



**Sede Legale:** Via di Mezzo, 90 – 41058 VIGNOLA (MO) – ITALY  
**Telefono** +39 059 761644 - **Telefax** +39 059 779111  
**Web** [www.geo-xpert.com](http://www.geo-xpert.com) ---- **Email** [info@geo-xpert.com](mailto:info@geo-xpert.com)  
**PARTITA I.V.A.:** 02740680364 – **COD. FISCALE:** 02740680364 - **C.C.I.A.A.:** MO 326926

PROPRIETA'



STUDIO DI PROGETTAZIONE

FUNDO STUDIO SRL  
Via Giardini Sud, 52  
41056 PAVULLO NEL FRIGNANO (MO)

TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO

PROGETTO DI COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO GOLD ART CERAMICA AI SENSI DELL'ART. 35 L.R. 24/2017 IN VARIANTE AL PSC / POC / RUE DEL COMUNE DI PAVULLO N/F (ASP. 1\_S2, 2.8 E SUB-AMBITI A9.a E A9.b)

OGGETTO DELL'ELABORATO

## RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

CAPANNONE INDUSTRIALE AD USO CICLO-PRODUTTIVO DI CERAMICA (PREPARAZIONE ORDINI)

LOCALIZZAZIONE

STATO	ITALIA
REGIONE	EMILIA ROMAGNA
PROVINCIA	MODENA
COMUNE	PAVULLO NEL FRIGNANO
INDIRIZZO	LOC. MADONNA DEI BALDACCINI

CODIFICA GENERALE ELABORATO

CODICE INTERNO	VERSIONE	DATA	AREA DI PROGETTAZIONE	TIPO DI DOCUMENTO	NUMERAZIONE ELABORATO
4130	1	20/04/2020	A	REL	1

*La ditta esecutrice delle indagini in sito*

**GEO-XPERT ITALIA SRL**  
Via di Mezzo, 90 - 41058 VIGNOLA (MO) - ITALY  
P.IVA E C.F. 02740680364 - C.C.I.A.A. MO-326926

*Il Progettista Strutturale*

*Aspetti Tecnico Professionali*



*Il Direttore dei Lavori Strutturali*

---

*INDICE*

1	PREMESSA .....	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI .....	4
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	6
4	CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO .....	8
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOLITOLOGICO .....	9
6	ASPETTI SISMICI DEL TERRITORIO DI PAVULLO NEL FRIGNANO .....	14
6.1	PERICOLOSITA' SISMICA .....	14
6.2	ZONAZIONE SISMOGENETICA .....	14
7	NORMATIVE DI RIFERIMENTO RELATIVE AGLI ASPETTI SISMICI .....	15
7.1	ORDINANZA P.C.M. 3274/2003 .....	15
7.2	ORDINANZA P.C.M. 3519/2006 .....	16
7.3	DELIBERA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA N. 112/2007 .....	17
7.4	NTC 2018 - AGGIORNAMENTO DELLE NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI .....	18
7.4.1	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DA NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (RIF. 3.2.2 NTC 2018) .....	18
7.5	DELIBERA DI GIUNTA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA N. 630/2019 .....	19
8	SISMICITA' .....	20
8.1	SISMICITA' STORICA .....	20
9	MICROZONAZIONE SISMICA DI PAVULLO NEL FRIGNANO .....	21
10	VINCOLI E ZONIZZAZIONI DI TUTELA SULLA BASE DEL P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA .....	27
11	INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE IN SITO .....	37
11.1	INDAGINI GEOGNOSTICHE DI TIPO PENETROMETRICO AD INFISSIONE STATICA (SCP) .....	38
11.2	INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO ATTIVO A RIFRAZIONE – METODO M.A.S.W. ....	45
12	AZIONE SISMICA – APPROCCIO SEMPLIFICATO NTC2018 .....	47
12.1	VITA NOMINALE DELL'OPERA .....	47
12.2	PARAMETRI SISMICI APPROCCIO SEMPLIFICATO – NTC 2018 .....	49
13	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA .....	52
14	CONCLUSIONI .....	54

## INDICE DEGLI ALLEGATI

FIGURA 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 236-NO "LAMA MOCOGNO" - SCALA 1:25.000 .....	7
FIGURA 2: ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 236021 "SELVA" - SCALA 1:5.000 .....	7
FIGURA 3: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA – SCALA 1:5.000 .....	8
FIGURA 4: PIANTE – PROSPETTI E SEZIONE DEL FABBRICATO DI PROGETTO .....	9
FIGURA 5: SCHEMA TETTONICO DELLA PIANURA PADANA ESTRATTO DALLE NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA SISMO TETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA .....	10
FIGURA 6: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA EDITA DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA REGIONALE NR. 236020 CON INCLUSIONE DELLE COPERTURE QUATERNARIE .....	12
FIGURA 7: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA EDITA DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA REGIONALE NR. 236020 CON ESCLUSIONE DELLE COPERTURE QUATERNARIE .....	13
FIGURA 8: ESTRATTO DI CARTA SISMO-TETTONICA (R.E.R. 2017) .....	14
FIGURA 9: ZONIZZAZIONE SISMOGENETICA ZS9 .....	15
FIGURA 10: MAPPA DELLA RICLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – ORDINANZA DEL PCM N. 3247/2003 - – AGGIORNAMENTO LUGLIO 2018 .....	16
FIGURA 11: CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA ESPRESSA IN ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI PICCO PGA CON TEMPO DI RITORNO 475 ANNI .....	16
FIGURA 12: MAPPA DELLE MASSIME INTENSITA' MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI - PARTICOLARE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA .....	17
FIGURA 13: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO (TR=475 ANNI, SMORZAMENTO 5%) E VALORI DI DEFINIZIONE PREVISTI DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA – DAL 112/2007 .....	18
FIGURA 14: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO (TR=475 ANNI, SMORZAMENTO 5%) E VALORI DI DEFINIZIONE PREVISTI DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA – DGR 630/2019 .....	20
FIGURA 15: DIAGRAMMA RAPPRESENTANTE LA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO .....	20
FIGURA 16: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICO TECNICA .....	22
FIGURA 17: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA .....	23
FIGURA 18: CARTA DELLE MOPS (MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA) .....	24
FIGURA 19: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER (0.1-0.5 S) (F <sub>y</sub> ) .....	25
FIGURA 20: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER (0.5-1.0 S) (F <sub>z</sub> ) .....	26
FIGURA 21: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.1 – TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI – SCALA 1:5.000 .....	28
FIGURA 22: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.2 – TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITÀ DEL TERRITORIO – SCALA 1:5.000 .....	29
FIGURA 23 ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.1 – RISCHIO DA FRANA - CARTA DEL DISSESTO – SCALA 1:5.000 .....	30
FIGURA 24: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.2 – RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI – SCALA 1:5.000 .....	31
FIGURA 25: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.3 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA E ASSIMILATE – SCALA 1:5.000 .....	32
FIGURA 26: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.4 – RISCHIO INQUINAMENTO SUOLO: ZONE NON IDONEE ALLA LOCALIZZAZIONE DI IMPIANTI DI SMALTIMENTO E RECUPERO DI RIFIUTI SOLIDI URBANI, SPECIALI E SPECIALI PERICOLOSI – SCALA 1:5.000 .....	33
FIGURA 27: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.5 – RISCHIO INDUSTRIALE: COMPATIBILITA' AMBIENTALE DELLE ZONE INTERESSATE DA STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE – SCALA 1:5.000 .....	34
FIGURA 28: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 6 – CARTA FORESTALE ATTIVITA' ESTRATTIVE – SCALA 1:5.000 .....	35
FIGURA 29: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 7 – CARTA DELLE UNITA' DI PAESAGGIO – SCALA 1:5.000 .....	36
FIGURA 30: UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE .....	37
FIGURA 31: SCHEMA DEL SISTEMA DI ACQUISIZIONE .....	45
FIGURA 32: TABELLA 2.4.I - VALORI MINIMI DELLA VITA NOMINALE V <sub>n</sub> DI PROGETTO PER I DIVERSI TIPI DI COSTRUZIONE (DA N.T.C. 2018) .....	47
FIGURA 33: TABELLA CLASSI D'USO DELLE COSTRUZIONI (DA N.T.C. 2018) .....	48
FIGURA 34: TABELLA COEFFICIENTI D'USO (DA N.T.C. 2018) .....	48
FIGURA 35: PUNTI DELLA GRIGLIA UTILIZZATI PER IL CALCOLO DEI VALORI DEI PARAMETRI .....	49
FIGURA 36: SEZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO .....	53

---

## 1 PREMESSA

---

Su incarico dello studio tecnico incaricato per la progettazione e in accordo con la Committenza, si è provveduto alla redazione della seguente relazione geologica e sismica a corredo del **PROGETTO DI COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO GOLD ART CERAMICA AI SENSI DELL'ART. 35 L.R. 24/2017 IN VARIANTE AL PSC / POC / RUE DEL COMUNE DI PAVULLO N/F (ASP. 1\_S2, 2.8 E SUB-AMBITI A9.a E A9.b)** e più nel dettaglio relativa alla realizzazione di un nuovo CAPANNONE INDUSTRIALE AD USO CICLO-PRODUTTIVO DI CERAMICA (PREPARAZIONE ORDINI).

Le indagini geognostiche e geofisiche sono state effettuate dalla ditta **GEO-XPERT ITALIA SRL** con sede in Vignola (MO) – Via di Mezzo, 90, mentre l'interpretazione dei risultati ottenuti e le considerazioni tecniche professionali sono stati effettuati dal **Dott. Giorgio Masotti**, geologo libero professionista, regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Emilia-Romagna al nr. 588 – Sez. A. Scopo del presente studio è verificare se le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area sono idonee all'esecuzione delle opere di progetto.

A tale scopo sono stati effettuati in sito i seguenti approfondimenti:

- verifica del materiale presente in bibliografia;
- rilievo geologico-geomorfologico di campagna;
- esecuzione n° 3 indagini dirette in sito di tipo penetrometrico ad infissione statica in data 04/11/2017;
- Esecuzione di n° 1 rilievo sismico a rifrazione con determinazione sperimentale mediante inversione (Metodo MASW) del valore di  $V_{s,30}$  in data 04/11/2017

---

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

---

La presente relazione è stata redatta con riferimento ai seguenti strumenti normativi:

### *Normativa Nazionale*

- R.D. 30 dicembre 1923 n. 3267  
Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani
- R.D. 16 maggio 1926 n. 1126  
Regolamento per l'applicazione de R.D. 30 dicembre 1923, n. 3267
- Legge 25.11.1962  
Provvedimenti per l'edilizia, con particolari prescrizioni per le zone sismiche (pubblicato nella Gazzetta Ufficiale del 22.12.1962, n. 326 – Supplemento Ordinario n. 1);
- Legge 02.02.1974, n. 64  
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche (G.U. 21.03.1974, n. 76);
- Decreto-legge 27.06.1985, n. 312  
Disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 29.06.1985, n. 152);
- Legge 08.08.1985, n. 431  
Conversione in legge con modificazioni del D.L. 27.06.1985, n. 312, concernente disposizioni urgenti per la tutela delle zone di particolare interesse ambientale (G.U. 08.08.1985, n. 431);
- Decreto Ministeriale 11.03.1988  
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 (G.U. 01.06.1988, n. 127);
- Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici del 24.09.1988, 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 (G.U. 01.06.1988, n. 127);

- Decreto Ministero LL.PP. del 14.02.1992

Norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso e per le strutture metalliche (G.U. 18.03.1992, n. 65);

- D.M. 09.01.1996

Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche (G.U. 05.02.1996, n. 29);

- Circolare Ministero LL. PP. del 09.01.1996, n. 218

Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica (G.U. 29.01.1996, n. 50)

- D.M. 16.01.1996

Norme Tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi;

- Decreto Ministero LL.PP. 16.01.1996

Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche (G.U. 05.02.1996, n. 29 – S.O. n. 19);

- Circolare Ministero LL.PP. 15.10.1996, n. 252 AA.GG./S.T.C.

Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 09.01.1996;

- Circolare Ministero LL. PP. del 10.04.1997, n. 65/AA.GG – prot. n. 0

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16.01.96 (G.U. 28.04.1997, n. 97);

- 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;

- Decreto del Presidente della Repubblica del 06.06.2001, n. 380

Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia (Testo A) (G.U. 20.10.2001 n. 245 – S.O. n. 239);

- 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 (G.U. 08.05.2003, n. 105 – S.O. n. 72);

- Ordinanza P.C.M. del 02.10.2003, n. 3316

Modifiche ed integrazioni all'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 (G.U. 10.10.2003, n. 236);

- 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 (G.U. 29.10.2003, n. 252);

- 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 (G.U. 10.05.2005, n. 107);

- Decreto Ministeriale del 14.09.2005

Norme tecniche per le costruzioni (G.U. 23.09.2005, n. 222 – S.O. n. 159);

- 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;

- D. Lgs. n. 152 del 03/04/2006

"Norme in materia ambientale"

- Decreto Ministeriale del 14.01.2008  
Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni (G.U. 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30);
- Decreto Ministeriale nr. 161/2012  
Regolamento recante la disciplina dell'utilizzazione delle terre e rocce da scavo
- Legge 98/2013  
Disposizioni urgenti per il rilancio dell'economia
- Decreto del Presidente della Repubblica n. 120 del 13 giugno 2017  
Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.
- Decreto Ministeriale del 17.01.2018  
Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni (G.U. 20.02.2018 – S.O. n. 42);
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP del MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018 (GU Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5)

#### ***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  
Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica";
- Delibera della Giunta Regionale Emilia-Romagna n. 2193 del 21 dicembre 2015 e DAL n. 112 del 2 maggio 2007  
Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della LR 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica"
- Delibera Assemblea legislativa Regione Emilia-Romagna del 29.04.2019 progr. n. 630  
Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017)

#### **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

---

### **3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO**

---

La zona oggetto di intervento si colloca nel territorio comunale di **Pavullo nel Frignano (MO)**, in **Loc. Madonna dei Baldaccini**.

Geograficamente l'area in esame è compresa all'interno della seguente documentazione cartografica:

#### **Cartografia Regionale:**

- Carta Topografica n. 236-NO denominata "LAMA MOCOGNO" – scala 1:25.000
- Sezione n. 236020 denominata "MONTEBONELLO" – scala 1:10.000
- Elementi n. 236021 denominato "SELVA" – scala 1:5.000

Figura 1: ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 236-NO "LAMA MOCOGNO" - SCALA 1:25.000

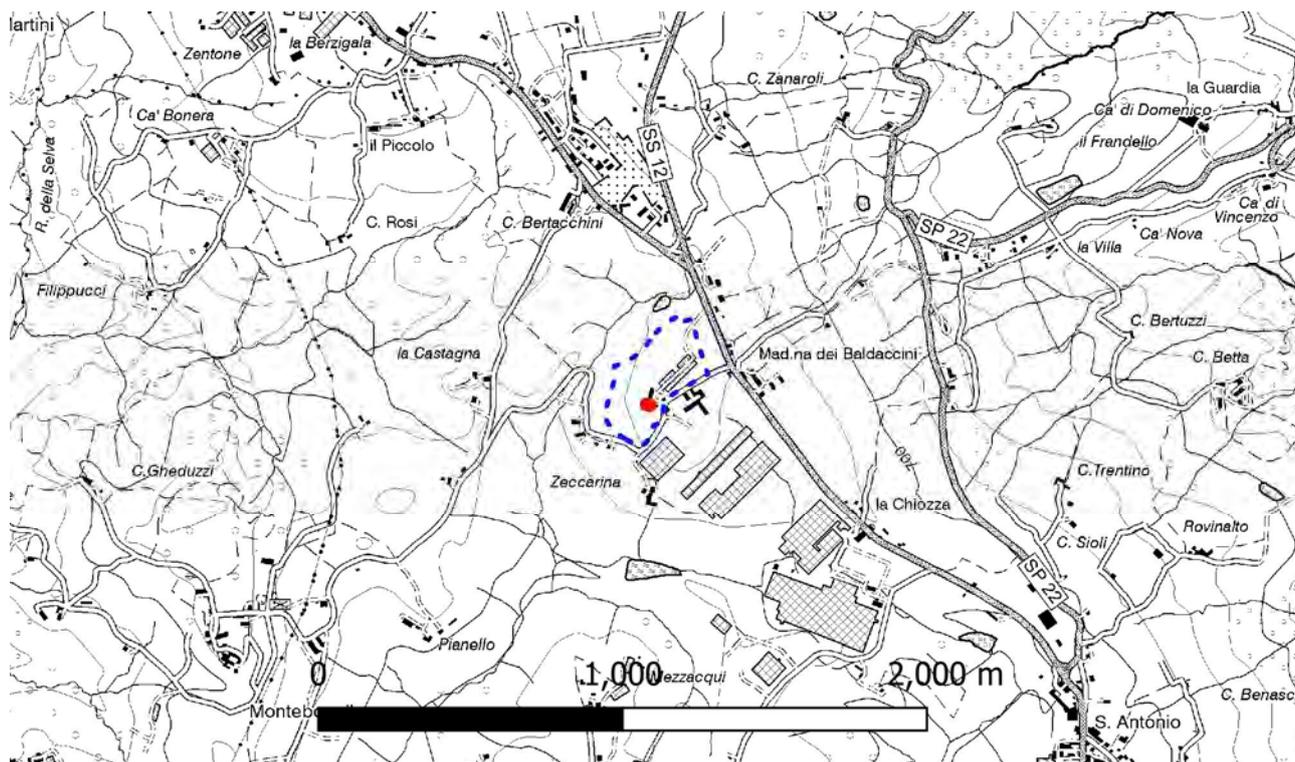


Figura 2: ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 236021 "SELVA" - SCALA 1:5.000

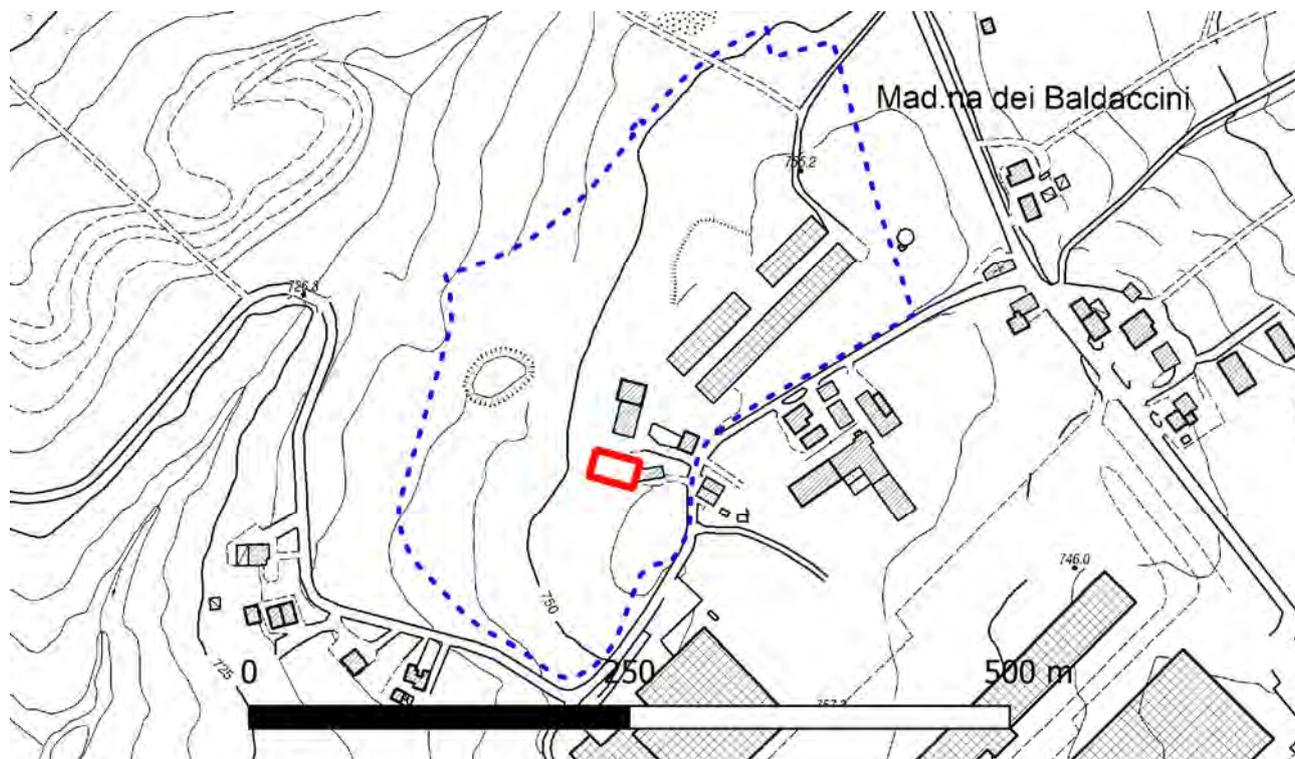


Figura 3: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA – SCALA 1:5.000



#### 4 CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

Dall'analisi degli elaborati redatti dallo studio tecnico incaricato per la progettazione si è riscontrato che gli interventi di progetto consistono della costruzione di un nuovo fabbricato industriale ad uso ciclo-produttivo di ceramica (preparazione ordini), che sarà posizionato all'interno della zona di stoccaggio all'aperto dei prodotti ceramici. Si precisa che l'area è già stata oggetto in passato di lavori di scavo e riporto.

La tipologia della nuova costruzione è del tipo a struttura autoportante con profilati in acciaio con tamponamenti verticali e copertura mediante teli ad elevata resistenza.

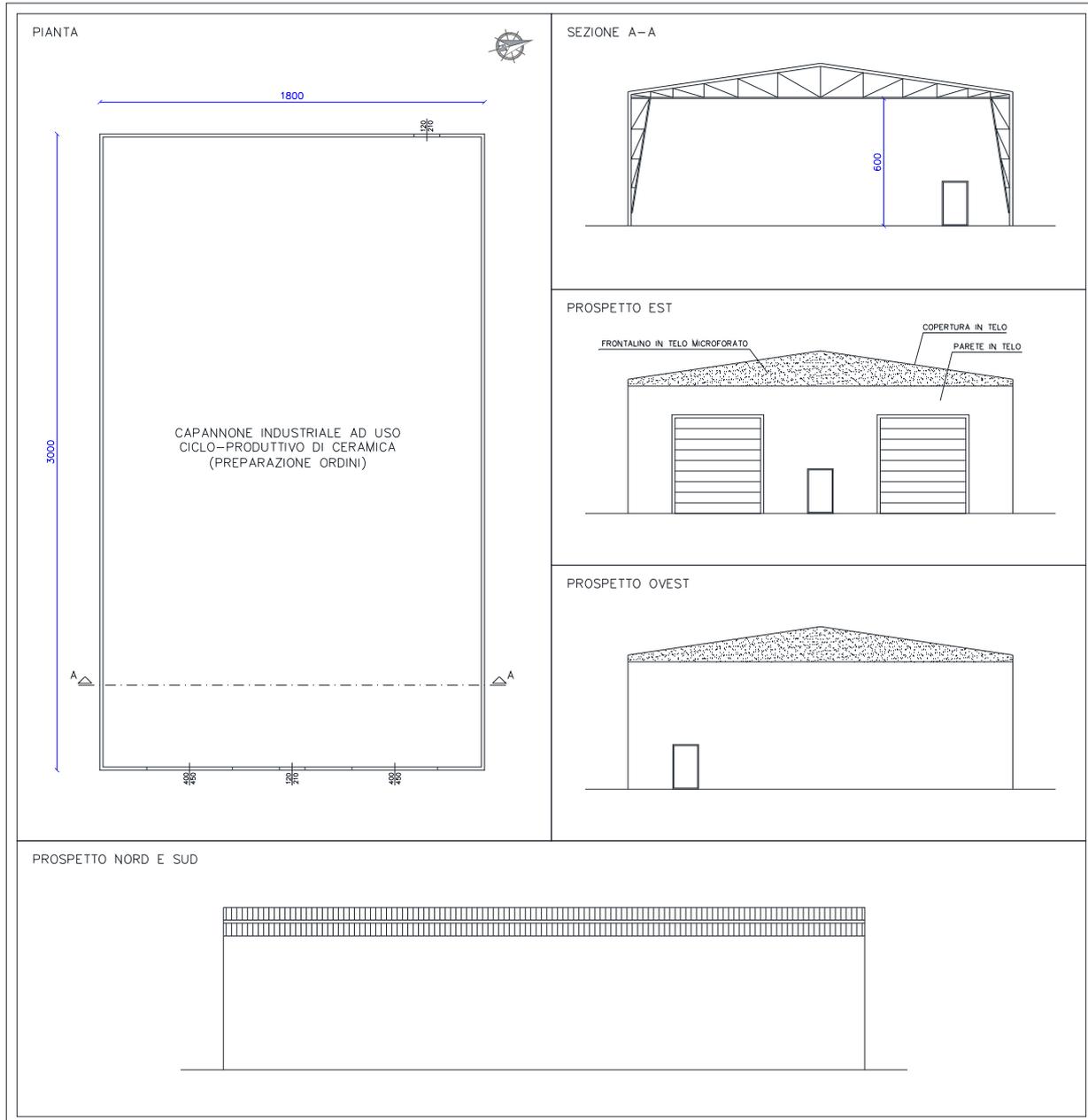
Le caratteristiche dimensionali principali del fabbricato di progetto sono di seguito riportate:

Lunghezza massima:	30.00 m
Larghezza massima:	18.00 m
Altezza massima:	7.60 m

La soluzione progettuale prevede quindi modesti lavori di sbancamento per i quali viene stimata una produzione di terre e rocce da scavo pari a circa 60 mc che da quanto comunicato dai tecnici progettisti sarà integralmente mantenuto nell'area per la sistemazione delle aree esterne.

La gestione delle rocce e terre da scavo derivanti dalla esecuzione delle opere di fondazione dovrà essere effettuata in pieno rispetto del D.P.R. n. 120 del 13/06/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164."

