

REGIONE DELL'UMBRIA

COMUNE DI MONTEFALCO



AREA TECNICA

***SISTEMAZIONE E RIQUALIFICAZIONE  
DI VIA ANTONIO GRAMSCI IN MONTEFALCO CAPOLUOGO,  
CON PREVISIONE DELLA MODERAZIONE DEL TRAFFICO  
E REALIZZAZIONE DI UN PERCORSO FINALIZZATO AL  
MIGLIORAMENTO DELLA SICUREZZA DEI PEDONI***

Responsabile Area Tecnica Comune di Montefalco  
PAOLA EMILI ingegnere

Progettista  
PAOLA EMILI ingegnere

**RELAZIONE GEOLOGICA DEFINITIVA ED ESECUTIVA**

**Dott. Geol. Mario Cerqueglini**



Bevagna, Ottobre 2015

Dott. Geol. Mario CERQUEGLINI  
Geologia tecnica ed ambientale – Idrogeologia  
Via delle Mura Guelfe, 9 - 06031 Bevagna (PG)  
tel. 0742 360214 - cell. 347 9550593  
c.f. CRQ MRA 69L07 D653T - P.IVA 02517180549  
e.mail : mariocerque@libero.it

## 1. PREMESSA

Per conto dell'Amministrazione del Comune di Montefalco, è stata eseguita un'indagine geologica, ai sensi della normativa vigente, riguardante una zona del centro di Montefalco, dove si intende realizzare un percorso pedonale.

I sopralluoghi eseguiti e due sondaggi eseguiti con trivella a rotazione S1 ed S2, nonché le conoscenze di carattere geologico inerenti il sito d'interesse risultanti da un precedente sondaggio geognostico eseguito a monte del sito dal Dott. Geol. Giorgio Leoni, hanno permesso di verificare i rapporti stratigrafici tra i terreni di riporto presenti ed il sottostante substrato locale.

Il seguente lavoro si prefigge di accertare ed analizzare in preliminarmente:

- gli aspetti idrogeologici e geomorfologici della zona,
- le condizioni litologiche locali,
- le caratteristiche geotecniche dei terreni locali.

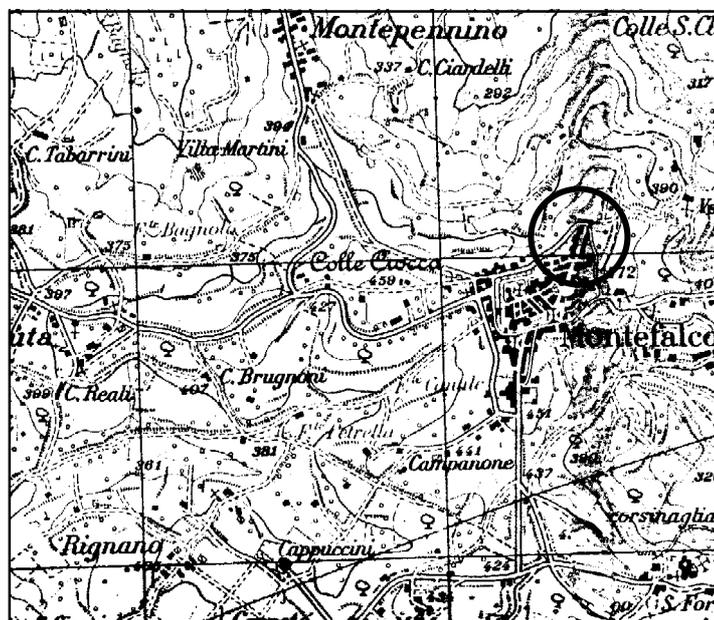
L'area è ubicata nel centro storico di Montefalco, in zona Belvedere.

La zona d'intervento nel Foglio n°22 del Comune di Montefalco.

In cartografia I.G.M. essa è identificabile nella Tavoletta ‘Montefalco’ IV S.E., appartenente al Foglio n°131 della Carta d’Italia, ed individuabile in corrispondenza del centro abitato di “Montefalco”.

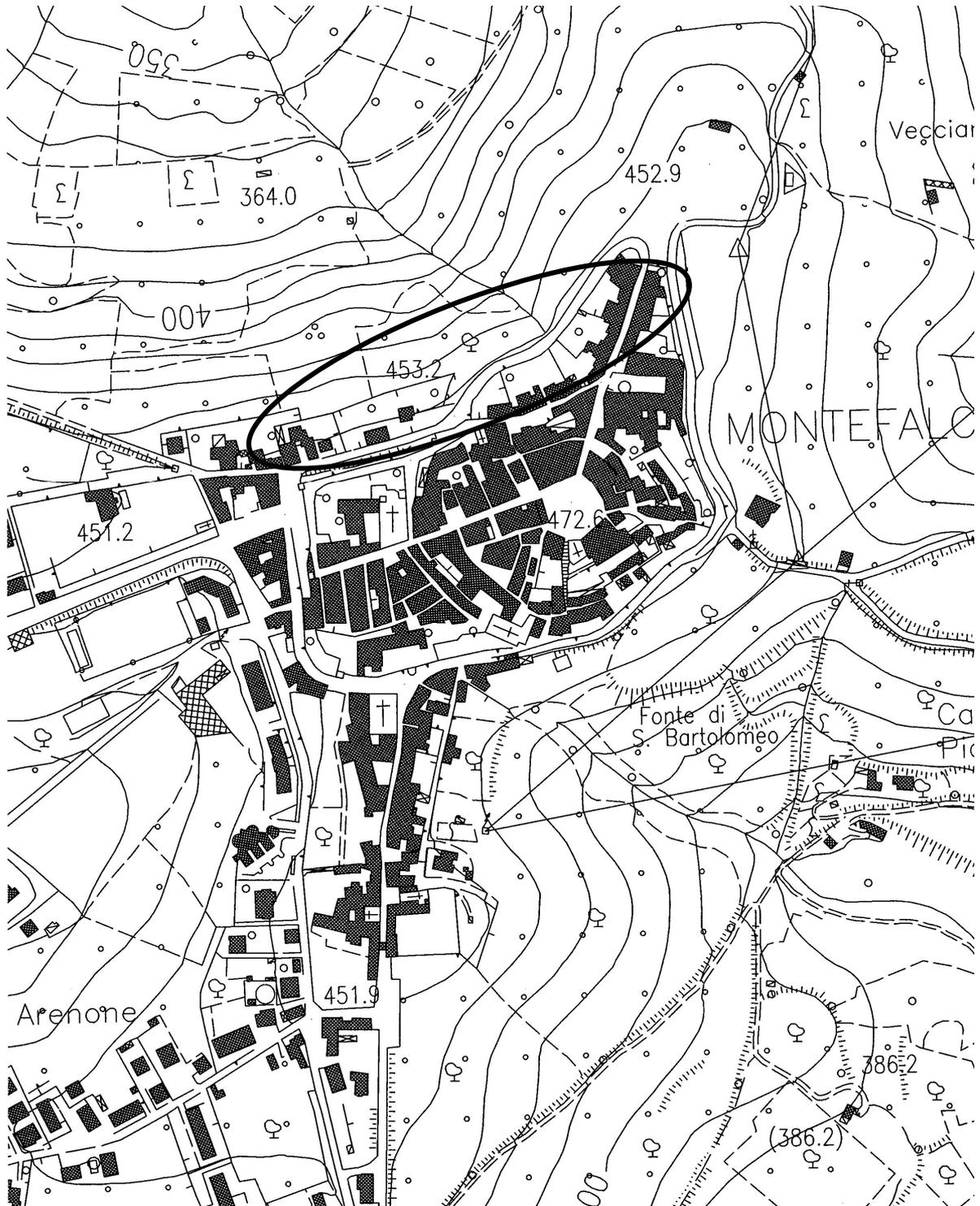
Stralcio Tavoletta I.G.M. MONTEFALCO IV S.E.

