

PROVINCIA DI PERUGIA

COMUNE DI NORCIA

**RELAZIONE GEOLOGICA – TECNICA
E SUL MODELLO GEOLOGICO E SISMICO DI SITO**

(Redatta ai sensi del DPR 328/01 - D.M. 17 gennaio 2018 e Circ. n. 7 del 21-01-2019)

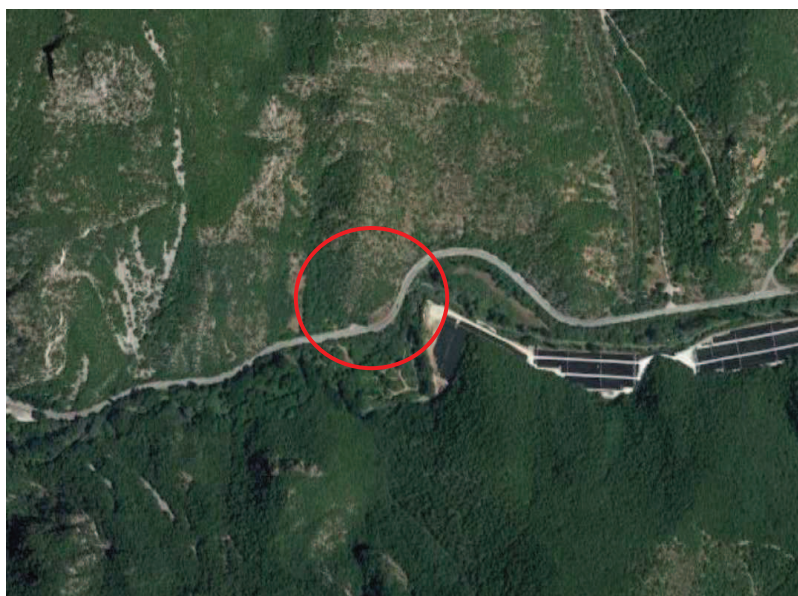
**RELATIVA ALLA RIQUALIFICAZIONE AREE AGRICOLE SITE
IN LOCALITA' BISELLI - CAPRARECCIA**

TECNICI INCARICATI:

Dott. Geol. Giorgio Leoni

DATA: 22 febbraio 20120

SCALA: Varie



Collaboratori:

LOCALITA': **BISELLI CAPRARECCIA - NORCIA (PG)**

COMMITTENTE: **SIG. MATTIOLI GIULIANO**

STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO-AMBIENTALE

Dott. Geol. Giorgio Leoni

P.I. 02344070541 – e-mail geostudio.leoni@alice.it

Vicolo delle Conservette n. 12

06036 MONTEFALCO (PG)

Tel./fax 0742/378657-347/3561957

Via G. Lo Cascio n. 15

06125 Perugia

Tel./fax 075/43079-347/3561957

Handwritten signature of Dott. Geol. Giorgio Leoni
Stamp: REGIONE UMBRIA, ALBO 254

INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO	6
2.1 - Contesto geologico di riferimento	6
2.2 - Geomorfologia dell'Area	7
2.3 - Dati sulla franosità storica	7
2.4 - Idrogeologia dell'Area	7
2.5 - Geologia Ambientale e Tutela Paesaggistica	8
2.6 - Dati sull'Alluvionamento dell'Area	8
2.7 - Gestione delle Terre da Scavo	8
2.8 - Sicurezza sugli Scavi	9
3. MODELLAZIONE GEOLOGICA	10
3.1 - Piano delle Indagini/sintesi delle analisi condotte	10
3.2 - Modello geologico di Sintesi (area fabbricati)	10
3.3 - Modello geologico di Sintesi (area sottopasso)	11
3.4 - Modello Geotecnico di Sintesi	12
3.5 - Modello geologico di Sintesi per le verifiche di stabilità	16
4. MODELLAZIONE' SISMICA DEL SITO	17
4.1 - Sismicità storica dell'Area	17
4.2 - Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento	18
4.3 - Determinazione dell'approccio e definizione dell'azione sismica	24
4.4 - Determinazione dell'approccio e definizione dell'azione sismica	25
4.5 - Determinazione della Categoria Topografica	26
4.6 - Stabilità nei confronti della liquefazione	27
5. CONSIDERAZIONI FINALI	28

TAVOLE - ALLEGATI

TAV. I

Carta Corografica scala 1: 25.000

TAV. II

Planimetria Catastale con ubicazione del fabbricato scala 1: 2.000

TAV. III

Planimetria Catastale con ubicazione indagini scala 1: 1.000

TAV. IV

Stralcio cartografia geologica regionale dalla scala 1: 10.000

TAV. V

Stralcio Carta PAI Inventario Fenomeni Franosi dalla scala 1: 10.000

ALLEGATO A

Elaborazione dati geofisici e profilo sismostratigrafico

ALLEGATO B

Parametri geotecnici della roccia (classificazione di Bieniawski)

ALLEGATO C

Stratigrafia e documentazione fotografica sondaggi eseguiti

ALLEGATO D

Certificati di prova laboratorio geotecnico

1. PREMESSA

Su Incarico del *Geom. Pierluigi Fabrizi, per conto della committenza*, è stata svolta a norma delle vigenti leggi, uno studio geologico e geotecnico sulle indagini eseguite - "*redatto ai sensi del D.P.R. 328/01 - art. 41*" - allo scopo di conoscere la geologia e la geomorfologia dell'area, nonché la parametrizzazione fisica dei terreni del sito sul quale è in progetto la riqualificazione di alcune aree agricole con la ricostruzione di alcuni fabbricati esistenti e la realizzazione di nuove strutture e relative pertinenze da adibire a attività ricettiva.

L'area sulla quale si intende realizzare l'opera in progetto è ubicata in Loc. Biselli-Caprareccia del Comune di Norcia.

Le indagini svolte in conformità con i criteri stabiliti dal D.M. 11 marzo 1988, dal D.M. 17 gennaio 2018 e dalla Circ. n. 7 del 21-01-2019, si sono articolate attraverso le seguenti fasi:

- sopralluogo nell'area oggetto di studio;
- inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico;
- rilevamento geo-strutturale sul substrato affiorante;
- saggi esplorativi con mezzo meccanico;
- esecuzione prova sismica Masw;
- caratterizzazione stratigrafica dei terreni in sito;
- analisi del modello sismico;
- considerazioni tecniche conclusive.

Nell'esecuzione della presente ci si è avvalsi, per quanto riguarda i dati geologici e geomorfologici, anche della documentazione bibliografica disponibile e delle informazioni provenienti dalla microzonazione sismica di Livello 3 approvata dalla Regione Umbria (D.G.R. n. 298 del 4/04/2018).

Si ricorda, inoltre, che la zona in oggetto ricade in zona sismica 1 (grado di sismicità $S=12$) e pertanto il progetto dovrà attenersi alle normative tecniche espresse dal D.M. dell'11/3/1988, dal D.M. 16/01/1996 e dal D.M. del 17 gennaio 2018.

Per una migliore identificazione dell'area e per completezza di calcolo, alla presente relazione sono allegati:

- carta corografica alla scala 1:25.000 (TAV. I);
- planimetria catastale scala 1:2.000 con ubicazione del fabbricato (TAV. II);
- planimetria catastale scala 1: 1.000 con ubicazione indagini (TAV. III);
- stralcio cartografia geologica regionale dalla scala 1: 10.000 (TAV. IV);
- stralcio della cartografia PAI Inventario Fenomeni Franosi dalla scala 1: 10.000 (TAV. V);
- elaborazione indagini sismiche (Allegato A);
- parametri geotecnici della roccia – class. di Bieniawski - (Allegato B);
- stratigrafia e documentazione fotografica sondaggi eseguiti (Allegato C);
- certificati di prova laboratorio geotecnico (Allegato D).

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOLOGICO

L'area presa in esame è ubicata lungo il versante meridionale del Monte S. angelo in prossimità della Strada Regionale 320 - Tre Valli Umbre. Il sito posto ad una quota topografica di circa 475-485 m s.l.m., è individuabile nella parte centrale della tavoletta I.G.M. "NORCIA", Foglio n°132 della Carta d'Italia, catastalmente distinto nella particelle n. 161,162,184,186,187,200,203,218, 230,231,232,233,234,235,236 e 510 del Foglio n° 103 N.C.T. del Comune di Norcia.

2.1 - Contesto geologico di riferimento

Dal punto di vista geologico l'area è visibile nel Foglio n.132 "NORCIA " della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000), ed è compresa all'interno del comprensorio dei monti Sibillini, edificio tettonico a pieghe e sovrascorrimenti originatosi durante il Messiniano-Pliocene. Quest'ultimo è caratterizzato da importanti strutture distensive disposte in senso appenninico (NW-SE), la cui enucleazione è probabilmente da riferire al Pleistocene inferiore.

Nel sito affiora la Formazioni della Scaglia Rossa caratterizzata da calcari micritici rosati, più raramente biancastri, alternati a interstrati pelitici molto sottili. Liste e noduli di selce rosso-amaranto. La parte cretacea della formazione quasi esclusivamente calcarea e caratterizzata da strati più spessi (10-40 cm. La Formazione si presenta alterata e particolarmente fratturata. A luoghi la stessa formazione giace al di sotto di una coltre di copertura detritica continentale (conoide) proveniente dal disfacimento delle formazioni calcaree poste a monte. Tali depositi Quaternari (Pleistocene - Olocene), essenzialmente gravitativi, sono caratterizzati da una granulometria variabile, da ben classati a fortemente eterometrici e costituiti principalmente da clasti a spigoli vivi o subangolosi in accumuli massivi o grossolanamente stratificati.

Leggermente più a valle dell'area in esame sono presenti depositi continentali Quaternari alluvionali del Fiume Corno. Da un accurato rilevamento geologico e dall'analisi della bibliografia rinvenuta, si esclude la

presenza di discontinuità tettoniche, degne di rilievo, nelle immediate vicinanze del sito in esame, anche se non si escludono, complicazioni strutturali di piccola entità dovute allo stile tettonico che ha portato al sovrascorrimento delle unità tettoniche.

2.2 - Geomorfologia dell'Area

Dal punto di vista morfologico l'area è situata nel tipico paesaggio di raccordo con le Conche Intramontane, caratterizzato da forme morfologiche irregolare dove, a luoghi, si rinvencono diverse variazioni di pendenza, tra i 10-40°. Non mancano le rotture di pendio, dovute il più delle volte a fattori litologici/antropici.

Il sito in esame è ubicato in prossimità della Strada Regionale 320 dove i terreni sono destinati prevalentemente all'uso boschivo.

2.3 - Dati sulla franosità storica

L'esame della cartografia geomorfologica allegata al P.A.I., redatta dall'autorità di Bacino del F. Tevere, riporta la presenza di conoidi di detrito ritenute attive che tuttavia interessano solo marginalmente il sito oggetto di studio. Nelle immediate vicinanze del sito in esame, comunque, non sono stati individuati, attualmente, segni di erosione accelerata né di complessiva instabilità anche a seguito degli interventi di bonifica e messa in sicurezza della Strada regionale eseguiti dopo gli eventi sismici del 24 agosto 2016 e successivi.

2.4 - Idrogeologia dell'Area

Nell'area il reticolo idrografico è poco sviluppato, in virtù della alta permeabilità dei litotipi presenti, e caratterizzato soprattutto da impluvi naturali e fossi artificiali, di modesta entità, che apportano le acque al collettore principale Fiume Corno. Tutti i fossi sono interessati da deflussi

superficiali significativi solamente in occasione di intense e prolungate precipitazioni meteoriche.

Si può comunque affermare che gran parte delle acque meteoriche ricadenti nell'area, vengono assorbite dalla coltre superficiale facendone alterare le proprie caratteristiche fisiche-meccaniche, mentre solo una piccola parte defluisce verso valle.

La circolazione idrica sotterranea all'interno di questi depositi continentali viene a determinarsi per la presenza di una permeabilità primaria delle litofacies sabbiosa-ghiaiosa ed è localizzata soprattutto sui terreni superficiali laddove la stessa viene limitata inferiormente da livelli marnosi-argillosi impermeabili.

Nell'area non sono presenti pozzi esistenti e pertanto il livello della falda profonda è stato stimato ad una profondità di oltre i -20 m dal piano di campagna.

2.5 - Geologia Ambientale e Tutela Paesaggistica

Il sito in esame non ricade in un area d'interesse geologico.

2.6 - Dati sull'Alluvionamento dell'Area

Il sito in esame non ricade in un area a rischio di esondabilità.

2.7 - Gestione delle Terre da Scavo

Per le opere di progetto sono previsti modesti volumi di terre e rocce di scavo da riutilizzate tali e quali sullo stesso sito di scavo. Comunque, tali terre potranno essere riutilizzate soltanto dopo essere analizzate e se conformi ai requisiti di cui all'articolo 185, comma 1, lettera c), del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. La non contaminazione dovrà essere verificata ai sensi dell'allegato 4 del D.P.R. 120/2017 che riporta le linee guida per l'accertamento delle qualità ambientali.

Qualora si abbia la necessità di riutilizzare le terre da scavo in altro sito il progettista almeno 15 gg prima della comunicazione di inizio lavori potrà far

predisporre un Piano di Utilizzo delle terre scavate. Tale eventuale piano di gestione delle terre da scavo sarà redatto in modo integrale in un altro elaborato specifico per essere inoltrato alle l'Autorità competenti.

2.8 - Sicurezza sugli Scavi

Per le opere in progetto non sono previsti scavi di profondità significativa e comunque gli elaborati strutturali, relativi all'opera da realizzare, potranno contenere le verifiche di stabilità necessarie.

3. MODELLAZIONE GEOLOGICA

3.1 - Piano delle Indagini/sintesi delle analisi condotte

Durante il sopralluogo nell'area esaminata e dal rilevamento geologico e geostrutturale eseguito si è potuto osservare che il terreno è costituito, come precedentemente citato, da calcari micritici rosati, più raramente biancastri appartenenti alla Formazione della Scaglia Rossa. Al fine di caratterizzare, dal punto di vista geolitologico e geomeccanico, i terreni del sottosuolo dell'area esaminata è stata condotta, in relazione alla litologia presunta ed agli accessi logistici del sito, una campagna indagine caratterizzata da una indagine geofisica di tipo Masw+Remi, per la determinazione della velocità onde di taglio $V_{seq.}$.

