strutturale (Fig. 2).

Allo scopo di ricostruire il quadro geologico generale, la litostratigrafia dei depositi presenti, l'assetto idrogeologico e gli aspetti sismici dell'area, si sono consultati i dati bibliografici e cartografici con particolare riguardo agli elaborati redatti a corredo del PSC e del POC "Indagine geologica relativa alla valutazione strategica preventiva inerente gli ambiti del Piano Strutturale Comunale - marzo 2004", "Indagine geologica relativa al Piano Operativo Comunale del Comune di Fiorano Modenese - giugno 2006", con la quale si avallava la fattibilità geologica degli interventi previsti nel POC per l'ambito in oggetto, e "Relazione geologica e Studio di Microzonazione sismica" con relativa cartografia redatta corredo della Variante 2013 al PSC (aggiornamento del quadro conoscitivo).

Lo studio, riguardante anche gli aspetti geotecnici della progettazione strutturale legata alla riduzione del rischio sismico, ha fatto inoltre riferimento ad indagini di archivio eseguite a corredo di altri progetti realizzati nelle vicinanze dell'area d'interesse che hanno permesso di definirne il quadro generale di tipo geologico, geotecnico, idrogeologico e sismico accertando, altresì, la fattibilità geologico-geotecnica di analoghi interventi edilizi su di essa gravanti.

**FIGURA 2: STATO DI PROGETTO**



Sup. territoriale sub-ambito da inserire nel POC = 6.121,00 m<sup>2</sup>

Sup. area di proprietà = 5.912,00 m<sup>2</sup> (catastale)

Sup. permeabile minima 20% = 1.182,00 m<sup>2</sup>

Parcheggi pubblici min 5% (296,00 m<sup>2</sup> /25) = n°12 posti auto

---

## 1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La zona è rappresentata nella Cartografia Tecnica Regionale dell'Emilia Romagna nella Carta Topografica, in scala 1:25.000, n. 219 NE "Formigine", nella Sezione, in scala 1:10.000, n. 219070 e nell'Elemento, in scala 1:5.000, n. 219074 entrambe denominate "Maranello".

## 1.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE ATTUALI E PREGRESSE

Scopo della campagna geognostica è quello di verificare la litostratigrafia locale del sottosuolo e di definire i parametri geotecnici caratteristici dei terreni interessati anche mediante la caratterizzazione sismica del sito. Ai sensi dell'articolo 3.2.2 nota 1 del D.M. 14.01.2008, la caratterizzazione geotecnica dei terreni è da estendersi all'intero "volume significativo" inteso come quella parte di sottosuolo interessata dal manufatto; ai fini poi della categoria del sito le NTC stabiliscono di indagare i primi 30 m al di sotto del piano di posa delle strutture fondali.

In data 19.06.2017 si è quindi eseguita una apposita indagine in sito volta a fornire, oltre l'assetto stratigrafico, la stima dei parametri necessari per la definizione del modello geotecnico e, tenuto conto dell'indagine sismica a rifrazione a corredo dello studio di Microzonazione Sismica di II livello denominata MASW 6 (Aprile 2012), anche la caratterizzazione sismica ai fini della determinazione della resistenza di progetto e dell'azione sismica.

Per esigenze logistiche di cantiere (fabbricati da demolire, zone asfaltate) e data conoscenza acquisita con precedenti campagne geognostiche nella zona, per la verifica tecnica puntuale dei terreni si sono eseguite n. 2 prove penetrometriche ad infissione statica con misurazione del livello dell'acqua mediante utilizzo di freatimetro elettroacustico.

### 1.2.1 PROVE PENETROMETRICHE STATICHE

L'indagine, ubicata come in figura (Fig. 3) è stata finalizzata alla valutazione dello spessore e della consistenza dei depositi fini di copertura oltre a verificare la quota del tetto delle ghiaie sottostanti.

Per l'esecuzione delle prove ad infissione statica, approfondite fino a rifiuto strumentale, si è utilizzato un penetrometro ad infissione statica Pagani cingolato da 100 kN di spinta (Figg. 4 - 5), impiegando per la perforazione una punta Friction Jacket Cone avente un'area di 10 cm<sup>2</sup> ed un angolo alla punta di 60°, che consente di determinare il carico di rottura ed applicando opportune correlazioni, dal rapporto fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale locale, si risale alla granulometria e di conseguenza alla litologia dei terreni attraversati.

Si riportano in allegato i diagrammi penetrometrici scaturiti dalle letture di campagna con relativa elaborazione (punta, laterale, totale) dei valori misurati in sito ogni 20 cm di avanzamento della punta nel terreno (Allegato 1), unitamente a due prove del POC effettuate nelle vicinanze.

I valori di resistenza all'infissione caratteristici dei vari livelli del sottosuolo misurati in sito, oltre a fornire utili informazioni per il riconoscimento di massima della litologia dei terreni attraversati sulla base del rapporto  $R_p/R_l$  ( $q_c/f_s$ ) fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale (Rapporto di Begemann – Raccomandazioni AGI) ovvero sulla base dei valori di  $R_p$  e del rapporto  $Fr = R_l/R_p$  % (Schemertmann), possono essere empiricamente correlati anche ad alcune delle principali caratteristiche geotecniche dei terreni. I dati ricavati mediante l'ausilio di apposito software commercializzato dalla ditta *Geostru* denominato *Static Probing* sono stati tabulati e riportati nell'apposito capitolo ove si è altresì schematizzata la successione stratigrafica (Cap. 3).

FIGURA 3: UBICAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

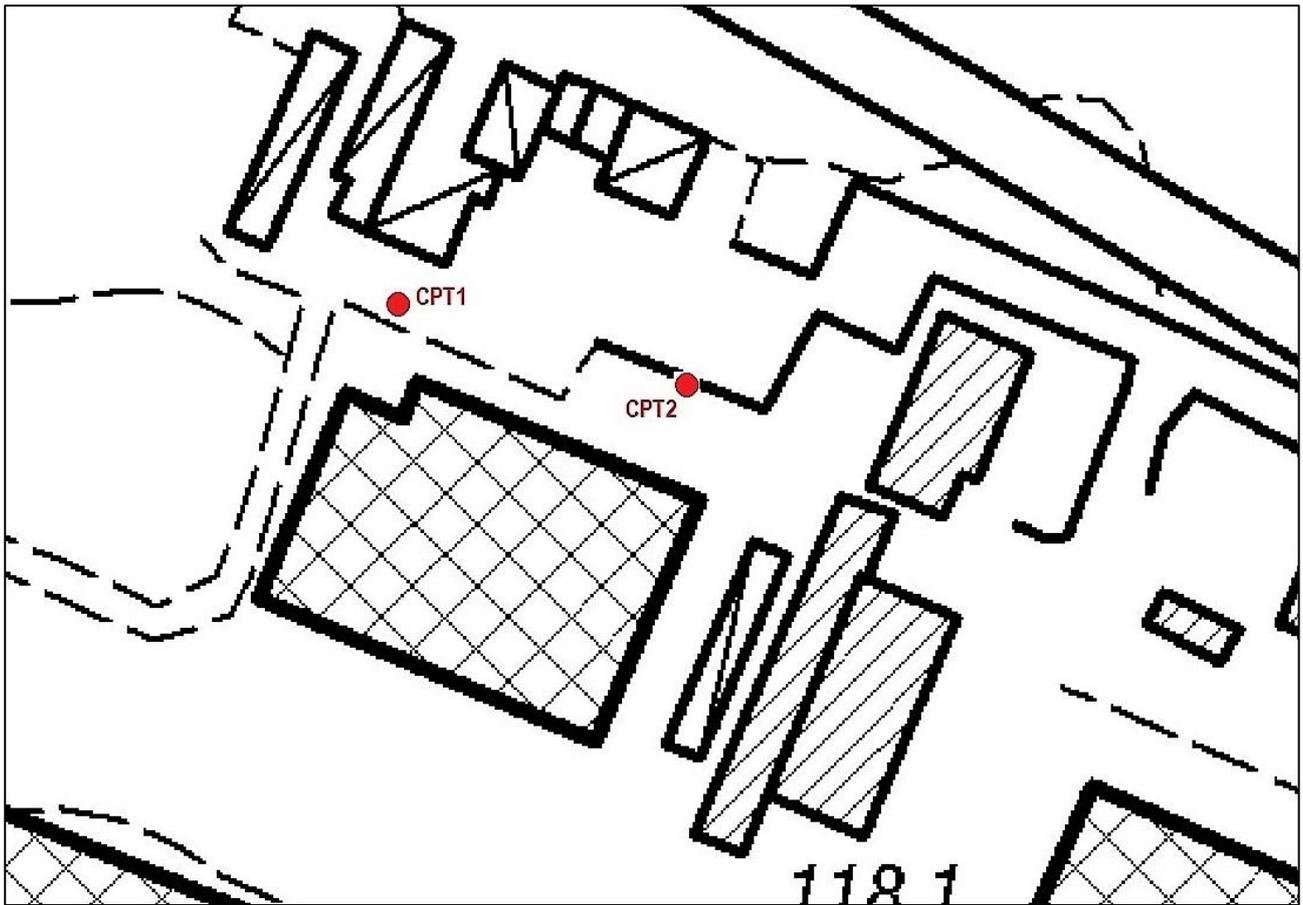


FIGURA 4: CPT1



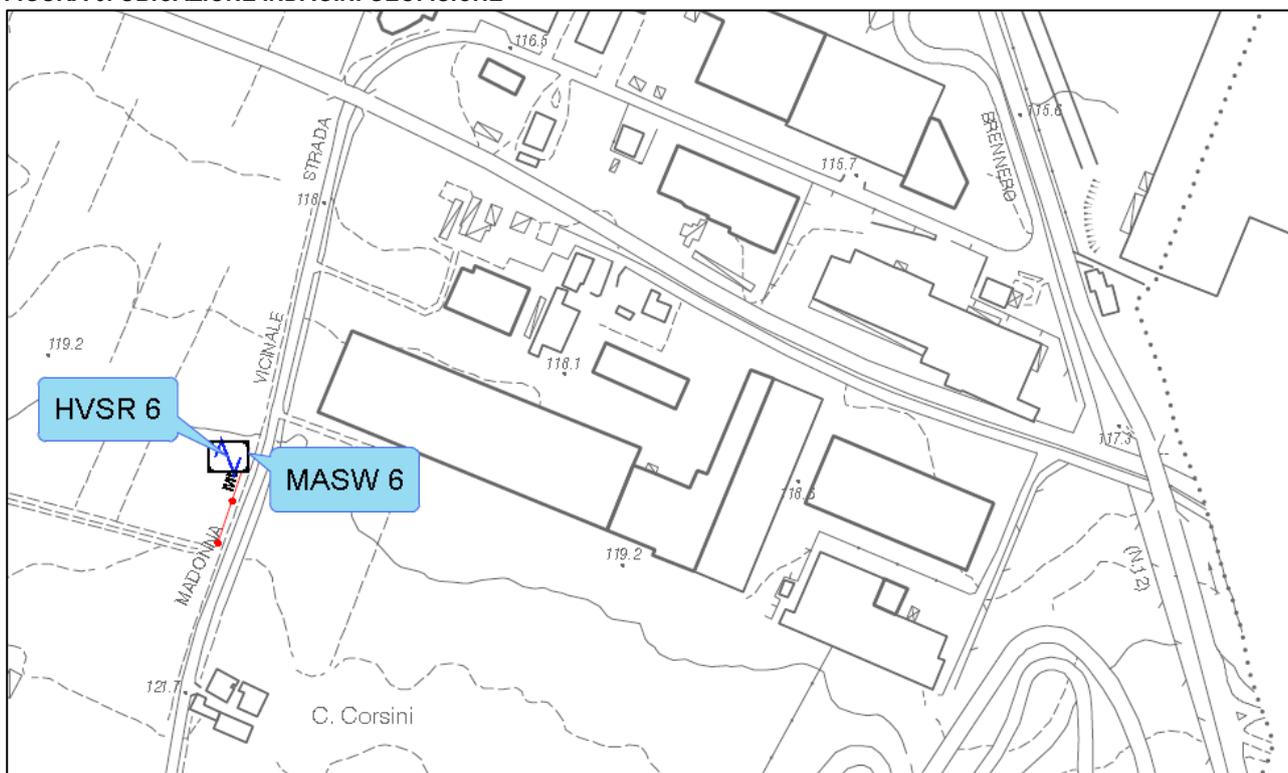
FIGURA 5: CPT2



## 1.2.2 INDAGINI GEOFISICHE

Dal momento che, in relazione alla presenza abbastanza superficiale di banchi ghiaiosi addensati tipici dell'intera zona, le prove penetrometriche consentono di indagare soltanto un modesto spessore di terreno si è tenuto conto, come anticipato, dell'indagine geofisica effettuata in area decisamente prossima all'Ambito AR.1d d'interesse (Fig.6).