Figura 4: PIANTE – PROSPETTI E SEZIONE DEL FABBRICATO DI PROGETTO

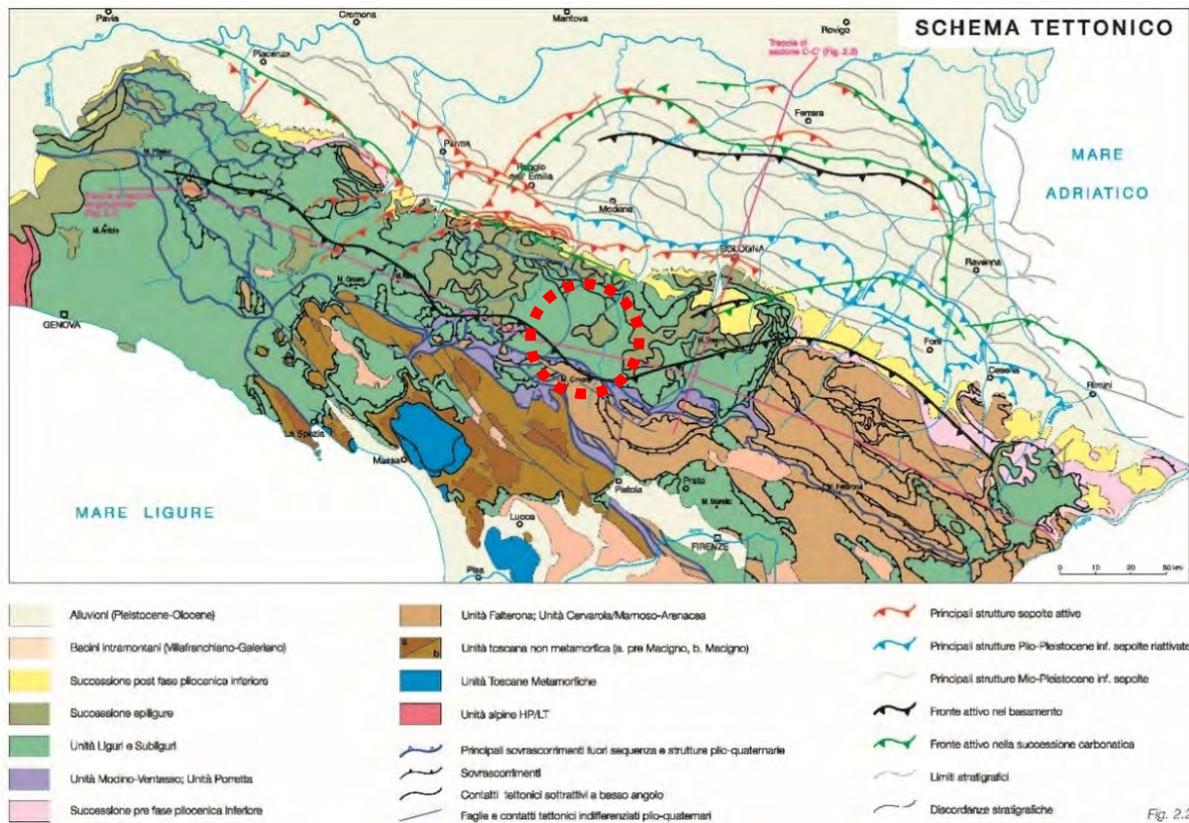


## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOLITOLOGICO

La geologia generale del Comune di Pavullo nel Frignano è costituita dalla presenza di successioni Liguridi (Complessi di Base) ed Epiliguridi. Le porzioni altimetricamente più elevate appartengono alle formazioni rocciose Epiliguridi a comportamento prevalentemente rigido nel caso di arenarie, arenarie-calcaree o calcari-arenacei, che procedendo in direzione di valle sono sostituite da formazioni argillose a comportamento meccanico prevalentemente plastico nel caso dei terreni pelitici.

Il diverso comportamento meccanico delle rocce condiziona la morfologia dei versanti: dove sono presenti le porzioni arenitiche e arenaceo-calcaree le pendenze dei versanti molto elevate, con la formazione di crinali alti, netti, continui e regolari; laddove invece affiorano i terreni liguri pelitici a comportamento plastico, le pendenze si addolciscono e sono frequenti forme ondulate con contropendenze.

Figura 5: SCHEMA TETTONICO DELLA PIANURA PADANA ESTRATTO DALLE NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA SISMO TETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA



La morfologia determinata dalle diverse caratteristiche litologiche e geomeccaniche dei terreni condiziona idrogeologicamente il deflusso delle acque che nelle zone arenacee e arenacee-calcaree ad elevata permeabilità in misura minore per porosità ma soprattutto per fratturazione con prevalente permeabilità per fratturazione mentre nei terreni argillosi-pelitici a bassa permeabilità con assenza di fratturazione prevale lo scorrimento idrico superficiale con modesti valori di infiltrabilità in corrispondenza delle coltri detritiche superficiali. Le litologie lapidee a causa della loro permeabilità per fratturazione a volte manifestano fenomeni pseudo-carsici manifestati in superficie da doline e/o inghiottitoi. Il modello di deflusso delle acque determina l'emergenza di acque in corrispondenza del contratto tra i terreni permeabili (epiliguridi) e quelli impermeabili sottostanti (liguridi).

Procedendo in direzione di valle sono presenti morfologie tipiche di fenomeni gravitativi quiescenti e forme calanchive che si impostano sulle litologie a matrice fine costituite dalle formazioni argillose per una mancata regimazione delle acque meteoriche che localmente ristagnano lungo le zone di contropendenza dando luogo a fenomeni di infiltrazione che comportano la plasticizzazione delle porzioni superficiali alterati favorendo così i fenomeni di instabilità.

Per quanto riguarda la stabilità dell'area, si conferma una situazione di buona stabilità dell'intera area in esame non essendo presenti fenomeni di dissesto in atto o potenziali e quelli presenti nelle vicinanze per tipologia e distanza non interferiscono con le opere di progetto.

Nella carta geologia edita dalla Regione Emilia Romagna, della quale si riporta un estratto, sono rappresentate le formazioni geologiche affioranti, i principali lineamenti tettonici, gli assetti misurati durante il rilievo geologico ed i principali elementi geomorfologici, distinguendo tra frane attive, quiescenti e detrito di versante (caratterizzato da potenziale instabilità).

Da un punto di vista geologico sull'area oggetto di studio affiorano i terreni di copertura quaternari appartenenti a **depositi eolici (d1)**, costituiti da sabbie fini, limi e limi argillosi in genere notevolmente pedogenizzati che si appoggiano su paleosuperfici.

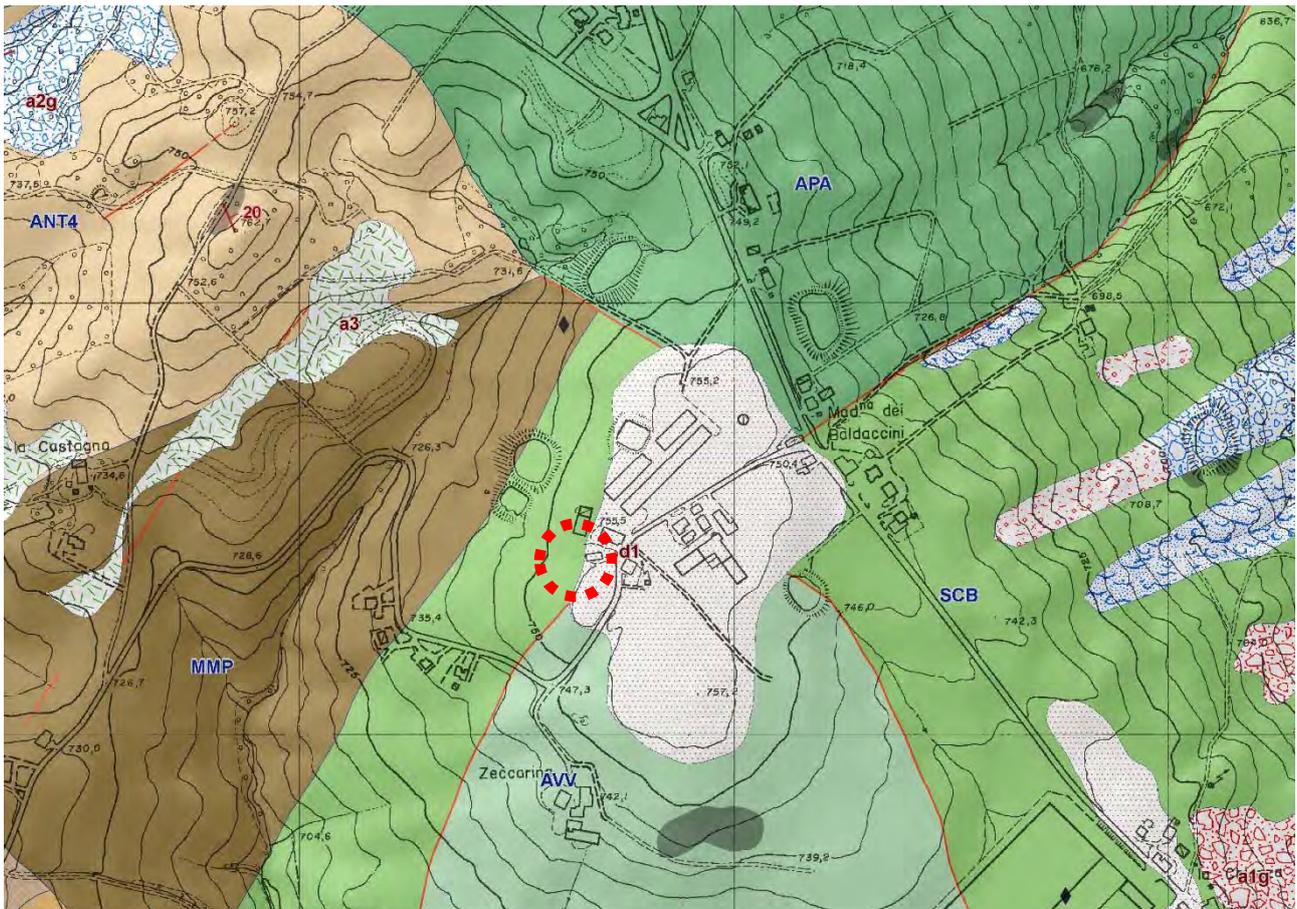
Il substrato, appartenente alle Formazioni Liguri è rappresentato dai terreni appartenenti alle seguenti Formazioni:

- **Argille Varicolori di Cassio (AVV)**, costituita da argilliti scure, rossastre o rosate, verdi e nerastre, con stratificazione da molto sottile a sottile, in cui si intercalano livelli sottili di torbiditi arenaceo-pelitiche grigie, calcilutiti silicee grigiastre o verdognole gradate in strati da medi a spessi e calcilutiti marnose spesse grigio chiaro, litareniti grossolane in strati da medi

a spessi e microconglomerati con elementi di basamento cristallino. Localmente sono presenti intercalazioni lenticolari metriche di breccie sedimentarie poligeniche (bp) e di conglomerati tipo CSD (Conglomerati dei Salti del Diavolo). Elevato grado di tettonizzazione rende quasi irriconoscibile l'originaria stratificazione, generalmente sostituita da un pervasivo clivaggio scaglioso. L'ambiente di sedimentazione è di tipo pelagico profondo, con apporti torbiditici. Lo spessore stratigrafico è difficilmente determinabile per l'intensa tettonizzazione; la potenza affiorante è variabile, può raggiungere i 200 m. L'età della formazione è riconducibile all'intervallo temporale compreso tra il Cenomaniano sup. e il Campaniano sup.?

- **Marne di Monte Piano (MMP)** costituite da argille marnose e marne argillose prevalentemente rosse, rosate e grigio-chiare, subordinatamente verdine. Si presentano in strati sottili, spesso mal definiti; a luoghi sono presenti sottili strati di siltiti nerastre, di arenarie biancastre risedimentate fini e, più raramente, calcilutiti marnose grigio-verdi. La stratificazione è raramente osservabile in uno strato indeformato alla scala dell'affioramento ed è spesso obliterata da strutture complesse sia di tipo plicativo sia da superfici di taglio. L'ambiente di sedimentazione è riferibile ad un bacino marino profondo caratterizzato dalla decantazione di argille pelagiche e dall'arrivo di correnti di torbida diluite con esclusiva risedimentazione di materiale terrigeno fine e finissimo. L'età basale è riferibile ad un generico Bartoniano, mentre per la sommità al Priaboniano superiore, non escludendo che possa raggiungere l'Oligocene basale.
- **Arenarie di Scabiazza (SCB)** costituite da torbiditi arenaceo-pelitiche con arenarie da molto sottili a medie, mal strutturate e poco cementate, talora gradate, con granulometria da fine a finissima, di colore grigio, grigio-scuro o grigio-verdastre (beige o rossastro se alterate) in strati molto sottili e sottili, e argille o argille marnose verdastre o grigio scuro molto sporche; rapporto A/P < 1 o uguale a 1. A volte si rinvencono calcilutiti marnose verdi o biancastre e marne calcaree grigio-chiare in strati da sottili a spessi e argilliti varicolorate. Presenti localmente intercalazioni lenticolari metriche di breccie sedimentarie poligeniche (bp) e livelli di marne scheggiose grigio-chiare (SCBms - litofacies marnoso-siltosa). L'ambiente deposizionale è di piana bacinale con frequenti apporti torbiditici. La potenza geometrica della formazione può raggiungere alcune centinaia di metri, mentre l'età della stessa è riconducibile all'intervallo temporale compreso tra il Turoniano sup. e il Campaniano inf.

Figura 6: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA EDITA DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA REGIONALE NR. 236020 CON INCLUSIONE DELLE COPERTURE QUATERNARIE



**Legenda**

Province



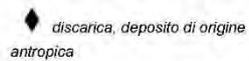
Comuni



Griglia 10.000



Punti geomorf./antrop. (10K)

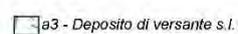
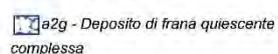
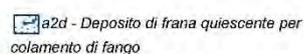
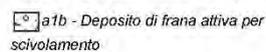


Punti di osservaz. e misura (10K)



stratificazione dritta

Coperture quaternarie (10K)



Limiti di unità geologiche (10K)

— contatto stratigrafico o litologico certo

— faglia certa

— faglia incerta

Affioramenti (aree) (10K)



Unità geologiche (10K)

ANT4 - Marne di Antognola - membro di Anconella

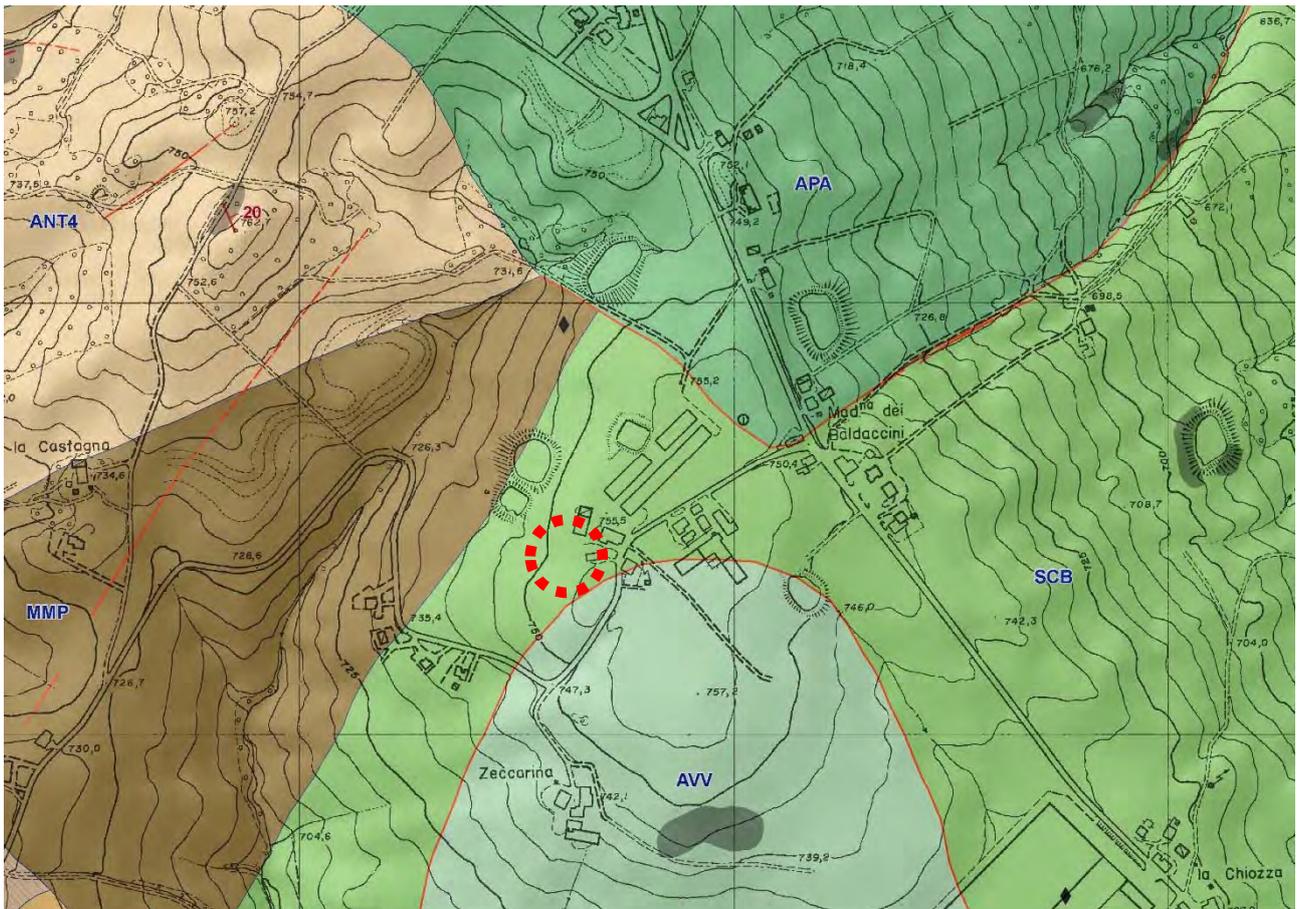
APA - Argille a palombini

AVV - Argille Varicolori di Cassio

MMP - Mame di Monte Piano

SCB - Arenarie di Scabiazza

Figura 7: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA EDITA DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA REGIONALE NR. 236020 CON ESCLUSIONE DELLE COPERTURE QUATERNARIE



**Legenda**

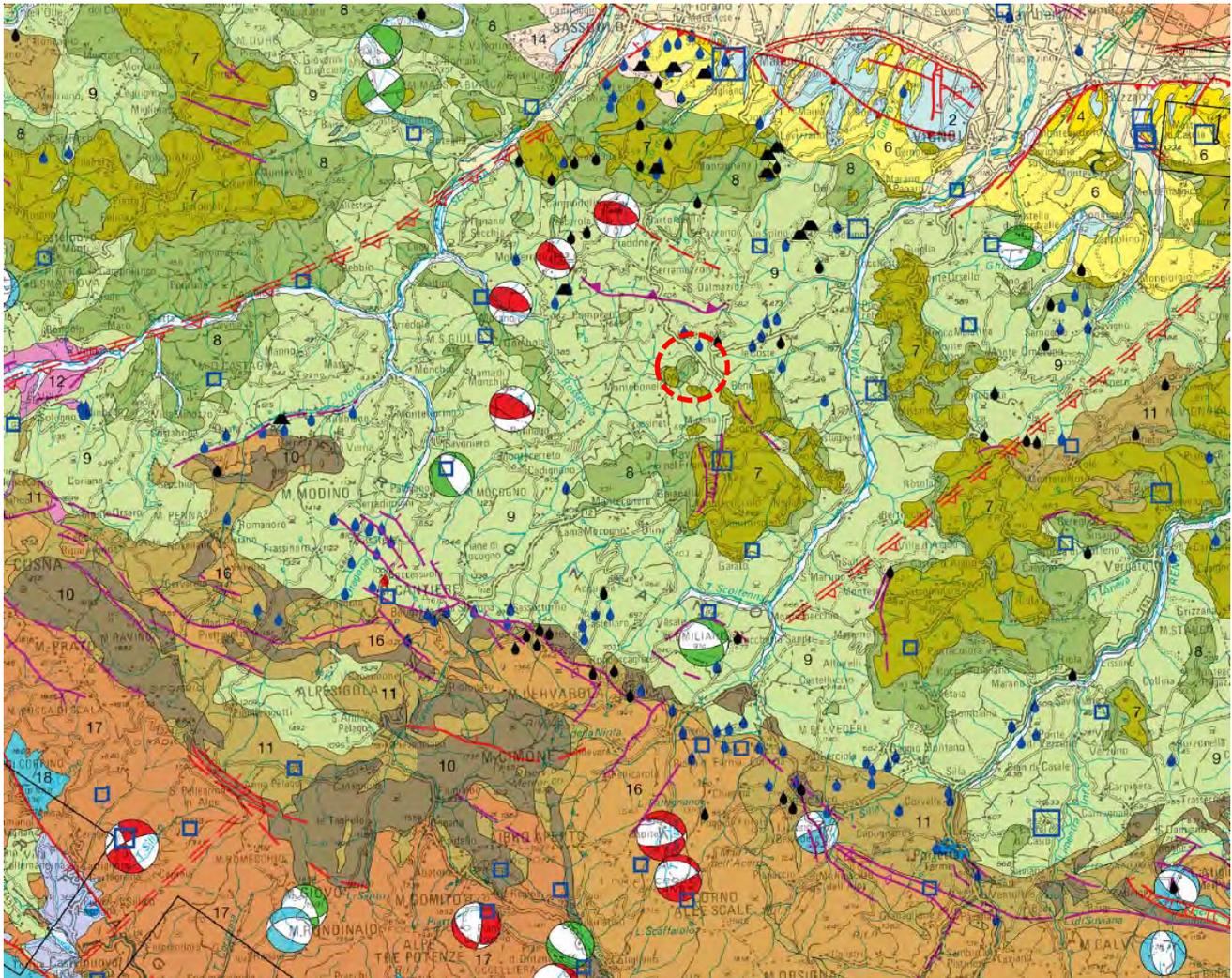
- AVV - Argille Varicolori di Cassio
- MMP - Marna di Monte Piano
- SCB - Arenarie di Scabiazza
- Province
- Comuni
- Griglia 10.000
- Punti geomorf./antrop. (10K)
- discarica, deposito di origine antropica
- Punti di osservaz. e misura (10K)
- stratificazione dritta
- Limiti di unità geologiche (10K)
  - contatto stratigrafico o litologico certo
  - faglia certa
  - faglia incerta
- Affioramenti (aree) (10K)
  -
- Unità geologiche (10K)
  - ANT4 - Marna di Antognola - membro di Anconella
  - APA - Argille a palombini

## 6 ASPETTI SISMICI DEL TERRITORIO DI PAVULLO NEL FRIGNANO

### 6.1 PERICOLOSITA' SISMICA

Dall'analisi della Carta Sismo-Tettonica della Regione Emilia-Romagna e aree limitrofe (edizione 2017) redatta alla scala 1:250.000 l'area di Pavullo nel Frignano si colloca geograficamente nella zona appenninica con presenza di strutture fortemente tettonizzate che danno luogo a sorgenti sismiche che si attivano mediante meccanismi focali distensivi costituiti da faglie dirette, trascorrenti distensive.

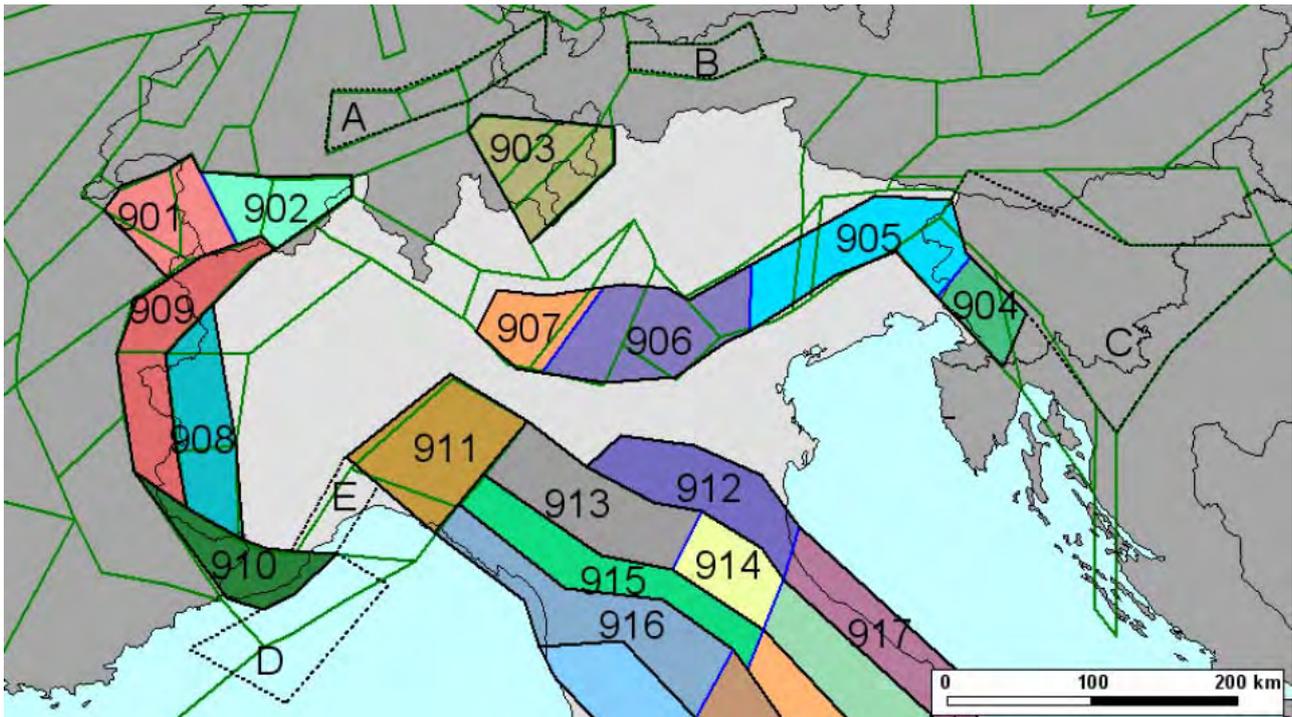
Figura 8: ESTRATTO DI CARTA SISMO-TETTONICA (R.E.R. 2017)



### 6.2 ZONAZIONE SISMOGENETICA

Negli ultimi anni il punto di riferimento per le valutazioni di pericolosità sismica è stato rappresentato dalla zonazione sismogenetica ZS9 (Scandone et al. 1996 - 2000) che rappresenta la traduzione operativa del modello sismotettonico riassunto in Meletti et al. (2000). In seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20.3.2003, n. 3274 è stato redatto a cura di un gruppo di lavoro dell'INGV un documento denominato "Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall' O.P.C.M. 20-3-2003, n. 3274. Rapporto conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici".