Foglio n°131 della Carta d’Italia



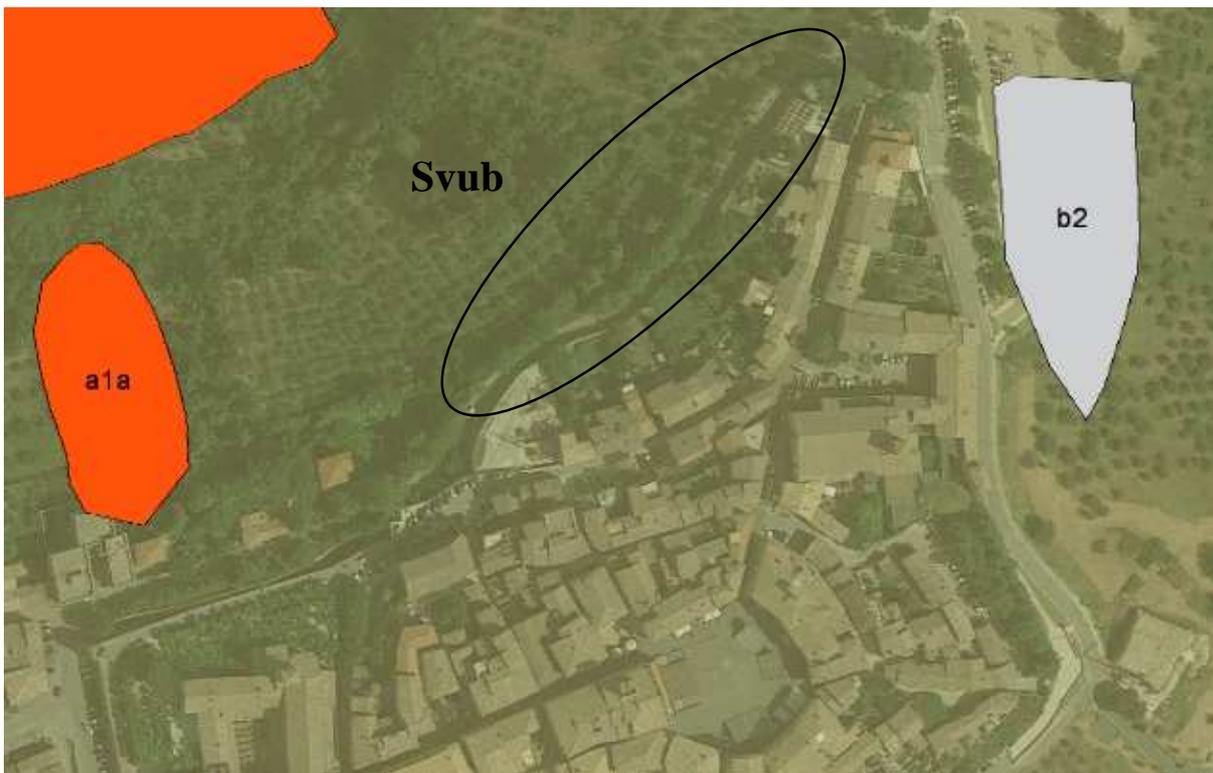
Ubicazione dell’area.

STRALCIO CTR – ELEMENTO 323120





## INQUADRAMENTO AEREO



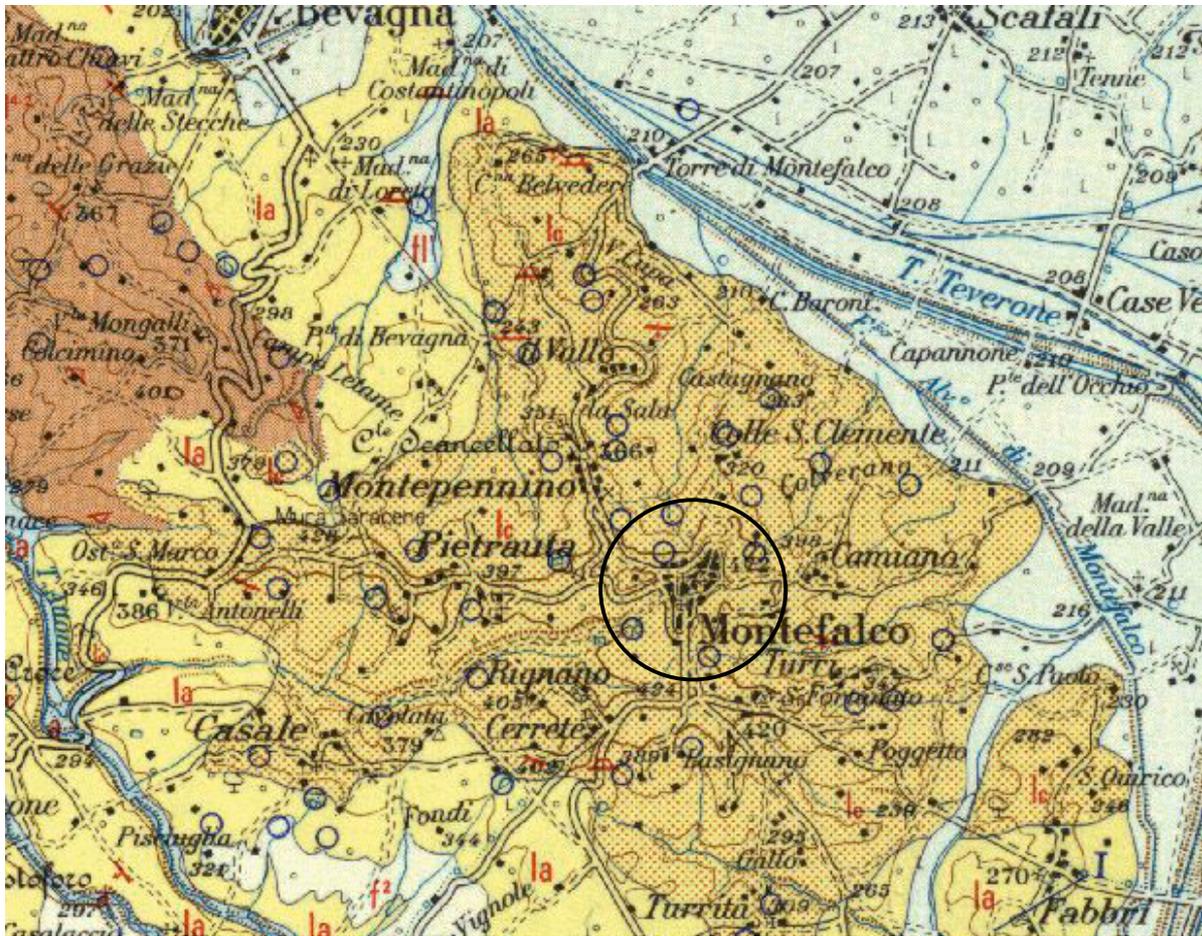
### UNITA' DEL QUATERNARIO

-  a1a, Depositi di frana in evoluzione
-  a1a, Depositi di frana quiescente
-  b, Depositi alluvionali
-  b2, Coltre eluvio-colluviale
-  h, Depositi antropici
-  h1, Discarica

### UNITA' SINTEMICHE

-  SuperSintema Tiberino, Sintema della Valle Umbra, SubSintema di Colle del Marchese
-  SuperSintema Tiberino, Sintema della Valle Umbra, SubSintema di Pianacce
-  SuperSintema Tiberino, Sintema della Valle Umbra, Unità di Bevagna
-  **SVub** SuperSintema Tiberino, Sintema della Valle Umbra, Unità di Montefalco

## CARTA GEOLOGICA DI VASTA AREA



FORMAZIONE LACUSTRE. Ghiaie e conglomerati fluvio-lacustri, ad elementi mesozoici e terziari, a matrice per lo più sabbiosa con sacche e lenti argillose e sabbiose (lc); argille e sabbie lacustri con sacche e lenti conglomeratiche (la); lenti torbose e lignitifere (lt); foraminiferi miocenici rimaneggiati nelle argille, molluschi continentali (*Melanopsis* sp., *Neritina* sp., *Limnea* sp., *Unio* sp., *Pisidium* sp.) e resti di: *Rhynoceros* sp. e di conifere. VILFRANCO AUCT.

