

COMUNE DI GERANO

Area Metropolitana di Roma Capitale

LAVORI PER L' AMPLIAMENTO DEL CIVICO CIMITERO

*Relazione redatta ai sensi del D.M. 11/03/1988- D.M. 17/01/2018 -
Regolamento Sismico Regionale n. 14/2016*

Elaborato

RELAZIONE GEOLOGICA E DI MODELLAZIONE SISMICA

dott. Geologo Marco Evangelisti
Via Alcide de Gasperi, 83/G
03011 ALATRI (FR)

tel. +39 338 8777998 mail : vngmrc@libero.it
pec: marco.evangelisti@pec.geologilazio.it

Revisioni

1	08/02/2019
2	
3	
4	
5	
6	

VISTO
Comune di GERANO

DATA : Febbraio 2019

Determinazione Responsabile Ufficio Tecnico
n. 06 del 23/01/2019

INDICE

Premessa	2
1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE	4
1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
1.2 INQUADRAMENTO LOCALE	6
2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	6
3. CARATTERISTICHE GEOSTRATIGRAFICHE	7
3.1 INQUADRAMENTO GENERALE	7
3.2 LINEAMENTI TETTONICI	8
3.3 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	8
4. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	9
5. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO	10
5.1 SISMICITÀ DELL'AREA	10
5.2 SISMICITÀ DI SITO	13
5.3 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE DI SITO	14
6. GEOTECNICA	14
6.1 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO	14
6.2 APPROCCIO METODOLOGICO	15
6.2.1 AMMASSO ARENACEO - CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI (1989).....	15
6.2.2 SINTESI RILIEVO GEOSTRUTTURALE.....	18
6.3 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE	18
6.4 MODELLO GEOTECNICO	19
6.5 STABILITÀ DEL VERSANTE	19
7. PERICOLOSITÀ GEOLOGICA	20
8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	20

Allegati

- Allegato A : Corografia generale
- Allegato B : Stralcio P.A.I. Autorità Bacino
- Allegato C : Stralcio MOPS U.A.S.
- Allegato D : Foto Aerea
- Allegato E : Planimetria catastale
- Allegato F : Carta geologica
- Allegato G : Sequenza stratigrafica locale
- Allegato H : Report indagine geomeccanica e strutturale
- Allegato I : Sezione litostratigrafica interpretativa
- Allegato L : Report Indagine geofisica

Premessa

A seguito dell’incarico conferitomi con Determinazione del Responsabile UTC n. 6 del 23/01/2019 è stato eseguito uno studio geologico, idrogeologico, geomorfologico, geotecnico e di modellazione sismica nell’ambito del progetto per la “Realizzazione di loculi e cappelle gentilizie” quale ampliamento del Civico Cimitero del Comune di Gerano (RM).

Lo studio, del quale la presente relazione rappresenta la sintesi conclusiva, si è basato su un rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico di superficie, sulle correlazioni con i dati noti in letteratura in ambito geotecnico e sulle correlazioni con i dati desunti dalle indagini di tipo geognostico, geotecnico e geofisico eseguiti su terreni simili sul territorio e oltre ad uno studio di dettaglio eseguito *ad hoc in situ*.

Il seguente studio si pone i seguenti obiettivi:

- o definire una dettagliata sequenza stratigrafica locale riferita ai terreni costituenti il sottosuolo;
- o delineare sia le condizioni geomorfologiche, geostratigrafiche ed idrogeologiche dell’area all’interno della quale si inserisce l’intervento;
- o definire una quadro di riferimento geotecnico e geofisico dell’area e dei terreni di specifico interesse al fine di ottemperare alla normativa vigente in materia di legislazione antisismica.

