



Progetto Territorio

Programmi complessi, progettazione urbanistica, progettazione architettonica

Sede legale via Dania 8 - 15076 Ovada - Alessandria -

Sedi operative :

15100 Alessandria - via Isonzo 11

tel. 0131.234221

15076 Ovada - P.zza XX settembre 53 tel. 0143.86389

e-mail progettoterritorio@libero.it

Committente:

Comune di Cassine, p.zza Vittorio Veneto, 1

Intervento : *RIQUALIFICAZIONE AREA EX BOCCIOFILA CASSINESE E RIVITALIZZAZIONE DEL CENTRO STORICO - LOTTO 3*

Localizzazione : *Cassine - Al*

Elaborato:

DEFINITIVO/ESECUTIVO
Relazione geologica

n.

B

Scale :

Data:

APRILE 2017

Progettista : *ARCH. LUCA MASSA*

Studio associato

Progetto Territorio di Arch. Simona Illario, Arch. Luca Massa, Arch. Simona Santamaria

STUDIO GEOLOGIA
Dott. Cavalli Andrea
Via Raffaello 9 cap 15048 Valenza (AL)
c.f.: CVLNDR67D04A1820 - P.IVA: 02258680061
Tel/fax: 0131/952227 – cell:339/7226825
@-mail: andrea.cavalli@geologiacavalli.it

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DI ALESSANDRIA
COMUNE DI CASSINE

OGGETTO LAVORI

**Lavori di riqualificazione dell'ex bocciofila cassinese e di
rivitalizzazione del centro storico lotto 2**

COMMITTENTE
AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI CASSINE

**INDAGINE GEOLOGICA MEDIANTE ESECUZIONE DI
PROVE PENETROMETRICHE E SISMICHE, CON ANALISI
DI STABILITA' DELLA SCARPATA SOVRASTANTE AREA
PARCO GIOCHI E PARCHEGGIO**

RELAZIONE GEOLOGICA

Premessa ed inquadramento morfologico e geomorfologico

Ad integrazione degli atti di progetto di cui all'oggetto, è stata richiesta allo scrivente da parte dell'Amministrazione Comunale di Cassine, un'indagine geologica al fine di caratterizzare le peculiarità litologiche del sottosuolo in ossequio dal D.M. 14 gennaio 2008 N.T.C. (Norme Tecniche delle Costruzioni) ed in particolare un'analisi di stabilità della scarpata morfologica sovrastante ed adiacente alle attività di progetto adibite a piazzola per sosta e gioco, come indicato nelle tavole di progetto di cui agli stralci allegati.

L'area è ubicata nel centro abitato di Cassine in sponda destra del rio Bicogno, mentre la scarpata oggetto d'indagine avente una pendenza variabile da 50° a 45° circa, è ubicata sottostante alla Strada di Via del Torrione al raccordo con i terreni di fondovalle in sponda destra del rio. A lato della scarpata è presente una scala in cemento di accesso alla strada stessa, mentre alla base è presente materiale e terreno rimaneggiato e di riporto, mentre nella parte sommitale della scarpata stessa si notano fenomeni di erosione della coltre superficiale ad opera delle acque di percolazione di superficie.

L'indagine si è caratterizzata mediante l'esecuzione di un rilievo geologico dell'area oggetto d'indagine e di un intorno significativo ed è proseguita mediante l'esecuzione di n.3 prove penetrometriche per la caratterizzazione litotecnica del terreno per la verifica geotecnica di stabilità della scarpata stessa.

La formazione geologica affiorante in corrispondenza della scarpata oggetto d'indagine prende il nome delle "Argille di Lugagnano e Sabbie d'Asti" (Foglio n.70 Alessandria della Carta Geologica d'Italia). Trattasi di sedimenti sabbiosi e argillosi, nonché di sabbie più o meno stratificate con intercalazioni marnose compatte, calcareniti e calciruditi, con strati aventi un'immersione verso Nord Nord-Est ed inclinazioni variabili da 15° a 45° conferendo alla scarpata una configurazione geomorfologica a traverpoggio ossia con strati obliqui all'inclinazione della scarpata stessa.

La falda freatica, alimentata dalle acque d'infiltrazione di superficie e marginalmente dalle acque di sub-alveo del rio, risulta contenuta nei livelli sabbiosi superficiali ed anche nel substrato a matrice sabbiosa sottostante, la cui superficie libera si pone ad una quota media di -5,00 m dal p.c. ed essa risulta soggetta a variazioni altimetriche potendo raggiungere quote prossime al piano campagna in concomitanza di intensi periodi pioggia.

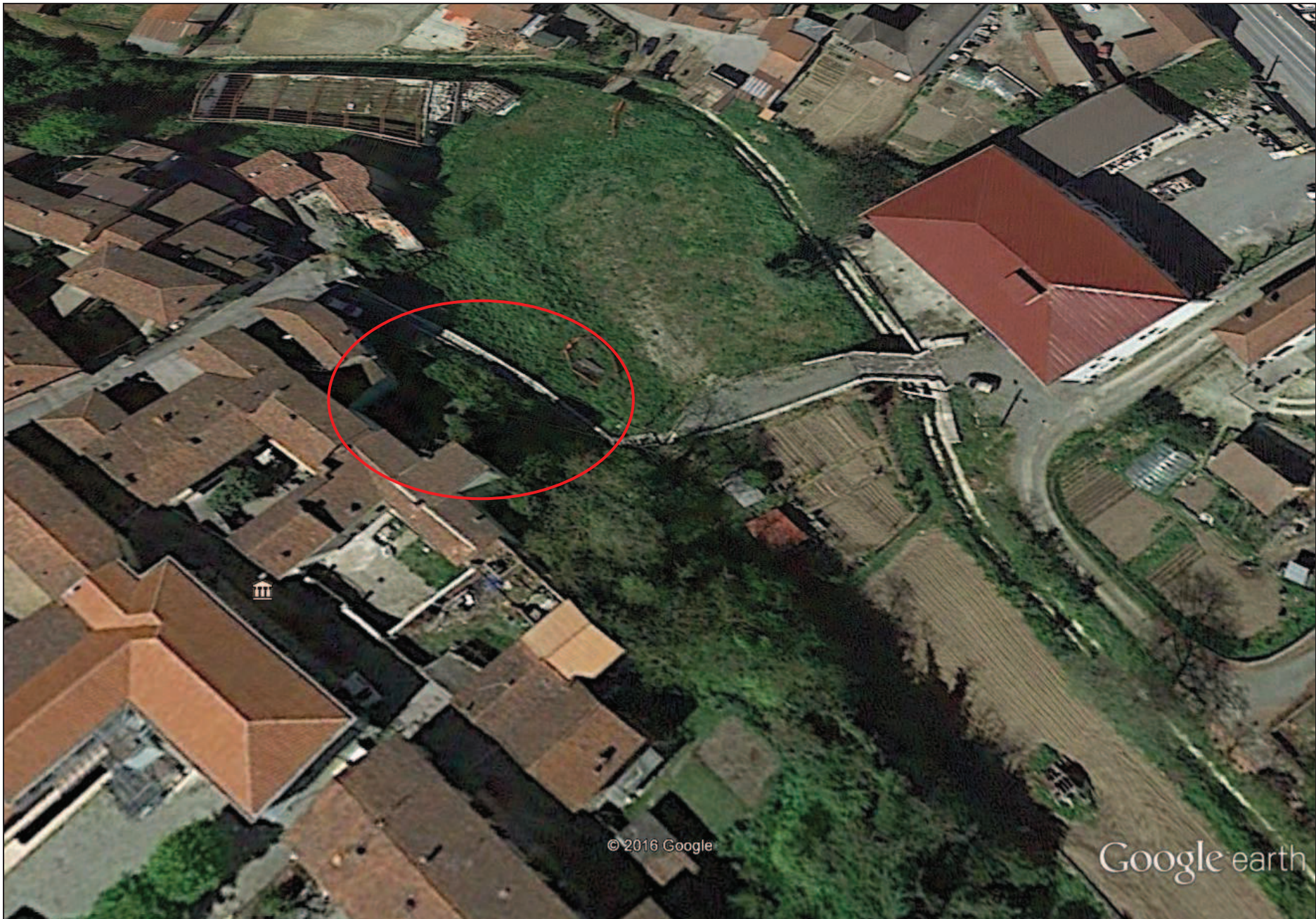
La carta Litotecnica del P.R.G.C. individua i terreni affioranti nella scarpata oggetto d'indagine come "Substrati terziari costituiti prevalentemente da sabbie a stratificazione incrociata e localmente da lenti di calcareniti: $\phi = 28-35^\circ$, $C' = 20-80 \text{ KPa}$, $\gamma = 19-20 \text{ kN/mc}$ ". Mentre per quanto riguarda i terreni alluvionali di fondovalle (sponda destra del rio) presenti alla base della scarpata stessa, come "Depositi alluvionali costituiti prevalentemente da terreni sabbioso-limosi-argillosi con aumento della frazione sabbiosa-ghiaiosa nella parte inferiore. Ai terreni fini possono essere attribuiti i seguenti parametri: in condizione non drenate $\phi_u = 0$, $C_u = 20-80 \text{ KPa}$, $\gamma = 18 \text{ kN/mc}$, in condizioni drenate $\phi' = 26-30^\circ$, $C' = 0 \text{ KPa}$, $\gamma = 17-18 \text{ kN/mc}$; ai terreni granulari possono essere attribuiti: $C' = 0 \text{ KPa}$, $\phi' = 28-35^\circ$, $\gamma = 16-18 \text{ kN/mc}$."

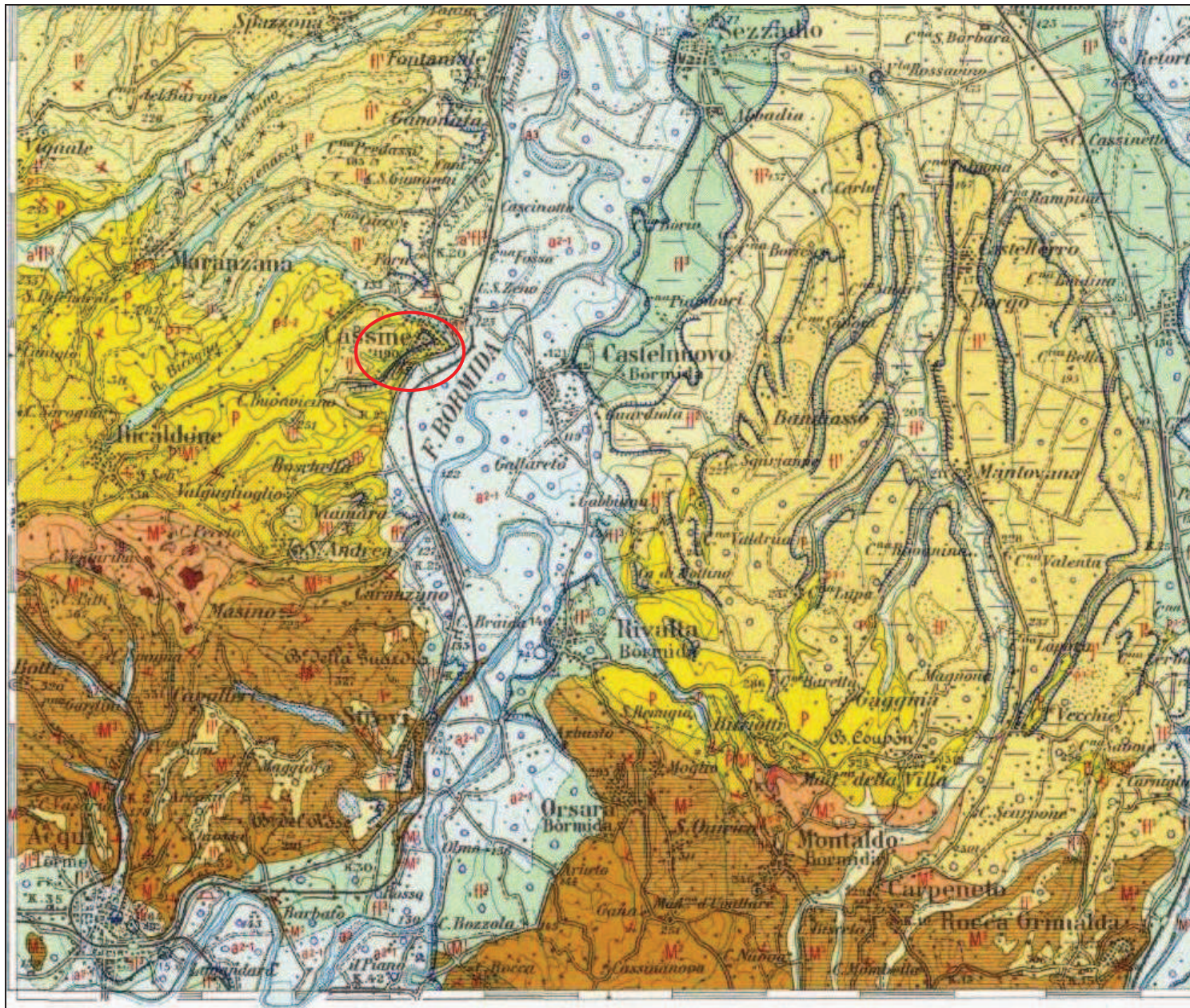
La Carta di "Sintesi della Pericolosità Geomorfologica e dell'idoneità all'Utilizzazione Urbanistica" del P.R.G.C inserisce la scarpata oggetto d'indagine nella CLASSE II definita come "Porzioni di territorio nelle quali le condizioni di moderata pericolosità geomorfologica possono essere superate attraverso l'adozione ed il rispetto di accorgimenti tecnici derivanti da indagini geognostiche, studi geologici e geotecnici, da eseguire nelle aree di intervento, in fase di progetto esecutivo, in ottemperanza al D.M. 11.03.88"