## CARTA GEOLOGICA E EGEOMORFOLOGICA DI AREA RISTRETTA

**MON 01** depositi di età Villafranchiana, di origine continentale e di facies fluvio-lacustre caratterizzati da alternanze di depositi granulari eterogenei con clasti mediamente arrotondati e di limi-sabbiosi.



Area in frana per colamento



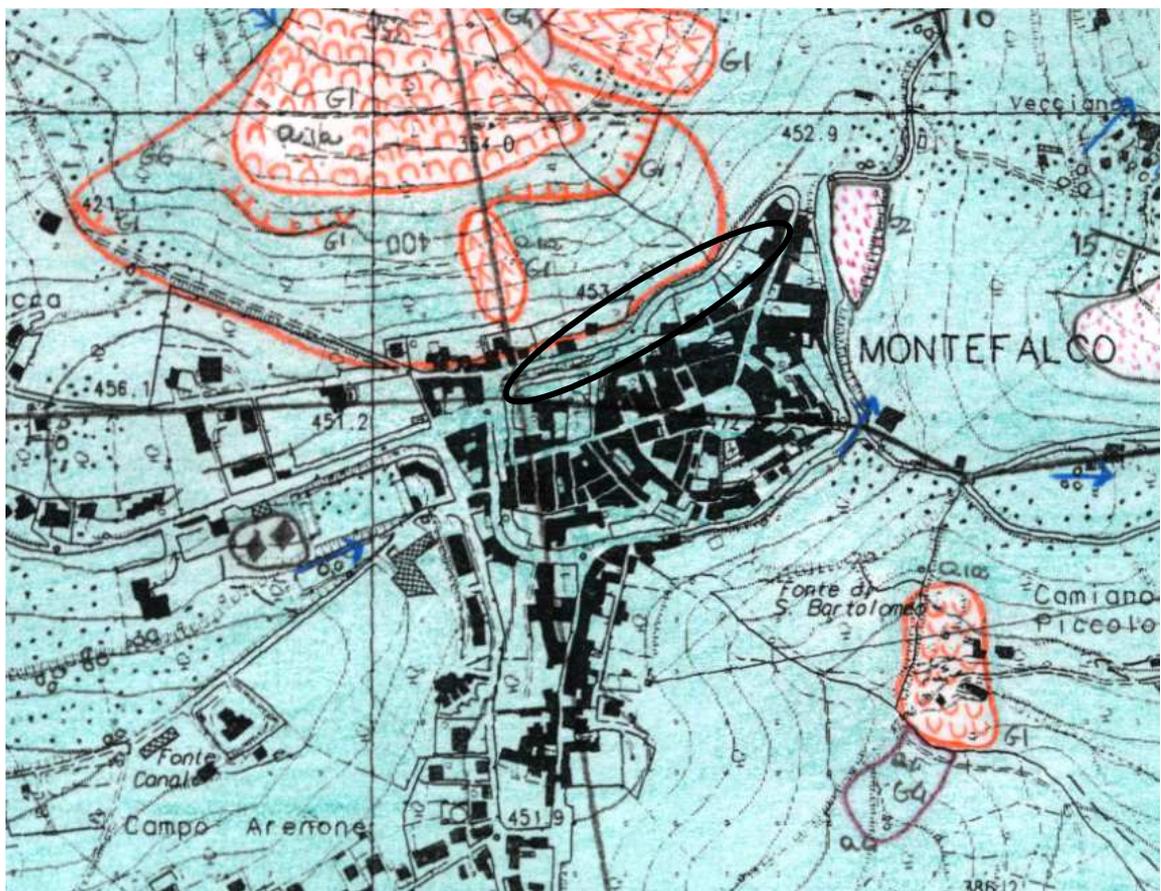
Area in frana per scorrimento

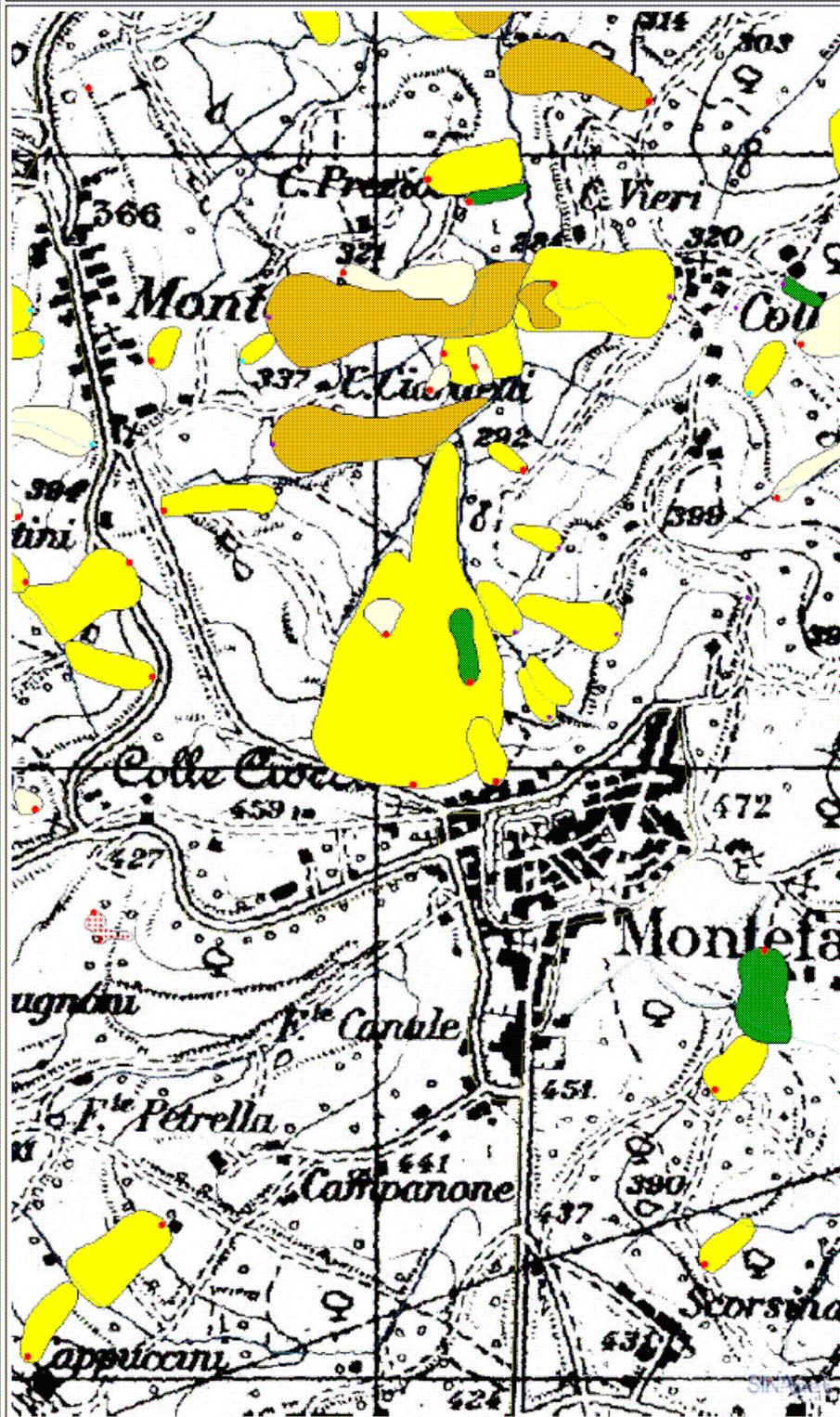


Fascia d'influenza da area in frana



Scarpata di frana





**Layer IFFI**

**Punto Identificativo del Fenomeno Franoso**

- Scheda frane di 1° Livello
- Scheda frane di 2° Livello
- Scheda frane di 3° Livello