3.2 - Modello geologico di Sintesi (area fabbricati)

Durante il sopralluogo nell'area esaminata, si è constatato che il terreno è costituito come precedentemente citato, da una sottile coltre di copertura/riporto, posta al disopra del substrato lapideo caratterizzato da litotipi stratificati con un elevato grado di fratturazione elevato.

Da un maggior dettaglio dovuto all'esame del terreno attraverso l'osservazione di affioramenti presenti lungo alcuni tagli stradali ubicati a ridosso dei fabbricati e al di sotto degli stessi si è potuta ricostruire la seguente stratigrafia:

0,0 ÷ 0,3/0,7 m	Terreno di copertura detritica eluvio-colluviale;
0,3/0,7 ÷ 2,4 m	Substrato calcareo alterato e fratturato di colore rosato-biancastro a sfumature grigio-scuri (Formazione della Scaglia Rossa);
2,4 ÷ 4,6 m	Substrato calcareo fratturato di colore rosato-biancastro a sfumature scure (Formazione della Scaglia Rossa).

3.3 - Modello geologico di Sintesi (area sottopasso)

Durante i sondaggi esplorativi eseguiti nel sito di studio si è potuto osservare che il terreno è costituito, come precedentemente citato, da depositi essenzialmente gravitativi, a granulometria variabile, da ben classati a fortemente eterometrici. Le indagini geognostiche hanno permesso di ricostruire, a partire dal piano campagna, la seguente stratigrafia:

Stratigrafia sondaggio S1 (quota piano stradale S.S. 320)

Strato n°1	0,00	0,80	Terreno stradale di riporto antropico ghiaioso-ciottoloso;
Strato n° 2	0,80	5,30	Ghiaia in matrice sabbiosa-limosa di colore avana con trovanti di dimensione decimetriche;
Strato n° 3	5,30	7,0	Conglomerati e trovanti calcarei in scarsa matrice fine di colore avana - nocciola.

Stratigrafia sondaggio S2 (quota – 2,05 dal S1))

Strato n°1	0,00	0,60	Terreno di riporto antropico ghiaioso-ciottoloso;
Strato n° 2	0,60	1,70	Ghiaia e sabbia in matrice sabbiosa-limosa di colore avana con trovanti di dimensione decimetriche;
Strato n° 3	1,70	2,30	Conglomerati e trovanti calcarei in scarsa matrice fine di colore marrone - nocciola.
Strato n° 2	2,30	2,85	Ghiaia in matrice sabbiosa-limosa di colore avana con trovanti di dimensione decimetriche;
Strato n° 3	2,85	3,0	Conglomerati e trovanti calcarei in scarsa matrice fine avana.

Strato n° 4	3,0	5,0	Ghiaia in matrice sabbiosa-limosa di colore avana con trovanti di dimensione decimetri che.
-------------	-----	-----	---

Su tutte le indagini effettuate è non è stata intercettata la presenza di acqua ma soltanto un aumento dell'umidità a partire da una profondità di -1,80 – 2,20 m dall'attuale piano campagna. La falda quindi è stata stimata ad una profondità ben al disotto del volume significativo interessato dai bulbi di pressione indotti dalle fondazioni dei fabbricati presenti.

3.4 - Modello Geotecnico di Sintesi

Per la valutazione delle caratteristiche di resistenza del terreno si è ritenuto lecito adottare parametri geotecnici ricavati sia dalle indagini geognostiche eseguite nell'area in occasione di precedenti lavori che dall'esperienza personale acquisita in terreni analoghi e ubicati nello stesso contesto.

Escludendo lo strato più superficiale costituito da terreno di copertura, le caratteristiche fisico-meccaniche del terreno sottostante risultano caratterizzate da un discreto/buono grado di resistenza anche se sensibilmente variabile sia nel senso verticale (profondità) che orizzontale.

Al fine di una migliore caratterizzazione geotecnica dei terreni del conoide alluvionale, laddove si è ritenuto necessario e possibile, sono state eseguite delle prove S.P.T. in foro, i cui risultati vengono di seguito riassunti:

<i>Sondaggio</i>	<i>Quota P.C. (m s.l.m.)</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>S.P.T. Prof. m</i>	<i>N. Colpi</i>
<i>S1</i>	<i>475</i>	<i>7,0</i>	<i>-1,5-1,95 m</i>	<i>14/12/12</i>

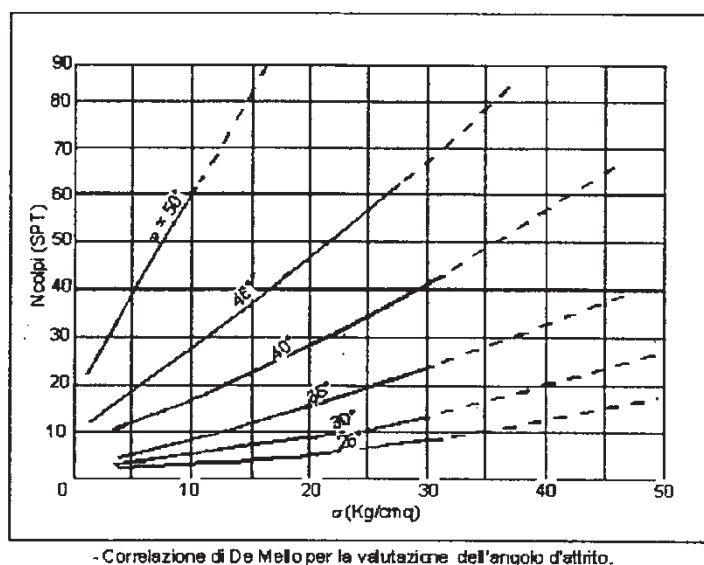
S1	475	7,0	- 5,0- 5,45 m	16/19/22
S2	473	5,0	- 1,2-1,65 m	18/24/29
S2	473	5,0	- 3,0-3,45 m	17/21/25

I dati ottenuti dalle indagini hanno confermato una sequenza di terreni superficiali a carattere principalmente granulare a geometria stratificata con modesti livelli di materiale coesivo.

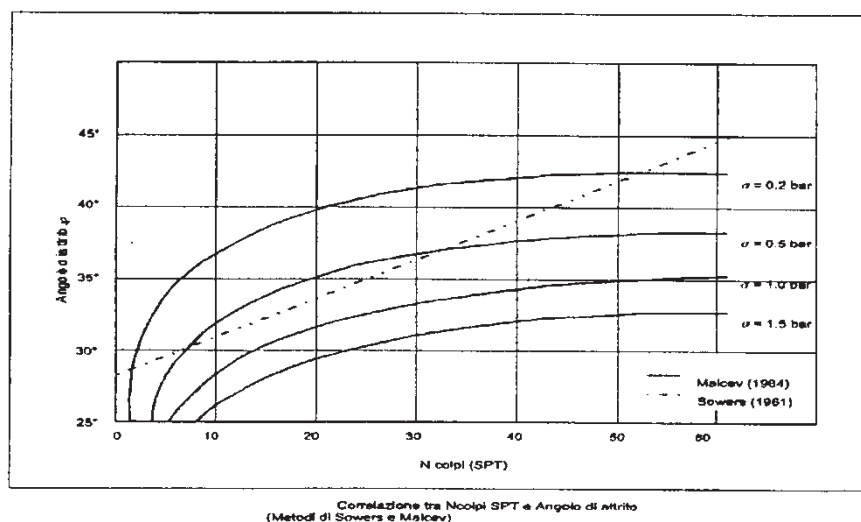
Attraverso il numero dei colpi ottenuto da prove SPT è possibile ricavare alcuni parametri geomeccanici dei terreni investigati utilizzando alcuni metodi standard di correlazione di cui alcuni vengono di seguito riportati.

Angolo di attrito

L'angolo di resistenza al taglio del terreno può essere correlato direttamente attraverso i metodi di De Mello e Sowers-Malcev di cui si riportano i grafici di correlazione. De Mello valido per terreni granulari in genere è da considerarsi inattendibile per valori di $\phi > 38^\circ$;

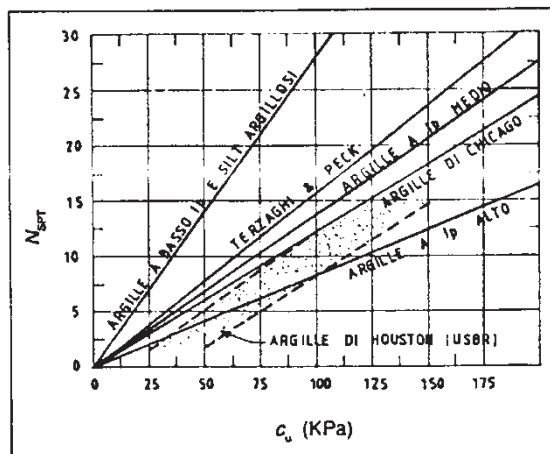


Sowers-Malcev valido per terreni granulari sabbiosi è da considerarsi anche questo inattendibile per valori di $\phi > 38^\circ$;



Coesione

Anche se questa prova non è da ritenersi molto attendibile su tali terreni, al fine di avere una stima di riferimento della coesione non drenata C_u viene di seguito riportata la correlazione di Schmertmann (1975);



Nella scelta dei parametri geomeccanici del terreno si possono ipotizzare, con un buon margine di sicurezza ed a partire dalla quota dell'attuale piano campagna, i seguenti valori sperimentali:

Nella scelta dei parametri, facendo riferimento al rilevamento geo-strutturale ed alle prove geognostiche in sito, e si ipotizzano con un buon margine di sicurezza, i seguenti valori:

Modello geotecnico area fabbricati

Tra 0,0 e 0,3/0,7 mt		Terreno di copertura eluvio-colluviale	
ϕ	Angolo d'attrito interno	25-29	°
C_u	Coesione non drenata	0,0-0,15	Kg/cm ²
γ	Peso di volume	1,65-1,75	t/mt ³
D_r	Densità relativa	0,20-0,40	

Tra 0,3/0,7 e 2,4 mt		Substrato calcareo alterato e fratturato	
ϕ	Angolo d'attrito interno	31-34	°
C	Coesione	0,0-0,2	Kg/cm ²
γ	Peso di volume	2,1-2,2	t/mt ³
M_o	Modulo di deformazione	400-500	Kg/cm ²

Tra 2,4 e 4,6 mt		Substrato calcareo fratturato	
ϕ	Angolo d'attrito interno	> 37	°
C	Coesione	0,0-0,2	Kg/cm ²
γ	Peso di volume	2,2-2,3	t/mt ³
M_o	Modulo di deformazione	500-600	Kg/cm ²

Per maggior dettaglio della classificazione di Bieniawski vedere l'Allegato C

Modello geotecnico area sottopasso

Tra 0,0 e 0,6/0,8 mt		Terreno di riporto antropico	
ϕ	Angolo d'attrito interno	31-33	°
C_u	Coesione non drenata	0,0-0,15	Kg/cm ²

γ	Peso di volume	1,65-1,75 t/mt ³
D_r	Densità relativa	0,20-0,40

Tra 0,6/0,8 e 7,0 mt	Ghiaie e conglomerati a matrice fine variabile	
ϕ	Angolo d'attrito interno	35-41 °
C	Coesione	0,0-0,1 Kg/cm ²
γ	Peso di volume	2,0-2,2 t/mt ³
M_o	Modulo di deformazione	400-550Kg/cm ²

Tali valori risultano applicabili solo ai terreni presenti in posto, in quanto i materiali di riporto da accostare alla struttura di fondazione dell'opera, potranno essere di natura differente da quelli ottenuti dallo sbancamento e pertanto avere caratteristiche diverse.

I terreni descritti non si ritengono compressibili o suscettibili di liquefazione in fase sismica.

3.5 - Modello geologico di Sintesi per le verifiche di stabilità

Dato il contesto geomorfologico del sito oggetto di studio e la tipologia dell'opera da realizzare non sono state necessarie le verifiche di stabilità generale e locale.

4. MODELLAZIONE' SISMICA DEL SITO

La sismicità dell'area non può considerarsi trascurabile specialmente in relazione alla presenza nell'area urbana di un patrimonio storico, artistico e monumentale e di edifici particolarmente vulnerabili che possono costituire un pericolo anche in occasione di terremoti di bassa intensità.

4.1 - Sismicità storica dell'Area

Le testimonianze degli effetti dei terremoti sono particolarmente abbondanti e tali da costituire dei veri e propri cataloghi storici degli eventi che possono essere distinti a seconda dell'origine degli stessi e comunque sempre a carattere macrosismico.

Al riguardo si deve sottolineare che esistono attività sismiche di diverso tipo:

- carattere locale (intensità VI-VII grado MCS, magnitudo < 4 , profondità ipocentrali basse e $< 5\text{km}$);
- risentimenti di sismi verificatisi in aree sismogenetiche prossime all'area in esame (intensità $\leq$ V-VI grado MCS);
- risentimenti di sismi verificatisi in aree sismogenetiche relativamente vicine con risentimenti riferibili a circa intensità $>$ VII-VIII grado MCS - magnitudo > 5 .