FIGURA 6: UBICAZIONE INDAGINI GEOFISICHE



---

In particolare si è effettuata prospezione sismica di superficie con tecnica a rifrazione delle onde P e determinazione sperimentale mediante inversione con metodo MASW (Multychannel Analisis of Surface Waves) del valore di  $V_{s,30}$  corredata a registrazione di microtremiti HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratios).

Tali indagini hanno permesso di ricostruire, sulla base delle caratteristiche fisiche e meccaniche, i rapporti geometrici degli strati di terreno (definizione della profondità del bedrock sismico e dello spessore del deposito di copertura), i profili di velocità delle onde sismiche ed il computo del valore di  $V_{s,30}$  e di  $V_sH$  (Allegato 2).

Sulla base della  $V_{s,30}$  (velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio entro 30 m di profondità dal piano di posa delle fondazioni) si è individuata la Categoria del suolo di fondazione che ha consentito di quantificare l'amplificazione sismica al fine di definire lo spettro di risposta sismico del sito, ovvero i parametri valutativi litologici e geotecnici necessari per la definizione dell'azione sismica di progetto e, conseguentemente, le azioni sismiche agenti sulle opere che interagiscono con il terreno di cui tenere conto nei calcoli delle strutture.

### 1.3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Lo studio è stato svolto in ottemperanza alle indicazioni fornite dalla normativa con particolare riguardo al D.M. 14.01.2008 (G.U. 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30) *“Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni”*, tenuto naturalmente conto anche delle indicazioni fornite dall'Associazione Geotecnica Italiana *“Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica: linee guida”*.

L'attesa del D.M. di approvazione della revisione delle NTC che sancirà il superamento del testo del 2008 e l'entrata in vigore delle NTC2017, congiuntamente alla pubblicazione in Gazzetta Ufficiale è praticamente terminata. Dopo l'ok ricevuto dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome del 22 dicembre 2016, il documento aggiornato con la bozza delle nuove Norme tecniche per le costruzioni è stato inviato il 6 febbraio 2017 alla Commissione Europea che ha espresso il proprio parere entro la data prevista del 9 maggio e con la riunione del 16 maggio in Consiglio Superiore dei LLPP si è conclusa la fase preparatoria del testo della Circolare. L'aggiornamento è stato approvato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, di concerto con il Ministro dell'Interno e con il capo della Protezione civile.

#### **Normativa Nazionale**

Eurocodice 7 del 30.04.1997 (Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali); Eurocodice 8 del 28.02.1998 (Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici); Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20.03.2003, n. 3274 (Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica); Ordinanza P.C.M. del 02.10.2003, n. 3316 (Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274); Decreto P.C.M. 21.10.2003, n. 3316 (Disposizioni attuative dell'art. 2, commi 2, 3 e 4, dell'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274); Ordinanza del P.C.M. del 03.05.2005, n. 3431 (Ulteriori modifiche ed integrazioni all'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274); Decreto Ministeriale del 14.09.2005 (Norme tecniche per le costruzioni); Ordinanza del P.C.M. del 28.04.2006, n. 3519 (Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone); Decreto Ministeriale del 14.01.2008 (Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni); Decreto Ministeriale n. 161/2012 (Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo); Legge 98/2013 (Disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia); DPR 279/2016 (disciplina semplificata sulla gestione delle terre e rocce da scavo) in attuazione dell'articolo 8 del decreto Sblocca Italia (DL n.

---

133/2014) che agevola e incrementa il ricorso alla gestione delle terre e rocce da scavo come sottoprodotti, semplificando le procedure e riducendo gli oneri documentali, fissando tempi certi e definiti per l'avvio delle attività di gestione di materiali e garantendo che avvengano in condizioni di sicurezza ambientale e sanitaria, prevedendo un rafforzamento del sistema di controlli e vigilanza da parte delle autorità competenti. I criteri fissati sono validi per tutte le tipologie di cantiere (piccoli, grandi ecc.) la cui sussistenza deve essere comprovata dal "piano di utilizzo" o dalla "dichiarazione di utilizzo" per cantieri di piccole dimensioni e dal "documento di avvenuto utilizzo". A differenza delle precedenti direttive, viene meglio chiarito e disciplinato il Piano di Utilizzo (Art. 10, 11 e 12) rispettivamente per le terre e rocce conformi alle CSC, per quelle conformi ai valori di fondo naturale e per quelle prodotte in un sito oggetto di bonifica. La durata del Piano di Utilizzo è stabilita dall'Articolo 14, il quale stabilisce, inoltre, che la violazione delle tempistiche porta alla perdita da parte delle terre e rocce dello status di "sottoprodotto" diventando "rifiuto". Gli articoli 20 e 21, novità rispetto alle precedenti direttive, dettano le disposizioni relative alle terre e rocce da scavo prodotte in cantieri di piccole dimensioni, introducendo una gestione semplificata. La semplificazione avviene in particolare per quanto riguarda la documentazione da produrre per garantire e verificare la sussistenza delle condizioni previste dall'articolo 4 (Criteri per qualificare le terre e rocce da scavo come sottoprodotti). A tal proposito si introduce la "Dichiarazione di utilizzo" la quale, resa ai sensi dell'Articolo 47 del D.P.R. n. 445 del 28.12.2000, assolve a tutti gli effetti la funzione del piano di utilizzo, inoltre vengono previste tempistiche e modalità di verifica/controllo più snelle.

Il nuovo regolamento sarà pubblicato nei prossimi giorni in Gazzetta Ufficiale e assorbe, in un testo unico, le numerose disposizioni oggi vigenti che disciplinano la gestione e l'utilizzo delle terre e rocce da scavo.

#### **Normativa Regionale**

Legge Regionale Emilia-Romagna del 24.03.2000, n. 20 (Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio); Delibera della Giunta Regionale Emilia-Romagna del 24.10.2005 n. 1677 (Prime indicazioni applicative in merito al D.M. 14.09.2005 recante "Norme tecniche per le costruzioni"); Delibera Assemblea legislativa Regione Emilia-Romagna del 02.05.2007 progr. n. 112 – oggetto n. 3121; Delibera di Giunta Regionale n. 2193/2015 (Art. 16 della L.R. N.20 DEL 24/3/2000 Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"); D.G.R. 2272 del 21.12.2016 ("Atto di indirizzo recante l'individuazione degli interventi privi di rilevanza per la pubblica incolumità ai fini sismici e delle varianti in corso d'opera, riguardanti parti strutturali, che non rivestono carattere sostanziale").

#### **Normativa Provinciale**

Deliberazione di Consiglio Provinciale della Provincia di Modena n. 46 del 18/03/09 (Approvazione del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Modena in vigore dal 08.04.2009).

#### **Normativa Comunale**

"Piano Strutturale Comunale del Comune di Fiorano Modenese" approvato con Delibera C.C. n. 32 del 09.06.2005; Piano Operativo Comunale approvato con Delibera C.C. n. 90 del 24.10.2006 e successive varianti; Microzonazione sismica del territorio comunale recepita nel PSC con D.C.C. n. 21 del 27.03.2014.

---

## **2 MODELLAZIONE DEL SITO**

### **2.1 LINEAMENTI MORFOLOGICI GEOMORFOLOGICI E IDROMORFOLOGICI**

L'assetto morfologico del territorio fioranese in cui ricade l'Ambito AR.1d in oggetto appartiene all'alta pianura modenese, e più in particolare all'unità di pianura pedecollinare e dei fondivalle, caratterizzata da valori acclività molto bassi diretti verso i quadranti settentrionali (mediamente inferiori a 1°), evidenziandosi soltanto localmente pendenze maggiori in corrispondenza di incisioni di corsi d'acqua. Si riscontrano estese aree sub-pianeggianti o poco acclivi solcate da fasce leggermente più depresse allungate in senso S-N o SO-NE corrispondenti a piccole vallecole di corsi d'acqua minori; l'analisi del microrilievo e della litologia di superficie ha permesso di delineare ampie forme morfologiche oloceniche in parte coalescenti coincidenti con le conoidi di alcuni corsi d'acqua minori (Rio Corlo, R. Chianca e T. Fossa) che si sovrappongono ai depositi di ambiente continentale più antichi, ricoprendoli, e che influenzano l'andamento delle linee del drenaggio superficiale dove il forte grado di urbanizzazione non ha portato ad un loro appiattimento. Si tratta di apparati di dimensioni più contenute rispetto alla conoide del Secchia costituiti da sedimenti mediamente più fini, quali limi e sabbie con frazioni ghiaiose poco rappresentate, a testimonianza della minore energia e capacità di trasporto.

Per quanto riguarda l'idrografia di superficie, il territorio comunale appartiene al bacino del Fiume Secchia. L'attuale configurazione del reticolo drenante, orientato prevalentemente da SSO a NNE in accordo con le vallate appenniniche e in subordine perpendicolarmente a queste direttrici, è da imputarsi ad una serie di successive modificazioni antropiche sul sistema scolante superficiale naturale.

In particolare l'ambito d'interesse delimitato ad ovest dalla Strada Vicinale Madonna del Sagrato e dalla Giardini a est, si colloca nella zona orientale del territorio comunale nei pressi del confine con il Comune di Maranello; l'assetto è sub-pianeggiante lievemente degradante in direzione nord, motivato dalla collocazione morfologica al di sopra delle propaggini del conoide del T. Fossa.

Trattandosi di un'area quasi completamente urbanizzata ed edificata, sulla quale insistono uno stabilimento ceramico ed altre sedi produttive, gli elementi morfologici legati all'evoluzione paleoidrografica sono stati totalmente obliterati, non si rilevano quindi evidenze geomorfologiche.

L'ambito non risulta assoggettato a vincoli di tutela archeologica.

Attualmente l'evoluzione geomorfologica della zona, priva di idrologia di superficie e il cui drenaggio superficiale è assicurato dalla presenza di una rete fognaria, è da attribuirsi soltanto agli interventi edilizi ed infrastrutturali.

Per quel che concerne il rischio idraulico, l'ambito non ricade entro il perimetro delle aree ad elevata criticità idraulica ovvero non sono segnalate aree esondabili né tratti critici.

La morfologia a giacitura pianeggiante dell'area d'intervento, posta ad una quota di circa 117.5 m s.l.m., e le condizioni statiche dei fabbricati presenti che non presentano lesioni o deformazioni degne di nota attribuibili a cedimenti dei terreni di fondazione, portano a ritenere in condizioni ottimali di stabilità l'ambito d'interesse che, essendo caratterizzato da terreni cui competono eccellenti valori di resistenza non interessati da processi morfodinamici in atto e/o potenziali, rende fattibile l'intervento edilizio proposto senza problemi o accorgimenti costruttivi.

### **2.2 LINEAMENTI SISMOTETTONICI GEOLOGICI E LITOSTRATIGRAFICI**

Per ciascuno dei comuni italiani è stata condotta una stima del rischio sismico espresso in termini probabilistici; il valore della pericolosità sismica di riferimento PGA (Peak Ground Acceleration) ipotizza un substrato omogeneo in roccia con

---

associato un periodo di ritorno di 475 anni, valore convenzionale in quanto rappresenta l'accelerazione associata alla probabilità del 90% di non superamento considerato un tempo di ritorno di 50 anni.

In base all'O.P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 e successive modifiche (O.P.C.M. del 02.10.2003 n. 3316 e O.P.C.M. del 03.05.2005 n. 3431) e all'O.P.C.M. del 28.04.2006 n. 3519, si definiscono i criteri generali per l'individuazione delle 4 zone sismiche in cui è stato suddiviso il territorio nazionale, caratterizzate da 4 diversi valori di accelerazione ( $a_g$ ) orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico. Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da valori di  $V_{S,30} > 800$  m/sec.

L'inclusione di Fiorano Modenese, per la cui storia sismica si rimanda al sito <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, assieme ai vicini Comuni di Formigine, Sassuolo e Maranello, nell'elenco dei comuni sismici in **zona 2** con valori di pericolosità sismica compresi tra 0.150 e 0.175 g ribadisce una condizione di sismicità relativamente più accentuata rispetto ai restanti comuni modenesi che, ad esclusione di Frassinoro e Pievepelago già compresi tra i comuni classificati sismici prima dell'emanazione dell'O.P.C.M., sono tutti inclusi in zona 3.