**Tipologia di frana**

- Crocibattamento
- Scivolamento rotazionale/traslativo
- Espansione
- Colamento lento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Complesso
- N.D.
- DGPV
- Aree soggette a crocibattamenti diffusi
- Aree soggette a sprofondamenti diffusi
- Aree soggette a frane superficiali diffuse
- Frane lineari

**Layer BASE**

- ↗ Reticolo stradale
- ↖ Tracciato ferroviario
- ▨ Urbanizzato CLC2000
- ▭ Laghi
- ~ Fiumi
- ▭ Limiti regionali
- ▭ Limiti provinciali
- ▭ Limiti comunali
- ▭ Limiti autorità di bacino
- ▭ Reticolo tavolette 25.000

SCALA: 1:10.000  
PROIEZIONE: UTM 33  
DATUM: WGS84  
CARTOGRAFIA: UMBRIA

COORDINATE  
N.O. E: 307.350 N: 4.753.050  
S.E. E: 308.700 N: 4.750.760  
DATA: 31/07/2014

## 2. STUDIO GEOLOGICO

Il sito oggetto del presente lavoro è posto alla quota topografica di 460 m circa s.l.m.

Esso risulta posto sul versante esposto a N del rilievo collinare che ospita l'abitato di Montefalco e che degrada verso N-E nella circostante piana spoletino-folignate.

L'area indagata si presenta fortemente antropizzata, con la presenza di ripiani artificiali e delle mura urbiche subito a monte della zona indagata.

Tali opere antropiche conferiscono localmente una pendenza di circa 5°; mentre la pendenza generale del versante in questione è superiore a 15°.

L'esame dell'area non fa presupporre alla presenza di fenomeni di erosione in atto, né di situazioni d'instabilità allo stato attuale.

I dati raccolti nella zona riguardo le condizioni idrogeologiche, la mancanza di emergenze idriche e pozzi, nonché considerazioni di carattere geolitologico-strutturale, permettono di indicare l'assenza di falde superficiali nei primi 20 m dal p.c.

Il collettore principale per le acque superficiali è il F.<sup>SSO</sup> Mauro il cui impluvio fa parte del sito in indagine.

Le terre caratterizzanti l'area sono riferibili ai depositi fluvio-lacustri di età Plio-Pleistocenica ed ascrivibili ai sedimenti del villafranchiano.

Questi terreni possono essere inquadrati in due livelli caratteristici:

1. livello A: sabbie e conglomerati in matrice limosa, mediamente addensati;
2. livello B: argille di base di colore grigio-azzurro con presenza di concrezioni carbonatiche.

I sondaggi S1-S2, hanno permesso di evidenziare le stratigrafie dei terreni locali, di seguito riportate.

È emersa un generale distribuzione di conglomerati da centimetrici a decimetrici arrotondati, con livelli limosi intercalati.

Sondaggio S1:

0 – 4,3 m: terreno di riporto costituito da argille marroni e clasti  
di natura antropica;

4,3 m – 7,5 m: conglomerati centimetrici, debolmente cementati,  
in matrice sabbiosa, mediamente addensati.

Sondaggio S2:

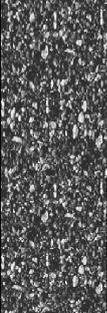
0 – 5,2 m: terreno di riporto costituito da argille marroni e clasti  
di natura antropica;

5,2 m – 6,5 m: sabbie e conglomerati centimetrici, debolmente  
cementati, in matrice sabbiosa, mediamente  
addensati;

6,5 m – 8,0 m: conglomerati centimetrici, debolmente cementati,  
in matrice sabbiosa, mediamente addensati.

SONDAGGIO : S 1

SCALA 1: 100

Profondità	LITOLOGIA	Descrizione litologica		
		Terreno di riporto costituito da argille marroni e clasti di natura antropica.		
4,3 m		Conglomerati centimetrici, debolmente cementati, in matrice sabbiosa, mediamente addensati.		
7,5 m				

QUOTE RIFERITE AL PIANO DI CAMPAGNA

Profondità	LITOLOGIA	Descrizione litologica		
		Terreno di riporto costituito da argille marroni e clasti di natura antropica.		
5,2 m		Sabbie e conglomerati centimetrici, debolmente cementati, in matrice sabbiosa, mediamente addensati.		
6,5 m		Conglomerati centimetrici, debolmente cementati, in matrice sabbiosa, mediamente addensati.		
8,0 m				

QUOTE RIFERITE AL PIANO DI CAMPAGNA

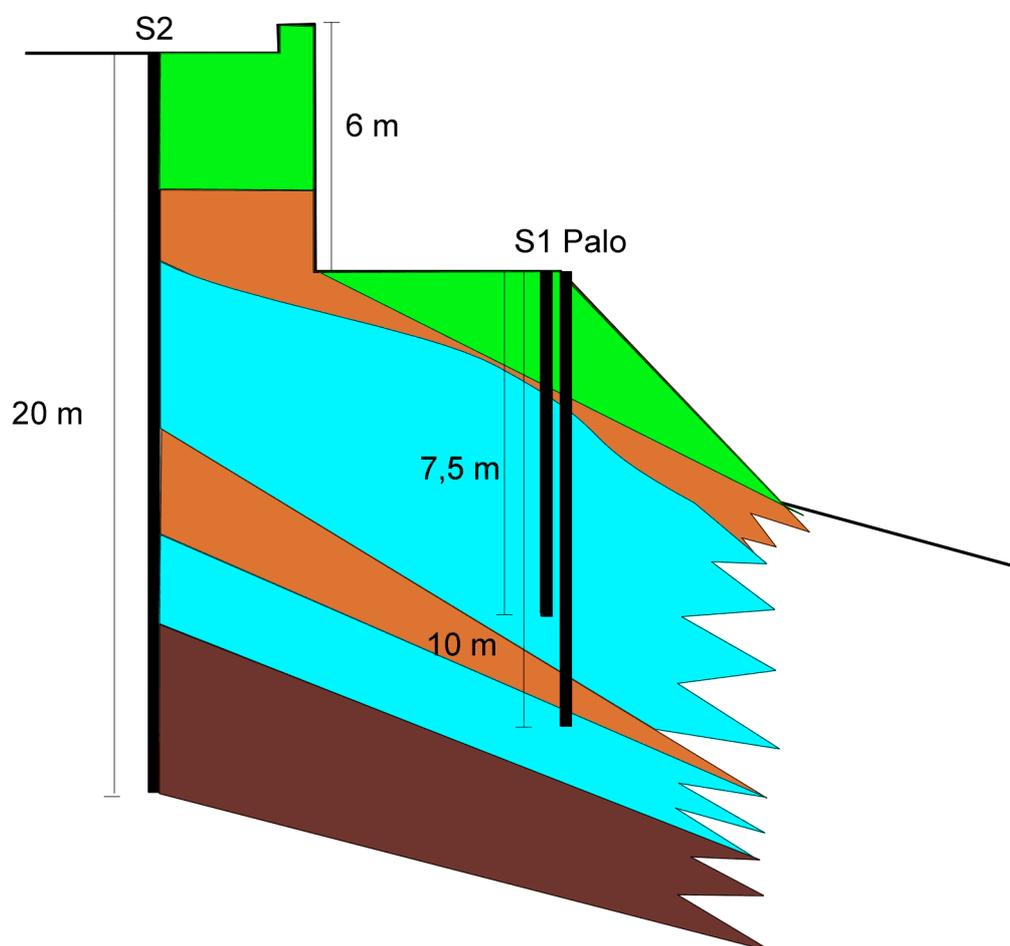
Sondaggio S2 Dott. Geol. Giorgio Leoni

COMMITTENTE :	Comune di Montefalco	SONDAGGIO N° S.2
LOCALITA' :	Muro Ex Mattatoio	TIPO SONDA : CMV a rotazione
IMPRESA ESECUTRICE	Geotecnica Lavori S.r.l.	PERFORAZ. : a secco
DATA :	22-mag-13	QUOTA p. c. : 460 m s.l.m.