Figura 9: ZONIZZAZIONE SISMOGENETICA ZS9



Tale modello ha utilizzato come base di partenza la precedente zonazione, con inserimento delle nuove conoscenze relative alla tettonica attiva della penisola italiana con anche le indicazioni derivanti da episodi sismici più recenti. La zonizzazione è stata costruita, pertanto, mediante l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni ha fornito come risultato la costruzione della carta I modello geodinamico e la sismicità osservata ha permesso di costruire la carta nazionale delle zone sismogenetiche. Per il reperimento dei dati relativi alla sismicità osservata è stato considerato il catalogo storico contenente 2.488 eventi degli ultimi 1.000 anni con intensità epicentrali maggiore o uguale al V – VI grado MCS la cui magnitudo è maggiore o uguale a 4.

La zona che interessa l'area in esame è la nr. 913, che fa parte del complesso "Appennino settentrionale e centrale", che presenta un valore di magnitudo massima pari a  $M_{wmax} = 5,91$ .

## 7 NORMATIVE DI RIFERIMENTO RELATIVE AGLI ASPETTI SISMICI

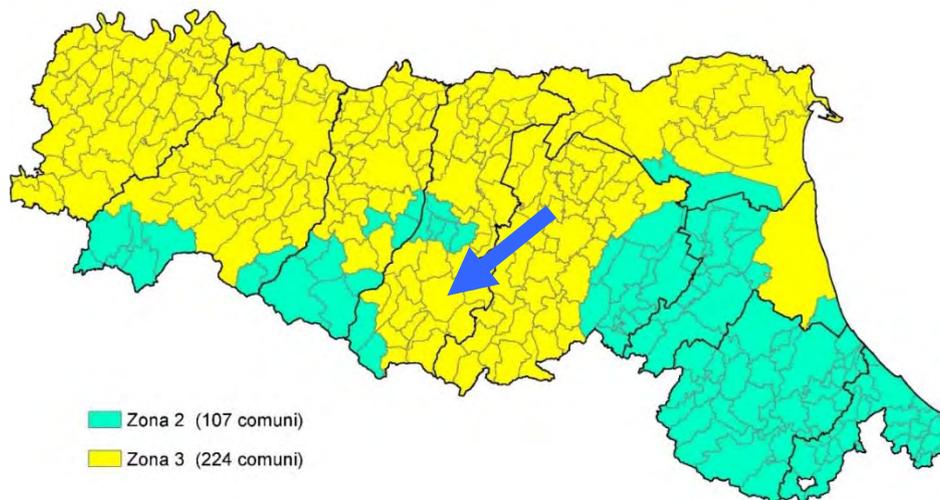
### 7.1 ORDINANZA P.C.M. 3274/2003

Con riferimento all'Ordinanza P.C.M. 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" 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 zone sismiche. In relazione alle "Norme tecniche" si suddivide il territorio nazionale in 4 zone sismiche, 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/s.

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ $a_g$ ]	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ $a_g$ ]
1	$0,25 < a_g \leq 0,35$ g	0,35 g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25$ g	0,25 g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15$ g	0,15 g
4	$\leq 0,05$ g	0,05 g

Di seguito si riporta la zonizzazione relativa al territorio della Regione Emilia-Romagna

Figura 10: MAPPA DELLA RICLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – ORDINANZA DEL PCM N. 3247/2003 -- AGGIORNAMENTO LUGLIO 2018



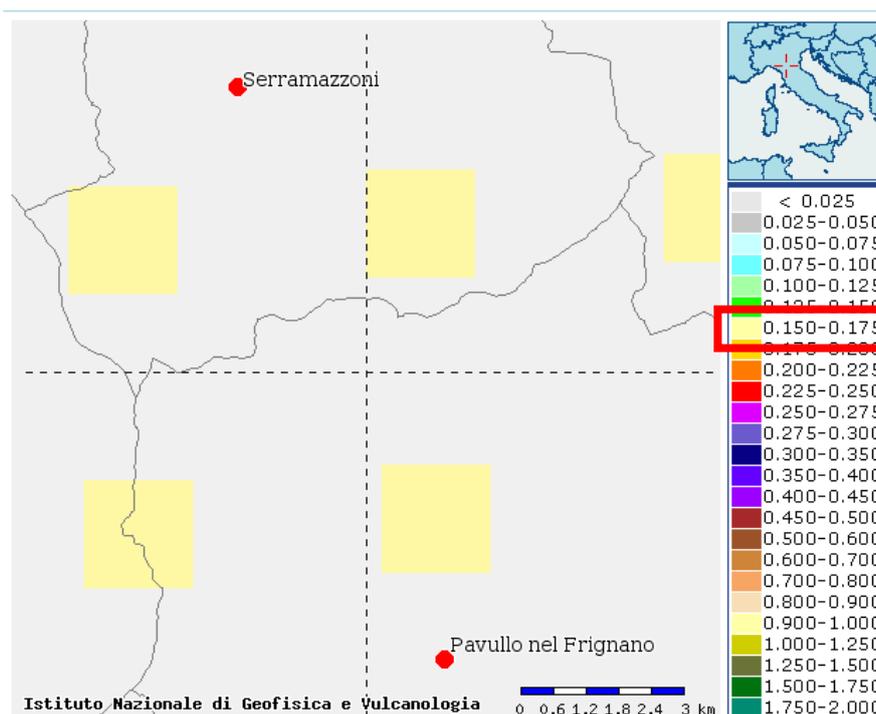
In base all'Ordinanza P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 il **Comune di Pavullo nel Frignano (MO)** ricade in **zona sismica 3**, e pertanto corrispondente ad una accelerazione massima convenzionale pari a 0.15 g riferita ad un suolo di tipo "A" con una probabilità di superamento pari al 10% in un arco temporale di 50 anni.

### 7.2 ORDINANZA P.C.M. 3519/2006

Con l'emissione dell'Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006 dalla G.U. n. 108 del 11/05/06 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" è riportato in allegato una mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita ai suoli molto rigidi ( $V_{s30} > 800$  m/s).

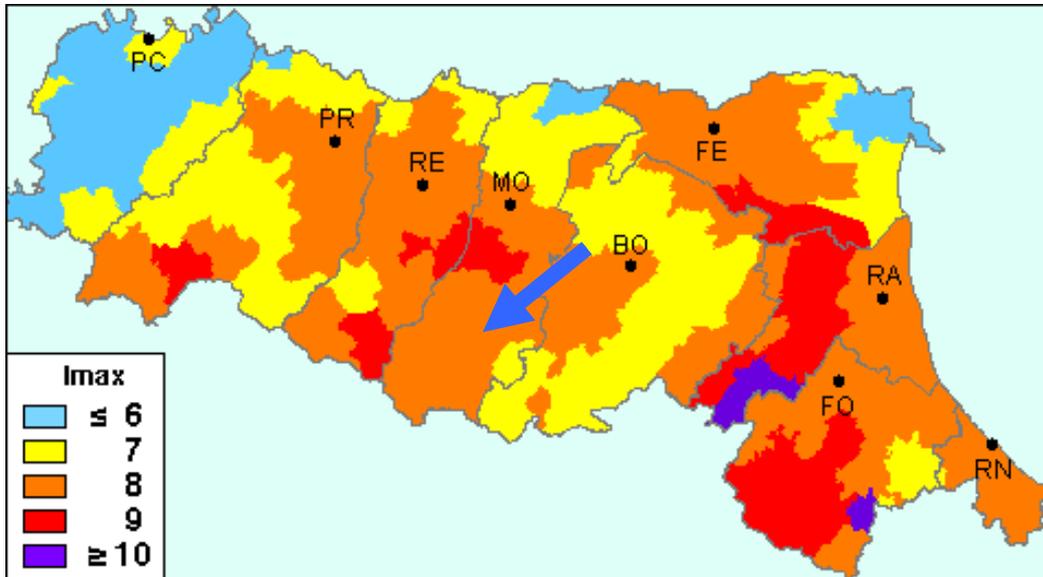
Con riferimento all'area oggetto di studio il **Comune di Pavullo nel Frignano (MO)** è compreso all'interno di una zona ove si prevede un valore di accelerazione massima al suolo ( $a_{max}$ ) compreso tra 0.150-0.175 accelerazione

Figura 11: CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA ESPRESSA IN ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI PICCO PGA CON TEMPO DI RITORNO 475 ANNI



Per quanto riguarda l'aspetto macrosismico della zona in esame, dallo studio effettuato da D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise (1996) per conto del Dipartimento della Protezione Civile, realizzato utilizzando la banca dati del GNDT e il Catalogo dei Forti Terremoti Italiani di ING/SGA, si può notare che il **Comune di Pavullo nel Frignano (MO)** presenta un'intensità macrosismica  $I_{max}$  pari a 8.

**Figura 12: MAPPA DELLE MASSIME INTENSITA' MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI - PARTICOLARE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA**



### 7.3 DELIBERA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA N. 112/2007

Con l'approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito a "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", con riferimento all'allegato 4 sono stati definiti i valori di accelerazione massima ( $a_{refg}$ ) in termini di frazione della accelerazione di gravità per ogni comune della Regione Emilia Romagna.

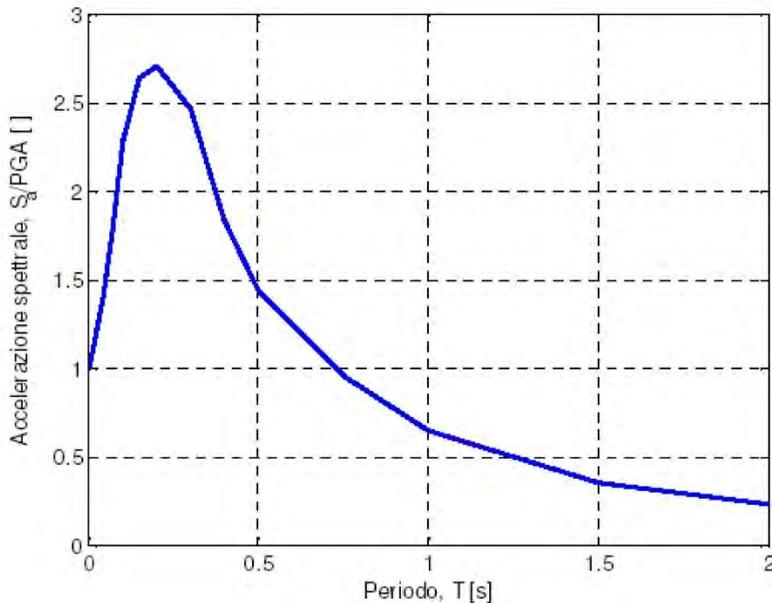
Nel caso del **Comune di Pavullo nel Frignano (MO)** il valore di  $a_{refg}$  è pari a **0.159**

Bastiglia	0.157	Guiglia	0.160	Prignano sulla Secchia	0.158
Bomporto	0.157	Lama Mocogno	0.161	Ravarino	0.157
Campogalliano	0.162	Maranello	0.163	Riolunato	0.185
Camposanto	0.155	Marano sul Panaro	0.161	San Cesario sul Panaro	0.162
Carpi	0.154	Medolla	0.150	San Felice sul Panaro	0.150
Castelfranco Emilia	0.163	Mirandola	0.141	San Possidonio	0.140
Castelnuovo Rangone	0.163	Modena	0.163	San Prospero	0.154
Castelvetro di Modena	0.162	Montecreto	0.178	Sassuolo	0.162
Cavezzo	0.150	Montefiorino	0.161	Savignano sul Panaro	0.163
Concordia sulla Secchia	0.127	Montese	0.162	Serramazzoni	0.159
Fanano	0.179	Nonantola	0.160	Sestola	0.177
Finale Emilia	0.149	Novi di Modena	0.139	Soliera	0.158
Fiorano Modenese	0.162	Palagano	0.164	Spilamberto	0.163
Fiumalbo	0.198	<b>Pavullo nel Frignano</b>	<b>0.159</b>	Vignola	0.163
Formigine	0.163	Pievepelago	0.194	Zocca	0.159
Frassinoro	0.178	Polinago	0.161		

All'interno della Delibera 112/2007 in allegato 4 vengono riportati gli indirizzi per il calcolo della risposta sismica locale nelle analisi di terzo livello ove è richiesto che vengano effettuati sulla base di segnali di riferimento assegnati ad ogni comune. Tali segnali sono rappresentativi dello scuotimento atteso su un suolo di riferimento, quest'ultimo inteso come la superficie al di sotto della quale si può

assumere una velocità di propagazione delle onde di taglio ( $V_s$ ) superiore o uguale a 800 m/s. Viene inoltre fornito uno spettro di risposta normalizzato con il quale è possibile ottenere moltiplicando i valori della tabella 1 per il valore di  $a_{ref}$  di ogni comune.

**Figura 13: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO (TR=475 ANNI, SMORZAMENTO 5%) E VALORI DI DEFINIZIONE PREVISTI DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA – DAL 112/2007**



T (s)	Sa/a <sub>ref</sub>
0,00000	1,00000
0,04000	1,38865
0,07000	1,75927
0,10000	2,28349
0,15000	2,63726
0,20000	2,70745
0,30000	2,46642
0,40000	1,84047
0,50000	1,44476
0,75000	0,95494
1,00000	0,64546
1,50000	0,35479
2,00000	0,23070

#### **7.4 NTC 2018 - AGGIORNAMENTO DELLE NORME TECNICHE SULLE COSTRUZIONI**

##### **7.4.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DA NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI (RIF. 3.2.2 NTC 2018)**

Il D.M. 17.01.2018 stabilisce che, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è possibile fare riferimento ad un approccio semplificato basato sulle categorie di sottosuolo di riferimento e sulle condizioni topografiche del sito.

Con riferimento al Cap. 3.2.2 del D. Min. Infrastrutture e Trasporti del 17/01/2018 (NTC 2018) la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  (in m/s) definita dalla sotto riportati espressione:

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

dove:

$h_i$ : spessore dell' $i$ -esimo strato

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

$N$ : numero degli strati

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

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

Le categorie di sottosuolo di riferimento sono riportati nella tabella seguente.

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

Ai sensi del DM 17.01.2018 (GU del 20.02.2018 – S.O. n. 42), punto 3.2.2. "Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche", che riporta: "Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_s$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_s$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2."

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

## **7.5 DELIBERA DI GIUNTA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA N. 630/2019**

Con riferimento all'atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017), allegato "A", vengono identificate fasi di analisi con diversi livelli di

Approfondimento e precisamente:

1° fase: analisi diretta a definire gli scenari di pericolosità sismica locale

2° fase: analisi che ha come obiettivo la microzonazione sismica del territorio indagato

Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

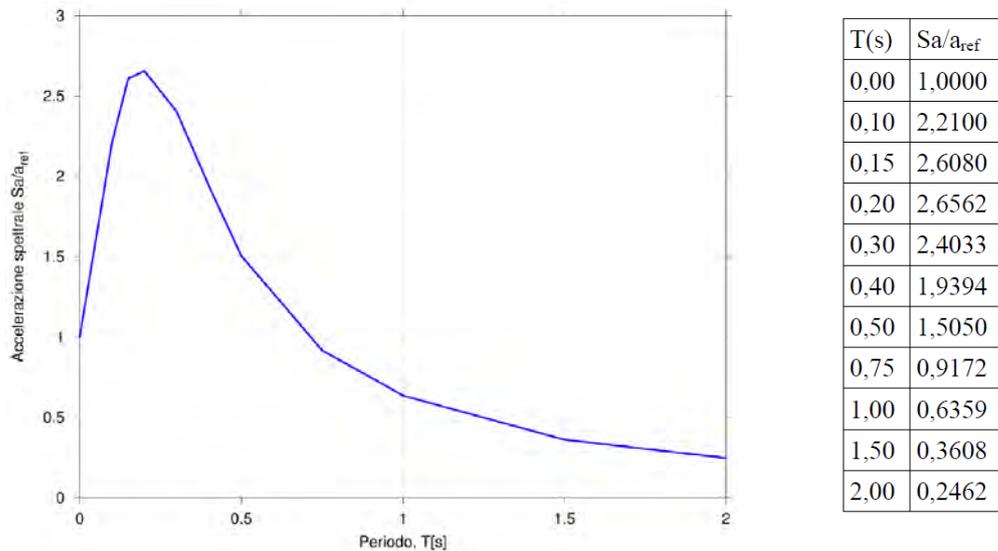
- a) un'analisi semplificata (secondo livello di approfondimento)
- b) una analisi approfondita (terzo livello di approfondimento)

Per quanto riguarda le procedure di riferimento per le analisi di terzo livello di approfondimento, sono previste nell'allegato A3 della DRG 630/2019 le quali prevedono:

- A) Valutazione della possibilità di occorrenza della liquefazione
- B) Stima dei cedimenti indotti dall'azione sismica
- C) Identificazione dei pendii potenzialmente instabili

Con riferimento agli spettri di risposta normalizzato la DRG 630/2017 riporta una tabella ove sono riportati i valori del periodo proprio (T) espresso in secondi e i valori di accelerazione spettrale normalizzata al valore di accelerazione massima orizzontale ( $a_{ref}$ ).

**Figura 14: SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO (TR=475 ANNI, SMORZAMENTO 5%) E VALORI DI DEFINIZIONE PREVISTI DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA – DGR 630/2019**



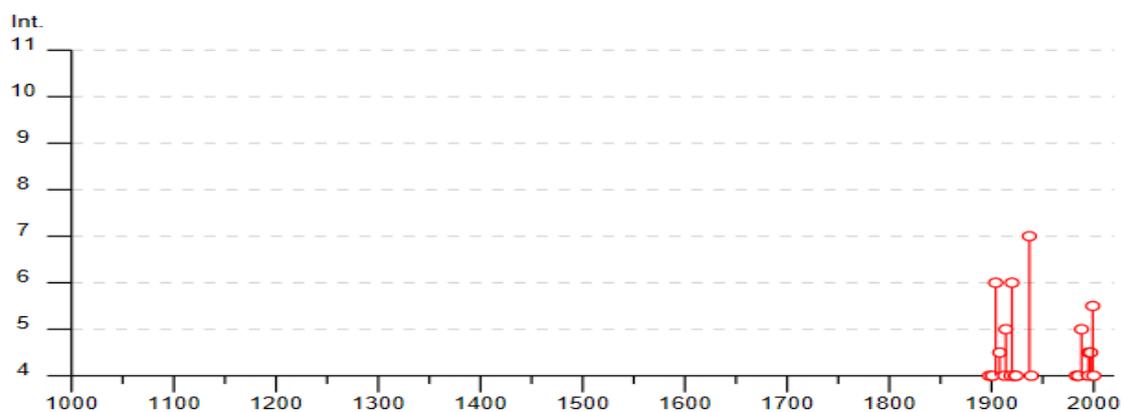
## 8 SISMICITA'

### 8.1 SISMICITA' STORICA

La sismicità storica del **Comune di Pavullo nel Frignano** è stata desunta mediante la consultazione del database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15 (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15> )

Il database è stato realizzato nell'ambito delle attività del TTC (Tema Trasversale Coordinato) "Banche dati e metodi macrosismici" dell'INGV, con il contributo parziale del Dipartimento della Protezione Civile.

**Figura 15: DIAGRAMMA RAPPRESENTANTE LA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO**



Effetti										In occasione del terremoto del		
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDF	Io	Mw		
3	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	8	5.27		
3	1892	05	17	03	08	1	Carpinetti	28	5	4.28		
F	1893	03	18	19	33	1	Florentino	401	8	5.50		
F	1893	08	07	19	49	3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67		
3	1896	07	08	01	31	2	Porretta Terme	17	5	4.37		
NF	1896	12	08	17	06	4	Sestola	26	5	4.33		
NF	1897	09	06	03	10	4	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59		
4	1898	03	04	21	05		Parmanese	313	7-8	5.37		
4	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44		
E	1904	06	10	11	15	2	Frignano	101	6	4.82		
4-5	1908	06	02	22	30		Frignano	18	4-5	4.50		
NF	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34		
4	1913	02	13	16	39		Corno alle Scale	26	5	4.18		
5	1914	10	27	09	22		Lucchese	660	7	5.63		
3	1915	10	10	23	10		Raggiano	30	6	4.87		
3	1916	05	17	12	30		Riminese	132	8	5.82		
4	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38		
3	1919	09	25	03	15		Frignano	7	4	3.70		
E	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53		
2	1922	08	02	21	13		Frignano	21	5	4.32		
4	1923	06	28	15	12		Modenese	22	6	5.04		
4	1924	06	12	21	03	4	Frignano	25	5-6	4.46		
2-3	1928	06	13	08			Carpi	35	6	4.67		
3-4	1929	04	19	04	16		Bolognese	82	6-7	5.13		
2	1930	10	30	07	13		Sanigallia	268	8	5.83		
2	1931	06	10	17	02		Modenese	14	4	4.59		
3	1936	10	18	03	10		Alpago Canaiglio	269	9	6.06		
7	1937	12	10	18	04		Frignano	28	6	5.30		
4	1939	10	15	14	05		Garfagnana	62	6-7	4.96		
3	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17		
NF	1956	04	26	03	00	0	Appennino bolognese	89	6	4.74		
3	1957	08	27	11	54		Appennino modenese	58	5	4.73		
3	1971	07	15	01	33	2	Parmanese	228	8	5.51		
4	1983	11	09	16	29	5	Parmanese	850	6-7	5.04		
4	1985	01	23	10	10	1	Garfagnana	73	6	4.60		
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43		
NF	1987	05	02	20	43	5	Raggiano	802	6	4.71		
3-4	1988	02	08	11	24	4	Garfagnana	75	6	4.34		
5	1988	02	08	13	36	4	Frignano	43	5	4.28		
NF	1992	04	17	11	39	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11		
4-5	1995	08	24	17	27	3	Appennino piastolese	56	6	4.45		
1-2	1995	10	10	05	54	2	Lunigiana	341	7	4.82		
4	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51		
4-5	1996	10	15	09	35	5	Pianura emiliana	135	7	5.38		
4-5	1997	12	24	17	33	1	Garfagnana	98	5	4.33		
5-6	1999	07	07	17	16	1	Frignano	32	5	4.67		
NF	2000	06	18	07	42	0	Piadura emiliana	304	5-6	4.40		
4	2000	10	03	01	12	3	Frignano	62	5	4.22		
3-4	2002	06	08	20	13	0	Frignano	115	4	4.23		
3-4	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30		
NF	2002	06	19	22	11	1	Frignano	52	3	4.03		
3	2003	09	14	21	42	5	Appennino bolognese	133	6	5.24		

## 9 MICROZONAZIONE SISMICA DI PAVULLO NEL FRIGNANO

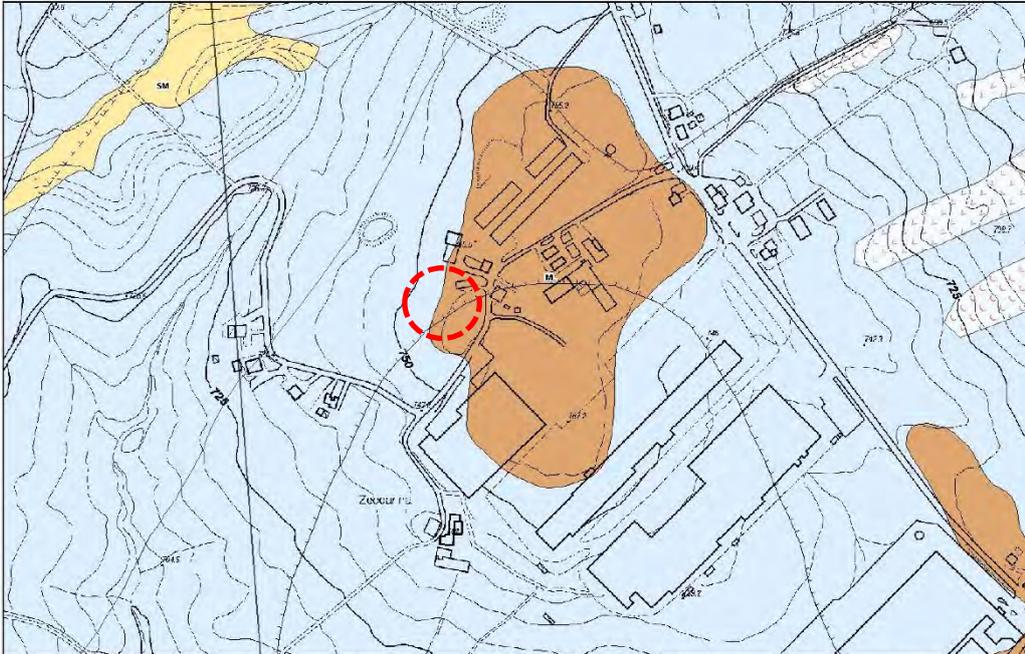
Lo studio di microzonazione sismica di 2° livello del Comune di Pavullo, ed in particolare la cartografia delle MOPS, ricomprende l'area in esame tra le zone con presenza di terreni di copertura (porzione est) e zone con substrato non rigido (zona ovest) con valori del fattore di amplificazione della PGA > 2.50.

In fattore di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo tra 0.1-0.5S e 0.5-1.0s risulta compreso rispettivamente tra 2.50 e 1.9-2.0.