La porzione dell'alta pianura modenese in cui ricade l'ambito in esame si colloca infatti a ridosso della zona pedemontana del margine appenninico, ove si riconoscono faglie attive con blocchi in movimento relativo tra di loro; la catena appenninica in sollevamento e l'alta pianura in abbassamento hanno infatti provocato lesioni allineate secondo l'andamento delle fratture. In particolare si evidenzia la presenza di un elemento geologico strutturale di importanza regionale sepolto al di sotto della coltre dei depositi alluvionali denominato *Faglia flessura di Sassuolo* che attraversa il territorio da O ad E localizzandosi sostanzialmente a cavallo del tracciato della vecchia S.S. n. 467. Meccanismi focali di terremoti a dinamica compressiva con direzione di raccorciamento principale orientata all'incirca N-S o NNE-SSO e di magnitudo fino a 5 - 5.5 (scala di Richter) sono stati registrati con epicentro posto a pochi chilometri a NO e a sud di Fiorano; l'epicentro di un terremoto storico (5 giugno 1501) con magnitudo macrosismica stimata attorno a 5 - 5.5 è stato localizzato pochi chilometri a SE di Fiorano. I cataloghi delle registrazioni sismiche riportano inoltre numerosi eventi di magnitudo inferiore a 4 con epicentri localizzati nell'area all'intorno di Fiorano Modenese.

Secondo la zonazione attualmente in vigore il territorio comunale ricade all'interno della zona sismogenetica 913 (magnitudo massima registrata = 4.8 Md; profondità efficace = 13 km) con magnitudo attesa  $M_{w_{max}}$  pari a 6.14.

Da un punto di vista geologico generale l'area, appartenente al dominio deposizionale del Fiume Secchia, ricade nella fascia pedemontana del bacino subsidente plio-quadernario Padano che si sviluppa con estensione variabile lungo il margine appenninico ed è formata dalla coalescenza di conoidi fluviali e di terrazzi alluvionali intravallivi che si raccordano verso nord alla pianura a copertura alluvionale, con passaggio graduale e per eteropia. Tali depositi alluvionali ricoprono con potenza progressivamente maggiore procedendo verso nord il primo orizzonte argilloso marino impermeabile considerato come il basamento per la circolazione idrica sotterranea, affiorante a sud verso il margine appenninico ed a luoghi lungo l'alveo del Secchia nei Comuni di Sassuolo, Fiorano Modenese e Maranello e che, per motivi strutturali, viene rapidamente ribassato a nord dell'allineamento Sassuolo - Maranello - Vignola e ricoperto appunto dai sedimenti fluviali tardo pleistocenici ed olocenici. Il substrato di argille marine sovraconsolidate di età pliocenica-calabriana, rappresentato dalla Formazione delle Argille grigio-azzurre, risulta pertanto ininfluente agli effetti di qualsiasi intervento urbanistico.

Il territorio comunale è suddivisibile in due parti distinte rappresentate dall'alta pianura e dalla collina, separate da una fascia ubicata in corrispondenza dell'allineamento Spezzano-Fiorano che coincide grossomodo con il tracciato della

vecchia S.S. n. 467 nella quale si realizza un brusco cambiamento sia di altitudine sia di composizione litologica del primo substrato; il limite tra i due settori è marcato da una netta diminuzione di acclività in senso S-N evidenziato da un versante che in più punti (ad esempio nella zona del centro storico di Fiorano) passa da molto inclinato a poco inclinato (1°- 2° o anche meno) su di una distanza di poche decine di metri. Tale limite morfologico superficiale corrisponde alla *Faglia flessura di Sassuolo*. Dal confronto delle stratigrafie di pozzi per acqua si evince infatti che nel settore meridionale a ridosso della collina lo spessore dei sedimenti di ambiente continentale del Quaternario è relativamente limitato, dell'ordine della decina di metri, se paragonato con lo spessore degli analoghi e coevi sedimenti posti poco più a nord dove risulta essere di diverse decine di metri; tale struttura neotettonica, che non sembra dislocare i terreni dell'Unità di Vignola quindi presumibilmente attiva all'incirca fino al Pleistocene superiore ma classificata invece come sovrascorrimento attivo sepolto nella Carta Sismotettonica dell'Emilia-Romagna, ha quindi condizionato la deposizione dei sedimenti fluviali determinando un abbassamento del settore settentrionale relativamente a quello meridionale dell'ordine dei 70 m circa.

Al di sotto dei depositi quaternari continentali, caratterizzati da livelli di ghiaie di spessori variabili alternati a sedimenti più fini generalmente limosi, si rinviene come anticipato il substrato pliocenico rappresentato dalla Formazione delle Argille Azzurre. Tale osservazione è validata per l'area in studio dalla sezione litostratigrafica relativa alla porzione orientale del comune di Fiorano della Tav. 4 MOPS dello studio di Microzonazione Sismica di secondo livello del P.S.C., in cui l'Ambito in oggetto risulta inserito in Zona 4 *"Depositi prevalentemente limosi con strati ghiaioso sabbiosi"* (cfr. paragrafo 2.4).

Con riferimento alla carta geologica CARG edita dalla Regione Emilia-Romagna (Fig. 7), l'area è caratterizzata dalla presenza in affioramento di terreni quaternari appartenenti Sintema Emiliano Romagnolo superiore (AES) denominata **AES7b - Unità di Vignola** (*"Ghiaie con matrice limo-sabbiosa, passanti a limi e limi sabbiosi. Deposito fluviale intravallivo. Copertura colluviale limosa e argillosa alla base dei versanti. Al tetto suoli decarbonatati con tracce di illuviazione di argilla e fronte di alterazione tra 1.5 e 2 m, orizzonti superficiali di colore da rosso bruno a bruno scuro. Contatto inferiore in discontinuità su unità più antiche. Potenza di alcuni metri"*), qui rappresentata da tessiture limose di ambiente deposizionale di Piana alluvionale.

**FIGURA 7: ESTRATTO CARTA GEOLOGICA REGIONALE**



Al confine settentrionale dell'ambito posto a nord della Pedemontana e oltre il tracciato della Giardini a est si rinviene l'Unità di Modena (AES8a), entrambe ascrivibili alla successione neogenico quaternaria del margine appenninico padano come da *Carta geologica* prodotta a corredo della Variante 2013 al PSC (Fig. 8).

**FIGURA 8: ESTRATTO CARTA GEOLOGICA**



In particolare, nel primo sottosuolo dell'ambito AR.1d in oggetto le indagini in sito e prese a riferimento hanno evidenziato la presenza di uno strato superficiale a comportamento coesivo di natura prevalentemente argilloso limosa, ben compattato essendo generalmente dotato di valori di resistenza alla punta  $R_p \geq 30 \text{ kg/cm}^2$ , a copertura del primo livello di ghiaia in abbondante matrice limo-sabbiosa e argillosa, addensato, il cui tetto si attesta intorno ai  $-5.0 \text{ m}$  e che presenterebbe uno spessore pari a  $5 \text{ m}$ .

### 2.3 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI GENERALI E LOCALI

La zona pedecollinare della pianura costituisce la principale area di alimentazione dell'acquifero in quanto spesso sede di terreni grossolani a permeabilità relativamente elevata in superficie, rispetto alla media e bassa pianura; in tale settore affiorano tutte le Unità idrostratigrafiche principali potenzialmente acquifere che costituiscono il Bacino Idrogeologico della Pianura Emiliano-Romagnola (BIPER). L'alimentazione avviene principalmente per infiltrazione di acque meteoriche dalla superficie in corrispondenza dell'affiorare di terreni permeabili o di acque fluviali dai subalvei; in subordine avviene uno scambio di acque tra diversi livelli acquiferi, tra di loro separati da strati di terreni semipermeabili, per fenomeni di drenanza con le Unità idrogeologiche confinanti. Il sistema acquifero principale, a falda libera in prossimità del margine appenninico,

---

diviene compartimentato con falde in pressione procedendo verso nord per la presenza di consistenti coperture praticamente impermeabili a granulometria fine e/o finissima che determina quindi una situazione idrogeologica caratterizzata da acquiferi in pressione appartenenti a un sistema del tipo multistrato.

Il sottosuolo della pianura fioranese è formato da potenti corpi sedimentari di materiali grossolani di natura ghiaioso-sabbiosa cui s'intercalano orizzonti di depositi limo-argillosi poco permeabili, il cui spessore tende ad aumentare verso est e tale articolazione del sottosuolo comporta l'esistenza di una struttura idrogeologica alquanto complessa formata da orizzonti acquiferi distinti che si alternano a livelli impermeabili, o quanto meno poco permeabili.

In particolare, al di sotto di uno strato coesivo superficiale di spessore generalmente inferiore ai 10 m si assiste alla comparsa di materiali granulari prevalentemente grossolani addensati di natura ghiaioso-sabbiosa cui competono valori di permeabilità  $K$  nell'ordine di  $10^{-3}$  cm/sec, che presentano nel loro complesso spessori elevati, frammisti a livelli prevalentemente pelitici in corrispondenza dei quali la permeabilità diminuisce in modo netto.

Soltanto nelle aree a ridosso del F. Secchia si individua una sorta di acquifero monostrato a minor grado di compartimentazione, essendo gli orizzonti ghiaiosi di spessore plurimetrico fino a pluridecamentrico, mentre appaiono subordinati gli spessori degli orizzonti acquitardi che sono comunque presenti a diverse profondità.

Essendo la granulometria degli apporti condizionata dall'energia di trasporto e dalle divagazioni dei corsi d'acqua, i depositi che ne derivano presentano una notevole variabilità areale e verticale con banchi e lenti irregolari di sedimenti fini e grossolani strettamente compenetrati e interdigitati.

Si individuano pertanto diverse falde i cui rapporti reciproci sono di difficile definizione dato che spesso i pozzi captano più di una falda e pertanto i livelli misurati non sono riferibili ad un particolare orizzonte saturo, ma esprimono un valore mediato su più falde che rivela la presenza di un acquifero con falda semiconfinata e con livello piezometrico relativamente basso rispetto le quote della superficie topografica.

Per quel che concerne piezometria e soggiacenza, sebbene nell'area non siano presenti pozzi, considerato che la zona in oggetto ricade tra le isopieze 90 e 95, la falda idrica in pressione presenta soggiacenze dal p.c. superiori ai -20 m; la suddetta quota porta ovviamente ad escludere qualsiasi interferenza con le strutture fondali del fabbricato in previsione pur considerando la massima escursione prevedibile, per quanto, nonostante la presenza di terreni fini in affioramento, non si possa escludere una limitata percolazione verso gli strati ghiaiosi permeabili.

Per quanto le aste risultassero asciutte, si ricorda che in questo settore dell'alta pianura è stata talora riscontrata la presenza di modesti livelli acquiferi "sospesi", peraltro discontinui, caratterizzati da valori di soggiacenza relativamente bassi (< 10 m dal p.c.).

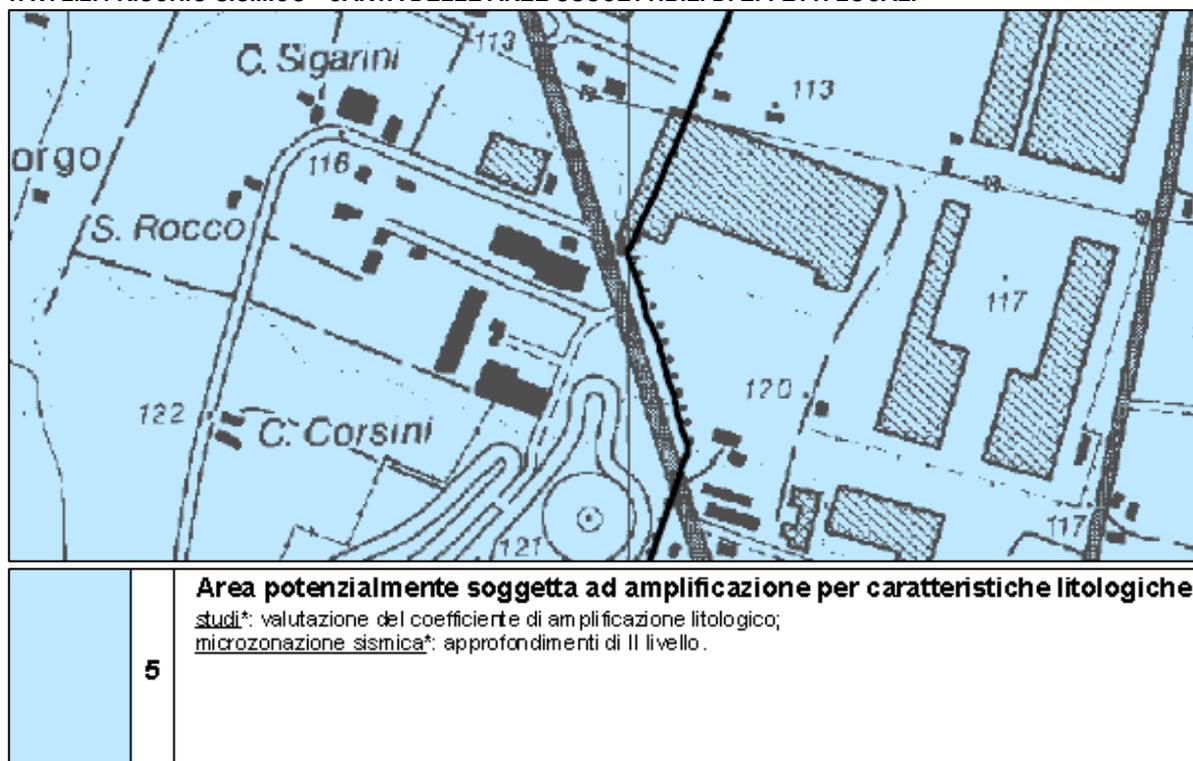
Per quel che concerne la vulnerabilità intrinseca dell'acquifero l'area, urbanizzata e con classe di infiltrabilità tendente a zero, in relazione alla situazione litostratigrafica e idrogeologica riscontrata presenta un grado di vulnerabilità definito "alto" (classificazione ARPA, PTCP, PSC).