N° Strati 7

Strato n°	Da mt.	a mt.	Descrizione Litologica	% carot.		Livello Falda (mt.)	SPT		Campioni		Pocket medio (PP)	
							Quota	N° colpi	Quota	Nome	Quota	valore
Strato n°1	0,00	4,30	Terreno di riporto antropico ghiaioso e ciottoloso		90		1,80	2/2/3				
Strato n° 2	4,30	5,90	Limi sabbiosi di colore beige-ocra con inclusi e presenza di frustoli vegetali		95		4,90	10/25/26				
Strato n° 3	5,90	8,80	Ghiaie sabbiose-ciottolose di colore bianco-rossastro		95							
Strato n°4	8,80	12,80	Limi argillosi-sabbiosi di colore marroni e sfumature nero-ocra. Sono presenti inclusi a dimensione centimetrica		95						8,80	3-3.5
Strato n° 5	12,80	13,85	Limi sabbiosi e sabbie-limose di colore beige e sfumature ocra con inclusi		95						12,00	>4
Strato n° 6	13,85	16,30	Ghiaie ciottolose in abbondante matrice sabbiose-limosa di colore avana nocciola- beige		95				13.5	Ci2	16,30	3-4
Strato 7	16,30	20,00	Argilla limosa-sabbiosa di colore nocciola-grigio con ghiaie e inclusi		95						18,00	2-3

## CORRELAZIONE STRATIGRAFICA - SEZ. 1



- Terreno di riporto.
- Limi.
- Ghiaie.
- Argille.

### 3. MODELLO GEOLOGICO

I parametri geotecnici delle terre conglomeratiche indagate con i sondaggi, sono stati ricavati per mezzo di una prova granulometrica in laboratorio munito di autorizzazione ministeriale, su un campione prelevato nel sondaggio S1 alla profondità 7,5 m, del quale si allega si seguito il certificato.

Il campione S1C1 è stato sottoposto in laboratorio ad una prova granulometrica e ad una prova di taglio diretto, sul materiale passante al setaccio n°10 della serie ASTM, mediante la quale è stato ottenuto il valore dell'angolo di attrito residuo del terreno.

L'analisi eseguita sul campione S1C1 ha evidenziato una composizione granulometrica tale da indicare ghiaia sabbiosa, e fa classificare questi materiali nel gruppo A1-a/A1-b secondo le norme CNR-UNI.

Il valore dell'angolo di attrito risulta quindi  $\phi = 34^{\circ}$ - $35^{\circ}$ .

Il peso di volume attribuibile a queste terre è dell'ordine di  $18,50 \text{ kN/m}^3$ ; per il terreno di riporto, si attribuisce un valore dell'angolo di attrito:  $\phi = 18^{\circ}$ .

È evidente che i dati andranno trattati secondo quanto previsto dalle N.T.C.08.

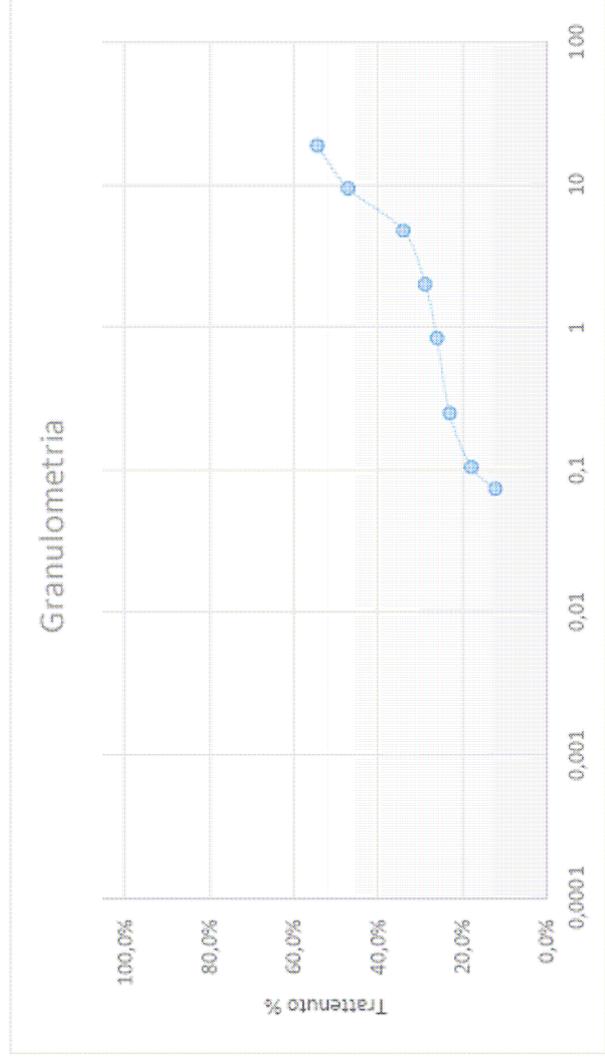
Committente: Dott. Geol. Mario Cerquegnini  
 Cantiere: Montefalco  
 Campione: S2 C1  
 Profondità: 7,50 m

PLU 243,400 g  
 PLS 222,658 g  
 Tara 69,822 g  
 w 9,32%

PLU 2200 g  
 PNU 788 g  
 PLS 2024 g  
 PS 1412 g  
 Tara 612 g

Lavaggio 176 g  
 Secco 166 g

Setaccio	Pesate	Netto	Trattenuto	Tratt. %	Diam. Setaccio	Tot. Tratt. %
1" 1/2	1220	608	608	38,5%	38,1	100,0%
1"	1332	720	112	7,1%	25,4	61,5%
3/4	1447	835	115	7,3%	18,85	54,4%
3/8	1653	1041	206	13,1%	9,42	47,1%
n.4	1735	1123	82	5,2%	4,76	34,0%
n.10	1779	1167	44	2,8%	2	28,8%
n.20	1827	1215	48	3,0%	0,84	26,0%
n.60	1908	1296	81	5,1%	0,25	23,0%
n.140	1998	1386	90	5,7%	0,105	17,9%
n.200	2024	1412	26	1,6%	0,074	12,2%
Lavaggio	2190	1578	166	10,5%	-	10,5%



A titolo di esempio si riportano i seguenti valori dell'angolo di attrito, con l'approccio probabilistico di tipo Bayesiano relativi alle prove eseguite.

$V_{S,30}$	TIPO TERRENO	CATEGORIA TOPOGRAFICA
215 m/s	C	T4

TIPO TERRENO	$\Phi$ (°)	$\gamma$ (g/cm <sup>3</sup> )
Terreno di riporto	18	1.75
Ghiaie sabbiose	34	1.90

A partire da detti valori dei parametri del terreno si deve pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici dei parametri geotecnici del terreno mediante analisi ragionata e cautelativa.

In particolare tale scelta riguarda il valore dell'angolo di attrito o della coesione del terreno che influenza significativamente il valore della portanza della fondazione.

