

COMUNE DI PAVULLO N/F (MO)

PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA RICOMPRENDETE:
AMBITO A9.a

P.O.C. DELIBERA DI C.C. n. 14 del 31-03-2017 AMBITO ASP2.8 COMPARTO A7
AREE - CONVENZIONE URBANISTICA REP. n. 24166 del 27-07-2017 AMBITO ASP1.2



Industria Colori S.p.a.

PROGETTO

COMMITTENTE

GEOLOGO

DIRETTORE LAVORI

al sensi delle leggi in vigore e' vietata la riproduzione

SPAZIO RISERVATO AL COMUNE



FUNDO SRL

VIA GIARDINI SUD 52 41026 PAVULLO NF MO
T 0536 21643 F 0536 23684

FUNDOSTUDIO.IT
INFO@FUNDOSTUDIO.IT

GEOLOGO

Dott. Geol. GIORGIO MASOTTI
Via di Mezzo, 90
41058 Vignola (MO)

DIRETTORE DEI LAVORI

Dott. Ing. VANDELLI ADRIANO

DISEGNATORE

-

NR. PRATICA

2205

SCALA

-

DEMOLIZIONE

PRECEDENTE PRATICA EDILIZIA

-

DATA

Novembre 2017

COSTRUZIONE

DESCRIZIONE

RELAZIONE GEOLOGICA

ELABORATO

15_A

PROPRIETA'	STUDIO DI PROGETTAZIONE
SOCIETÀ GOLD ART CERAMICA S.P.A. INCO INDUSTRIA COLORI S.P.A.	FUNDO STUDIO SRL Via Giardini Sud, 52 41056 PAVULLO NEL FRIGNANO (MO)

TIPOLOGIA DELL'INTERVENTO
PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA RICOMPRENDETE: AMBITO A9.a – P.O.C. DELIBERA DI C.C. N. 14 DEL 31/03/2017 AMBITO ASP2.8 COMPARTO A7 AREE – CONVENZIONE URBANISTICA REP. N. 24166 DEL 27/07/2017 AMBITO ASP1.2

OGGETTO DELL'ELABORATO
RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

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
3862-PUA	3	15/11/2017	A	REL	1

<i>Il Tecnico</i> Dott. Geol. Giorgio Masotti Via di Mezzo, 90 41058 Vignola (MO)	<i>Il Progettista Strutturale</i>
<i>La Committenza</i>	<i>Il Direttore dei Lavori Strutturali</i>



INDICE

1	PREMESSA	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	3
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	5
4	CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO	9
5	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOLITOLOGICO	11
6	VINCOLI E ZONIZZAZIONI DI TUTELA SULLA BASE DEL P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA	13
7	SISMICITA'	24
7.1	SISMICITA' STORICA	24
7.2	ZONIZZAZIONE SISMICA NAZIONALE E REGIONALE	25
8	INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE	33
8.1	PROVE PENETROMETRICHE AD INFISSIONE STATICA	33
8.2	INDAGINI SISMICHE IN SITO METODO RIFRAZIONE – ONDE P	34
9	AZIONE SISMICA – APPROCCIO SEMPLIFICATO NTC2008	36
9.1	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (RIF. 3.2.2 NTC 2008)	36
9.2	VITA NOMINALE DELL'OPERA	37
10	AZIONE SISMICA DA NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI	38
11	CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA E PRESCRIZIONI	40
12	CONCLUSIONI	42

INDICE DEGLI ALLEGATI

FIGURA 1:	ESTRATTO DI CARTA TOPOGRAFICA R.E.R. N. 236-NO "LAMA MOCOGNO" - SCALA 1:25.000	5
FIGURA 2:	ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 236020 "MONTEBONELLO" - SCALA 1:10.000	6
FIGURA 3:	ESTRATTO DI CARTA TECNICA REGIONALE N. 236021 "SELVA" - SCALA 1:5.000	6
FIGURA 4:	ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA	7
FIGURA 5:	PLANIMETRIA GENERALE AREA DI PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA	9
FIGURA 6:	PARTICOLARI STRADE E PARCHEGGI ESTRATTI DALLE TAVOLE DI PROGETTO	10
FIGURA 7:	ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA EDITA DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA REGIONALE NR. 236020	13
FIGURA 8:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.1 – TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI – SCALA 1:25.000	15
FIGURA 9:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.2 – TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITÀ DEL TERRITORIO – SCALA 1:25.000	16
FIGURA 10:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.1 – RISCHIO DA FRANA - CARTA DEL DISSESTO – SCALA 1:10.000	17
FIGURA 11:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.2 – RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI – SCALA 1:10.000	18
FIGURA 12:	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 1:50.000	19
FIGURA 13:	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 1:25.000	20
FIGURA 14:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 3.5 – RISCHIO INDUSTRIALE: COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DELLE ZONE INTERESSATE DA STABILIMENTI A RISCHIO DI INCIDENTE RILEVANTE – SCALA 1:50.000	21
FIGURA 15:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 6 – CARTA FORESTALE ATTIVITÀ ESTRATTIVE – SCALA 1:25.000	22
FIGURA 16:	ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 7 – CARTA DELLE UNITÀ DI PAESAGGIO – SCALA 1:100.000	23
FIGURA 17:	DIAGRAMMA RAPPRESENTANTE LA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO	24
FIGURA 18:	ZONIZZAZIONE SISMOGENETICA ZS9	25
FIGURA 19:	CARTA DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA ESPRESSA IN ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI PICCO PGA CON TEMPO DI RITORNO 475 ANNI	26
FIGURA 20:	MAPPA DELLA RICLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – ORDINANZA DEL PCM N. 3247/2003	27
FIGURA 21:	MAPPA DELLE MASSIME INTENSITÀ MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI - PARTICOLARE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA	28
FIGURA 22:	CARTOGRAFIA DELLE MOPS	29
FIGURA 23:	CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA	30
FIGURA 24:	CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITÀ DI HOUSNER (0.1-0.5 S) (Fy)	31
FIGURA 25:	CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITÀ DI HOUSNER (0.5-1.0 S) (Fz)	32
FIGURA 26:	UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE	33
FIGURA 27:	TABELLA VITA NOMINALE DELL'OPERA (DA N.T.C. 2008)	37
FIGURA 28:	TABELLA CLASSI D'USO DELLE COSTRUZIONI (DA N.T.C. 2008)	37
FIGURA 29:	TABELLA COEFFICIENTI D'USO (DA N.T.C. 2008)	37
FIGURA 30:	PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO P _{VR} AL VARIARE DELLO STATO LIMITE CONSIDERATO	38
FIGURA 31:	PUNTI DELLA GRIGLIA UTILIZZATI PER IL CALCOLO DEI VALORI DEI PARAMETRI	38

1 PREMESSA

Su incarico dello studio tecnico incaricato per la progettazione e in accordo con la Committenza, il sottoscritto:

- Dott. Giorgio Masotti, Geologo libero professionista, regolarmente iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Emilia Romagna con il numero 588 – Sez. A, in qualità di consulente tecnico della ditta Geo-Xpert Italia – Servizi – Tecnologie e Ambiente s.n.c., con sede in Vignola (MO) – Via di Mezzo, 90,

ha provveduto alla stesura della presente relazione geologica e sismica, a corredo del PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA RICOMPRENDEnte: AMBITO A9.a – P.O.C. DELIBERA DI C.C. N. 14 DEL 31/03/2017 AMBITO ASP2.8 COMPARTO A7 AREE – CONVENZIONE URBANISTICA REP. N. 24166 DEL 27/07/2017 AMBITO ASP1.2

Scopo del presente studio è verificare se le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche dell'area sono sufficienti a garantire l'idoneità delle opere da realizzare.

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

- verifica del materiale presente in bibliografia;
- rilievo geologico-geomorfologico di campagna;
- esecuzione, in data 04/11/2017, di n° 4 indagini dirette in sito di tipo penetrometrico ad infissione statica;
- esecuzione, in data 04/11/2017, di n° 1 rilievo sismico a rifrazione con determinazione sperimentale delle onde di compressione Vp.
- esecuzione, in data 04/11/2017, di n° 1 rilievo sismico a rifrazione con determinazione sperimentale mediante inversione (Metodo MASW) del valore di $V_{s,30}$.

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. 16.01.1996 (G.U. 28.04.1997, n.97);

- Eurocodice7 del 30.04.1997

Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;

- Eurocodice8 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

Normativa Regionale

- Legge Regionale Emilia-Romagna del 24.03.2000, n. 20

Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio;

- Delibera della Giunta Regionale Emilia-Romagna del 24.10.2005 n. 1677

Prime indicazioni applicative in merito al D.M. 14.09.2005 recante "Norme tecniche per le costruzioni";

- Delibera Assemblea legislativa Regione Emilia-Romagna del 02.05.2007 progr. n. 112 – oggetto n. 3121
- Delibera di Giunta Regionale n° 2193/2015

"Art. 16 della L.R. N.20 DEL 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica".

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 MOCOGLIO" – 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 MOCOGLIO" - SCALA 1:25.000

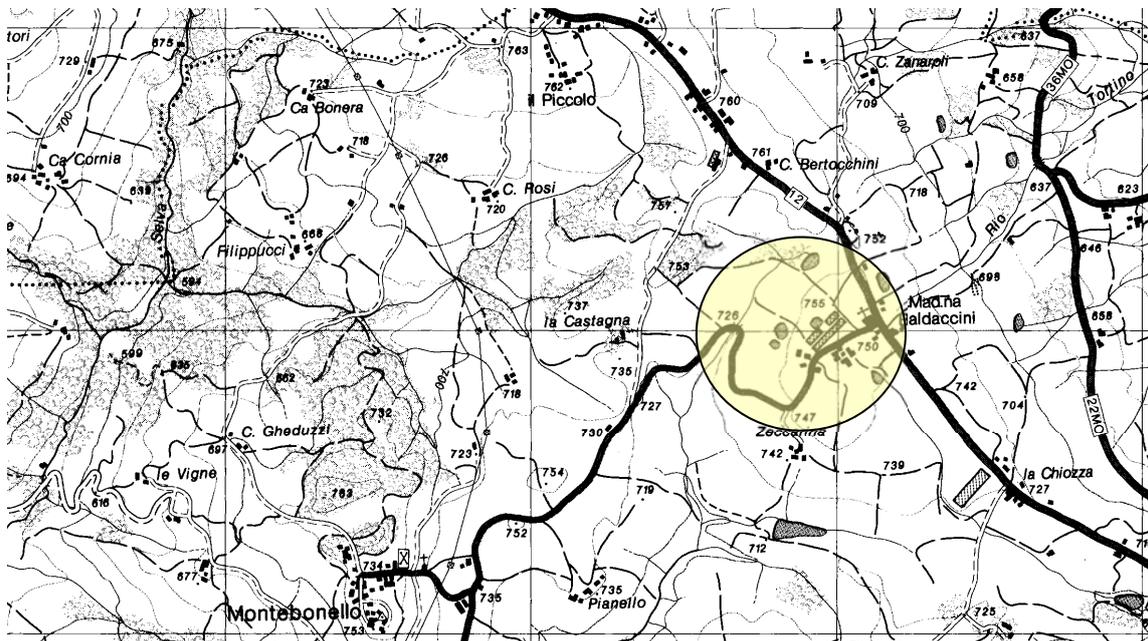
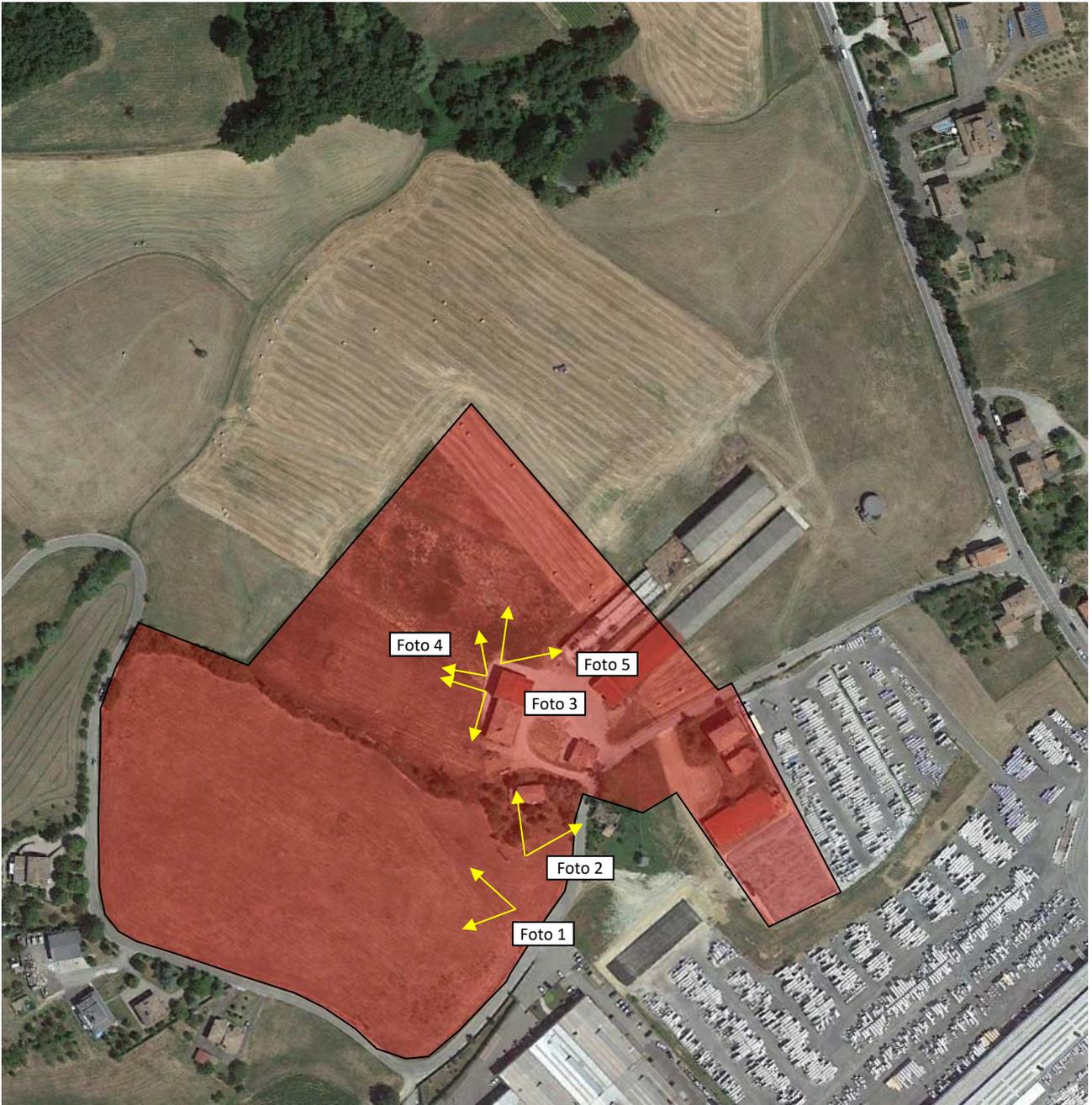


Figura 4: ESTRATTO DI IMMAGINE SATELLITARE DELL'AREA





4 CARATTERISTICHE DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

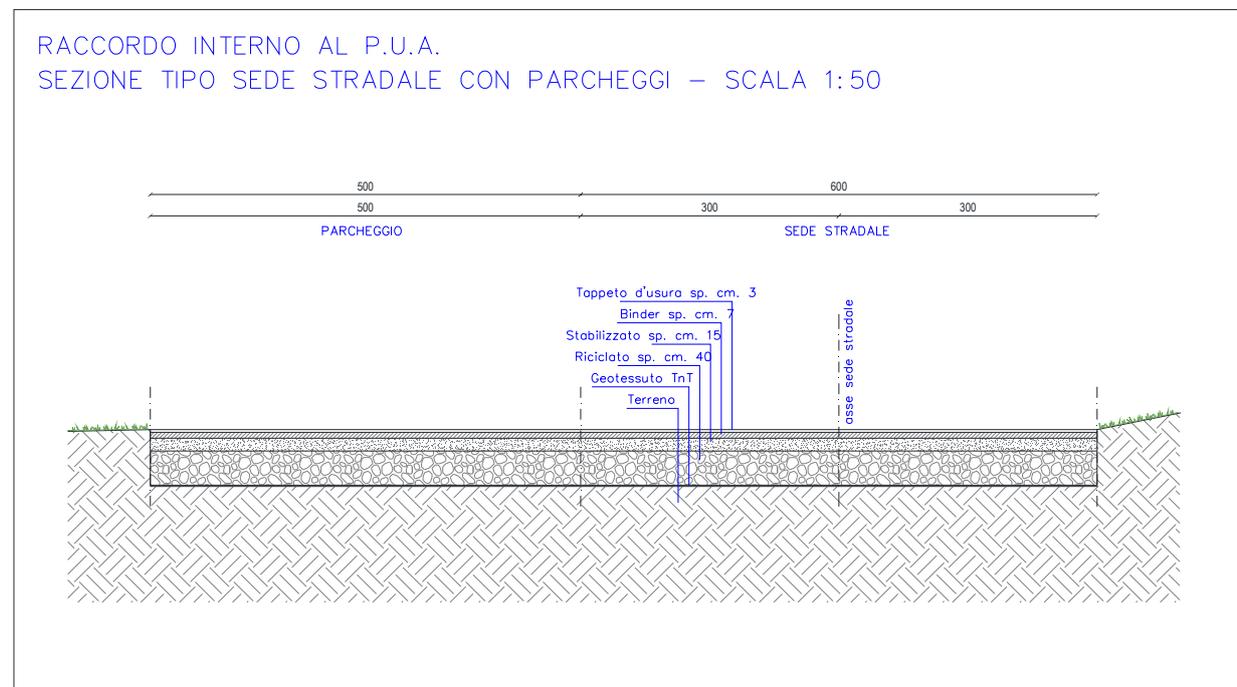
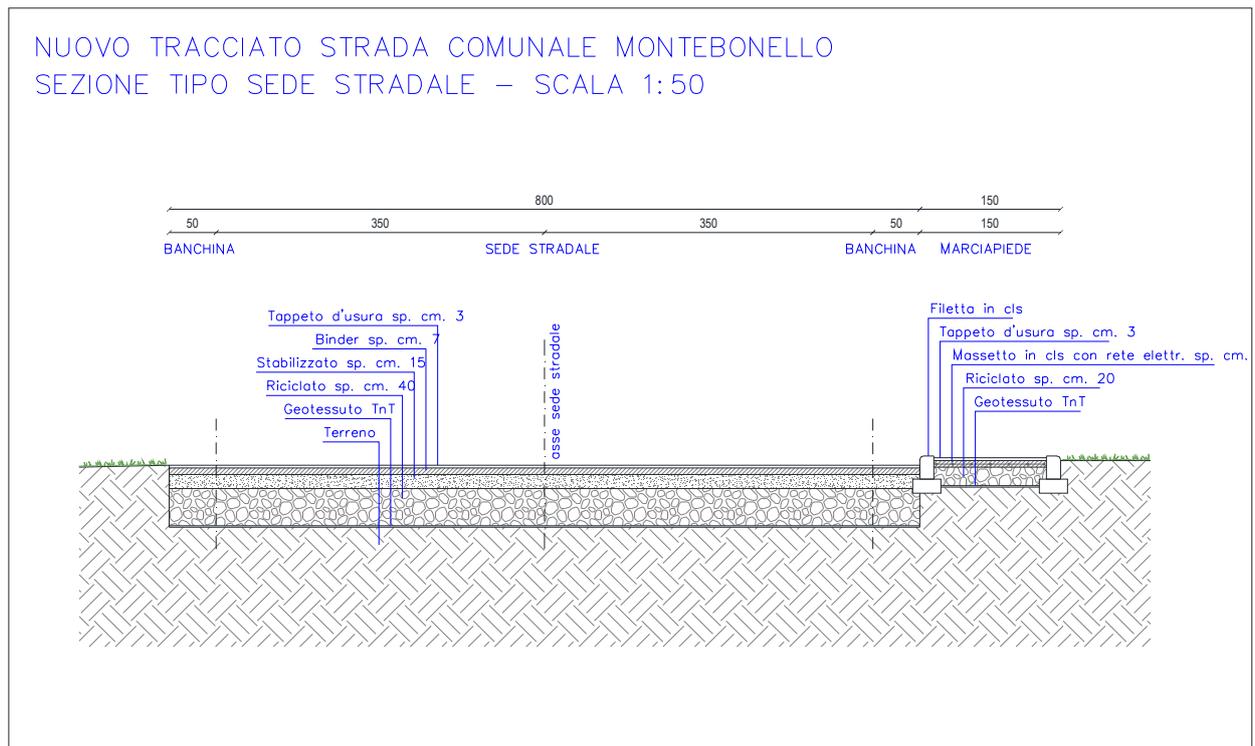
Gli interventi oggetto di Piano Urbanistico Attuativo di Iniziativa Privata consiste nella rimodellazione del territorio ricompreso all'interno dell'ambito A9.a per la realizzazione di un piazzale per lo stoccaggio di materiali ceramici e riorganizzazione della viabilità con spostamento della strada che mette in collegamento la Via Giardini con la Frazione di Montebonello con inserimento di nuovi spazi da adibirsi a parcheggio e installazione delle reti per sottoservizi di urbanizzazione.

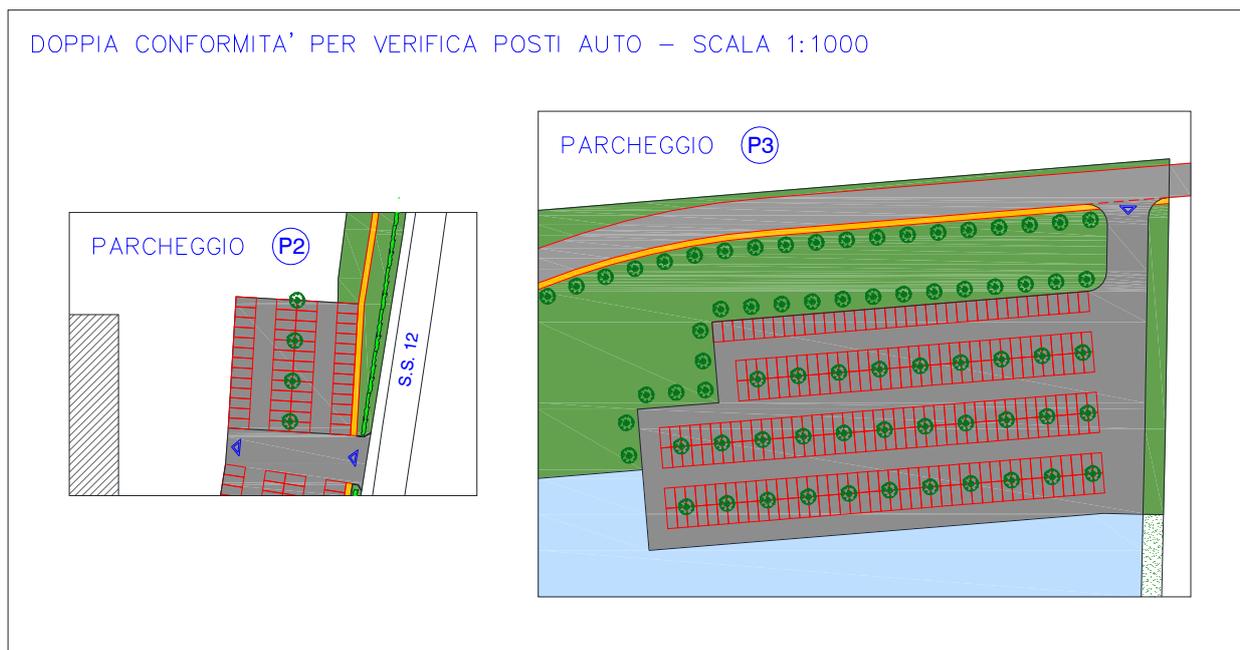
Si riporta di seguito una Tavola estratta dal progetto redatta dallo studio incaricato per la progettazione riassuntiva delle opere previste dal Piano Urbanistico Attuativo di Iniziativa Privata.

Figura 5: PLANIMETRIA GENERALE AREA DI PIANO URBANISTICO ATTUATIVO DI INIZIATIVA PRIVATA



Figura 6: PARTICOLARI STRADE E PARCHEGGI ESTRATTI DALLE TAVOLE 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. Procedendo verso valle le formazioni rocciose Epiliguridi a comportamento prevalentemente rigido nel caso di arenarie, arenarie-calcaree o calcari-arenacei, sono sostituite da formazioni argillose a comportamento meccanico prevalentemente plastico nel caso dei terreni pelitici.

Il diverso comportamento meccanico delle rocce condiziona a sua volta la morfologia dei versanti: dove sono presenti le porzioni arenitiche e arenaceo-calcaree con 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. Lo sviluppo di tali morfologie comporta inoltre caratteristiche idrogeologiche dei terreni sostanzialmente differenti; mentre nei terreni pelitici appartenenti ai complessi di base prevale lo scorrimento idrico superficiale, a causa dei modesti valori di infiltrabilità, che in genere riguarda le sole coltri detritiche; nei terreni lapidei l'infiltrazione delle acque superficiali è elevata, in considerazione dell'elevata permeabilità delle rocce per porosità e soprattutto per fratturazione, con la formazione anche di forme pseudo-carsiche. Numerose sono infatti le sorgenti che si formano per limite di permeabilità al contatto tra i terreni permeabili epiliguri e quelli impermeabili liguri sottostanti.

Procedendo in direzione di valle sono presenti morfologie tipiche di fenomeni gravitativi quiescenti, che per tipologia e distanza non interferiscono con le opere di progetto, 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 alla infiltrazione che comporta la plasticizzazione degli strati 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.

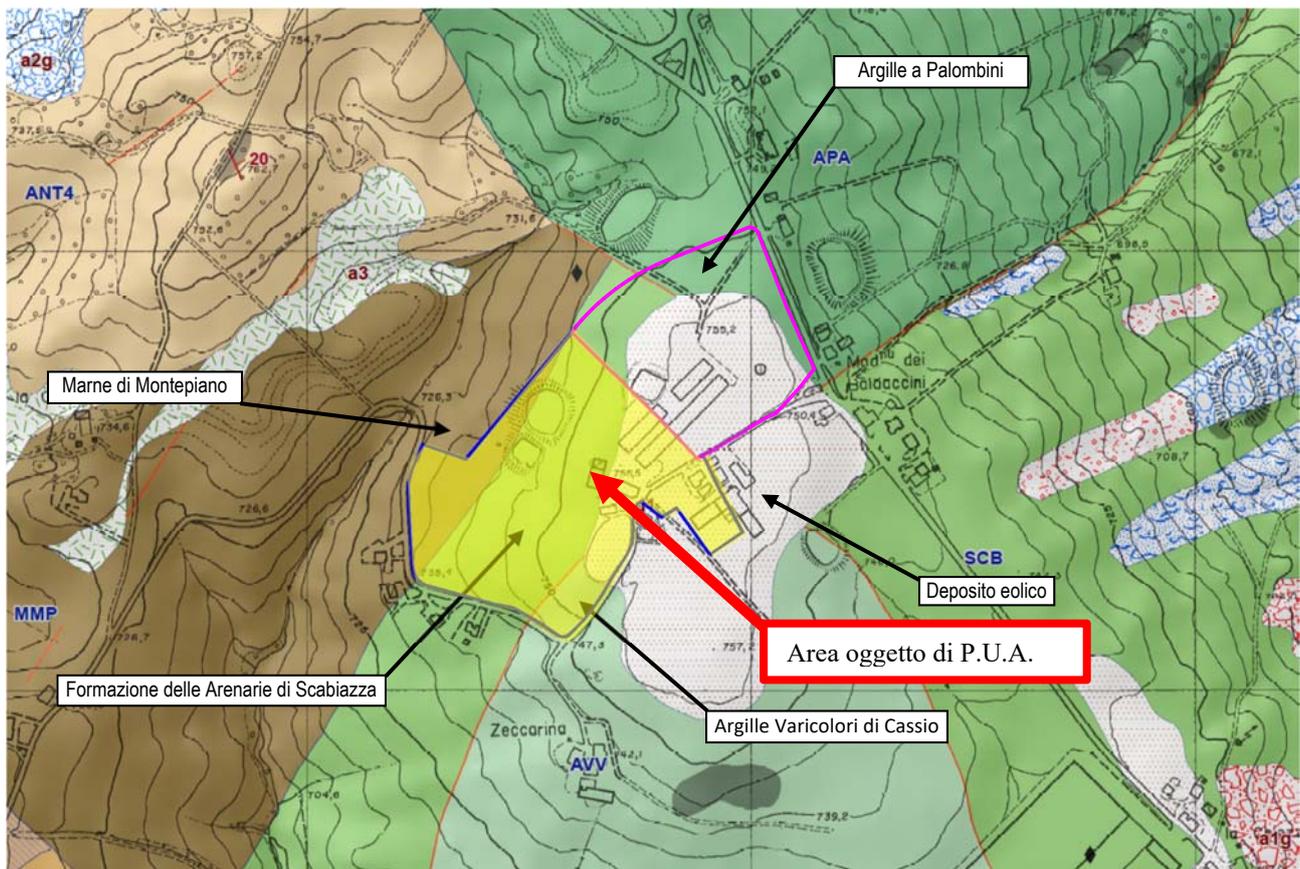
Nella carta geologia edita dalla Regione Emilia Romagna, della quale si riporta un estratto, sono rappresentate le formazioni geologiche affioranti, i principali lineamenti tettonici, gli assetti misurati durante il rilievo geologico ed i principali elementi geomorfologici, distinguendo tra frane attive,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

Da un punto di vista geologico sul lotto in esame affiorano i terreni di copertura quaternari appartenenti a depositi eolici (d1), costituiti da sabbie fini, limi e limi argillosi in genere notevolmente pedogenizzati, su paleosuperfici.