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza del D.M. del 11/03/1988, D.M. 17/01/2018 e Regolamento Sismico regionale n. 14/2016; pertanto in riferimento all’Allegato C di questo Regolamento (**Delib. G.R. n. 375 del 5 Luglio 2016**) si precisa quanto segue:

TIPOLOGIA OPERA

Classe d’Uso 2 (D.M. 17/01/2018 - Delib. G.R. 387/2009)

Zona Sismica II Sottozona B (Delib. G.R. 387/2009)

LIVELLO DI VULNERABILITA’ DELL’OPERA: MEDIO

	zona sismica 1	zona sismica 2a	zona sismica 2b	zona sismica 3a	zona sismica 3b
ASSEVERAZIONI	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A SORTEGGIO	MEDIO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d’uso II; classe d’uso III, escluse le strutture per l’istruzione - DGRL n. 489/2012)	ALTO	MEDIO	MEDIO	BASSO	BASSO
PROGETTI A CONTROLLO OBBLIGATORIO (classe d’uso III - strutture per l’istruzione; classe d’uso IV e opere pubbliche)	ALTO	ALTO	ALTO	MEDIO	MEDIO

COMUNE di GERANO - Protocollo in arrivo n. 0000300 del 08-02-2019 - Cat.10 - Ci.

A seguito di quanto riportato le indagini minime previste sono:

SU ROCCIA COMPATTA AFFIORANTE O CON SUBSTRATO ROCCIOSO ENTRO I PRIMI 3 MT DI PROFONDITÀ:

Dovranno eseguirsi:

- Almeno **1 prova geofisica indiretta** (tipo MASW, SASW, ecc.) per il calcolo delle V_{s30} ;
- **Verifiche di stabilità** ante e post operam dei versanti, laddove necessario.

Pertanto è stata definita la categoria del suolo ai sensi del cap. 3.2.2 delle NTC2018 attraverso l'esecuzione di un'indagine geofisica per valutare le variazioni di velocità delle onde sismiche "S" nel sottosuolo e determinare quindi il **parametro $V_{s,eq}$** mediante l'esecuzione di due profili sismici a rifrazione del tipo **M.A.S.W.** (*multichannel analysis of surface waves*).

Inoltre per determinare le caratteristiche geotecniche dei terreni si sono interpretati i dati ottenuti da **n. 1 stazione** strutturale per la classificazione dell'ammasso roccioso seguendo il metodo di Bieniawski complete di **n. 2 prove sclerometriche** mediante Martello di Schmidt.

I risultati ottenuti sono stati la base del **rilevamento geostrutturale** eseguite secondo le indicazioni dell'IRSM – 1978 (*Institute of Rocks and Soils Mechanics*) che prevede la determinazione in affioramento da parte del tecnico incaricato geologo, unico responsabile di suddette determinazioni ai sensi dell'art. 41 del DPR 380/2001, della situazione strutturale utilizzando una metodologia completa, affidabile, comprovata e cautelativa come quella di *Bieniawski (1989)*, la quale consente di ottenere valori dei parametri geotecnici di riferimento.

Inoltre sono state redatte **sezioni litostratigrafiche interpretative ante e post operam** comprensive degli interventi di progetto, mentre come si evince dalle considerazioni a carattere geomorfologico è stato ritenuto superfluo eseguire un **verifica di stabilità del pendio** in condizione *ante e post operam*.

La presente relazione viene integrata dai seguenti allegati:

- Allegato A : Corografia generale in scala 1/10.000;
- Allegato B : Stralcio P.A.I. Autorità Bacino in scala 1/10.000;
- Allegato C : Stralcio MOPS U.A.S. in scala 1/10.000;
- Allegato D : Planimetria catastale in scala 1/1.000;
- Allegato E : Foto Aerea in scala nd;
- Allegato F : Carta geologica in scala 1/5.000;
- Allegato G : Sequenza stratigrafica locale;
- Allegato H : Report indagine geomeccanica e strutturale
- Allegato I : Sezione litostratigrafica interpretativa;
- Allegato L : Report Indagine geofisica.

1. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

1.1 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Coordinate	41°56'2"N 12°59'0"E
Superficie	10,09 kmq
Abitanti	1217
Densità	120,61 ab./kmq
Codice ISTAT	058044

Il Comune di Gerano è ubicato nella Provincia di Roma a circa 50 Km dalla Capitale, 18 Km da Tivoli ed altrettanti da Subiaco. La maggiore via di comunicazione che interessa il territorio è la strada provinciale Empolitana che lo collega con la via Tiburtina e con l'autostrada Roma-L'Aquila. Il centro abitato è situato su una collina in posizione dominante (520 metri s.l.m.) e panoramica che si affaccia verso Ovest sulla pianura ove scorre il torrente Fiumicino, affluente dell'Aniene.

L'area ricade sulla Tav. IV N.O. "Gerano" del Foglio 151 della Carta Topografica d'Italia (scala 1/100.000) e tra le Sezioni n° 375080 "Pisoniano" ad Est e la Sezione n° 376090 "Rocca S. Stefano" ad Ovest della Carta Tecnica Regionale della Regione Lazio, in scala 1/10.000.

Il Comune di Gerano è compreso nella Comunità Montana n°10 dell'Aniene e rientra nell'ambito n. 8 del Piano Paesistico Regionale.

Il territorio comunale di Gerano si estende per circa 10 Kmq e si inserisce tra i territori comunali di Cerreto Laziale a NordOvest, Pisoniano a SudOvest, Bellegra a Sud, Rocca S. Stefano a SudEst, Canterano ad Est e Rocca Canterano a NordEst. (cfr. Fig. 1).

Il territorio in esame si inserisce nella fascia immediatamente a Sud dei Monti Ruffi, tra i Monti Prenestini a Sud e la catena Ernico-Simbruina a NordEst, quindi in una zona prevalentemente collinare con valori della pendenza dei versanti in genere da mediamente a molto acclivi e limitate fasce intracollinari a pendenza blanda raccordate da impluvi abbastanza incisi che si raccordano a loro volta con le valli attraversate dai tributari del Torrente Fiumicino e quindi del Fiume Aniene nel cui bacino idrografico principale pertanto ci troviamo.

Il territorio esaminato è attraversato da linee di scorrimento idrico superficiale a carattere locale (Fosso della Jumara, Fosso Vio, Fosso delle Mandrelle, Fosso delle Pratarelle, Fosso di Valle Cupola, Fosso Selva e dei loro tributari) ed a carattere regionale (Torrente Fiumicino), oltre che da una rete di canali di drenaggio che incidono l'orografia secondo un andamento prevalente da Sud e SudEst in direzione Ovest e Nordovest distinte in genere su due ordini di gerarchizzazione, situazione che denota uno stadio abbastanza giovanile dell'evoluzione morfogenetica dei versanti, vista anche la conformazione geologica degli stessi esclusivamente di natura torbiditica silicoclastica.

L'altitudine del territorio varia tra i 670 m s.l.m. di Colle Negrone situato nel settore orientale del territorio ed i 395 m s.l.m. della località Prato Maggiore ai confini occidentali del territorio con quello di Cerreto Laziale.

L'aspetto paesaggistico preponderante del territorio comunale è rappresentato dal rilievo collinare centrale sul quale è sorto il Centro Storico del paese e da diversi piccoli rilievi collinari che si ergono nel settore orientale in maniera nervosa ed ondulata per poi degradare rapidamente verso i tributari del Torrente Fiumicino nel quale confluiscono nella Piana di s. Anatolia, elemento morfologico sub pianeggiante intravallivo compreso tra Gerano e Cerreto Laziale ai margini nord occidentali del territorio comunale.

Nello specifico il Torrente Fiumicino proprio in questo settore prende origine ricevendo gli apporti dal Fosso delle Pratarelle proveniente da Sud, dal Fosso di Valle Vio da SudEst e dal Fosso di S. Anatolia da NordEst.