Per quanto concerne l'area di fondovalle rientra nella *CLASSE IIIa* definita come “*porzioni di territorio inedificate che presentano caratteri geomorfologici e idrogeologici che le rendono inidonee a nuovi insediamenti...*” ed in particolare il rio Bicogno risulta caratterizzato in corrispondenza dell'area d'intervento come in ampia parte del concentrico da processi di dissesto legati alla *dinamica fluviale e torrentizia caratterizzati da pericolosità lineare molto elevata (EeL)*.



Scarpata al raccordo terreni alluvionali di fondovalle sponda destra del rio Bicogno, alla sommità erosione coltre superficiale.

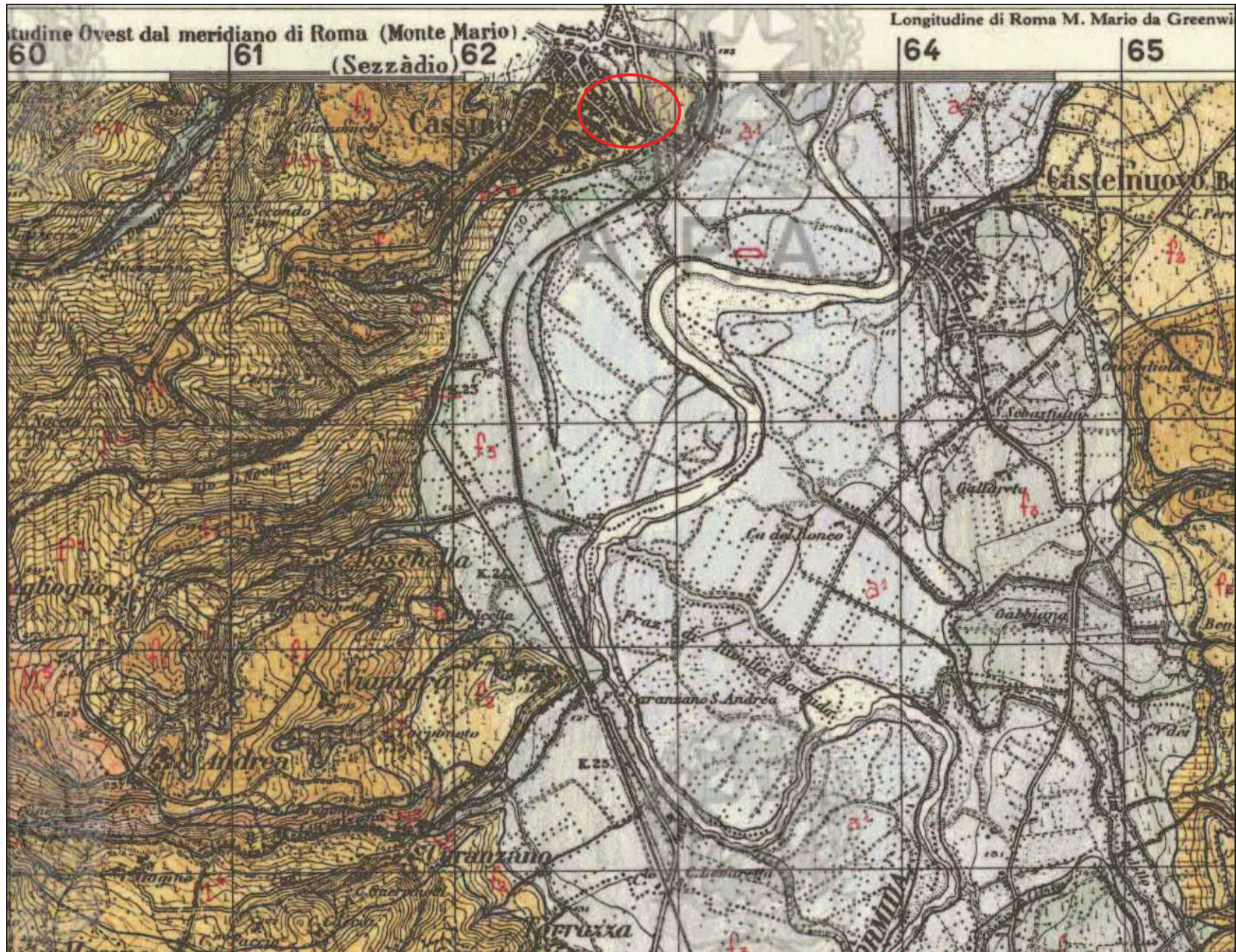




Stralcio Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000 Foglio N.70 Alessandria



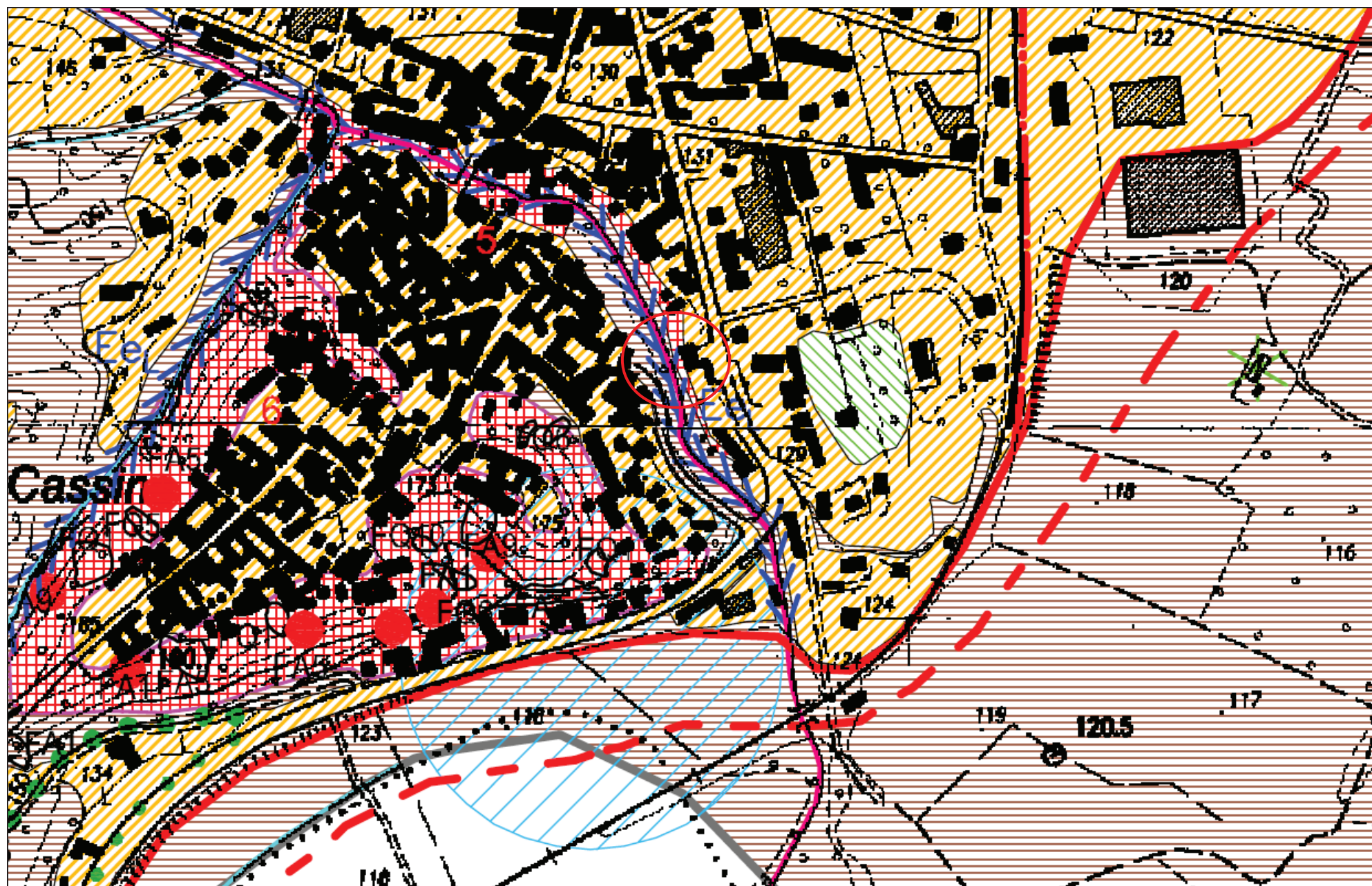
Stralcio Carta Geologica d'Italia in scala 1.100000 Foglio N.70 Alessandria



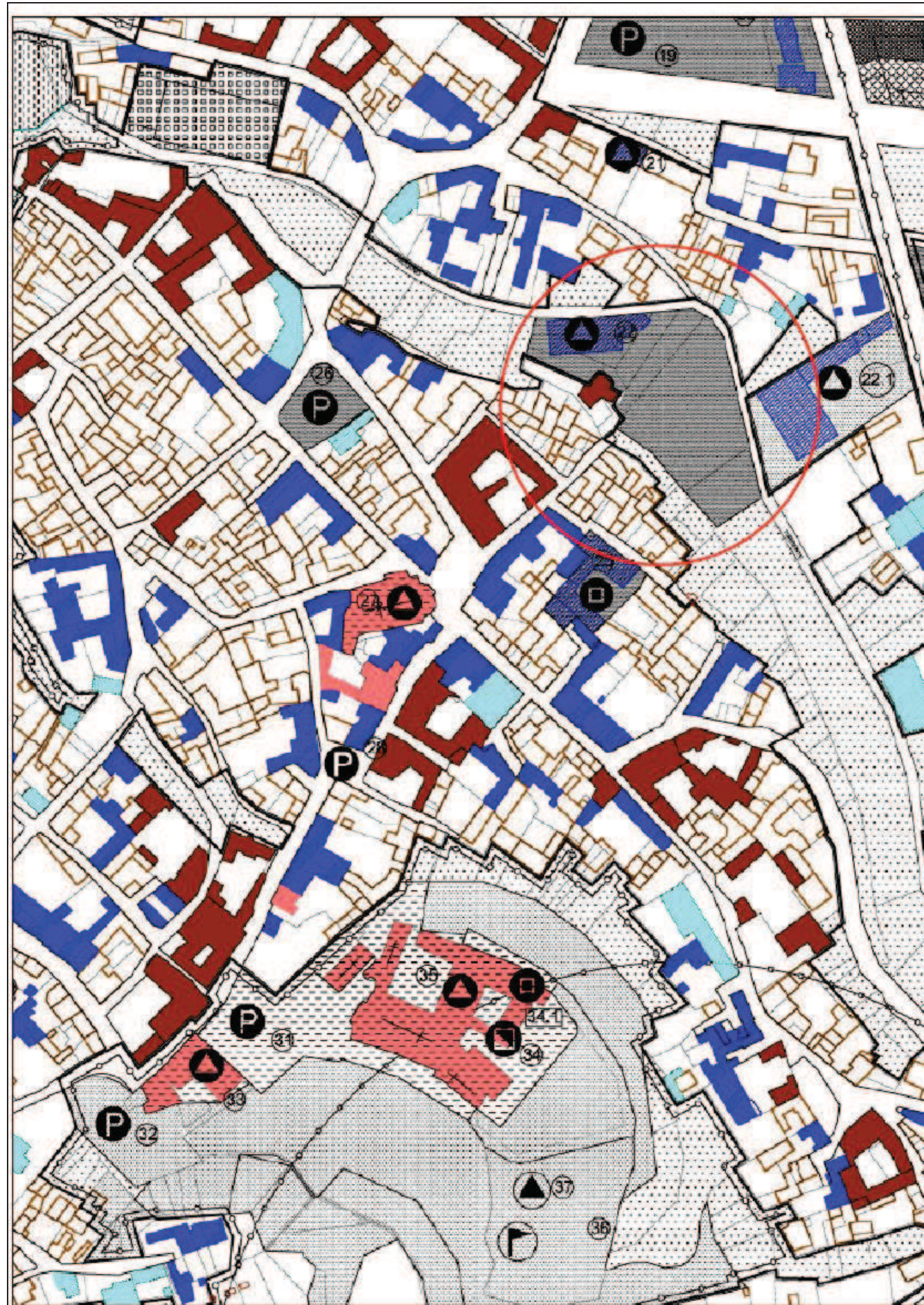
Stralcio Rilievo geologico in scala 1:25000 Foglio N. 70 Acqui Carta d'Italia



Stralcio Carta Litotecnica P.R.G.C.