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

- **Argille a Palombini (APA)** costituite da una alternanza ritmica di argille e strati di calcilutiti. Le argille, più o meno fissili, sono di colore prevalentemente grigio-scuro o nerastro su superficie fresca e grigio-cenere se alterate. Sono internamente omogenee o finemente laminate e possono contenere singoli strati o pacchi di strati da molto sottili a sottili di torbiditi pelitico-arenacee o pelitiche di colore grigio scuro, biancastre se alterate, con una base arenitica da fine a grossolana, gradata od omogenea. Le argille a Palombini sono sempre intensamente deformate ed alla scala di affioramento appaiono come una massa argillosa indistinta, in cui gli strati originari di calcilutite sono ridotti a blocchi di varie forme e dimensioni. L'ambiente deposizionale è di piana abissale, al di sotto della profondità di compensazione dei carbonati, alimentata da apporti torbiditici arenaceo-pelitici e carbonatici. La potenza della formazione è difficilmente valutabile per l'intensa fratturazione subita, ma dovrebbe essere dell'ordine di qualche centinaio di metri. L'età si estende da un generico cretaceo inf. Al Turoniano;
- **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 brecce 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-scure 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 rinvengono 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 brecce 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 7: ESTRATTO DI CARTA GEOLOGICA EDITA DALLA REGIONE EMILIA ROMAGNA REGIONALE NR. 236020



Coperture quaternarie (10K)

- a1b - Deposito di frana attiva per scivolamento
- a2d - Deposito di frana quiescente per colamento di fango
- a2g - Deposito di frana quiescente complessa
- a3 - Deposito di versante s.l.
- d1 - Deposito eolico

Limiti di unità geologiche (10K)

- contatto stratigrafico o litologico certo
- faglia certa
- faglia incerta

Affioramenti (aree) (10K)



Unità geologiche (10K)

- ANT4 - Marni di Antognola - membro di Anconella
- APA - Argille a palombini
- AVV - Argille Varicolori di Cassio
- MMP - Marni di Monte Piano
- SCB - Arenarie di Scabiazza

6 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

Relativamente alla frammentazione ecologica, la zona è parzialmente ricompresa all'interno del territorio insediato all'anno 2006.

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 nel settore centrale all'interno di zone potenzialmente non soggetta ad effetti locali mentre lateralmente sono presenti aree potenzialmente soggette ad amplificazione per caratteristiche litologiche.

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 a compatibilità ambientale.

TAV. 6 – CARTA FORESTALE ATTIVITA' ESTRATTIVE

L'area non risulta soggetta a vincoli.

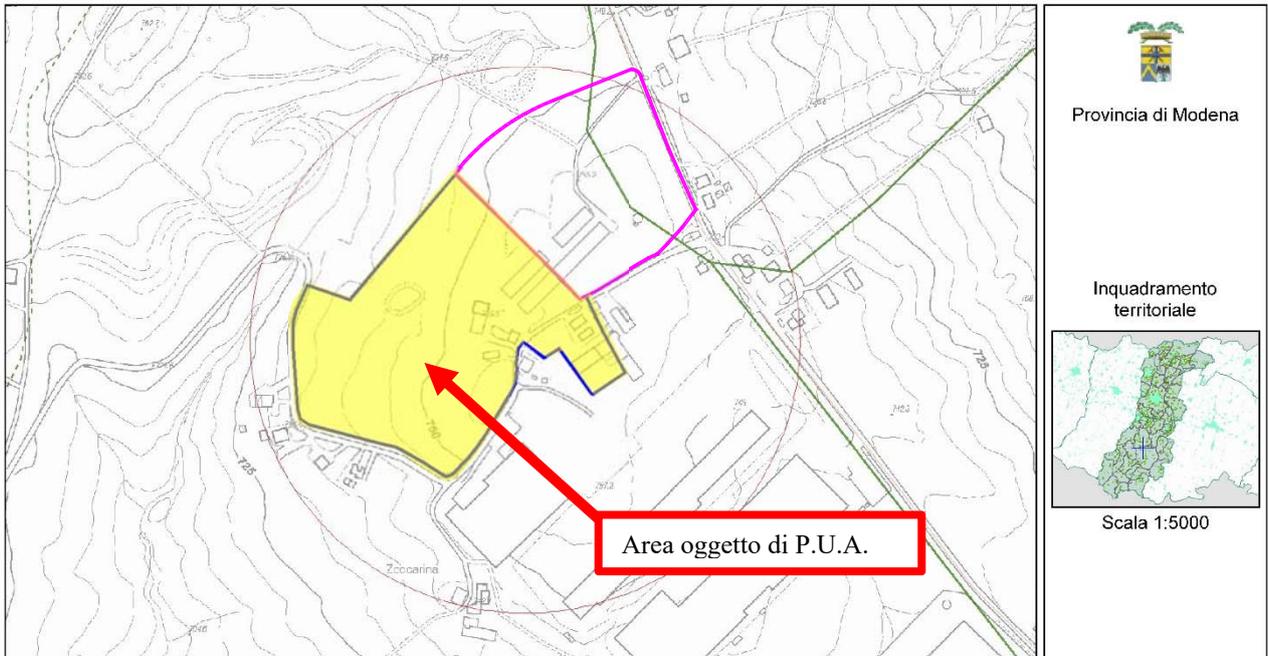
TAV. 7 – CARTA DELLE UNITA' DI PAESAGGIO

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

Figura 8: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.1 – TUTELA DELLE RISORSE PAESISTICHE E STORICO-CULTURALI – SCALA 1:25.000

Provincia di Modena

Estratto di mappa



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)

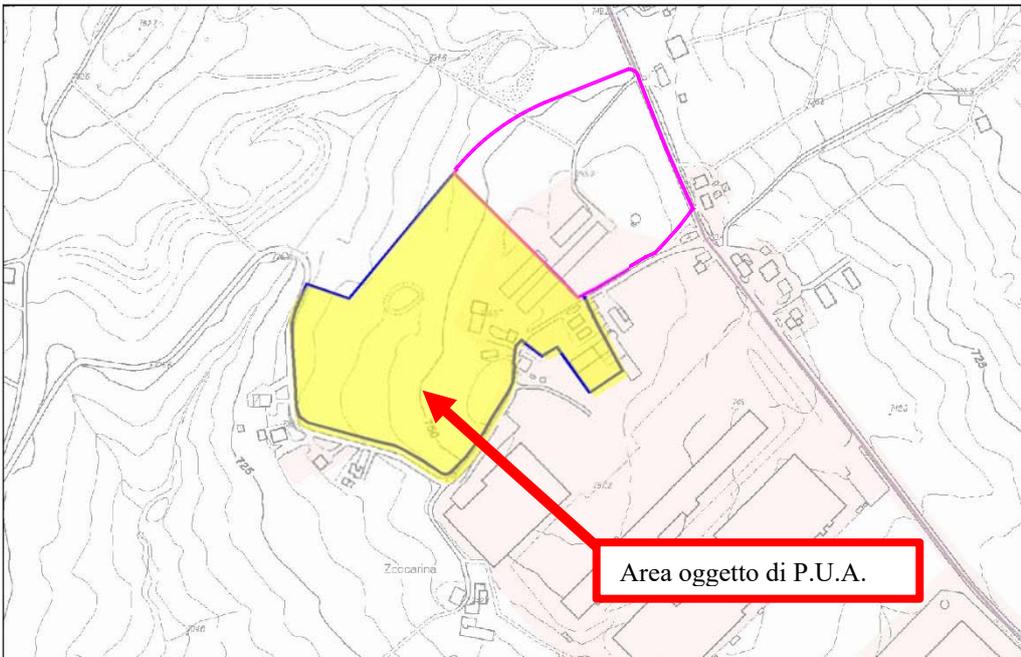
-  Carta Topografica Regionale 1: 25.000

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

Figura 9: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 1.2 – TUTELA DELLE RISORSE NATURALI, FORESTALI E DELLA BIODIVERSITÀ DEL TERRITORIO – SCALA 1:25.000

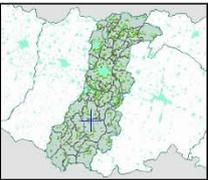
Provincia di Modena

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

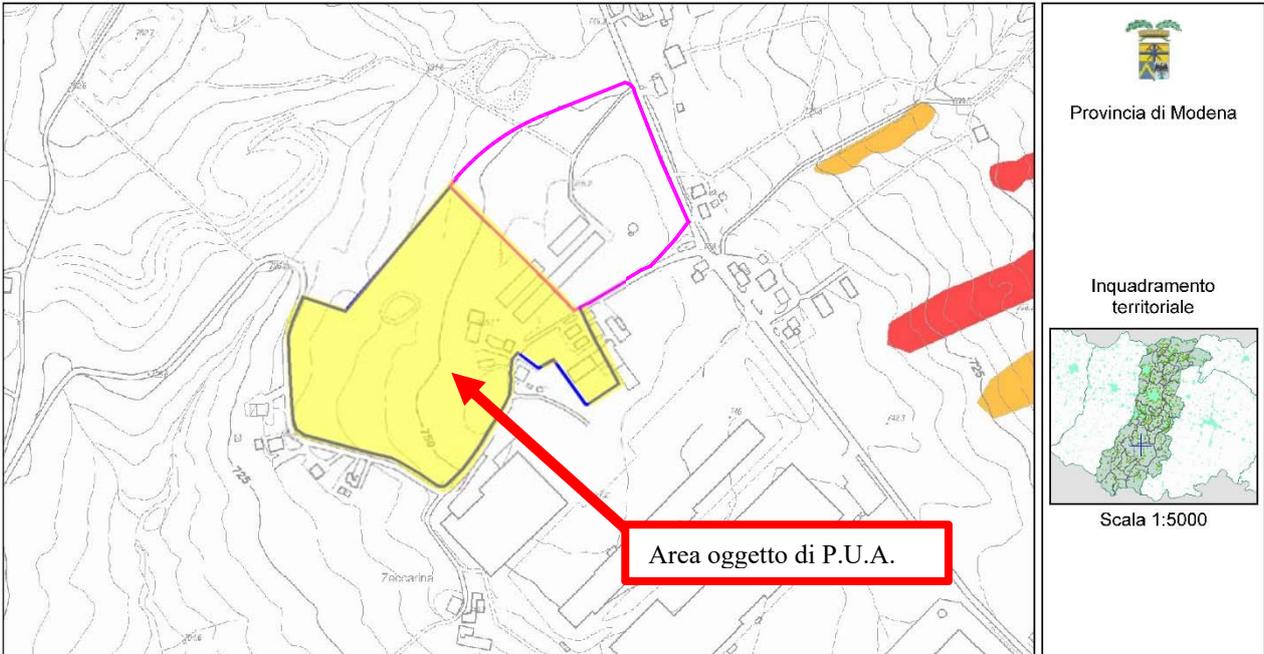
- Carta 1.2 - Tutela delle risorse
-  Territorio insediato al 2006
 -  Aree forestali (Art. 21)
 -  Infrastrutture viarie esistenti
- 1:25.000 (1985-1986)
-  Carta Topografica Regionale 1: 25.000

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

Figura 10 ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.1 – RISCHIO DA FRANA - CARTA DEL DISSESTO – SCALA 1:10.000

Provincia di Modena

Estratto di mappa



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

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

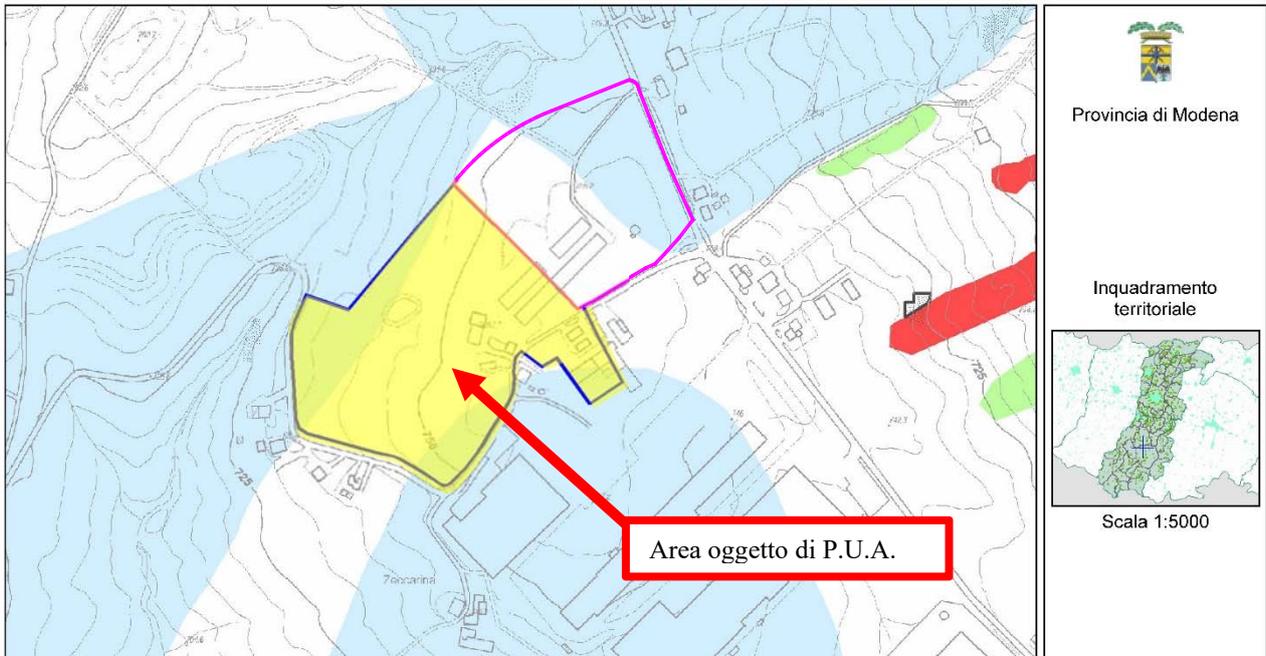
- Carta 2.1 - Carta del dissesto
- Aree interessate da frane attive (Art. 15)
 - Aree interessate da frane quiescenti (Art. 15)
- 1:25.000 (1985-1986)
- CTR
25000 Carta Topografica Regionale 1: 25.000

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

Figura 11: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 2.2 – RISCHIO SISMICO: CARTA DELLE AREE SUSCETTIBILI DI EFFETTI LOCALI – SCALA 1:10.000

Provincia di Modena

Estratto di mappa



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)

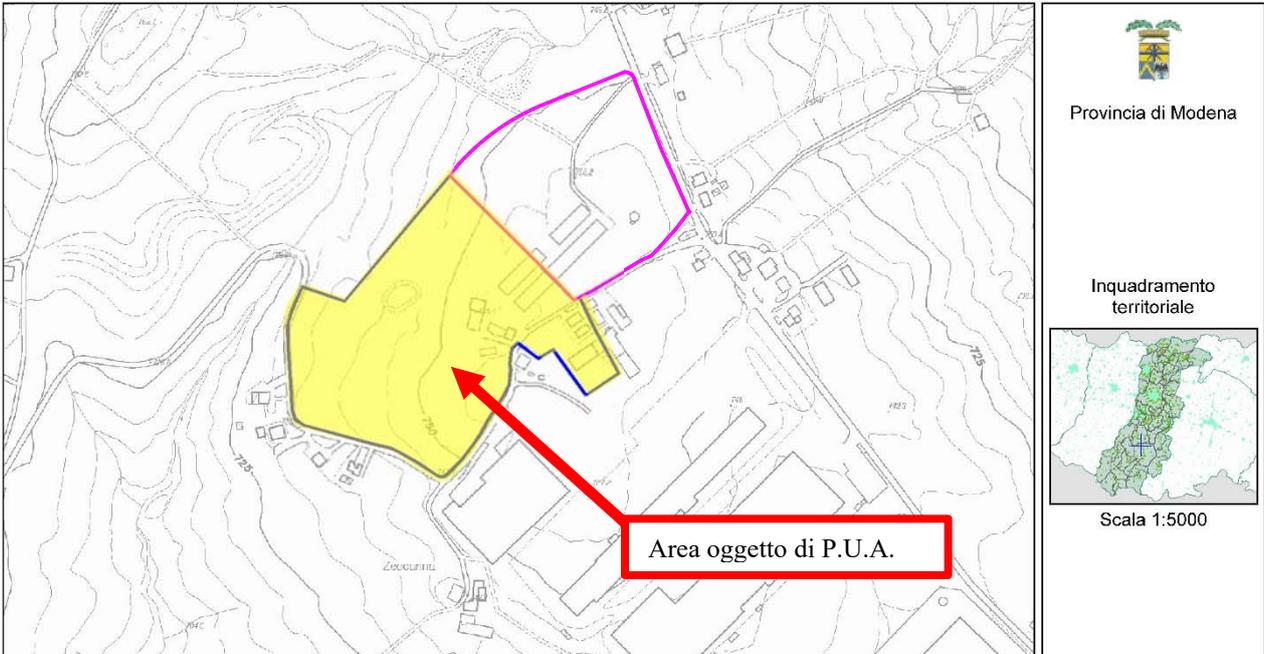
 Carta Topografica Regionale 1: 25.000

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

Figura 12: 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 1:50.000

Provincia di Modena

Estratto di mappa



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

Provincia di Modena

Estratto di mappa

Legenda

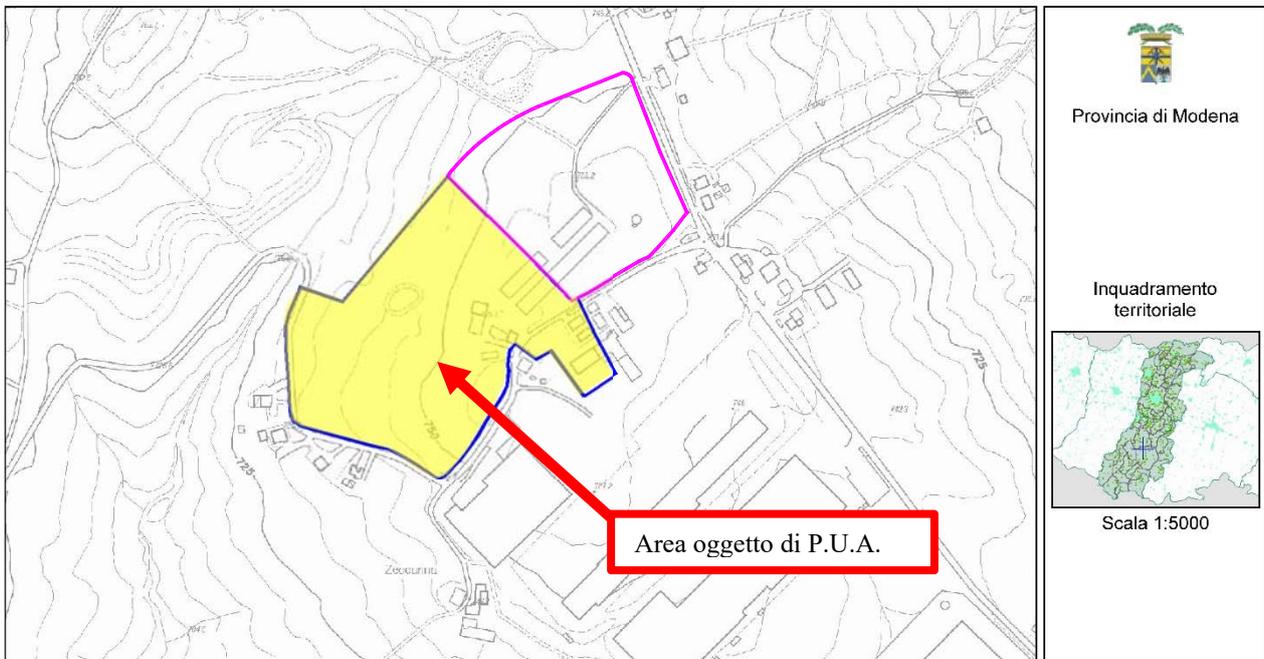
1:25.000 (1985-1986)
 Carta Topografica Regionale 1:
25.000

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

Figura 13: 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 1:25.000

Provincia di Modena

Estratto di mappa



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)

- Carta Topografica Regionale 1: 25.000

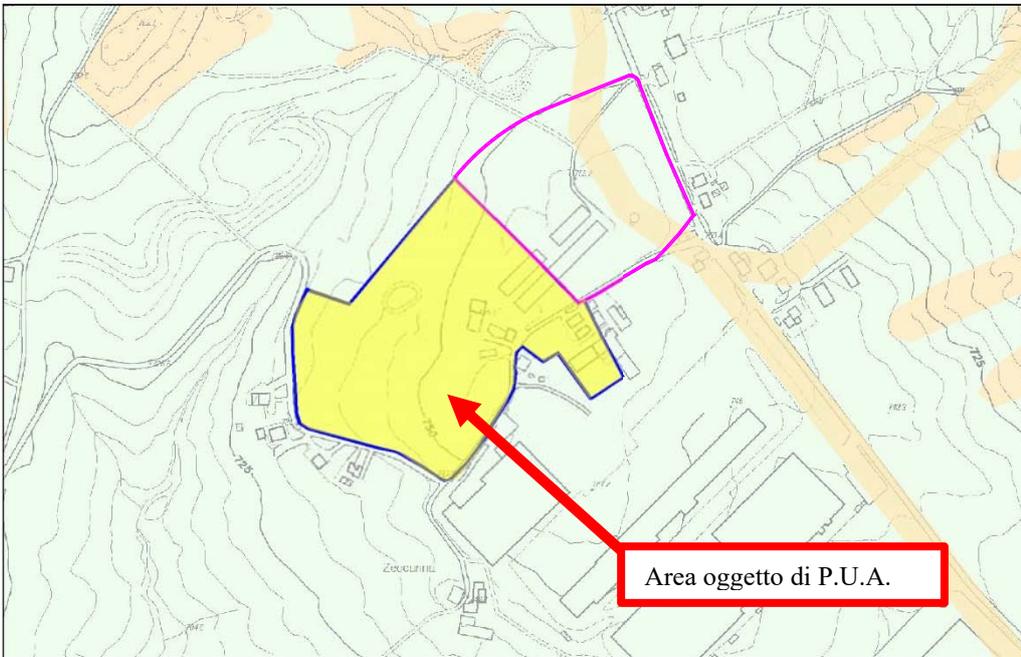
SisTeMoNet - Portale geografico del territorio Modenese - © Provincia di Modena

Figura 14: 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 1:50.000



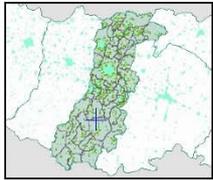
Provincia di Modena

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

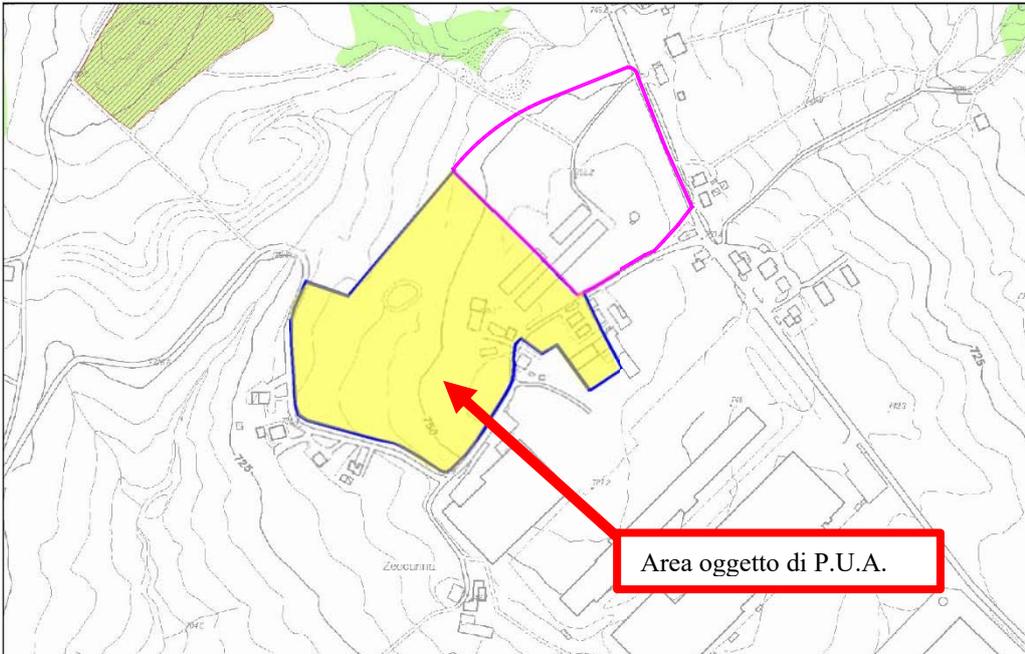
-  Zone idonee
- 1:25.000 (1985-1986)
-  Carta Topografica Regionale 1: 25.000

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

Figura 15: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 6 – CARTA FORESTALE ATTIVITA' ESTRATTIVE – SCALA 1:25.000

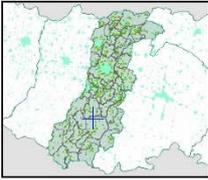
Provincia di Modena

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)



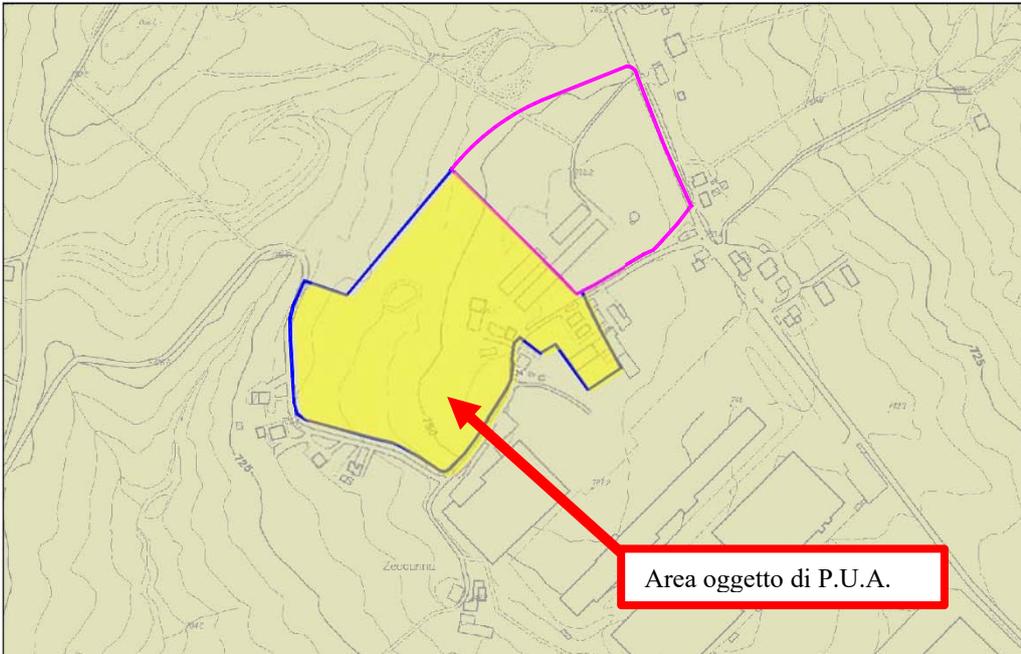
Carta Topografica Regionale 1:
25.000

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

Figura 16: ESTRATTO DI P.T.C.P. DELLA PROVINCIA DI MODENA TAV. 7 – CARTA DELLE UNITA' DI PAESAGGIO – SCALA 1:100.000

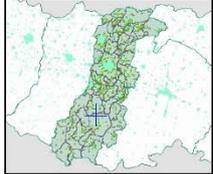
Provincia di Modena

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)

 Carta Topografica Regionale 1: 25.000

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

7 SISMICITA'

7.1 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.