A tale scopo si sceglie di adottare l'approccio probabilistico di tipo Bayesiano. Secondo questa procedura il valore caratteristico di una grandezza si valuta come

$$X_k = X_m \cdot \left(1 - \frac{CV}{2}\right)$$

Dove:

$$X_m = (a + 4b + c)/6$$

$$CV = (c - a)/(a + 4b + c)$$

a = valore minimo stimato

b = valore più probabile

c = valore massimo stimato

Si adotta come valore più probabile quello fornito dalle indagini in situ; mentre per la stima dei valori massimo e minimo dell'angolo si fa riferimento a quelli riportati in letteratura per i terreni rinvenuti.

TIPO TERRENO	$\Phi_{\min}$	$\Phi_{\max}$
Terreno di riporto	16°	20°
Ghiaie sabbiose	34°	35°

Applicando le formule suddette si ottengono i seguenti valori:

TIPO TERRENO	$\Phi_K$
Terreno di riporto	18°
Ghiaie sabbiose	34°

In riferimento ad alcuni parametri geotecnici dei terreni indagati, a titolo di esempio si riportano i valori desunti con alcune formule geotecniche abitualmente utilizzate.

Si rimanda al progettista la scelta di tali parametri.

Terreno di riporto: ( $N_{spt} = 3$  come da prove condotte su sondaggi eseguiti nell'immediato intorno del sito)

Modulo edometrico

(Farrent)  $Ed = 7,1 * N_{spt} = 21 \text{ kg/cm}^2$

Modulo di deformazione

(Schmertmann)  $E = 2 * B * N_{spt} = 60 \text{ kg/cm}^2$

con:  $B = 10$

Modulo di taglio del terreno

(Ohsaki e Iwasaki)  $G = a * N_{spt}^b = 1825 \text{ T/m}^2 = 182,5 \text{ kg/cm}^2$

con:  $a = 650$                        $b = 0,94$

Ghiaie: ( $N_{spt} = 24$  come da prove condotte su sondaggi eseguiti  
nell'immediato intorno del sito)

Modulo edometrico

(Farrent)  $Ed = 7,1 * N_{spt} = 170,4 \text{ kg/cm}^2$

Modulo di deformazione

(Schmertmann)  $E = 2 * B * N_{spt} = 480 \text{ kg/cm}^2$

con:  $B = 10$

Modulo di taglio del terreno

(Ohsaki e Iwasaki)  $G = a * N_{spt}^b = 12891 \text{ T/m}^2 = 1289,1 \text{ kg/cm}^2$

con:  $a = 650$                        $b = 0,94$

#### 4. MODELLAZIONE SISMICA

Per la definizione della sismicità storica dell'area indagata, sono stati consultati il database di osservazioni macrosismiche DBMI04 ed il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI04.

Sismicamente, l'area indagata risente dell'attività di una tettonica di tipo distensivo che caratterizza l'intera Valle Tiberina, con terremoti di tipo superficiale.

La Faglia principale denominata Faglia Alto Tiberina, borda ad Ovest la suddetta valle e dà origine a faglie minori antitetiche che si sviluppano lungo il bordo orientale.

I terremoti storici catalogati all'interno del DBMI04 e CPTI04 che si trovano in un raggio di 10 km indicano una magnitudo massima  $M_w$  pari a 5,8. Si tratta per lo più di terremoti generati da faglie dirette superficiali.

In particolare l'area in esame si trova all'interno dell'area sismogenetica denominate nel database DISS come ITIS061 Foligno, caratterizzata dalla presenza di una faglia diretta superficiale.

In particolare, il sito viene classificato in zona sismogenetica ZS9, come 919 con attribuzione di  $M_{wmax} = 6,37$ .

Tabella 2.8-1 – Valori di  $M_{wmax}$  per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)

Nome ZS	Numero ZS	$M_{wmax}$
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Per la scelta della categoria sismica si è fatto riferimento all'approccio semplificato, tramite l'esecuzione di un'indagine sismica a rifrazione superficiale di tipo MASW.

Data la granulometria dei materiali in posto e la profondità della falda superiore a 15 m dal p.c., non abbiamo ritenuto necessario eseguire la verifica a liquefazione dei terreni.

Il rilievo geofisico è basato sull'impiego della tecnica MASW (multichannel analysis of surface waves), per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio (VS), tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh effettuata con algoritmi genetici.

Il Parametro VS30 è il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo.

Il parametro VS30 rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S entro 30 metri di profondità.

È calcolato mediante la seguente espressione:

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

Dove:

$V_i$ : velocità delle onde S dello strato  $i$ -esimo

$h_i$ : spessore in metri dello strato  $i$ -esimo

$N$ : numero di strati presenti nei primi 30 metri

Dalla normativa (modifiche del D.M. 14/09/2005 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 14/01/2008, pubblicato su Gazzetta Ufficiale Supplemento ordinario n°29 del 04/02/2008):

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m.

B - 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).

C - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero  $15 < NSPT30 < 50$  nei terreni a grana grossa e  $70 < c_{u30} < 250$  kPa nei terreni a grana fina).

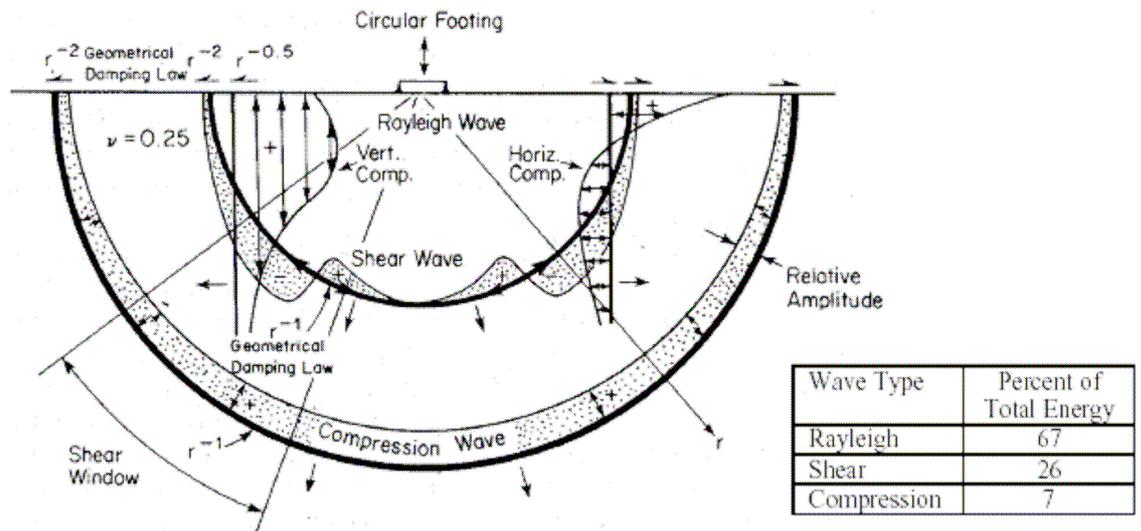
D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m

caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 inferiori a 180 m/s (ovvero NSPT30 < 15 nei terreni a grana grossa e  $cu_{30} < 70$  kPa nei terreni a grana fina).

E - Terreni dei sottosuoli dei tipi C o D per spessori non superiori a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con VS > 800 m/s).

S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di VS30 inferiori 100 m/s (ovvero  $10 < cu_{S30} < 20$  kPa) che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includano almeno 3 m di torba o argille altamente organiche.

S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.