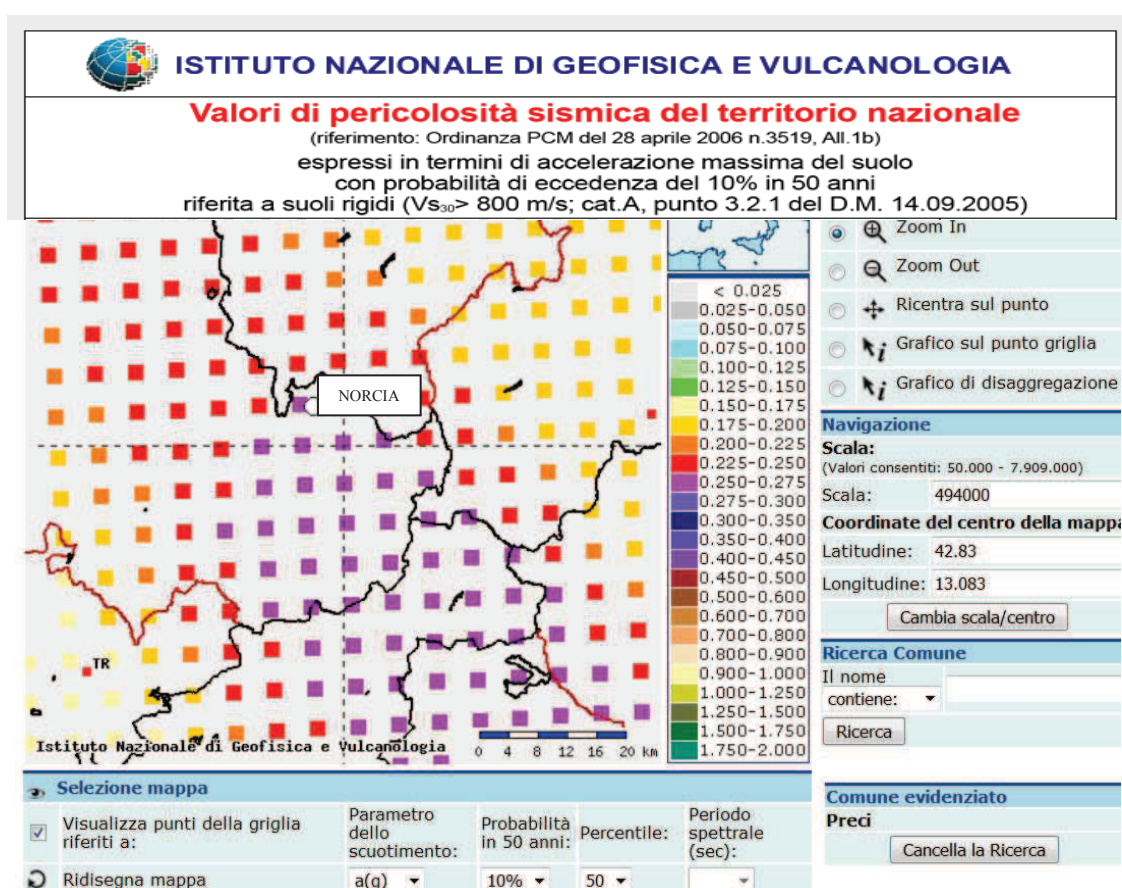
Il rischio sismico dipende sostanzialmente da tre fattori principali:

- Pericolosità sismica: cioè la propensione di un sito ad essere affetto da terremoti (vedi sopra frequenza temporale ed intensità dei sismi);
- Esposizione sismica: misura quantitativa del “valore” economico-sociale (in termini di vite umane) di una struttura;
- Vulnerabilità del patrimonio edilizio: è la propensione di una struttura a subire un certo grado di danneggiamento a causa degli effetti di un evento sismico di prefissata severità. Fattore legato essenzialmente alla vetustà dei fabbricati, alla assenza di manutenzione o alla cattiva qualità esecutiva degli immobili. Viene per cui definito Input Sismico di un sito la pericolosità

sismica e quindi il terremoto atteso sulla base del quale deve essere progettata, in base alla sua vulnerabilità, la struttura da realizzare.

Ai fini puramente normativi si deve comunque ricordare che alla luce della nuova normativa nazionale inerente la riclassificazione sismica del territorio nazionale, in base alle disposizioni dell'Ordinanza della P.C.M. n. 3274/2003 e D.G.R. n. 852/2003, il Comune di Norcia è stato classificato attualmente nella zona 1, alla quale corrisponde un valore di accelerazione orizzontale (ag) massima su suolo pari a: 0,35 e pertanto le verifiche di calcolo devono tener conto delle sollecitazioni aggiuntive tipiche delle aree con dichiarata sismicità.

4.2 - Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento



Il quadro della pericolosità sismica di base elaborato dall'INGV, assegna alla città di Norcia un valore di accelerazione massima al suolo, con probabilità di

eccedenza del 10% in 50 anni (periodo di ritorno di 475 anni), pari a 0,255g, valore che fa ricadere tale area in zona sismica 1.

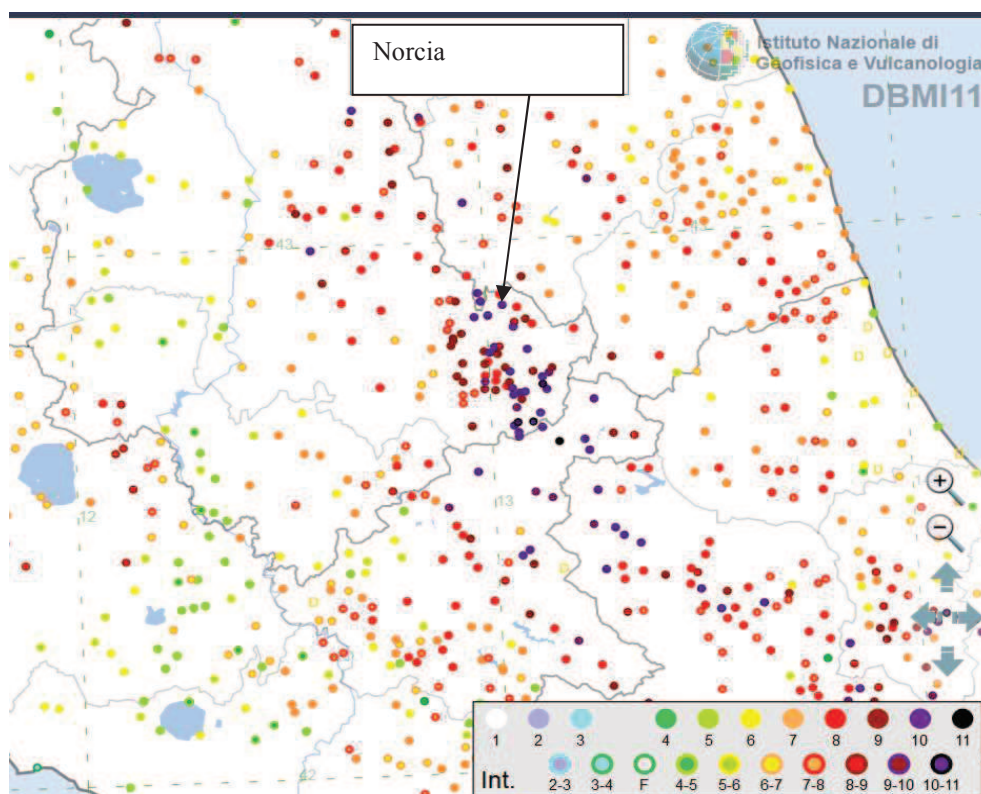
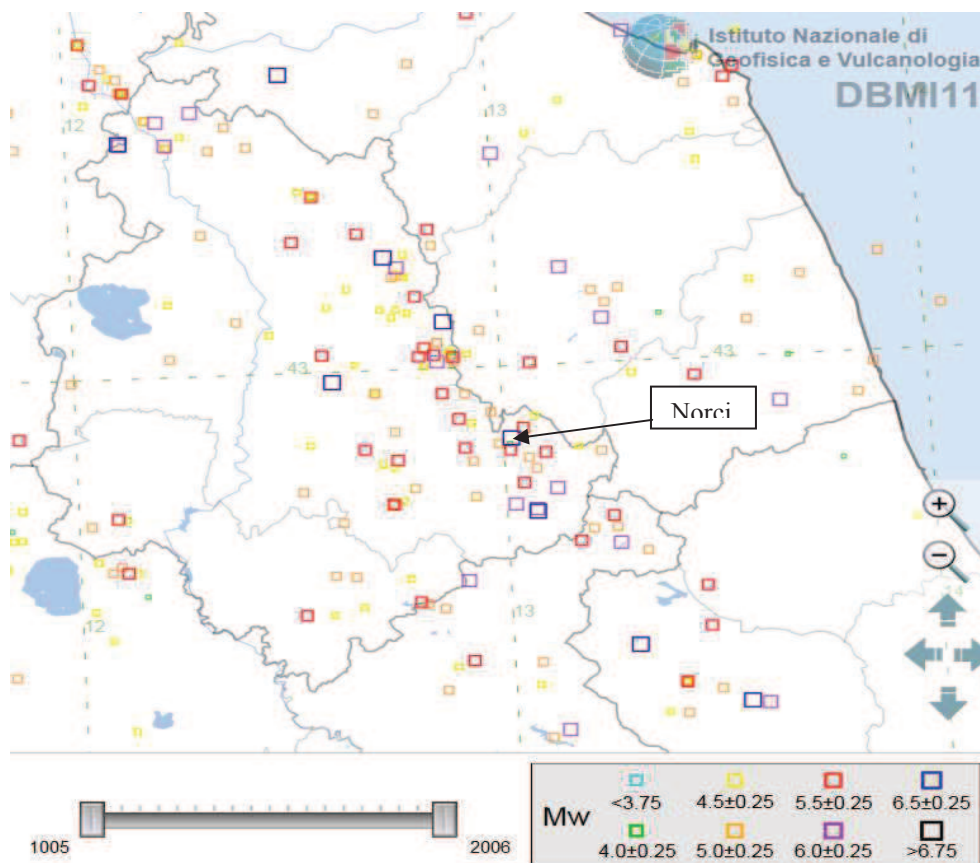
La massima intensità macrosismica storicamente osservata nel sito di Preci è riconducibile al X grado della MCS, in occasione del terremoto avvenuto nel 12/01/132 con area epicentrale localizzata nel comprensorio di Norcia (PG).

Successivamente sono stati estrapolati dal Catalogo dei Terremoti Italiani (DBM11 - INGV), i terremoti con epicentro localizzato in un raggio rispettivamente di 5 Km e 100 Km di distanza dal Comune di Norcia con una finestra temporale tra il 1328 ed il 2006. Tale archivio contiene eventi con intensità epicentrale massima compresa tra VII-VIII MCS (il VI grado della scala MCS rappresenta la soglia minima per cui si possono avere effetti sui manufatti).

I risultati di tali ricerche mostrano che gli eventi che ricadono ad una distanza inferiore o uguale a 20 Km sono avvenuti in prossimità dell'area in esame ed hanno una magnitudo inferiore a 6,5. Distanze comprese tra i 20 Km ed i 50 Km sono caratterizzate da eventi localizzati nell'Appennino umbro-reatino, con magnitudo prossime o superiori a 6,5.

Per distanze dai 50 Km ai 100 Km si hanno eventi con origine nelle strutture sismogenetiche dell'Appennino Umbro Marchigiano, es. terremoto di Camerino del 30/04/1279 ($M_w=6.3$); es. terremoto di Gualdo Tadino del 27/07/1751 ($M_w=6.3$). Distanze maggiori ai 100 Km sono caratteristiche di eventi localizzati nell'Appennino Abruzzese es. terremoto Aquilano del 09/09/1349 ($M_w=6.5$).

Per alcuni eventi che testimoniano la storia sismica dell'area oggetto di studio vengono riportati i seguenti prospetti di riferimento:



La storia degli eventi sismici che hanno interessato il territorio della Valnerina viene riportata nei cataloghi sismici di cui al precedente paragrafo. Tali eventi sono riconducibili dal punto di vista sismotettonico ad alcune caratteristiche strutturali del territorio circostante. L'elemento di maggiore interesse è sicuramente la presenza, nell'area sismotettonicamente significativa per il sito, della parte centrale della dorsale appenninica (Appennino umbro-marchigiano, umbro-reatino e abruzzese) interessata prevalentemente da una attività tettonica di tipo distensivo.

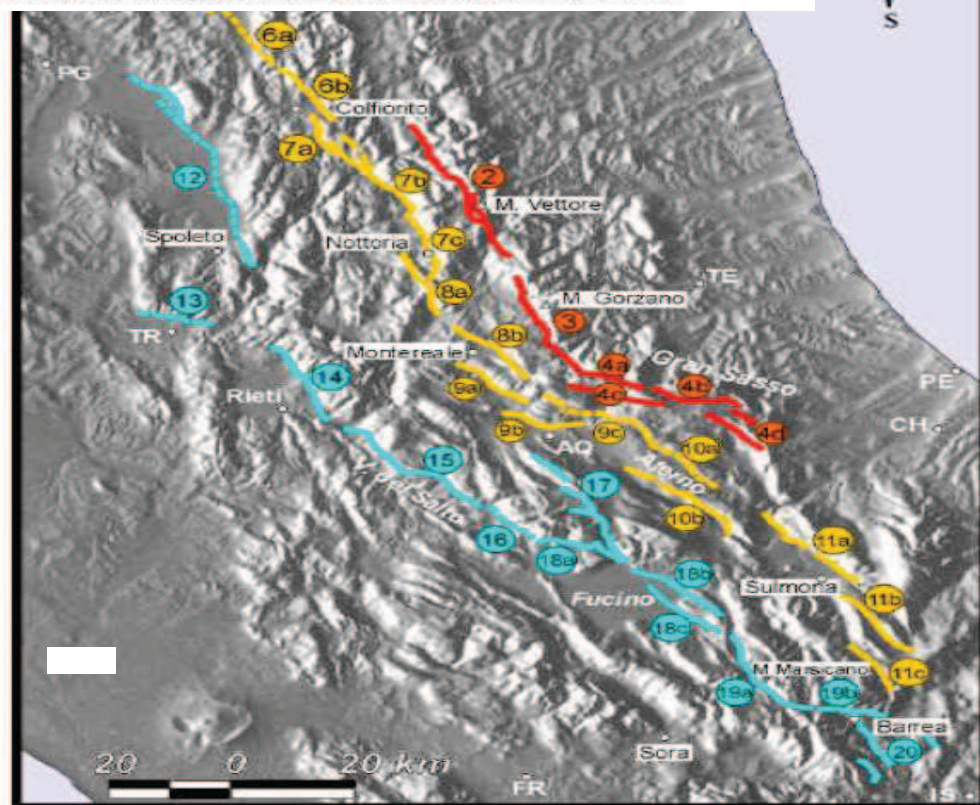
Nella regione umbro-marchigiana la tettonica estensionale pliocenico-quadernaria trova la sua espressione geologica nella presenza di bacini continentali, allungati in direzione appenninica e bordati da faglie normali. Ad una visione più ampia della zona, infatti, non si può non citare la faglia Nottoria-Preci che corre ai piedi dei monti di Norcia, alla quale viene riferita in genere la sismicità della zona poiché ad essa sono associati chiari indizi di tettonica recente.