COMUNE di GERANO - Protocollo in arrivo n. 0000300 del 08-02-2019 - Cat.10 - Ci.

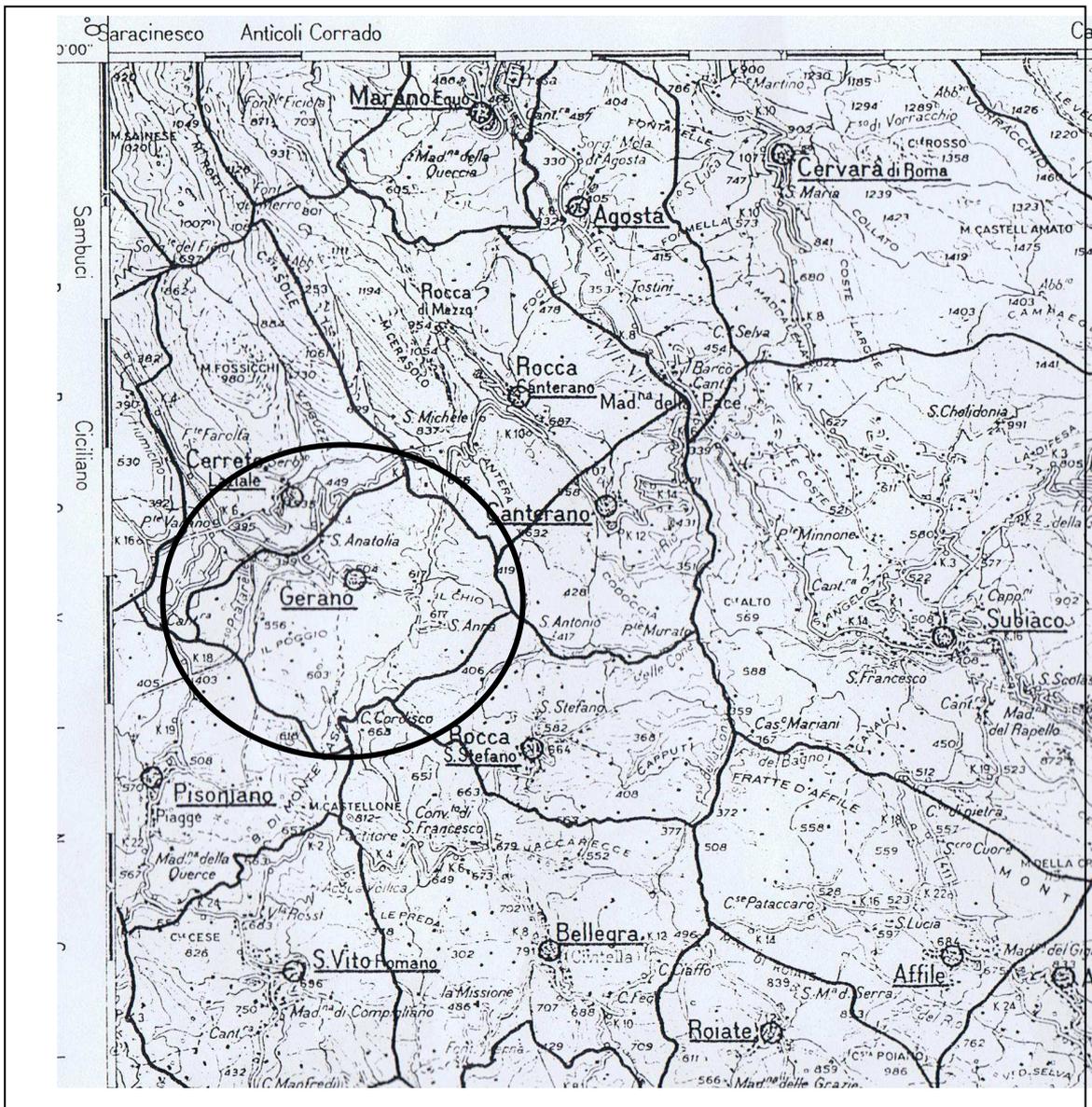


Fig. 1 da Carta Topografica d'Italia Foglio 151 "Alatri" scala 1/100.000

1.2 INQUADRAMENTO LOCALE

L'area è individuabile alla Sezione n° 375081 "Cerreto Laziale" della Nuova Carta Tecnica Regionale (CTR) della Regione Lazio (Ediz. 2005) in scala 1/5.000 (cfr. Allegato A).

L'area rappresenta parte della sommità ed il tratto iniziale del versante sudoccidentale di un piccolo dosso collinare che si erge subito ad Est rispetto l'abitato del paese dal cui centro storico siamo distanti circa 400 m in linea d'aria, e su cui si è sviluppato il Civico Cimitero del quale è in progetto l'ampliamento.

Nello specifico gli interventi interesseranno la porzione più meridionale dell'area cimiteriale attraverso la messa in opera di loculi e cappelle gentilizie su un ampio sperone roccioso arenaceo venutosi a creare per la realizzazione dei loculi esistenti (cfr. Allegato D) ad una quota altimetrica di circa 550 m sl.m.

2. CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Questa porzione del territorio comunale, come del resto la sua quasi totalità, si inserisce all'interno dell'articolata fascia collinare peri simbruinica quindi in una zona prevalentemente collinare con valori della pendenza dei versanti in genere da mediamente a molto acclivi e limitate fasce intracollinari a pendenza blanda raccordate da impluvi abbastanza incisi che si raccordano a loro volta prevalentemente con le vallecole che incidono l'orografia.

Il territorio esaminato non è attraversato da linee di scorrimento idrico superficiale a carattere regionale, ma da una rete di canali di drenaggio che si sviluppano secondo un andamento radiale rispetto ai rilievi, specialmente a carico delle formazioni arenacee piuttosto che quelle calcaree peraltro poco rilevanti aeralmente, ad uno o al massimo due ordini di gerarchizzazione che denota uno stadio giovanile dell'evoluzione morfogenetica dei versanti, vista anche la conformazione geologica degli stessi prevalentemente di natura torbiditica silicoclastica.