Stralcio carta di Sintesi del P.R.G.C.



ATTREZZATURE E SERVIZI

	ESISTENTI	PROGETTO
Pozzi acquedotto (N.A. Art. 13, Punto 4)		
Asilo nido e scuola materna		
Scuola elementare		
Scuola media		
Attrezzature sociali, civili e religiose		
Verde attrezzato, sport		
Parcheggi		
Acquedotto	A	

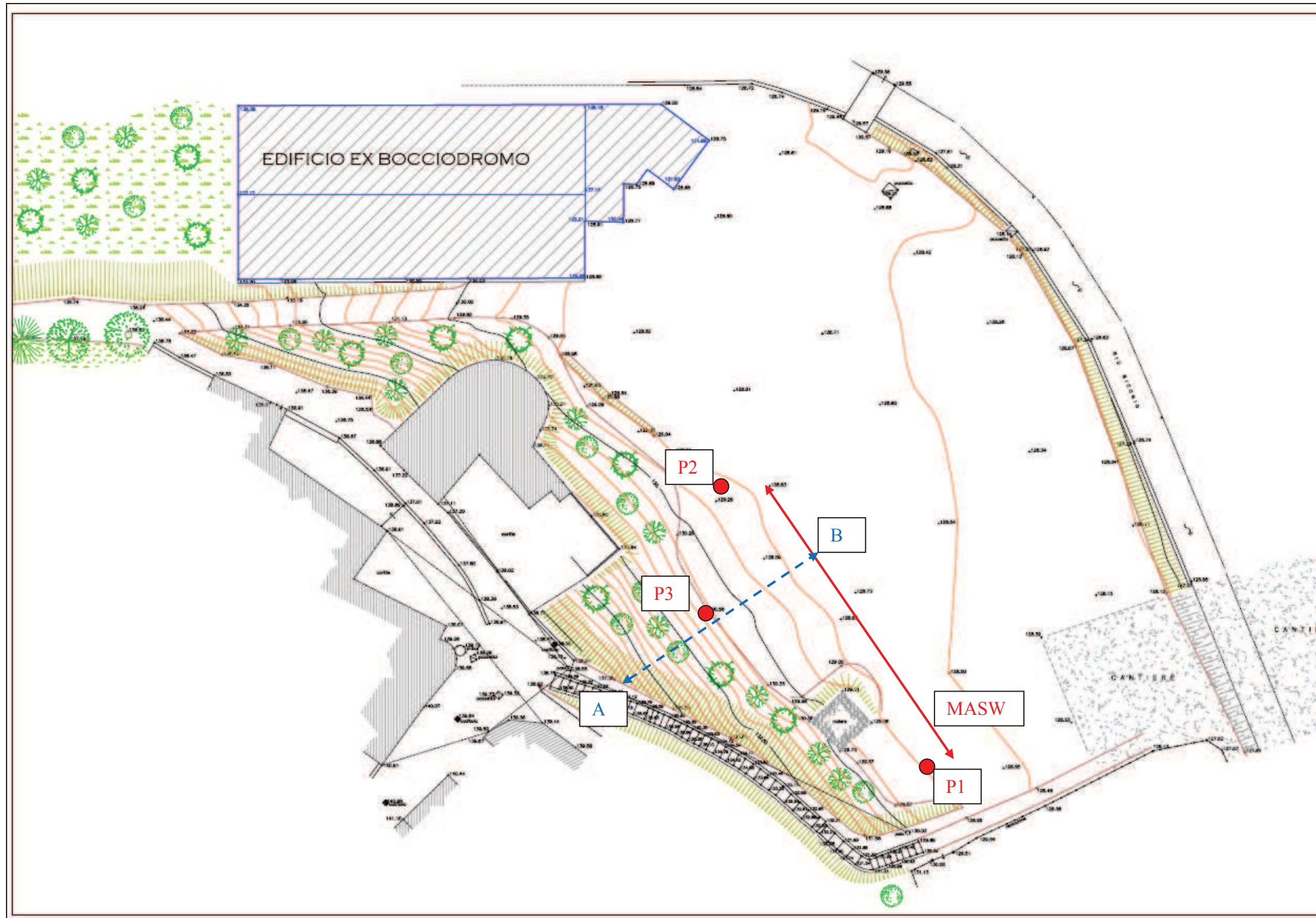
ESTRATTO PIANO REGOLATORE SCALA 1:2.000

AREA OGGETTO
DI RICHIESTA INTERVENTO



PLANIMETRIA CATASTALE SCALA 1:2.000

LIMITE PROPRIETA' COMUNALE

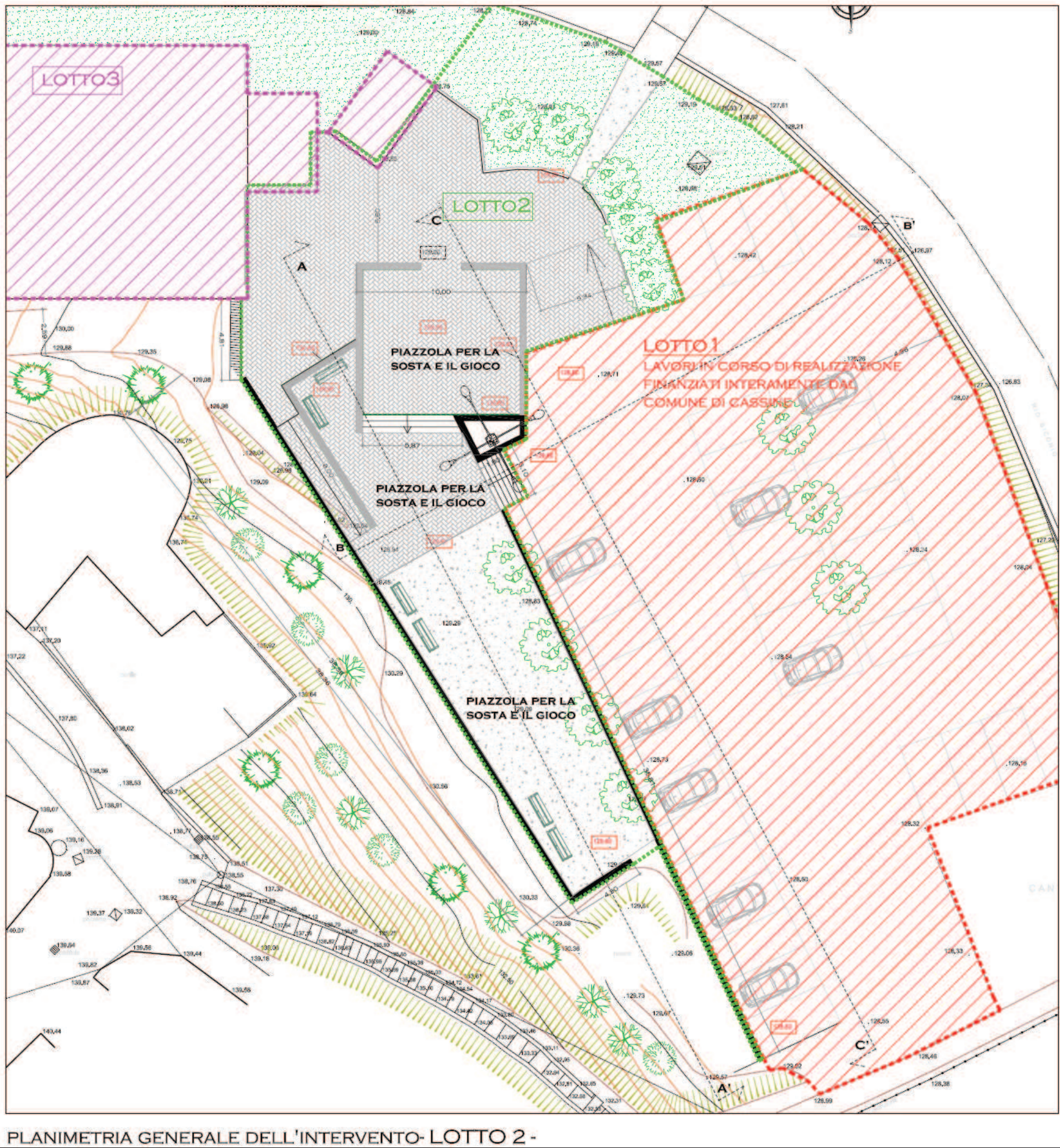


Stralcio rilievo stato di fatto

P1-P2-P3 PROVE PENETROMETRICHE ●

MASW stendimento sismico ↔

Traccia sezione analisi stabilità ↔



Pericolosità sismica del sito

Ottemperando alle disposizioni normative in ambito sismico l'area oggetto d'indagine è classificata in *ZONA SISMICA 3* a cui corrisponde un MEDIO-BASSO grado di pericolosità sismica (accelerazione massima al suolo A_g compresa tra 0.025 e 0,05 g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi $V_s < 800$ m/sec).

Il pregevole lavoro inerente la *ZONAZIONE SISMOGENETICA Z69 – APP.2 AL RAPPORTO CONCLUSIVO* (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica – ORDINANZA PCM 20.03.03 N.3274 – ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA (a cura di C. Meletti e G. Valensise, marzo 2004), non individua l'area d'indagine come ampia parte del Piemonte centro meridionale, all'interno di un'area/zona sismo genetica attiva e significativa, come indicato nelle tavole sotto riportate.

La magnitudo (M) dell'area d'indagine, ottenuta con il processo di disaggregazione desunto dal sito internet dell'INGV (Istituto nazionale di Geofisica e Vulcanologia) relativa agli eventi sismici attesi per il Comune di Cassine con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, è risultata pari a 5,00.

In base ai dati della prova sismica MASW il suolo di fondazione appartiene alla **categoria B** ovvero come **“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 > 50 nei terreni a grana grossa e $c_{u30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).”**

Alla data del 30 agosto 2016 alla base della scarpata è stata effettuata **una prova sismica MASW** (Multichannel Analysis of Surface Waves), per la determinazione nei primi 30 metri della colonna stratigrafica della velocità delle onde sismiche di taglio VS30 da cui ricavare la *categoria di suolo* in riferimento al D.M. 14-01-2008 (Norme Tecniche delle Costruzioni), **approccio semplificato di normativa** (cap. 3.2.2 NTC).