Un quadro ben definito della tettonica dell'area è visibile dalla Carta degli allineamenti di faglie quadernarie ovest-immidenti, rilevanti dal punto di vista sismogenetico, dell'area intra-appenninica umbro-marchigiana-abruzzese. (G. Lavecchia, P. Boncio, F. Brozzetti *Dipartimento di Scienze della Terra, Università "G. d'A." Chieti*).

La carta è stata realizzata sulla base di dati editi ed inediti degli Autori (dati geologico-strutturali di superficie e profondi), integrati con dati morfotettonici, paleosismologici e sismologici di letteratura, per quanto riguarda il settore umbro-marchigiano e l'area Magnola-Fucino-Val di Sangro-Barrea, mentre è stata elaborata su base compilativa per i restanti settori. Sono stati identificati tre allineamenti principali di faglie quadernarie normali ed oblique, che si sviluppano in direzione NNW-SSE con locali *bending* in direzione WNW-ESE: 1) allineamento interno: M. Subasio - Spoleto e *fault system* Martani sud – Rieti – Fucino – Val di Sangro; 2) allineamento intermedio: *fault system* Gubbio – Colfiorito – Norcia – Montereale – Aterno – Sulmona; 3) allineamento esterno: *fault system* M. Vettore – Campotosto – Gran Sasso e possibile prosecuzione settentrionale nella struttura di M. San Vicino. Ogni allineamento (*fault system* regionale) è costituito da *master faults* continue

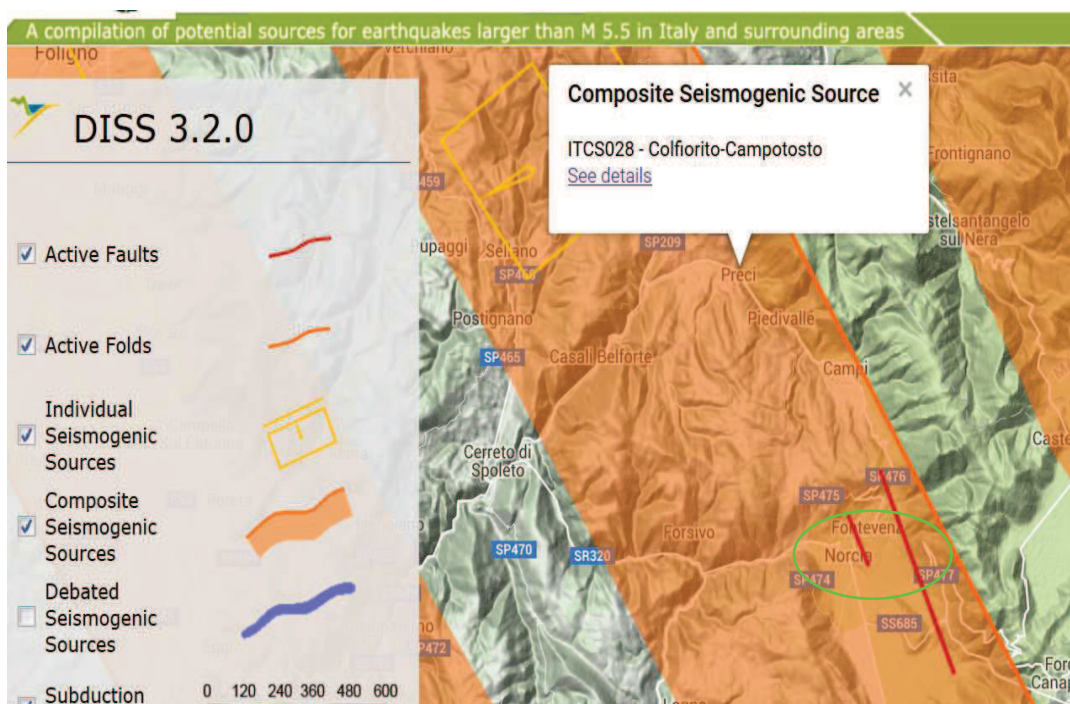
per alcune decine di chilometri in profondità, a volte segmentate in strutture di ordine gerarchico minore, spesso vicarianti secondo un *pattern en échelon* destro. Tutte le *master faults* individuate sono, secondo gli autori, definibili sismogenetiche perché caratterizzate, il più delle volte, da evidenze di campagna di attività tardo-quadernaria (Tab. 1 *cum bibl.*) e perché associabili a paleosismi e/o a rilevanti ($M > 5$) terremoti strumentali e storici. Indicazioni sulla profondità massima delle strutture sismogenetiche derivano da dati sismologici e di sismica a riflessione (Bagnaia et al., 1996; Boncio e Lavecchia 1999, 2000, Boncio et al., 1998a, 1998b). In generale, si osserva un progressivo approfondimento della base delle strutture sismogenetiche spostandosi da NW verso SE. E' infatti possibile stimare profondità sismogenetiche di circa 6 Km per la struttura di Gubbio (5), 8 Km per Colfiorito (6), 6-7 Km per la struttura di S.Martino-M.Civitella (7a), circa 11 Km per le strutture di **Preci - F. d'Ancarano** (7b) e **Nottoria-M. Pizzuto** (7c), circa 12-13 Km per le strutture di M. San Vicino (1) e M. Bove-M. Vettore (2).

Fig. 1 - Carta degli allineamenti di faglie quaternarie ovest-immidenti, rilevanti dal punto di vista sismogenetico, dell'area intra-appenninica umbro-marchigiana-abruzzese. Azzurro: allineamento interno; Giallo: allineamento intermedio; Rosso: allineamento esterno. La numerazione progressiva (1, 2 ...) identifica le master faults; le lettere (a, b, c ...) si riferiscono a strutture minori all'interno di una singola master fault (vedi Tab. 1). Il tratteggio identifica faglie sepolte o con dubbio ruolo sismogenetico. Sullo sfondo, shaded relief dell'Italia centrale (da Reichenbach et al., 1992).



Un quadro sintetico delle sorgenti sismogenetiche attive nell'area d'interesse può essere estratto dal "Of Individual Seismogenic Sources " (DISS) versione 3.1.0 (DISS Working Group, 2009; Basili et al., 2008). Si può osservare come la città di Preci ricade all'interno della Sorgente Sismogenetica ITCS028 (Colfiorito-Campotosto) caratterizzata da una Magnitudo massima $M_w=6,5$. In particolare in un raggio di 20 Km dal sito in esame si trovano due Sorgenti Sismogenetiche Individuali Sellano, Norcia e Bore-Montefeltro, caratterizzate rispettivamente da $M_w=5,6$; $M_w = 6,0$ e $M_w=6,2$.

Di seguito è riportata una mappa dell'area di interesse con l'ubicazione delle più vicine Sorgenti Sismogenetiche Individuali e per ogni sorgente sismogenetica sono riassunti i principali parametri geometrici della faglia (lunghezza e larghezza) e la massima magnitudo momento M_w associata.



4.3 - Determinazione dell'approccio e definizione dell'azione sismica

Per la definizione della pericolosità sismica del sito è stata condotta una campagna geofisica secondo quanto stabilito dal D.M. del 17 gennaio 2018. Sono state quindi eseguite alcune prove geofisiche con tecnica MASW, finalizzate alla ricostruzione del profilo verticale delle onde S ed alla determinazione del parametro di progetto V_{seq} .

INDAGINE GEOFISICA MASW ED ELABORAZIONE DATI

Per l'acquisizione dei dati di campagna è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- - Sismografo della Ambrogeo mod.12/24 risoluzione di acquisizione 16 bit;
- - Geofoni verticali con frequenza 4.5 Hz;
- - Energizzazione a percussione con massa battente su piastra.

Per l'elaborazione dei dati di campo, tramite il software dedicato WinMASWPro 4.3, è stata eseguita un'analisi congiunta procedendo prima con una modellazione diretta delle curve di dispersione e successivamente con il picking e l'inversione tramite algoritmi genetici.

L'indagine MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) è una tecnica investigativa che consente una ricostruzione della distribuzione della velocità delle onde S nel sottosuolo, permettendo di ricavare il parametro V_{seq} necessario per la classificazione dei suoli in base alle NTC 2018 che stabiliscono le norme tecniche in materia di progettazione antisismica. Il profilo sismostratigrafico con il metodo MASW viene ricavato tramite l'inversione delle curve di dispersione delle onde di superficie Rayleigh, che costituiscono un particolare tipo di onde di superficie che si trasmettono sulla superficie libera di un mezzo isotropo e omogeneo e sono il risultato dell'interferenza tra onde di pressione P e onde di taglio verticali Sv.

Per le prove eseguite sono stati utilizzati 12 geofoni verticali distanziati ognuno di 2.0 m per una lunghezza complessiva dello stendimento pari a 22 metri. Nell'ambito della fase di acquisizione sono state effettuate n. 2

energizzazione esternamente al profilo ad una distanza di 5.0 e 10 m dal geofono G_1 e G_{12} .

L'elaborazione del dato tramite la tecnica di inversione ha permesso quindi di ricostruire un modello sismostratigrafico del terreno che mostra la presenza di n. 5 orizzonti di velocità:

- un layer superficiale con valori di velocità V_s pari a circa 200 m/s e spessore di circa 1,0 m;
- un secondo layer con valori di velocità V_s pari a circa 416 m/s e spessore di circa 2,0 m;
- un terzo layer con valori di velocità V_s pari a circa 800 m/s e spessore di circa 6,0 m;
- un quarto layer con valori di velocità V_s pari a circa 1.200 m/s e spessore di circa 14,0 m;
- un quinto layer con valori di velocità V_s pari a circa 1.300 m/s.

Gli elaborati grafici sono riportati nella documentazione ALLEGATI.

4.4 - Determinazione dell'approccio e definizione dell'azione sismica

Dai dati sopra esposti si può quindi constatare un graduale aumento di velocità delle onde S con la profondità. Le velocità ricavate possono essere ricondotte per i primi livelli a materiali mediamente addensati di natura prevalentemente granulare mentre gli altri layer ad un materiale granulare con alto grado di consistenza. Ulteriori dettagli dei dati acquisiti sono esposti negli elaborati grafici degli allegati.

In base a quanto attualmente esposto nelle “Norme tecniche per le costruzioni” del D.M. 17 gennaio 2018, utilizzando i dati ricavati dalle indagini geofisiche eseguite e considerando in via cautelativa il piano di posa delle fondazioni coincidente con il p.c. sono stati determinati i seguenti valori di velocità media di propagazione delle onde di taglio:

Profilo sismico Masw $V_{s\ eq} = 816$ m/sec

Secondo quanto espresso dalle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018) data la velocità $V_{s_{eq}}$ ottenuta dalla profilo Masw, pari a **816 m/s**, il sito in esame può essere classificato come sottosuolo di **Categoria A**:

Categoria di Sottosuolo di tipo “A”

(valori di $V_{s_{eq}} > 800 \text{ m/s}$)

“Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{seq} superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m”.

Il valore di $V_{s_{eq}}$ con il quale è stata ricavata la Categoria di sottosuolo è stato ipotizzato considerando la situazione più sfavorevole che comporta un piano di posa delle fondazioni coincidente con il p.c. Nel caso di fondazioni intestate a profondità maggiori, essendo presente una successione sismostratigrafica con valori di consistenza/addensamento prevalentemente crescenti con la profondità, si avrà un incremento del valore $V_{s_{eq}}$ che potrebbe comportare una variazione della categoria di sottosuolo.

4.5 - Determinazione della Categoria Topografica

Il sito in esame inoltre è ubicato in corrispondenza di una superficie con inclinazione media maggiore a 15° e pertanto, in base a quanto previsto dal D.M. del 17 gennaio 2018, l'area può essere classificata nella seguente categoria topografica:

Categoria Topografica “T2”

4.6 - Stabilità nei confronti della liquefazione

Dato il livello della falda locale posto ad una profondità maggiore a -20 m dal piano campagna tale verifica viene omessa così come previsto dalle normative vigenti (NTC 2018).

5. CONSIDERAZIONI FINALI

L'indagine e lo studio effettuato hanno avuto come scopo quello di conoscere la geologia e la geomorfologia dell'area, nonché la parametrizzazione fisica e geotecnica dei terreni del sito sul quale è in progetto la riqualificazione di alcune aree agricole con la ricostruzione di alcune aree agricole con la ricostruzione di alcuni fabbricati esistenti e la realizzazione di nuove strutture e relative pertinenze da adibire a attività ricettiva.

Lo studio si è sviluppato con un attento e dettagliato rilevamento di campagna volto a definire le caratteristiche generali e particolari dell'area, con l'individuazione delle proprietà idrogeologiche e la presenza di falde idriche superficiali che possano interferire con le opere fondali.

Da quanto emerso dalle indagini effettuate, si può asserire che i dati acquisiti siano sufficienti per poter responsabilmente estrapolare quanto necessario alla fase progettuale delle opere in progetto.

Considerando che l'area ricade in zona sismica 1 ($S=12$; - Decreto MM. LL. PP. 26 giugno 1981 e D.G.R. n. 852/2003) si consiglia, secondo quanto previsto dalle istruzioni applicative del D.M. 16 Gennaio 1996 (norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche) al punto C.6.1.1, di adottare un coefficiente di fondazione $\varepsilon = 1$ e un coefficiente di sottofondo (Winkler) $K_w = 3-5 \text{ Kg/cm}^3$. Si rimanda comunque al progettista la scelta definitiva di questi parametri.