Il sito di intervento rappresenta la parte sommitale ed il tratto iniziale del versante sudoccidentale di uno dei tanti rilievi collinari che ondulano l'orografia dell'area e che nervosamente degradano verso gli impluvi che incidono l'area in direzione delle linee preferenziali di drenaggio.

Il rilevamento di dettaglio ha evidenziato come allo stato attuale nell'area non siano stati riscontrati fenomeni geodinamici in atto mentre a maggiore scala nell'area in passato sono state rinvenute altre circoscritte situazioni critiche le cui cause sono da ricercare nella presenza di tagli che hanno messo a nudo oltre al substrato arenaceo compatto e massivo anche le coperture alterate e pedogenizzate le quali ove non protette e contenute sono scivolte verso valle andando ad incombere terreni sottostanti.

Pertanto allo stato attuale l'area di riferimento presenta condizioni geomorfologiche generali buone risultando inserito in un contesto di evoluzione geodinamica normale per le litologie sottese come testimoniato nelle cartografie specifiche quali "Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana" (*Autorità di Bacino del Tevere per il Piano di Assetto Idrogeologico – Anno 2006*) (cfr. Allegato B).

3. CARATTERISTICHE GEOSTRATIGRAFICHE

3.1 INQUADRAMENTO GENERALE

Dal punto di vista geostratigrafico, il territorio comunale di Gerano, risulta impostato, nella sua quasi totalità, su formazioni di origine torbiditica, depositatesi, nel Miocene superiore a colmare le fosse esterne originatesi opera l'abbassamento batimetrico delle piattaforme carbonatiche della serie laziale-abruzzese, a cui le sequenze arenacee seguono, pertanto, stratigraficamente.