### SISMOGRAFO AMBROGEO – ECHO 24/2002 SEISMIC UNIT

Number of channels

24

Sampler interval

296 msec

A/D Conversion

16 bit

Amplifiers

Input impedance

1 KOhm

Gain

10 dB - 100 dB, step 1 dB

Saturation tension

+/- 2,3 V

Saturation level

100 dB

Distorsion

0,01%  
 Sampler  
 25 msec (191 points)  
 50 msec (383 points)  
 100 msec (756 points)  
 200 msec (1530 points)  
 400 msec (3060 points)  
 800 msec (6121 points)  
 Sampling  
 130 micro/sec  
 Record length  
 25-50 -10 -20 -400-800 millisec  
 Filter low pass  
 from 50 to 950 Hz, step1 Hz  
 Digital Filter (Fir) low pass  
 1000-900-800-700-600-500-400-300-200-100-50 Hz  
 Digital Filter (Fir) high pass  
 0-25-50-75-100-125-150-175-200-225-250 Hz  
 Frequency response  
 7-950 Hz, filter at 950 Hz  
 Dynamic range  
 93 dB  
 Noise  
 0,66 uV rms, gain = 55 dB  
 Crosstalk  
 52 dB, gain = 55 dB  
 Power  
 12 V

## SECTION1

Number of individuals: 30  
 Number of generations: 31

Adopted search space (minimum Vs & thickness):	98	0.42	115.5
2.45      126      4.2      147			
Adopted search space (maximum Vs & thickness):	182	0.78	214.5
4.55      234      7.8      273			
Adopted Poisson values:	0.35      0.35      0.35      0.3		

## SECTION2

Rayleigh wave analysis  
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -12.6129 -  
 3.00006

Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -11.2181 1.60615 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -9.339 1.6061 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -8.4781 1.6061 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -8.6592 1.3817 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -8.124 1.3817 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -7.2549 1.3817 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -9.2258 1.3817 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -9.0611 1.3817 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits: -7.3915 1.3817 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits: -8.0522 1.3817 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits: -7.9822 1.3817 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits: -10.5601 1.3817 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits: -10.8783 1.3817 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits: -10.3888 1.3817 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits: -9.0562 1.3817 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits: -7.7377 1.3817 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits: -6.4331 0.99616 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits: -5.4887 0.99616 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits: -7.8899 0.99616 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits: -7.3457 0.99616 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits: -7.7692 0.99616 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits: -8.5881 0.99616 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits: -5.966 0.99616 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits: -6.8219 0.99616 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits: -6.8483 0.99616 -

Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits: -8.1888 -  
0.99616  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits: -8.6084 -  
0.99616  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits: -8.9445 -  
0.99616  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits: -7.1311 -  
0.79577  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits: -6.5712 -  
0.50724

#### Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -11.2042 -  
0.50724  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -9.1152 -  
0.50724  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -9.9287 -  
0.50724  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -8.3521 -  
0.50724  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -7.0027 -  
0.50724  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -5.8194 -  
0.34703  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -6.8633 -  
0.34703  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -6.265 -  
0.34703  
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -5.1502 -  
0.3396

Model after the Vs & Thickness optimization (fixed Poisson values):

Vs (m/s): 130 150 200 243  
Poisson: 0.35 0.35 0.35 0.3  
Thickness (m): 0.66 3.7 5

Number of models considered to calculate the average model: 3

### SECTION3

#### MEAN MODEL

VS (m/s): 130 150 200 243  
Standard deviations (m/s): 0 0 0 0

Thickness (m): 0.7 3.7 5.0  
Standard deviations (m): 0.0 0.0 0.0

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):	271	312	416	455
Density (gr/cm3):	1.74	1.77	1.84	1.86
Vp/Vs ratio:	2.08	2.08	2.08	1.87
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.30
Young modulus (MPa):	79	108	199	286
Sjear modulus (MPa):	29	40	74	110
Lamé (MPa):	69	93	171	166
Bulk modulus (MPa):	89	119	221	239

Fundamental mode

Mean model

f(Hz)	VR(m/s)
5.31609	206.8075
10.8793	174.3079
18.9713	146.2496
38.0632	136.3423

## SECTION4

### BEST MODEL

Vs (m/s):	130.424	150.2683	199.6389	243.3325
thickness (m):	0.66018	3.6587	4.9941	

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):	271	313	416	455
Density (gr/cm3):	1.74	1.77	1.84	1.86
Vp/Vs ratio:	2.08	2.09	2.08	1.87
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.30
Young modulus (MPa):	79	108	199	286
Shear modulus (MPa):	29	40	74	110
Lamé (MPa):	69	94	171	166
Bulk modulus (MPa):	89	121	220	239

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F(Hz)	VR(m/s)
5.31609	207.128
10.8793	174.6594
18.9713	146.769
38.0632	136.8688

## SECTION5

VS5 (mean model): 152 m/s

VS5 (best model): 152 m/s

VS20 (mean model): 203 m/s

VS20 (best model): 203 m/s

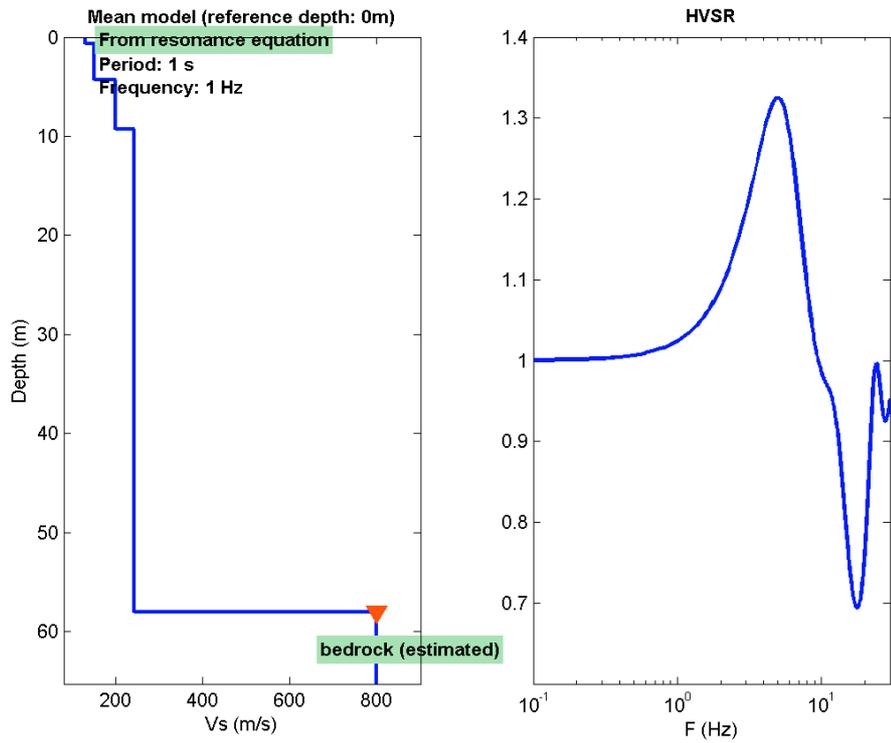
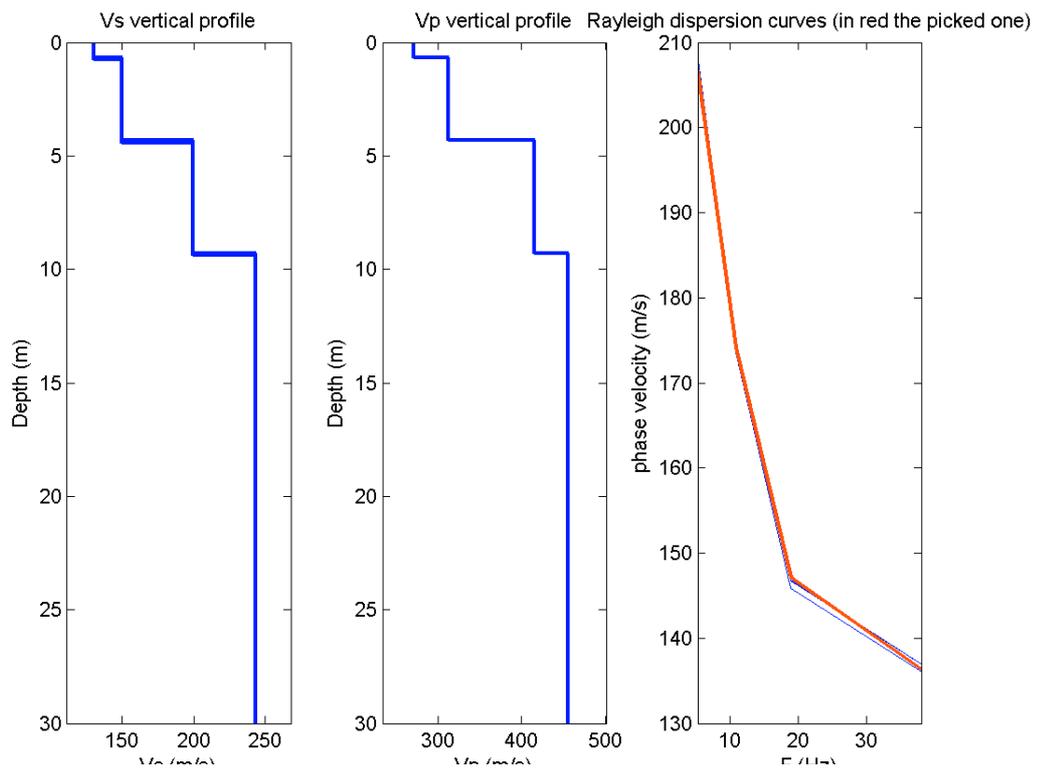
VS30 (mean model): 215 m/s