Per quanto riportato dal D.M. del 17 gennaio 2018 e dalla Circ. n. 7 del 22-01-2019, in base all'esperienza acquisita dello scrivente sui terreni presenti, si consiglia di assegnare al modello geologico del sito, oggetto di studio, una Categoria di Sottosuolo di Tipo "A". Essendo inoltre il sito in esame ubicato su una superficie con inclinazione media maggiore a 15° l'area deve essere classificata come Categoria Topografica "T2".

Data la conformazione topografica, geomorfologica e idrogeologica dell'area la circolazione idrica superficiale, legata alle acque meteoriche, potrebbe interagire direttamente o indirettamente con le opere fondali del manufatto in progetto.

Si raccomanda un'adeguata coibentazione della struttura al di sotto del piano campagna ed una corretta e immediata regimazione delle acque superficiali con relativo smaltimento lontano dalle fondazioni al fine di evitare che l'infiltrazione o il ristagno delle stesse possa alterare le caratteristiche geotecniche dei terreni presenti.

Si raccomanda di eseguire con la massima cautela eventuali sbancamenti rispettando tutte le norme di sicurezza inerenti le opere di scavo. Prima dell'esecuzione di eventuali scavi, di entità significativa, si dovrà procedere utilizzando opere di sostegno provvisorie e definitive. Ciò al fine di lavorare in sicurezza senza causare detensionamenti ai terreni ed ai fabbricati posti a monte. Si consiglia, inoltre, di non far trascorrere un tempo troppo lungo tra gli eventuali scavi e la realizzazione delle opere definitive in progetto.

Dalle osservazioni effettuate e le precauzioni suggerite si può dedurre che dal punto di vista geologico e geomorfologico non esistono impedimenti fisici alla fattibilità dell'opera in progetto, in quanto, il sito non sembra essere interessato, attualmente, da fenomeni franosi in evoluzione o da fenomeni erosivi particolarmente intensi.

Si fa presente che la relazione geologica e geotecnica sulle indagini è stata redatta ai sensi del *D.P.R. 328/01 - art. 41*, inoltre le stesse indagini e gli studi specifici a supporto della relazione geologica sono stati eseguiti secondo quanto enunciato dal D.M. 17/01/18.

I dati acquisiti, pur essendo attendibili, potrebbero avere valore locale quindi si ritiene necessaria la presenza del geologo durante la fase esecutiva di realizzazione delle opere in progetto. In questa fase verrà controllata la corrispondenza tra la caratterizzazione geotecnica dei materiali assunta in progetto e la situazione effettiva. Qualora durante l'esecuzione dei lavori si

venisse a conoscenza di nuovi dati non conformi a quanto esposto nella presente relazione, il progetto dovrà essere modificato in corso d'opera come previsto dall'Art. 3 del D.M. 11/03/1988.

Si tenga infine presente che la tipologia, l'ampiezza dello studio e relative considerazioni sono strettamente subordinate all'incarico ricevuto e quindi al tipo e alle dimensioni delle opere da realizzare. Il presente elaborato tecnico pertanto non può essere generalizzato per interventi di altra natura.

Si resta a disposizione per eventuali ulteriori chiarimenti o integrazioni.

Montefalco, 22 febbraio 2020

Dott. Geol. Giorgio Leoni



TAVOLE - ALLEGATI

TAV. I

Carta Corografica scala 1: 25.000

TAV. II

Planimetria Catastale con ubicazione del fabbricato scala 1: 2.000

TAV. III

Planimetria Catastale con ubicazione indagini scala 1: 1.000

TAV. IV

Stralcio cartografia geologica regionale dalla scala 1: 10.000

TAV. V

Stralcio Carta PAI Inventario Fenomeni Franosi dalla scala 1: 10.000

ALLEGATO A

Elaborazione dati geofisici e profilo sismostratigrafico

ALLEGATO B

Parametri geotecnici della roccia (classificazione di Bieniawski)