Queste formazioni arenacee ed arenaceo-argillose (*Auct. Formazione arenaceo-argillosa*) di tipo silicoclastico derivano dal disfacimento fisico-meccanico dei rilievi in emersione durante l'orogenesi appenninica nel tardo Miocene ed inizi Pliocene.

Le diverse condizioni deposizionali hanno fatto sì che le facies torbiditiche abbiano assunto connotazioni diverse; in particolare la sequenza stratigrafica riscontrabile è costituita alla base da delle arenarie massive di colore grigio scuro, litoidi e poi da arenarie avana, solo debolmente cementate ed intercalate a livelli marnosi grigio scuri di ridotte dimensione.

A questa facies arenacea massiva segue una facies arenaceo-pelitica costituita da arenarie grigie ed azzurre a composizione sabbioso limosa.

Conclude la sequenza, una facies pelitico-arenacea costituita da argille marnose e marne argillose grigio azzurre alternate a livelli arenacei compatti.

In particolare se da una parte gran parte del settore centrale ed orientale del territorio comunale si imposta sulla facies litoide massiva delle arenarie, la porzione occidentale vede l'esclusiva presenza delle serie arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee.

Nelle aree vallive infine sono prevalenti i depositi alluvionali recenti ed attuali ed i frutti delle azioni di dilavamento i quali sono costituiti da alternanze di limi e sabbie variamente argillose di colore dall'avana al grigiastro ed a consistenza di solito modesta.

Si riscontra anche un piccolo lembo dell'attività epivulcanica distale di Vulcano Laziale, ma il suo affioramento risulta essere di scarso significato sia dal punto di stratigrafico sia areale.

Si allega una carta geologica di dettaglio in scala 1/5.000 (cfr. Allegato F).

3.2 LINEAMENTI TETTONICI

Il territorio esaminato è caratterizzato, da un punto di vista stratigrafico-strutturale, dalle stesse evidenze che, in generale, caratterizzano la catena appenninica nel suo insieme; quest'ultima infatti è costituita da una fascia crostale intensamente deformata in seguito alle diverse fasi tettoniche, prevalentemente neogeniche.

La ben nota fase distensiva postorogenica, ha determinato la formazione di numerose faglie dirette e trascorrenti, in senso sia appenninico che antiappenninico.

Il settore di transizione subisce diverse azioni di tipo tettonico, in funzione delle litologie prevalenti; infatti la zona settentrionale (a Nord di Sambuci e Marano Equo), dove è prevalente la Formazione di Guadagnolo, presenta una tipica struttura a pieghe leggermente inclinate in senso appenninico, successivamente disturbate da tutta una serie di faglie distensive ad andamento Est-Ovest, mentre la zona meridionale, dove sono prevalenti i Calcari a briozoi e litotamni e le Marne ad Orbulina, l'andamento strutturale prevalente è di blocchi monoclinali disposti ad embrice e quindi accavallati a ricoprire per ampi tratti le formazioni torbiditiche.

E' di particolare rilevanza, infatti la cosiddetta linea Anticoli-Olevano, la quale corre da Articoli sino ad Olevano per quasi 9 Km e rappresenta una fascia di deformazioni lungo la quale le formazioni calcaree e calcareo marnose sovrascorrono sulle serie torbiditiche rivolte verso la Valle dell'Aniene. Questo elemento borda tutto il margine orientale della catena dei Monti Ruffi ed è un elemento distintivo del paesaggio; infatti sui costoni rocciosi rialzati di calcare si sono impostati i centri di Rocca Canterano, Rocca di Mezzo e Canterano.

Questa linea Olevano-Antrodoco attualmente risulterebbe inattiva in quanto non si hanno indizio di movimenti tettonici recenti, come non esistono indizi certi riguardo un suo coinvolgimento sismogenetico diretto anche negli eventi più recenti (Cerreto 2000).