L'intero ambito ricade all'interno delle aree perimetrare come "Zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei" (classificazione PTCP, PSC).

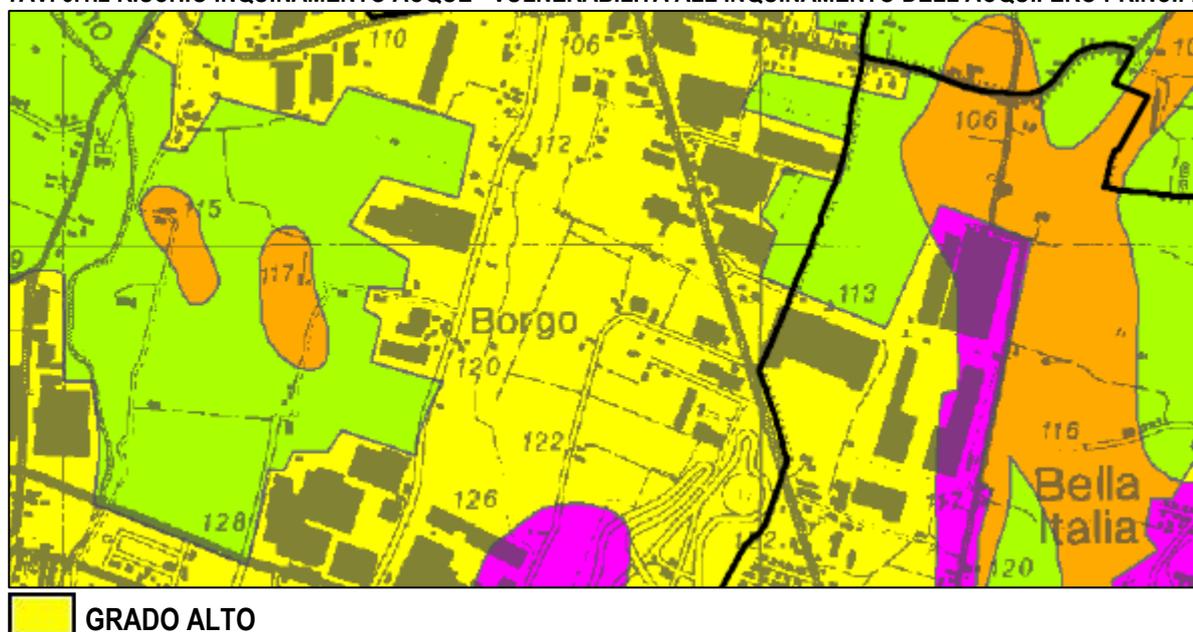
## 2.4 VINCOLI E ZONIZZAZIONI DI TUTELA

Di seguito si riportano gli estratti della cartografia d'interesse allegata al P.T.C.P. della Provincia di Modena (scala originale 1:25.000).

TAV. 2.2.4 RISCHIO SISMICO - CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI



TAV. 3.1.2 RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE - VULNERABILITÀ ALL'INQUINAMENTO DELL'ACQUIFERO PRINCIPALE

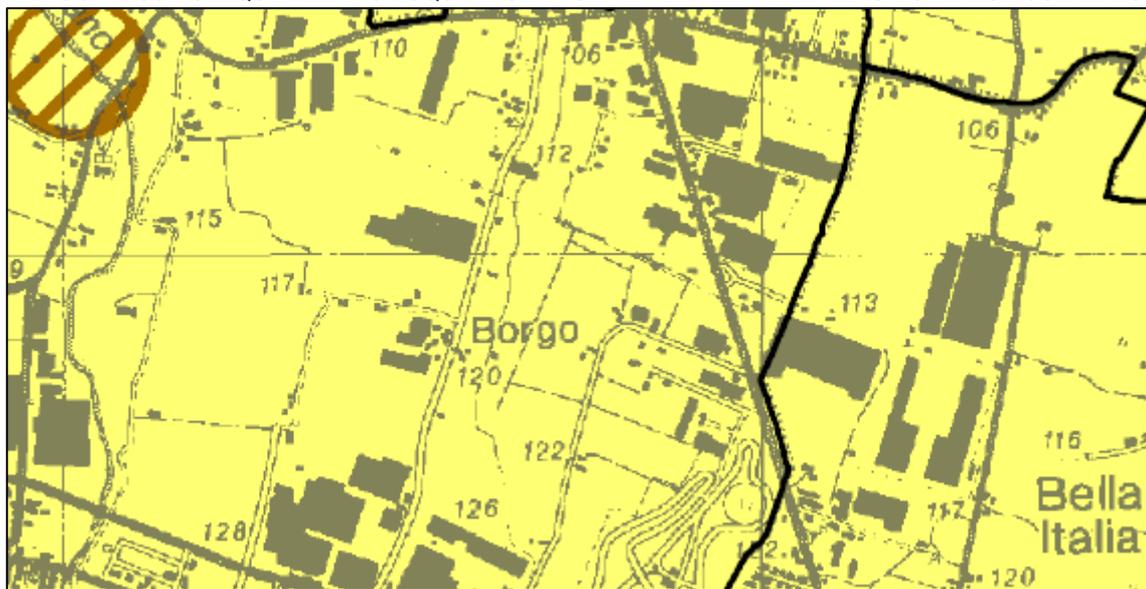


**TAV. 3.2.1 RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE - ZONE DI PROTEZIONE DELLE ACQUE DESTINATE AL CONSUMO UMANO**



Settori di ricarica di tipo B - Aree di ricarica indiretta della falda	<b>Art. 12A</b>	
--	-----------------	---

**TAV. 3.3.2 RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE - ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA E ASSIMILATE**



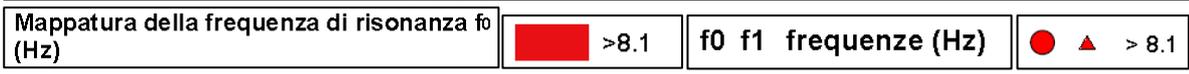
	Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola * (Art.13B)
---	---

Di seguito si riportano gli estratti della cartografia d'interesse prodotta a corredo della Variante 2013 al P.S.C. del Comune di Fiorano Modenese (scala originale 1:5.000). In particolare per quel che concerne la "Riduzione del rischio sismico" il II° livello di approfondimento previsto per la microzonazione sismica è stato sviluppato su tutto il territorio comunale in quanto soggetto ad amplificazione stratigrafica, essendo ovunque costituito da profili stratigrafici caratterizzati da  $VS < 800$  m/sec, pertanto in fase di progettazione si deve sempre valutare l'amplificazione sismica.

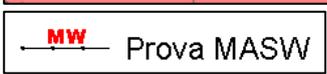
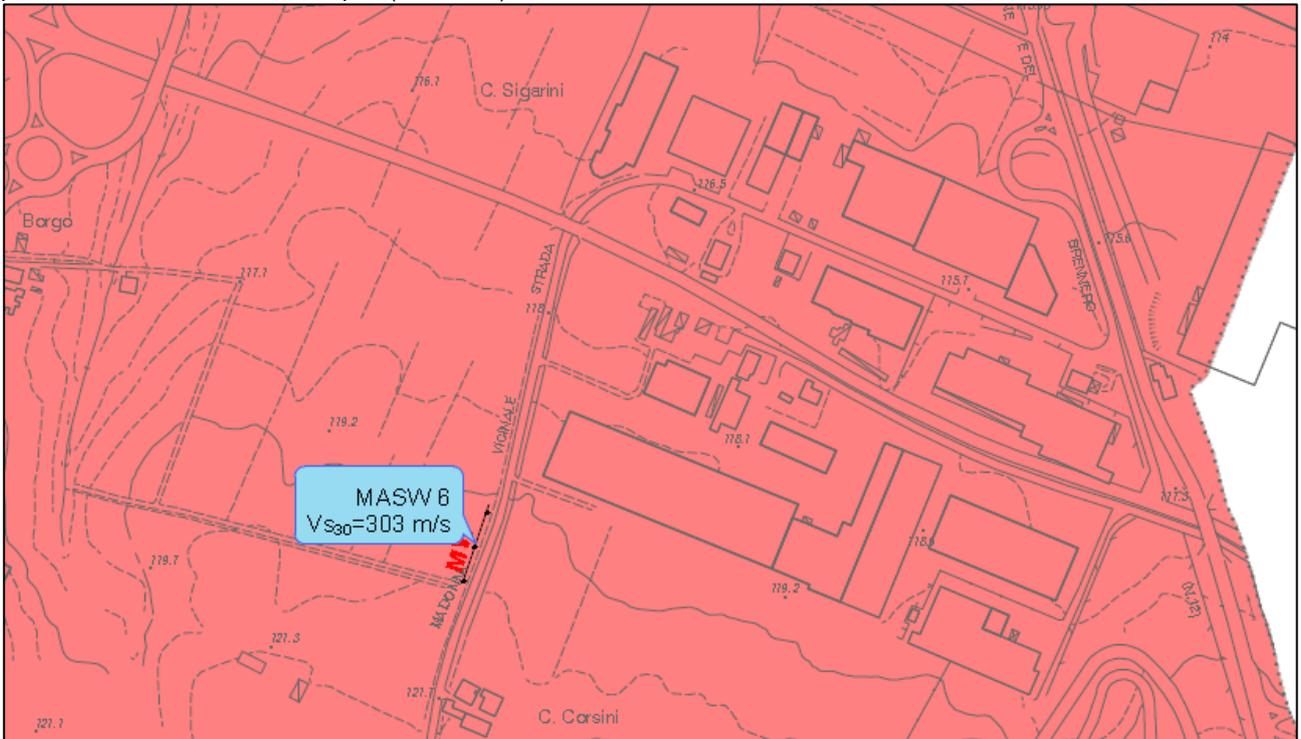
In particolare l'area in oggetto è collocata in **Ambito Pianura 1** caratterizzata da:

- F.A. P.G.A. = **1.6** ("Carta del Fattore di amplificazione PGA")
- F.A. S.I. = **1.8** per  $0.1 \text{ s} < T_0 < 0.5 \text{ s}$  ("Carta del Fattore di amplificazione – intensità spettrale")

**CARTA DELLE FREQUENZE:** La zona di interesse risulta compresa nel settore centro orientale della pianura ove è stata individuata un'ampia area che non presenta picchi fondamentali.