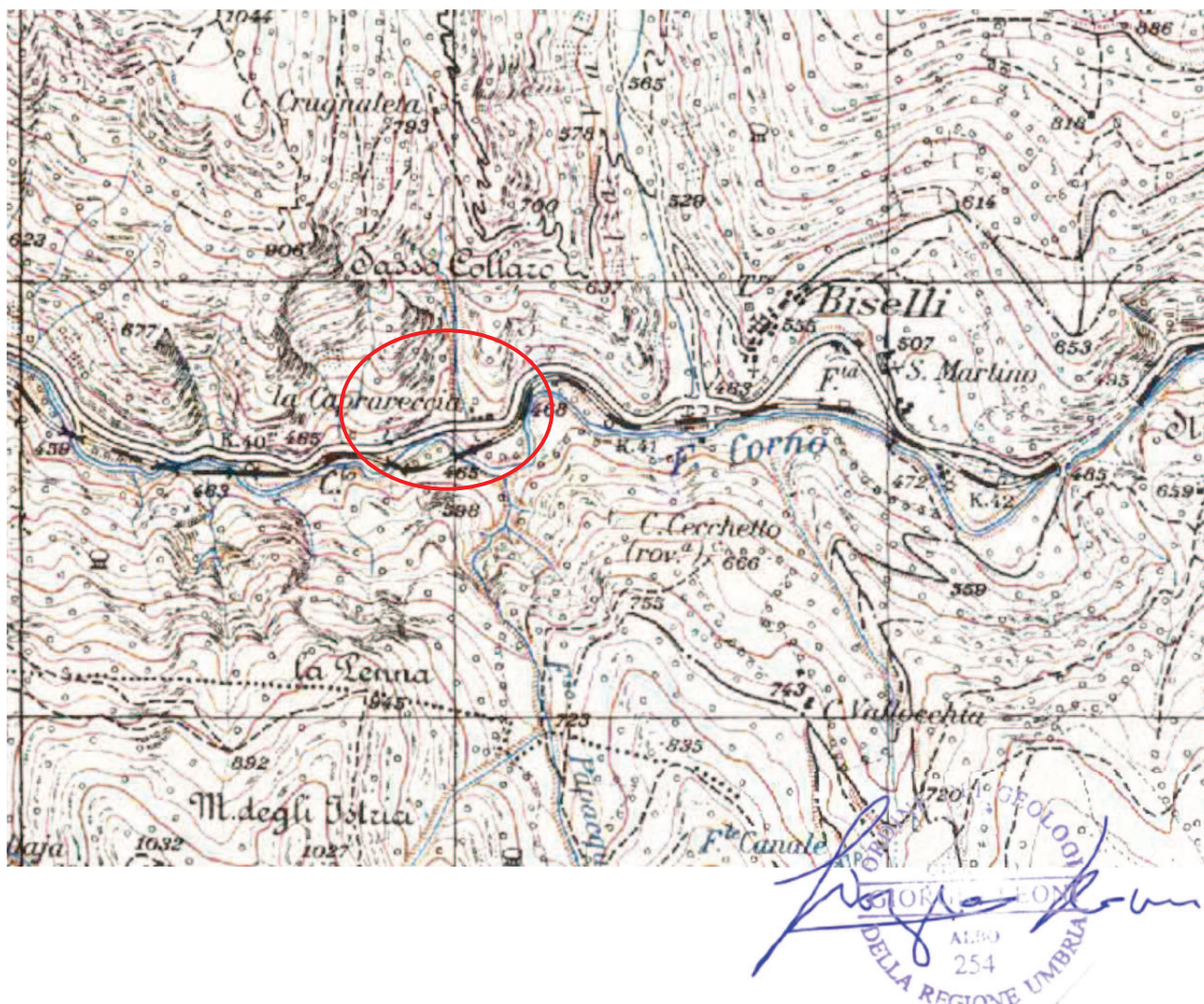
ALLEGATO C

Stratigrafia e documentazione fotografica sondaggi eseguiti

ALLEGATO D

Certificati di prova laboratorio geotecnico

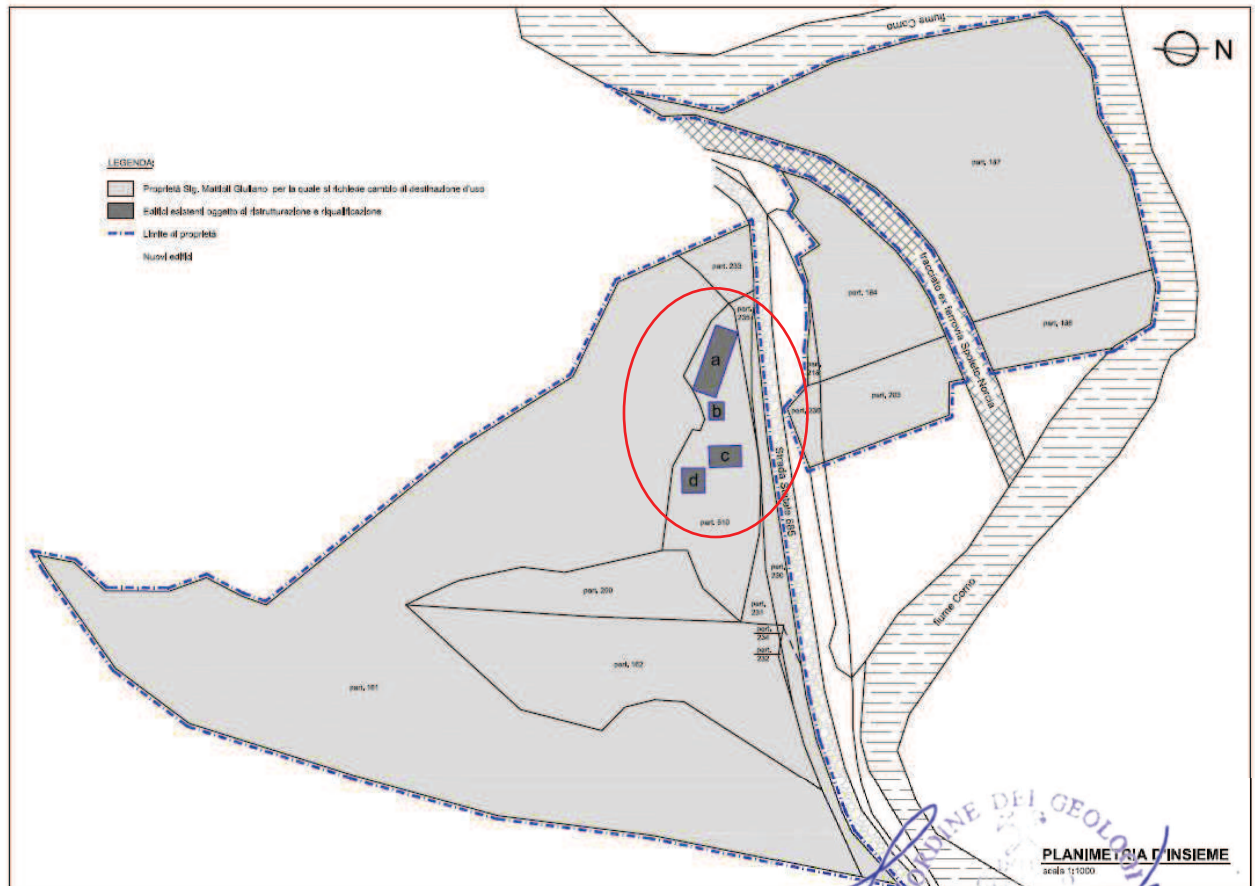
TAV. I



FABBRICATO OGGETTO DI STUDIO

STRALCIO DELLA CARTA COROGRAFICA I.G.M.
dalla SCALA 1 : 25.000

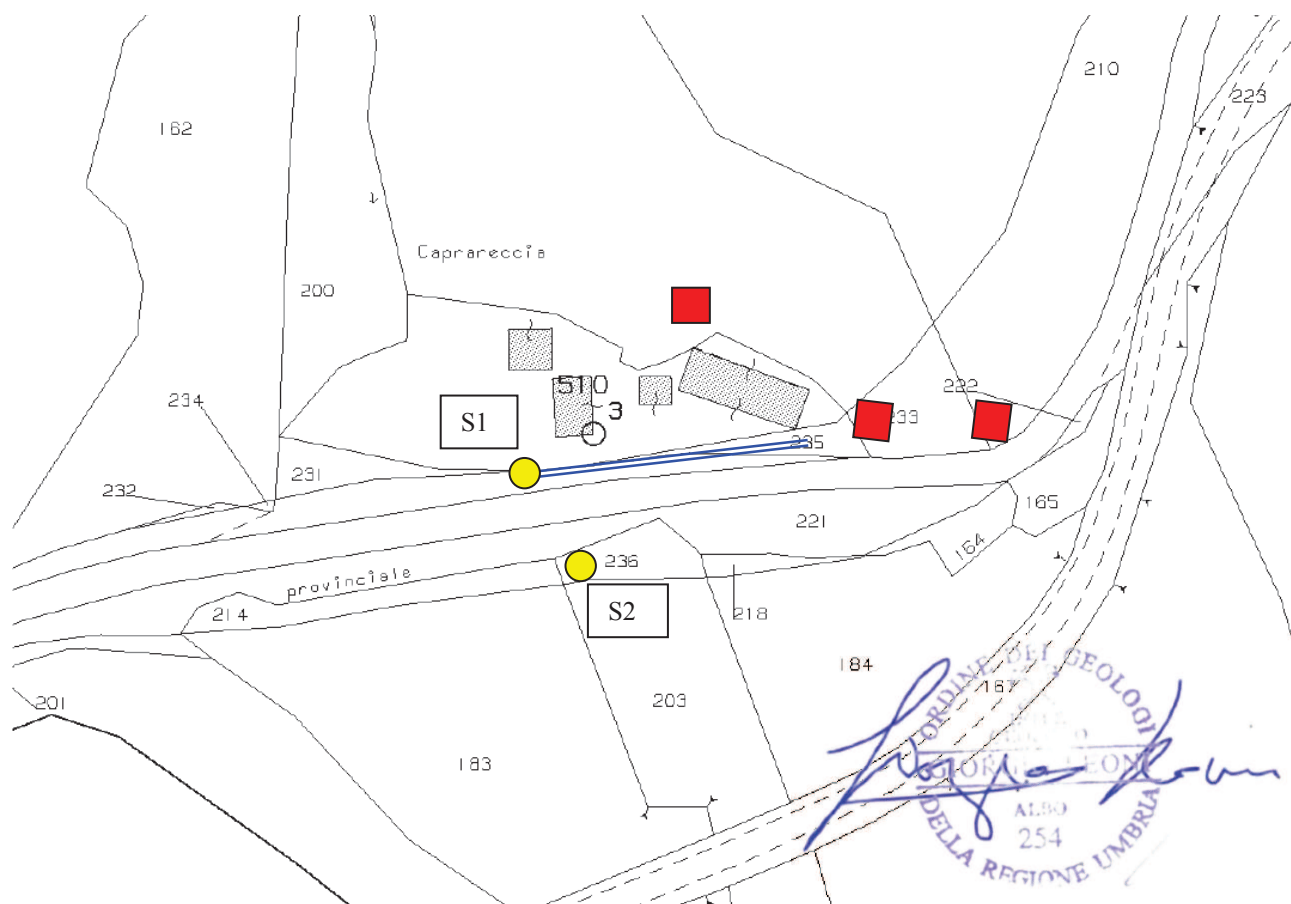
TAV. II



FABBRICATI OGGETTO DI STUDIO

PLANIMETRIA CATASTALE CON UBICAZIONE FABBRICATI IN ESAME
dalla SCALA 1 : 1.000

TAV. III



== PROFILO SISMICO MASW

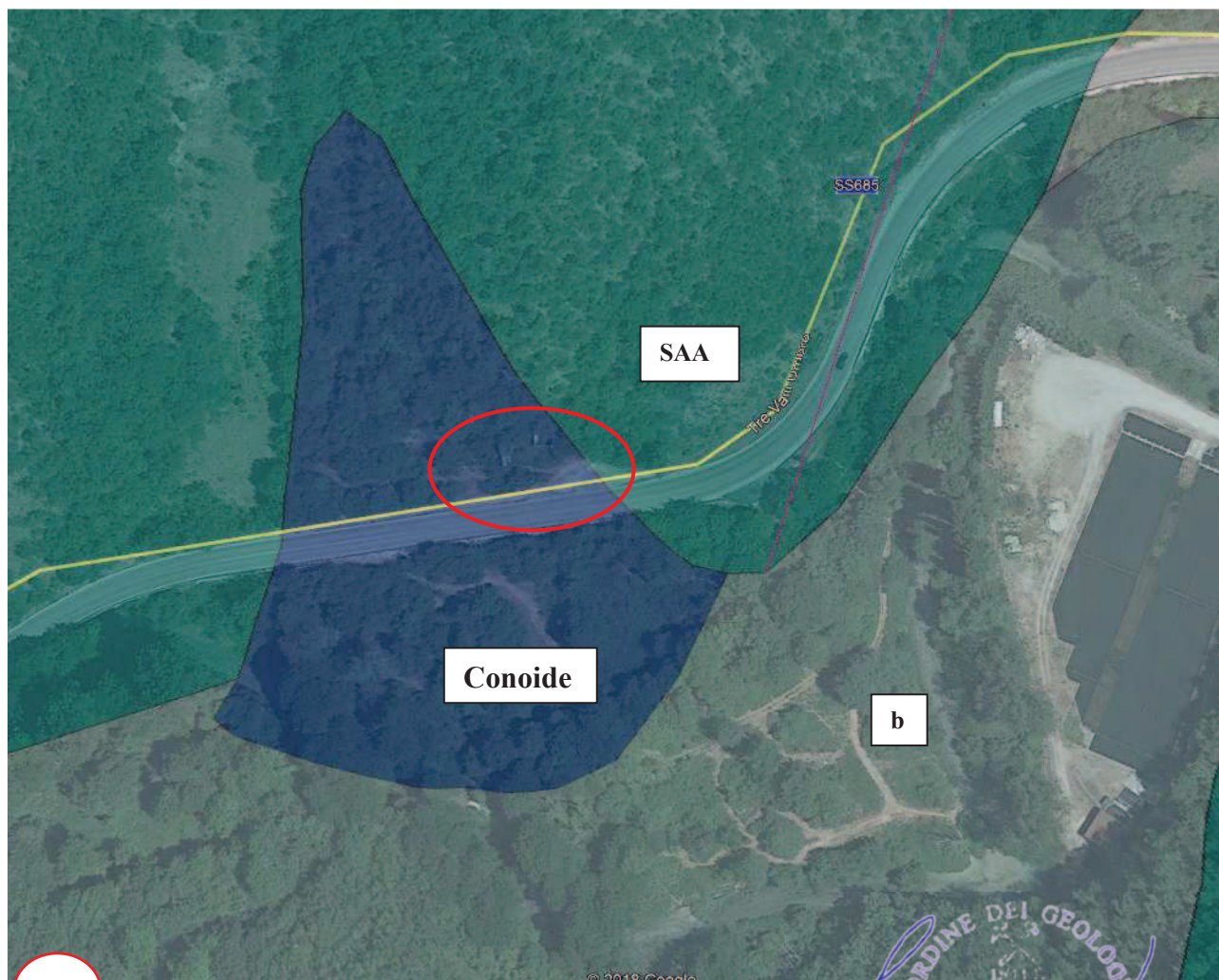
■ AFFIORAMENTI SUB-STRATO

● SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO

PLANIMETRIA CATASTALE CON UBICAZIONE DELLE INDAGINI
GEOFISICHE ESEGUITE

dalla SCALA 1 : 1.000

TAV. IV



AREA OGGETTO DI STUDIO

ORDINE DEI GEOLOGI
GIORGIO LEONARDI
ALBO
254
DELLA REGIONE UMBRIA

Conoide alluvionale

FID 8

T_GEOM Conoide alluvional

b

NOME Depositi alluvionali

SUCCESS DEPOSITI CONTINENTALI QUATERNARI

PERIODO Pleistocene - Olocene

DESCR Depositi alluvionali in rapporto con la morfologia e la dinamica attuali.

SAA

NOME Scaglia Rossa

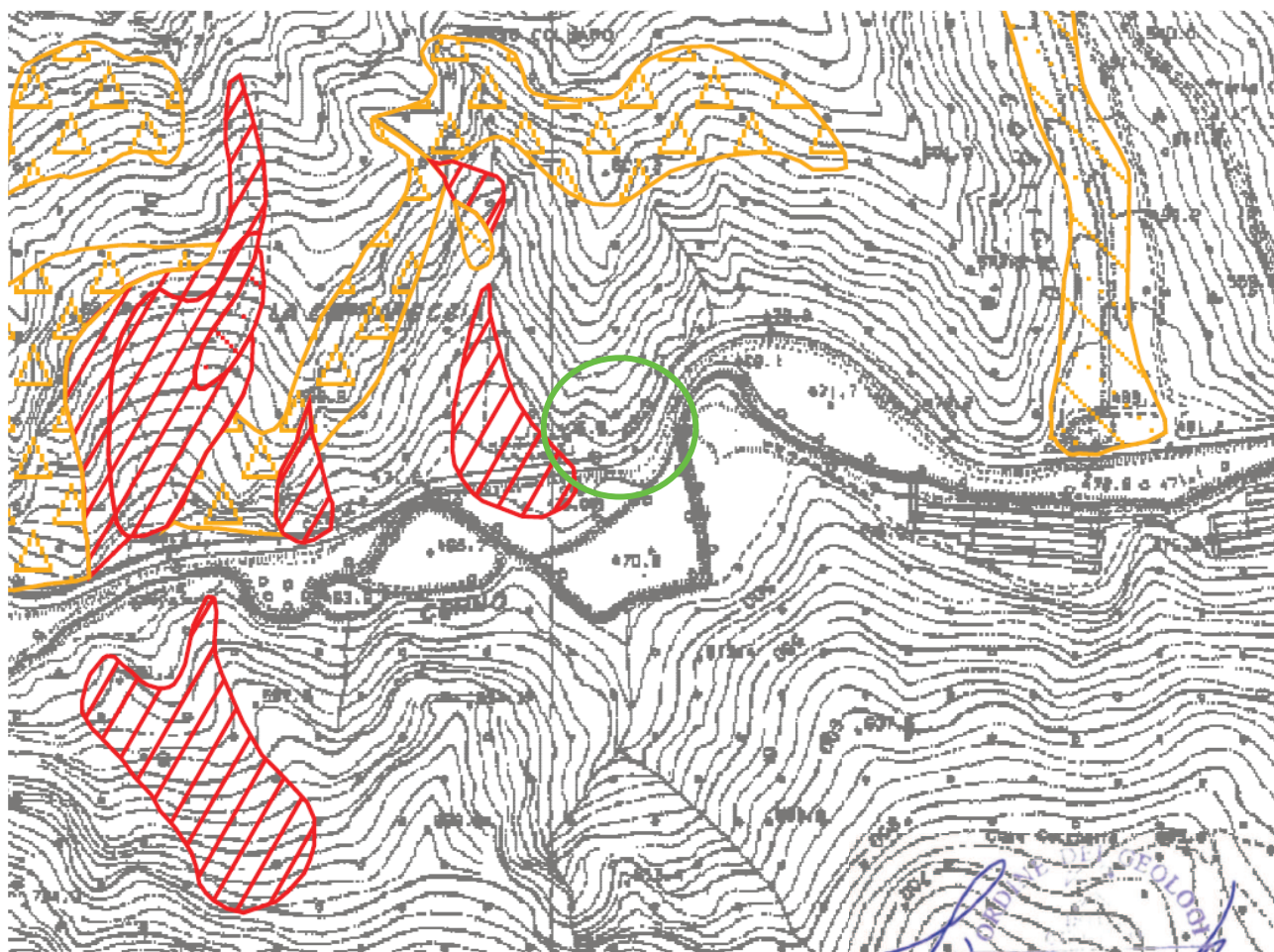
SUCCESS Serie carbonatica Umbro-Marchigiana

PERIODO Turoniano p.p. - Eocene medio p.p.

DESCR Calcarei micritici rosati, più raramente biancastri, alternati a interstrati pelitici molto sottili. Liste e noduli di selce rosso-amaranto. Parte cretacea della formazione quasi esclusivamente calcarea e caratterizzata da strati più spessi (10-40 cm)

STRALCIO CARTOGRAFIA GEOLOGICA REGIONALE
dalla SCALA 1 : 10.000

TAV. V



ALBO
254
REGIONE UMBRIA

Legenda



AREA OGGETTO DI STUDIO

Inventario dei fenomeni franosi

fenomeno
attivo

fenomeno
quiescente

fenomeno
inattivo*

fenomeno
presunto



frana per crollo o ribaltamento



frana per scivolamento



frana per colamento



frana complessa



area con franosità diffusa



area interessata da deformazioni
gravitative profonde (DGPV)



area interessata da deformazioni
superficiali lente e/o soliflusso



falda e/o cono di detrito

STRALCIO CARTOGRAFIA PAI - INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI
dalla SCALA 1 : 10.000

ALLEGATO A

ELABORATI GEOFISICI ED RICOSTRUZIONE STRATIGRAFICA

PROVINCIA DI PERUGIA

COMUNE DI NORCIA

RELAZIONE TECNICA DI SINTESI

PROFILO SISMICO ARRAY CON METODOLOGIA MASW

LOCALITA': **BISELLI - CAPRARECCIA**

RIF. CATASTALE: *FOGLIO N. 103 N.C.T. del Comune di NORCIA
particella n. 357.*

COMMITTENTI: **SIG. MATTIOLI GIULIANO**

DATA: Montefalco 12/12/2019

STUDIO GEOLOGICO-GEOTECNICO
Dott. Geol. Giorgio Leoni
Vicolo delle Conservette n. 12
06036 MONTEFALCO (PG)
Tel/fax 0742/378657 – 347/3561957



INDICE

PREMESSA.....	3
ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DATI	3
CONSIDERAZIONI SUL MODELLO SISMICO DI SITO	9
<i>Dati di modellazione ed inversione della curva di dispersione</i>	10

Premessa

Su incarico del Geom. Pierluigi Fabrizi è stata eseguita un'indagine con metodologia sismica M.A.S.W., al fine di caratterizzare il modello geologico del sito sul quale è in progetto la riqualificazione di alcune aree agricole con la ricostruzione di alcuni fabbricati esistenti e la realizzazione di nuove strutture e relative pertinenze da adibire a attività ricettiva.

Al fine di caratterizzare la risposta sismica del sito in esame è stata effettuata un'acquisizione MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999) utili a definire il profilo verticale della VS (velocità di propagazione delle onde di taglio).

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del D.M. 18 gennaio 2018.

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 17 gennaio 2018.

Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio (VS).

La classificazione dei terreni è stata quindi svolta sulla base del valore della $V_{S,eq}$ definita dalla relazione (3.2.1. del DM 17 gennaio 2018):

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

in cui:

$V_{S,i}$ e h_i sono rispettivamente la velocità delle onde di taglio e lo spessore dell'i-esimo strato. In base al valore della VS si identificano le seguenti 5 categorie del suolo di fondazione:

- **SUOLO A**: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente

comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.;

- SUOLO B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.;

- SUOLO C: Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.;

- SUOLO D: Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.;

- SUOLO E: Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Acquisizione ed elaborazione dati

La strumentazione impiegata è un sismografo Ambrogeo – Eco 24-2002 Seismic Unit.

L'acquisizione delle onde di Rayleigh è avvenuta tramite due stendimenti sismici (circa ortogonali tra loro) a 12 geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz distanziati ognuno di 2.0 m per una lunghezza complessiva dello stendimento pari a 22 metri.