Figura 16: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICO TECNICA

Provincia di Modena

Estratto di mappa



  
Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

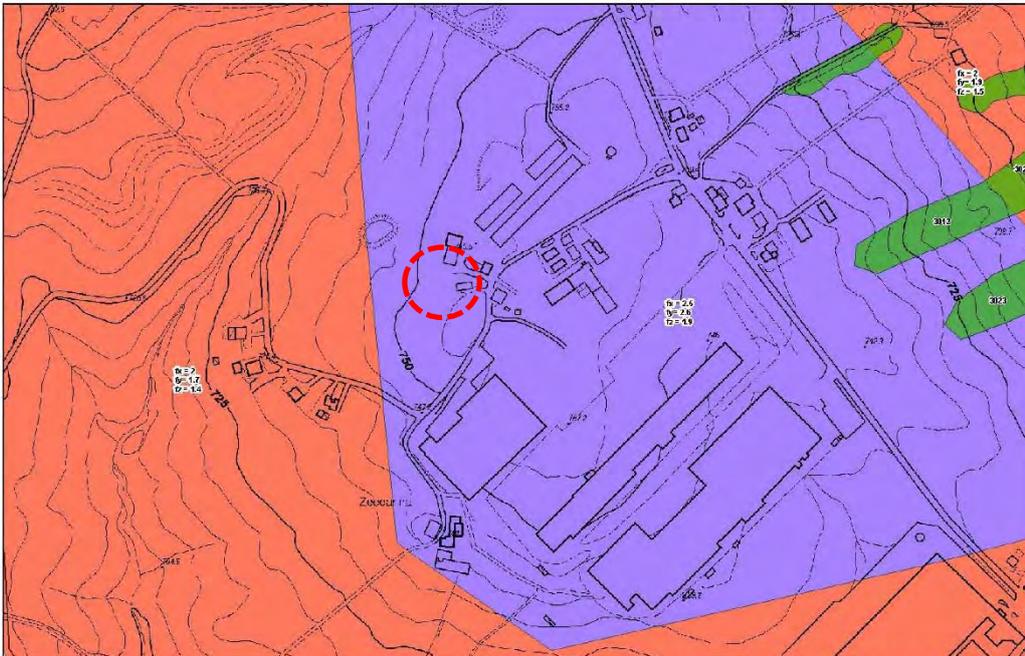
- Terreni di copertura**
-  Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
  -  Limi inorganici, sabbie fini limoso o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
- Substrato geologico rigido o non**
-  Substrato geologico non rigido stratificato
  -  Substrato geologico non rigido
- Instabilità di versante**
-  Frana quiescente complessa
  -  Frana attiva per scorrimento
  -  Frana quiescente per colamento
- Elementi tettonico-strutturali**
-  Faglia diretta non attiva (certa)
  -  Faglia diretta non attiva (incerta)
- Quadro d'unione delle tavole -**
-  Quadro d'unione
- Carta Topografica Regionale**
-  1:25.000 (1985-1986)
- Ricerca sviluppi**

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 17: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA

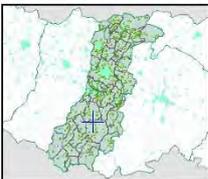
Provincia di Modena

Estratto di mappa



  
Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Zone stabili suscettibili di

-  FX (1.9 - 2.0)
-  FX > 2.5
-  FX (2.1 - 2.2)

Territorio indagato - download PDF

-  Sviluppi con approfondimenti di II livello

Carta Topografica Regionale

-  1:25.000 (1985-1986)

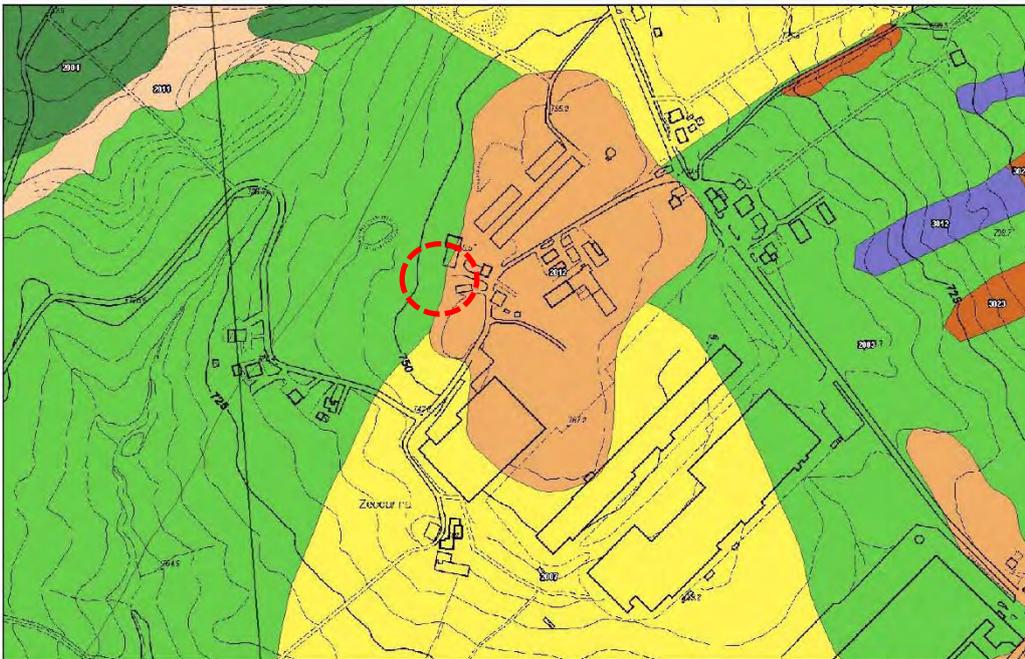
Ricerca sviluppi

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 18: CARTA DELLE MOPS (MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA)

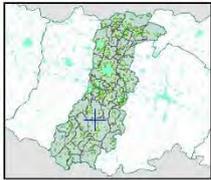
Provincia di Modena

Estratto di mappa



  
Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Zone stabili suscettibili di

-  Zona 12
-  Zona 11
-  Zona 4
-  Zona 7
-  Zona 3

Quadro d'unione delle tavole -

-  Tavole

Carta Topografica Regionale

-  C.T.P. 1:25.000 (1985-1986)

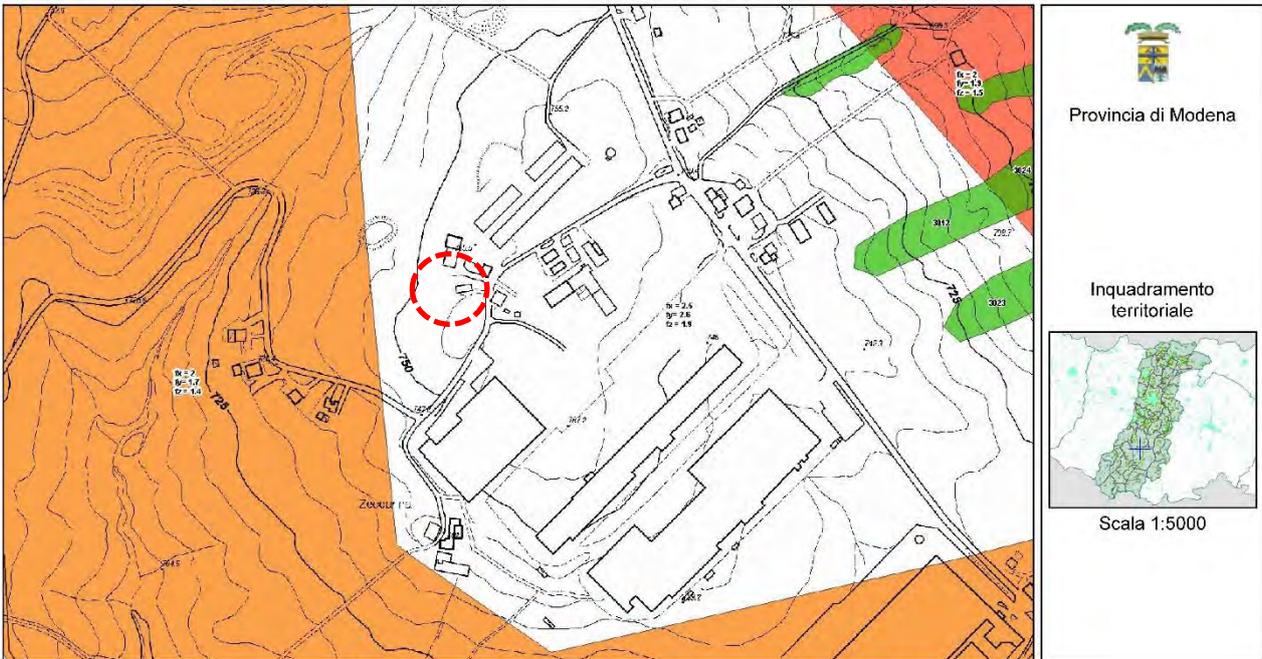
Ricerca sviluppi

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 19: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER (0.1-0.5 S) (Fy)

Provincia di Modena

Estratto di mappa



SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Zone stabili suscettibili di

-  FY (1.9 - 2.0)
-  FY (1.7 - 1.8)

Territorio indagato - download PDF

-  Sviluppi con approfondimenti di II livello

Carta Topografica Regionale

-  1:25.000 (1985-1986)

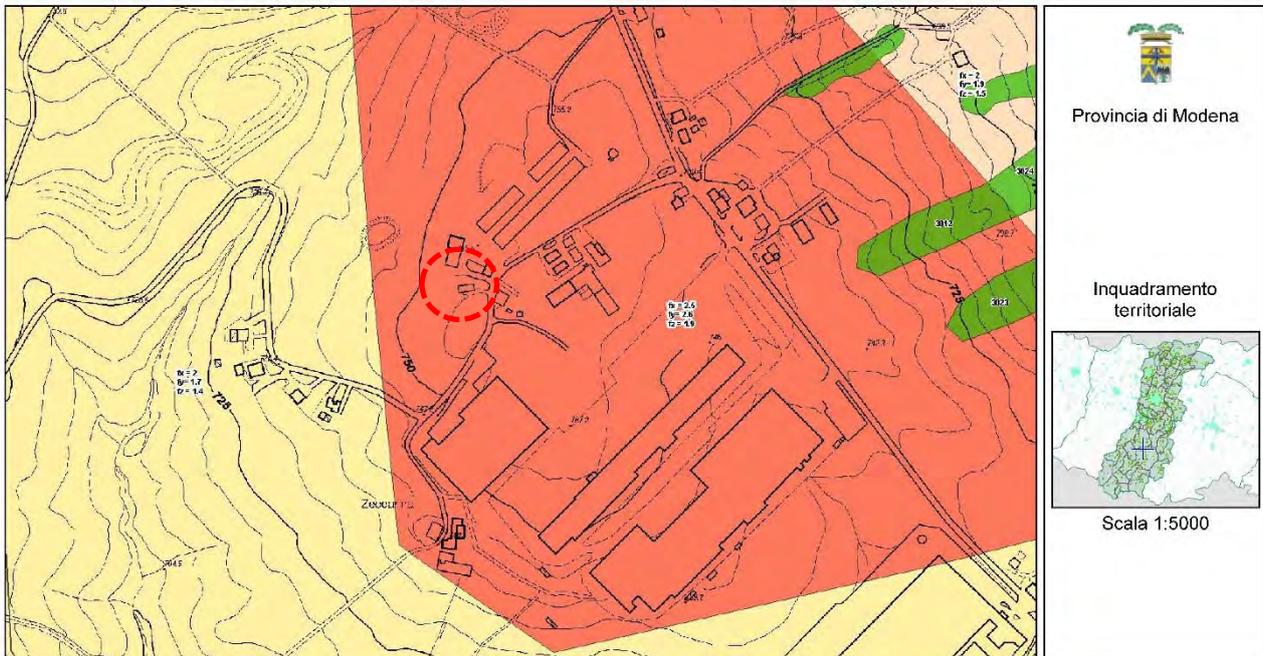
Ricerca sviluppi

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 20: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER (0.5-1.0 S) (Fz)

Provincia di Modena

Estratto di mappa



SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Zone stabili suscettibili di

-  FZ (1.9 - 2.0)
-  FZ (1.3 - 1.4)
-  FZ (1.5 - 1.6)

Territorio indagato - download PDF

-  Sviluppi con approfondimenti di II livello

Carta Topografica Regionale

-  1:25.000 (1985-1986)

Ricerca sviluppi

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

---

## **10 VINCOLI E ZONIZZAZIONI DI TUTELA SULLA BASE DEL P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA**

---

Con riferimento alla cartografia allegata al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Modena approvato con DCP n.46 del 18/03/2009 ed in vigore dal 08/04/2009, l'area oggetto di studio risulta essere compresa all'interno delle seguenti cartografie tematiche:

### **TAV. 1.1 – TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI**

L'area non risulta soggetta a vincoli.

### **TAV. 1.2 – TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITA' DEL TERRITORIO**

L'area non risulta soggetta a vincoli.

### **TAV. 2.1 – RISCHIO DA FRANA - CARTA DEL DISSESTO**

L'area non risulta soggetta a vincoli.

### **TAV. 2.2 – RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI**

La zona in oggetto si colloca in un settore esterno alle zone potenzialmente soggetta ad effetti locali.

### **TAV. 3.3 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA E ASSIMILATE**

L'area non risulta soggetta a vincoli.

### **TAV. 3.4 – RISCHIO INQUINAMENTO SUOLO: ZONE NON IDONEE ALLA LOCALIZZAZIONE DI IMPIANTI DI SMALTIMENTO E RECUPERO DI RIFIUTI SOLIDI URBANI, SPECIALI E SPECIALI PERICOLOSI**

L'area non risulta soggetta a vincoli.

### **TAV. 3.5 – RISCHIO INDUSTRIALE: COMPATIBILITA' AMBIENTALE DELLE ZONE INTERESSATE DA STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE**

La zona in oggetto risulta all'interno di zona idonea relativamente alla compatibilità ambientale.

### **TAV. 6 – CARTA FORESTALE ATTIVITA' ESTRATTIVE**

L'area non risulta soggetta a vincoli.

### **TAV. 7 – CARTA DELLE UNITA' DI PAESAGGIO**

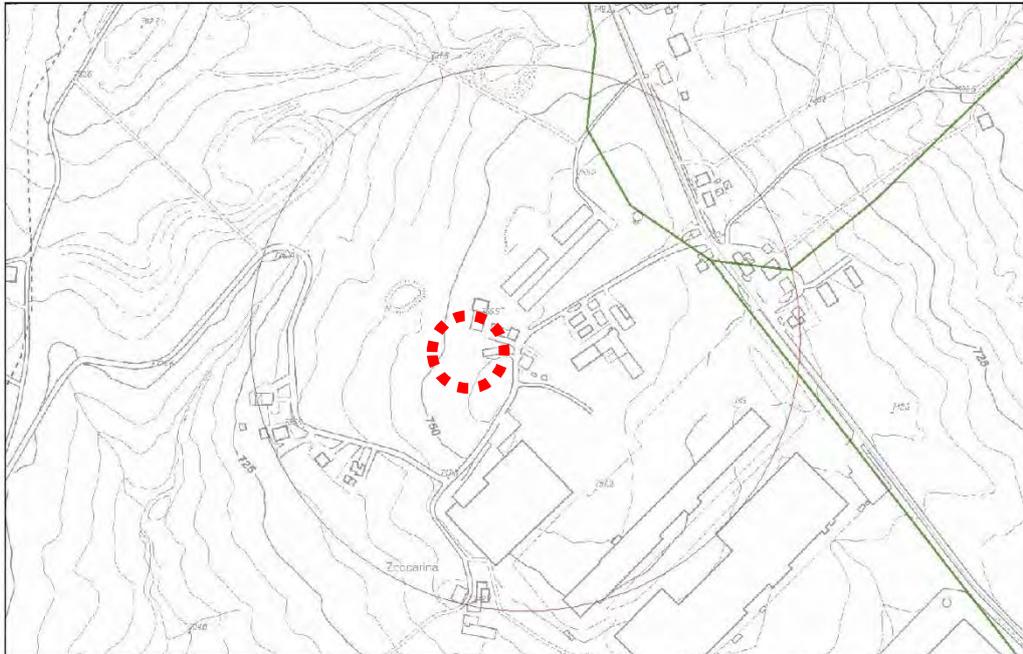
L'area in oggetto risulta all'interno di "area di paesaggio dell'alta collina e prima fascia montana (Zona 24)".

Figura 21: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.1 – TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI – SCALA 1:5.000



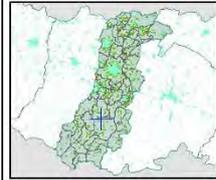
### Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



### Provincia di Modena

Estratto di mappa

#### Legenda

#### Carta 1.1-Tutela paesaggistica e

-  Crinali minori (Art. 23C, comma 1, lettera b)
-  Crinali spartiacque principali (Art. 23C, comma 1, lettera a)
-  Insediamenti urbani storici e strutture insediative storiche non urbane (Art.42)
-  Viabilità storica (Art. 44B)

1:25.000 (1985-1986)

-  Carta Topografica Regionale 1:25.000

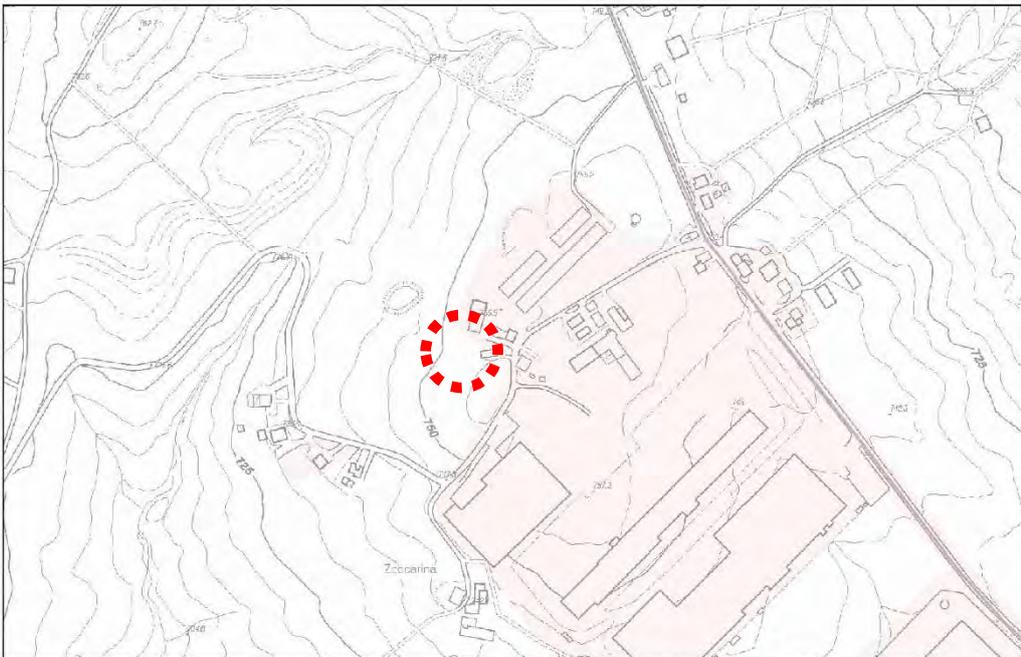
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 22: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.2 – TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITÀ DEL TERRITORIO – SCALA 1:5.000



### Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



### Provincia di Modena

Estratto di mappa

#### Legenda

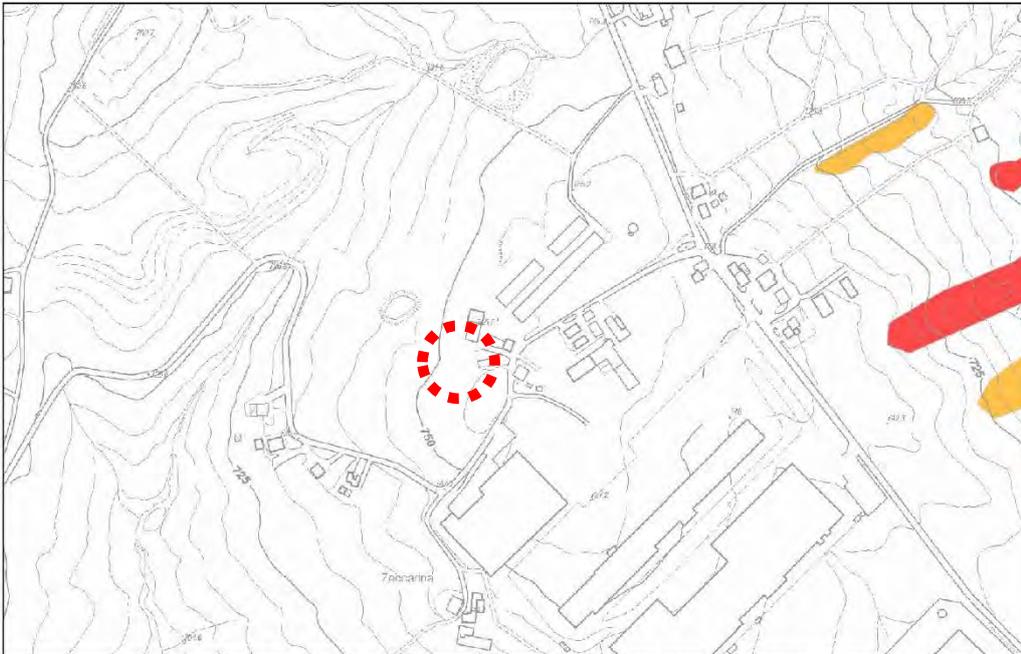
- Carta 1.2 - Tutela delle risorse
-  Territorio insediato al 2006
  -  Aree forestali (Art. 21)
  -  Infrastrutture viarie esistenti
- 1:25.000 (1985-1986)
-  Carta Topografica Regionale 1: 25.000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 23 ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.1 – RISCHIO DA FRANA - CARTA DEL DISSESTO – SCALA 1:5.000

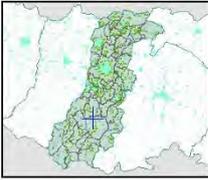
Provincia di Modena

Estratto di mappa



  
Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

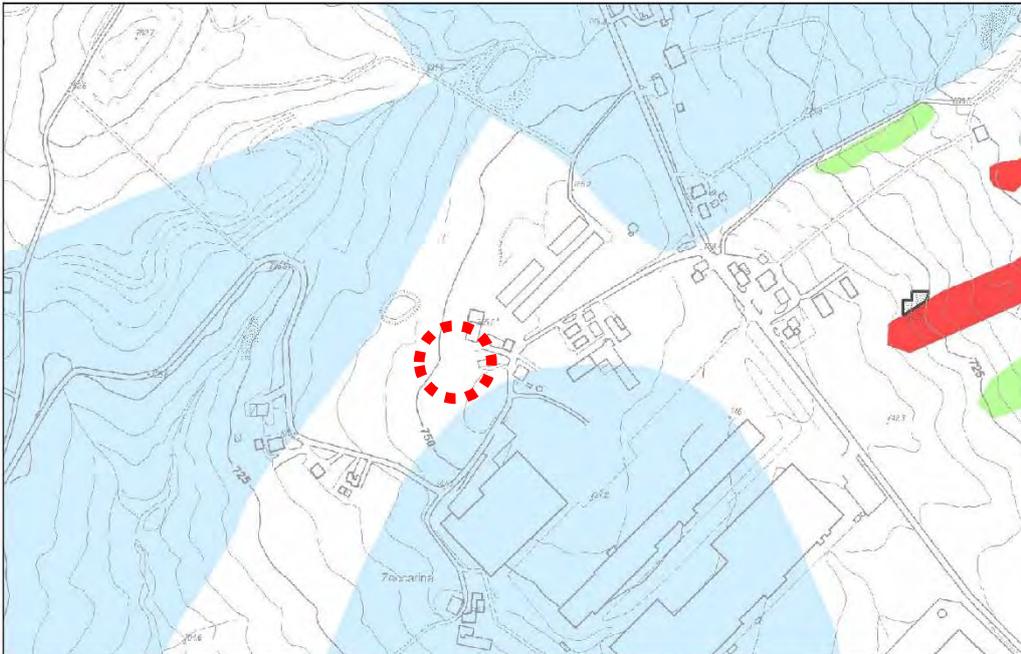
- Carta 2.1 - Carta del dissesto
-  Aree interessate da frane attive (Art. 15)
  -  Aree interessate da frane quiescenti (Art. 15)
- 1:25.000 (1985-1986)
-  Carta Topografica Regionale 1: 25.000

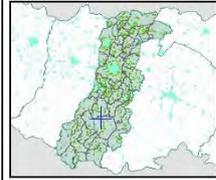
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 24: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.2 – RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI – SCALA 1:5.000

Provincia di Modena

Estratto di mappa



  
 Provincia di Modena  
  
 Inquadramento territoriale  
  
 Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 2.2 - Rischio sismico: effetti

-  Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
  -  Area potenzialmente non soggetta ad effetti locali
  -  Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche topografiche
  -  Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
  -  Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
  -  Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche
  -  Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche
- 1:25.000 (1985-1986)
-  Carta Topografica Regionale 1: 25.000

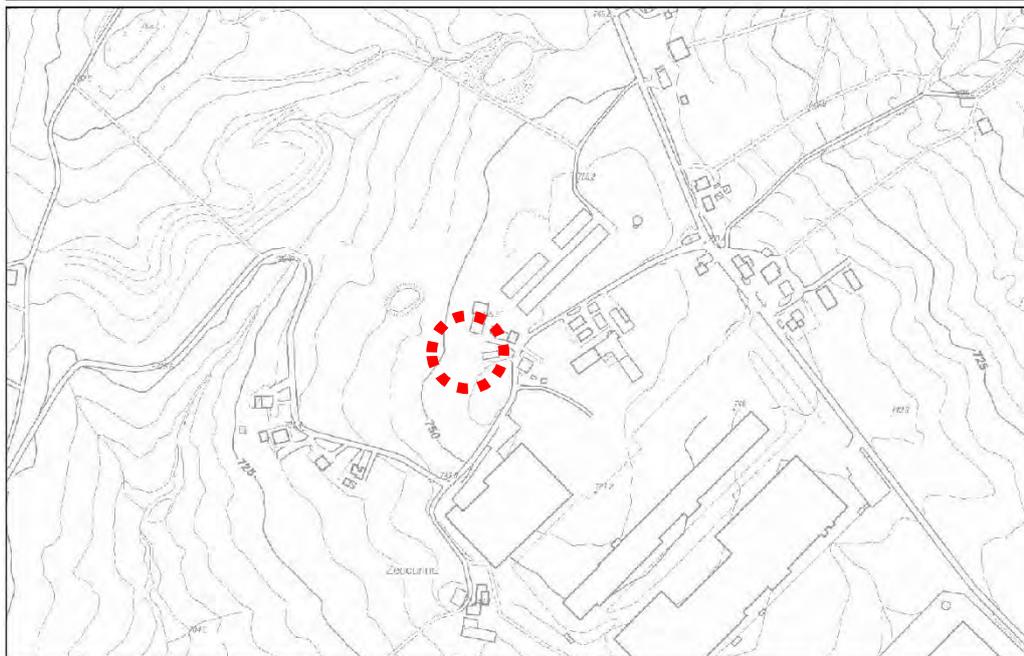
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 25: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.3 – RISCHIO INQUINAMENTO ACQUE: ZONE VULNERABILI DA NITRATI DI ORIGINE AGRICOLA E ASSIMILATE – SCALA 1:5.000



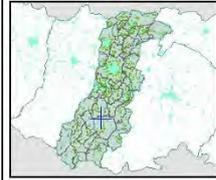
### Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