**CARTA DELLA VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO S (VS):** Ambito di pianura padana per coperture su substrato a profondità inferiore a 100 m dal p.c. (Pianura 1)



**CARTA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE:** Intensità spettrale  $0.1 \text{ s} < T_0 < 0.5 \text{ s}$  (Ambito Pianura 1) espresso in termini di intensità di Housner ( $S_i/S_{i0}$ )



**F.A. = 1.8**

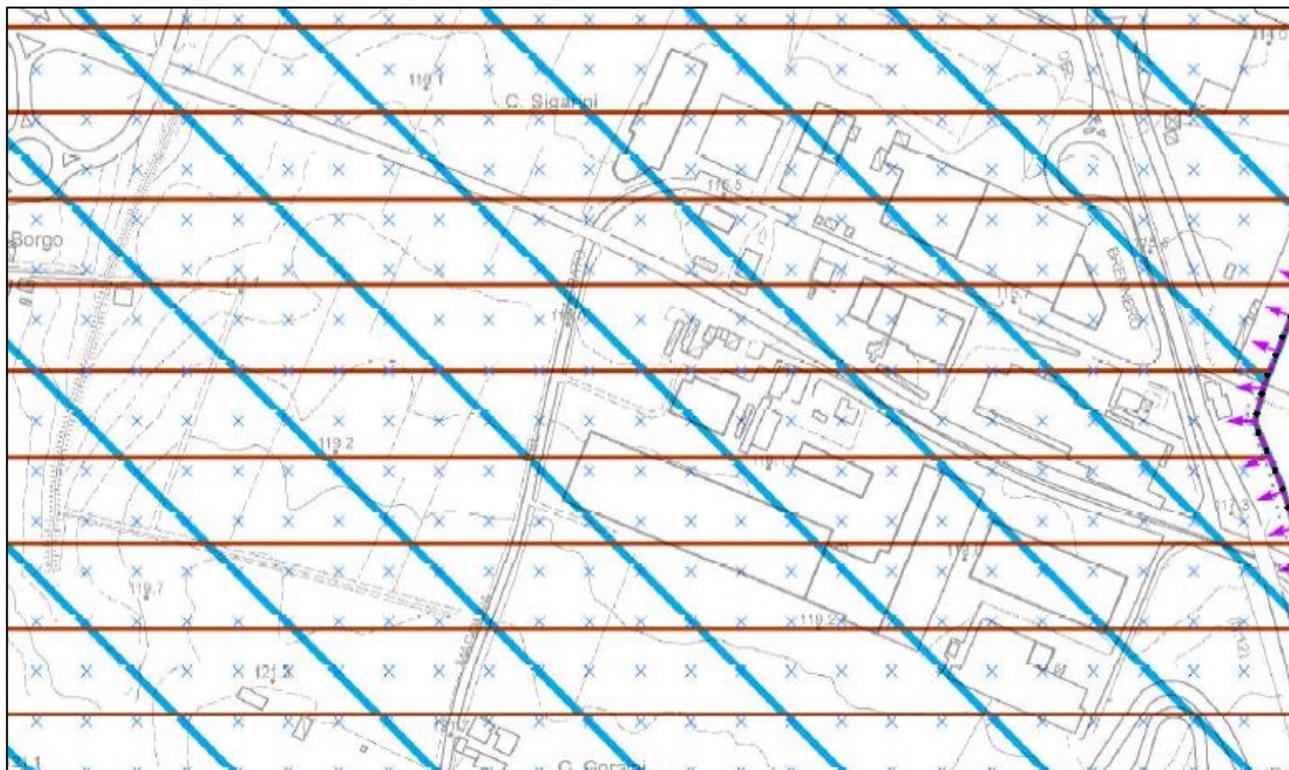
**CARTA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE:** Intensità spettrale  $0.5 \text{ s} < T_0 < 1.0 \text{ s}$  (Ambito Pianura 1) espresso in termini di intensità di Housner ( $S_i/S_{i0}$ )



**F.A. = 2.4**



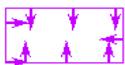
**TAV. 2A: TUTELE E VINCOLI DI NATURA AMBIENTALE**



Zone di tutela dei corpi idrici superficiali e sotterranei (art. 12 del PTCP) - (art. 4 PSC)



Settori di ricarica di tipo B - Aree di ricarica indiretta della falda



Limite delle aree soggette a criticità idraulica (art.11 del PTCP) - (art. 10 PSC)

**Vulnerabilità all'inquinamento dell'acquifero principale**  
(art. 13A del PTCP) - (art. 14 PSC)

Grado di vulnerabilità



**Alto**



**Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola** (art.13B del PTCP) - (art. 19 PSC)  
(aree individuate alla lettera a) e b) dell'art. 30 del titolo III delle Norme del Piano di Tutela delle Acque)

### 3 MODELLO LITOSTRATIGRAFICO LOCALE E PARAMETRIZZAZIONE GEOTECNICA

Le tabelle seguenti, con relativa legenda, evidenziano la schematizzazione della successione stratigrafica oltre ai principali parametri geotecnici dei vari livelli individuati, omogenei per caratteristiche litologiche e geotecniche, realizzata attraverso le usuali correlazioni proposte in letteratura.

Per quanto riguarda il coefficiente di sottofondo in sito (costante di Winkler), salvo la possibilità di determinazione diretta della pendenza iniziale della curva carico-abbassamento da opere eseguite, la sua corretta individuazione è limitata a prove di carico; date le difficoltà di ricavarne il valore sperimentalmente per estese fondazioni è d'uso determinarlo in funzione del modulo di elasticità del terreno ma, in relazione al fatto che le ipotesi semplificative richieste portano a sottostimare il valore che diviene quindi di scarso interesse, si è soliti darne una valutazione qualitativa riferibile a dati sperimentali del coefficiente di sottofondo ricavati da prove con piastre standard. Il valore della coesione drenata non si ricava dal solo utilizzo di prove penetrometriche statiche in quanto, come noto, si necessita di prove di laboratorio (prova di taglio di Casagrande e/o prova triassiale CD). Per quanto riguarda il coefficiente di Poisson, se ne possono determinare i valori per via indiretta tramite l'elaborazione della velocità delle onde P.

L'esperienza con una buona interpretazione e correlazione permette, quindi di ottenere informazioni circa l'andamento verticale degli intervalli stratigrafici, la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche individuate ed i relativi parametri geotecnici. L'utilizzo di tali dati, in quanto elaborati con correlazioni indirette, dovrà essere trattato con le opportune cautele ai fini della progettazione strutturale e non potrà prescindere da adeguate esperienze "geologiche" acquisite nella zona dal Progettista.

All'interno dei fori penetrometrici, nonostante le aste risultassero ovviamente asciutte, è stato comunque eseguito il rilievo del livello di falda mediante l'utilizzo di freatimetro elettroacustico, misurazione che non ha evidenziato la presenza di acqua, ovvero siamo in assenza di falda idrica.

Da un punto di vista idrogeologico si ricorda che la profondità della falda acquifera porta ovviamente ad escluderne qualsiasi interferenza con le strutture fondali del capannone in previsione pur considerando la massima escursione prevedibile. Per quanto improbabile, è tuttavia possibile l'instaurarsi di modesti livelli freatici sospesi nei primi metri di terreno in concomitanza di piogge prolungate.

#### LEGENDA

<b>N.</b>	Numero progressivo strato
<b>Prof.</b>	Profondità strato (m)
<b>Tipo</b>	Comportamento geotecnico C = Coesivo; I = Incoerente; CI= Coesivo-Incoerente
<b>Cu</b>	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Eu</b>	Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Mo</b>	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>G</b>	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>OCR</b>	Grado di sovraconsolidazione
$\gamma$	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
<b>Dr</b>	Densità relativa (%)
$\phi$	Angolo di resistenza al taglio (°)
<b>Ey</b>	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>K</b>	Coefficiente di permeabilità (cm/s)
<b>W</b>	Modulo di Winkler (Kg/cm <sup>3</sup> )

**PROVA N. CPT1**

Profondità strato (m)	qc media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Comportamento geotecnico	Descrizione
0,40 – 1,80	55,9	2,2	Coesivo	Argille – Argille limose molto compatte con sottile intercalazione di limo
1,80 – 3,00	78,7	4,6	Coesivo	Argille dure

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 1**

N.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	$\gamma$	Dr	$\varphi$	Ey	K	W
1	1,80	C	3,98	2089,70	111,80	327,21	9,00	2,15	--	--	--	2,66E-08	3,5
2	3,00	C	5,59	2933,23	157,40	403,27	9,00	2,20	--	--	--	1,00E-11	4,4

**PROVA N. CPT2**

Profondità strato (m)	qc media (Kg/cm <sup>2</sup> )	fs media (Kg/cm <sup>2</sup> )	Comportamento geotecnico	Descrizione
p.c. – 1,40	29,7	1,6	Coesivo	Argille compatte con sottile intercalazione di sabbia a -1.4 m
1,40 – 5,00	40,6	2,4	Coesivo	Argille molto compatte
5,00 – 6,00	195,8	0,6	Incoerente	Ghiaia con sabbia

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI CPT 1**

N.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	$\gamma$	Dr	$\varphi$	Ey	K	W
1	1,40	C	2,11	1109,03	59,40	222,34	9,00	2,04	--	--	--	2,44E-11	3,0
2	5,00	C	2,86	1498,94	81,20	269,13	9,00	2,09	--	--	--	1,00E-11	3,5
3	6,00	I	--	--	91,88	703,81	4,06	1,90	83,35	45,00	391,60	1,00E-03	12 - 15

Oltre il sottofondo presente fino a 0.40 m circa, dalla lettura incrociata dei risultati ottenuti si evidenziano schematicamente **N. 2 unità litotecniche** classificabili come depositi alluvionali di origine fluviale da estremamente poco permeabili (a granulometria fine, di natura argillosa, limo argillosa e subordinatamente limosa, ben consolidati, a comportamento coesivo), a permeabili (a granulometria grossolana, di natura ghiaiosa con matrice sabbioso limosa e argillosa, addensati, a comportamento granulare incoerente).

Si noti che nella zona della CPT1, l'elevata consistenza dello strato coesivo ha arrestato la penetrazione della punta nel terreno a -3.0 m dal p.c., quota che non ha consentito l'intercettazione della ghiaia sottostante.

In ogni caso la presenza di tale banco ghiaioso, il cui tetto è stato evidenziato con la CPT2 intorno ai -5 m da un deciso aumento dei valori di resistenza tanto da portarla a rifiuto strumentale alla profondità di -6 m dal p.c., è stata confermata dall'indagine sismica che ha registrato un netto aumento di velocità delle onde S associabile, appunto, al passaggio tra i terreni coesivi di copertura e i depositi ghiaiosi sottostanti.

---

## 4 PERICOLOSITÀ E AZIONE SISMICA DA NTC2008 ALLO STATO LIMITE SLV

### 4.1 CATEGORIA TOPOGRAFICA E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Quando la topografia non presenta particolare complessità è possibile adottare la classificazione semplificata fornita dalle norme che prevede un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$  variabile da 1.0 a 1.4 che tiene conto della particolare ubicazione del sito, identificando i terreni in relazione alla configurazione morfologico/geometrica in 4 categorie topografiche che si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Le categorie di sottosuolo di riferimento (A-B-C-D-E) sono definite in base al valore della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,30}$  (m/s) entro i primi 30 m di profondità al di sotto della quota d'imposta delle fondazioni oppure, qualora non disponibile, in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test)  $NSPT_{,30}$  nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente  $Cu_{,30}$  nei terreni prevalentemente a grana fina. Per la definizione della categoria, oltre a determinare delle velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità, si deve necessariamente verificare anche la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità (categorie S1-S2).

### 4.2 CONDIZIONI DI SITO E CATEGORIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE

L'areale di indagine si sviluppa su una superficie pianeggiante appartenente all'alta pianura in un contesto deposizionale alluvionale, di origine fluviale, consolidato, la cui tendenza evolutiva naturale è del tutto conservativa; in quanto agli aspetti legati all'evoluzione geomorfologica si verifica ovviamente l'assenza di elementi di evoluzione morfologica e/o di fenomeni erosivi (dissesti idrogeologici attivi o quiescenti) che possono interferire con gli interventi di progetto.

Si escludono fenomeni di amplificazione locale per cause topografiche (Categoria T1 con  $S_T = 1.0$ ).

Nell'area non sono note faglie superficiali, discontinuità o cavità tali da indurre un pericolo sismico aggiuntivo.

Le condizioni rilevate nel primo sottosuolo mostrano terreni cui competono ottimi parametri geotecnici, che possono definirsi nella norma rispetto alla zona in cui si trovano, rappresentati da litologie ghiaiose con a tetto uno strato coesivo di natura prevalentemente argilloso limosa di spessore pari a 5.0 m circa, molto consistente essendo generalmente caratterizzato da valori  $R_p \geq 30$  kg/cm<sup>2</sup>. Oltre la profondità direttamente indagata, l'assetto stratigrafico del sottosuolo è scaturito dalle indagini sismiche. L'elaborazione MASW ha permesso di osservare come le  $V_s$  di 200 m/s circa riscontrate in superficie aumentino repentinamente in coincidenza delle ghiaie sottostanti registrandosi valori di circa 550 m/s; si assiste poi ad una diminuzione delle velocità che si attesta sui 300 m/s fino alla profondità analizzata di -30 m.

Data la situazione litostratigrafico-geotecnica ed idrogeologica locale si esclude l'insorgenza di cedimenti permanenti post-sismici causati da fenomeni di liquefazione conseguenti a sollecitazioni; non si conducono quindi analisi di suscettività dal momento che, in accordo con quanto evidenziato dalle cartografie di PTCP e PSC, nella zona ed in un suo significativo intorno non si rinvengono depositi potenzialmente liquefacibili, ovvero mancano i presupposti per l'innescio di tale fenomeno in occasione di eventi sismici.

Come anticipato, per la definizione della categoria ai sensi del DM 14.01.2008 (GU n. 29 del 04.02.2008, Suppl. Ordinario n. 30) punto 3.2.2. "Categoria di suolo e condizioni topografiche", oltre a determinare delle velocità delle onde di taglio nei primi 30 metri di profondità, si deve verificare anche la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata

sensibilità. In tali condizioni, non essendo presenti fattori predisponenti il fenomeno della liquefazione, si definisce una Categoria di tipo **C** essendosi calcolata una  $V_{S,30}$  pari a **303 m/s** a partire dal p.c., categoria che rimane inalterata considerando l'effettivo piano di posa delle fondazioni (Allegato 2).