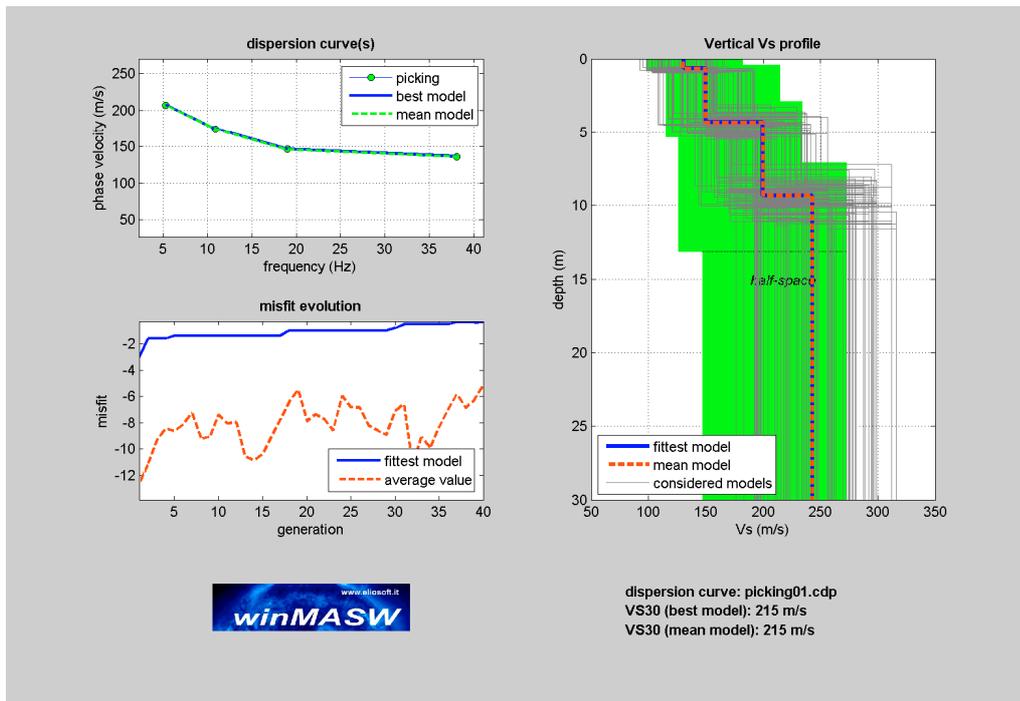
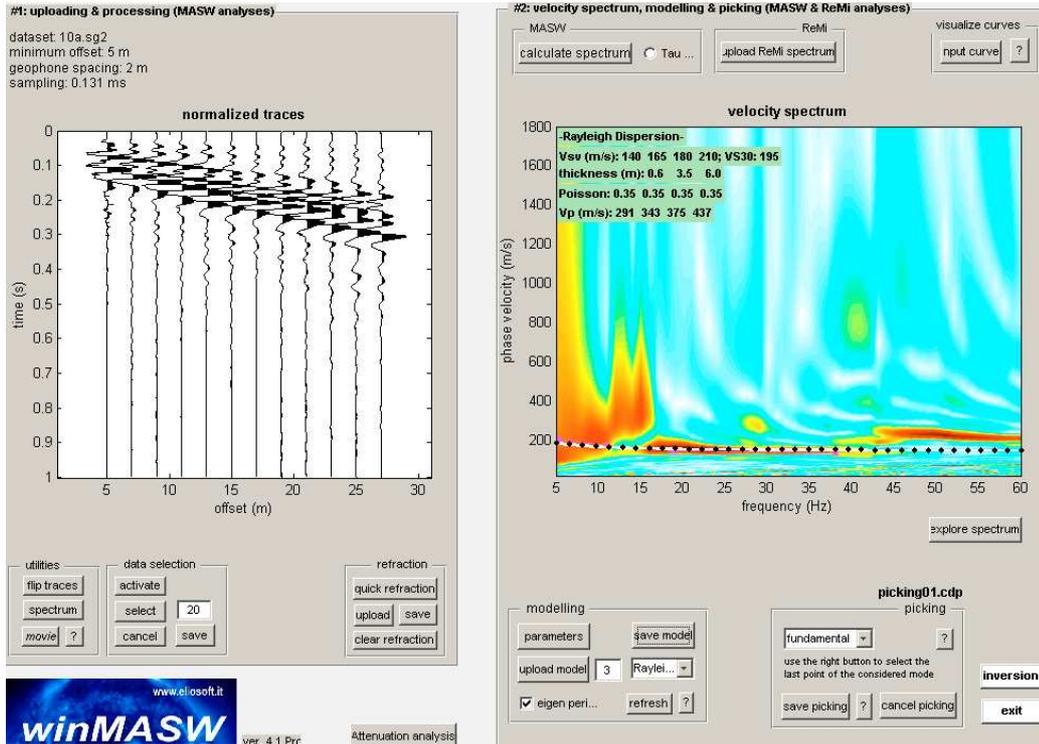
VS30 (best model): 215 m/s

## SECTION6

**Possible Soil Type: C**

(based on the mean model)





## 5. CONCLUSIONI

Lo studio geologico ha evidenziato, al di sotto di una coltre di spessore variabile tra 4,3 m ÷ 5,2 m di terreno di riporto, materiali di natura conglomeratica fino a 10,50 m dal p.c.

1. da un punto di vista idrogeologico e geomorfologico, il sito ha un'inclinazione superiore a 15°, non è esposto a rischi legati alla circolazione delle acque superficiali, né è soggetto a dissesti in atto; subito a valle della viabilità in esame è presente una fascia d'influenza da frana, come evidenziato nella carta geomorfologica di area ristretta su esposta; sotto l'aspetto litologico, le terre in esame, appartengono al complesso conglomeratico-sabbioso villafranchiano;

2. data la profondità della falda superiore a 15 m, si esclude il rischio di liquefazione dei terreni;

3. la categoria topografica, data la morfologia dei luoghi è riconducibile a T4; la categoria di sottosuolo, derivante dall'indagine sismica a rifrazione superficiale di tipo MASW, è: tipo C;

4. le coordinate geografiche WGS84 del sito risultano:

42° 53' 41,67" N    12° 39' 06,80" Est

Nel restare a disposizione per eventuali chiarimenti, si raccomanda la presenza del Geologo incaricato in fase di scavo, per la verifica puntuale di quanto si qui descritto.

## 6. DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