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3	1892	05	17	03	08	1	Carpinati	28	5	4.28
F	1895	05	18	19	55	1	Fiorantino	401	8	5.50
F	1895	08	07	19	49	3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
3	1896	07	08	01	51	2	Porzetta 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
6	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		Creta 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		Lucchesia	660	7	5.63
3	1915	10	10	23	10		Reggiano	30	6	4.87
3	1916	05	17	12	50		Rimini	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
6	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	Reggiano	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	59	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
4-5	1995	08	24	17	27	3	Appennino piacentino	56	6	4.45
1-2	1995	10	10	06	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	55	5	Pianura emiliana	135	7	5.38
4-5	1997	12	24	17	53	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	Pianura 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

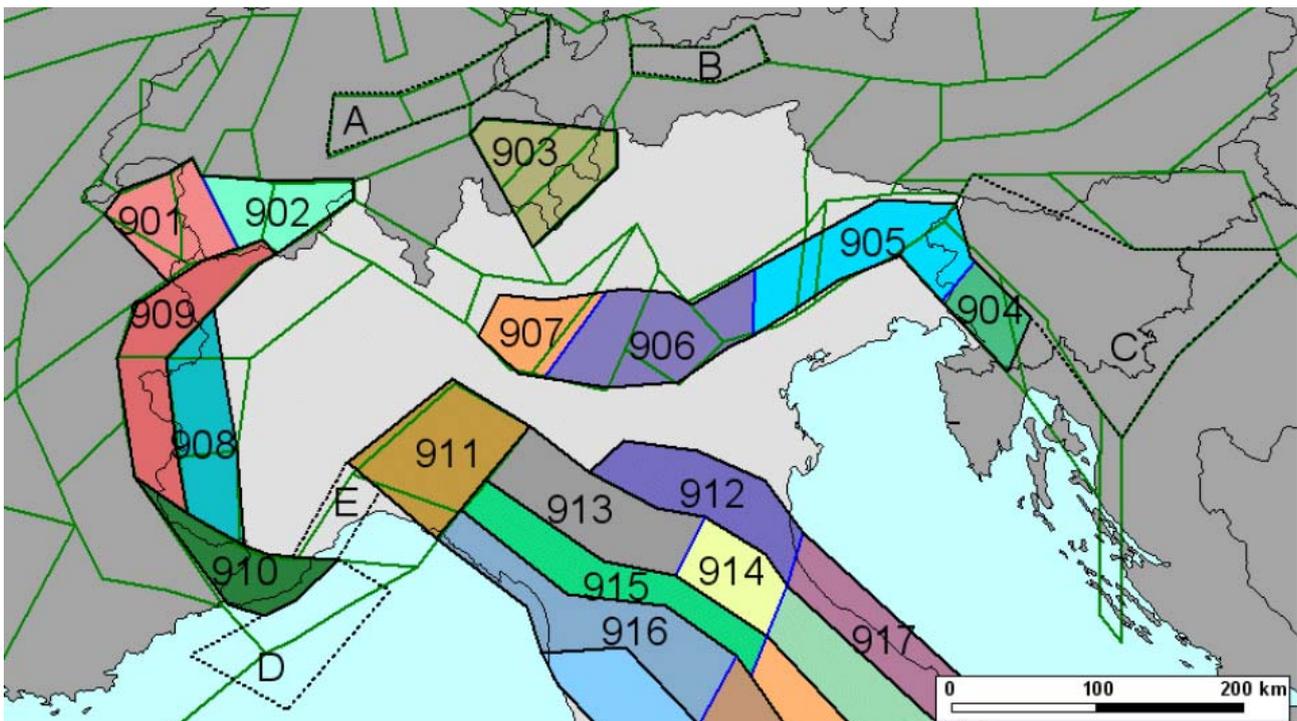
Figura 17: DIAGRAMMA RAPPRESENTANTE LA STORIA SISMICA DEL COMUNE DI PAVULLO NEL FRIGNANO



7.2 ZONIZZAZIONE SISMICA NAZIONALE E REGIONALE

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 18: ZONIZZAZIONE SISMOGENETICA ZS9

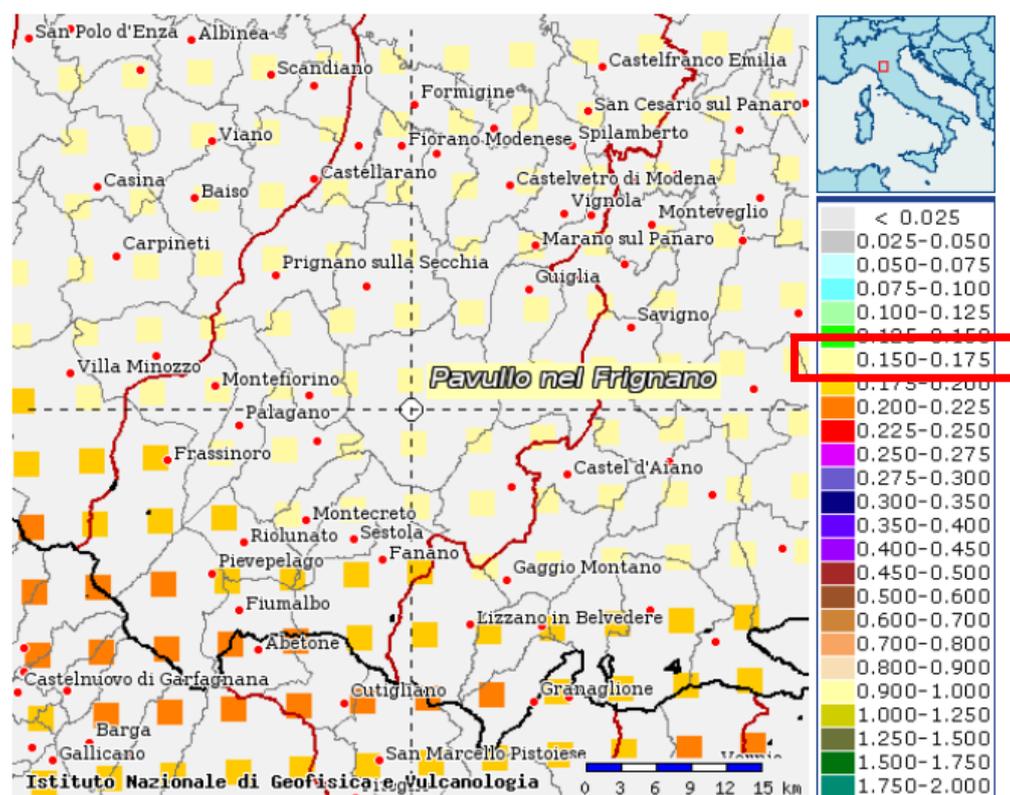


Tale modello ha utilizzato come base di partenza la precedente zonazione, con inserimento delle nuove conoscenze relative alla tettonica attiva della penisola italiana con anche le indicazioni derivanti da episodi sismici più recenti. La zonizzazione è stata costruita, pertanto, mediante l'analisi cinematica degli elementi geologici, cenozoici e quaternari coinvolti nella dinamica delle strutture litosferiche profonde e della crosta superficiale. Il confronto tra le informazioni hanno 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"

Per ogni zona sismogenetica è stata effettuata la caratterizzazione da un definito modello cinematico basato sulle relazioni di attenuazioni stimate delle misure accelerometriche rilevate sia sul territorio nazionale che europeo, con conseguente sviluppo delle carte di pericolosità sismica. In dettaglio la Zona Sismogenetica 913 presenta un valore di magnitudo massima pari a $M_{wmax} = 5,91$. Il risultato finale, per ogni comune italiano, è rappresentato da una stima del rischio sismico espresso in termini probabilistici. Il valore della pericolosità sismica di riferimento, PGA (Peak Ground Acceleration), ipotizza un substrato omogeneo in roccia con associato un periodo di ritorno di 475 anni, valore convenzionale in quanto rappresenta l'accelerazione associata alla probabilità del 90% di non superamento considerato un tempo di ritorno di 50 anni.

Figura 19: CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA ESPRESSA IN ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI PICCO PGA CON TEMPO DI RITORNO 475 ANNI

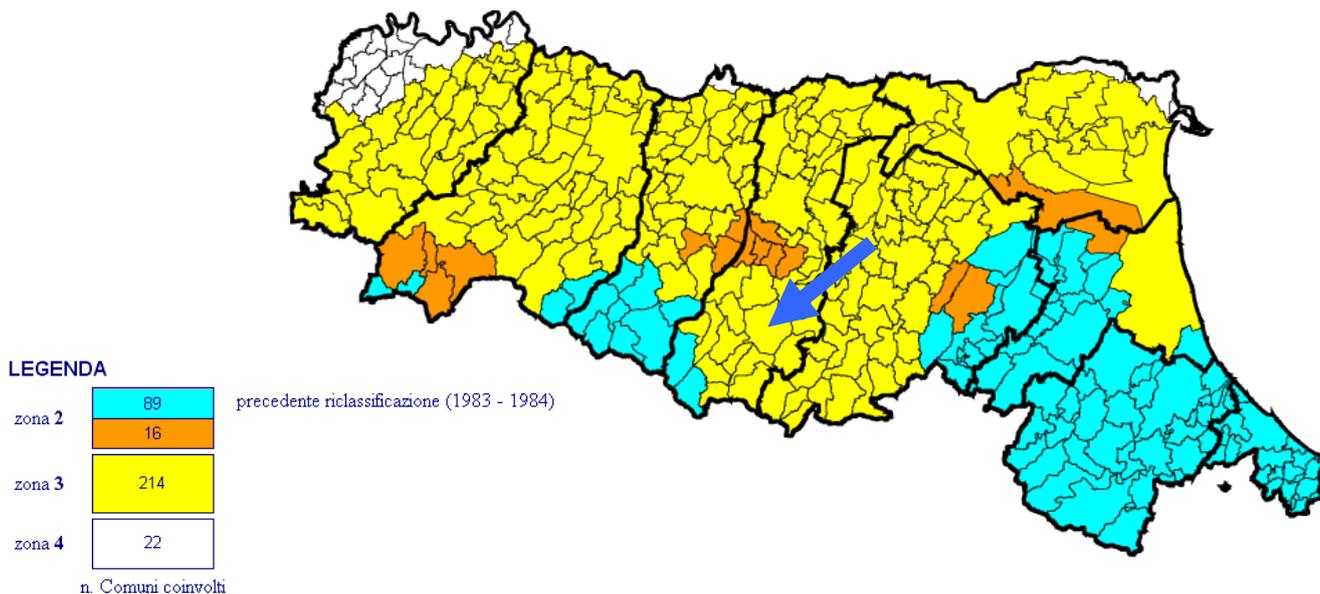


In base all'O.P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive modifiche (O.P.C.M. del 02.10.2003 n. 3316 e O.P.C.M. del 03.05.2005 n. 3431) e all'O.P.C.M. 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/sec.

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 20: MAPPA DELLA RICLASSIFICAZIONE SISMICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – ORDINANZA DEL PCM N. 3247/2003



Allegato A - CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELL'EMILIA-ROMAGNA

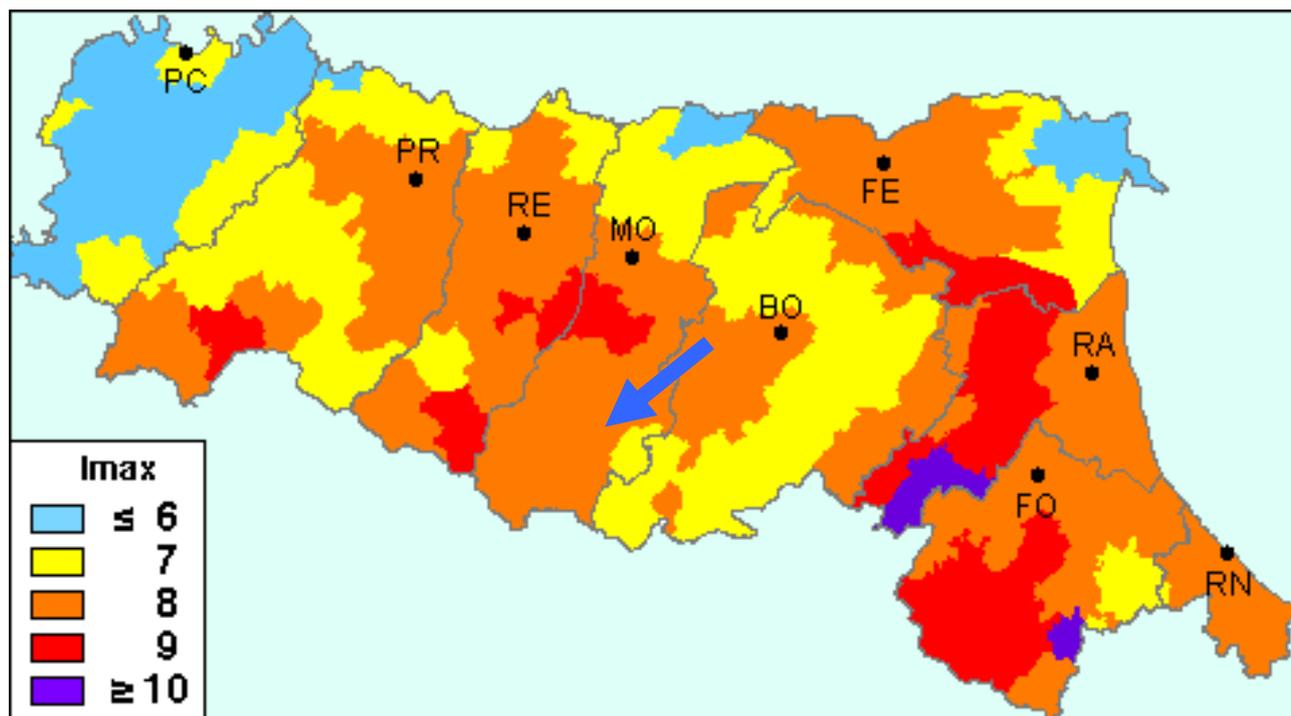
Codice ISTAT 2001	Provincia	COMUNE	Anno di			Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi del presente documento (2003)
			prima classificazione	declassificazione	riclassificazione			
Zona 2								
8036008	MO	CASTELVETRO DI MODENA	2003			N.C.	II	2
8036013	MO	FIORANO MODENESE	2003			N.C.	II	2
8036015	MO	FORMIGINE	2003			N.C.	II	2
8036016	MO	FRASSINORO	1927	1937	1983	II	III	2
8036019	MO	MARANELLO	2003			N.C.	II	2
8036031	MO	PIEVEPELAGO	1927	1937	1983	II	III	2
8036040	MO	SASSUOLO	2003			N.C.	II	2
Zona 3								
8036001	MO	BASTIGLIA	2003			N.C.	III	3
8036002	MO	BOMPORTO	2003			N.C.	III	3
8036003	MO	CAMPOGALLIANO	2003			N.C.	III	3
8036004	MO	CAMPOSANTO	2003			N.C.	III	3
8036005	MO	CARPI	2003			N.C.	III	3
8036006	MO	CASTELFRANCO EMILIA	2003			N.C.	III	3
8036007	MO	CASTELNUOVO RANGONE	2003			N.C.	III	3
8036009	MO	CAVEZZO	2003			N.C.	III	3
8036010	MO	CONCORDIA SULLA SECCHIA	2003			N.C.	III	3
8036011	MO	FANANO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036012	MO	FINALE EMILIA	2003			N.C.	III	3
8036014	MO	FIUMALBO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036017	MO	GUIGLIA	2003			N.C.	III	3
8036018	MO	LAMA MOCOGNO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036020	MO	MARANO SUL PANARO	2003			N.C.	III	3
8036021	MO	MEDOLLA	2003			N.C.	III	3
8036022	MO	MIRANDOLA	2003			N.C.	III	3
8036023	MO	MODENA	2003			N.C.	III	3
8036024	MO	MONTECRETO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036025	MO	MONTEFIORINO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036026	MO	MONTESE	2003			N.C.	III	3
8036027	MO	NONANTOLA	2003			N.C.	III	3
8036028	MO	NOVI DI MODENA	2003			N.C.	III	3
8036029	MO	PALAGANO	2003			N.C.	III	3
8036030	MO	PAVULLO NEL FRIGNANO	2003			N.C.	III	3
8036032	MO	POSSIDONIO	2003			N.C.	III	3
8036033	MO	PRIGNANO SULLA SECCHIA	2003			N.C.	III	3
8036034	MO	RAVARINO	2003			N.C.	III	3
8036035	MO	RIOLUNATO	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036036	MO	SAN CESARIO SUL PANARO	2003			N.C.	III	3
8036037	MO	SAN FELICE SUL PANARO	2003			N.C.	III	3
8036038	MO	SAN POSSIDONIO	2003			N.C.	III	3
8036039	MO	SAN PROSPERO	2003			N.C.	III	3
8036041	MO	SAVIGNANO SUL PANARO	2003			N.C.	III	3
8036042	MO	SERRAMAZZONI	2003			N.C.	III	3
8036043	MO	SESTOLA	1927	1937	2003	N.C.	III	3
8036044	MO	SOLIERA	2003			N.C.	III	3
8036045	MO	SPILAMBERTO	2003			N.C.	III	3
8036046	MO	VIGNOLA	2003			N.C.	III	3
8036047	MO	ZOCCA	2003			N.C.	III	3

In base all'O.P.C.M. del 20.03.2003 n. 3274 il Comune di Pavullo nel Frignano (MO) ricade in zona sismica 3.

In base all'O.P.C.M. del 28.04.2006 n. 3519 al Comune di Pavullo nel Frignano (MO) è attribuito un valore di pericolosità sismica compreso tra 0,150 e 0,175.

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.

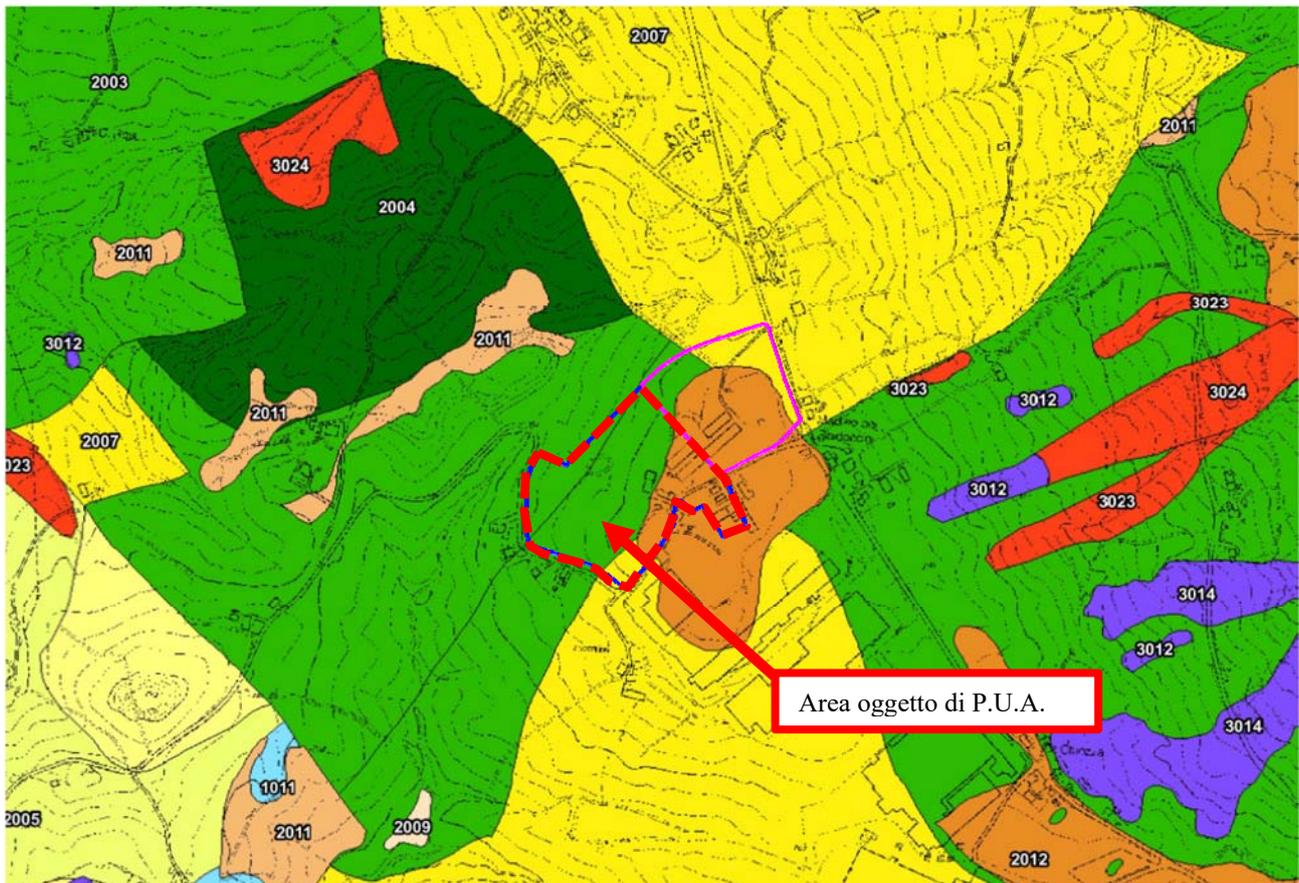
Figura 21: MAPPA DELLE MASSIME INTENSITA' MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI - PARTICOLARE DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA



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 stabili suscettibili di instabilità con valori del fattore di amplificazione della PGA variabile da 2.1 a 2.5.

In fattore di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo tra 0.1-0.5 e 0.5-1.0 s risulta compreso rispettivamente tra 2.1-2.5 e 1.1-2.0.

Figura 22: CARTOGRAFIA DELLE MOPS



Legenda

Zone stabili

- Lapideo
- Coesivo sovraconsolidato

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- Zona 1
- Zona 2
- Zona 3
- Zona 4
- Zona 5
- Zona 6
- Zona 7
- Zona 8
- Zona 9
- Zona 10
- Zona 11
- Zona 12

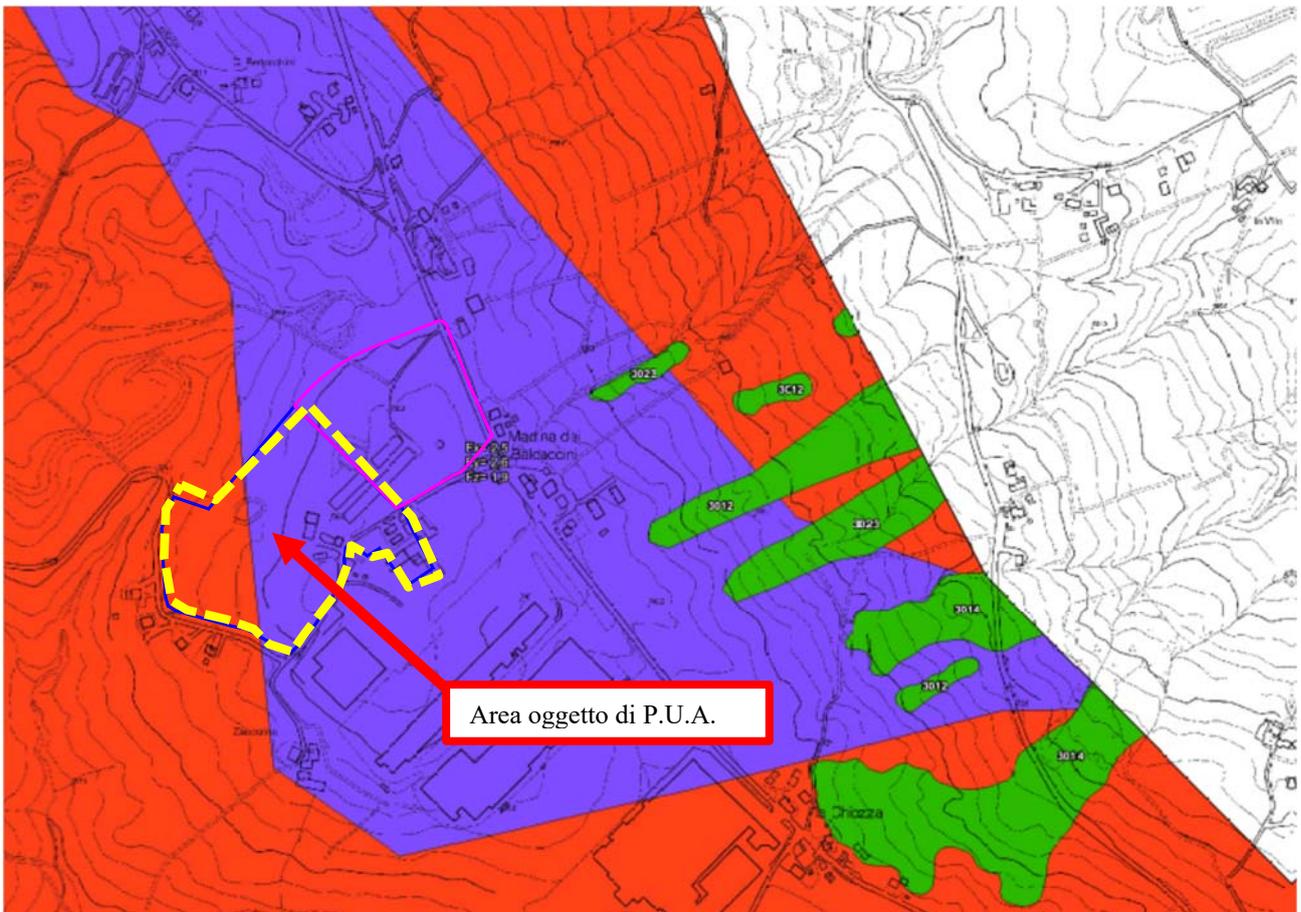
Zone suscettibili di instabilità

- Instabilità di versante attiva
- Instabilità di versante quiescente
- Cedimenti differenziali

Forme di superficie e sepolte

- Falda detritica
- Conoide alluvionale
- Orlo di scarpata morfologica >20m
- creste
- Valle sepolta larga
- Valle sepolta stretta
- Picco isolato
- Sinkhole, grotte, cavità isolate
- Traccia per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche

Figura 23: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA



Legenda

Zone stabili



Zone stabili

Zone suscettibili di instabilità



Instabilità di versante



Cedimenti differenziali

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

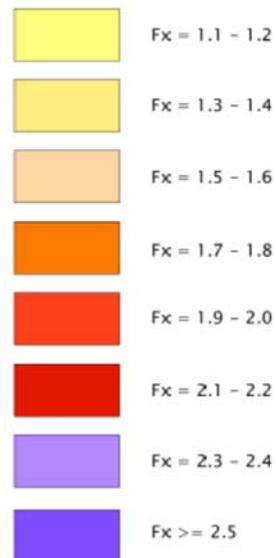
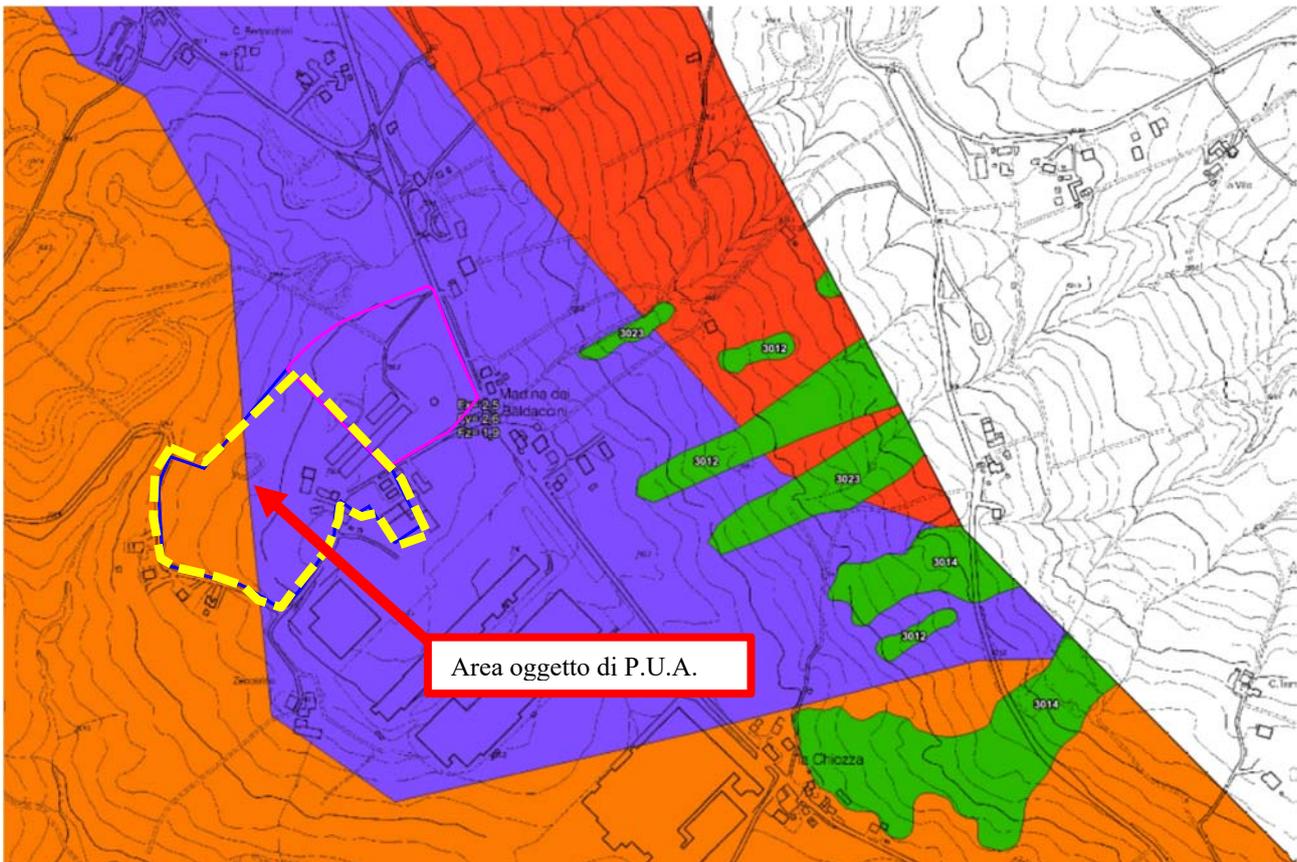


Figura 24: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER (0.1-0.5 S) (F_y)



Legenda

Zone stabili



Zone suscettibili di instabilità



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

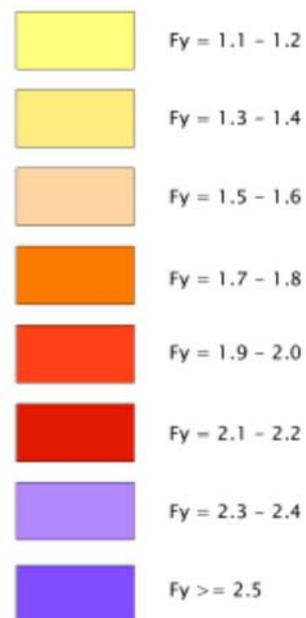
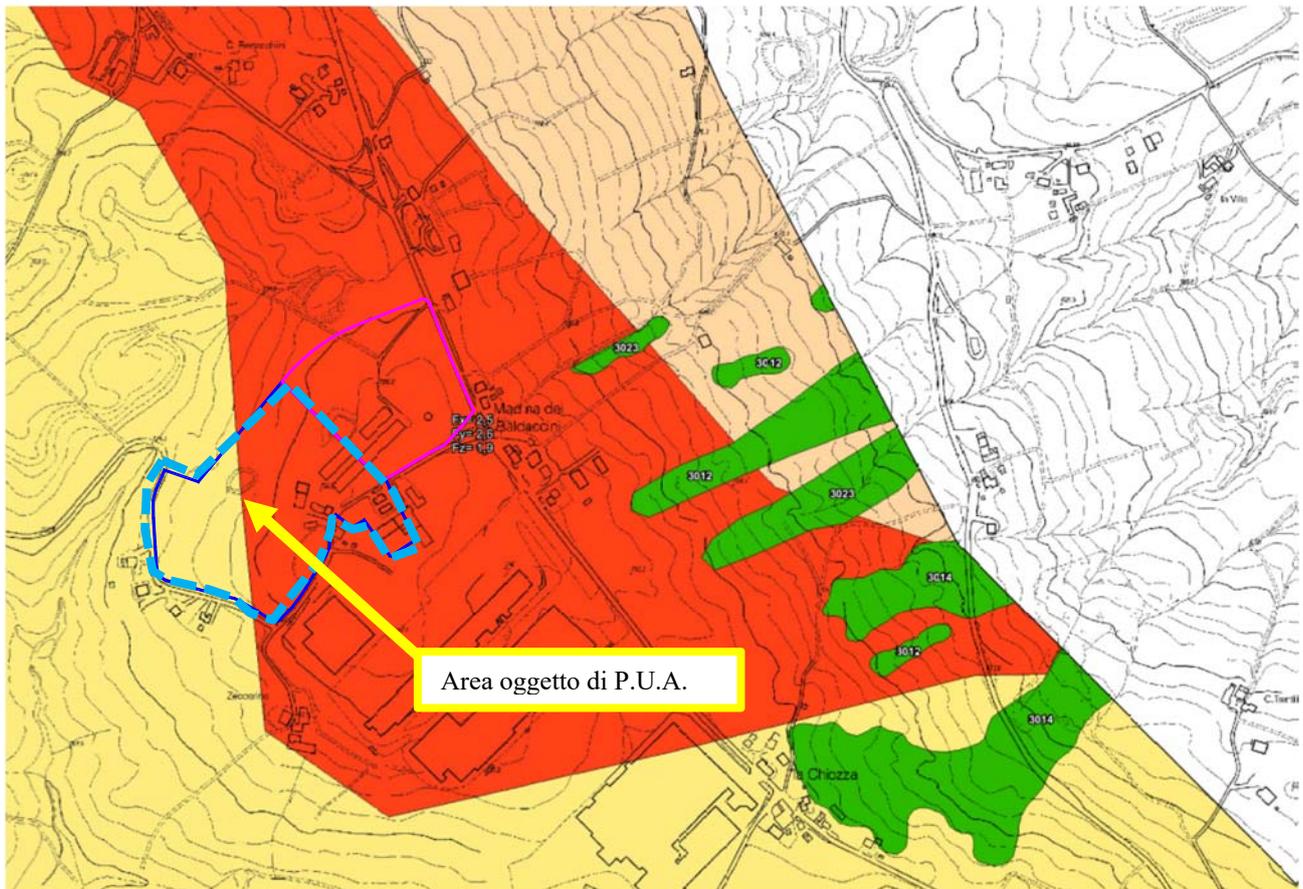


Figura 25: CARTOGRAFIA DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DELLA PGA DELL'INTENSITA' DI HOUSNER (0.5-1.0 S) (Fz)



Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Legenda

Zone stabili

 Zone stabili

Zone suscettibili di instabilità

 Instabilità di versante

 Cedimenti differenziali

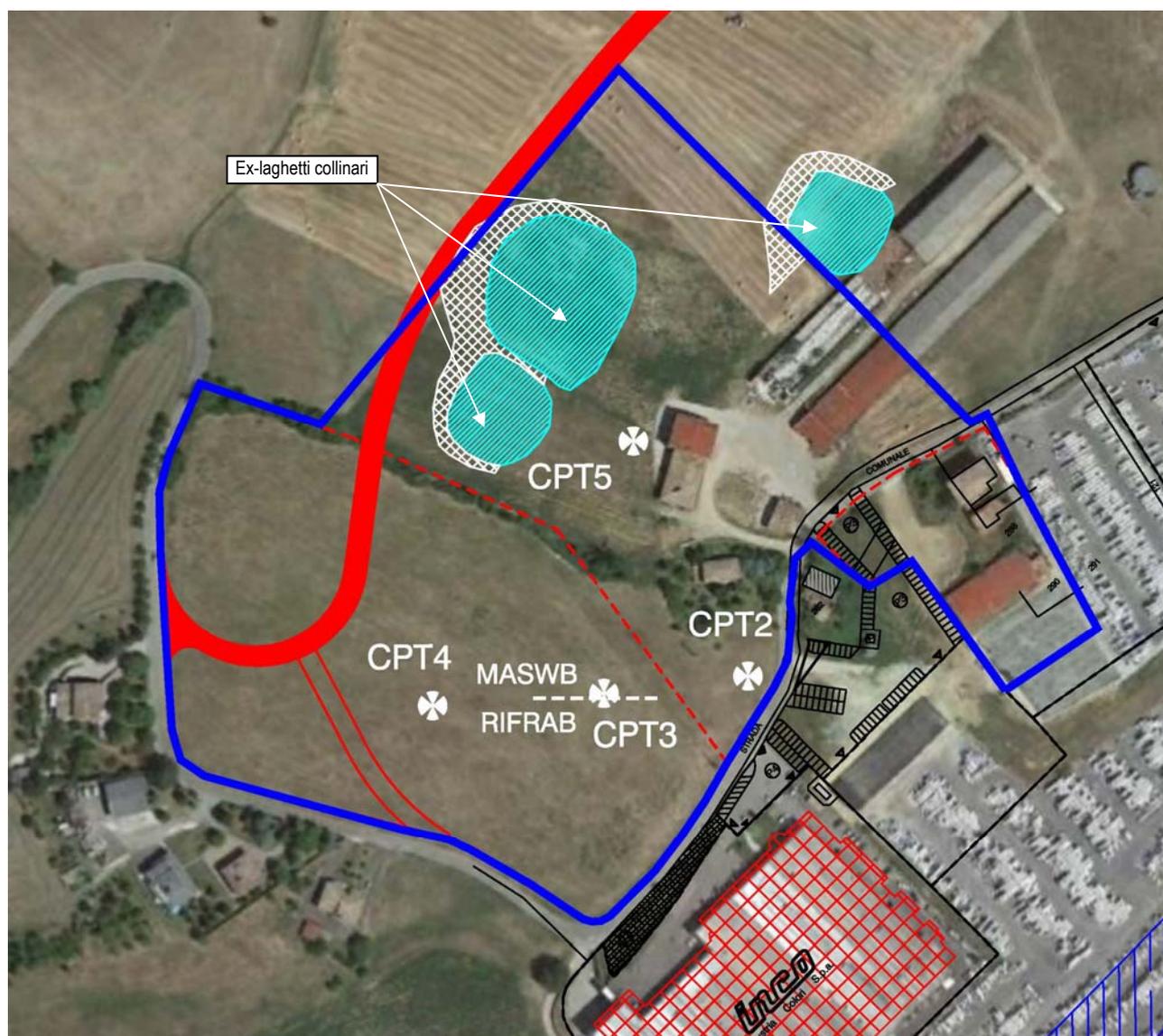
	Fz = 1.1 - 1.2
	Fz = 1.3 - 1.4
	Fz = 1.5 - 1.6
	Fz = 1.7 - 1.8
	Fz = 1.9 - 2.0
	Fz = 2.1 - 2.2
	Fz = 2.3 - 2.4
	Fz >= 2.5

8 INDAGINI GEOTECNICHE E GEOFISICHE

Nell'area oggetto di intervento sono state eseguite le sottoriportate indagini:

- n° 4 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT) effettuate dallo scrivente nell'area;
- esecuzione di nr. 1 rilievo sismico a rifrazione e determinazione dei principali rifrattori presenti nell'area;
- esecuzione di nr. 1 rilievo sismico a rifrazione e determinazione sperimentale mediante inversione (Metodo MASW) del valore di $V_{s,30}$.

Figura 26: UBICAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE



8.1 PROVE PENETROMETRICHE AD INFISSIONE STATICA

Al fine di caratterizzare da un punto di vista geotecnico i depositi del sottosuolo, sono state eseguite nr. 5 indagini penetrometriche del tipo ad infissione statica con punta meccanica (CPT).

La profondità massima raggiunta dalle indagini penetrometriche è stata di 5.00 m dal p.d.c. attuale (CPT3).

Le indagini penetrometriche effettuate sono state elaborate mediante un apposito software commercializzato dalla ditta Geostru Srl denominato Static Probing che ha permesso di ricavare i principali parametri geomeccanici dei terreni riassunti nella tabelle seguenti e riportate per esteso in allegato 1.

Nr:	Numero progressivo strato
Prof:	Profondità strato (m)
Tipo:	C: Coesivo. I: Incoerente. CI: Coesivo-Incoerente

Cu: Coesione non drenata (Kg/cm²)
 Eu: Modulo di defomazione non drenato (Kg/cm²)
 Mo: Modulo Edometrico (Kg/cm²)
 G: Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm²)
 OCR: Grado di sovraconsolidazione
 Puv: Peso unità di volume (t/m³)
 PuvS: Peso unità di volume saturo (t/m³)
 Dr: Densità relativa (%)
 Fi: Angolo di resistenza al taglio (°)
 Ey: Modulo di Young (Kg/cm²)
 Vs: Velocità onde di taglio (m/s)

PROVA CPT2

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0.20												
2	2.40	C	1.9	1409.9	75.6	257.7	>9	2.1	2.2	--	--	--	217.38
3	2.80	I	--	--	317.3	737.8	<0.5	1.9	2.2	100.0	42.0	0.0	428.26

PROVA CPT3

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0.20												
2	4.00	C	2.5	1842.3	99.1	303.9	>9	2.1	2.2	--	--	--	250.99
3	5.00	I	--	--	120.3	408.0	1.4	1.8	2.1	67.0	37.2	0.0	362.97

PROVA CPT4

Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0.20												
2	1.60	C	2.7	2008.8	107.4	319.3	>9	2.1	2.2	--	--	--	217.20
3	3.20	C	1.9	1421.7	76.7	260.0	>9	2.1	2.2	--	--	--	245.33
4	4.60	C	3.8	2783.4	150.0	391.6	>9	2.2	2.3	--	--	--	300.91
5	4.80	I	--	--	420.0	875.7	0.6	0.0	0.0	100.0	42.0	0.0	499.87

PROVA CPT5

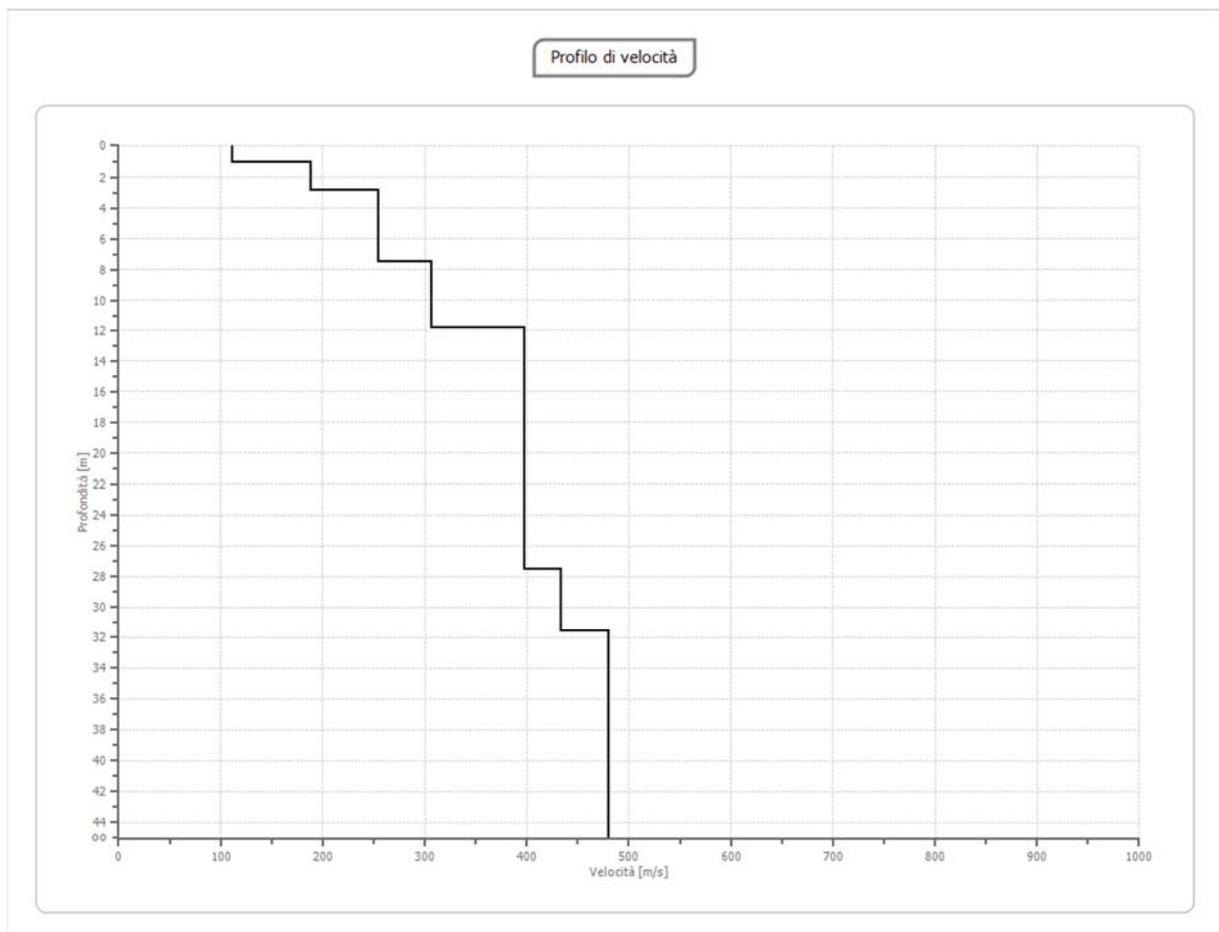
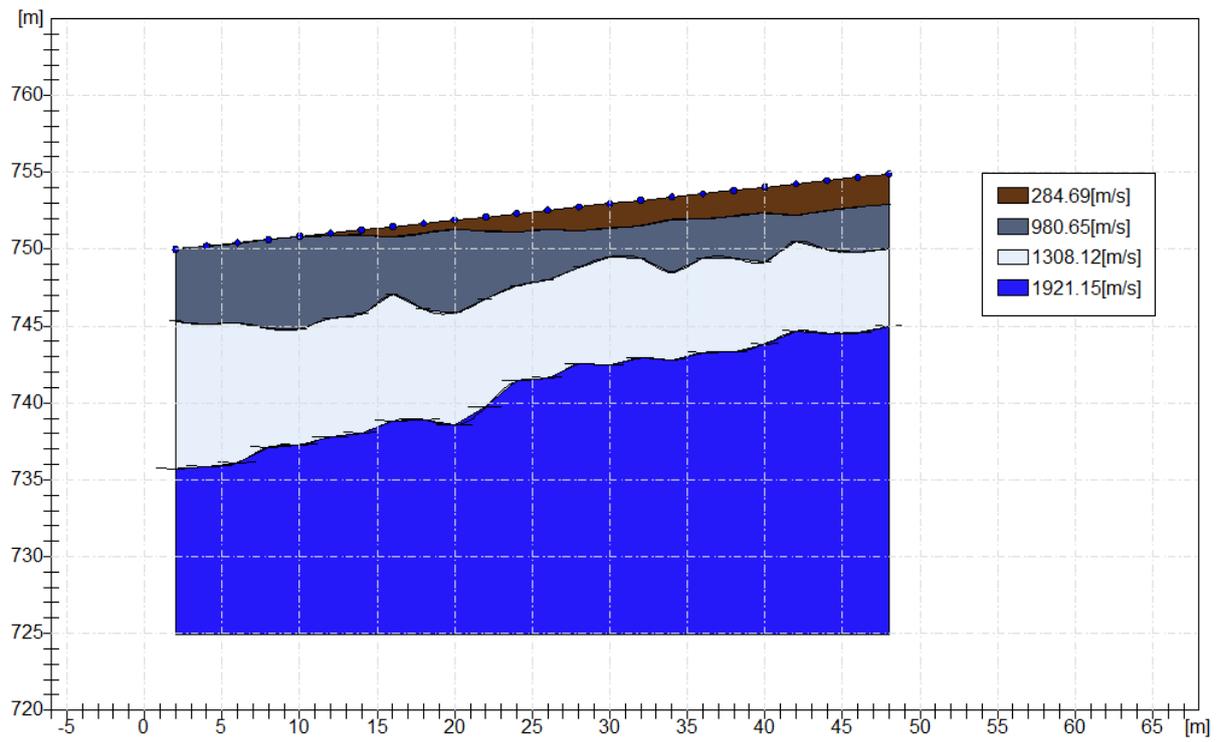
Nr.	Prof.	Tipo	Cu	Eu	Mo	G	OCR	Puv	PuvS	Dr	Fi	Ey	Vs
1	0.20												
2	2.40	C	1.4	1072.4	57.6	218.3	>9	2.0	2.1	--	--	--	206.94
3	2.80	I	--	--	329.3	754.7	<0.5	1.9	2.2	100.0	42.0	0.0	432.49

8.2 INDAGINI SISMICHE IN SITO METODO RIFRAZIONE – ONDE P

Al fine di caratterizzare dal punto di vista sismico il primo sottosuolo delle aree interessate dal Piano Urbanistico Attuativo di Iniziativa Privata, è stata eseguita nr. 1 indagine sismica a rifrazione e MASW ubicata come riportato in precedenza.

Si riportano di seguito le sezioni interpretative delle velocità delle onde di compressione e il profilo delle onde di taglio (Vs) fino alla profondità richiesta dalla vigente normativa e relativa classificazione della categoria di suolo

BASE SISMICA "B"



Dai dati ottenuti dal profilo sismico effettuato si è verificato che il primo strato superficiale presenta velocità delle onde di compressione limitate riconducibili alle coperture detritiche riscontrate peraltro nelle indagini penetrometriche. Per quanto riguarda le velocità delle onde di taglio il profilo effettuato ha evidenziato valori che permettono di classificare le aree come suoli di tipo “C” secondo quanto indicato nelle NTC 2008.

Le elaborazioni complete delle indagini sono riportate in allegato 2

9 AZIONE SISMICA – APPROCCIO SEMPLIFICATO NTC2008

9.1 CATEGORIA DI SOTTOSUOLO (RIF. 3.2.2 NTC 2008)

Il D.M. 14.01.2008 stabilisce che ai fini della definizione dell’azione sismica di progetto si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulle categorie di sottosuolo di riferimento e sulle condizioni topografiche del sito. Ai fini dell’identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si essere effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{s,30}$ entro i primi 30 m di profondità. Nei casi in cui tale determinazione non sia possibile, la classificazione può essere effettua in base ai valori del numero equivalente di colpi della prova penetrometrica dinamica (Standard Penetration Test) $N_{SPT,30}$ nei terreni prevalentemente a grana grossa e della resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ nei terreni prevalentemente a grana fina. La velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,30}$ è definita dall’espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [m/s]$$

la resistenza penetrometrica dinamica equivalente $N_{SPT,30}$ è definita dall’espressione:

$$N_{SPT,30} = \frac{\sum_{i=1,M} h_i}{\sum_{i=1,M} \frac{h_i}{N_{SPT,i}}}$$

la resistenza non drenata equivalente $c_{u,30}$ è definita dall’espressione:

$$c_{u,30} = \frac{\sum_{i=1,K} h_i}{\sum_{i=1,K} \frac{h_i}{c_{u,i}}}$$

dove h_i , $V_{s,i}$, $N_{SPT,i}$ e $c_{u,i}$ sono rispettivamente lo spessore, la velocità delle onde di taglio V_s , il numero di colpi N_{SPT} e la resistenza non drenata c_u nell’ i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità.

Le categorie di sottosuolo di riferimento sono:

Tipo A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
Tipo B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
Tipo C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
Tipo D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
Tipo E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D con spessore non superiore ai 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

La normativa prevede due categorie aggiuntive di sottosuolo per le quali è necessario predisporre specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d’elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno:

S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30} < 100$ m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili a liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Per la determinazione dell'azione sismica occorre considerare anche il contributo derivante dalla morfologia superficiale. Per condizioni topografiche complesse occorre predisporre specifiche analisi di Risposta Sismica Locale; nel caso in cui la topografia non presenti particolare complessità, è possibile adottare la seguente classificazione:

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

Trattandosi di zona pianeggiante, l'area in esame ricade nella categoria T1, a cui non è attribuibile alcun fenomeno di amplificazione sismica legato alle condizioni topografiche.

9.2 VITA NOMINALE DELL'OPERA

Il D.M. del 14.01.2008 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 27: TABELLA VITA NOMINALE DELL'OPERA (DA N.T.C. 2008)

Tipi di costruzione		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Figura 28: TABELLA CLASSI D'USO DELLE COSTRUZIONI (DA N.T.C. 2008)

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 D.M. 5 novembre 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 29: TABELLA COEFFICIENTI D'USO (DA N.T.C. 2008)

Tabella 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso C_U

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE C_U	0.7	1	1.5	2

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, le apparecchiature rilevanti 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, 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 ed 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.

Figura 30: PROBABILITA' DI SUPERAMENTO P_{VR} AL VARIARE DELLO STATO LIMITE CONSIDERATO

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%

10 AZIONE SISMICA DA NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Sulla base del reticolo sismico di riferimento nazionale sono stati calcolati, mediante apposito software, i valori dei parametri a_g , F_0 e T_C^* per i periodi di ritorno T_r associati a ciascun periodo di ritorno di riferimento e stato limite.

Figura 31: PUNTI DELLA GRIGLIA UTILIZZATI PER IL CALCOLO DEI VALORI DEI PARAMETRI

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE

LATITUDINE

Ricerca per comune

REGIONE

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

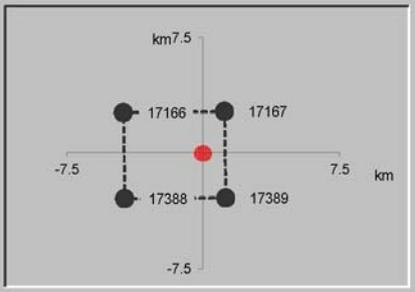
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

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

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	2.505	0.285
475	0.159	2.504	0.291
975	0.199	2.512	0.300
2475	0.258	2.565	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	2.496	0.265
SLV	475	0.158	2.504	0.291
SLC	975	0.199	2.512	0.300

Successivamente, sulla base della Categoria del Sottosuolo ottenuta dal metodo di elaborazione MASW (categoria C) e sulla base della Categoria Topografica (categoria T1), si sono determinati i sotto riportati parametri, riferiti sia agli stati limite di esercizio sia agli stati limite ultimi.