Per lo stendimento sismico sono stati utilizzati n.12 geofoni a 4,5 Hz infissi nel terreno, con distanza intergeofonica di 4,00 m per una lunghezza totale di 48,00 metri, mentre come energizzazione è stata utilizzata una mazza battente di 8 Kg, gli impatti sono stati effettuati ad una distanza di 4,00 metri dal primo geofono.

L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 1- acquisizione dei dati di campo;
- 2- estrazione della curva di dispersione;

inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità

Di seguito nei tabulati sono riportati i risultati delle prove MASW.

Nel riquadro in alto a sinistra è riportata l'immagine di dispersione dell'energia sismica. Al di sotto è riportata l'estrazione della curva di dispersione eseguita sull'immagine precedente.

Ancora sotto sono riportati i grafici relativi al modello del terreno, sia sotto forma di stratificazione Vs (spezzata di colore blu) che di Modulo di Taglio (spezzata verde). Per il calcolo del modulo di taglio è stata usata una formula approssimata per la valutazione della densità, non nota. La formula utilizzata è la seguente:

$$\text{Densità} = 1,5 + V_s/1000$$

Poiché il valore del modulo di taglio G in Mega-Pascal si ottiene dalla formula

$$G = V_s \times V_s \times \text{Densità} / 10^3$$

Con una curva di colore rosso è stato tracciato il valore di Vs progressiva.

Dalla curva si può quindi ricavare il valore di Vs10, Vs20 e così via, e quindi anche il valore di Vs30, quest'ultimo ovviamente alla profondità 30.

A destra è visibile il sismogramma mentre in basso è riportato il valore del parametro Vs30 calcolato utilizzando la stratigrafia Vs e la formula

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1, N} h_i / V_i}$$

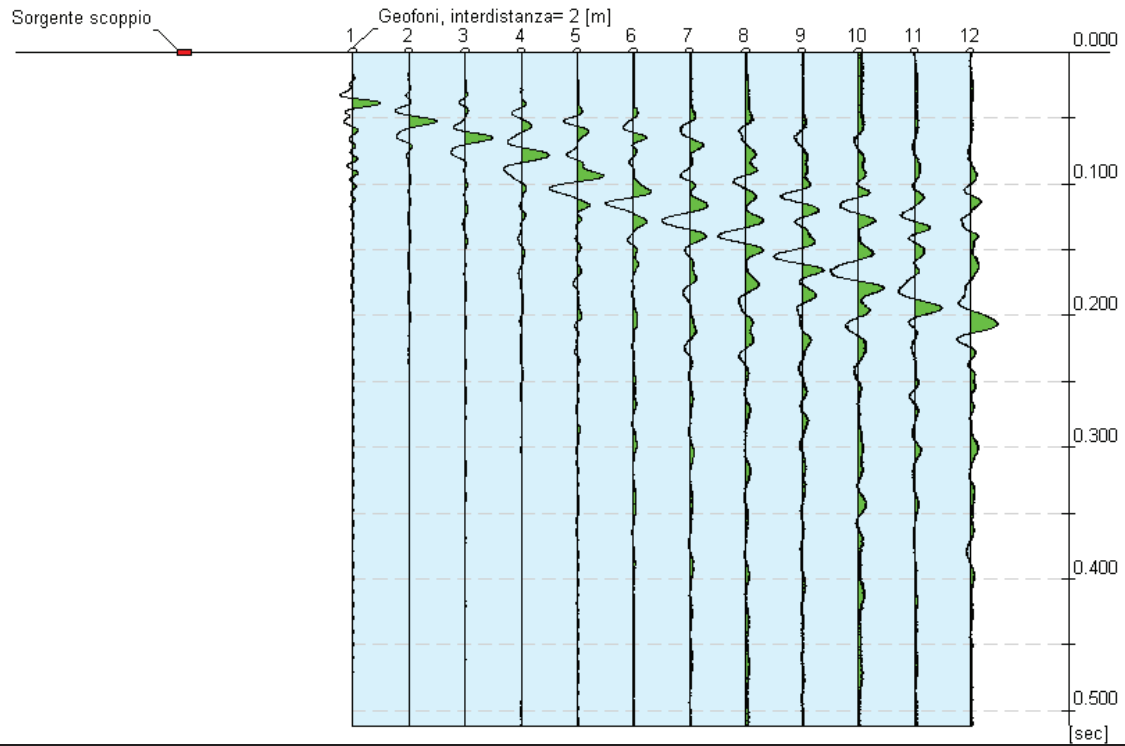
dove h_i e V_i indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio (m/s) dello strato i – esimo, per un totale di N strati presenti nei 30,00 m superiori

Prova MASW DATA: 30 AGOSTO 2016

Tracce

N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	512.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	0.125

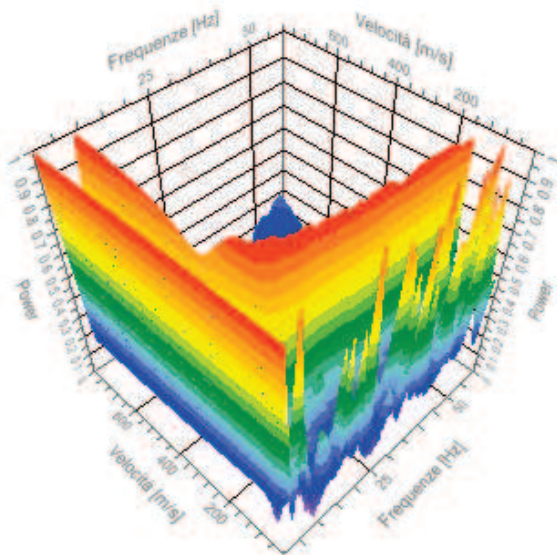
Operatore: STUDIO CAVALLI ANDREA
Responsabile: ANDREA CAVALLI
Data: 15/09/2016

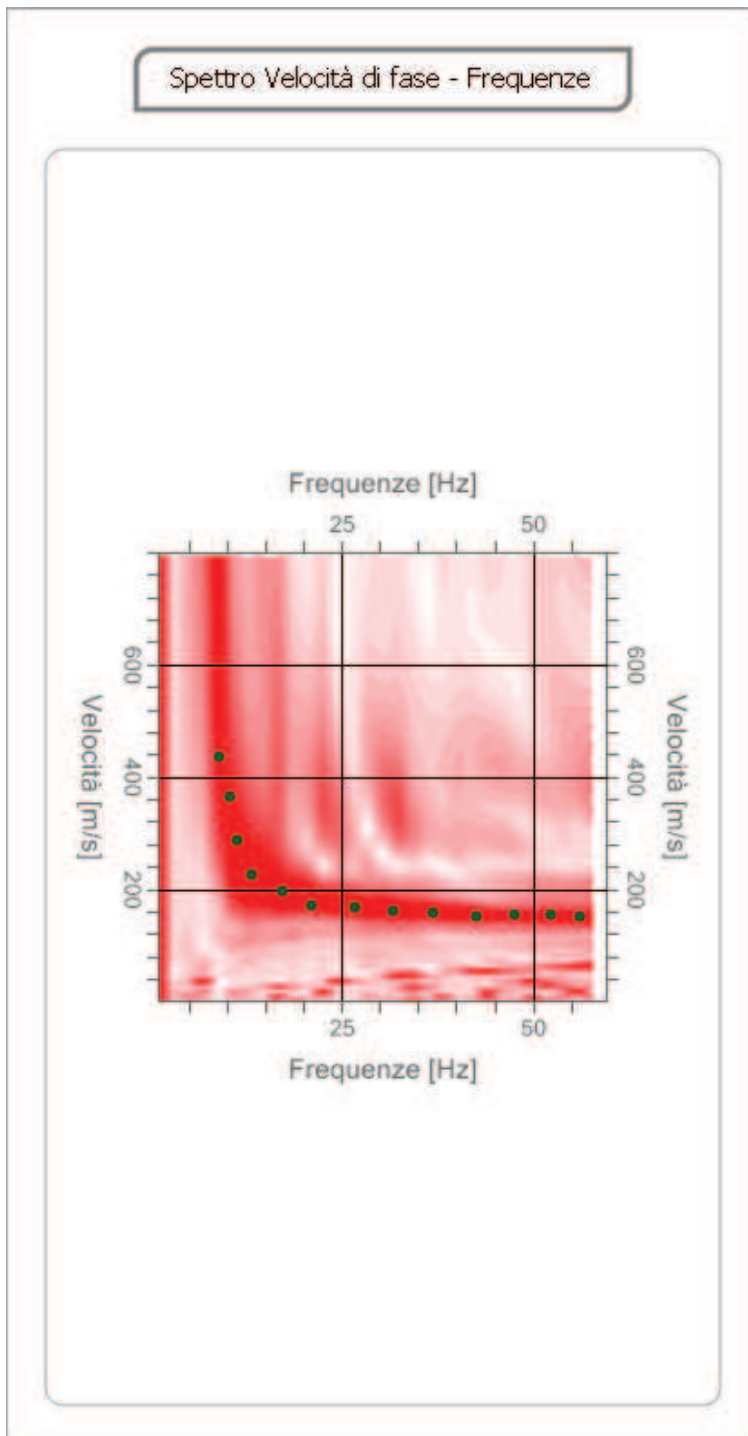


Analisi spettrale

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

Spettro Velocità di fase - Frequenze



Curva di dispersione

Inversione

n.	Descrizione	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficiente Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1		3.80	3.80	1838.0	0.3	No	299.3	160.0
2		5.80	2.00	1800.0	0.3	No	473.9	253.3
3		7.80	2.00	1800.0	0.3	No	429.6	229.6
4		oo	oo	1800.0	0.3	Si	1122.5	600.0

Percentuale di errore

0.749 %

Fattore di disadattamento della soluzione

0.066

Risultati

Profondità piano di posa [m]	0.00
Vs30 [m/sec]	387
Categoria del suolo	B

Suolo di 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 Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

Altri parametri geotecnici

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Vp [m/s]	Densità [kg/mc]	Coefficiente Poisson	G0 [MPa]	Ed [MPa]	M0 [MPa]	Ey [MPa]	NSPT	Qc [kPa]
1	3.80	3.80	160.00	299.33	1650.21	0.30	47.03	164.61	101.90	122.28	66	247.80
2	5.80	2.00	253.33	473.94	1750.00	0.30	115.52	404.32	250.29	300.35	N/A	2494.46
3	7.80	2.00	229.61	429.55	1720.00	0.30	94.89	332.13	205.60	246.72	N/A	1521.77
4	oo	oo	600.00	1122.50	1820.00	0.30	648.00	2268.00	1404.00	1684.80	0	N/A