In relazione all'assetto stratigrafico la zona è stata inserita nella "Carta delle aree suscettibili di effetti locali" del PTCP della Provincia di Modena tra le "Aree potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche", così come nella cartografia di PSC del Comune di Fiorano (amplificazione stratigrafica).

### 4.3 PERICOLOSITÀ SISMICA DA NTC 2008

Sulla base del reticolo sismico di riferimento nazionale (Fig. 9) si sono calcolati con apposito software i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascun periodo di ritorno di riferimento e stato limite riportati in tabella (Fig. 10).

**FIGURA 9: PUNTI DELLA GRIGLIA UTILIZZATI PER IL CALCOLO DEI VALORI DEI PARAMETRI**

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

**FIGURA 10: VALORI DEI PARAMETRI  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$  PER I PERIODI DI RITORNO  $T_R$  ASSOCIATI A CIASCUN SL**

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0,052	2,485	0,253
SLD	50	0,065	2,494	0,266
SLV	475	0,163	2,378	0,291
SLC	975	0,206	2,389	0,307

Nel caso in esame, in relazione alla tipologia edilizia in previsione si attribuisce la Classe d'uso II (Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti) e di conseguenza un coefficiente della costruzione ( $C_U$ ) = 1.0; stabilendo una Vita nominale della costruzione ( $V_N$ ) di 50 anni, il Periodo di riferimento  $P_{VR}$  ( $V_N \cdot C_U$ ) risulta pari a 50 anni e il periodo di ritorno per lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)  $T_R$  pari a 475 anni.

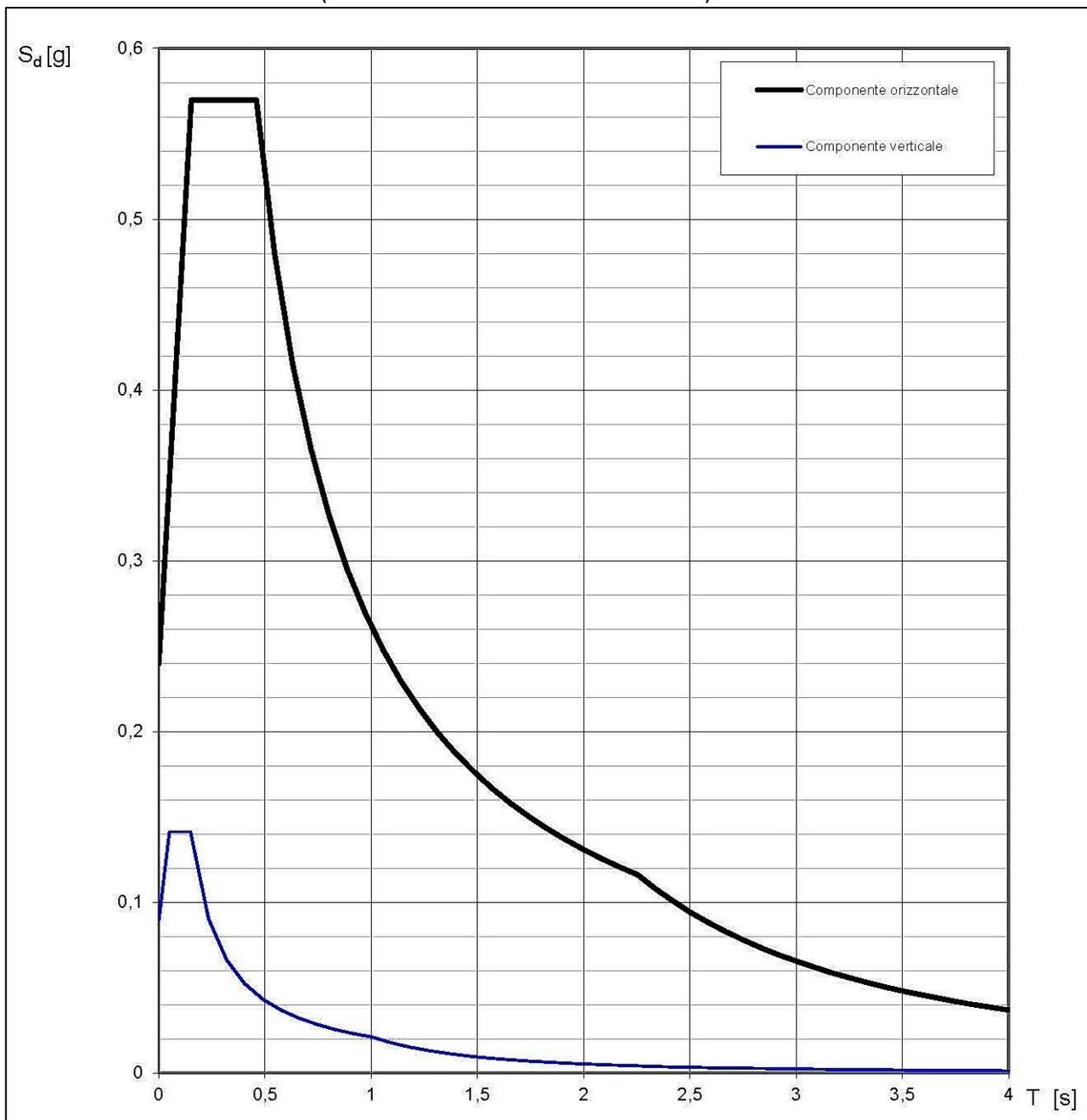
#### 4.4 AZIONE SISMICA DA NTC 2008 SLV

Sulla base della categoria del sottosuolo (C) ottenuta dall'elaborazione dell'indagine sismica MASW e della categoria topografica (T1), si sono determinati i sotto riportati parametri riferiti sia agli stati limite di esercizio sia agli stati limite ultimi:

- Ss: coefficiente di amplificazione stratigrafica;
- Cc: coefficiente di correzione del valore di  $T_C^*$ ;
- St: coefficiente di amplificazione topografica.

Da questi si sono ricavati il coefficiente S, funzione della categoria di sottosuolo e delle condizioni stratigrafiche e i periodi caratteristici  $T_B$ ,  $T_C$  e  $T_D$  dello spettro di risposta in accelerazione delle componenti orizzontali, e gli spettri di risposta della componente orizzontale e verticale per la categoria di sottosuolo e per la categoria di topografica determinati per il sito per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (Figg. 11 - 12).

**FIGURA 10: SPETTRI DI RISPOSTA (COMPONENTI ORIZZONTALI E VERTICALI) PER LO STATO LIMITE SLV**



**FIGURA 11: PARAMETRI E PUNTI DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ORIZZONTALE PER LO STATO LIMITE SLV**

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0,163 g
$F_0$	2,378
$T_C$	0,291 s
$S_S$	1,467
$C_C$	1,578
$S_T$	1,000
$q$	1,000

**Parametri dipendenti**

$S$	1,467
$\eta$	1,000
$T_B$	0,153 s
$T_C$	0,459 s
$T_D$	2,253 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_S \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5 + \xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)**

$$0 \leq T < T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto  $S_d(T)$  per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico  $S_e(T)$  sostituendo  $\eta$  con  $1/q$ , dove  $q$  è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

**Punti dello spettro di risposta**

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,240
$T_B$ ←	0,153	0,570
$T_C$ ←	0,459	0,570
	0,545	0,480
	0,630	0,415
	0,715	0,366
	0,801	0,327
	0,886	0,295
	0,972	0,269
	1,057	0,247
	1,143	0,229
	1,228	0,213
	1,314	0,199
	1,399	0,187
	1,484	0,176
	1,570	0,167
	1,655	0,158
	1,741	0,150
	1,826	0,143
	1,912	0,137
	1,997	0,131
	2,082	0,126
	2,168	0,121
$T_D$ ←	2,253	0,116
	2,337	0,108
	2,420	0,101
	2,503	0,094
	2,586	0,088
	2,669	0,083
	2,752	0,078
	2,836	0,073
	2,919	0,069
	3,002	0,065
	3,085	0,062
	3,168	0,059
	3,251	0,056
	3,335	0,053
	3,418	0,050
	3,501	0,048
	3,584	0,046
	3,667	0,044
	3,750	0,042
	3,834	0,040
	3,917	0,038
	4,000	0,037

---

## 5 CARATTERIZZAZIONE SISMICA E MODELLAZIONE GEOTECNICA

### 5.1 CARATTERIZZAZIONE SISMICA

- La zona sismica di riferimento è la **ZONA 2**;
- L'elaborazione MASW ha fornito valori di  $V_{S,30}$  pari a **303 m/s** a partire dal p.c. attuale;
- Il valore di  $V_{S,30}$  calcolato consente di attribuire al suolo di fondazione la categoria **C**, categoria che rimane immutata anche considerando l'effettivo piano di posa delle fondazioni;
- Il sito non ricade all'interno delle categorie speciali S1 e S2;
- Le caratteristiche stratigrafiche comportano una amplificazione sismica locale per effetti litologici con un coefficiente di amplificazione pari a **1.467** con l'utilizzo dell'approccio semplificato descritto al punto 3.2.2 delle NTC2008;
- La topografia pianeggiante dell'area permette di attribuirle alla categoria topografica **T1** come descritto al punto 3.2 delle NTC2008;
- Coerentemente al contesto di ubicazione in area urbanizzata si verifica l'assenza di elementi di evoluzione morfologica e/o di fenomeni erosivi (dissesti idrogeologici attivi o quiescenti);
- Il sito è soggetta ad un'attività sismica media indotta sia dai terremoti documentati con epicentro nell'ambito del territorio comunale che, di riflesso, dagli eventi più intensi delle zone appenniniche. Nell'area d'interesse non sono note faglie superficiali, discontinuità o cavità tali da indurre un pericolo sismico aggiuntivo;
- Data la situazione litostratigrafica e idrogeologica riscontrata, si esclude l'insorgenza di cedimenti permanenti post-sismici causati da fenomeni di liquefazione conseguenti a sollecitazioni dinamiche.

### 5.2 MODELLAZIONE GEOTECNICA

Le indagini hanno rilevato la presenza di terreni naturali in posto costituiti da un primo strato a comportamento coesivo di natura prevalentemente argilloso limosa ben compattato, seguito da depositi ghiaiosi in abbondante matrice limo-sabbiosa e argillosa che hanno determinato l'arresto all'avanzamento del sistema aste/punta per avvenuto raggiungimento dei limiti strumentali, il cui tetto si attesta intorno ai -5.0 m di profondità dal p.c. Il passaggio tra le due litologie è sempre molto netto e marcato da un deciso aumento dei valori di portanza in corrispondenza delle ghiaie addensate caratterizzate da una resistenza alla punta sempre molto elevata e tendenzialmente crescente con la profondità. Anche l'indagine geofisica ha evidenziato il forte contrasto di rigidità/resistenza tra le due unità litotecniche individuate.

Per quanto riguarda i parametri caratteristici, la normativa vigente per le costruzioni al punto 6.2.2 definisce che *“i valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche da attribuire ai terreni devono essere ottenuti mediante specifiche prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno e attraverso l'interpretazione dei risultati di prove e misure in sito”* e che per *“valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del parametro nello stato limite considerato”*. La Circolare 02.02.2009 cita a sua volta *“Nella progettazione geotecnica, in coerenza con gli Eurocodici, la scelta dei valori caratteristici dei parametri deriva da una stima cautelativa, effettuata dal progettista, del valore del parametro appropriato per lo stato limite considerato.... Appare giustificato il riferimento a valori medi quando, nello stato limite considerato, è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla*

---

*formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità”.*

Considerando la tipologia di intervento e facendo riferimento ai risultati delle prove penetrometriche statiche, per ogni verticale di indagine eseguita all'interno del volume significativo e per ogni strato di sottofondazione individuato sono stati stimati e tabulati i valori medi dei parametri geotecnici ricavati (Cap. 3). Dato che nel caso specifico (fondazioni superficiali di dimensione ridotta - plinti - ma collegate rigidamente fra loro, in modo da consentire il trasferimento delle azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti) i volumi di terreno interessati dalle opere di fondazione sono da considerarsi elevati (resistenze compensate), per la determinazione dei valori caratteristici si può, quindi, effettuare una stima cautelativa del valore medio dei parametri geotecnici, usando valori corrispondenti alla media dei valori medi.