Ss: coefficiente di amplificazione stratigrafica;

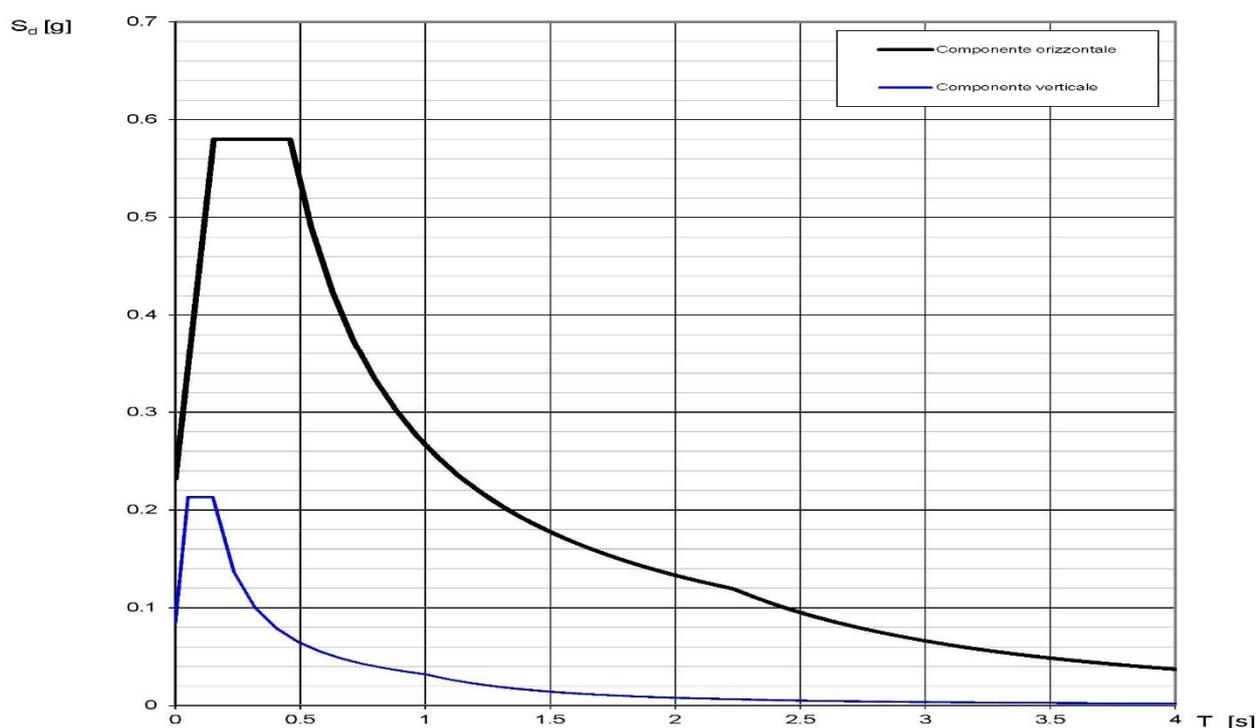
Cc: coefficiente di correzione del valore di T_C^* ;

St: coefficiente di amplificazione topografica.

Da questi 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:

Di seguito sono riportati gli spettri di risposta della componente orizzontale e verticale per la categoria di sottosuolo e per la categoria di topografica determinati per il sito per lo Stato Limite di Salvaguardia della vita (SLV).

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



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
η	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 η 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

11 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA E SISMICA E PRESCRIZIONI

Si riporta di seguito la Caratterizzazione Geologico-geotecnica e Sismica e del sito sulla base delle indagini effettuate sull'area oggetto d'intervento.

Caratterizzazione Sismica

- La zona sismica di riferimento è la "Zona 3".

- Le indagini sismiche effettuate hanno fornito valori di V_{s30} pari a 309 m/s (base sismica "B") a partire dal p.d.c. attuale
- Il valore di V_{s30} calcolato consente di attribuire al suolo di fondazione la categoria "C", categoria che rimane immutata anche considerando il piano di posa delle fondazioni.
- Il sito non ricade all'interno delle categorie speciali S1 e S2.
- Le caratteristiche stratigrafiche comportano una amplificazione sismica locale per effetti litologici valutata mediante lo studio di Microzonazione Sismica da un massimo di 2,1 (zona ovest) ad un minimo di 2.4 (zona est)
- La topografia dell'area non raggiunge acclività tali da assoggettarla a fattori di amplificazione topografica

Caratterizzazione Geologico-geotecnica

Le indagini geognostiche e geofisiche eseguite sull'area presso la quale si prevede in futuro la rimodellazione del versante con creazione di piazzali per lo stoccaggio di materiali ceramici, hanno rilevato la presenza di una coltre eluvio-colluviale superficiale e depositi di tipo eolico seguiti in profondità da formazioni deposizionali riconducibili alla Formazione delle Argille Varicolori (AVV) in corrispondenza della zona est dell'area che vengono sostituite dalla Formazione delle Arenarie di Scabiazza (SCB) e infine nella porzione altimetricamente inferiore dalla Formazione di Monte Piano (MMP) - (zona a ovest).

Dall'analisi delle resistenze alla punta e laterale rilevate durante le fasi di indagine geognostica si è riscontrata una notevole disomogeneità dei dati strettamente legati alla tipologia dei depositi superficiali che a volte evidenziano elevate resistenze alla punta penetrometrica mentre in altre i valori sono medio-bassi. Tali depositi sono seguiti in profondità dal substrato geologico.

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. Per tali motivazioni non si è ritenuto opportuno effettuare verifiche di stabilità di versante che si demandano eventualmente alla fase esecutiva anche in considerazione di eventuali operazioni di livellamento dell'area verificando che gli interventi esecutivi previsti non vadano ad apportare modifiche al reticolo superficiale di scolo.

In via preliminare si ritiene che le opere previste nel Piano Urbanistico di Attuazione di Iniziativa Privata non vanno ad alterare le condizioni di stabilità attuali anche se devono essere considerate in fase esecutiva le problematiche derivanti dalla presenza dei laghetti collinari tombati in passato come riportato nelle cartografie storiche reperite in bibliografia.

Si riportano di seguito le prescrizioni preliminari relativi agli interventi di progetto che dovranno essere attuati durante le fasi di progettazione esecutiva:

- Pur non avendo rilevato la presenza di una falda idrica superficiale nei fori penetrometrici, durante i lavori di sbancamento si dovranno realizzare le corrette pendenze in modo da evitare la formazione di ristagni d'acqua, al fine di garantire il corretto deflusso delle acque superficiali e adeguati sistemi di raccolta e allontanamento di eventuali acque di falda.
- Realizzazione di una tubazione di drenaggio alla base del rilevato con inserimento di una tubazione in PVC forata rivestita con geotessile finalizzata alla captazione delle eventuali acque di falda presenti nel rilevato
- I terreni di riporto dovranno essere adeguatamente compattati mediante stesura in strati successivi del materiale (max 40 cm) con compattazione mediante l'utilizzo di mezzi con rulli vibranti. Il livello di compattazione dovrà essere verificato durante le fasi di realizzazione dei riporti mediante l'esecuzione in sito di prove di carico su piastra del diametro di 300 mm.
- Dovrà essere garantita una adeguata protezione all'infiltrazione delle acque nel sottosuolo mediante un sistema di raccolta delle acque meteoriche a perfetta tenuta in corrispondenza dei tracciati stradali e delle aree di parcheggio
- Gli interventi in esame non devono apportare modifiche sostanziali al reticolo superficiale di scolo delle acque superficiali e sotterranee, ciononostante sarà necessaria la raccolta con condotte a tenuta delle acque meteoriche e delle acque reflue che dovranno essere allontanate dall'area in esame e smaltite secondo quanto previsto dalle vigenti normative.
- In corrispondenza dei laghetti tombati per i quali allo stato attuale non si hanno informazioni in merito alla profondità e alla tipologia dei materiali di riempimento utilizzati dovranno essere approfondite le conoscenze mediante indagini di dettaglio in sito di tipo geognostico (CPT, Sondaggi a carotaggio continuo ed analisi di laboratorio, ecc.) e geofisico (sismo,

elettromagnetico, ecc.) supportate da un rilievo topografico di dettaglio in quanto alcuni interventi andranno a sovrapporsi geometricamente ai laghetti preesistenti.

- Le geometrie degli strati di riporto dovranno essere confrontate con verifiche di stabilità delle scarpate al fine di definire in fase esecutiva la eventuale necessità di utilizzare sistemi di stabilizzazione mediante ausilio di sistemi di costruttivi idonei (ad es. terre rinforzate)

In conclusione, si ritiene per quanto di competenza la necessità di eseguire sull'area indagini di dettaglio mirate alla fattibilità degli interventi si progetto per la terminazione delle caratteristiche degli strati di sottofondazione e relativi valori caratteristici dei principali parametri geotecnici necessari per le verifiche agli stati limite ultimo e di esercizio previsti dalle normative tecniche vigenti.

12 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati approfonditi gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici di un'area oggetto di Piano Urbanistico Attuativo di Iniziativa Privata, in comune di Pavullo nel Frignano (MO).

Con riferimento a quanto reperito durante le fasi di ricerca bibliografica integrate successivamente con il rilievo geologico/geomorfologico e con le indagini geognostiche e geofisiche eseguite sul lotto in esame, si esprime parere positivo per quanto di competenza relativamente agli interventi di Piano Urbanistico Attuativo di Iniziativa Privata secondo quanto riportato nei capitoli precedenti della presente relazione, prescrivendo la necessità di un approfondimento geologico con indagini di dettaglio in sito da parte di tecnico abilitato durante le fasi di progettazione esecutiva degli interventi.

La presente relazione è stata redatta ai sensi della Circolare Regionale n. 1288 dell'11 Febbraio 1983, della Circolare regionale n° 3891/AT.SU del 21 Marzo 1974, della Delibera di Giunta Regionale n. 1667 del 24 Ottobre 2005, e di quanto previsto, per quel che concerne gli aspetti sismici, dal D.M. 14/01/2008 e dalla Delibera di Giunta Regionale n° 2193/2015.

A Vs. disposizione per ogni chiarimento e/o informazione si porgono distinti saluti.

Vignola, 15/11/2017

GEO-XPRT ITALIA – servizi – Tecnologie e Ambiente s.n.c.

Dott. Geol. Giorgio Masotti



ALLEGATO 1

INDAGINI PENETROMETRICHE AD INFISSIONE STATICA

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)

Tel./Fax 059/66.06.43

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro TG 63-100 KN

Committente : GEO-XPRT ITALIA Snc
Località : Via Montebonello Pavullo
Prova numero : 2
Data : 04/11/2017
Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi
Quota : p.d.c. attuale

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 2

Località : Via Montebonello Pavullo

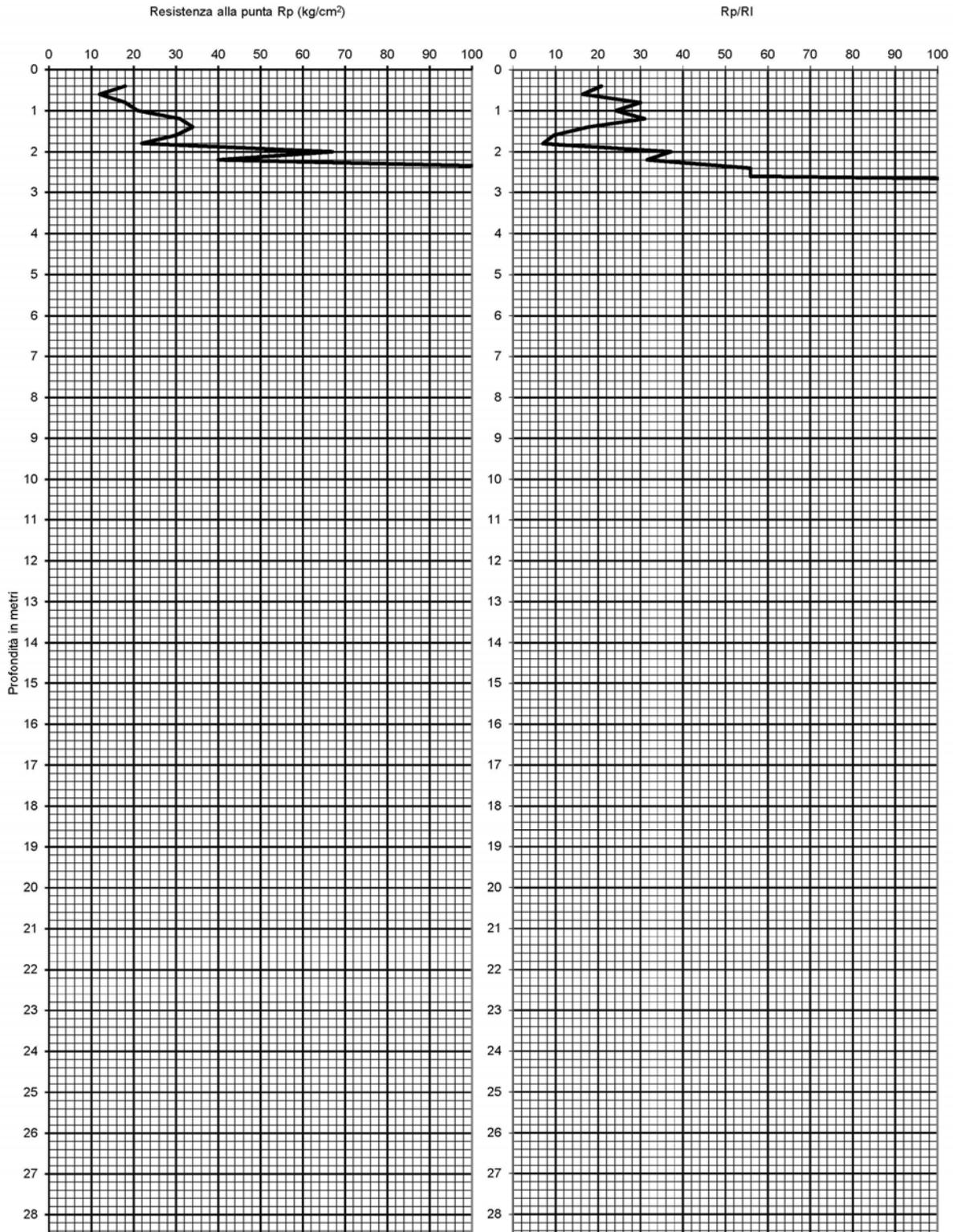
Committ. : GEO-XPRT ITALIA Snc

Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi

Date : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente



STUDIO TECNICO AMBIENTALE
GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

 Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
 Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 2

Località : Via Montebonello Pavullo

Committ : GEO-XPERT ITALIA Snc

Operatore: Dott. Geol. L. Malvezzi

Data : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
0.20					
0.40	18	31	18	0.87	20.77
0.60	12	23	12	0.73	16.36
0.80	18	27	18	0.60	30.00
1.00	21	34	21	0.87	24.23
1.20	31	46	31	1.00	31.00
1.40	34	63	34	1.93	17.59
1.60	30	77	30	3.13	9.57
1.80	22	69	22	3.13	7.02
2.00	67	94	67	1.80	37.22
2.20	40	59	40	1.27	31.58
2.40	123	156	123	2.20	55.91
2.60	123	156	123	2.20	55.91
2.80	300	320	300	1.33	225.00
3.00					
3.20					
3.40					
3.60					
3.80					
4.00					
4.20					
4.40					
4.60					
4.80					
5.00					
5.20					
5.40					
5.60					
5.80					
6.00					
6.20					
6.40					
6.60					
6.80					
7.00					
7.20					
7.40					
7.60					
7.80					
8.00					
8.20					
8.40					
8.60					
8.80					
9.00					
9.20					
9.40					
9.60					
9.80					
10.00					
10.20					
10.40					
10.60					
10.80					
11.00					
11.20					
11.40					
11.60					
11.80					
12.00					
12.20					
12.40					
12.60					
12.80					
13.00					
13.20					
13.40					
13.60					
13.80					
14.00					
14.20					
14.40					
14.60					
14.80					
15.00					

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
15.20					
15.40					
15.60					
15.80					
16.00					
16.20					
16.40					
16.60					
16.80					
17.00					
17.20					
17.40					
17.60					
17.80					
18.00					
18.20					
18.40					
18.60					
18.80					
19.00					
19.20					
19.40					
19.60					
19.80					
20.00					
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qc x 100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.0	0.867	0.0	
0.40	18.00	31.0	18.0	0.733	24.557	4.1
0.60	12.00	23.0	12.0	0.6	20.0	5.0
0.80	18.00	27.0	18.0	0.867	20.761	4.8
1.00	21.00	34.0	21.0	1.0	21.0	4.8
1.20	31.00	46.0	31.0	1.933	16.037	6.2
1.40	34.00	63.0	34.0	3.133	10.852	9.2
1.60	30.00	77.0	30.0	3.133	9.575	10.4
1.80	22.00	69.0	22.0	1.8	12.222	8.2
2.00	67.00	94.0	67.0	1.267	52.881	1.9
2.20	40.00	59.0	40.0	2.2	18.182	5.5
2.40	123.00	156.0	123.0	2.2	55.909	1.8
2.60	123.00	156.0	123.0	1.333	92.273	1.1
2.80	300.00	320.0	300.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.20	0.0	0.867	0.0		Stima non eseguibile
2.40	37.818	1.715	2.0	Coesivo	Argille sabbiose e limose
2.80	211.5	0.667	2.0	Incoerente	Sabbie addensate o cementate

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Terzaghi	1.9

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Metodo generale del modulo Edometrico	75.6

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Cancelli 1980	1409.9

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Imai & Tomauchi	257.7

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato	qc	fs	Tensione	Tensione	Correlazione	Ocr
--	--------------	----	----	----------	----------	--------------	-----

	(m)	(Kg/cm ²)	(Kg/cm ²)	litostatica totale (Kg/cm ²)	litostatica efficace (Kg/cm ²)		
Strato 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Piacentini Righi 1978	>9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Meyerhof	2.1

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	0.11359	0.01477

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Meyerhof	2.2

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	217.38

TERRENI INCOERENT I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Harman	100.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Schmertmann	42.0

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5		0.0

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)

Strato 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Buisman - Sanglerat	317.3
----------	------	-------	-------	-----	-----	---------------------	-------

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Imai & Tomauchi	737.8

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	0.12752	0.01658

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Meyerhof	1.9

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Meyerhof	2.2

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	428.26

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.20	0.0	0.867	0.0	0.0	Piacentini-	*

Strato 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Righi 1988 Piacentini- Righi 1988	2.07E-09
Strato 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Piacentini- Righi 1988	1.00E-03

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.20	0.0	0.867	0.0	0.0	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 2	2.40	37.818	1.715	0.2	0.2	Piacentini- Righi 1988	2.347286E-04
Strato 3	2.80	211.5	0.667	0.5	0.5	Piacentini- Righi 1988	0

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)

Tel./Fax 059/66.06.43

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro TG 63-100 KN

Committente : GEO-XPRT ITALIA Snc
Località : Via Montebonello Pavullo
Prova numero : 3
Data : 04/11/2017
Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi
Quota : p.d.c. attuale

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 3

Località : Via Montebonello Pavullo

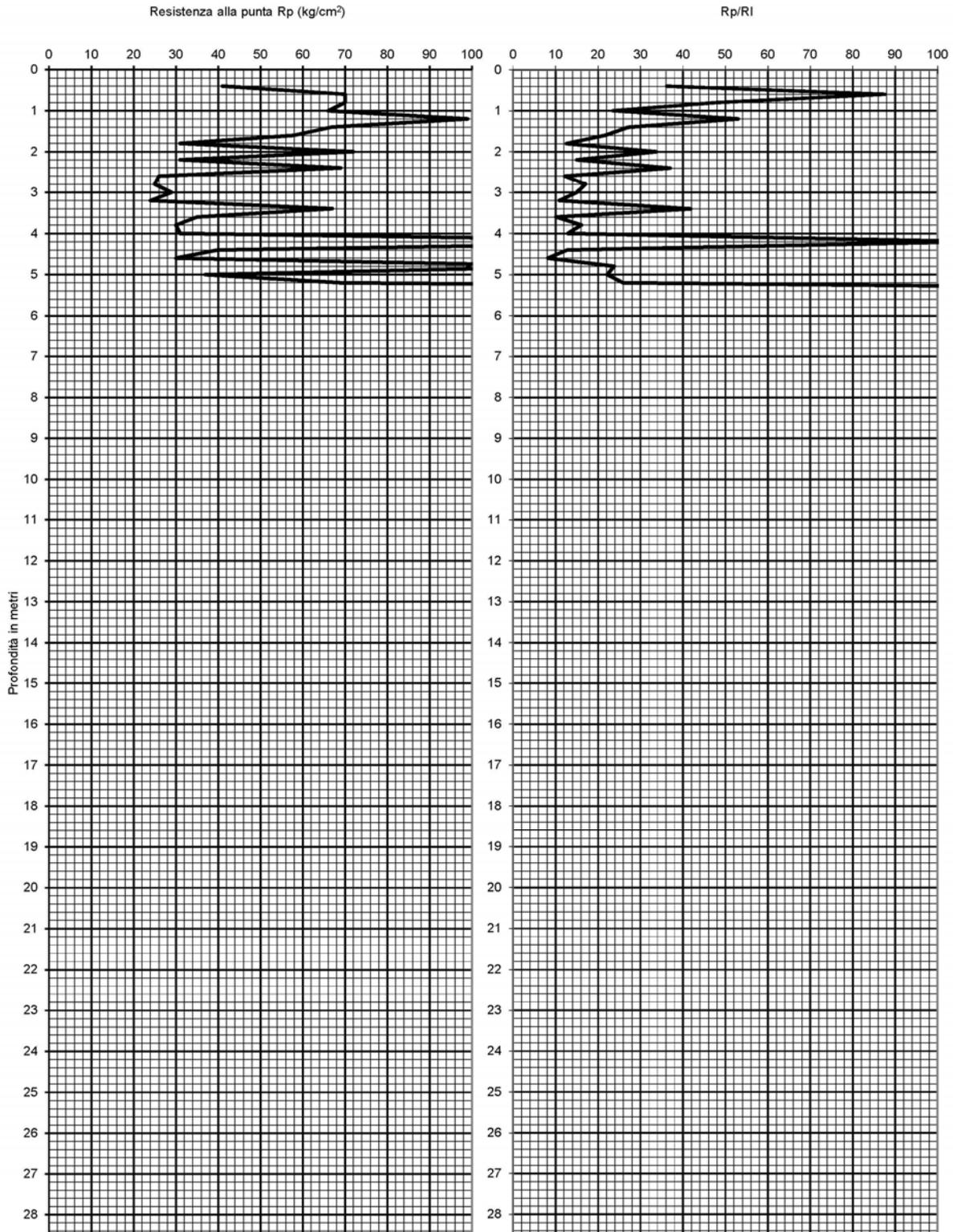
Committ. : GEO-XPRT ITALIA Snc

Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi

Date : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente



STUDIO TECNICO AMBIENTALE
GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

 Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
 Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 3

Località : Via Montebonello Pavullo

Committ : GEO-XPRT ITALIA Snc

Operatore: Dott. Geol. L. Malvezzi

Data : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
0.20					
0.40	41	58	41	1.13	36.18
0.60	70	82	70	0.80	87.50
0.80	70	92	70	1.47	47.73
1.00	66	108	66	2.80	23.57
1.20	99	127	99	1.87	53.04
1.40	67	104	67	2.47	27.16
1.60	58	98	58	2.67	21.75
1.80	31	68	31	2.47	12.57
2.00	72	104	72	2.13	33.75
2.20	31	62	31	2.07	15.00
2.40	69	97	69	1.87	36.96
2.60	26	58	26	2.13	12.19
2.80	25	47	25	1.47	17.05
3.00	29	58	29	1.93	15.00
3.20	24	57	24	2.20	10.91
3.40	67	91	67	1.60	41.88
3.60	35	87	35	3.47	10.10
3.80	30	58	30	1.87	16.07
4.00	31	67	31	2.40	12.92
4.20	167	190	167	1.53	108.91
4.40	40	87	40	3.13	12.77
4.60	30	85	30	3.67	8.18
4.80	127	207	127	5.33	23.81
5.00	37	62	37	1.67	22.20
5.20	69	109	69	2.67	25.88
5.40	300	320	300	1.33	225.00
5.60					
5.80					
6.00					
6.20					
6.40					
6.60					
6.80					
7.00					
7.20					
7.40					
7.60					
7.80					
8.00					
8.20					
8.40					
8.60					
8.80					
9.00					
9.20					
9.40					
9.60					
9.80					
10.00					
10.20					
10.40					
10.60					
10.80					
11.00					
11.20					
11.40					
11.60					
11.80					
12.00					
12.20					
12.40					
12.60					
12.80					
13.00					
13.20					
13.40					
13.60					
13.80					
14.00					
14.20					
14.40					
14.60					
14.80					
15.00					

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
15.20					
15.40					
15.60					
15.80					
16.00					
16.20					
16.40					
16.60					
16.80					
17.00					
17.20					
17.40					
17.60					
17.80					
18.00					
18.20					
18.40					
18.60					
18.80					
19.00					
19.20					
19.40					
19.60					
19.80					
20.00					
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.0	1.133	0.0	
0.40	41.00	58.0	41.0	0.8	51.25	2.0
0.60	70.00	82.0	70.0	1.467	47.716	2.1
0.80	70.00	92.0	70.0	2.8	25.0	4.0
1.00	66.00	108.0	66.0	1.867	35.351	2.8
1.20	99.00	127.0	99.0	2.467	40.13	2.5
1.40	67.00	104.0	67.0	2.667	25.122	4.0
1.60	58.00	98.0	58.0	2.467	23.51	4.3
1.80	31.00	68.0	31.0	2.133	14.534	6.9
2.00	72.00	104.0	72.0	2.067	34.833	2.9
2.20	31.00	62.0	31.0	1.867	16.604	6.0
2.40	69.00	97.0	69.0	2.133	32.349	3.1
2.60	26.00	58.0	26.0	1.467	17.723	5.6
2.80	25.00	47.0	25.0	1.933	12.933	7.7
3.00	29.00	58.0	29.0	2.2	13.182	7.6
3.20	24.00	57.0	24.0	1.6	15.0	6.7
3.40	67.00	91.0	67.0	3.467	19.325	5.2
3.60	35.00	87.0	35.0	1.867	18.747	5.3
3.80	30.00	58.0	30.0	2.4	12.5	8.0
4.00	31.00	67.0	31.0	1.533	20.222	4.9
4.20	167.00	190.0	167.0	3.133	53.304	1.9
4.40	40.00	87.0	40.0	3.667	10.908	9.2
4.60	30.00	85.0	30.0	5.333	5.625	17.8
4.80	127.00	207.0	127.0	1.667	76.185	1.3
5.00	37.00	62.0	37.0	2.667	13.873	7.2
5.20	69.00	109.0	69.0	1.333	51.763	1.9
5.40	300.00	320.0	300.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.20	0.0	1.133	0.0		Stima non eseguibile
4.00	49.526	2.063	2.1	Coesivo	Argille sabbiose e limose
5.00	80.2	3.293	2.0	Incoerente	Substrato

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 2	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Terzaghi	2.5

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Metodo generale del modulo Edometrico	99.1

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)

Strato 2	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Cancelli 1980	1842.3
----------	------	--------	-------	-----	-----	---------------	--------

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 2	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Imai & Tomauchi	303.9

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Piacentini Righi 1978	>9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Meyerhof	2.1

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 2	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	0.10592	0.01377

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Meyerhof	2.2

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	250.99

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Harman	67.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Schmertmann	37.2

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9		0.0

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Buisman - Sanglerat	120.3

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Imai & Tomauchi	408.0

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Larsson 1991 S.G.I.	1.4

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Kulhawy & Mayne (1990)	0.56

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	0.09672	0.01257

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Meyerhof	1.8

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Meyerhof	2.1

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica	Tensione litostatica	Correlazione	Vs (m/s)

				totale (Kg/cm ²)	efficace (Kg/cm ²)		
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	362.97

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.20	0.0	1.133	0.0	0.0	Piacentini- Righi 1988	*
Strato 2	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Piacentini- Righi 1988	9.08E-09
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Piacentini- Righi 1988	2.66E-09

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.20	0.0	1.133	0.0	0.0	Piacentini- Righi 1988	0
Strato 2	4.00	49.526	2.063	0.4	0.4	Piacentini- Righi 1988	0.0013489
Strato 3	5.00	80.2	3.293	0.9	0.9	Piacentini- Righi 1988	6.404596E-04

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)