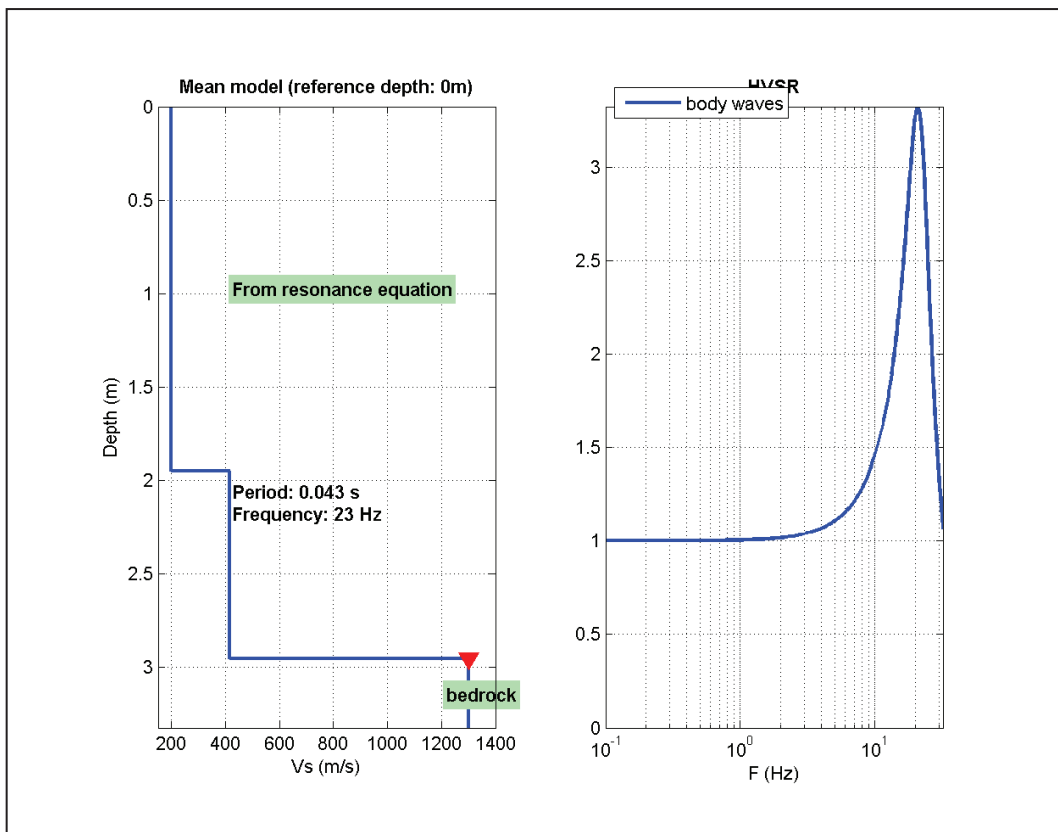
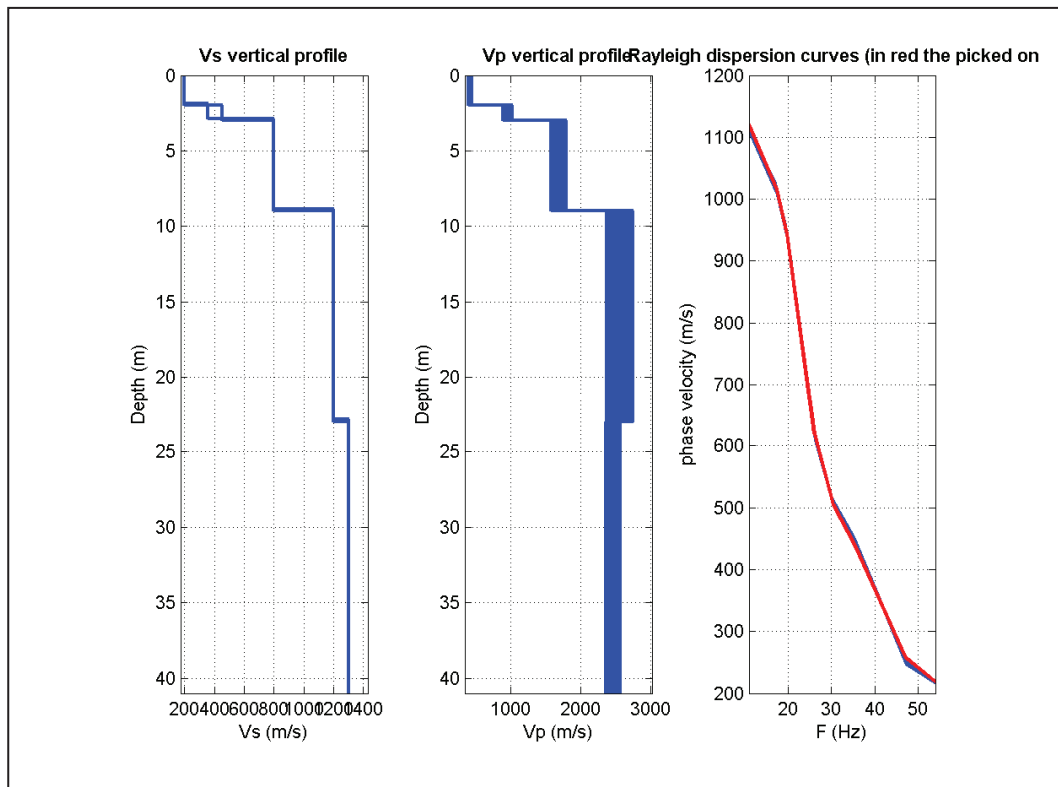
Nell'ambito della fase di acquisizione sono state effettuate n° 2 energizzazioni esternamente al profilo ad una distanza di 5 e 10 m dal geofono G 1. L'elaborazione dei dati acquisiti è stata effettuata tramite il

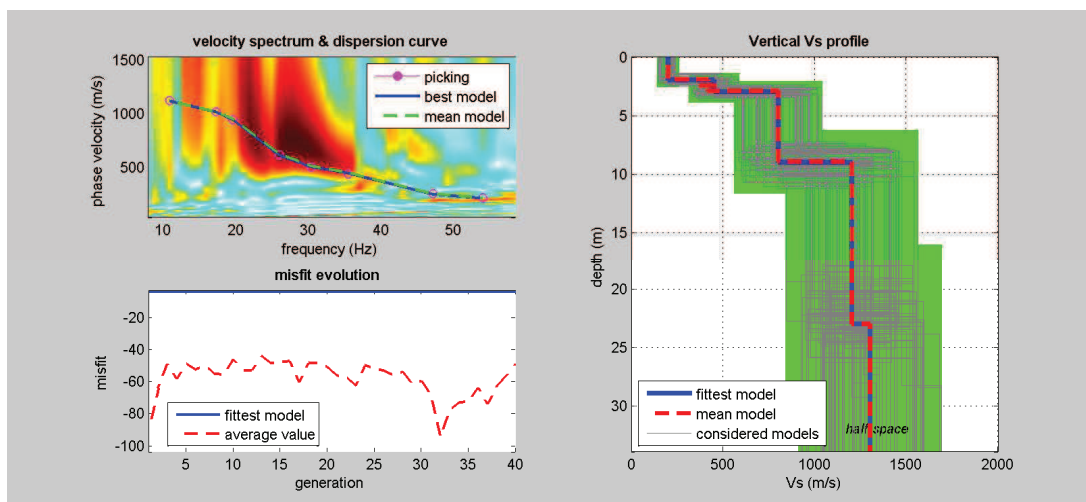
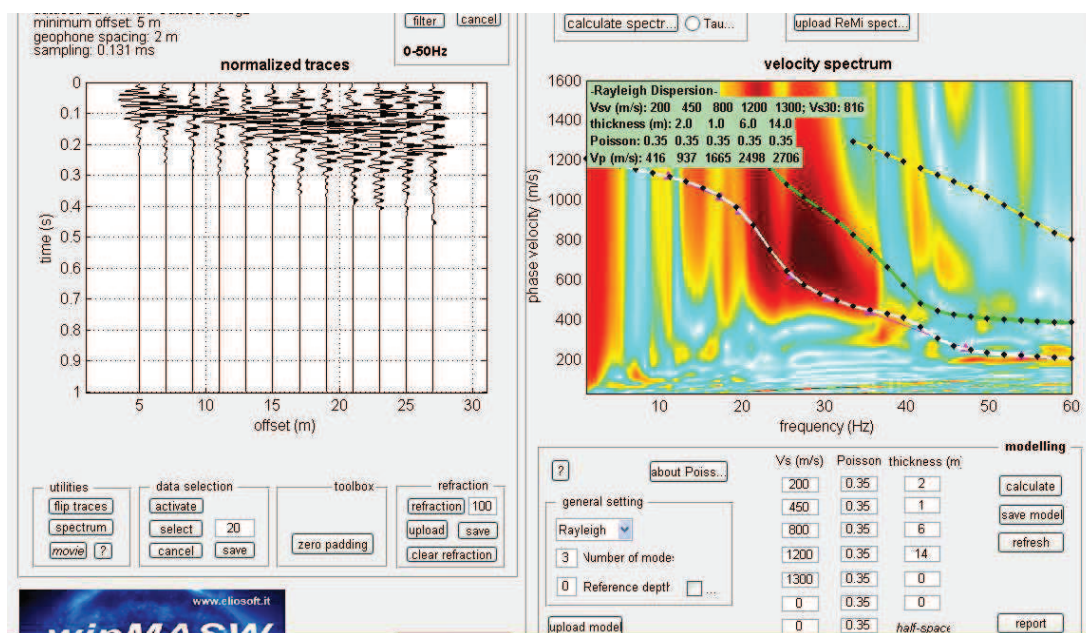
software *winMASW* 4.3 Pro ed i dati *MASW* ottenuti hanno permesso (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) di ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio (VS).

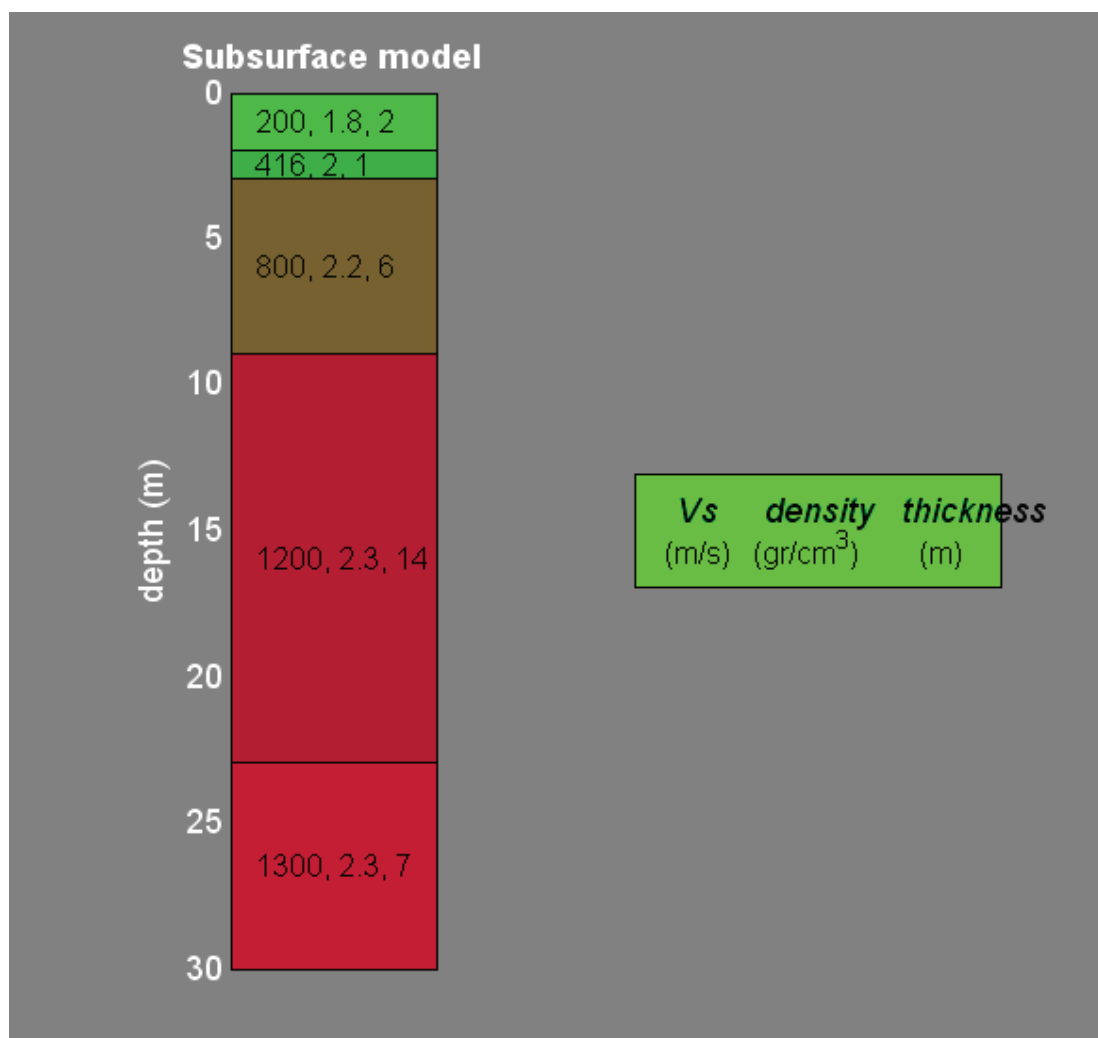
ELABORAZIONE DATI PROFILO N. 1

L'elaborazione del dato tramite la tecnica di inversione ha permesso quindi di ricostruire un modello sismostratigrafico del terreno che mostra la presenza di n. 5 orizzonti di velocità:

- un layer superficiale con valori di velocità Vs pari a circa 200 m/s e spessore di circa 1,0 m;
- un secondo layer con valori di velocità Vs pari a circa 416 m/s e spessore di circa 2,0 m;
- un terzo layer con valori di velocità Vs pari a circa 800 m/s e spessore di circa 6,0 m;
- un quarto layer con valori di velocità Vs pari a circa 1.200 m/s e spessore di circa 14,0 m;
- un quinto layer con valori di velocità Vs pari a circa 1.300 m/s.