Completano l'assetto strutturale dell'area le numerose faglie dirette disposte in senso antiappenninico, le quali testimoniano delle fasi distensive postorogeniche.

3.3 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

La presenza di ben evidenti affioramenti in situ (cfr. Fig. 1) la cui ubicazione è riportata in allegato (cfr. Allegato E) e sui lotti contermini consentono di stilare una dettagliata sequenza stratigrafica locale: nel dettaglio è possibile rinvenire, al di sotto di una copertura di terreno alterazione superficiale di natura limo sabbiosa avana spessa al massimo 1 m ma più in generale assente in diversi punti del versante, delle arenarie sabbioso limose di colore marrone avana, litoidi poco sfaldabili, generalmente massicce e compatte a stratificazione indistinta e ben amalgamate.



Foto n. 1 – Affioramento roccioso-Area di intervento

La sequenza stratigrafica si è interrotta alla profondità raggiunta con le prove sismiche (cfr. Allegato G), ma il rilevamento consente di ritenere che lo spessore delle

formazioni arenacee del substrato superi abbondantemente i 100 m.

4. CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Il complesso rinvenuto (*Complesso arenaceo*) presenta caratteristiche di permeabilità molto limitate risultando assai poco permeabile per fratturazione e fessurazione ove litoide altrimenti per porosità primaria, divenendo solo a luoghi sede di limitate circolazioni sia per produttività che per potenzialità; d'altro canto la formazione arenacea è notoriamente sterile o a scarsa permeabilità, ridotta agli orizzonti più superficiali o all'interno delle discontinuità stratigrafico-strutturali.

Livelli idrici si possono rinvenire soltanto dove le arenarie risultino fratturate e nelle coltri sabbiose superficiali di alterazione pedogenetica dove il loro spessore diventa significativo per potenziali immagazzinamenti; è caratterizzato da spessori significativi (>100 m) e da valori di infiltrazione efficace compresi tra 50 e 100 mm/annui.

Correlazioni a più ampia scala e l'esecuzione di alcuni pozzi a scopo irriguo in aree limitrofe e la presenza di alcune sorgenti di limitata potenzialità e produttività, limitata ai periodi invernali, consentono di stimare una prima circolazione significativa intorno agli 80 m dal p.c.

Dal punto di vista idrologico il sito risulta ben drenato in direzione SudOvest vista la naturale pendenza del versante per cui la realizzazione di opere di canalizzazione perimetrali alle strutture consentiranno di regimare correttamente le acque ruscellanti e di allontanarle rapidamente ed efficacemente verso valle senza alterare sensibilmente il regime preesistente.

Inoltre la natura di opera parzialmente interrata sul lato esposto del versante consente di evitare di interessare i terreni di copertura peraltro poco rilevanti dal punto di vista stratigrafico,

impedendo scivolamenti gravitativi di materiale incoerente che possano invadere i terreni più a valle.

5. PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO

5.1 SISMICITÀ DELL'AREA

Il territorio dei Monti Ruffi nel suo insieme può essere considerato come un'area a rischio sismico moderato, intendendo in questo modo come tutti i comuni ricadenti nel suo comprensorio siano stati inseriti in aree di 2a categoria sismica secondo la più recente classificazione del territorio nazionale (**IIa zona sismica** sottozona **B** ai sensi della Delib. G.R. Lazio n. 387 del 22/05/2009 attuativa dell'Ord.P.C.M. 28/04/2006 n. 3519).