### **5.3 INDICAZIONI TECNICHE PER LA REALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO**

- I depositi interessati dalla trasmissione dei carichi sono caratterizzati da parametri geotecnici che possono definirsi nella norma in relazione alla zona in cui si trovano, tali quindi da poter affrontare normali problematiche fondazionali;
- La situazione morfologica e geologica d'insieme indica che i terreni rilevati presentano una continuità laterale tale da assicurare un piano fondale omogeneo per l'intervento da realizzare;
- Trattandosi di indagini di tipo puntuale che non consentono quindi una “visione” complessiva del sottosuolo coinvolto, in fase di scavo risulterà di fondamentale importanza la verifica di natura, consistenza ed uniformità del piano di posa in modo da evitare una differenziazione nei terreni di appoggio delle fondazioni, evitando in ogni caso il primo orizzonte superficiale alterato e soggetto agli effetti delle variazioni meteorologiche stagionali;
- La profondità della falda idrica porta ad escludere interferenze con le strutture fondali pur considerando la massima escursione prevedibile;
- Per quanto improbabile, è tuttavia possibile l'instaurarsi di modesti livelli freatici sospesi nei primi metri di terreno in concomitanza di periodi particolarmente piovosi;
- L'intervento non andrà ad apportare modifiche al reticolo superficiale di scolo delle acque superficiali e sotterranee;
- Al fine di escludere problemi dovuti all'eventuale ritiro per essiccamento (variazioni sostanziali del contenuto naturale d'acqua dei terreni coesivi superficiali) si consiglia di evitare la realizzazione di superfici impermeabilizzate estese che non consentano un'adeguata infiltrazione delle acque meteoriche nel terreno;
- Gli ottimi valori di resistenza dei terreni rendono appropriata la scelta di fondazioni dirette superficiali del tipo a plinti associati a cordoli di collegamento, opportunamente dimensionate in linea con i parametri geotecnici forniti;
- Sulla base del modello geologico - sismico e della caratterizzazione geotecnica dei terreni di sottofondazione, sarà cura del calcolatore delle strutture l'effettuazione delle verifiche geotecniche agli stati limite ultimo e di esercizio (SLU, SLV ed SLE) sulle strutture in progetto sulla base delle reali combinazioni di carico, con calcolo dei cedimenti come previsto dalla vigente normativa;
- Le operazioni di scavo delle fondazioni dovranno essere dirette in cantiere da un tecnico specifico per la verifica in corso d'opera delle condizioni geotecniche assunte in questa sede;
- Per quel che concerne la gestione dei terreni naturali derivanti dalle operazioni di scavo degli interrati e relative fondazioni si farà riferimento al DPR 279/2016 (disciplina semplificata sulla gestione delle terre e rocce da scavo).

---

## 6 CONCLUSIONI

La relazione redatta per una proposta progettuale di Variante al P.O.C. e ad uso pratica edilizia (permesso di costruire), tratta gli aspetti geologici, idrogeologici, geotecnici e sismici dei terreni siti in Comune di Fiorano Modenese (Provincia di Modena) nell'Ambito denominato AR.1d in relazione all'idoneità del nuovo assetto urbanistico proposto per conto della Proprietà dall'Arch. Andrea Convenuti, e a corredo della progettazione strutturale di un fabbricato produttivo.

Per la ricostruzione della successione litostratigrafica e la definizione dei parametri geotecnici si sono eseguite due prove penetrometriche statiche in sito spinte fino a rifiuto strumentale e si è tenuto conto dell'indagine geofisica del tipo sismico a rifrazione delle onde P con determinazione sperimentale mediante inversione con metodo M.A.S.W. del valore di  $V_{s,30}$  effettuata nel 2012 a corredo dello studio di Microzonazione Sismica di II livello.

Nelle cartografie di P.T.C.P. e di P.S.C. l'area risulta soggetta ad amplificazione locale degli effetti sismici per caratteristiche litologiche. Si sono quindi determinati i parametri di pericolosità sismica di base del sito specifico ed i relativi fattori di amplificazione locale; con gli opportuni passaggi si è poi giunti alla determinazione degli spettri di risposta della componente orizzontale e verticale per lo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (da NTC2008) relativamente alla categoria di sottosuolo e topografica definite per il sito considerando una Classe d'uso II.

Con riferimento a quanto reperito durante le fasi di ricerca bibliografica e di archivio, integrate con le indagini eseguite e pregresse si esprime, per quanto di competenza, parere positivo relativamente all'assetto urbanistico in previsione e al fabbricato produttivo di progetto, da realizzarsi nel rispetto di quanto richiesto per la progettazione sismica degli edifici ricadenti in Zona 2 - Categoria terreno C - Categoria topografica T1, al fine di garantire un adeguato sostegno alle strutture in elevazione anche conseguentemente a sollecitazioni dinamiche.

Modena, 20.06.2017

IL TECNICO

*Dott. Geol. A. Vaccari*



**ALL. 1: DIAGRAMMI PENETROMETRICI E TABULATI DI CALCOLO**

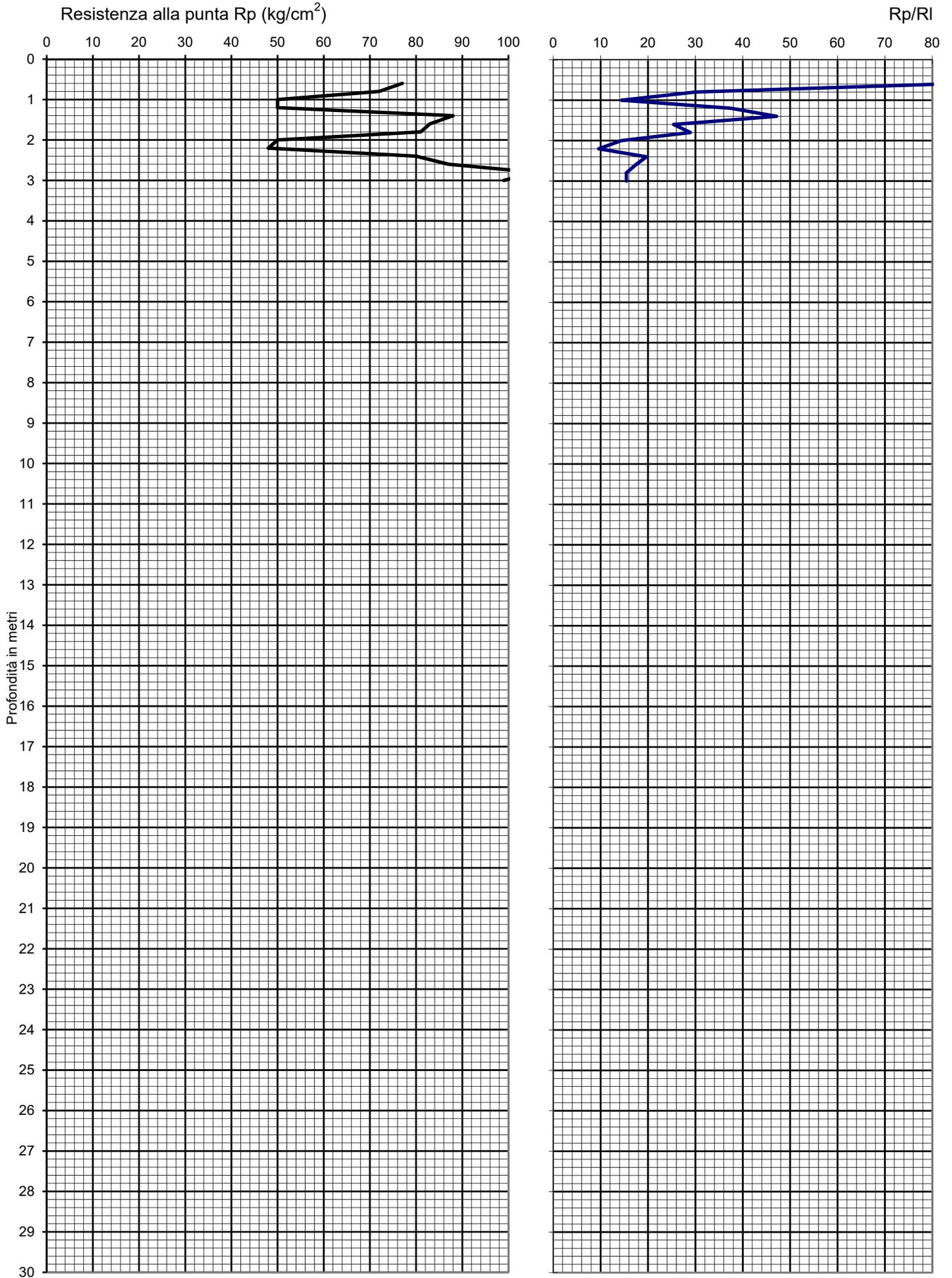
**Caratteristiche Strumentali PAGANI 100 kN**

<b>Rif. Norme</b>	<b>ASTM D3441-86</b>
<b>Diametro Punta conica meccanica</b>	<b>35,7</b>
<b>Angolo di apertura punta</b>	<b>60</b>
<b>Area punta</b>	<b>10</b>
<b>Superficie manicotto</b>	<b>150</b>
<b>Passo letture (cm)</b>	<b>20</b>
<b>Costante di trasformazione Ct</b>	<b>10</b>

**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Pagani TG63 100KN

Committente : Dott. Geol. Anna Vaccari  
Località : Via 2 Giugno - Fiorano (MO)  
Prova numero : 1  
Data : 6/19/2017  
Operatore : DR. Tusso Giampiero  
Quota : P.C.  
Falda : Assente



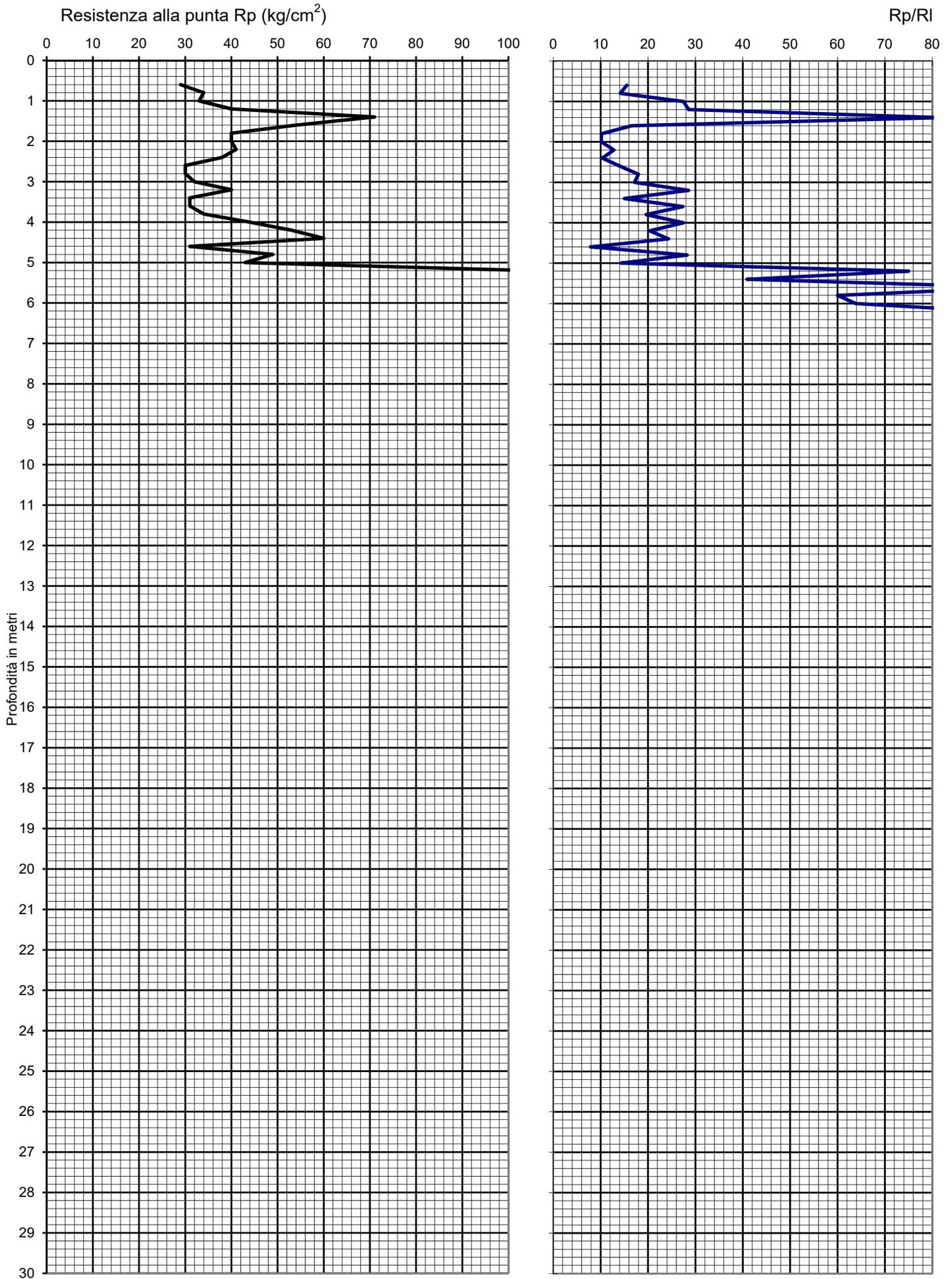
Prof. (m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P + L (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	RI (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/RI [-]
0.20					
0.40					
0.60	77	91	77	0.93	82.50
0.80	72	108	72	2.40	30.00
1.00	50	102	50	3.47	14.42
1.20	50	70	50	1.33	37.50
1.40	88	116	88	1.87	47.14
1.60	83	132	83	3.27	25.41
1.80	81	123	81	2.80	28.93
2.00	50	102	50	3.47	14.42
2.20	48	123	48	5.00	9.60
2.40	80	141	80	4.07	19.67
2.60	87	162	87	5.00	17.40
2.80	106	209	106	6.87	15.44
3.00	99	195	99	6.40	15.47
3.20					
3.40					
3.60					
3.80					
4.00					
4.20					
4.40					
4.60					
4.80					
5.00					
5.20					
5.40					
5.60					
5.80					
6.00					
6.20					
6.40					
6.60					
6.80					
7.00					
7.20					
7.40					
7.60					
7.80					
8.00					
8.20					
8.40					
8.60					
8.80					
9.00					
9.20					
9.40					
9.60					
9.80					
10.00					
10.20					
10.40					
10.60					
10.80					
11.00					
11.20					
11.40					
11.60					
11.80					
12.00					
12.20					
12.40					
12.60					
12.80					
13.00					
13.20					
13.40					
13.60					
13.80					
14.00					
14.20					
14.40					
14.60					
14.80					
15.00					