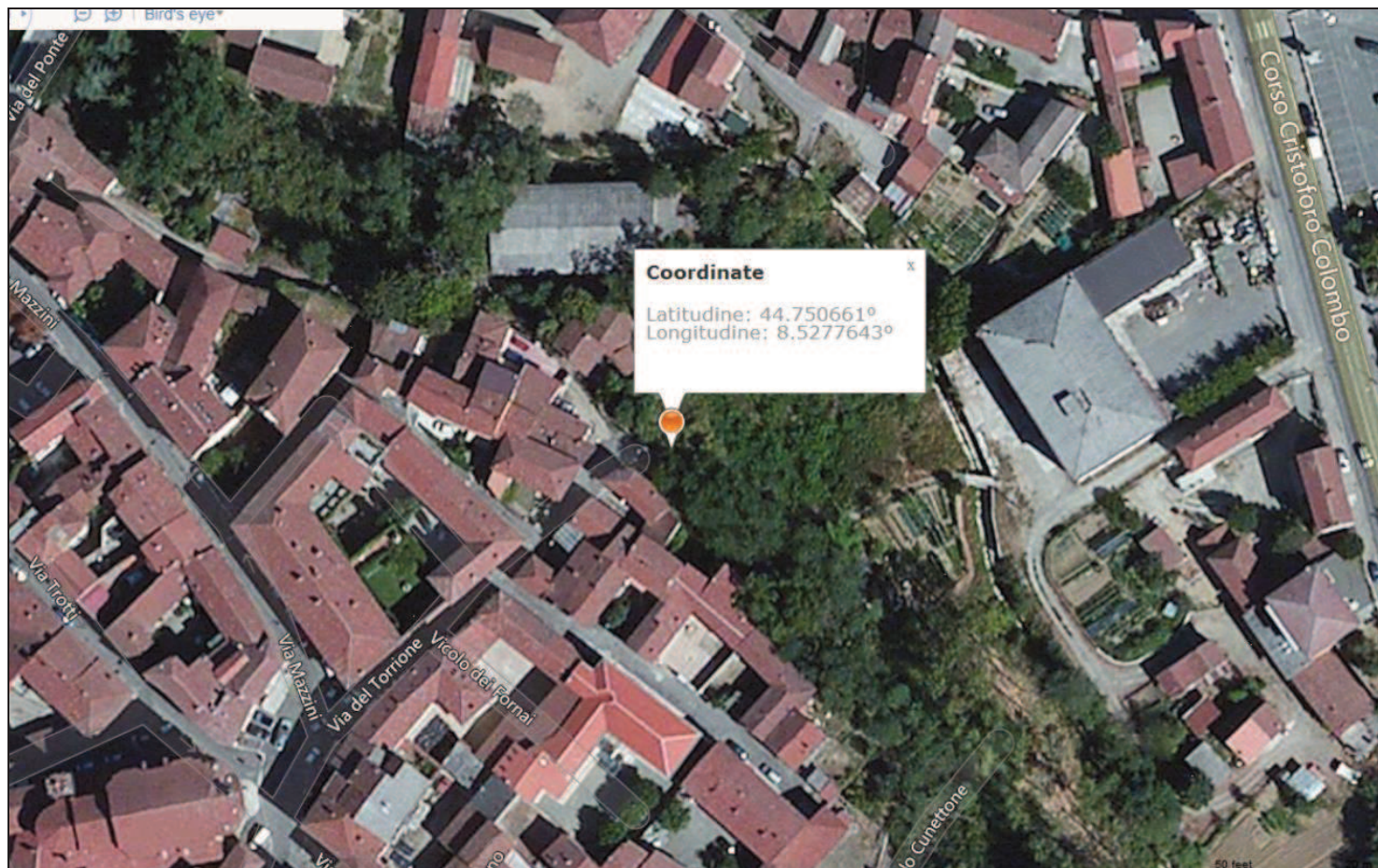
G0: Modulo di deformazione al taglio;

Ed: Modulo edometrico;

M0: Modulo di compressibilità volumetrica;

Ey: Modulo di Young;

PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE



Vita nominale (Vn):	100 [anni]
Classe d'uso:	III
Coefficiente d'uso (Cu):	1,5
Periodo di riferimento (Vr):	150 [anni]

Periodo di ritorno (Tr) SLO:	90 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLD:	151 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLV:	1424 [anni]
Periodo di ritorno (Tr) SLC:	2475 [anni]

Tipo di interpolazione: Superficie rigata

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	44,7506600 [°]
Longitudine (WGS84):	8,5277640 [°]
Latitudine (ED50):	44,7516200 [°]
Longitudine (ED50):	8,5288250 [°]

Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]
1	15358	44,730350	8,494444
2	15359	44,733270	8,564694
3	15137	44,783190	8,560565
4	15136	44,780270	8,490328

Parametri di pericolosità sismica per TR diversi da quelli previsti nelle NTC08, per i nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento

Punto 1

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,018	2,566	0,161
	50	0,024	2,563	0,191
	72	0,028	2,549	0,207
SLO	90	0,031	2,552	0,217
	101	0,033	2,554	0,222
	140	0,037	2,570	0,245
SLD	151	0,038	2,565	0,249
	201	0,042	2,549	0,262
	475	0,058	2,556	0,283
	975	0,077	2,538	0,288
SLV	1424	0,089	2,518	0,290
SLC	2475	0,110	2,490	0,294

Punto 2

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,019	2,552	0,161
	50	0,025	2,549	0,195
	72	0,030	2,514	0,212
SLO	90	0,033	2,527	0,222
	101	0,035	2,533	0,227
	140	0,039	2,549	0,251
SLD	151	0,040	2,533	0,255
	201	0,046	2,473	0,272
	475	0,066	2,491	0,279
	975	0,090	2,466	0,281
SLV	1424	0,105	2,468	0,281
SLC	2475	0,130	2,472	0,282

Punto 3

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,019	2,547	0,161
	50	0,025	2,545	0,194
	72	0,030	2,516	0,211
SLO	90	0,032	2,527	0,221

	101	0,034	2,533	0,226
	140	0,038	2,550	0,248
SLD	151	0,040	2,537	0,253
	201	0,045	2,489	0,271
	475	0,064	2,517	0,278
	975	0,086	2,495	0,280
SLV	1424	0,100	2,488	0,282
SLC	2475	0,124	2,478	0,284

Punto 4

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
	30	0,018	2,561	0,161
	50	0,023	2,529	0,189
	72	0,028	2,556	0,206
SLO	90	0,031	2,556	0,216
	101	0,032	2,556	0,221
	140	0,036	2,572	0,234
SLD	151	0,037	2,571	0,239
	201	0,041	2,569	0,258
	475	0,057	2,560	0,282
	975	0,074	2,548	0,289
SLV	1424	0,085	2,536	0,291
SLC	2475	0,104	2,518	0,294

Punto d'indagine

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	90	0,032	2,540	0,219
SLD	151	0,039	2,551	0,250
SLV	1424	0,095	2,500	0,286
SLC	2475	0,118	2,487	0,288

PERICOLOSITÀ SISMICA DI SITO

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1,000

Categoria sottosuolo:

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 NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e cu_{30} maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

Categoria topografica:

T2: Pendii con inclinazione media maggiore di 15°

Coefficienti sismici per muri di sostegno

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,008	0,010	0,025	0,041
kv	0,004	0,005	0,012	0,020
amax [m/s ²]	0,450	0,549	1,347	1,667
Beta	0,180	0,180	0,180	0,240

Coefficienti sismici per muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,046	0,056	0,137	0,170
kv	0,023	0,028	0,069	0,085
amax [m/s ²]	0,450	0,549	1,347	1,667
Beta	1,000	1,000	1,000	1,000

Coefficienti sismici per paratie

Altezza paratia (H): 3,0 [m]

Spostamento ammissibile us: 0,015 [m]

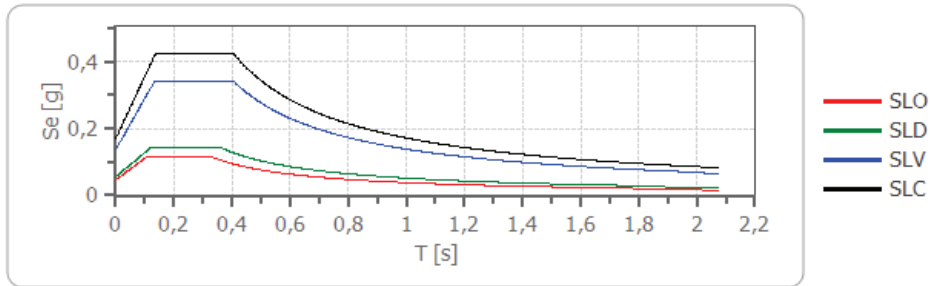
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,030	0,036	0,089	0,110
kv	--	--	--	--
amax [m/s ²]	0,450	0,549	1,347	1,667
Beta	0,650	0,650	0,650	0,650

Coefficienti sismici stabilità di pendii e fondazioni

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,009	0,011	0,027	0,041
kv	0,005	0,006	0,014	0,020
amax [m/s ²]	0,450	0,549	1,347	1,667
Beta	0,200	0,200	0,200	0,240

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,5	0,032	2,540	0,219	1,200	1,490	1,200	1,440	1,000	0,109	0,326	1,728	0,046	0,117
SLD	1,5	0,039	2,551	0,250	1,200	1,450	1,200	1,440	1,000	0,121	0,362	1,755	0,056	0,143
SLV	1,5	0,095	2,500	0,286	1,200	1,410	1,200	1,440	1,000	0,134	0,403	1,981	0,137	0,343
SLC	1,5	0,118	2,487	0,288	1,200	1,410	1,200	1,440	1,000	0,135	0,406	2,072	0,170	0,423

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

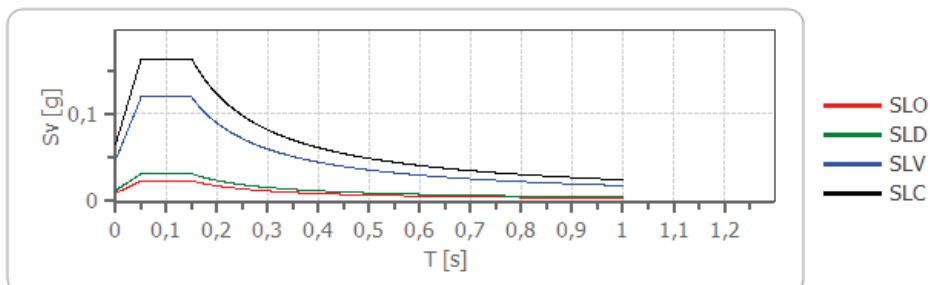
Coefficiente di smorzamento viscoso ξ :

5 %

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}$:

1,000

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(T B) [g]
SLO	1,5	0,032	2,540	0,219	1	1,490	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,009	0,023
SLD	1,5	0,039	2,551	0,250	1	1,450	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,012	0,032
SLV	1,5	0,095	2,500	0,286	1	1,410	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,048	0,119
SLC	1,5	0,118	2,487	0,288	1	1,410	1,200	1,200	1,000	0,050	0,150	1,000	0,066	0,163

Prospezioni penetrometriche, metodologia, dati di campagna e stratigrafie

Utilizzando un penetrometro super-pesante dinamico-statico PAGANI TG 63 da 100 KN tipo “EMILIA” conforme alle norme di misurazione AGI (Associazione Geotecnica Italiana - 1977 -) ed un penetrometro leggero PAGANI DM30 con il quale si determinano i principali parametri geotecnici del terreno suddividendolo in strati omogenei ad ugual capacità di carico, sono state effettuate alla data del 30 agosto e 19 settembre 2016 n.3 prospezioni penetrometriche posizionate in corrispondenza della scarpata oggetto di analisi di stabilità di versante.

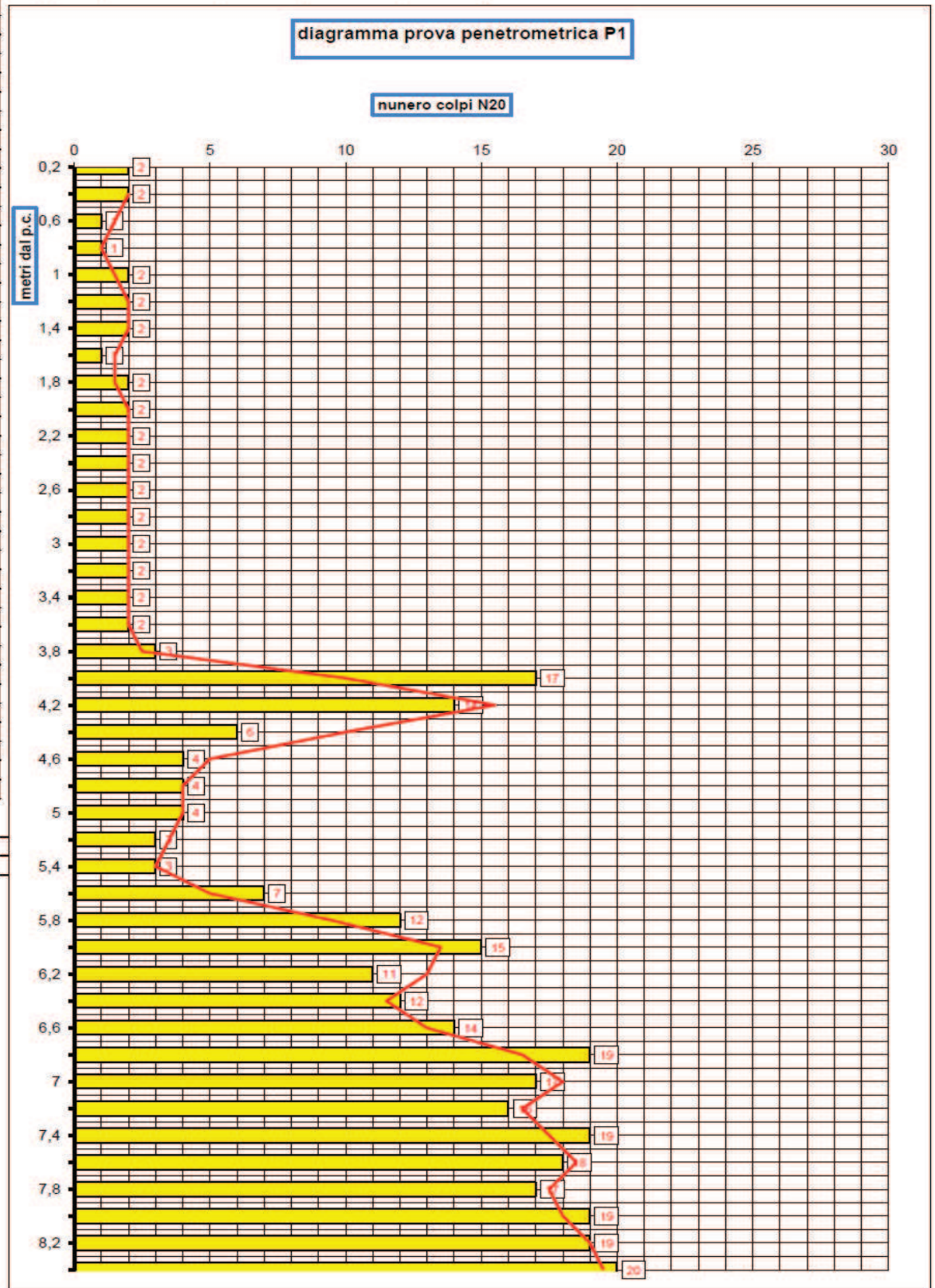
Alla base della scarpata sono state effettuate n.2 prove mediante penetrometro dinamico super pesante PAGANI, mentre in corrispondenza della scarpata stessa, sovrastante al riporto, è stata effettuata una prova mediante penetrometro DM30 al fine di evidenziare il substrato sabbioso compatto in corrispondenza del profilo della scarpata stessa ad elevata pendenza.