### Provincia di Modena

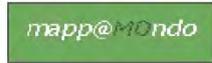
Estratto di mappa

#### Legenda

1:25.000 (1985-1986)  
 Carta Topografica Regionale 1:  
 25.000

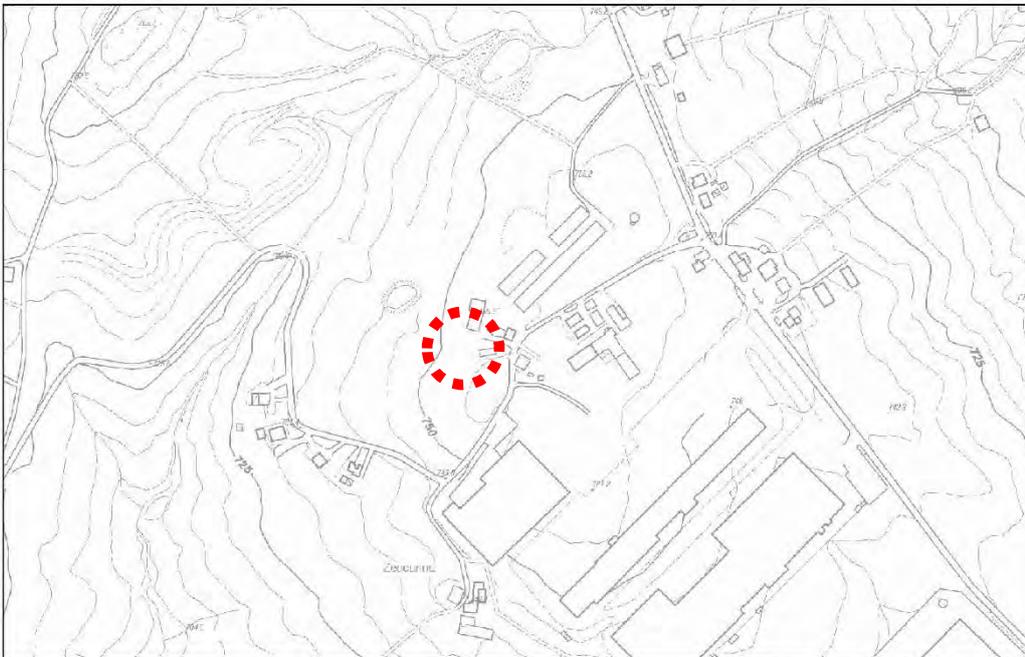
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 26: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.4 – RISCHIO INQUINAMENTO SUOLO: ZONE NON IDONEE ALLA LOCALIZZAZIONE DI IMPIANTI DI SMALTIMENTO E RECUPERO DI RIFIUTI SOLIDI URBANI, SPECIALI E SPECIALI PERICOLOSI – SCALA 1:5.000



### Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



### Provincia di Modena

Estratto di mappa

#### Legenda

#### Carta 3.4 - Rischio inquinamento

- Zone non idonee alla localizzazione di impianti di smaltimento rifiuti (urbani-speciali-pericolosi)

1:25.000 (1985-1986)

- DTR  
25 000 Carta Topografica Regionale 1: 25.000

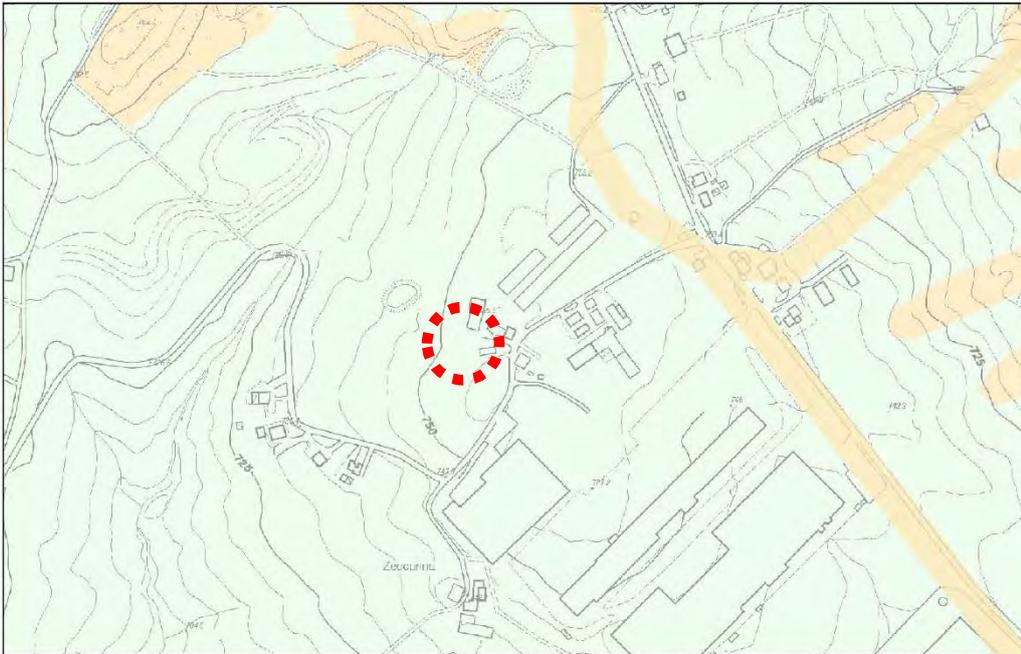
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 27: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.5 – RISCHIO INDUSTRIALE: COMPATIBILITA' AMBIENTALE DELLE ZONE INTERESSATE DA STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE – SCALA 1:5.000



Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 3.5 - Rischio industriale

-  Zone idonee
- 1:25.000 (1985-1986)
-  Carta Topografica Regionale 1: 25.000

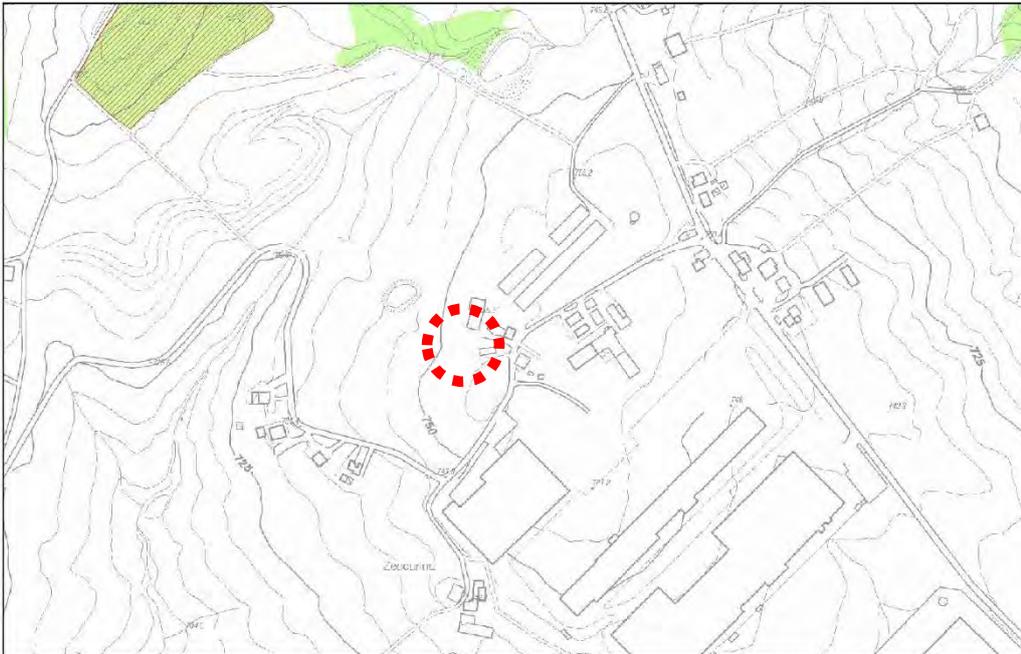
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 28: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 6 – CARTA FORESTALE ATTIVITA' ESTRATTIVE – SCALA 1:5.000



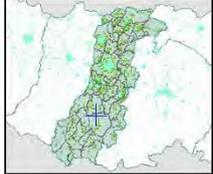
### Provincia di Modena

Estratto di mappa




Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena



### Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 6 - Carta forestale attivita'



Aree forestali (Art.21)

1:25.000 (1985-1986)



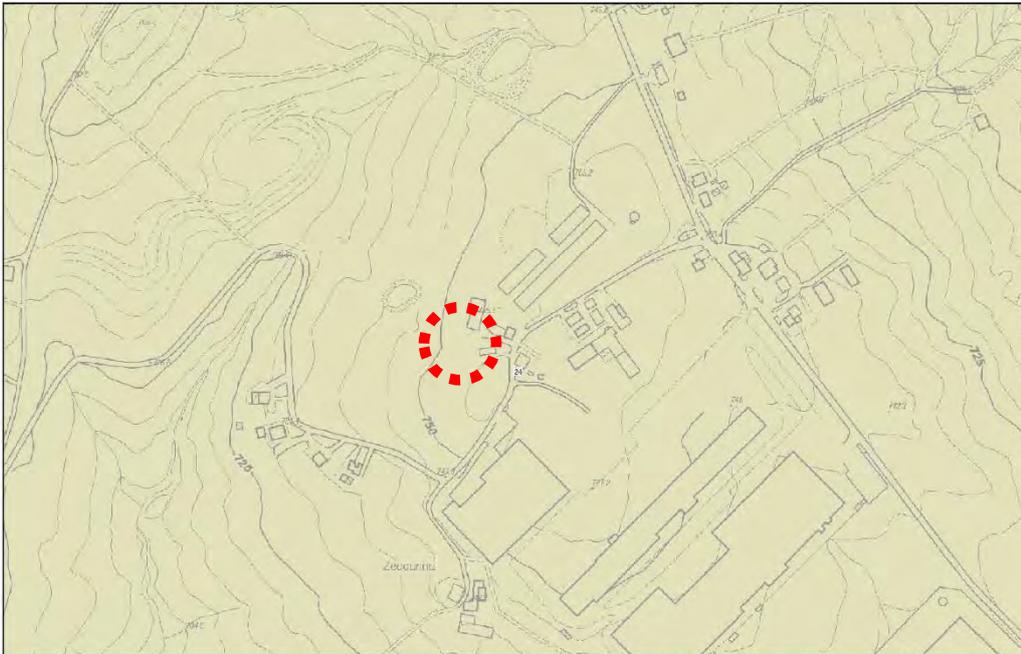
Carta Topografica Regionale 1: 25.000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 29: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 7 – CARTA DELLE UNITA' DI PAESAGGIO – SCALA 1:5.000

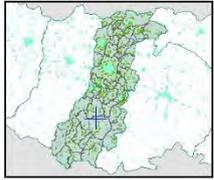
Provincia di Modena

Estratto di mappa



  
Provincia di Modena

Inquadramento territoriale



Scala 1:5000

SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

Carta 7 Carta delle Unità di Paesaggio

**24** Paesaggio dell'alta collina e prima fascia montana

1:25.000 (1985-1986)

**ETP 25.000** Carta Topografica Regionale 1: 25.000

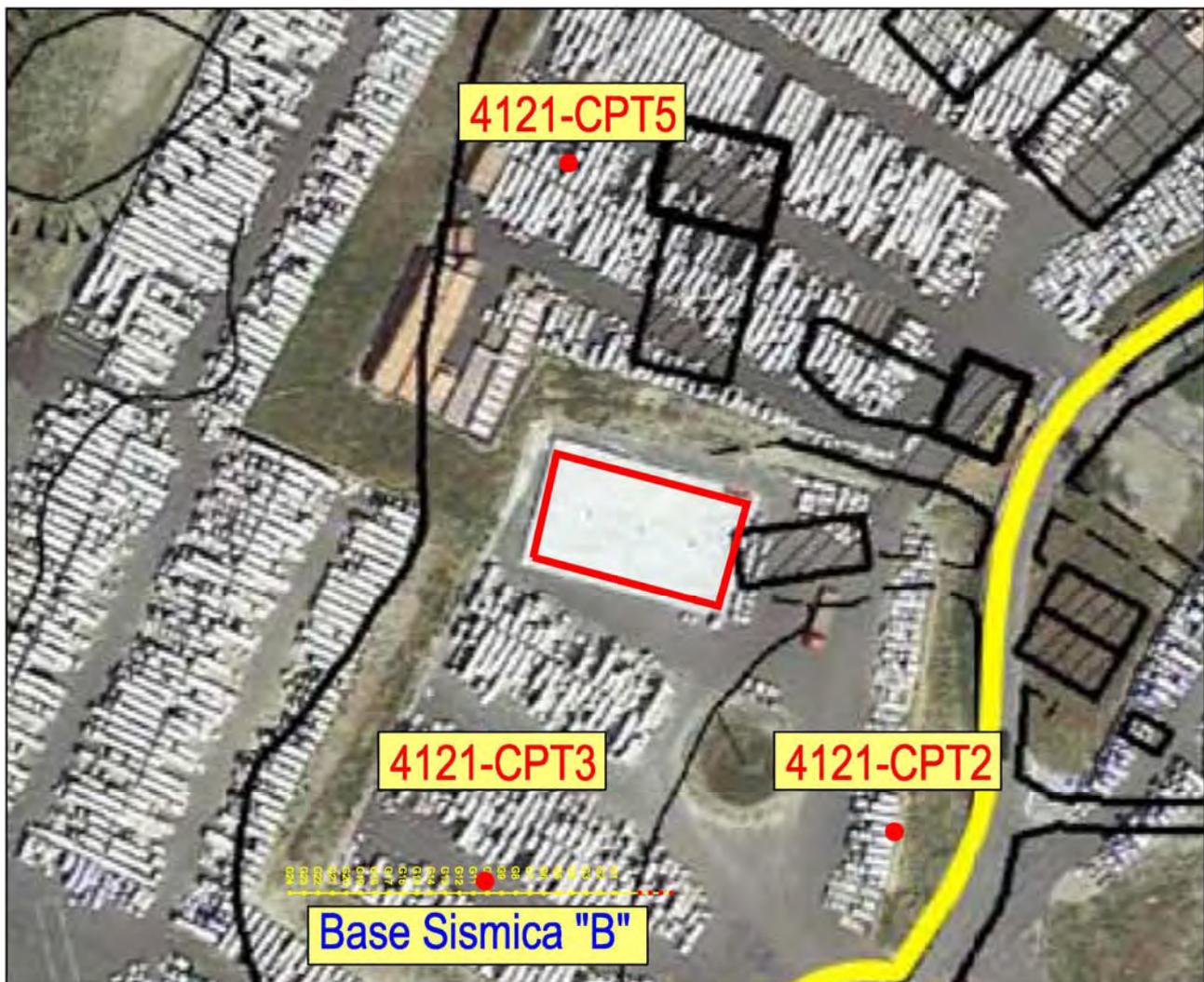
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

## 11 INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE IN SITO

Nell'area oggetto di intervento sono state eseguite dalla scrivente per la precedente relazione le sotto riportate indagini:

- n° 3 indagini geognostiche di tipo penetrometrico ad infissione statica con punta meccanica (CPT);
- n° 1 indagini geofisiche di tipo sismico a rifrazione con tecnica M.A.S.W.

Figura 30: UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE



### 11.1 INDAGINI GEOGNOSTICHE DI TIPO PENETROMETRICO AD INFSSIONE STATICA (SCP)

Al fine di caratterizzare da un punto di vista litologico i terreni presenti nell'area, sono state eseguite complessivamente nr. 3 indagini geognostiche di tipo penetrometrico ad infissione statica con punta meccanica (CPT), che hanno raggiunto la profondità massima di ml. 8.40 dal piano di campagna attuate (CPT 6).

Le indagini penetrometriche effettuate sono state elaborate mediante un apposito software commercializzato dalla ditta Geostru denominato **Static Probing** che ha permesso di ricavare i principali parametri geomeccanici dei terreni riassunti nella tabelle seguenti e riportate per esteso in allegato 4.

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente
Cu:	Coesione non drenata (Kg/cm <sup>2</sup> )
Eu:	Modulo di deformazione non drenato (Kg/cm <sup>2</sup> )
Mo:	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
G:	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm <sup>2</sup> )
OCR:	Grado di sovraconsolidazione
Puv:	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
PuvS:	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
Dr:	Densità relativa (%)
Fi:	Angolo di resistenza al taglio (°)
Ey:	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
Vs:	Velocità onde di taglio (m/s)

#### PROVA CPT2

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	1.00	C	67.7	50.6	4.7	13.7	>9	18.7	19.5	--	--	--	159.32
2	1.80	C	143.2	106.6	5.7	21.6	>9	20.0	20.7	--	--	--	215.28
3	2.80	I	--	--	19.2	53.9	0.6	18.6	21.6	100.0	42.0	0.0	377.27

#### PROVA CPT3

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	1.40	CI	289.3	216.2	11.6	33.1	<0.5	21.1	21.9	99.6	42.0	0.0	268.68
2	4.60	CI	234.4	173.6	9.4	29.2	1.6	20.8	21.5	57.8	35.9	0.0	305.01
3	5.40	I	--	--	19.6	54.6	1.1	18.6	21.6	80.9	39.2	0.0	419.94

#### PROVA CPT5

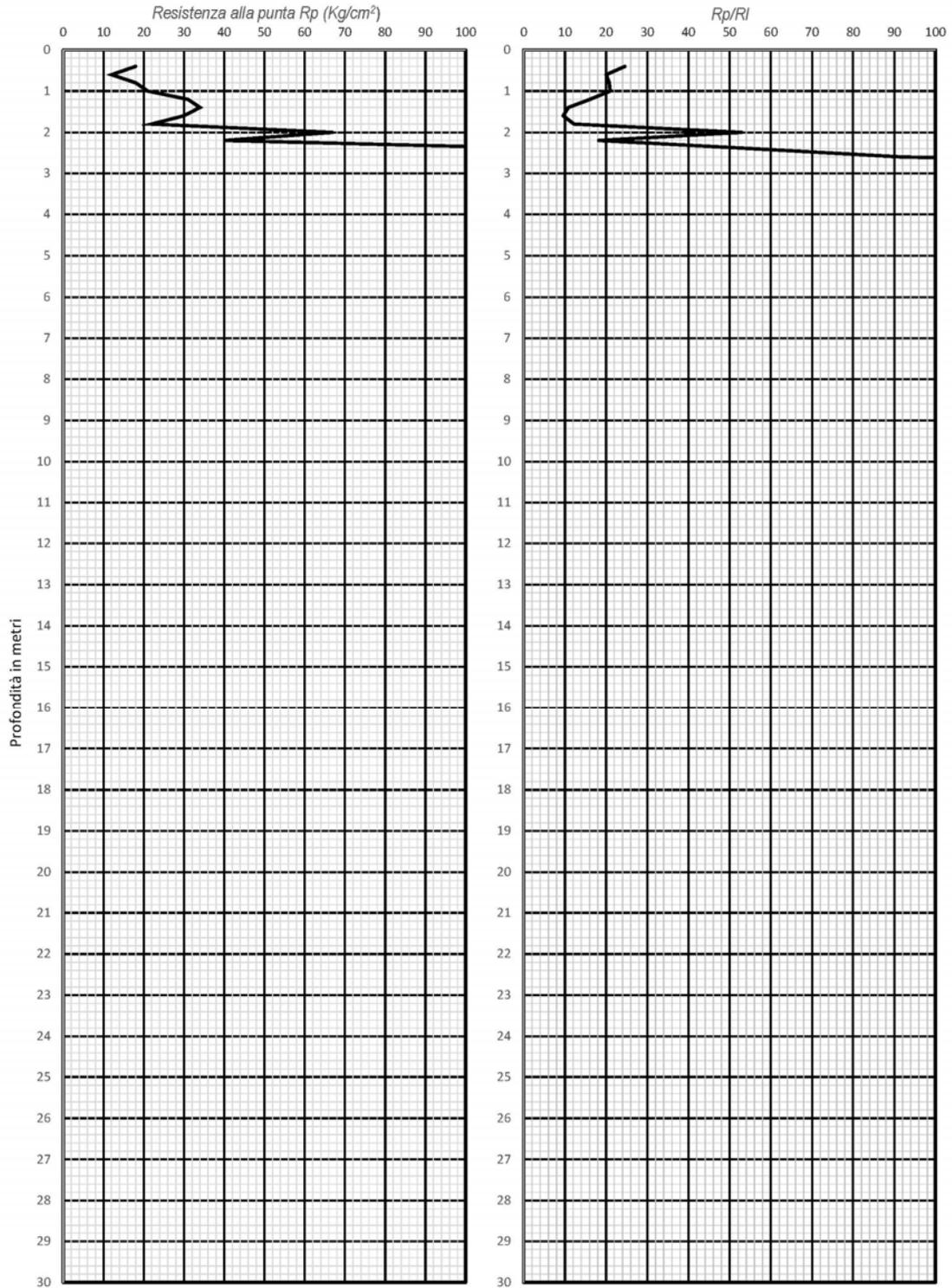
Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	1.20	CI	150.0	112.4	6.0	22.2	0.7	20.0	20.8	82.3	39.8	0.0	222.12
2	2.40	C	108.9	80.4	4.4	18.3	>9	19.5	20.3	--	--	--	213.56
3	2.80	I	--	--	32.3	74.0	<0.5	18.6	21.6	100.0	42.0	0.0	436.63

**GEO-XPRT ITALIA SRL - Via di Mezzo 90 - 41058 VIGNOLA (MO) - Telefono +39 059 761644 - Telefax +39 059 779111**

Prova n°:	<b>2</b>	Committente:	GOLD ART CERAMICA SPA
Data:	04/11/2017	Località:	COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO
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 [---]	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				0.867		15.20					
0.40	18	31	18	0.733	24.545	15.40					
0.60	12	23	12	0.600	20.000	15.60					
0.80	18	27	18	0.867	20.769	15.80					
1.00	21	34	21	1.000	21.000	16.00					
1.20	31	46	31	1.933	16.034	16.20					
1.40	34	63	34	3.133	10.851	16.40					
1.60	30	77	30	3.133	9.574	16.60					
1.80	22	69	22	1.800	12.222	16.80					
2.00	67	94	67	1.267	52.895	17.00					
2.20	40	59	40	2.200	18.182	17.20					
2.40	123	156	123	2.200	55.909	17.40					
2.60	123	156	123	1.333	92.250	17.60					
2.80	300	320	300	1.333	225.000	17.80					
3.00						18.00					
3.20						18.20					
3.40						18.40					
3.60						18.60					
3.80						18.80					
4.00						19.00					
4.20						19.20					
4.40						19.40					
4.60						19.60					
4.80						19.80					
5.00						20.00					
5.20						20.20					
5.40						20.40					
5.60						20.60					
5.80						20.80					
6.00						21.00					
6.20						21.20					
6.40						21.40					
6.60						21.60					
6.80						21.80					
7.00						22.00					
7.20						22.20					
7.40						22.40					
7.60						22.60					
7.80						22.80					
8.00						23.00					
8.20						23.20					
8.40						23.40					
8.60						23.60					
8.80						23.80					
9.00						24.00					
9.20						24.20					
9.40						24.40					
9.60						24.60					
9.80						24.80					
10.00						25.00					
10.20						25.20					
10.40						25.40					
10.60						25.60					
10.80						25.80					
11.00						26.00					
11.20						26.20					
11.40						26.40					
11.60						26.60					
11.80						26.80					
12.00						27.00					
12.20						27.20					
12.40						27.40					
12.60						27.60					
12.80						27.80					
13.00						28.00					
13.20						28.20					
13.40						28.40					
13.60						28.60					
13.80						28.80					
14.00						29.00					
14.20						29.20					
14.40						29.40					
14.60						29.60					
14.80						29.80					
15.00						30.00					

GEO-XPRT ITALIA SRL - Via di Mezzo 90 - 41058 VIGNOLA (MO) - Telefono +39 059 761644 - Telefax +39 059 779111			
Prova n° :	2	Committente:	GOLD ART CERAMICA SPA
Data :	04/11/2017	Località:	COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO
Quota :	p.c.	Falda :	assente