Tel./Fax 059/66.06.43

PROVA PENETROMETRICA STATICA

Penetrometro TG 63-100 KN

Committente : GEO-XPRT ITALIA Snc
Località : Via Montebonello Pavullo
Prova numero : 4
Data : 04/11/2017
Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi
Quota : p.d.c. attuale

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 4

Località : Via Montebonello Pavullo

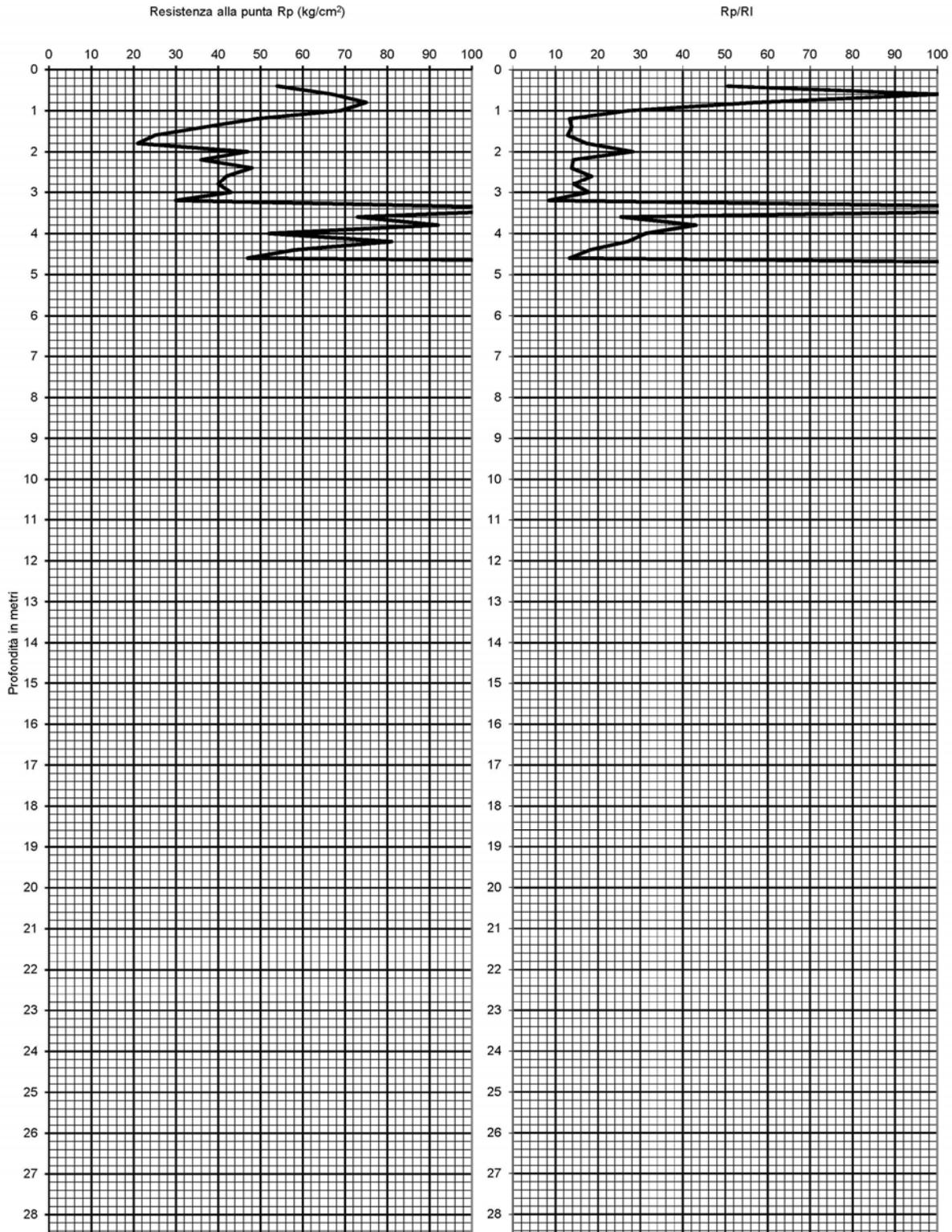
Committ. : GEO-XPRT ITALIA Snc

Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi

Date : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente



STUDIO TECNICO AMBIENTALE
GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

 Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
 Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 4

Località : Via Montebonello Pavullo

Committ : GEO-XPERT ITALIA Snc

Operatore: Dott. Geol. L. Malvezzi

Data : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
0.20					
0.40	54	70	54	1.07	50.63
0.60	67	77	67	0.67	100.50
0.80	75	95	75	1.33	56.25
1.00	69	107	69	2.53	27.24
1.20	49	104	49	3.67	13.36
1.40	37	77	37	2.67	13.88
1.60	25	54	25	1.93	12.93
1.80	21	39	21	1.20	17.50
2.00	47	72	47	1.67	28.20
2.20	36	74	36	2.53	14.21
2.40	48	100	48	3.47	13.85
2.60	42	76	42	2.27	18.53
2.80	40	82	40	2.80	14.29
3.00	43	79	43	2.40	17.92
3.20	30	83	30	3.53	8.49
3.40	122	134	122	0.80	152.50
3.60	73	116	73	2.87	25.47
3.80	92	124	92	2.13	43.13
4.00	52	77	52	1.67	31.20
4.20	81	126	81	3.00	27.00
4.40	58	106	58	3.20	18.13
4.60	47	100	47	3.53	13.30
4.80	280	300	280	1.33	210.00
5.00					
5.20					
5.40					
5.60					
5.80					
6.00					
6.20					
6.40					
6.60					
6.80					
7.00					
7.20					
7.40					
7.60					
7.80					
8.00					
8.20					
8.40					
8.60					
8.80					
9.00					
9.20					
9.40					
9.60					
9.80					
10.00					
10.20					
10.40					
10.60					
10.80					
11.00					
11.20					
11.40					
11.60					
11.80					
12.00					
12.20					
12.40					
12.60					
12.80					
13.00					
13.20					
13.40					
13.60					
13.80					
14.00					
14.20					
14.40					
14.60					
14.80					
15.00					

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
15.20					
15.40					
15.60					
15.80					
16.00					
16.20					
16.40					
16.60					
16.80					
17.00					
17.20					
17.40					
17.60					
17.80					
18.00					
18.20					
18.40					
18.60					
18.80					
19.00					
19.20					
19.40					
19.60					
19.80					
20.00					
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

Profondità (m)	Lettura punta (Kg/cm ²)	Lettura laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.0	1.067	0.0	
0.40	54.00	70.0	54.0	0.667	80.96	1.2
0.60	67.00	77.0	67.0	1.333	50.263	2.0
0.80	75.00	95.0	75.0	2.533	29.609	3.4
1.00	69.00	107.0	69.0	3.667	18.816	5.3
1.20	49.00	104.0	49.0	2.667	18.373	5.4
1.40	37.00	77.0	37.0	1.933	19.141	5.2
1.60	25.00	54.0	25.0	1.2	20.833	4.8
1.80	21.00	39.0	21.0	1.667	12.597	7.9
2.00	47.00	72.0	47.0	2.533	18.555	5.4
2.20	36.00	74.0	36.0	3.467	10.384	9.6
2.40	48.00	100.0	48.0	2.267	21.173	4.7
2.60	42.00	76.0	42.0	2.8	15.0	6.7
2.80	40.00	82.0	40.0	2.4	16.667	6.0
3.00	43.00	79.0	43.0	3.533	12.171	8.2
3.20	30.00	83.0	30.0	0.8	37.5	2.7
3.40	122.00	134.0	122.0	2.867	42.553	2.4
3.60	73.00	116.0	73.0	2.133	34.224	2.9
3.80	92.00	124.0	92.0	1.667	55.189	1.8
4.00	52.00	77.0	52.0	3.0	17.333	5.8
4.20	81.00	126.0	81.0	3.2	25.313	4.0
4.40	58.00	106.0	58.0	3.533	16.417	6.1
4.60	47.00	100.0	47.0	1.333	35.259	2.8
4.80	280.00	300.0	280.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.20	0.0	1.067	0.0		Stima non eseguibile
1.60	53.714	2.0	2.1	Coesivo	Argille sabbiose e limose
3.20	38.375	2.433	2.1	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
4.60	75.0	2.533	2.1	Coesivo	Terre Limo sabbiose - Sabbie Arg. - Limi
4.80	280.0	0.0	2.0	Incoerente	Substrato

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 2	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Terzaghi	2.7
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Terzaghi	1.9
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Terzaghi	3.8

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Metodo generale del modulo Edometrico	107.4
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Metodo generale del modulo	76.7

Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Edometrico Metodo generale del modulo Edometrico	150.0
----------	------	------	-------	-----	-----	--------------------------------------------------------------	-------

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 2	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Cancelli 1980	2008.8
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Cancelli 1980	1421.7
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Cancelli 1980	2783.4

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 2	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Imai & Tomauchi	319.3
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Imai & Tomauchi	260.0
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Imai & Tomauchi	391.6

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 2	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Piacentini Righi 1978	>9
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Piacentini Righi 1978	>9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Meyerhof	2.1
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Meyerhof	2.1
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Meyerhof	2.2

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 2	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	0.10398	0.01352
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	0.11313	0.01471
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	0.09766	0.0127

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Meyerhof	2.2

Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Meyerhof	2.2
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Meyerhof	2.3

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	217.20
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	245.33
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	300.91

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Harman	100.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Schmertmann	42.0

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9		0.0

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Buisman - Sanglerat	420.0

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Imai & Tomauchi	875.7

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Larsson 1991 S.G.I.	0.6

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Kulhawy & Mayne (1990)	1.23

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	0.02753	0.00358

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Meyerhof	0.0

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Meyerhof	0.0

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	499.87

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.20	0.0	1.067	0.0	0.0	Piacentini-Righi 1988	*
Strato 2	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Piacentini-Righi 1988	1.00E-07
Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Piacentini-Righi 1988	3.78E-07
Strato 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Piacentini-Righi 1988	*

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.20	0.0	1.067	0.0	0.0	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 2	1.60	53.714	2.0	0.1	0.1	Piacentini-	1.612483E-02

Strato 3	3.20	38.375	2.433	0.5	0.5	Righi 1988 Piacentini- Righi 1988	1.15125E-06
Strato 4	4.60	75.0	2.533	0.8	0.8	Piacentini- Righi 1988	0.0851198
Strato 5	4.80	280.0	0.0	0.9	0.9	Piacentini- Righi 1988	0

STUDIO TECNICO AMBIENTALE
GEOTECH

di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi
Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
Tel./Fax 059/66.06.43

PROVA PENETROMETRICA STATICA
Penetrometro TG 63-100 KN

Committente : GEO-XPRT ITALIA Snc
Località : Via Montebonello Pavullo
Prova numero : 5
Data : 04/11/2017
Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi
Quota : p.d.c. attuale

STUDIO TECNICO AMBIENTALE

GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 5

Località : Via Montebonello Pavullo

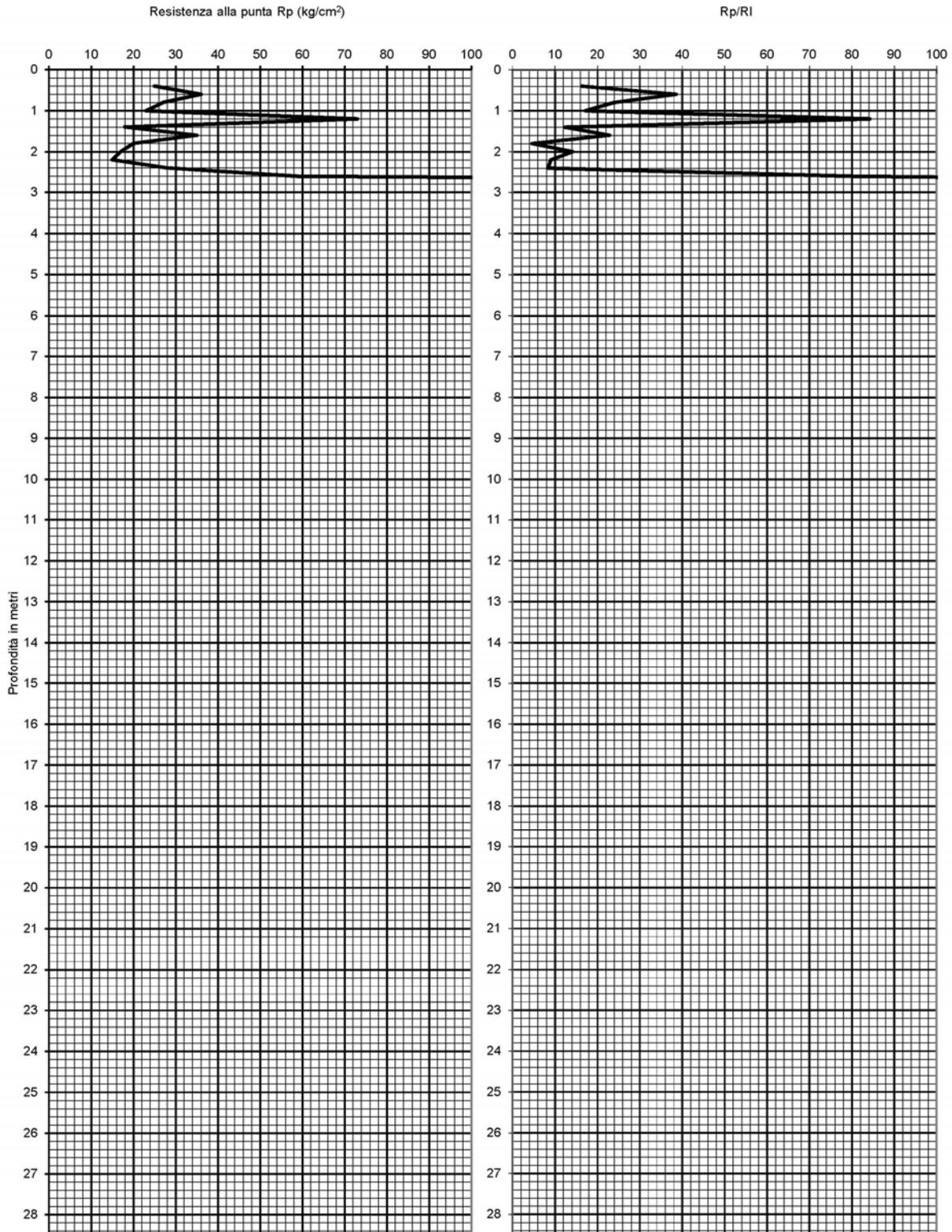
Committ. : GEO-XPRT ITALIA Snc

Operatore : Dott. Geol. L. Malvezzi

Data : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente



STUDIO TECNICO AMBIENTALE
GEOTECH di Dott. Geol. Lorenzo Malvezzi

 Via I. Martinelli n° 51A - 41012 Fossoli di Carpi (MO)
 Tel./Fax 059/66.06.43

Prova n° : 5

Località : Via Montebonello Pavullo

Committ : GEO-XPERT ITALIA Snc

Operatore: Dott. Geol. L. Malvezzi

Data : 04/11/2017

Quota : p.d.c. attuale

Falda : assente

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
0.20					
0.40	25	48	25	1.53	16.30
0.60	36	50	36	0.93	38.57
0.80	27	44	27	1.13	23.82
1.00	23	43	23	1.33	17.25
1.20	73	86	73	0.87	84.23
1.40	18	40	18	1.47	12.27
1.60	35	58	35	1.53	22.83
1.80	20	85	20	4.33	4.62
2.00	17	35	17	1.20	14.17
2.20	15	40	15	1.67	9.00
2.40	28	78	28	3.33	8.40
2.60	59	70	59	0.73	80.45
2.80	380	400	380	1.33	285.00
3.00					
3.20					
3.40					
3.60					
3.80					
4.00					
4.20					
4.40					
4.60					
4.80					
5.00					
5.20					
5.40					
5.60					
5.80					
6.00					
6.20					
6.40					
6.60					
6.80					
7.00					
7.20					
7.40					
7.60					
7.80					
8.00					
8.20					
8.40					
8.60					
8.80					
9.00					
9.20					
9.40					
9.60					
9.80					
10.00					
10.20					
10.40					
10.60					
10.80					
11.00					
11.20					
11.40					
11.60					
11.80					
12.00					
12.20					
12.40					
12.60					
12.80					
13.00					
13.20					
13.40					
13.60					
13.80					
14.00					
14.20					
14.40					
14.60					
14.80					
15.00					

PROF. (M)	P (KG/CM2)	P + L (KG/CM2)	RP (KG/CM2)	RL (KG/CM2)	RP/RL [-]
15.20					
15.40					
15.60					
15.80					
16.00					
16.20					
16.40					
16.60					
16.80					
17.00					
17.20					
17.40					
17.60					
17.80					
18.00					
18.20					
18.40					
18.60					
18.80					
19.00					
19.20					
19.40					
19.60					
19.80					
20.00					
20.20					
20.40					
20.60					
20.80					
21.00					
21.20					
21.40					
21.60					
21.80					
22.00					
22.20					
22.40					
22.60					
22.80					
23.00					
23.20					
23.40					
23.60					
23.80					
24.00					
24.20					
24.40					
24.60					
24.80					
25.00					
25.20					
25.40					
25.60					
25.80					
26.00					
26.20					
26.40					
26.60					
26.80					
27.00					
27.20					
27.40					
27.60					
27.80					
28.00					
28.20					
28.40					
28.60					
28.80					
29.00					
29.20					
29.40					
29.60					
29.80					
30.00					

Profondità (m)	Letture punta (Kg/cm ²)	Letture laterale (Kg/cm ²)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	qc/fs Begemann	fs/qcx100 (Schmertmann)
0.20	0.00	0.0	0.0	1.533	0.0	
0.40	25.00	48.0	25.0	0.933	26.795	3.7
0.60	36.00	50.0	36.0	1.133	31.774	3.1
0.80	27.00	44.0	27.0	1.333	20.255	4.9
1.00	23.00	43.0	23.0	0.867	26.528	3.8
1.20	73.00	86.0	73.0	1.467	49.761	2.0
1.40	18.00	40.0	18.0	1.533	11.742	8.5
1.60	35.00	58.0	35.0	4.333	8.078	12.4
1.80	20.00	85.0	20.0	1.2	16.667	6.0
2.00	17.00	35.0	17.0	1.667	10.198	9.8
2.20	15.00	40.0	15.0	3.333	4.5	22.2
2.40	28.00	78.0	28.0	0.733	38.199	2.6
2.60	59.00	70.0	59.0	1.333	44.261	2.3
2.80	380.00	400.0	380.0	0.0		0.0

Prof. Strato (m)	qc Media (Kg/cm ²)	fs Media (Kg/cm ²)	Gamma Medio (t/m ³)	Comp. Geotecnico	Descrizione
0.20	0.0	1.533	0.0		Stima non eseguibile
2.40	28.818	1.685	2.0	Coesivo	Argilla inorganica molto compatta
2.80	219.5	0.667	2.1	Incoerente	Substrato

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Terzaghi	1.4

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eed (Kg/cm ²)
Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Metodo generale del modulo Edometrico	57.6

Modulo di deformazione non drenato Eu

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Eu (Kg/cm ²)
Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Cancelli 1980	1072.4

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di deformazione a taglio (Kg/cm ²)
Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Imai & Tomauchi	218.3

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica	Tensione litostatica	Correlazione	Ocr
--	------------------	--------------------------	--------------------------	----------------------	----------------------	--------------	-----

				totale (Kg/cm ²)	efficace (Kg/cm ²)		
Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Piacentini Righi 1978	>9

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Meyerhof	2.0

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crm
Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	0.11315	0.01471

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Meyerhof	2.1

Velocità onde di taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	206.94

TERRENI INCOERENTI I

Densità relativa

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Densità relativa (%)
Strato 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Harman	100.0

Angolo di resistenza al taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
Strato 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Schmertmann	42.0

Modulo di Young

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
Strato 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5		0.0

Modulo Edometrico

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
Strato 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Buisman -	329.3

						Sanglerat	
--	--	--	--	--	--	-----------	--

Modulo di deformazione a taglio

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	G (Kg/cm ²)
Strato 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Imai & Tomauchi	754.7

Grado di sovraconsolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ocr
Strato 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Larsson 1991 S.G.I.	<0.5

Modulo di reazione Ko

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Ko
Strato 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Kulhawy & Mayne (1990)	0.00

Fattori di compressibilità C Crm

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	C	Crn
Strato 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	0.14513	0.01887

Peso unità di volume

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
Strato 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Meyerhof	1.9

Peso unità di volume saturo

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
Strato 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Meyerhof	2.2

Velocità onde di taglio.

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Vs (m/s)
Strato 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Baldi et. al. 1989 Andrus et. al. 2001	432.49

Permeabilità

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	K (cm/s)
Strato 1	0.20	0.0	1.533	0.0	0.0	Piacentini-Righi 1988	*

Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Piacentini-Righi 1988	1.00E-11
Strato 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Piacentini-Righi 1988	1.00E-03

Coefficiente di consolidazione

	Prof. Strato (m)	qc (Kg/cm ²)	fs (Kg/cm ²)	Tensione litostatica totale (Kg/cm ²)	Tensione litostatica efficace (Kg/cm ²)	Correlazione	Coefficiente di consolidazione (cm ² /s)
Strato 1	0.20	0.0	1.533	0.0	0.0	Piacentini-Righi 1988	0
Strato 2	2.40	28.818	1.685	0.2	0.2	Piacentini-Righi 1988	8.6454E-07
Strato 3	2.80	219.5	0.667	0.5	0.5	Piacentini-Righi 1988	0

ALLEGATO 2

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE E
VALUTAZIONE DEL VALORE DI V_{S30} -
METODO MASW

Le indagini di sismica a rifrazione consentono di interpretare la stratigrafia del sottosuolo attraverso il principio fisico del fenomeno della rifrazione totale di un'onda sismica che incide su una discontinuità, individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse (orizzonte rifrattorio). La condizione fondamentale per eseguire studi di sismica a rifrazione è quella per cui la successione di strati da investigare sia caratterizzata da velocità sismiche crescenti all'aumentare della profondità. L'indagine si basa sulla misura dei tempi di percorso delle onde elastiche secondo il principio di Fermat e della Legge di Snell per le quali, ipotizzando le superfici di discontinuità estese rispetto alla lunghezza d'onda o, comunque, con deboli curvature, i fronti d'onda sono rappresentati mediante i relativi raggi sismici.

Il principio di Fermat stabilisce che il raggio sismico percorre la distanza tra sorgente e rilevatore seguendo il percorso per cui il tempo di tragitto è minimo. Per tale principio, dato un piano che separa due mezzi con caratteristiche elastiche diverse, il raggio sismico è quello che si estende lungo un piano perpendicolare alla discontinuità contenente sia la sorgente che il ricevitore.

La legge di Snell descrive le modalità di rifrazione di un raggio sismico nella transizione tra due mezzi caratterizzati da diversa velocità di propagazione delle onde o, equivalentemente, da diversi indici di rifrazione. L'angolo formato tra la superficie di discontinuità e il raggio sismico è chiamato angolo di incidenza θ_i mentre quello formato tra il raggio rifratto e la superficie normale è detto angolo di rifrazione θ_r . La formulazione matematica è:

$$v_2 \sin \theta_r = v_1 \sin \theta_i$$

Dove v_1 e v_2 sono le velocità dei due mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Per $v_1 > v_2$ si ha che $\theta_i > \theta_r$ e la sismica a rifrazione non è attuabile poiché il raggio rifratto andrebbe ad inclinarsi verso il basso. Per $v_1 < v_2$ si ha che $\theta_i < \theta_r$ ed esiste un angolo limite di incidenza per cui $\theta_r = 90^\circ$ ed il raggio rifratto viaggia parallelamente alla superficie di discontinuità. L'espressione che definisce l'angolo limite è:

$$\theta_i = \arcsin(v_1 / v_2)$$

Il modo per analizzare i dati di rifrazione è quello di costruire un diagramma tempi-distanze in cui l'origine del sistema di riferimento è posto in corrispondenza della sorgente di generazione delle onde elastiche. In ascissa sono rappresentate le posizioni dei geofoni ed in ordinata i tempi dei primi arrivi. Ai geofoni più vicini alla sorgente giungono per primi gli impulsi che hanno seguito il percorso diretto in un tempo T dato dalla relazione

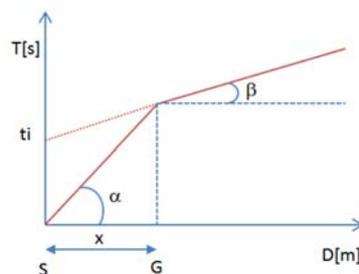
$$T = x_i / V_1$$

dove x_i è la distanza tra il punto di energizzazione e il punto di rilevazione.

L'equazione precedente rappresenta una retta che passa per l'origine degli assi tempi-distanze e il suo coefficiente angolare consente di calcolare la velocità V_1 del primo mezzo come

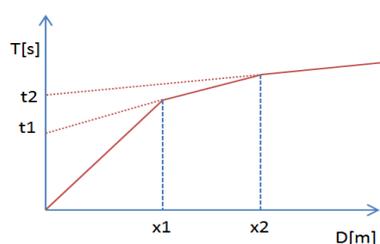
$$V_1 = 1 / \tan \alpha$$

I tempi di arrivo dei raggi rifratti, nel diagramma tempi-distanze, si dispongono secondo una retta che avrà pendenza minore di quella delle onde dirette.



La curva tempi-distanze tende ad avere un andamento regolare secondo una spezzata i cui vertici sono i chiamati *punti di ginocchio* e rappresentano, fisicamente, la condizione in cui si verifica l'arrivo contemporaneo delle onde dirette e rifratte. Per ciascuno di segmenti individuati si determina, dunque, il tempo di ritardo t_i che rappresenta la differenza tra il tempo che il raggio sismico impiega a percorrere un tratto alla velocità propria dello strato in cui si trasmette ed il tempo che impiegherebbe a viaggiare lungo la componente orizzontale di quel tratto alla massima velocità raggiunta in tutto il percorso di rifrazione.

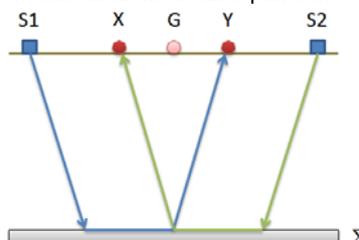
Graficamente il tempo di ritardo è dato dall'intersezione della retta che comprende un segmento della curva tempi-distanze con l'asse dei tempi.



Dall'analisi dei tempi t_i è possibile ricavare gli spessori dei rifrattori mediante la relazione:

$$h_{(i-1)} = \frac{V_{(i-1)}V_i}{2\sqrt{V_i^2 - V_{(i-1)}^2}} \left(t_i - \frac{2h_1\sqrt{V_i^2 - V_1^2}}{V_1V_i} - \dots - \frac{2h_{(i-2)}\sqrt{V_i^2 - V_{(i-2)}^2}}{V_1V_{(i-2)}} \right)$$

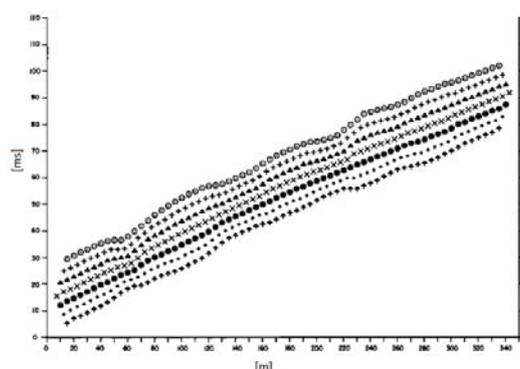
In situazioni morfologiche complesse può essere utilizzato come metodo di elaborazione il Metodo Reciproco Generalizzato (Generalized Reciprocal Method) studiato da Palmer nel 1980. Il metodo è basato sulla ricerca di una distanza intergeofonica virtuale XY tale che i raggi sismici che partono da punti di energizzazione simmetrici rispetto allo stendimento, arrivino al geofono posto in posizione X e a quello posto in posizione Y provenendo da un medesimo punto del rifrattore.