Prova penetrometrica 1 (base scarpata)

COMUNE DI CASSINE							
Prova penetrometrica dinamica P1 (base scarpata)							
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI							
P = peso del maglio 63,5 Kg	piano campagna (posa penetrometro)						
H = altezza caduta maglio 75 cm							
d = diametro aste piene 32 mm							
A = sezione punta conica (60°) 20 cmq							
p = penetrazione 20 cm (N20)							
Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste							
Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cm}^2$							
Energia specifica colpo penetrometro DPSH N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cm}^2$							
Coefficiente teorico di energia $t = Q / Q_{spt} = 1,52$							
Data: 30 agosto 2016							
profondità dal p.c. colpi							
(metri)	DPHS N20						

0,2	2
0,4	2
0,6	1
0,8	1
1	2
1,2	2
1,4	2
1,6	1
1,8	2
2	2
2,2	2
2,4	2
2,6	2
2,8	2
3	2
3,2	2
3,4	2
3,6	2
3,8	3
4	17
4,2	14
4,4	6
4,6	4
4,8	4
5	4
5,2	3
5,4	3
5,6	7
5,8	12
6	15
6,2	11
6,4	12
6,6	14
6,8	19
7	17
7,2	16
7,4	19
7,6	18
7,8	17
8	19
8,2	19
8,4	20





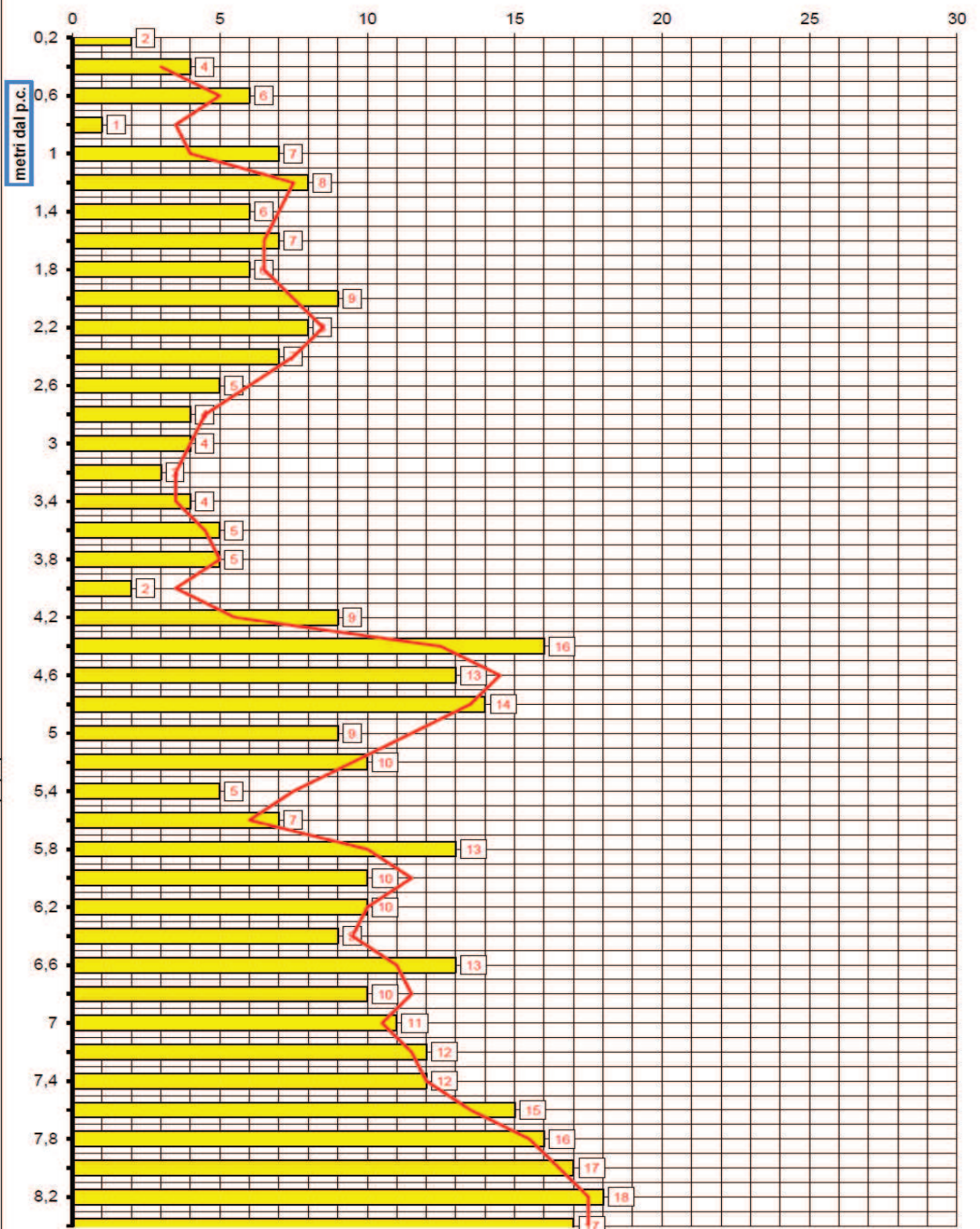
Prova penetrometrica 2 (base scarpata)

COMUNE DI CASSINE									
Prova penetrometrica dinamica P2 (base scarpata)									
penetrometro TG 63,5 -100 - KN dinamico super-pesante PAGANI									
P = peso del maglio 63,5 Kg	piano campagna (posa penetrometro)								
H = altezza caduta maglio 75 cm									
d = diametro aste piene 32 mm									
A = sezione punta conica (60°) 20 cmq									
p = penetrazione 20 cm (N20)									
Rendimento energetico: 78% circa energia trasmessa dal maglio alle aste									
Energia specifica colpo penetrometro SPT = $Q = 7,83 \text{ Kg/cmq}$									
Energia specifica colpo penetrometro DPHS N20 = $Q = (M \times H) / (A \times p) = 11,90 \text{ Kg/cmq}$									
Coefficiente teorico di energia $t = Q / Q_{spt} = 1,52$									
Data: 30 agosto 2016									
profondità dal p.c.	colpi			Falda idrica: non riscontrata					
(metri)	DPHS N20								

0,2	2
0,4	4
0,6	6
0,8	1
1	7
1,2	8
1,4	6
1,6	7
1,8	6
2	9
2,2	8
2,4	7
2,6	5
2,8	4
3	4
3,2	3
3,4	4
3,6	5
3,8	5
4	2
4,2	9
4,4	16
4,6	13
4,8	14
5	9
5,2	10
5,4	5
5,6	7
5,8	13
6	10
6,2	10
6,4	9
6,6	13
6,8	10
7	11
7,2	12
7,4	12
7,6	15
7,8	16
8	17
8,2	18
8,4	17

diagramma prova penetrometrica P2

numero colpi N20



COMUNE DI CASSINE

STRATIGRAFIA PROVA PENETROMETRICA P2 Data 30 AGOSTO 2016 (base scarpata)

prof	strati	tipologia	γ	γ'	Σ	Cu	Mv		ϕ	K orizz	K perm	K Winkler
METRI	0,00	piano campagna	Kg/mc	Kg/mc	Kg/cm ^q	Kg/cm ^q	cm ^q /Kg		°	Kg/cm ^q	cm/sec	Kg/cm ^c
4,00		Terreni limosi e sabbiosi poco compatti (rimaneggiati ed incoerenti)	1758	1758	0,7	0,52	0,018147		30	1,03	4,64E-04	
5,40		Sabbie argillose più compatte	1869	1869	0,97	1,09	0,013778		31	2,171	4,38E-04	
8,40		Substrato sabbioso e argilloso compatto	1894	1894	1,53	1,29	0,00937		28	1,716	3,93E-04	2,00

legenda parametri geotecnici ottenuti attraverso discretizzazione dati medi prove pemetrometriche

γ = peso di volume	Korizz = moulo reaz. orizz.						
γ' = peso di volume	Φ = angolo attrito						
Σ = pressione litostatica	Mv = coefficiente di compressibilità di volume						
Cu = coesione non drenata	K Winkler (formula di Bowles capacità portante)						



Prova penetrometrica 3 (scarpata, parte basale)
Penetrometro dinamico PAGANI DM30

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA P3**COMUNE DI CASSINE ANALISI STABILITA' SCARPATA**

penetrometro PAGANI DINAMICO LEGGERO

P = peso del maglio 30,00 Kg

H = altezza caduta maglio 10 cm

A = sezione punta conica 10 cmq

p = penetrazione 10 cm (N10)

BASE SCARPATA

Data: 19 SETTEMBRE 2016

profondità dal p.c.