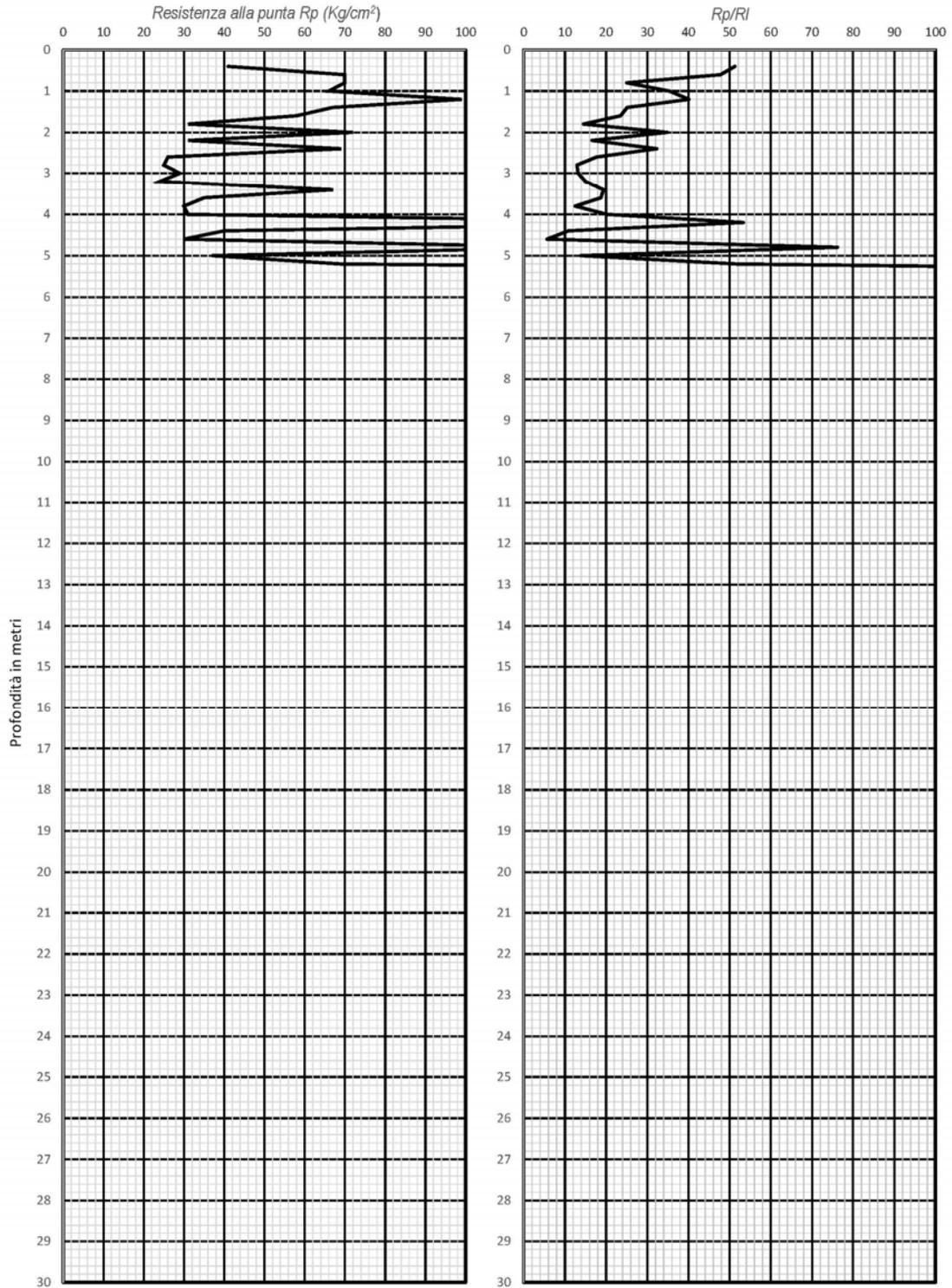


**GEO-XPERT ITALIA SRL - Via di Mezzo 90 - 41058 VIGNOLA (MO) - Telefono +39 059 761644 - Telefax +39 059 779111**

Prova n°:	<b>3</b>	Committente:	GOLD ART CERAMICA SPA
Data:	04/11/2017	Località:	COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO
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 [---]	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				1.133		15.20					
0.40	41	58	41	0.800	51.250	15.40					
0.60	70	82	70	1.467	47.727	15.60					
0.80	70	92	70	2.800	25.000	15.80					
1.00	66	108	66	1.867	35.357	16.00					
1.20	99	127	99	2.467	40.135	16.20					
1.40	67	104	67	2.667	25.125	16.40					
1.60	58	98	58	2.467	23.514	16.60					
1.80	31	68	31	2.133	14.531	16.80					
2.00	72	104	72	2.067	34.839	17.00					
2.20	31	62	31	1.867	16.607	17.20					
2.40	69	97	69	2.133	32.344	17.40					
2.60	26	58	26	1.467	17.727	17.60					
2.80	25	47	25	1.933	12.931	17.80					
3.00	29	58	29	2.200	13.182	18.00					
3.20	24	57	24	1.600	15.000	18.20					
3.40	67	91	67	3.467	19.327	18.40					
3.60	35	87	35	1.867	18.750	18.60					
3.80	30	58	30	2.400	12.500	18.80					
4.00	31	67	31	1.533	20.217	19.00					
4.20	167	190	167	3.133	53.298	19.20					
4.40	40	87	40	3.667	10.909	19.40					
4.60	30	85	30	5.333	5.625	19.60					
4.80	127	207	127	1.667	76.200	19.80					
5.00	37	62	37	2.667	13.875	20.00					
5.20	69	109	69	1.333	51.750	20.20					
5.40	300	320	300	1.333	225.000	20.40					
5.60						20.60					
5.80						20.80					
6.00						21.00					
6.20						21.20					
6.40						21.40					
6.60						21.60					
6.80						21.80					
7.00						22.00					
7.20						22.20					
7.40						22.40					
7.60						22.60					
7.80						22.80					
8.00						23.00					
8.20						23.20					
8.40						23.40					
8.60						23.60					
8.80						23.80					
9.00						24.00					
9.20						24.20					
9.40						24.40					
9.60						24.60					
9.80						24.80					
10.00						25.00					
10.20						25.20					
10.40						25.40					
10.60						25.60					
10.80						25.80					
11.00						26.00					
11.20						26.20					
11.40						26.40					
11.60						26.60					
11.80						26.80					
12.00						27.00					
12.20						27.20					
12.40						27.40					
12.60						27.60					
12.80						27.80					
13.00						28.00					
13.20						28.20					
13.40						28.40					
13.60						28.60					
13.80						28.80					
14.00						29.00					
14.20						29.20					
14.40						29.40					
14.60						29.60					
14.80						29.80					
15.00						30.00					

GEO-XPRT ITALIA SRL - Via di Mezzo 90 - 41058 VIGNOLA (MO) - Telefono +39 059 761644 - Telefax +39 059 779111			
Prova n° :	3	Committente:	GOLD ART CERAMICA SPA
Data :	04/11/2017	Località:	COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO
Quota :	p.c.	Falda :	assente

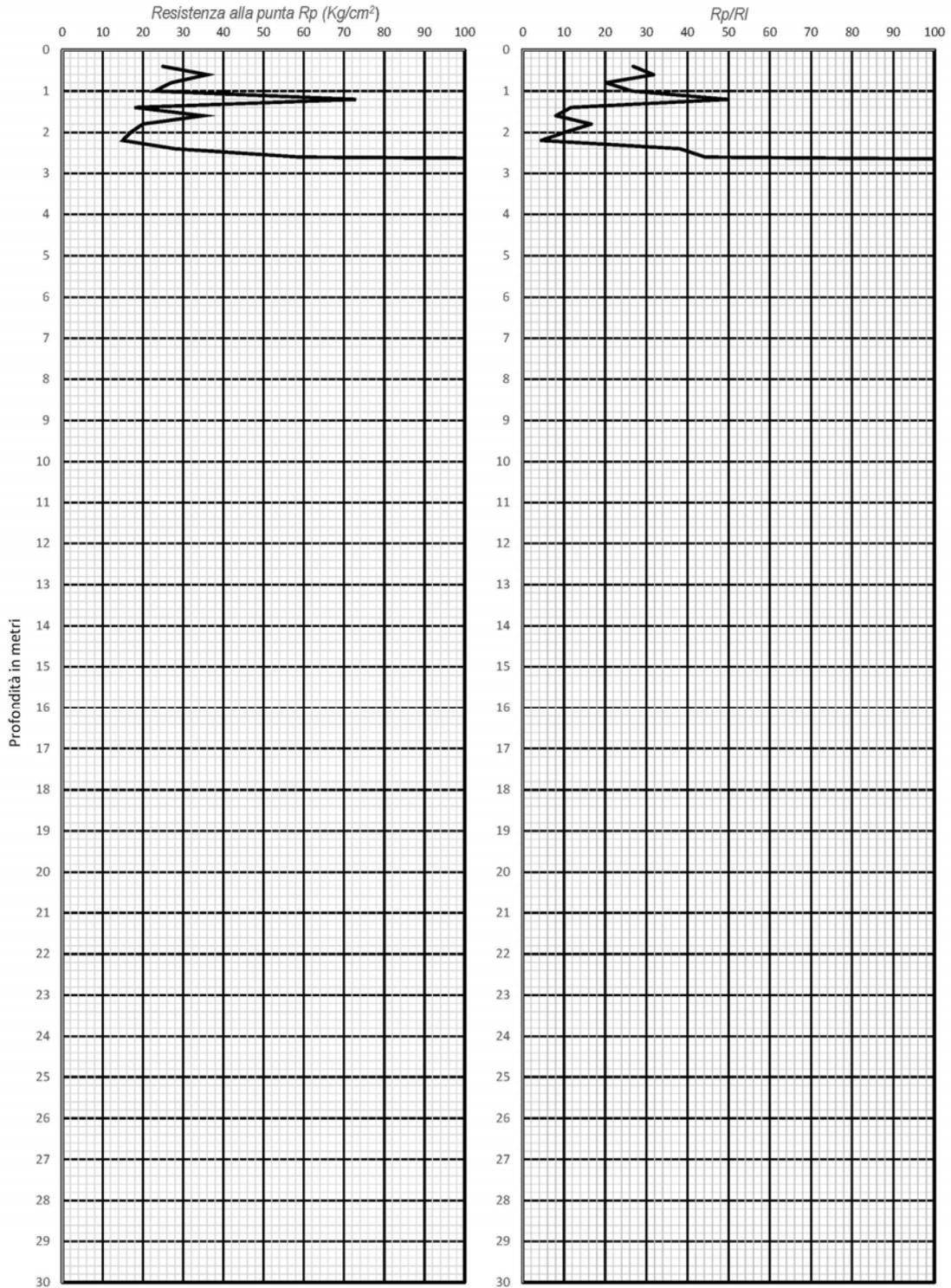


**GEO-XPRT ITALIA SRL - Via di Mezzo 90 - 41058 VIGNOLA (MO) - Telefono +39 059 761644 - Telefax +39 059 779111**

Prova n°:	<b>5</b>	Committente:	GOLD ART CERAMICA SPA
Data:	04/11/2017	Località:	COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO
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	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				1.533		15.20					
0.40	25	48	25	0.933	26.786	15.40					
0.60	36	50	36	1.133	31.765	15.60					
0.80	27	44	27	1.333	20.250	15.80					
1.00	23	43	23	0.867	26.538	16.00					
1.20	73	86	73	1.467	49.773	16.20					
1.40	18	40	18	1.533	11.739	16.40					
1.60	35	58	35	4.333	8.077	16.60					
1.80	20	85	20	1.200	16.667	16.80					
2.00	17	35	17	1.667	10.200	17.00					
2.20	15	40	15	3.333	4.500	17.20					
2.40	28	78	28	0.733	38.182	17.40					
2.60	59	70	59	1.333	44.250	17.60					
2.80	380	400	380	1.333	285.000	17.80					
3.00						18.00					
3.20						18.20					
3.40						18.40					
3.60						18.60					
3.80						18.80					
4.00						19.00					
4.20						19.20					
4.40						19.40					
4.60						19.60					
4.80						19.80					
5.00						20.00					
5.20						20.20					
5.40						20.40					
5.60						20.60					
5.80						20.80					
6.00						21.00					
6.20						21.20					
6.40						21.40					
6.60						21.60					
6.80						21.80					
7.00						22.00					
7.20						22.20					
7.40						22.40					
7.60						22.60					
7.80						22.80					
8.00						23.00					
8.20						23.20					
8.40						23.40					
8.60						23.60					
8.80						23.80					
9.00						24.00					
9.20						24.20					
9.40						24.40					
9.60						24.60					
9.80						24.80					
10.00						25.00					
10.20						25.20					
10.40						25.40					
10.60						25.60					
10.80						25.80					
11.00						26.00					
11.20						26.20					
11.40						26.40					
11.60						26.60					
11.80						26.80					
12.00						27.00					
12.20						27.20					
12.40						27.40					
12.60						27.60					
12.80						27.80					
13.00						28.00					
13.20						28.20					
13.40						28.40					
13.60						28.60					
13.80						28.80					
14.00						29.00					
14.20						29.20					
14.40						29.40					
14.60						29.60					
14.80						29.80					
15.00						30.00					

GEO-XPRT ITALIA SRL - Via di Mezzo 90 - 41058 VIGNOLA (MO) - Telefono +39 059 761644 - Telefax +39 059 779111			
Prova n° :	5	Committente:	GOLD ART CERAMICA SPA
Data :	04/11/2017	Località:	COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO
Quota :	p.c.	Falda :	assente



## 11.2 INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO ATTIVO A RIFRAZIONE – METODO M.A.S.W.

In corrispondenza dell'area oggetto di intervento sono state eseguite nr. 1 indagine sismica attiva a rifrazione con tecnica MASW per definire l'andamento delle onde di taglio nel primo sottosuolo.

La strumentazione utilizzata per il rilievo sismico presenta le sotto riportate caratteristiche tecniche:

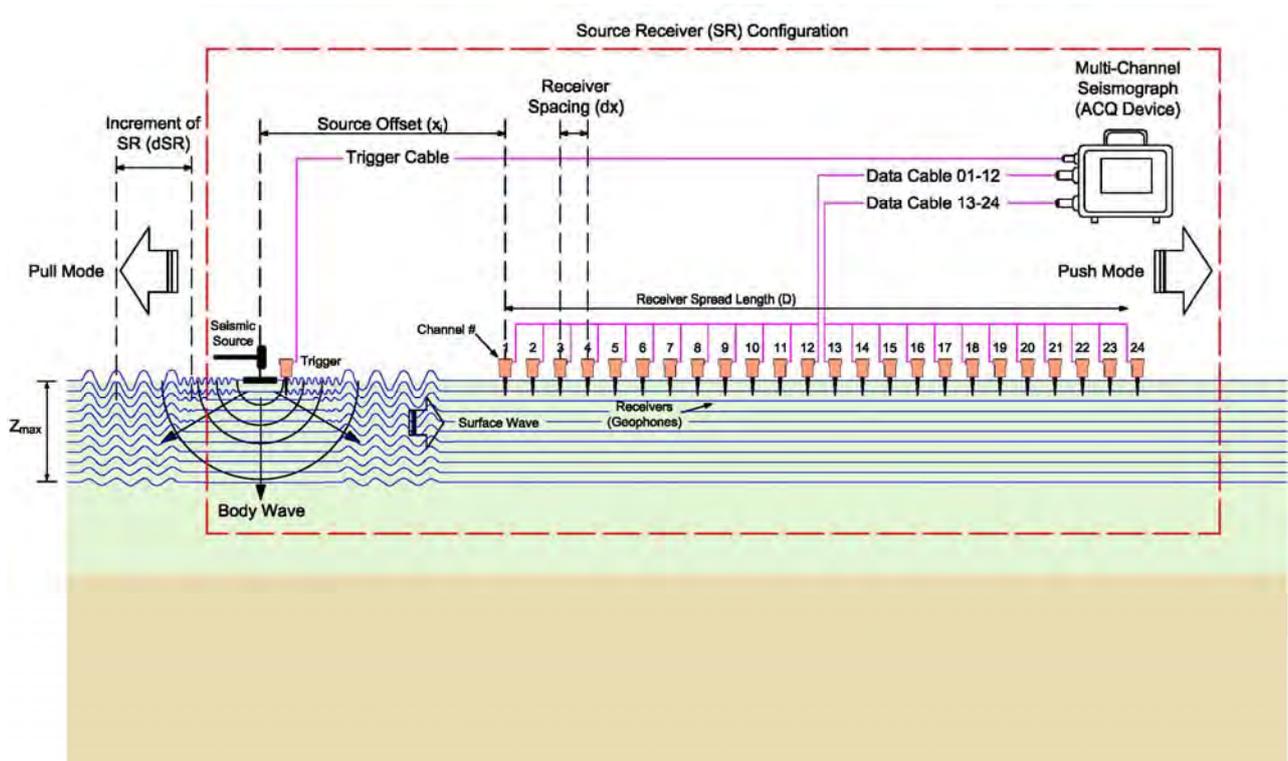
- Acquisitore a 24 canali fabbricato dalla ditta Pasi mod. PASI 16S24 dotato di convertitore analogico/digitale
- Risoluzione 24bit
- 24 geofoni a frequenza di risonanza pari 4.5 Hz e distorsione inferiore allo 0,2%
- Nr. 2 Cavi telemetrici con 12 connettori cadauno per collegamento geofoni – lunghezza 75 mt
- Energizzazione del terreno mediante fucile sismico con cartucce calibro 8 industriale
- Start trigger mediante geofono da 10Hz posto a contatto del piattello metallico.

Caratteristiche geometriche e di registrazione della base sismica "B"

- Tipo di stendimento: Lineare
- Equidistanza geofonica: 2.00 ml
- Lunghezza complessiva: 24.00 ml.
- Tempo di campionamento: 1024 mS
- Frequenza di campionamento: 500  $\mu$ S
- Filtri inseriti in fase di acquisizione: nessuno

Per l'acquisizione dei dati sono state effettuate ripetute energizzazioni disposte alle estremità dello stendimento ad una distanza massima pari a 12,00 m.

Figura 31: SCHEMA DEL SISTEMA DI ACQUISIZIONE



### ELABORAZIONE ONDE SISMICHE – Vs – METODO M.A.S.W.

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ) è stata effettuata mediante l'elaborazione dei dati registrati dalla strumentazione con il metodo MASW, secondo quanto indicato dall'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) del 17/01/2018 pubblicate in Gazzetta Ufficiale in data 20/02/2018.

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

#### **Modellizzazione**

Con riferimento al modello geotecnico sintetico determinato con le indagini in sito, è stata tracciata una curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times v$$

In seguito, i parametri del modello geotecnico preliminare si sono apportate le modifiche necessarie al fine di ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale. Questa fase definita come processo di inversione consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi caratterizzati da valori di rigidità differente.

#### **Modi di vibrazione**

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

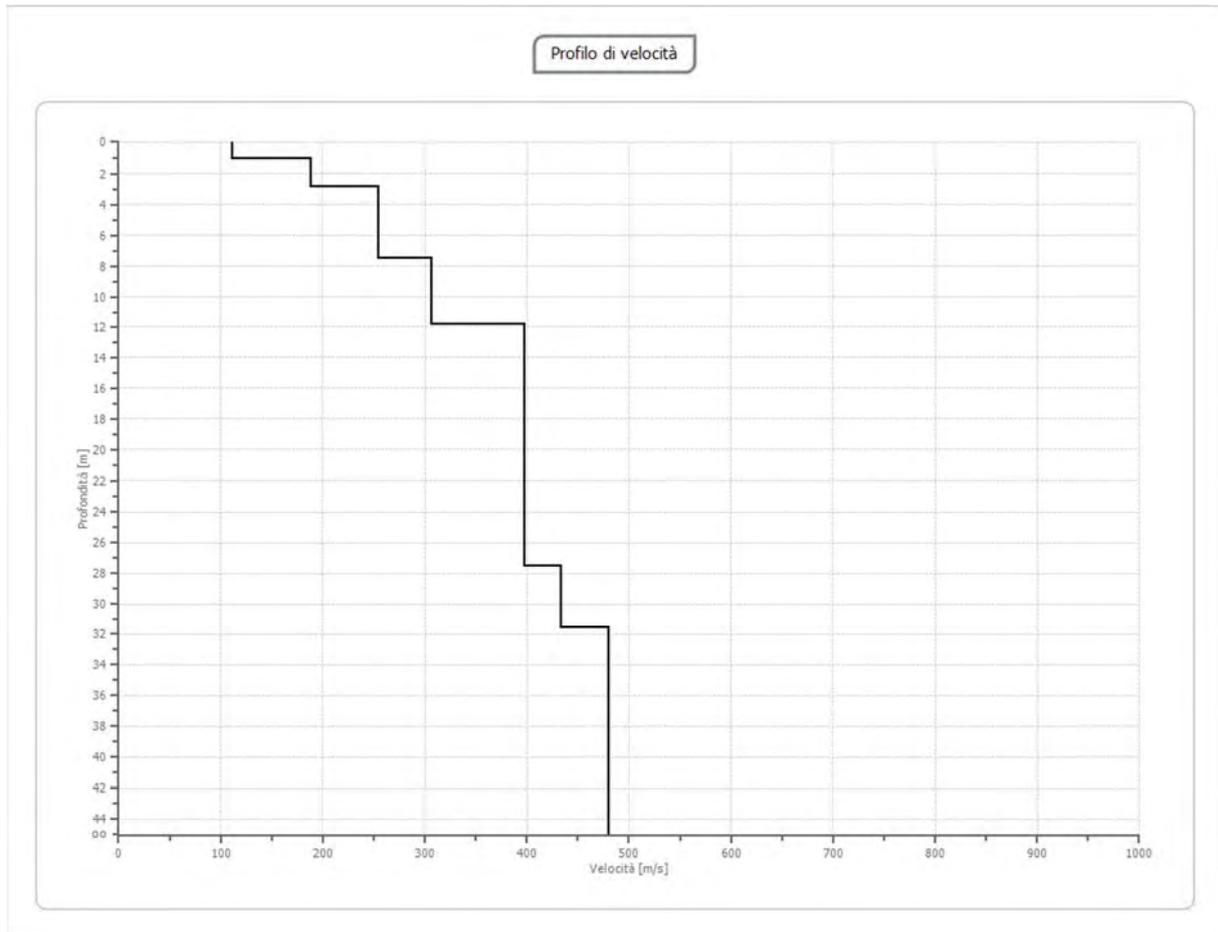
#### **Profondità di indagine**

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

L'elaborazione ha riguardato l'intero campionamento della registrazione avente durata 1024 mS e una frequenza di campionamento di 500 microS.

Si riportano di seguito i dati principali derivanti dall'elaborazione delle indagini sismiche MASW mentre in allegato 1 viene riportata l'elaborazione integrale delle indagini:

BASE SISMICA MASW "B"



Calcolo del valore di $V_{s,30}$		
$V_{s,30}$ calcolato	309.86	[m/s]

12 AZIONE SISMICA – APPROCCIO SEMPLIFICATO NTC2018

12.1 VITA NOMINALE DELL'OPERA

Il D.M. del 17.01.2018 prescrive che le azioni sismiche su ciascuna struttura sono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_r$ , ricavato moltiplicando la vita nominale dell'opera  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$ , definito al variare della classe d'uso dell'opera stessa.

Figura 32: TABELLA 2.4.I - VALORI MINIMI DELLA VITA NOMINALE  $V_N$  DI PROGETTO PER I DIVERSI TIPI DI COSTRUZIONE (DA N.T.C. 2018)

Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Figura 33: TABELLA CLASSI D'USO DELLE COSTRUZIONE (DA N.T.C. 2018)

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Figura 34: TABELLA COEFFICIENTI D'USO (DA N.T.C. 2018)

Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti in relazione alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidezza nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidezza nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.

Stati limite	$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  si ricava il periodo di ritorno  $T_R$  del sisma utilizzando la relazione:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - P_{VR}) = -C_U V_N / \ln(1 - P_{VR})$$

## 12.2 PARAMETRI SISMICI APPROCCIO SEMPLIFICATO – NTC 2018

Le Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 17-01-2018 definisce che l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni  $a_g$  e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento, i cui nodi non distano fra loro più di 10 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

Figura 35: PUNTI DELLA GRIGLIA UTILIZZATI PER IL CALCOLO DEI VALORI DEI PARAMETRI

Nel caso in esame, in relazione alla tipologia dell'intervento in progetto, con riferimento alle NTC 2018 possono essere attribuiti i parametri sotto riportati per la valutazione dell'azione sismica:

CALCOLO PERIODO DI RIFERIMENTO E TEMPI DI RITORNO			
Tipo di costruzione	2	Costruzioni con livelli di prestazione ordinari	
Vita nominale dell'opera	$V_N$	50	anni
Classe d'uso ( $C_U$ )	II	1	[---]
Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.			
Periodo di riferimento	$V_R$	50	anni
Tempo di ritorno (SLO)	$T_R$	30	anni
Tempo di ritorno (SLD)	$T_R$	50	anni
Tempo di ritorno (SLV)	$T_R$	475	anni
Tempo di ritorno (SLC)	$T_R$	975	anni

### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento

$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
30	0.055	2.500	0.251
50	0.069	2.496	0.265
72	0.079	2.509	0.271
101	0.090	2.494	0.277
140	0.102	2.499	0.281
201	0.116	2.504	0.285
475	0.159	2.503	0.291
975	0.199	2.511	0.300
2475	0.258	2.564	0.312

### Valori dei parametri $a_g$ , $F_o$ , $T_C^*$ per i periodi di ritorno $T_R$ associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	30	0.055	2.500	0.251
SLD	50	0.069	2.497	0.265
SLV	475	0.158	2.503	0.291
SLC	975	0.199	2.511	0.300

Nel caso specifico dall'analisi sismiche effettuate sul sito (HVSR) si evince che la profondità del substrato è superiore a 30 metri in quanto non si sono riscontrate velocità superiori a 800 m/s con valori di  $V_{S,30} / V_{S,eq} = 309$  m/s.

In base al valore di  $V_{S,30}$ , il suolo di fondazione dell'area in esame può essere considerato di tipo C

CATEGORIA DI SOTTOSUOLO DETERMINATO MEDIANTE L'APPROCCIO SEMPLIFICATO	
Tipologia di indagine sismica effettuata sul sito	MASW
Valore di $V_{s,eq}$ determinato mediante indagine sismica	309
Categoria di sottosuolo determinato mediante l'approccio semplificato	C
Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.	

Con riferimento alle condizioni topografiche considerato che l'area in esame è caratterizzata da una configurazione superficiale semplice, ricade nella categoria T1, a cui non è attribuibile alcun fenomeno di amplificazione sismica legato alle condizioni topografiche.

Si sono pertanto determinati i sotto riportati parametri, riferiti sia agli stati limite di esercizio che a quelli limiti ultimi.

Ss: coefficiente di amplificazione stratigrafica;

Cc: coefficiente di correzione del valore di  $T_C^*$ ;

St: coefficiente di amplificazione topografica.