Considerazioni sul modello sismico di sito

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (MASW) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS e, di conseguenza, del parametro Vseq, risultato pari a **816** m/s (modello più cautelativo e considerando come riferimento il piano campagna).

Da tale elaborazione secondo quanto espresso dalle norme tecniche per le costruzioni (DM 17 gennaio 2018) il sito in esame può essere classificato per quanto riguarda i risultati del Profilo Masw come sottosuolo di **Categoria A**:

“Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vseq superiori a 800 m/sec, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m”.

Montefalco, 12 dicembre 2019

Dott. Geol. Giorgio Leoni



The image shows a handwritten signature in blue ink over a circular purple stamp. The stamp contains the text: "ORDINE DEI GEOL. DELLA REGIONE UMBRIA", "ALBO", and "254".

Dati di Modellazione ed inversione della curva di dispersione

```

==o== SECTION#1
dataset: Mattioli-caprareccia 5d.sg2
minimum offset (m): 5
geophone spacing (m): 2
sampling (ms): 0.131
Dispersion curve: Mattioli-caprareccia.cdp
Number of individuals: 30
Number of generations: 31

```

Rayleigh-wave dispersion analysis

```

Adopted search space (minimum Vs & thickness): 140          1.4
315          0.7          560          4.2          840
9.8          910
Adopted search space (maximum Vs & thickness): 260          2.6
585          1.3          1040          7.8          1560
18.2          1690
Adopted Poisson values: 0.35          0.35          0.35          0.35
0.3

```

Output folder: C:\winMASW43pro\output\ Mattioli-caprareccia

==o== SECTION#2

Rayleigh wave analysis

```

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -
88.4208      -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -
64.0209      -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -
48.8963      -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -
58.6653      -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -
48.9681      -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -
52.5722      -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -
50.0849      -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -
55.1098      -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -
55.7994      -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 10; average & best misfits:
-46.2629     -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 11; average & best misfits:
-53.0546     -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 12; average & best misfits:
-53.1737     -4.36516

```

Optimizing Vs & Thickness - generation: 13; average & best misfits:
-44.0938 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 14; average & best misfits:
-48.7527 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 15; average & best misfits:
-47.8973 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 16; average & best misfits:
-47.375 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 17; average & best misfits:
-60.5865 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 18; average & best misfits:
-48.3156 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 19; average & best misfits:
-48.6022 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 20; average & best misfits:
-51.102 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 21; average & best misfits:
-56.2624 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 22; average & best misfits:
-57.0434 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 23; average & best misfits:
-62.7003 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 24; average & best misfits:
-50.0126 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 25; average & best misfits:
-51.9253 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 26; average & best misfits:
-53.2739 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 27; average & best misfits:
-56.1236 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 28; average & best misfits:
-53.927 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 29; average & best misfits:
-61.5811 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 30; average & best misfits:
-59.5611 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 31; average & best misfits:
-68.5679 -4.36516

Now a finer search around the most promising search space area

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vs & Thickness - generation: 1; average & best misfits: -
94.2616 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 2; average & best misfits: -
77.4599 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 3; average & best misfits: -
73.0073 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 4; average & best misfits: -
72.3185 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 5; average & best misfits: -
63.7122 -4.36516
Optimizing Vs & Thickness - generation: 6; average & best misfits: -
74.2781 -4.36516

Optimizing Vs & Thickness - generation: 7; average & best misfits: -
 62.682 -4.36516
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 8; average & best misfits: -
 56.2956 -4.36516
 Optimizing Vs & Thickness - generation: 9; average & best misfits: -
 48.8821 -4.36516

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

Vs (m/s):	200	450	800	1200	1300
Poisson:	0.35	0.35	0.35	0.35	0.3
Thickness (m):	2	1	6	14	

Rayleigh wave analysis

Optimizing Vp & Density - generation: 1; average & best misfits: -
 5.8866 -3.9177
 Optimizing Vp & Density - generation: 2; average & best misfits: -
 6.0735 -3.9177
 Optimizing Vp & Density - generation: 3; average & best misfits: -
 5.3591 -3.9177
 Optimizing Vp & Density - generation: 4; average & best misfits: -
 5.2064 -3.8119
 Optimizing Vp & Density - generation: 5; average & best misfits: -
 4.673 -3.7727
 Optimizing Vp & Density - generation: 6; average & best misfits: -
 4.646 -3.7727
 Optimizing Vp & Density - generation: 7; average & best misfits: -
 4.7941 -3.7727
 Optimizing Vp & Density - generation: 8; average & best misfits: -
 4.9497 -3.7727
 Optimizing Vp & Density - generation: 9; average & best misfits: -
 4.6933 -3.7683

Number of models considered to calculate the average model: 2

 RESULTS winMASW Pro
 #####

Dataset: Mattioli-caprareccia 5d.sg2
 Analyzed curve: Mattioli-caprareccia.cdp

==o== SECTION#3

MEAN MODEL

VS (m/s):	200	416	800	1200	1300
Standard deviations (m/s):	0	45	0	0	0

Thickness (m):	2.0	1.0	6.0	14.0
Standard deviations (m):	0.1	0.0	0.0	0.0

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):	414	929	1642	2572	2467
Density (gr/cm3):	1.84	2.04	2.17	2.28	2.27
Vp/Vs ratio:	2.07	2.23	2.05	2.14	1.90

Poisson:	0.35	0.37	0.34	0.36	0.31		
Young modulus (MPa):	198			969	3742	8951	10050
Shear modulus (MPa):	74			352	1392	3289	3842
Lamé (MPa):	168	1052		3079	8530	6153	
Bulk modulus (MPa):	217		1287		4007	10723	8714

Fundamental mode

Mean model

f (Hz)	VR (m/s)
10.9873	1114.6464
17.3376	1018.4737
19.6468	951.43699
25.9971	627.92736
30.3845	514.50507
35.4648	452.71726
47.1262	256.04737
53.9384	218.67893

==o== SECTION#4

BEST MODEL

Vs (m/s): 200 450 800 1200 1300
thickness (m): 2 1 6 14

Approximate values for Vp, density & elastic moduli

Vp (m/s):		414	895	1615	2641	2556	
Density (gr/cm3):		1.84		2.03	2.17	2.29	2.28
Vp/Vs ratio:	2.07	1.99		2.02	2.20	1.97	
Poisson:	0.35	0.33	0.34	0.37	0.33		
Young modulus (MPa):	198			1093	3715	9036	10225
Shear modulus (MPa):	74			410	1389	3298	3857
Lamé (MPa):	168	803		2883	9379	7196	
Bulk modulus (MPa):	217		1076		3809	11577	9768

dispersion curve (frequency - Rayleigh phase velocity)

Fundamental mode)

best model

F (Hz)	VR (m/s)
10.9873	1116.7871
17.3376	1015.7912
19.6468	943.62978
25.9971	615.02214
30.3845	507.00143
35.4648	448.25374
47.1262	251.13289
53.9384	216.63675

==o== SECTION#5

Maximum penetration depth according to the "Steady State Rayleigh

Method": 41 m

Inversion quality: very good

VS5 (mean model): 339 m/s

VS5 (best model): 340 m/s

VS20 (mean model): 693 m/s

VS20 (best model): 692 m/s

VS30 (mean model): 816 m/s

VS30 (best model): 816 m/s

==o== SECTION#6

Possible Soil Type: A

(based on the mean model)

Results saved in the folder "C:\winMASW43pro\output\Nuova cartella\
Mattioli-caprareccia ".

=====

winMASW Pro

Surface Wave Analysis

www.eliosoft.it

ALLEGATO B

PARAMETRI GEOTECNICI DELLA ROCCIA (CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI)

Tav. 17c

Tipo di classificazione: Mista

Parametri di riferimento: Resistenza a compressione monoassiale, Indice R.Q.D., Spaziatura giunti, Condizione giunti (scabrezza, alterazione, apertura, riempimento), Condizioni idrauliche.

Proponente: Bieniawski

Fonte: Rossi, 1986

Note: Ciascun parametro viene valutato in modo quantitativo, attraverso un indice parziale, la cui sommatoria viene compensata in funzione dell'orientamento delle discontinuità e della destinazione (galleria, fondazione, versante). In base al valore ottenuto viene definita la qualità dell'ammasso roccioso.
Classificazione strutturata, modificata ed integrata dagli AA.

N = Σ ni	0-25	25-50	50-70	70-90	90-100
CLASSE	V	IV	III	II	I
QUANTITÀ DELL'AMMASSO	molto scadente	scadente	discreta	buona	ottima
c Kg/cm ²	< 1	1-1,5	1,5-2,0	2,0-3,0	> 3,0
ϕ	< 30°	30°-35°	35°-40°	40°-45°	> 45°
GIUDIZIO SULLE DIFFICOLTÀ DI SCAVO	nessuna difficoltà	può essere cavato facilmente Frammentazione notevole	discrete difficoltà	si cava con difficoltà Frammenti di notevoli dimensioni	notevoli difficoltà di scavo
T L m	10 min 0,5	5 ore 1,5	1 settimana 2	6 mesi 4	10 anni 5

ALLEGATO C

STRATIGRAFIE E DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA SONDAGGI



POSTAZIONE SONDAGGIO S1



SONDAGGIO S1 - CASSETTA N.1 (0,0-5,0 m)



SONDAGGIO S1 - CASSETTA N.2 (5,0-10,0 m)



POSTAZIONE SONDAGGIO S2



SONDAGGIO S2 - CASSETTA N.1 (0,0-5,0 m)

ALLEGATO D

RAPPORTI DI PROVA LABORATORIO GEOTECNICO



Via Sant'Angelo 65 - Trevi (PG)

Tel: 0742 381170 Email: geocotest@gmail.com

N° D'ORDINE: 26/20

SONDAGGIO: 1

CAMPIONE: CR1

PROFONDITA': 3,2-3,6

N° CERTIFICATO: 132/20

COMMITTENTE: Sig. Giuliano Mattioli

LOCALITA': Caprareccia Biselli - Norcia

DATA INIZIO: 14/02/20

DATA FINE: 17/02/20

Titolo del lavoro: Realizzazione opificio

Descrizione del campione : Ghiaia in matrice sabbioso limosa avana

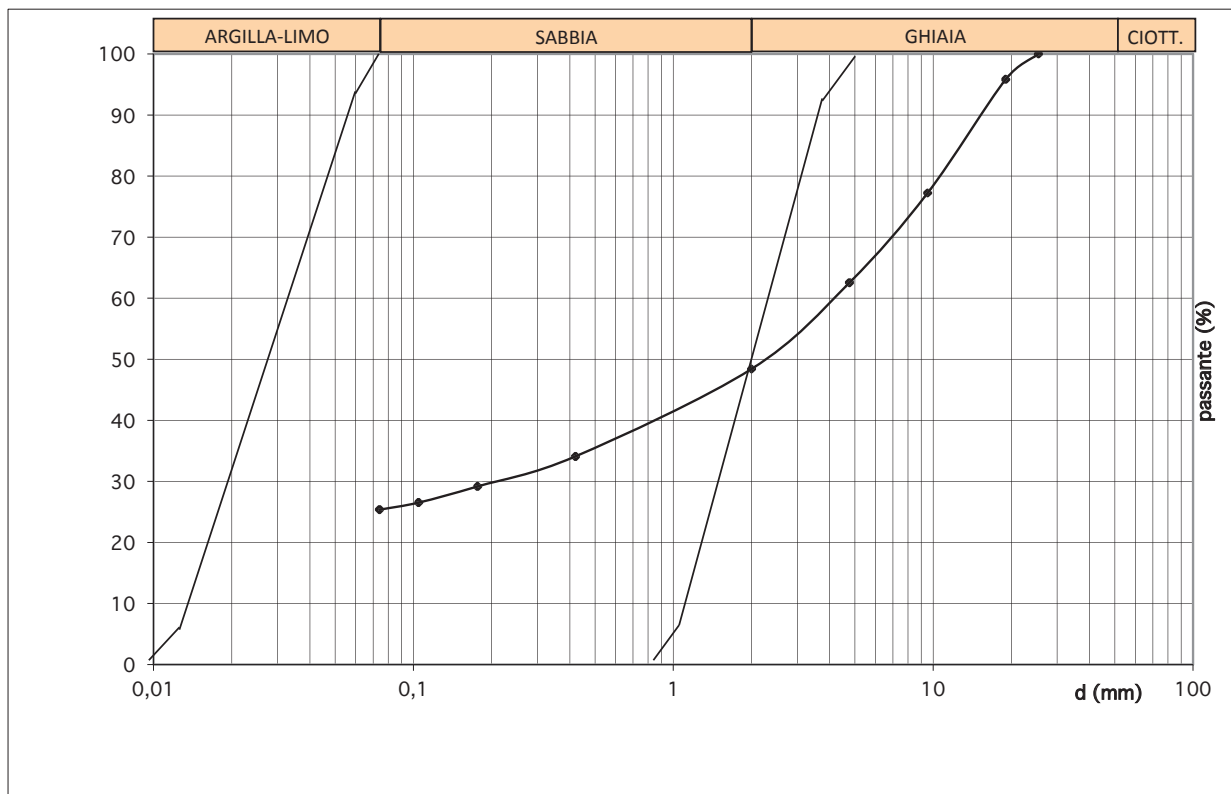
Tipo di prova: per via umida

Peso totale del campione (g): 1073

Umidità (%) : 5,2

Peso secco (g) : 1020

Setacci (Serie ASTM)	Apertura d (mm)	Peso netto trattenuto (g)	Trattenuto (%)	Passante (%)
1	25,4	0	0,00	100,00
3/4	19,05	42	4,12	95,88
3/8	9,53	232	22,75	77,25
N4	4,76	382	37,47	62,53
N10	2,00	526	51,59	48,41
N40	0,42	672	65,91	34,09
N80	0,177	722	70,81	29,19
N140	0,105	749	73,46	26,54
N200	0,074	761	74,64	25,36



Lo sperimentatore

Dott. Geol. David Severini

Il Direttore del Laboratorio

Ing. Fabio Bonazzi Bonaca

Laboratorio con aut. Min. conc. n°10324 del 29/10/2012

Pagina 1/1