(metri)

colpi

DPHS N30

PIANO DI POSA DEL PENETROMETRO: *piano campagna*

0,1 1

0,2 1

0,3 1

0,4 1

0,5 3

0,6 4

0,7 3

0,8 4

0,9 3

1 4

1,1 12

1,2 13

1,3 11

1,4 8

1,5 15

1,6 17

1,7 18

1,8 17

1,9 20

2 20

2,1 30

2,2 29

2,3 18

2,4 25

2,5 30

2,6 35

2,7 30

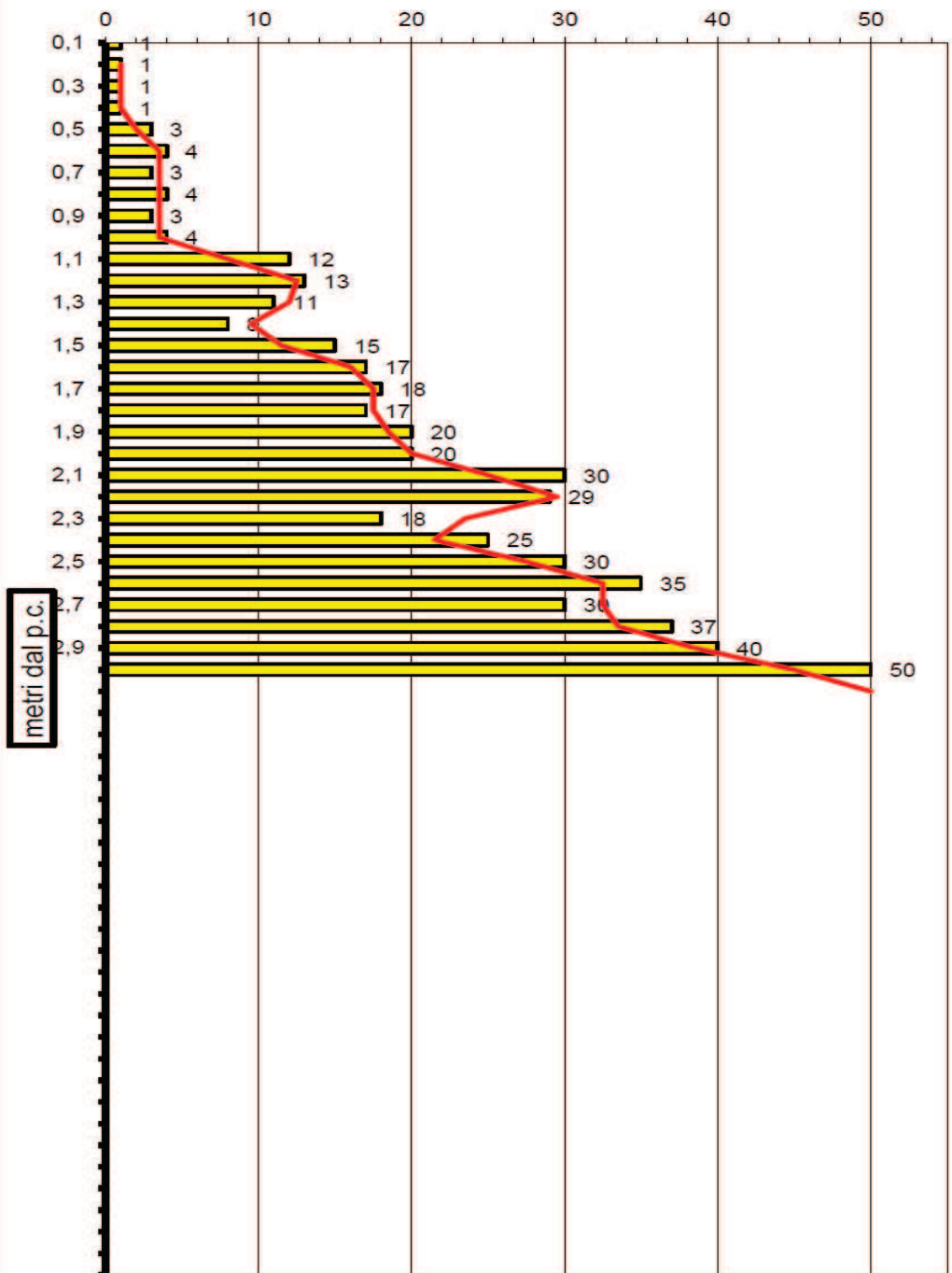
2,8 37

2,9 40

3 50

rifiuto avanzamento delle
aste del penetrometro**DIAGRAMMA PROVA PENETROMETRICA P3**

numero di colpi - N10



[illegible]

Interpretazione dati prove penetrometriche ed analisi stabilità della scarpata

L'elaborazione dei dati delle prove penetrometriche ha permesso di ottenere i parametri geotecnici relativamente ad ogni unità litotecnica attraverso un'operazione di discretizzazione dei singoli valori del numero di colpi ogni 20 e 10 cm di avanzamento delle aste del penetrometro. I parametri geotecnici del sottosuolo sono stati inoltre ricavati mediante un'analisi di correlazione con altri dati penetrometrici e stratigrafici effettuati in aree limitrofe a quelle oggetto d'indagine. I valori dei parametri geotecnici caratteristici sono stati ottenuti attraverso elaborazioni statistiche con determinazione del 5 percentile della distribuzione normale (F con COV del 10%) e logonormale (E, con COV del 30%) della media in presenza di pochi dati e piccoli volumi di rottura (da foglio di calcolo McCoy, aprile 2007): tale ultima assunzione di analisi di calcolo è compatibile all'analisi di stabilità dei pendii e dei versanti, laddove potenziali e possibili fenomeni gravitativi coinvolgono volumi di rottura di terreno con resistenze non compensate.

Le prove penetrometriche P1-e P2 effettuate alla base della scarpata hanno individuato le seguenti unità litotecniche del sottosuolo:

UNITA' LITOTECNICA 1

Fino ad una profondità variabile da 3,80 a 4,00 m dal p.c. terreni limosi ed sabbiosi poco compatti rimaneggiati in superficie, dotati di un valore medio di coesione non drenata (C_u) pari a 0,45 Kg/cm², un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a 29,50°, un valore medio di peso di volume (γ) pari a 1683 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,0244075 cm²/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Coesione non drenata: $C_{uk} = 26.60$ (KPa)
Angolo di attrito: $\phi_k = 24,60^\circ$

UNITA' LITOTECNICA 2

Fino ad una profondità variabile da 5,40 a 5,60 m dal p.c. sabbie argillose più compatte, dotate di un valore medio di coesione non drenata (C_u) pari a 0,89 Kg/cm², un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a 30,50°, un valore medio di peso di volume (γ) pari a 1835 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,025034 cm²/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Coesione non drenata: $C_{uk} = 52.60$ (KPa)
Angolo di attrito: $\phi_k = 25.50^\circ$

UNITA' LITOTECNICA 3

Fino alla massima profondità di 8,40 m dal p.c. substrato sabbioso e argilloso compatto dotate di un valore medio di coesione non drenata (C_u) pari a 1,46 Kg/cm², un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a 28,50°, un valore medio di peso di volume (γ) pari a 1911,50 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,007755 cm²/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Coesione non drenata: $C_{uk} = 86.30$ (KPa)
Angolo di attrito: $\phi_k = 23.80^\circ$

La prova penetrometrica P3 effettuata in corrispondenza della scarpata, ha individuato le seguenti unità litotecniche del sottosuolo:

UNITA' LITOTECNICA 1

Fino ad una profondità di 1,00 m dal p.c. coltre superficiale argillosa poco compatta, dotata di un valore medio di coesione non drenata (C_u) pari a 0,25 Kg/cmq, un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a 29°, un valore medio di peso di volume (γ) pari a 1650 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,0025 cmq/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Coesione non drenata: $C_{uk} = 14.80$ (KPa)
Angolo di attrito: $\phi_k = 24.20^\circ$

UNITA' LITOTECNICA 2

Fino ad una profondità di 2,00 m dal p.c. argille sabbiose compatte (substrato), dotate di un valore medio di coesione non drenata (C_u) pari a 1,51 Kg/cmq, un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a 29°, un valore medio di peso di volume (γ) pari a 1918 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,006623 cmq/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Coesione non drenata: $C_{uk} = 89.20$ (KPa)
Angolo di attrito: $\phi_k = 24.20^\circ$

UNITA' LITOTECNICA 3

Fino alla massima profondità di 3,00 m dal p.c. substrato sabbioso e argilloso compatto con rifiuto all'avanzamento delle aste del penetrometro, dotato di un valore medio di coesione non drenata (C_u) pari a 2,16 Kg/cmq, un valore medio di angolo di attrito interno (ϕ) pari a 35°, un valore medio di peso di volume (γ) pari a 2032 Kg/mc ed un valore medio di coefficiente di compressibilità di volume pari a 0,003088 cmq/Kg.

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

Coesione non drenata: $C_{uk} = 127.70$ (KPa)
Angolo di attrito: $\phi_k = 29.20^\circ$

Analisi di stabilità della scarpata

Un movimento gravitativo si manifesta con il distacco parziale lungo superfici curve o piani di scorrimento, la cui posizione può essere calcolata e prevista tenendo conto dei parametri geotecnici dei terreni, nonché delle condizioni geometriche dell'area ed uno dei metodi di verifica più attendibili è quello conosciuto con il nome di "Circolo Svedese" o "delle Superfici cilindriche" il quale, tenendo conto di tutte le variabili di seguito elencate, determina la superficie lungo la quale si può manifestare il movimento e determinando inoltre quale superficie, tra le numerose tracciate, sia contraddistinta dal valore minimo del coefficiente di sicurezza.

Il calcolo è stato effettuato nelle condizioni sia a **breve termine** sia a **lungo termine**, ovvero:

- 1) **breve termine**, valore caratteristico di coesione non drenata (C_u) ed angolo di attrito interno (ϕ) nullo;
- 2) **lungo termine**, valore di coesione non drenata (C_u) ed valore caratteristico di angolo di attrito interno (ϕ).

Le verifiche sono state condotte in riferimento alle disposizioni del D.M. NTC 2008, adottando l'APPROCCIO 1 – COMBINAZIONE 2 (A2+M2+R2) in cui:

COEFFICIENTE PARZIALE $R = 1,1$.

COEFFICIENTE PARZIALE M2.

La stabilità di un versante è condizionata soprattutto dalle pendenze, dalla giacitura degli strati, dalla presenza della superficie falde idriche.

Dati analisi sezioni:

- le condizioni geometriche si riferiscono alle planimetrie fornite dal Progettista;
- la giacitura degli strati è stata inserita in base ai risultati delle stratigrafie delle prove penetrometriche effettuate nell'area oggetto d'indagine;
- per quanto concerne gli aspetti idrogeologici è inserita una falda idrica superficiale;
- Parametri sismici (SLV):

$k_h = 0.027$;

$k_v = 0.014$;

SEZIONE ANALIS STABILITA' SCARPATA

PARAMETRI GEOTECNICI CARATTERISTICI

1° STRATO

Coesione non drenata:	$C_{uk} = 14.8$ (KPa)
Angolo di attrito:	$\phi_k = 24.2^\circ$
Peso di volume:	$\gamma = 1650$ Kg/mc

2° STRATO

Coesione non drenata: $C_{uk} = 89.20$ (KPa)
 Angolo di attrito: $\phi_k = 24.20^\circ$
 Peso di volume: $\gamma = 1918$ Kg/mc

3° STRATO

Coesione non drenata: $C_{uk} = 127.70$ (KPa)
 Angolo di attrito: $\phi_k = 29.20^\circ$
 Peso di volume: $\gamma = 2032$ Kg/mc

VERIFICA STABILITA'

DATI GENERALI

Comune di **Cassine**Verifica di stabilità del versante **a breve termine**, scala 1:100

Unità di misura utilizzate: lunghezza: m; pressione: Kg/cm²; peso specifico: kg/m³; forza lineare: Kg/m.

Massima larghezza concio di calcolo: 0.200
 Prodotto dei coefficienti sismici : 0.027
 Coefficiente sismico verticale : 0.014
 Coefficiente riduzione attrito : 1.250
 Coefficiente riduzione coesione : 1.400
 Coeff. amplific. carichi esercizio : 1.300
 Coeff. carichi esercizio per sisma : 0.300
 Forza Orizzontale Applicata : 0.000

CARATTERISTICHE DEGLI STRATI

Num	Descrizione	Gamma	CU	FI	Porosità
1	coltre superficiale	1650.0	0.15	0.00	0.30
2	argille limose compatte	1918.0	0.89	0.00	0.25
3	substrato sabbioso ed argilloso compatte	2032.0	1.28	0.00	0.20

VERIFICA STABILITA'**RISULTATI****a breve termine**Calcolo effettuato con il metodo di **janbu****RIEPILOGO CERCHI**

num	X centro	Y centro	Raggio	F	Sit Carico
1	9.90	29.85	11.17	5.581	1
1	9.90	29.85	11.17	5.731	2
2	10.76	24.72	6.38	5.910	1
2	10.76	24.72	6.38	6.069	2
3	7.73	21.48	5.77	7.032	1
3	7.73	21.48	5.77	7.218	2
4	15.85	24.61	4.43	5.926	1
4	15.85	24.61	4.43	6.087	2
5	4.23	20.84	5.15	3.026	1
5	4.23	20.84	5.15	3.102	2
6	6.69	28.43	11.88	5.673	1
6	6.69	28.43	11.88	5.824	2
7	12.72	24.65	5.75	5.917	1
7	12.72	24.65	5.75	6.077	2
8	11.35	21.56	3.20	7.115	1
8	11.35	21.56	3.20	7.307	2
9	7.27	27.81	11.57	5.769	1
9	7.27	27.81	11.57	5.922	2
10	3.89	22.49	6.13	4.207	1
10	3.89	22.49	6.13	4.313	2
11	5.61	38.57	20.35	2.788	1
11	5.61	38.57	20.35	2.863	2