Da questi sono stati ricavati il coefficiente S, che tiene conto 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:

## Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite: SLV

### Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.158 g
$F_o$	2.504
$T_C^*$	0.291 s
$S_S$	1.462
$C_C$	1.578
$S_T$	1.000
$q$	1.000

### Parametri dipendenti

$S$	1.462
$\eta$	1.000
$T_B$	0.153 s
$T_C$	0.459 s
$T_D$	2.234 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)

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

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

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

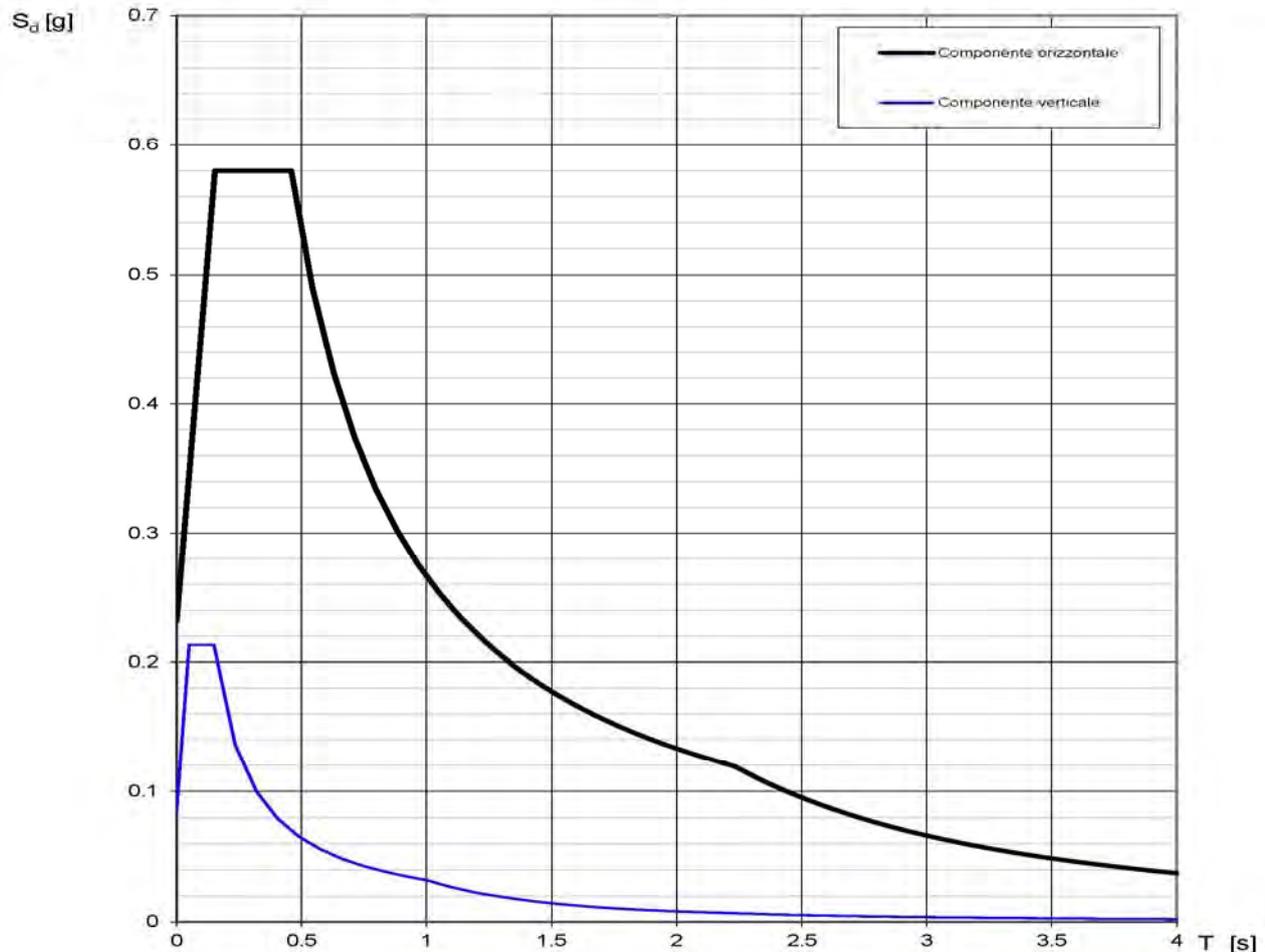
$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

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	0.232
$T_B \leftarrow$	0.153	0.580
$T_C \leftarrow$	0.459	0.580
	0.544	0.490
	0.628	0.424
	0.713	0.374
	0.797	0.334
	0.882	0.302
	0.966	0.276
	1.051	0.253
	1.135	0.235
	1.220	0.218
	1.304	0.204
	1.389	0.192
	1.473	0.181
	1.558	0.171
	1.642	0.162
	1.727	0.154
	1.811	0.147
	1.896	0.140
	1.980	0.134
	2.065	0.129
	2.149	0.124
$T_D \leftarrow$	2.234	0.119
	2.318	0.111
	2.402	0.103
	2.486	0.096
	2.570	0.090
	2.654	0.084
	2.738	0.079
	2.823	0.075
	2.907	0.070
	2.991	0.067
	3.075	0.063
	3.159	0.060
	3.243	0.057
	3.327	0.054
	3.411	0.051
	3.495	0.049
	3.579	0.046
	3.664	0.044
	3.748	0.042
	3.832	0.041
	3.916	0.039
	4.000	0.037

## Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



## 13 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

### Caratterizzazione Geologico-geotecnica

Le indagini geognostiche e geofisiche eseguite sull'area hanno evidenziato la presenza di una coltre eluvio-colluviale superficiale e depositi di tipo eolico seguiti in profondità da formazioni deposizionali riconducibili alla Formazione delle Arenarie di Scabiazza (SCB).

Dall'analisi delle resistenze alla punta e laterale rilevate durante le fasi di indagine geognostica si è riscontrata una discreta omogeneità dei dati rilevati.

Durante i sopralluoghi eseguiti non sono stati rilevati fenomeni di dissesto nell'area in esame e l'area risulta essere caratterizzata da una buona stabilità in relazione alla natura del substrato unitamente alla morfologia dell'area.

La normativa vigente per le costruzioni al punto 6.2.2 stabilisce 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".

Al punto 2.3 stabilisce inoltre che "nel metodo semiprobabilistico agli stati limite, la sicurezza strutturale deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni. Per la sicurezza strutturale, la resistenza dei materiali e le azioni sono rappresentate dai valori caratteristici,  $R_k$  e  $F_k$  definiti, rispettivamente, come il frattile inferiore delle resistenze e il frattile (superiore o inferiore) delle azioni che minimizzano la sicurezza. In genere, i frattili sono assunti pari al 5%. Per le grandezze con piccoli coefficienti di variazione, ovvero per grandezze che non riguardino univocamente resistenze o azioni, si possono considerare frattili al 50% (valori mediani)". Facendo riferimento ai risultati delle prove penetrometriche eseguite, sono stati pertanto stimati, per gli strati di sottofondazione rilevati dalle

indagini, i valori caratteristici dei principali parametri geotecnici utilizzando l'analisi statistica mediante la **distribuzione del Logaritmo con resistenze non compensate** in quanto si presume vengano coinvolti dalle opere limitate volumetriche di terreno.

Si riportano di seguito i parametri caratteristici determinati per ogni indagine penetrometrica ad infissione statica eseguita.

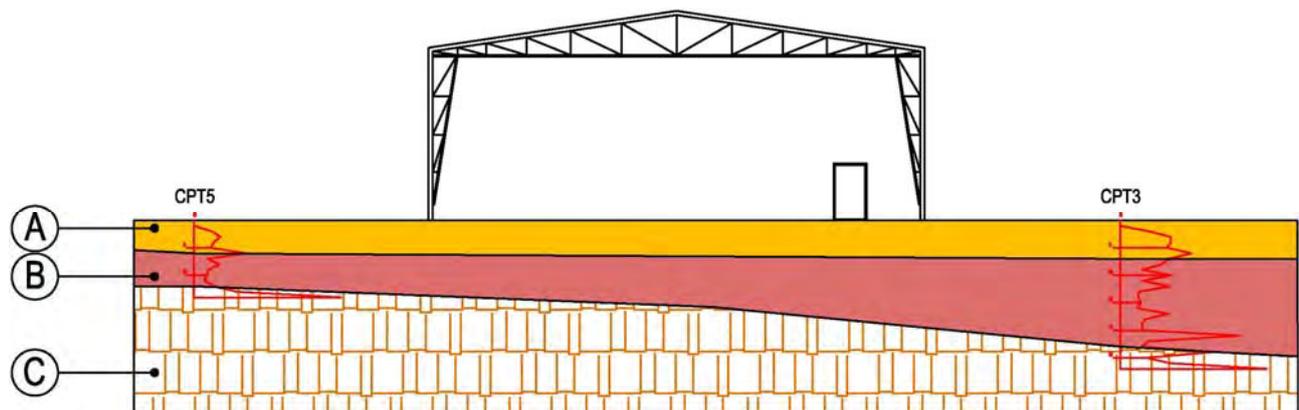
Valori Caratteristici Indagine Penetrometrica Statica (CPT2)												
Spessore medio [m]	Base dello strato [m]	Descrizione	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq]	Coesione non drenata [kN/mq]	Densità relativa [%]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Modulo di Poisson [-]
1.00	1.00	Argilla inorganica compatta	42.00	--	55.88	100.00	2932.70	--	--	17.41	19.12	--
0.80	1.80	Argilla inorganica molto compatta	--	--	103.77	--	4156.61	--	--	19.42	20.21	--
1.00	2.80	Sabbie addensate o cementate	39.80	--	196.13	83.31	5369.63	--	--	16.55	20.21	--

Valori Caratteristici Indagine Penetrometrica Statica (CPT3)												
Spessore medio [m]	Base dello strato [m]	Descrizione	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq]	Coesione non drenata [kN/mq]	Densità relativa [%]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Modulo di Poisson [-]
1.40	1.40	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi	30.78	--	266.00	94.64	8495.78	--	--	17.65	20.59	--
3.20	4.60	Argille sabbiose e limose	37.29	--	95.80	67.51	3677.94	--	--	17.41	20.36	--
0.80	5.40	Sabbie addensate o cementate	34.32	--	181.42	50.56	4264.91	--	--	16.76	20.29	--

Valori Caratteristici Indagine Penetrometrica Statica (CPT5)												
Spessore medio [m]	Base dello strato [m]	Descrizione	Angolo di resistenza al taglio [°]	Coesione drenata [kN/mq]	Coesione non drenata [kN/mq]	Densità relativa [%]	Modulo di compressibilità edometrica [kN/mq]	Modulo di Young [kN/mq]	N spt [n.]	Peso di volume naturale [kN/mc]	Peso di volume saturo [kN/mc]	Modulo di Poisson [-]
1.20	1.20	Argille sabbiose e limose	28.40	--	97.32	66.68	5517.38	--	--	16.64	20.58	--
1.20	2.40	Argilla inorganica molto compatta	34.68	--	60.84	49.34	2735.48	--	--	17.68	19.33	--
0.40	2.80	Sabbie addensate o cementate	35.78	--	289.30	58.75	2526.05	--	--	17.65	20.59	--

Si riporta di seguito il modello geologico di riferimento che potrà essere utilizzato dal tecnico per il calcolo delle strutture.

Figura 36: SEZIONE DEL MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO



A	$\gamma_n$	17.23	kN/m <sup>3</sup>	B	$\gamma_n$	18.17	kN/m <sup>3</sup>	C	$\gamma_n$	17.00	kN/m <sup>3</sup>
	$\gamma_s$	20.10	kN/m <sup>3</sup>		$\gamma_s$	19.97	kN/m <sup>3</sup>		$\gamma_s$	20.36	kN/m <sup>3</sup>
	$\phi_k$	33.73	°		$\phi_k$	23.99	°		$\phi_k$	36.63	°
	c'k	27.52	kN/m <sup>2</sup>		c'k	15.80	kN/m <sup>2</sup>		c'k	45.21	kN/m <sup>2</sup>
	cuk	139.73	kN/m <sup>2</sup>		cuk	86.80	kN/m <sup>2</sup>		cuk	222.28	kN/m <sup>2</sup>
	Modulo edometrico	5650.00	kN/m <sup>2</sup>		Modulo edometrico	3500.00	kN/m <sup>2</sup>		Modulo edometrico	4050.00	kN/m <sup>2</sup>
	Coefficiente di Winkle	20000.00	kN/m <sup>3</sup>		Coefficiente di Winkle	68000.00	kN/m <sup>3</sup>		Coefficiente di Winkle	85000.00	kN/m <sup>3</sup>
Coefficiente di Poisso	0.30		Coefficiente di Poisso	0.38		Coefficiente di Poisso	0.22				

---

## 14 CONCLUSIONI

---

Nella presente relazione sono stati approfonditi gli aspetti geologici e sismici di un'area oggetto sita in comune di Pavullo nel Frignano (MO) – Via Montebonello ove i tecnici incaricati per la progettazione hanno previsto la costruzione di un **NUOVO FABBRICATO INDUSTRIALE AD USO CICLO-PRODUTTIVO DI CERAMICA (PREPARAZIONE ORDINI)** che è stata oggetto in passato di rimodellazione del versante.

Sulla base degli approfondimenti eseguiti sull'area vengono di seguito riassunti le considerazioni ottenute nel presente studio:

### Caratterizzazione Sismica

- Le indagini geognostiche e geofisiche eseguite sull'area hanno evidenziato la presenza di una coltre eluvio-colluviale superficiale e depositi di tipo eolico seguiti in profondità dalla Formazione delle Arenarie di Scabiazza (SCB) che hanno determinato l'arresto all'avanzamento del sistema penetrometrico utilizzato per il raggiungimento del limite strumentale.
- La zona sismica di riferimento è la "Zona 3".
- Le indagini sismiche effettuate hanno fornito valori di  $V_{S30} / V_{S,eq}$  pari a **309** m/s.
- La categoria di sottosuolo definita secondo le NTC 2018 basata sulla velocità delle onde sismiche di taglio permette di classificare il suolo di fondazione come di tipo "C"
- Le caratteristiche stratigrafiche comportano una amplificazione sismica locale per effetti litologici valutata mediante l'approccio semplificato pari a **1.46**
- La topografia dell'area non raggiunge una acclività tale da assoggettarla a fattori di amplificazione topografica

Con riferimento a quanto reperito durante le fasi di ricerca bibliografica integrate successivamente con il rilievo geologico/geomorfológico e con le indagini geognostiche e geofisiche eseguite sull'area in esame si esprime **parere positivo** per quanto di competenza relativamente agli interventi previsti nel progetto.

- Durante l'esecuzione delle opere di scavo necessarie per la realizzazione delle opere di fondazione devono garantire le corrette pendenze in modo da evitare la formazione di ristagni d'acqua e consentire il corretto deflusso delle acque superficiali.
- a piano di sbancamento e livellamento ultimato sarà necessario accertare la litologia dei terreni di fondazione, finalizzata all'effettiva valutazione della capacità portante dei terreni.
- Considerata la tipologia del fabbricato di progetto si possono ipotizzare carichi trasmessi ai terreni di sottofondazione limitati e pertanto in via preliminare e per quanto di competenza si ritiene idonea una struttura di fondazione del tipo a trave continua e/o a platea. La scelta della tipologia di fondazione dovrà essere definita dal tecnico calcolatore sulla base delle combinazioni di carico derivanti dal progetto strutturale.
- Il dimensionamento delle fondazioni del fabbricato di progetto dovrà essere effettuato mediante l'utilizzo dei parametri caratteristici riportati nel modello geologico di riferimento
- Il piano di fondazione deve essere situato sotto la coltre di terreno vegetale superficiale nonché sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua (NTC 2018 - Cap. 6.4.2)
- Deve essere realizzata una rete di raccolta delle acque meteoriche e reflue con condotte a tenuta con convogliamento alla rete di smaltimento previo adeguato trattamento secondo quanto prescritto dalla normativa vigente.
- L'esecuzione delle opere di progetto comporterà operazioni di sbancamento al fine di raggiungere la quota di imposta delle opere di fondazione di progetto le cui volumetrie dovranno essere valutate in fase esecutiva. La direzione lavori, dopo aver confermato l'assenza di materiali di riporto, potrà riutilizzare interamente in sito le volumetrie derivanti per la sistemazione e il livellamento dell'area cortiliva adiacente previa adeguata verifica analitica come richiesto dal D.P.R. n. 120 del 13/06/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.

La presente relazione è stata redatta ai sensi degli strumenti normativi riportati al capitolo 2 della presente relazione.

Vignola, 20/04/2020

La Ditta incaricata per l'esecuzione delle indagini in sito

Per gli aspetti tecnici professionali

Dott. Geol. Giorgio Masotti



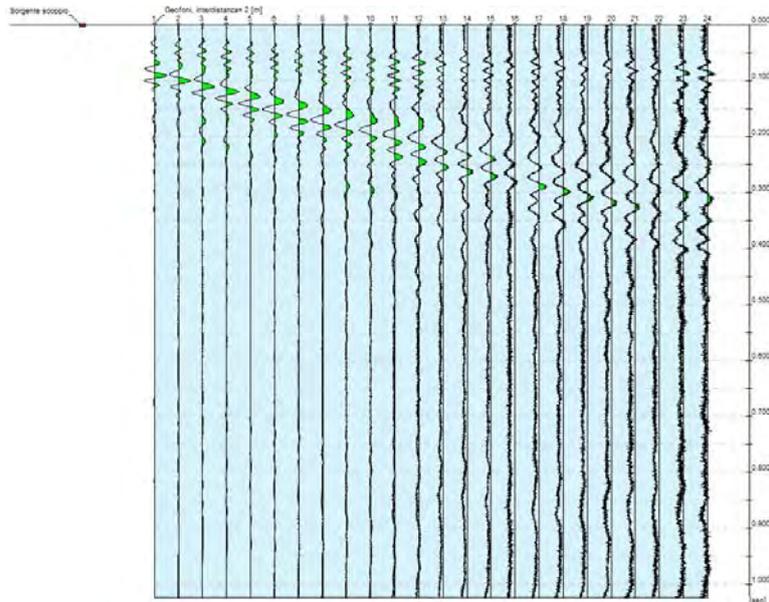
ALLEGATO 1

INDAGINI GEOFISICHE DI TIPO SISMICO A  
RIFRAZIONE CON TECNICA M.A.S.W.  
(Multichannel Analysis of Surface Waves)

## BASE SISMICA M.A.S.W. - B

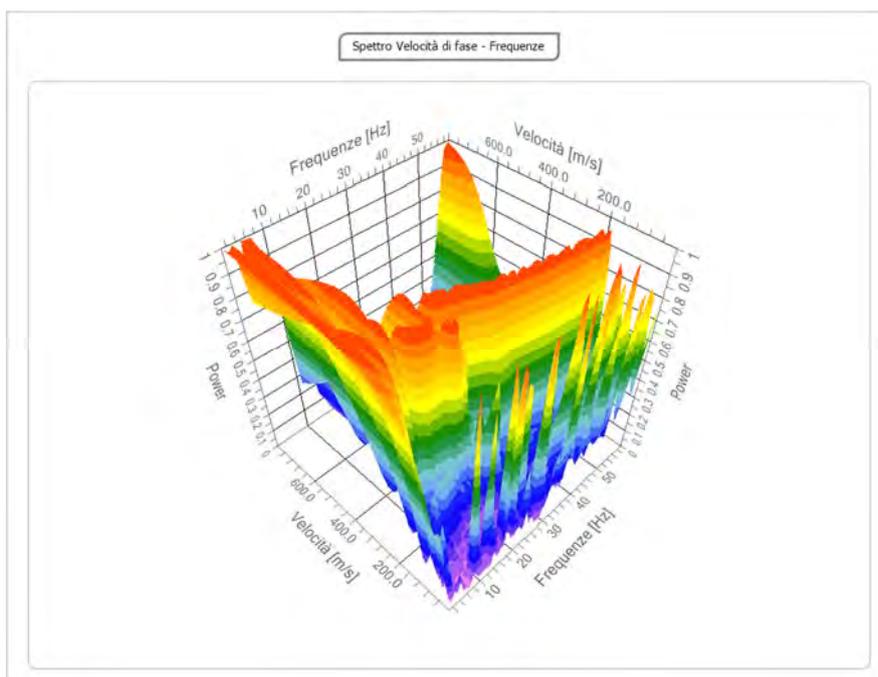
N. tracce	24
Durata acquisizione [ms]	1024.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [ms]	0.50

### ANDAMENTO TRACCE SISMICHE RILEVATE



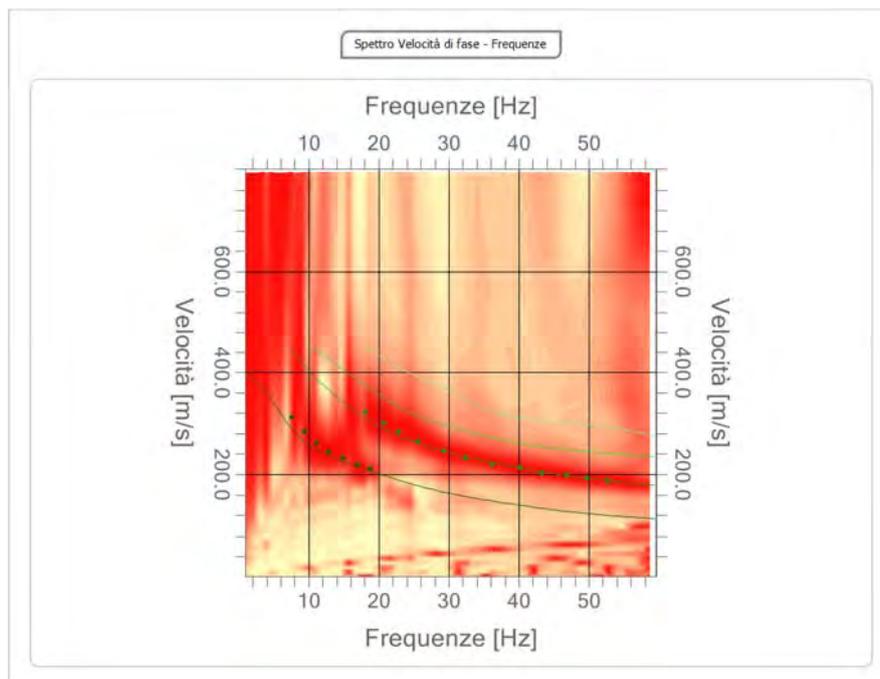
### ANDAMENTO DELL'ANALISI SPETTRALE

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1

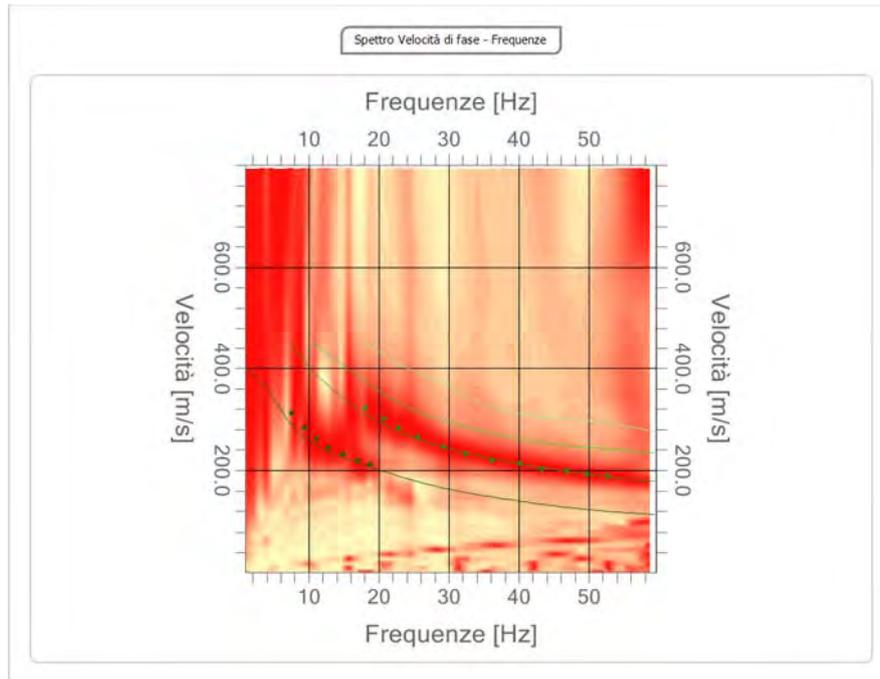


**TABELLA RIPORTANTE I VALORI DELLA CURVA DI DISPERSIONE**

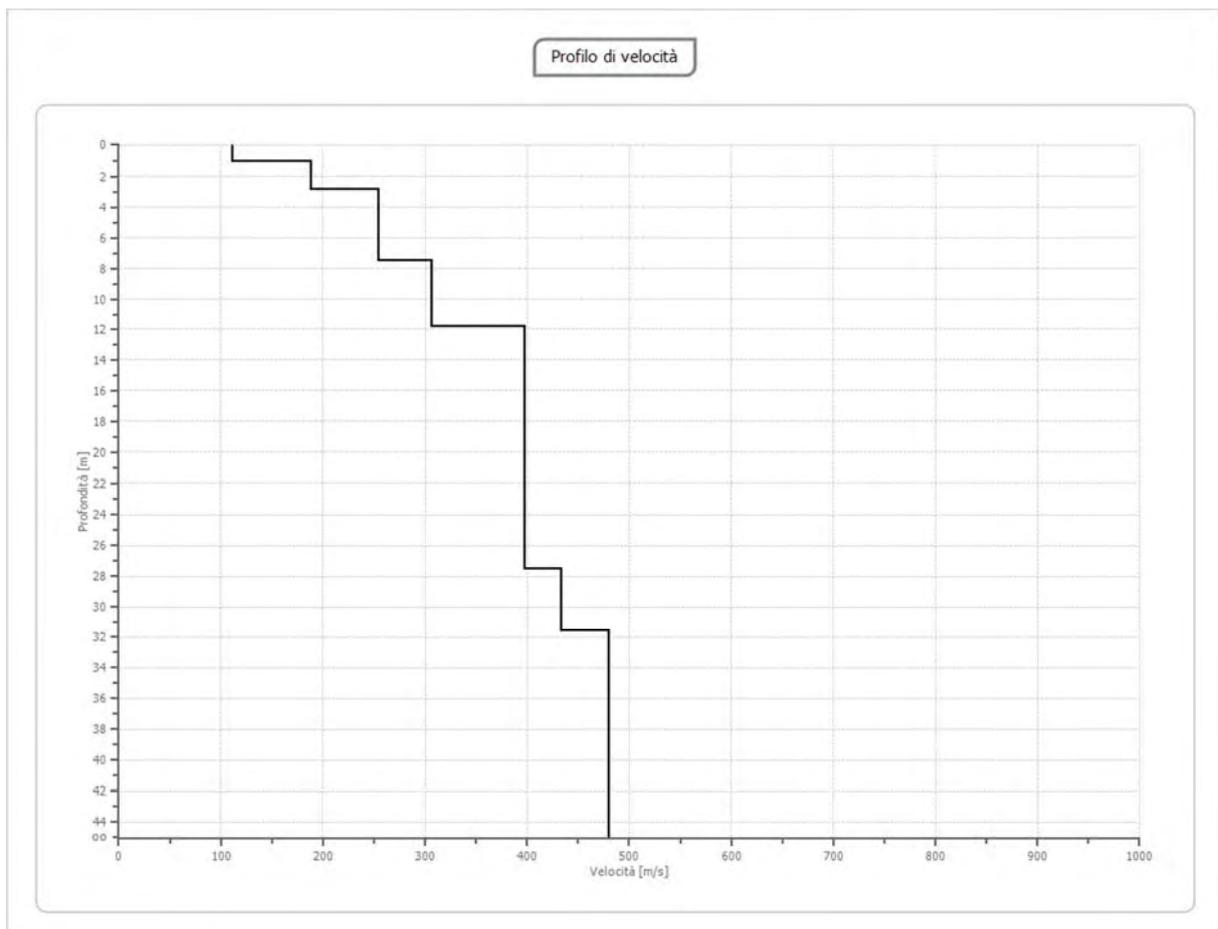
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	7.6	311.4	0
2	9.4	283.7	0
3	11.1	262.4	0
4	12.9	244.5	0
5	14.9	231.4	0
6	17.0	219.9	0
7	18.2	322.9	1
8	18.8	211.8	0
9	20.8	301.6	1
10	22.9	283.7	1
11	25.6	265.7	1
12	29.2	246.1	1
13	32.3	231.4	1
14	36.2	219.9	1
15	40.1	213.4	1
16	43.3	202.0	1
17	46.9	198.7	1
18	49.7	192.2	1
19	52.7	188.9	1

**ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE**

**ANDAMENTO DELLA CURVA OTTENUTA CON IL PROCESSO DI INVERSIONE**

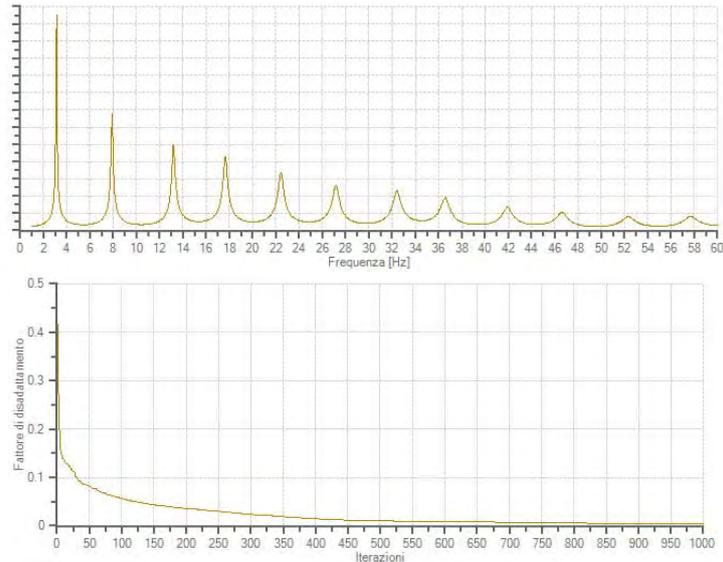
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.09	1.09	1800.0	0.35	No	230.4	110.7
2	2.84	1.74	1810.0	0.40	No	462.1	188.6
3	7.49	4.65	1880.0	0.30	No	475.5	254.2
4	11.81	4.33	1900.0	0.30	No	572.7	306.1
5	27.54	15.72	1910.0	0.30	No	742.9	397.1
6	31.61	4.07	1920.0	0.30	No	810.7	433.4
7	oo	oo	1930.0	0.30	No	897.6	479.8



ANDAMENTO IN PROFONDITA' DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO



## ANDAMENTO DELLA FUNZIONE DI TRASFERIMENTO E DISADATTAMENTO



Al termine della elaborazione si è riscontrata una convergenza dei valori (Errore dell'elaborazione) pari a **0,002%**, con un fattore di disadattamento della soluzione pari a **0,005**.