Per determinare la distanza XY ottimale è necessario considerare più punti di energizzazione tanto agli estremi quanto all'interno dello stendimento. Ciò permette di individuare con maggiore accuratezza i tempi relativi ad un medesimo rifrattore utili a caratterizzare le dromocrone, fondamentali all'interpretazione. Nelle interpretazioni multi strato, la generazione delle dromocrone può sfruttare tecniche di phantoming per sopperire alla mancanza dei dati per alcuni rifrattori.

Dalla costruzione delle dromocrone è possibile determinare **la funzione velocità** secondo l'equazione

$$T_v = \frac{T_{S_1Y} - T_{S_2X} + T_{S_1S_2}}{2}$$



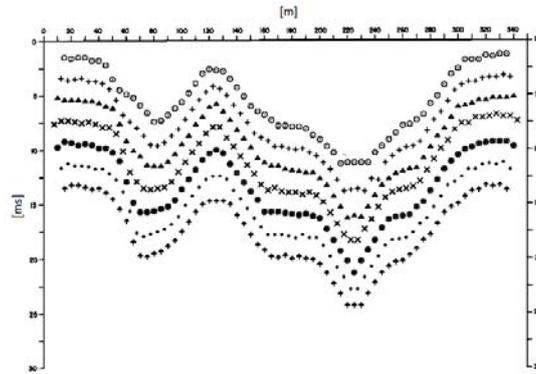
dove T_{S_1Y} e T_{S_2X} sono i tempi di percorrenza dei raggi sismici per giungere, rispettivamente, dalla sorgente S1 ad X e dalla sorgente S2 ad Y mentre $T_{S_1S_2}$ è il tempo di tragitto tra i due punti di scoppio S1 ed S2, esternamente simmetrici rispetto allo stendimento. T_v è il tempo calcolato su un geofono G posto tra X ed Y, non necessariamente coincidente con la posizione di un geofono dello stendimento.

Il calcolo della funzione T_v viene eseguito per ogni valore di XY compreso tra zero e metà dello stendimento con variazione pari alla distanza reale tra i geofoni dello stendimento. La migliore retta di regressione delle funzioni velocità ottenute, permette di determinare l'XY ottimo e la velocità del rifrattore che è ricavata dal coefficiente angolare.

Per mezzo della funzione tempo-profondità è possibile trovare la profondità del rifrattore espressa in unità di tempo. L'espressione di tale funzione è:

$$T_G = \frac{T_{S_1Y} + T_{S_2X} - \left(T_{S_1S_2} + \frac{XY}{V_n} \right)}{2}$$

Dove V_n è la velocità del rifrattore.



Analogamente a quanto avviene per la funzione velocità si determinano diverse funzioni tempo-profondità per l'insieme dei valori XY di studio. Tra le funzioni trovate, quella che presenta la maggiore articolazione compete al valore di XY ottimo.

Infine, è possibile determinare lo spessore del rifratore in corrispondenza delle posizioni dei geofoni G mediante la relazione:

$$h = T_G \sqrt{\frac{V_n XY}{2T_G}}$$

h rappresenta la profondità minima dal geofono G dunque la morfologia del rifratore è definita dall'involuppo delle semicirconferenze di raggio h.

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE - "B"

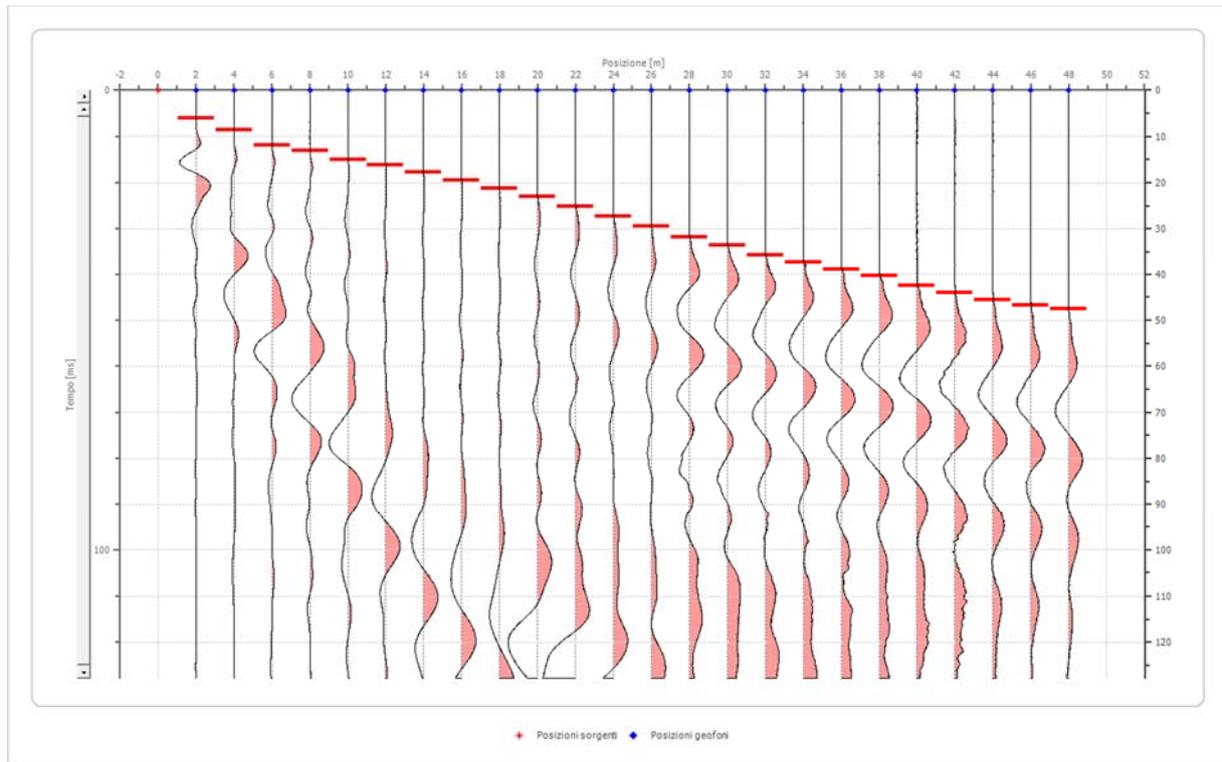
Geometria geofoni

	Posizione X [m]	Posizione Z [m]
1	2.0	750.0
2	4.0	750.2
3	6.0	750.4
4	8.0	750.6
5	10.0	750.8
6	12.0	751.1
7	14.0	751.3
8	16.0	751.5
9	18.0	751.7
10	20.0	751.9
11	22.0	752.1
12	24.0	752.3
13	26.0	752.5
14	28.0	752.8
15	30.0	753.0
16	32.0	753.2
17	34.0	753.4
18	36.0	753.6
19	38.0	753.8
20	40.0	754.0
21	42.0	754.3
22	44.0	754.5
23	46.0	754.7
24	48.0	754.9

Battuta 1

Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

0 [m]
751 [m]

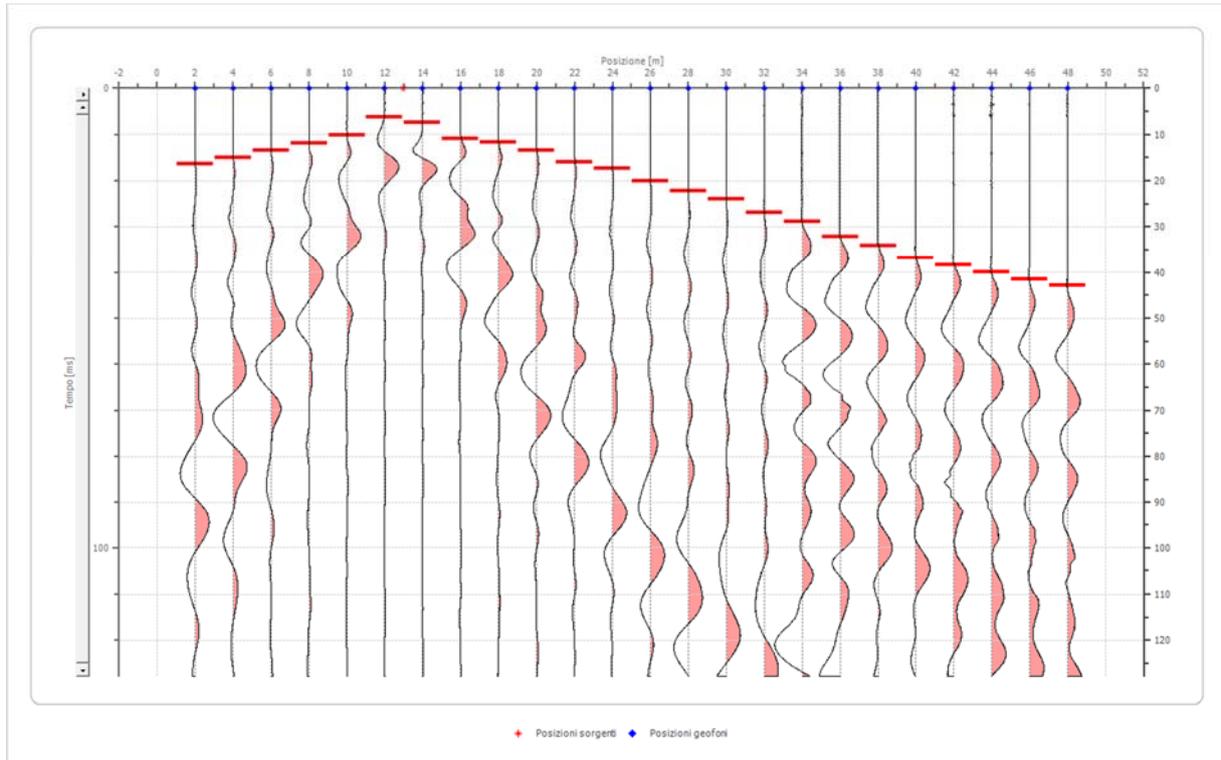


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	6.0350
4.0	8.6073
6.0	11.9711
8.0	13.0594
10.0	15.0381
12.0	16.2253
14.0	17.8082
16.0	19.3912
18.0	21.1720
20.0	22.9528
22.0	25.1294
24.0	27.3059
26.0	29.4825
28.0	31.7580
30.0	33.5388
32.0	35.6164
34.0	37.4962
36.0	38.8813
38.0	40.3653
40.0	42.5419
42.0	44.1248
44.0	45.5099
46.0	46.7960
48.0	47.5875

Battuta 2

Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

13 [m]
752 [m]

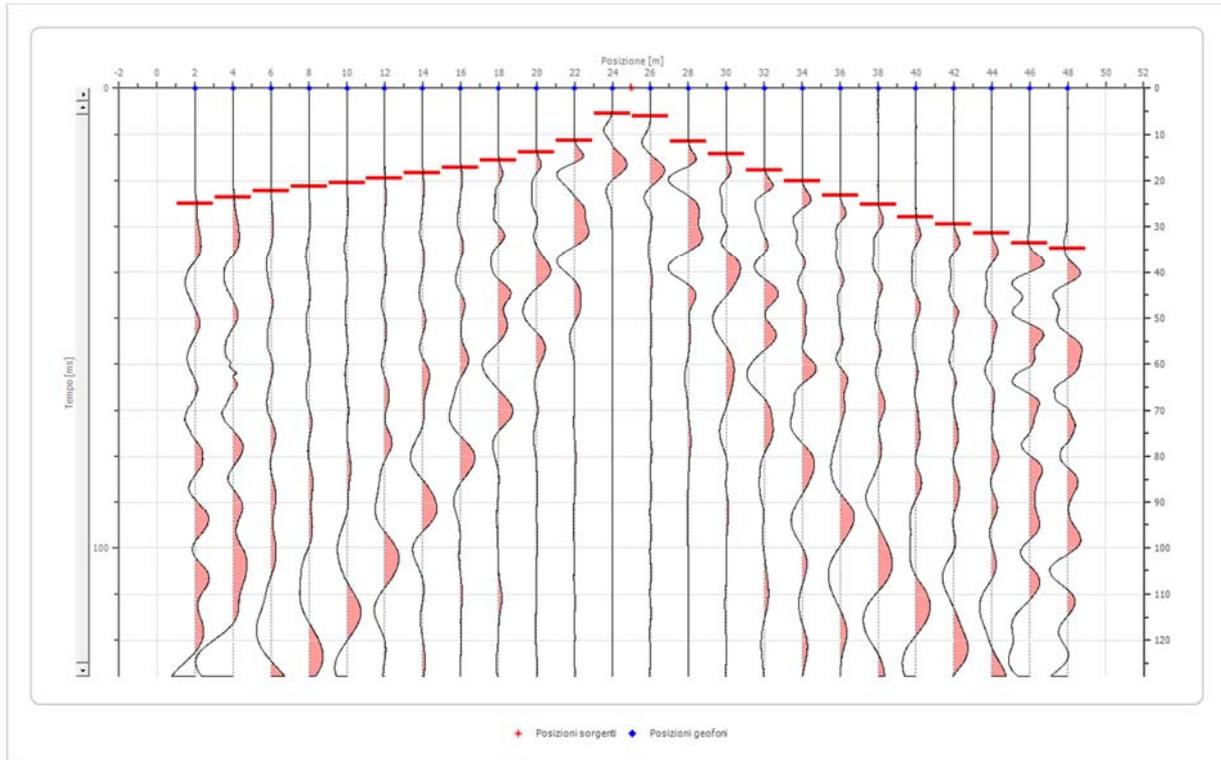


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	16.3242
4.0	14.9391
6.0	13.3562
8.0	11.8721
10.0	10.0913
12.0	6.3318
14.0	7.4201
16.0	10.8828
18.0	11.6743
20.0	13.3562
22.0	15.9285
24.0	17.4125
26.0	20.0837
28.0	22.2603
30.0	24.0411
32.0	26.9102
34.0	28.8889
36.0	32.0548
38.0	34.0335
40.0	36.8037
42.0	38.2877
44.0	39.9696
46.0	41.4536
48.0	42.9376

Battuta 3

Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

25 [m]
754 [m]

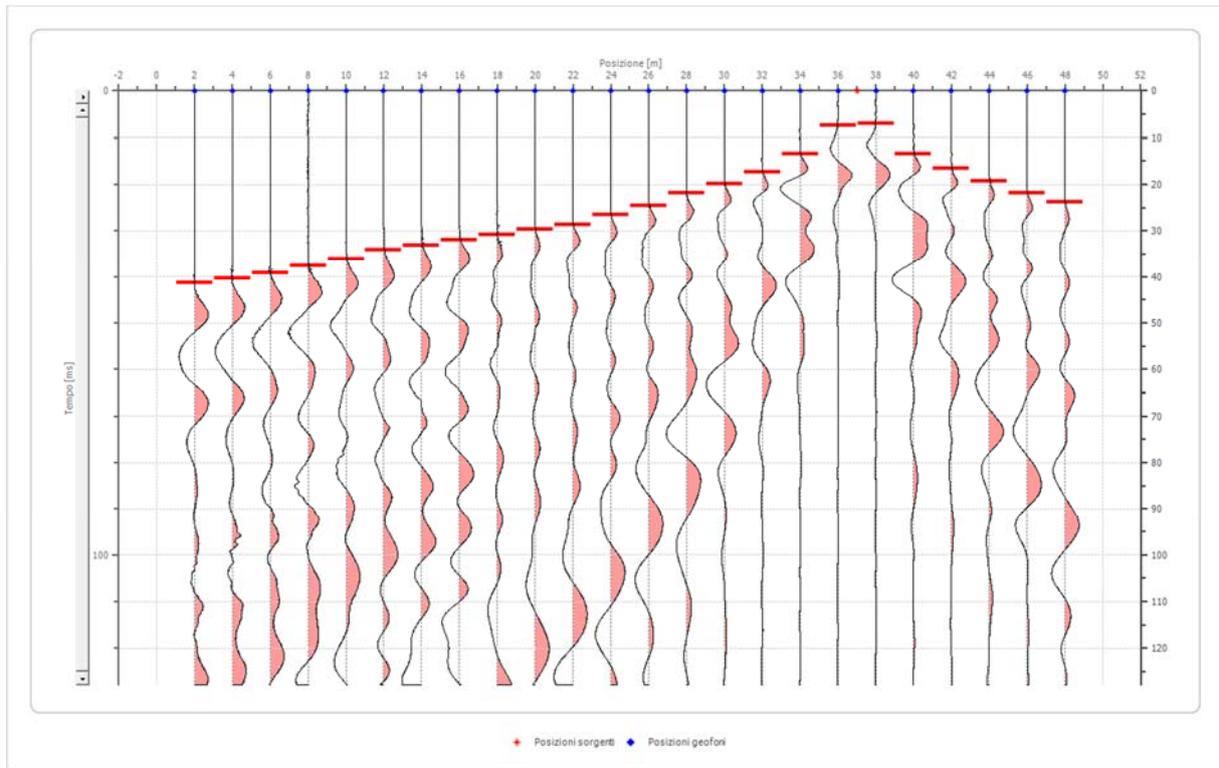


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	25.0304
4.0	23.6454
6.0	22.2603
8.0	21.2709
10.0	20.3805
12.0	19.3912
14.0	18.4018
16.0	17.2146
18.0	15.5327
20.0	13.7519
22.0	11.3775
24.0	5.4414
26.0	6.0350
28.0	11.4764
30.0	14.2466
32.0	17.8082
34.0	20.0837
36.0	23.1507
38.0	25.2283
40.0	27.8995
42.0	29.3836
44.0	31.4612
46.0	33.4399
48.0	34.7260

Battuta 4

Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

37 [m]
755 [m]

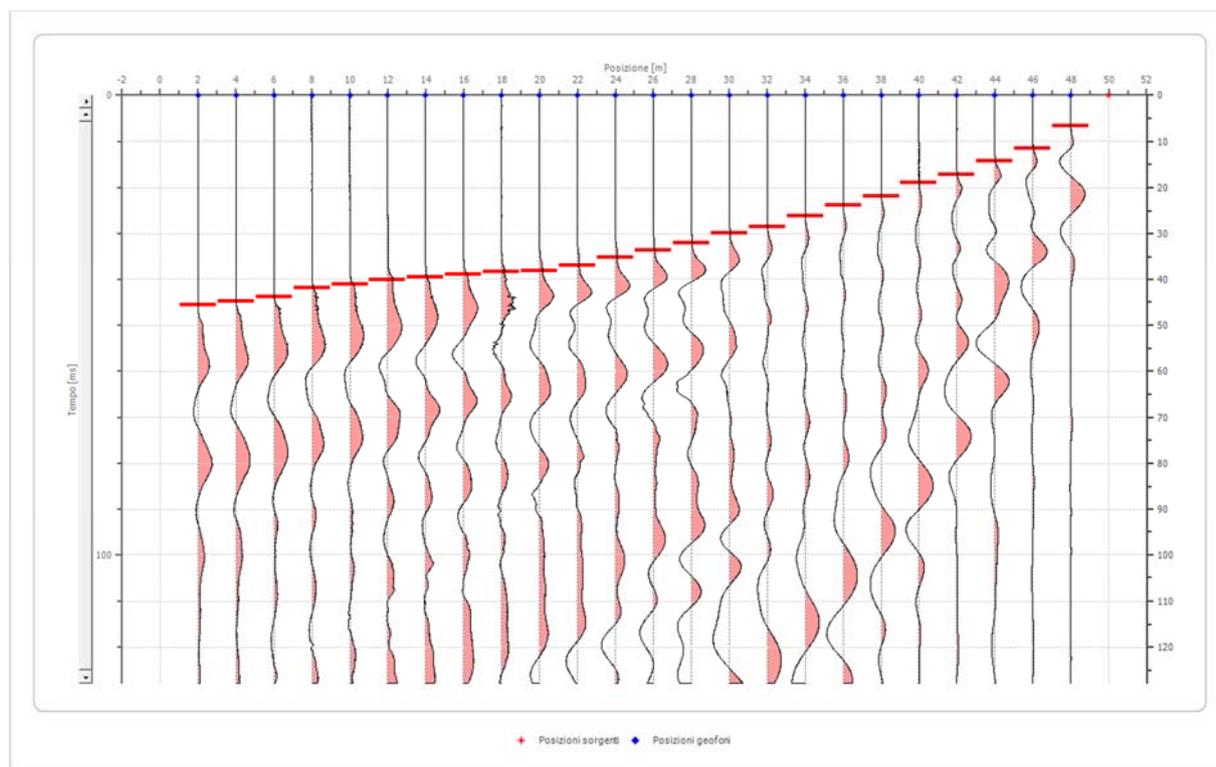


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	41.3546
4.0	40.3653
6.0	39.1781
8.0	37.6941
10.0	36.0122
12.0	34.0335
14.0	33.0441
16.0	31.8569
18.0	30.7686
20.0	29.5814
22.0	28.5921
24.0	26.5145
26.0	24.5358
28.0	21.7656
30.0	19.7869
32.0	17.4125
34.0	13.3562
36.0	7.3212
38.0	6.9254
40.0	13.4551
42.0	16.6210
44.0	19.1933
46.0	21.7656
48.0	23.7443

Battuta 5

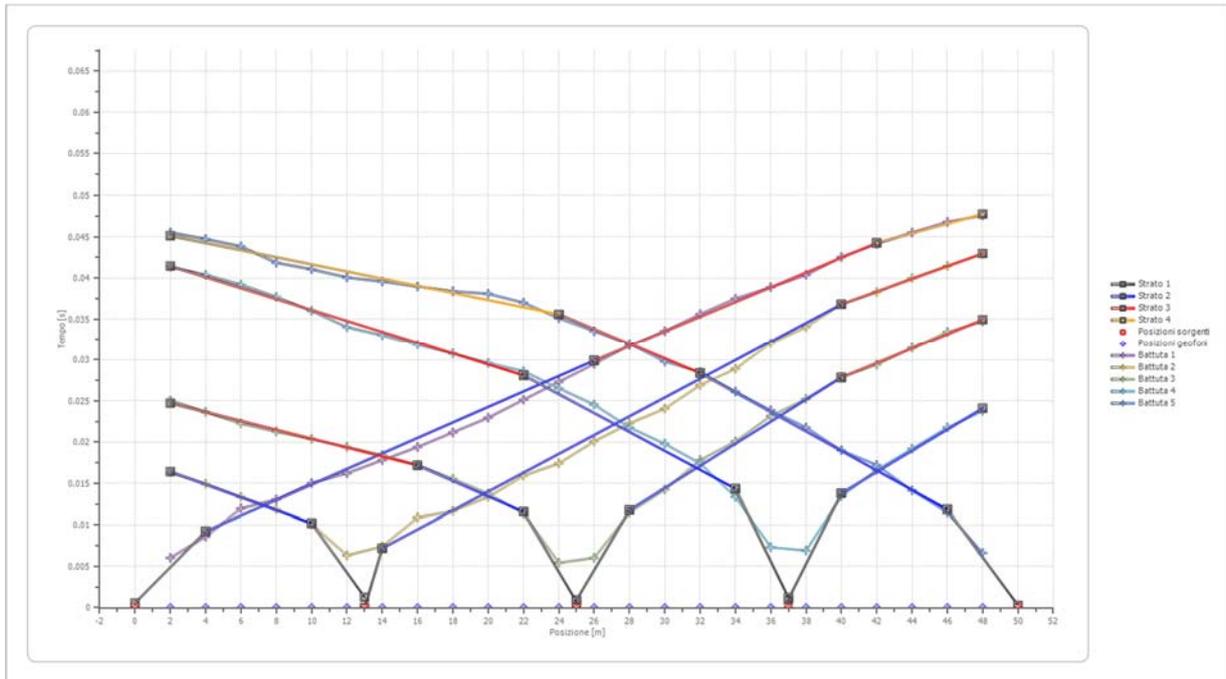
Posizione sorgente X
Posizione sorgente Z

50 [m]
756 [m]

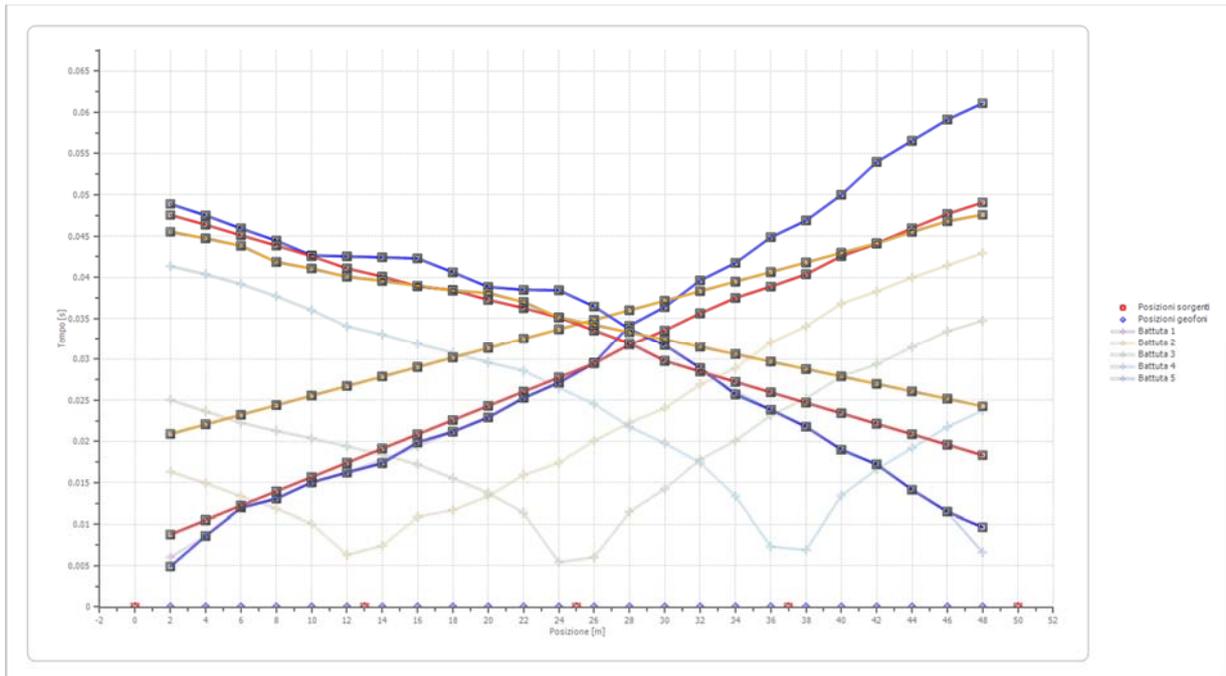


Posizione geofono [m]	Tempo [ms]
2.0	45.5099
4.0	44.7184
6.0	43.8280
8.0	41.8493
10.0	41.0578
12.0	40.0685
14.0	39.5738
16.0	38.9802
18.0	38.3866
20.0	38.0898
22.0	37.0015
24.0	35.1218
26.0	33.5388
28.0	31.9559
30.0	29.7793
32.0	28.4931
34.0	26.1187
36.0	23.8432
38.0	21.7656
40.0	18.9954
42.0	17.2146
44.0	14.1476
46.0	11.4764
48.0	6.6286

Dromocrone



Dromocrone traslate



Interpretazione col metodo G,.R.M.