CERCHIO CRITICO N° 11

Larghezza del concio.....=0.197

Situazione di carico numero 1

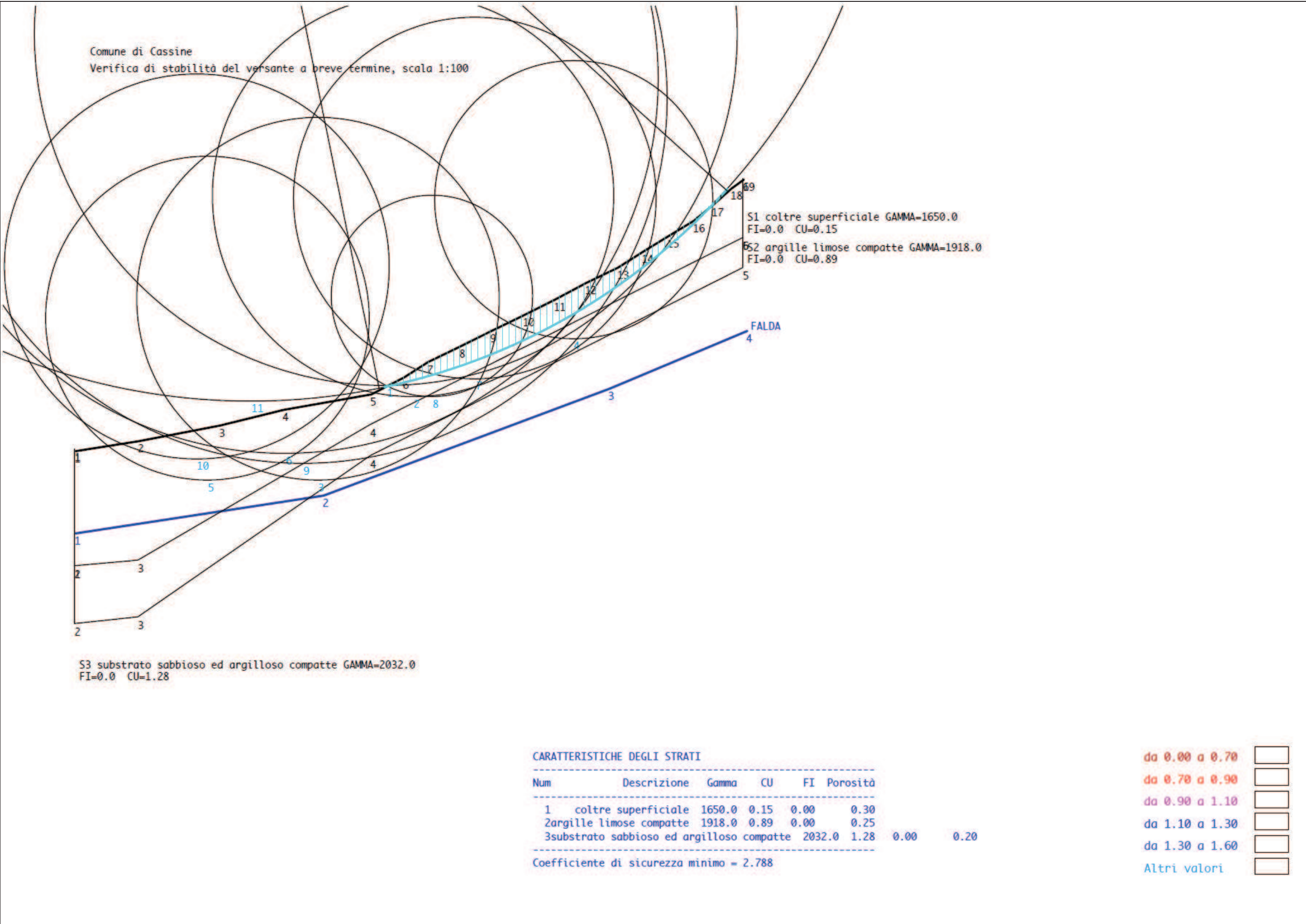
Coefficiente di sicurezza F =2.788

Coefficiente di forma =0.08009

Coefficiente F/Fo =1.02431

Numero iterazioni = 2

Precisione =0.00000



VERIFICA STABILITA'

DATI GENERALI

Comune di **Cassine**Verifica di stabilità del versante **a lungo termine**, scala 1:100

Unità di misura utilizzate: lunghezza: m; pressione: Kg/cm²; peso specifico: kg/m³; forza lineare: Kg/m.

Massima larghezza concio di calcolo: 0.200
 Prodotto dei coefficienti sismici : 0.027
 Coefficiente sismico verticale : 0.014
 Coefficiente riduzione attrito : 1.250
 Coefficiente riduzione coesione : 1.400
 Coeff. amplific. carichi esercizio : 1.300
 Coeff. carichi esercizio per sisma : 0.300
 Forza Orizzontale Applicata : 0.000

CARATTERISTICHE DEGLI STRATI

Num Descrizione

Gamma

CU

FI

Porosità

1 coltre superficiale	1650.0	0.00	24.20
0.30			
2 argille limose compatte	1918.0	0.00	24.20
0.25			
3 substrato sabbioso ed argilloso compatte	2032.0	0.00	29.20
0.20			

VERIFICA STABILITA' DEI

A lungo termine

RISULTATI

Calcolo effettuato con il metodo di **janbu**

RIEPILOGO CERCHI

num	X centro	Y centro	Raggio	F	Sit Carico
1	9.90	29.85	11.17	0.738	1
1	9.90	29.85	11.17	0.737	2
2	10.76	24.72	6.38	0.811	1
2	10.76	24.72	6.38	0.809	2
3	7.73	21.48	5.77	1.517	1
3	7.73	21.48	5.77	1.515	2
4	15.85	24.61	4.43	0.931	1
4	15.85	24.61	4.43	0.929	2
5	4.23	20.84	5.15	1.984	1
5	4.23	20.84	5.15	1.977	2
6	6.69	28.43	11.88	1.033	1
6	6.69	28.43	11.88	1.031	2
7	12.72	24.65	5.75	0.862	1
7	12.72	24.65	5.75	0.861	2
8	11.35	21.56	3.20	0.918	1
8	11.35	21.56	3.20	0.916	2
9	7.27	27.81	11.57	1.143	1
9	7.27	27.81	11.57	1.140	2
10	3.89	22.49	6.13	1.761	1
10	3.89	22.49	6.13	1.755	2

CERCHIO CRITICO N° 1

Larghezza del concio.....=0.199

Situazione di carico numero 2

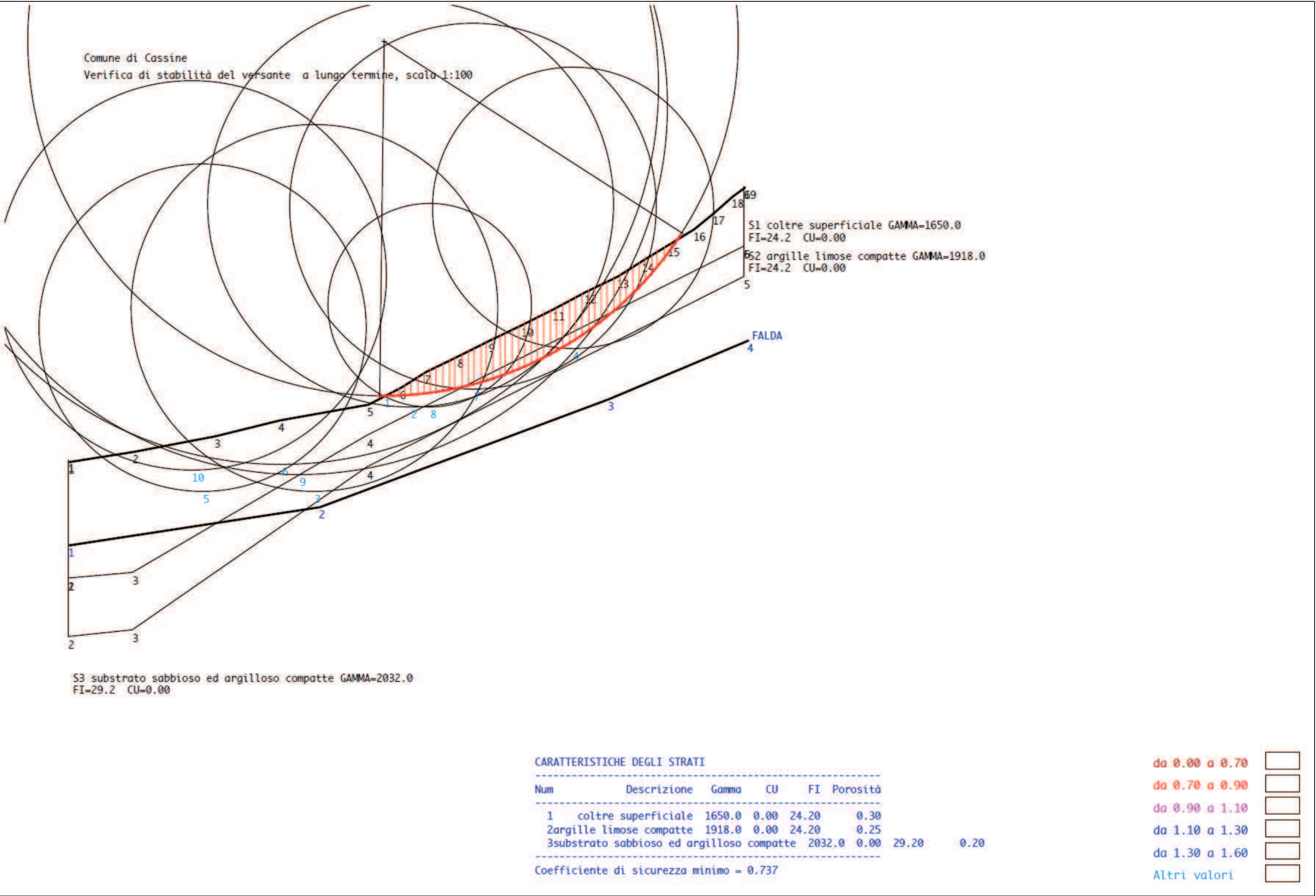
Coefficiente di sicurezza F =0.737

Coefficiente di forma =0.12912

Coefficiente F/Fo =1.07232

Numero iterazioni = 1

Precisione =0.00062



Conclusioni

La prova penetrometrica (prova P3) effettuata in corrispondenza della scarpata morfologica sovrastante all'area di progetto adibita *a piazzola per sosta e gioco*, ha individuato una coltre di alterazione superficiale poco compatta fino ad una profondità media di 1,00 metri dal piano campagna, a cui seguono fino alla massima profondità d'investigazione pari a 3,00 m dal p.c. terreni argillosi e sabbiosi sempre più compatti e resistenti che hanno opposto rifiuto all'avanzamento delle aste del penetrometro.

Alla base della scarpata, le prove (P1 e P2) hanno individuato terreni poco compatti incoerenti fino ad una profondità media di 4,00 m dal p.c., a cui seguono terreni sabbiosi ed argillosi compatti appartenenti al substrato della scarpata stessa.

La verifica di stabilità ha individuato un valore di coefficiente di sicurezza pari a:

SEZIONE (a breve termine): $F_s = 2,788$

SEZIONE (a lungo termine): $F_s = 0,737$

La verifica di stabilità risulta verificata breve termine, mentre a lungo termine essa non risulta verificata, in quanto il coefficiente di sicurezza risulta inferiore 1,10 (in riferimento alle disposizioni di cui alle NTC 2008), potendosi verificare fenomeni di scivolamento a cinematismo roto-traslazionale della coltre superficiale ed in parte del substrato.

In tale contesto si dovranno prevedere in corrispondenza della scarpata opere di regimazione delle acque di superficie ed alla base della scarpata stessa opere rigide di sostegno (muro in c.a. e/o gabbionata). Il Progettista potrà altresì valutare l'opportunità di optare per soluzioni di ingegneria naturalistica, quali terre armate, palizzate e/o palificate in legno.

Valenza, 21 settembre 2016

In Fede

Cavalli Andrea