### TABELLA DELLA VELOCITA' DELLE ONDE DI TAGLIO E CARATTERISTICHE DEGLI STRATI IN PROFONDITA'

G0: Modulo di deformazione al taglio (\*);

Ed: Modulo edometrico (\*);

M0: Modulo di compressibilità volumetrica (\*);

Ey: Modulo di Young (\*);

\*) Valori validi per piccolissime deformazioni comprese nel tratto lineare elastico del legame costitutivo dei materiali (deformazioni tangenziali inferiori alla soglia elastica).

N.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	densità [Kg/cm <sup>3</sup> ]	Coefficiente di Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	1.09	1.09	110.69	230.41	1800.00	0.35	22.05	95.56	66.16	59.54	32.00	38.90
2	2.84	1.74	188.65	462.09	1810.00	0.40	64.41	386.48	300.59	180.36	N/A	566.93
3	7.49	4.65	254.18	475.52	1880.00	0.30	121.46	425.10	263.16	315.79	N/A	2536.45
4	11.81	4.33	306.10	572.67	1900.00	0.30	178.03	623.11	385.73	462.88	N/A	N/A
5	27.54	15.72	397.11	742.93	1910.00	0.30	301.20	1054.20	652.60	783.12	N/A	N/A
6	31.61	4.07	433.36	810.73	1920.00	0.30	360.57	1262.00	781.24	937.48	N/A	N/A
7	∞	∞	479.80	897.61	1930.00	0.30	444.29	1555.02	962.63	1155.16	0.00	N/A

L'analisi dei risultati ottenuti dall'indagine MASW ha portato alla determinazione degli strati e delle velocità delle onde sismiche trasversali ( $V_s$ ) fino a una profondità di circa **31,61 m** dal piano campagna.

Ai sensi del DM 17.01.2018, punto 3.2.2. "Categoria di suolo e condizioni topografiche", il valore della velocità media delle onde sismiche di taglio nei primi 30 metri ( $V_{s,30}$ ) ottenuto mediante l'indagine M.A.S.W. è risultato, a partire dal p.d.c. attuale pari a **309,86 m/s**, il quale, tenuto in considerazione l'errore derivante dall'elaborazione dei dati, risulta essere compreso tra **309,85 e 309,86 m/s** come evidenziato nella tabella di seguito allegata:

Velocità onde Vs da elaborazione MASW				
Strato	Base strato [m]	$h_i$ [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]
1	1.09	1.09	110.69	0.009847
2	2.84	1.75	188.65	0.009276
3	7.49	4.65	254.18	0.018294
4	11.81	4.32	306.10	0.014113
5	27.54	15.73	397.11	0.039611
6	31.61	2.46	433.36	0.005677

Calcolo del valore di $V_{s,30}$		
$V_{s,30}$ calcolato	<b>309.86</b>	[m/s]
Errore strumentale	0.002	[%]
$V_{s,30}$ - Max	<b>309.86</b>	[m/s]
$V_{s,30}$ - Min	<b>309.85</b>	[m/s]

ALLEGATO 2

INDAGINI GEOGNOSTICHE DI TIPO  
PENETROMETRICO AD INFISSIONE  
STATICA CON PUNTA MECCANICA

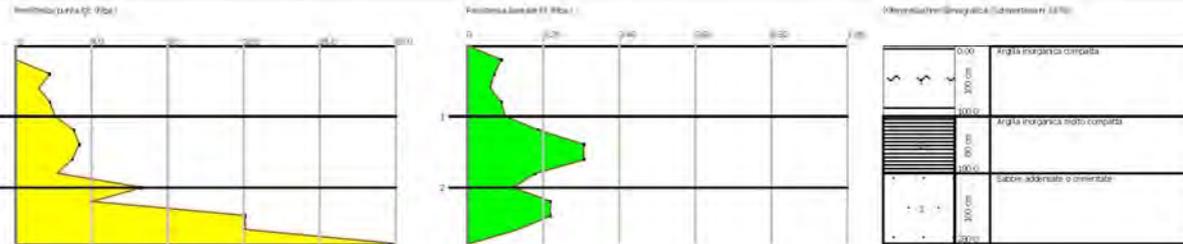
PROVA ... Nr.2

Committente: GOLD ART CERAMICA SPA  
 Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN  
 Prova eseguita in data: 04/11/2017  
 Profondità prova: 2.80 mt  
 Località: PAVULLO NEL FRIGNANO

Probe CPT - Cone Penetration Nr.2  
 Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente: GOLD ART CERAMICA SPA  
 Cantiere: COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO  
 Località: PAVULLO NEL FRIGNANO

Data: 04/11/2017



Profondità (m)	Letture punta (Mpa)	Letture laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.00	0.09	0.00	
0.40	1.77	3.0	1.77	0.07	25.29	4.0
0.60	1.18	2.3	1.18	0.06	19.67	5.1
0.80	1.77	2.6	1.77	0.09	19.67	5.1
1.00	2.06	3.3	2.06	0.10	20.60	4.9
1.20	3.04	4.5	3.04	0.19	16.00	6.3
1.40	3.33	6.2	3.33	0.31	10.74	9.3
1.60	2.94	7.6	2.94	0.31	9.48	10.5
1.80	2.16	6.8	2.16	0.18	12.00	8.3
2.00	6.57	9.2	6.57	0.12	54.75	1.8
2.20	3.92	5.8	3.92	0.22	17.82	5.6
2.40	12.06	15.3	12.06	0.22	54.82	1.8
2.60	12.06	15.3	12.06	0.13	92.77	1.1
2.80	29.42	31.4	29.42	0.00		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Mpa)	fs Media (Mpa)	Gamma Medio (KN/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.00	1.36	0.08	19.2	Coesivo	Argilla inorganica compatta
1.80	2.87	0.25	19.9	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
2.80	12.81	0.14	19.6	Incoerente	Sabbie addensate o cementate

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	1.00	1.36	0.08	9.6	9.6	Terzaghi	67.7
Strato 2	1.80	2.87	0.25	27.2	27.2	Terzaghi	143.2

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	1.00	1.36	0.08	9.6	9.6	Metodo generale del modulo Edometrico	4.7
Strato 2	1.80	2.87	0.25	27.2	27.2	Metodo generale	5.7

						del modulo Edometrico	
--	--	--	--	--	--	-----------------------	--

**Modulo di deformazione non drenato Eu**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eu (Mpa)
Strato 1	1.00	1.36	0.08	9.6	9.6	Cancelli 1980	50.6
Strato 2	1.80	2.87	0.25	27.2	27.2	Cancelli 1980	106.6

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Mpa)
Strato 1	1.00	1.36	0.08	9.6	9.6	Imai & Tomauchi	13.7
Strato 2	1.80	2.87	0.25	27.2	27.2	Imai & Tomauchi	21.6

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.00	1.36	0.08	9.6	9.6	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	1.80	2.87	0.25	27.2	27.2	Piacentini Righi 1978	>9

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	1.00	1.36	0.08	9.6	9.6	Meyerhof	18.7
Strato 2	1.80	2.87	0.25	27.2	27.2	Meyerhof	20.0

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crm
Strato 1	1.00	1.36	0.08	9.6	9.6	0.1629	0.02118
Strato 2	1.80	2.87	0.25	27.2	27.2	0.11245	0.01462

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1.00	1.36	0.08	9.6	9.6	Meyerhof	19.5
Strato 2	1.80	2.87	0.25	27.2	27.2	Meyerhof	20.7

**Velocità onde di taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1.00	1.36	0.08	9.6	9.6	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	159.32
Strato 2	1.80	2.87	0.25	27.2	27.2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	215.28

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 3	2.80	12.81	0.14	44.9	44.9	Harman	100.0

**Angolo di resistenza al taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 3	2.80	12.81	0.14	44.9	44.9	Schmertmann	42.0

**Modulo di Young**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 3	2.80	12.81	0.14	44.9	44.9		0.0

**Modulo Edometrico**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 3	2.80	12.81	0.14	44.9	44.9	Buisman - Sanglerat	19.2

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	G (Mpa)
Strato 3	2.80	12.81	0.14	44.9	44.9	Imai & Tomachi	53.9

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 3	2.80	12.81	0.14	44.9	44.9	Larsson 1991 S.G.I.	0.6

**Modulo di reazione Ko**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ko
Strato 3	2.80	12.81	0.14	44.9	44.9	Kulhawy & Mayne (1990)	1.20

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crn
Strato 3	2.80	12.81	0.14	44.9	44.9	0.09411	0.01223

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 3	2.80	12.81	0.14	44.9	44.9	Meyerhof	18.6

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 3	2.80	12.81	0.14	44.9	44.9	Meyerhof	21.6

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 3	2.80	12.81	0.14	44.9	44.9	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	377.27

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1.00	1.36	0.08	9.6	9.6	Piacentini-Righi 1988	1.58E-11
Strato 2	1.80	2.87	0.25	27.2	27.2	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	2.80	12.81	0.14	44.9	44.9	Piacentini-Righi 1988	1.00E-03

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	1.00	1.36	0.08	9.6	9.6	Piacentini-Righi 1988	6.574634E-07
Strato 2	1.80	2.87	0.25	27.2	27.2	Piacentini-Righi 1988	8.779757E-07
Strato 3	2.80	12.81	0.14	44.9	44.9	Piacentini-Righi 1988	0

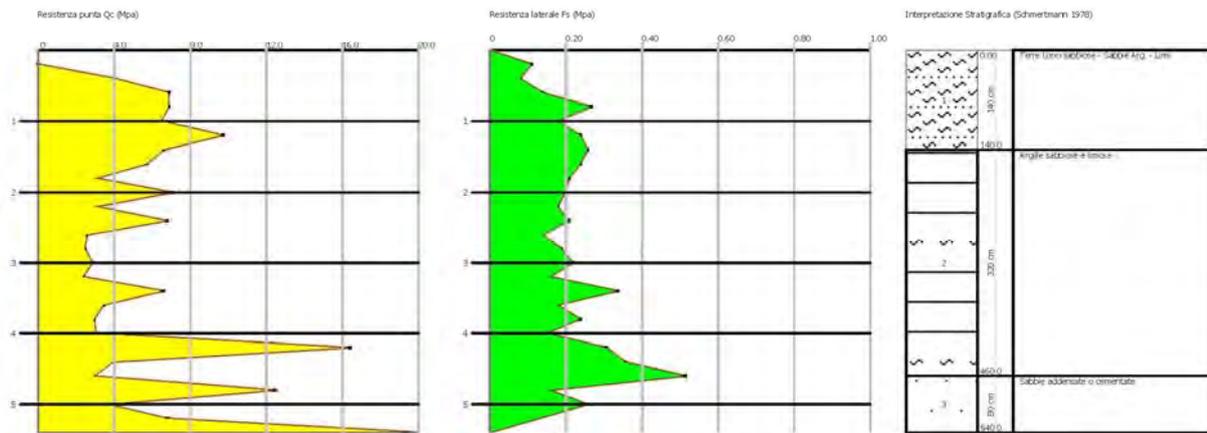
PROVA ... Nr.3

Committente: GOLD ART CERAMICA SPA  
 Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN  
 Prova eseguita in data: 04/11/2017  
 Profondità prova: 5.40 mt  
 Località: PAVULLO NEL FRIGNANO

Probe CPT - Cone Penetration Nr.3  
 Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente: GOLD ART CERAMICA SPA  
 Cantiere: COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO  
 Località: PAVULLO NEL FRIGNANO

Data: 04/11/2017



Profondità (m)	Lettura punta (Mpa)	Lettura laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.00	0.11	0.00	
0.40	4.02	5.7	4.02	0.08	50.25	2.0
0.60	6.86	8.0	6.86	0.14	49.00	2.0
0.80	6.86	9.0	6.86	0.27	25.41	3.9
1.00	6.47	10.6	6.47	0.18	35.94	2.8
1.20	9.71	12.5	9.71	0.24	40.46	2.5
1.40	6.57	10.2	6.57	0.26	25.27	4.0
1.60	5.69	9.6	5.69	0.24	23.71	4.2
1.80	3.04	6.7	3.04	0.21	14.48	6.9
2.00	7.06	10.2	7.06	0.20	35.30	2.8
2.20	3.04	6.1	3.04	0.18	16.89	5.9
2.40	6.77	9.5	6.77	0.21	32.24	3.1
2.60	2.55	5.7	2.55	0.14	18.21	5.5
2.80	2.45	4.6	2.45	0.19	12.89	7.8
3.00	2.84	5.7	2.84	0.22	12.91	7.7
3.20	2.35	5.6	2.35	0.16	14.69	6.8
3.40	6.57	8.9	6.57	0.34	19.32	5.2
3.60	3.43	8.5	3.43	0.18	19.06	5.2
3.80	2.94	5.7	2.94	0.24	12.25	8.2
4.00	3.04	6.6	3.04	0.15	20.27	4.9
4.20	16.38	18.6	16.38	0.31	52.84	1.9
4.40	3.92	8.5	3.92	0.36	10.89	9.2
4.60	2.94	8.3	2.94	0.52	5.65	17.7
4.80	12.45	20.3	12.45	0.16	77.81	1.3
5.00	3.63	6.1	3.63	0.26	13.96	7.2
5.20	6.77	10.7	6.77	0.13	52.08	1.9
5.40	29.42	31.4	29.42	0.00		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Mpa)	fs Media (Mpa)	Gamma Medio (KN/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.40	5.78	0.18	20.9	Incoerente-Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
4.60	4.69	0.24	20.3	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
5.40	13.07	0.14	19.5	Incoerente	Sabbie addensate o cementate

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI**
**TERRENI COESIVI**

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Terzaghi	289.3
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Terzaghi	234.4

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Metodo generale del modulo Edometrico	11.6
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Metodo generale del modulo Edometrico	9.4

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eu (Mpa)
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Cancelli 1980	216.2
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Cancelli 1980	173.6

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Mpa)
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Imai & Tomauchi	33.1
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Imai & Tomauchi	29.2

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Piacentini Righi 1978	>9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Meyerhof	21.1
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Meyerhof	20.8

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crn
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	0.10195	0.01325
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	0.10681	0.01389

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Meyerhof	21.9
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Meyerhof	21.5

**Velocità onde di taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	221.40
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	268.22

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Harman	99.6
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Harman	57.8
Strato 3	5.40	13.07	0.14	102.0	102.0	Harman	80.9

**Angolo di resistenza al taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Schmertmann	42.0
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Schmertmann	35.9
Strato 3	5.40	13.07	0.14	102.0	102.0	Schmertmann	39.2

**Modulo di Young**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6		0.0
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7		0.0
Strato 3	5.40	13.07	0.14	102.0	102.0		0.0

**Modulo Edometrico**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Buisman - Sanglerat	8.7
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Buisman - Sanglerat	7.0
Strato 3	5.40	13.07	0.14	102.0	102.0	Buisman - Sanglerat	19.6

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Imai & Tomauchi	33.1
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Imai & Tomauchi	29.2
Strato 3	5.40	13.07	0.14	102.0	102.0	Imai & Tomauchi	54.6

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Larsson 1991 S.G.I.	1.6

Strato 3	5.40	13.07	0.14	102.0	102.0	Larsson 1991 S.G.I.	1.1
----------	------	-------	------	-------	-------	------------------------	-----

**Modulo di reazione Ko**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ko
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Kulhawy & Mayne (1990)	0.51
Strato 3	5.40	13.07	0.14	102.0	102.0	Kulhawy & Mayne (1990)	0.71

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crn
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	0.10195	0.01325
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	0.10681	0.01389
Strato 3	5.40	13.07	0.14	102.0	102.0	0.09424	0.01225

**Peso unità di volume**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Meyerhof	17.7
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Meyerhof	17.7
Strato 3	5.40	13.07	0.14	102.0	102.0	Meyerhof	18.6

**Peso unità di volume saturo**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Meyerhof	20.6
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Meyerhof	20.6
Strato 3	5.40	13.07	0.14	102.0	102.0	Meyerhof	21.6

**Velocità onde di taglio.**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	268.68
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	305.01
Strato 3	5.40	13.07	0.14	102.0	102.0	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	419.94

**Permeabilità**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Piacentini-Righi 1988	2.29E-06
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Piacentini-Righi 1988	1.73E-11
Strato 3	5.40	13.07	0.14	102.0	102.0	Piacentini-Righi 1988	1.00E-03

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	1.40	5.78	0.18	14.6	14.6	Piacentini-Righi 1988	0.4041172
Strato 2	4.60	4.69	0.24	61.7	61.7	Piacentini-Righi 1988	2.475775E-06
Strato 3	5.40	13.07	0.14	102.0	102.0	Piacentini-Righi 1988	0

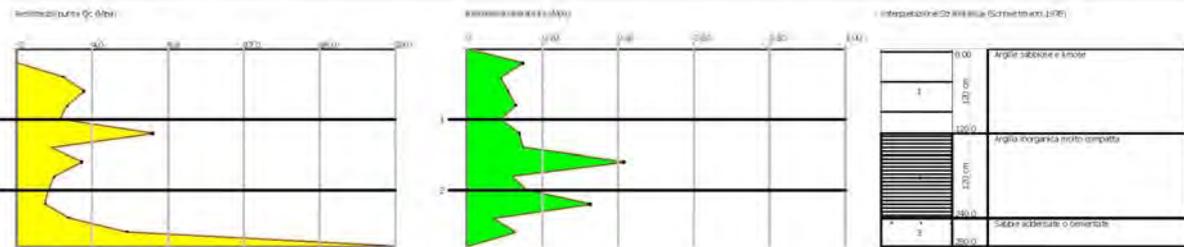
PROVA ... Nr.5

Committente: GOLD ART CERAMICA SPA  
 Strumento utilizzato: PAGANI 100 kN  
 Prova eseguita in data: 04/11/2017  
 Profondità prova: 2.80 mt  
 Località: PAVULLO NEL FRIGNANO

Probe CPT - Cone Penetration Nr.5  
 Strumento utilizzato PAGANI 100 kN

Committente: GOLD ART CERAMICA SPA  
 Cantiere: COMPLETAMENTO DEL COMPARTO PRODUTTIVO  
 Località: PAVULLO NEL FRIGNANO

Data: 04/11/2017



Profondità (m)	Letture punta (Mpa)	Letture laterale (Mpa)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.00	0.15	0.00	
0.40	2.45	4.7	2.45	0.09	27.22	3.7
0.60	3.53	4.9	3.53	0.11	32.09	3.1
0.80	2.65	4.3	2.65	0.13	20.38	4.9
1.00	2.26	4.2	2.26	0.09	25.11	4.0
1.20	7.16	8.4	7.16	0.14	51.14	2.0
1.40	1.77	3.9	1.77	0.15	11.80	8.5
1.60	3.43	5.7	3.43	0.42	8.17	12.2
1.80	1.96	8.3	1.96	0.12	16.33	6.1
2.00	1.67	3.4	1.67	0.16	10.44	9.6
2.20	1.47	3.9	1.47	0.33	4.45	22.4
2.40	2.75	7.6	2.75	0.07	39.29	2.5
2.60	5.79	6.9	5.79	0.13	44.54	2.2
2.80	37.27	39.2	37.27	0.00		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Mpa)	fs Media (Mpa)	Gamma Medio (KN/m³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
1.20	3.01	0.12	19.7	Incoerente-Coesivo	Argille sabbiose e limose
2.40	2.18	0.21	19.4	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
2.80	21.53	0.07	20.4	Incoerente	Sabbie addensate o cementate

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Cu (KPa)
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Terzaghi	150.0
Strato 2	2.40	2.18	0.21	35.3	35.3	Terzaghi	108.9

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eed (Mpa)
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Metodo generale del modulo Edometrico	6.0

Strato 2	2.40	2.18	0.21	35.3	35.3	Metodo generale del modulo Edometrico	4.4
----------	------	------	------	------	------	---------------------------------------	-----

#### Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Eu (Mpa)
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Cancelli 1980	112.4
Strato 2	2.40	2.18	0.21	35.3	35.3	Cancelli 1980	80.4

#### Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Mpa)
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Imai & Tomauchi	22.2
Strato 2	2.40	2.18	0.21	35.3	35.3	Imai & Tomauchi	18.3

#### Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 2	2.40	2.18	0.21	35.3	35.3	Piacentini Righi 1978	>9

#### Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Meyerhof	20.0
Strato 2	2.40	2.18	0.21	35.3	35.3	Meyerhof	19.5

#### Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crn
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	0.12086	0.01571
Strato 2	2.40	2.18	0.21	35.3	35.3	0.12683	0.01649

#### Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Meyerhof	20.8
Strato 2	2.40	2.18	0.21	35.3	35.3	Meyerhof	20.3

#### Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	190.16
Strato 2	2.40	2.18	0.21	35.3	35.3	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	213.56

**TERRENI INCOERENTI**
**Densità relativa**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Harman	82.3
Strato 3	2.80	21.53	0.07	51.0	51.0	Harman	100.0

**Angolo di resistenza al taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Schmertmann	39.8
Strato 3	2.80	21.53	0.07	51.0	51.0	Schmertmann	42.0

**Modulo di Young**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8		0.0
Strato 3	2.80	21.53	0.07	51.0	51.0		0.0

**Modulo Edometrico**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Buisman - Sanglerat	9.0
Strato 3	2.80	21.53	0.07	51.0	51.0	Buisman - Sanglerat	32.3

**Modulo di deformazione a taglio**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	G (Mpa)
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Imai & Tomauchi	22.2
Strato 3	2.80	21.53	0.07	51.0	51.0	Imai & Tomauchi	74.0

**Grado di sovraconsolidazione**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ocr
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Larsson 1991 S.G.I.	0.7
Strato 3	2.80	21.53	0.07	51.0	51.0	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5

**Modulo di reazione Ko**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Ko
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Kulhawy & Mayne (1990)	1.11
Strato 3	2.80	21.53	0.07	51.0	51.0	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00

**Fattori di compressibilità C Crm**

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	C	Crn
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	0.12086	0.01571
Strato 3	2.80	21.53	0.07	51.0	51.0	0.14526	0.01888

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Meyerhof	17.7
Strato 3	2.80	21.53	0.07	51.0	51.0	Meyerhof	18.6

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m <sup>3</sup> )
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Meyerhof	20.6
Strato 3	2.80	21.53	0.07	51.0	51.0	Meyerhof	21.6

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	222.12
Strato 3	2.80	21.53	0.07	51.0	51.0	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	436.63

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Piacentini-Righi 1988	6.32E-08
Strato 2	2.40	2.18	0.21	35.3	35.3	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	2.80	21.53	0.07	51.0	51.0	Piacentini-Righi 1988	1.00E-03

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Mpa)	fs (Mpa)	Tensione litostatica totale (KPa)	Tensione litostatica efficace (KPa)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm <sup>2</sup> /s)
Strato 1	1.20	3.01	0.12	11.8	11.8	Piacentini-Righi 1988	5.817967E-03
Strato 2	2.40	2.18	0.21	35.3	35.3	Piacentini-Righi 1988	6.668944E-07
Strato 3	2.80	21.53	0.07	51.0	51.0	Piacentini-Righi 1988	0

Spett.le  
GEO-XPert ITALIA SRL  
Via di Mezzo, 90  
41058 Vignola (MO)  
Email: [info@geo-xpert.com](mailto:info@geo-xpert.com)  
Fax +39 059 779111

c.a. Dott. Geol. Giorgio Masotti

**OGGETTO: COMUNICAZIONI INIZIO LAVORI OPERE DI PROGETTO**

Vs. riferimento – Pratica nr. 4130

Siamo con la presente a comunicarVi che in data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ è previsto l'inizio dei lavori di scavo per l'esecuzione delle opere di progetto e pertanto siamo con la presente la presente a richiederVi il sopralluogo tecnico finalizzato alla verifica in sito delle considerazioni geotecniche redatte nella Vs. relazione datata 20/04/2020.

Si riportano di seguito i Ns. recapiti telefonici per eventuali accordo in merito al sopralluogo:

Sig. \_\_\_\_\_

Telefono \_\_\_\_\_

Telefono Cellulare \_\_\_\_\_

Sig. \_\_\_\_\_

Telefono \_\_\_\_\_

Telefono Cellulare \_\_\_\_\_

Sig. \_\_\_\_\_

Telefono \_\_\_\_\_

Telefono Cellulare \_\_\_\_\_