XY: 0

	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3	Strato n. 4
G= 2.0 [m]	0.0	4.7	14.3	--
G= 4.0 [m]	0.0	5.1	14.4	--
G= 6.0 [m]	0.1	5.2	14.3	--
G= 8.0 [m]	0.0	5.8	13.5	--
G= 10.0 [m]	0.0	6.0	13.6	--
G= 12.0 [m]	0.2	5.5	13.3	--
G= 14.0 [m]	0.3	5.5	13.2	--
G= 16.0 [m]	0.7	4.4	12.7	--
G= 18.0 [m]	0.6	5.6	12.8	--
G= 20.0 [m]	0.6	6.0	13.3	--
G= 22.0 [m]	0.9	5.3	12.4	--
G= 24.0 [m]	1.2	4.7	10.9	--
G= 26.0 [m]	1.3	4.5	10.9	--
G= 28.0 [m]	1.5	3.9	10.2	--
G= 30.0 [m]	1.6	3.5	10.5	--
G= 32.0 [m]	1.6	3.8	10.3	--
G= 34.0 [m]	1.5	4.9	10.6	--
G= 36.0 [m]	1.7	4.2	10.4	--
G= 38.0 [m]	1.7	4.4	10.5	--
G= 40.0 [m]	1.7	4.9	10.2	--
G= 42.0 [m]	2.0	3.7	9.6	--
G= 44.0 [m]	2.0	4.5	9.9	--
G= 46.0 [m]	1.9	4.9	10.1	--
G= 48.0 [m]	2.0	4.9	9.9	--
Velocità [m/sec]	284.7	980.6	1308.1	1921.1

Altri parametri geotecnici

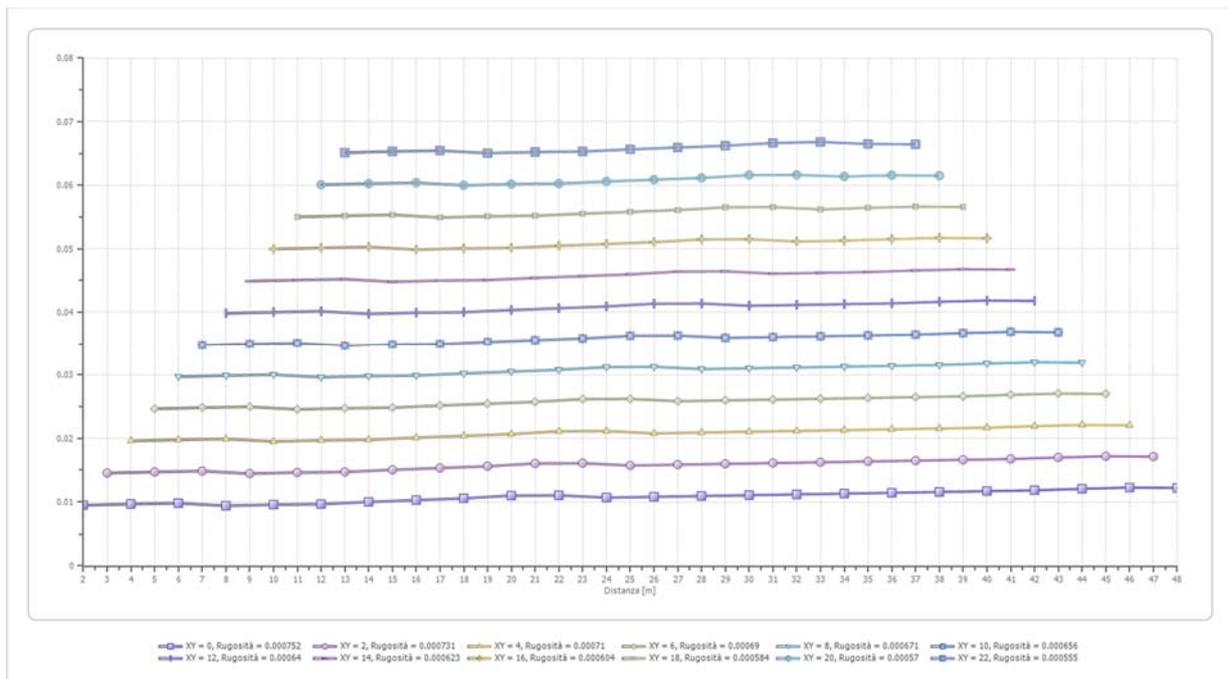
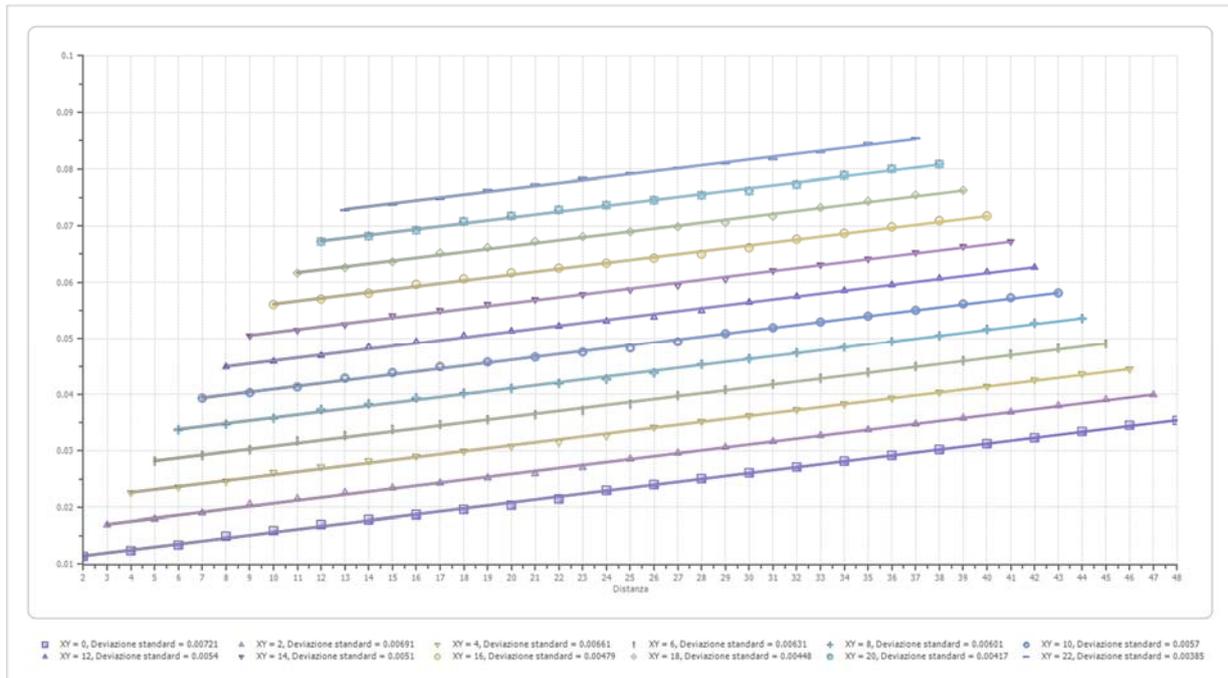
	Strato n. 1	Strato n. 2	Strato n. 3	Strato n. 4
Coefficiente Poisson	0.35	0.35	0.35	0.35
Densità [kg/m³]	1800.00	1800.00	1800.00	1800.00
Vp [m/s]	284.69	980.65	1308.12	1921.15
Vs [m/s]	136.76	471.09	628.40	922.89
G0 [MPa]	33.67	399.46	710.80	1533.11
Ed [Mpa]	145.89	1731.01	3080.13	6643.46
M0 [MPa]	112.22	1331.55	2369.33	5110.36
Ey [Mpa]	90.90	1078.55	1919.16	4139.39

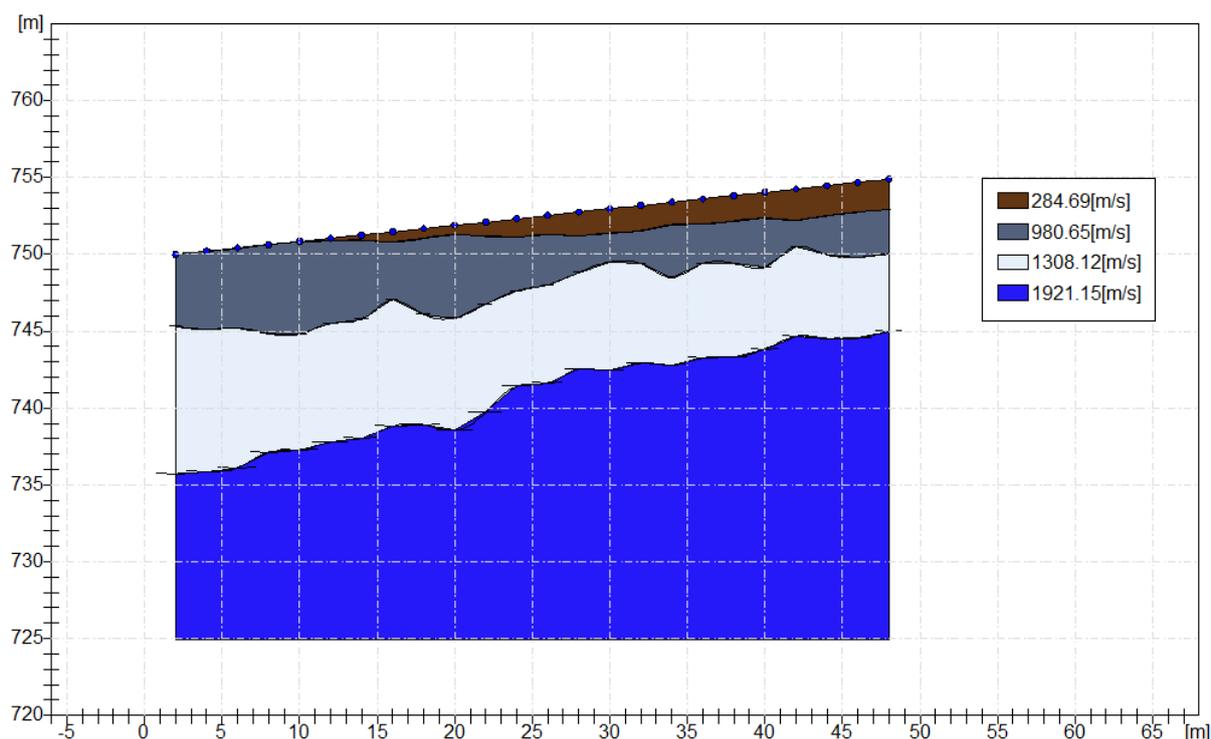
G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;





INDAGINE SISMICA M.A.S.W. – “B”

La determinazione della velocità delle onde sismiche di taglio (V_s) è stata effettuata mediante elaborazione con il metodo MASW, allo scopo di determinare la categoria sismica del terreno (A, B, C, D, E, S1, S2) secondo quanto indicato dalla Nuova Normativa Sismica (Ordinanza P.C.M. 2003 e s.m.i.) e dagli Eurocodici 7 e 8.

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 finale 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:

$$v = \lambda x v$$

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.

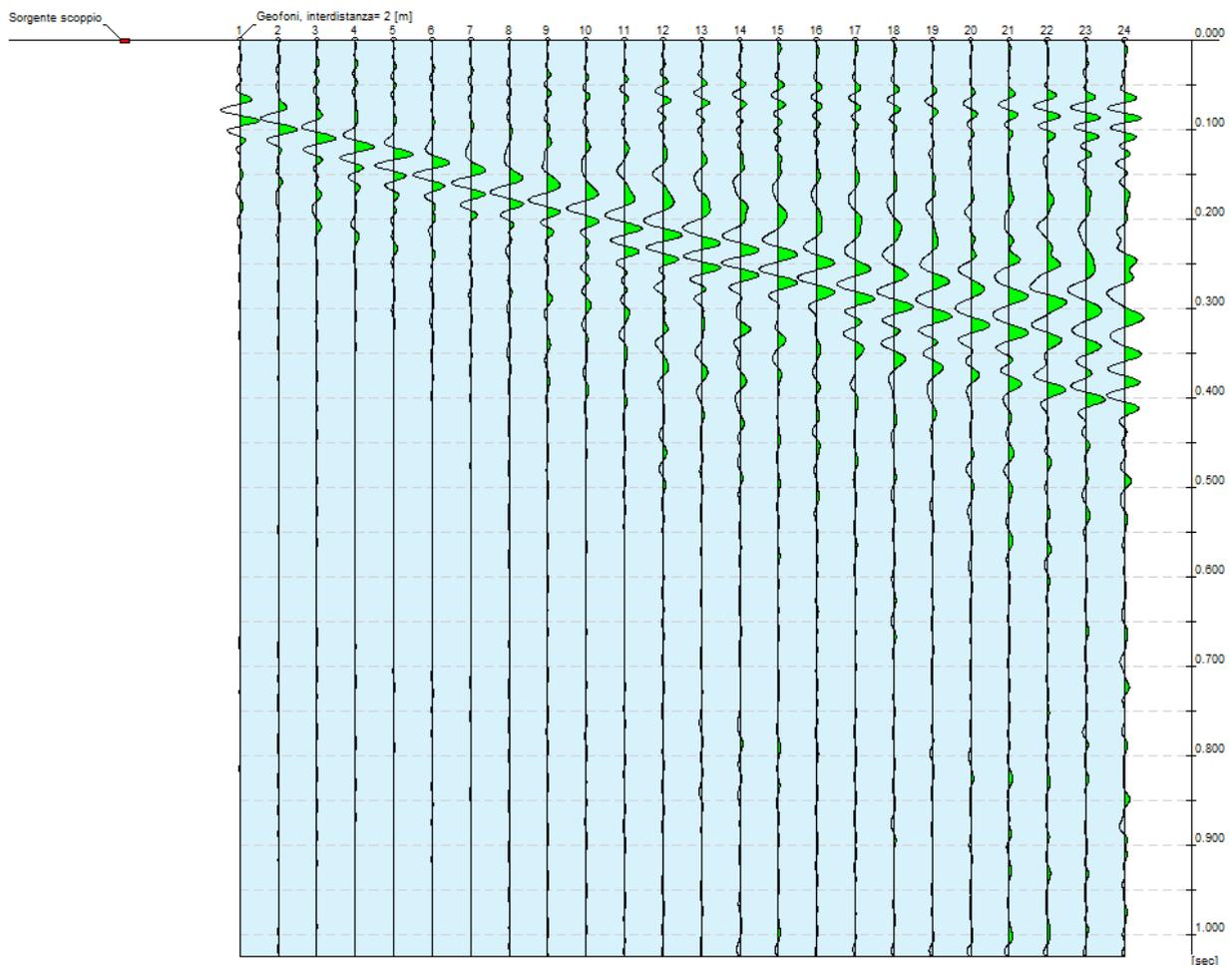
Profondità di indagine

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, per la quale si è tenuta in considerazione la traccia sismica rilevata a seguito dell'energizzazione effettuata mediante mazza battente da Kg. 10 in posizione di sparo estremo SINISTRO rispetto alla base sismica, con uno stendimento avente un interasse geofonico pari a 2,0 ml.

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

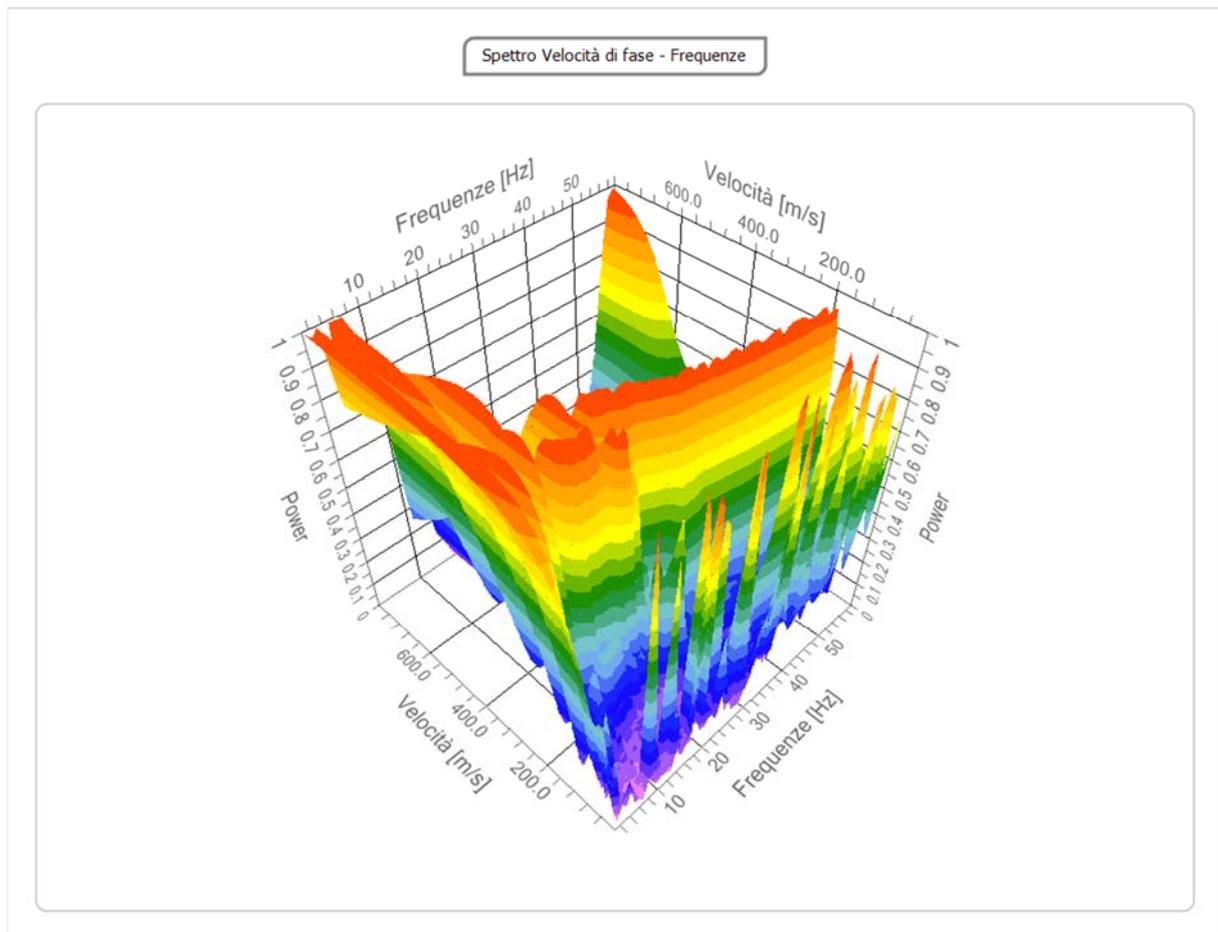
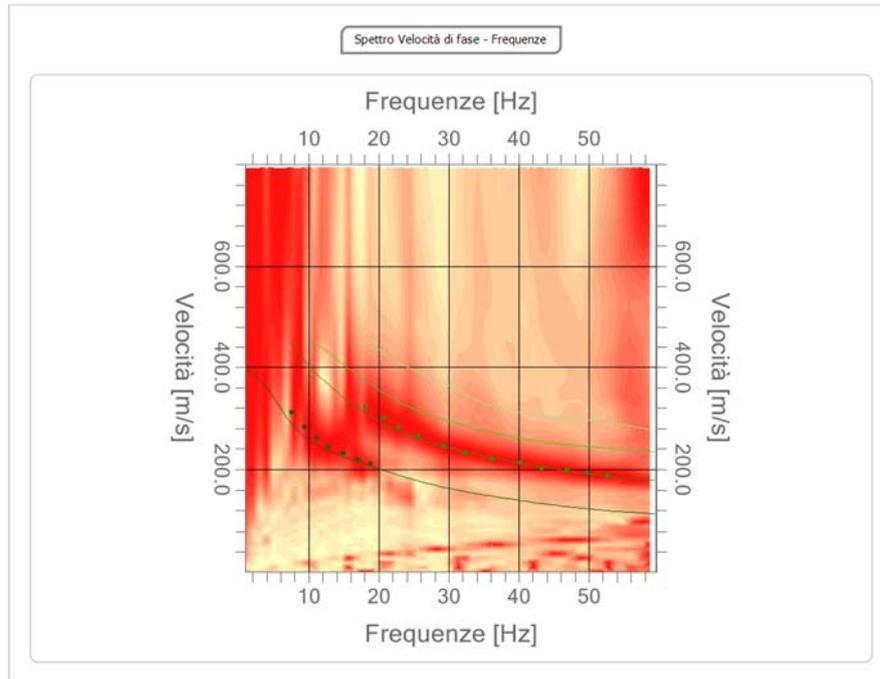


TABELLA RIPORTANTE I VALORI DELLA CURVA DI DISPERSIONE

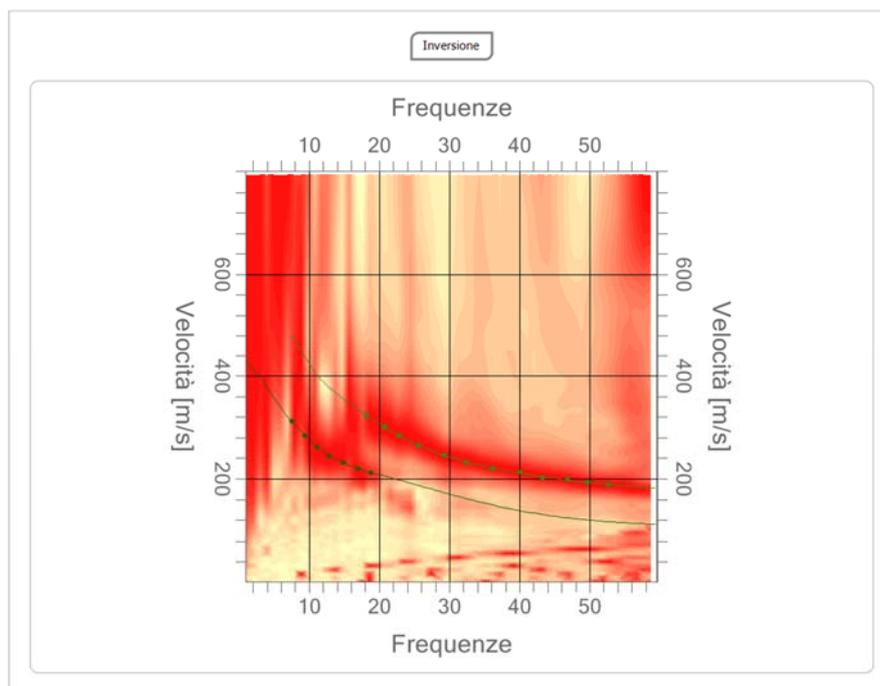
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	7.6	311.4	0
2	9.4	283.7	0
3	11.1	262.4	0
4	12.9	244.5	0
5	14.9	231.4	0
6	17.0	219.9	0
7	18.2	322.9	1
8	18.8	211.8	0
9	20.8	301.6	1
10	22.9	283.7	1
11	25.6	265.7	1
12	29.2	246.1	1
13	32.3	231.4	1
14	36.2	219.9	1
15	40.1	213.4	1
16	43.3	202.0	1
17	46.9	198.7	1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

ANDAMENTO DELLA CURVA DI DISPERSIONE

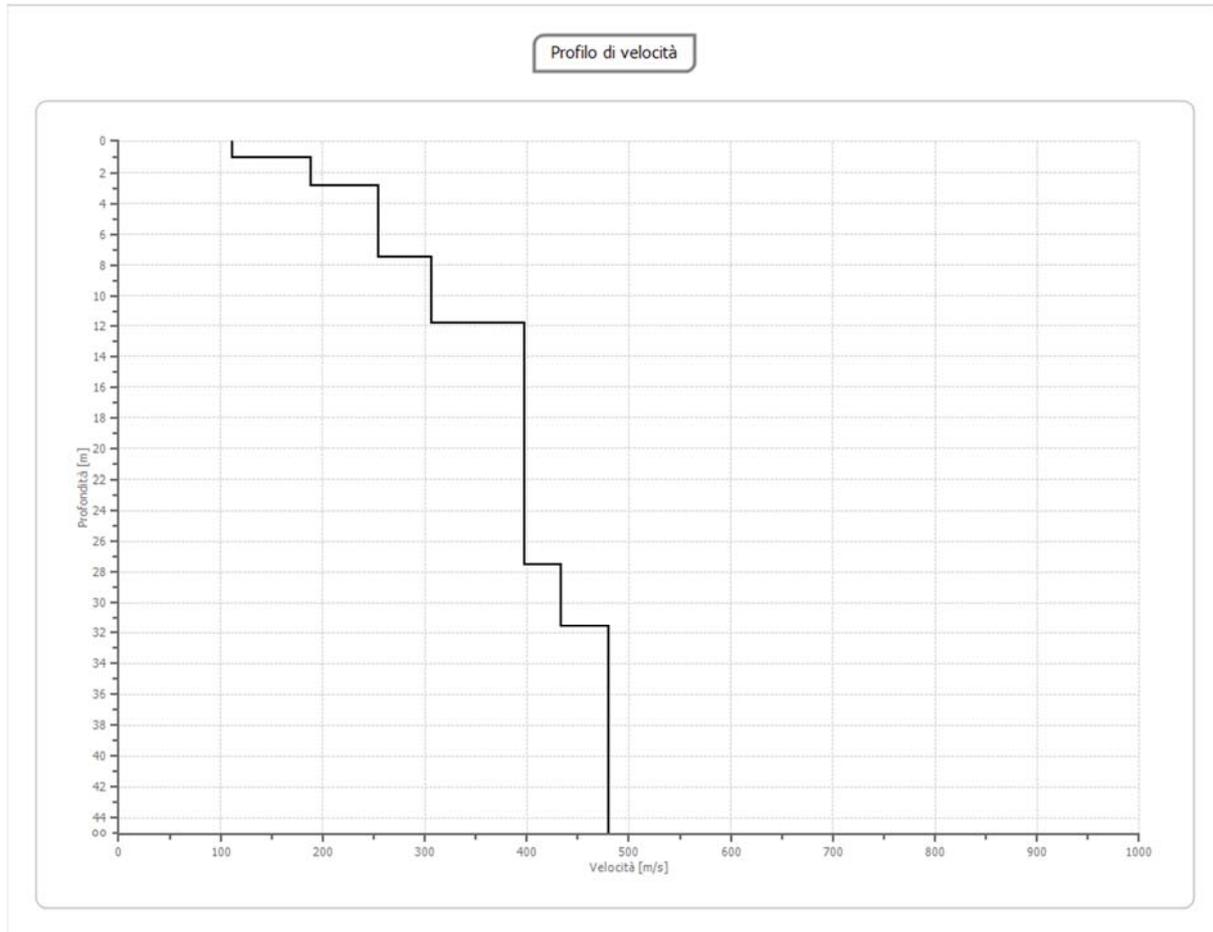


ANDAMENTO DELLA CURVA OTTENUTA CON IL PROCESSO DI INVERSIONE

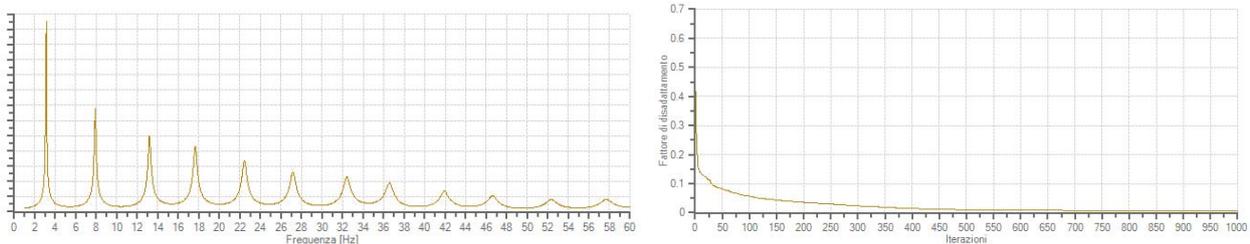
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.09	1.09	1850.0	0.4	No	230.4	110.7
2	2.84	1.74	1860.0	0.4	No	462.1	188.6
3	7.49	4.65	1930.0	0.3	No	475.5	254.2
4	11.81	4.33	1950.0	0.3	No	572.7	306.1
5	27.54	15.72	1960.0	0.3	No	742.9	397.1
6	31.61	4.07	1970.0	0.3	No	810.7	433.4
7	oo	oo	1980.0	0.3	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 ³]	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 14.01.2008 (GU del 04.02.2008, n. 29 – S.O. n. 30), 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:

<i>Velocità onde V_s da elaborazione MASW</i>				
Strato	Base strato [m]	h_i [m]	$V_{s,i}$ [m/s]	$h_i / V_{s,i}$ [s]
1	1.09	1.09	111	0.009847
2	2.84	1.75	189	0.009276
3	7.49	4.65	254	0.018294
4	11.81	4.32	306	0.014113
5	27.54	15.73	397	0.039611
6	31.61	2.46	433.36	0.005677

$V_{s,30}$ calcolato	309.86	[m/s]
Errore strumentale	0.002	[%]
$V_{s,30}$ - Max	309.86	[m/s]
$V_{s,30}$ - Min	309.85	[m/s]

In base al valore di $V_{s,30}$, considerato anche l'errore dell'elaborazione, il suolo di fondazione dell'area in esame può essere considerato di tipo C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).*