Prof. (m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P + L (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	RI (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/RI [-]
15.20					
15.40					
15.60					
15.80					
16.00					
16.20					
16.40					
16.60					
16.80					
17.00					
17.20					
17.40					
17.60					
17.80					
18.00					
18.20					
18.40					
18.60					
18.80					
19.00					
19.20					
19.40					
19.60					
19.80					
20.00					
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

**PROVA PENETROMETRICA STATICA**

Pagani TG63 100KN

Committente : Dott. Geol. Anna Vaccari  
Località : Via 2 Giugno - Fiorano (MO)  
Prova numero : 2  
Data : 6/19/2017  
Operatore : DR. Tusso Giampiero  
Quota : P.C.  
Falda : Assente

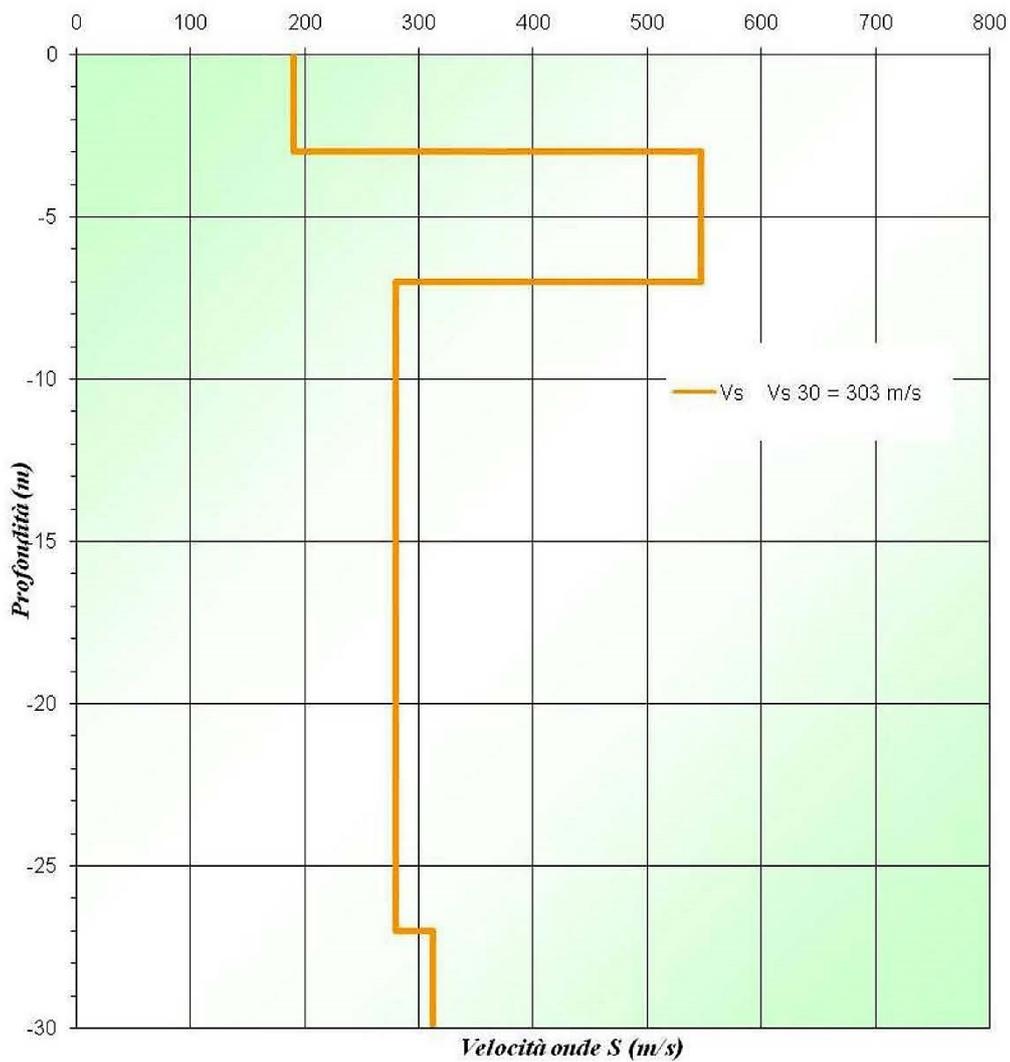
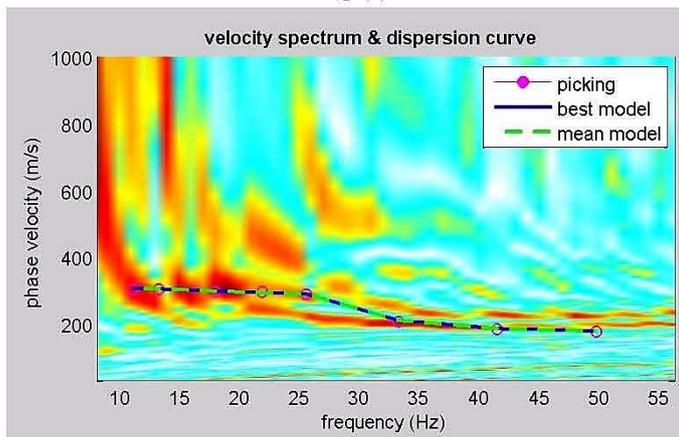


Prof. (m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P + L (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	RI (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/RI [-]
0.20					
0.40					
0.60	29	57	29	1.87	15.54
0.80	34	70	34	2.40	14.17
1.00	33	51	33	1.20	27.50
1.20	40	61	40	1.40	28.57
1.40	71	84	71	0.87	81.92
1.60	54	103	54	3.27	16.53
1.80	40	99	40	3.93	10.17
2.00	40	99	40	3.93	10.17
2.20	41	89	41	3.20	12.81
2.40	38	93	38	3.67	10.36
2.60	30	62	30	2.13	14.06
2.80	30	55	30	1.67	18.00
3.00	32	60	32	1.87	17.14
3.20	40	61	40	1.40	28.57
3.40	31	62	31	2.07	15.00
3.60	31	48	31	1.13	27.35
3.80	34	60	34	1.73	19.62
4.00	44	68	44	1.60	27.50
4.20	53	92	53	2.60	20.38
4.40	60	97	60	2.47	24.32
4.60	31	90	31	3.93	7.88
4.80	49	75	49	1.73	28.27
5.00	43	88	43	3.00	14.33
5.20	105	126	105	1.40	75.00
5.40	150	205	150	3.67	40.91
5.60	210	242	210	2.13	98.44
5.80	280	350	280	4.67	60.00
6.00	230	284	230	3.60	63.89
6.20	231	268	231	2.47	93.65
6.40					
6.60					
6.80					
7.00					
7.20					
7.40					
7.60					
7.80					
8.00					
8.20					
8.40					
8.60					
8.80					
9.00					
9.20					
9.40					
9.60					
9.80					
10.00					
10.20					
10.40					
10.60					
10.80					
11.00					
11.20					
11.40					
11.60					
11.80					
12.00					
12.20					
12.40					
12.60					
12.80					
13.00					
13.20					
13.40					
13.60					
13.80					
14.00					
14.20					
14.40					
14.60					
14.80					
15.00					

Prof. (m)	P (kg/cm <sup>2</sup> )	P + L (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp (kg/cm <sup>2</sup> )	RI (kg/cm <sup>2</sup> )	Rp/RI [-]
15.20					
15.40					
15.60					
15.80					
16.00					
16.20					
16.40					
16.60					
16.80					
17.00					
17.20					
17.40					
17.60					
17.80					
18.00					
18.20					
18.40					
18.60					
18.80					
19.00					
19.20					
19.40					
19.60					
19.80					
20.00					
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

***ALL. 2: INDAGINE GEOFISICA (2012)***

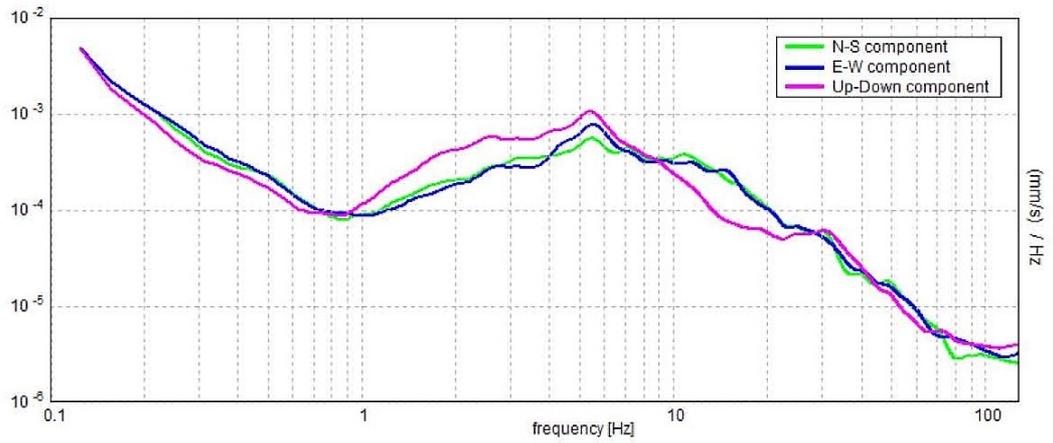
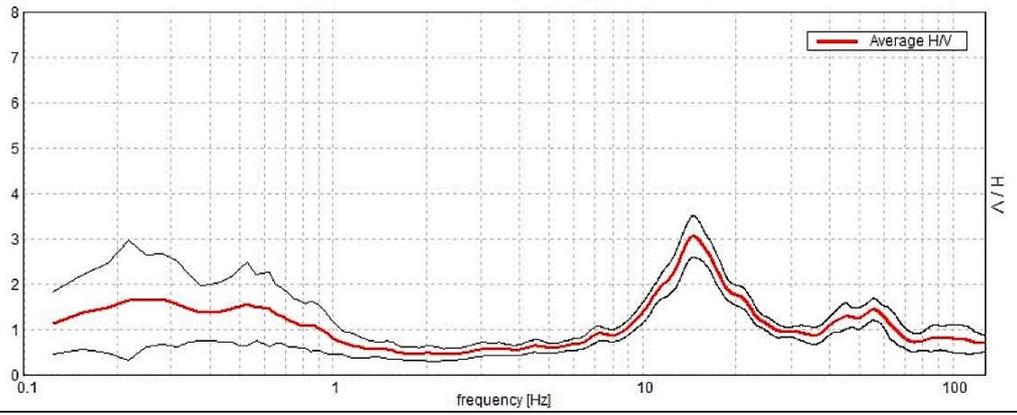
# MASW 6



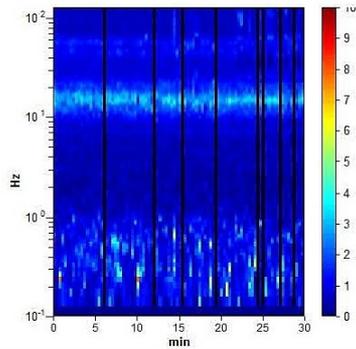
# Misura HVSR 06

## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

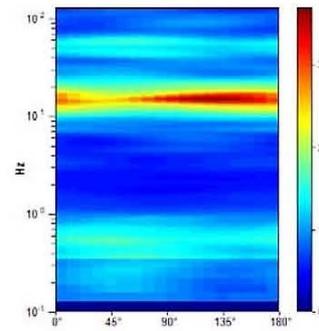
Max. H/V at  $14.59 \pm 0.37$  Hz. (In the range 0.0 - 60.0 Hz).



### H/V TIME HISTORY



### DIRECTIONAL H/V



$f_0$ (Hz)
14,6

$f_1$ (Hz)