Volendo effettuare una valutazione del rischio sismico per l'area in esame, sarà opportuno far riferimento alla distribuzione degli epicentri di eventi tellurici di significativa rilevanza occorsi in un periodo di tempo abbastanza lungo; in particolare è stato possibile verificare come l'area dei Monti Ruffi non presenti strutture sismogenetiche di qualche rilevanza, ma tenda a soffrire di una certa sismicità riflessa; in particolare i dati storici indicano nelle strutture sismogenetiche dell'Appennino centrale ed in particolare di quelle abruzzesi, le responsabili dei sisma di maggiore rilevanza per l'area, mentre di importanza secondaria sono le strutture riferibili al comprensorio Cervara-Subiaco.

E' opportuno rimarcare comunque, come soltanto nel 2000, si siano verificate alcune scosse riferibili ad epicentri localizzati tra Cerreto Laziale e Bellegra, grazie alle quali si sono riscontrati notevoli danni al patrimonio edilizio dei centri storici più vetusti. Questa situazione permette di non considerare trascurabile il rischio sismico per l'area in esame, in virtù anche della vulnerabilità di alcune porzioni del territorio come i centri storici arroccati, le pendenze assai marcate lungo alcuni versanti oltre a evidenze strutturali.

Sulla base della lettura comparata dell'enorme database riferibile agli eventi maggiormente significativi nell'area, è stato possibile verificare, nel territorio si sono raggiunti gradi di intensità macrosismica compresi tra il VII e l'IX grado della scala MCS; in particolare è possibile verificare come gli eventi maggiormente significativi siano stati quelli dei terremoti del 1915 (Avezzano) e dell'Alto Aniene del 2000 (cfr. **Tab. 1**).

Gerano

PlaceID IT_53797
 Coordinate (lat, lon) 41.933, 12.994
 Comune (ISTAT 2015) Gerano
 Provincia Roma
 Regione Lazio
 Numero di eventi riportati 23

Effetti											In occasione del terremoto del		
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw			
6-7	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08			
NF	1961	10	31	13	37		Reatino	84	8	5.09			
4	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81			
4	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	912	8	5.86			
3-4	1989	10	19	23	33	2	Colli Albani	54	5-6	4.23			
3-4	1989	10	23	21	19	1	Colli Albani	65	6	4.32			
NF	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77			
4-5	1990	06	19	02	42	5	Alto Aniene	40	5-6	3.82			
3	1994	08	05	22	01	2	Val Roveto	81	5-6	4.15			
3	1994	08	07	06	31	1	Val Roveto	103	5-6	4.25			
4	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66			
4	1997	09	26	09	40	2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97			
4	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62			
4-5	1997	11	06	02	20	2	Monti Tiburtini	91	5-6	4.19			
NF	1998	05	12	21	46	3	Monti Simbruini	48	5	3.77			
NF	1998	08	15	05	18	0	Reatino	233	5-6	4.42			
6	2000	03	11	10	35	2	Valle dell'Aniene	214	6	4.25			
5	2000	05	22	15	48	2	Valle dell'Aniene	48	5-6	3.45			
5	2000	05	28	09	29	1	Valle dell'Aniene	58	6	3.88			
5-6	2000	06	27	07	32	3	Valle dell'Aniene	138	6	4.24			
5	2000	11	13	17	28	2	Valle dell'Aniene	29	5	3.57			
5	2001	12	20	01	54	0	Valle dell'Aniene	47	5	3.96			
3-4	2004	10	05	23	00	2	Valle dell'Aniene	78	4	3.30			

Tab. 1 da "Database macrosismico italiano DBMI15" (dal sito <http://www.ingv.it>)

Per quanto riguarda gli effetti al sito, la Pericolosità Sismica di Riferimento i valori di **ag** riscontrati sono compresi tra 0.150 – 0.175 espressi in termini di massima accelerazione al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi come definita al punto 3.2.1 del D.M. 14/09/2005 (Fig. 4)

Si ricorda infine come l'area di intervento ricade in un **IIa zona sismica** sottozona **B** (Delib. G.R. Lazio n. 387 del 22/05/2009 attuativa dell'Ord.P.C.M. 28/04/2006 n. 3519) (Fig. 3).

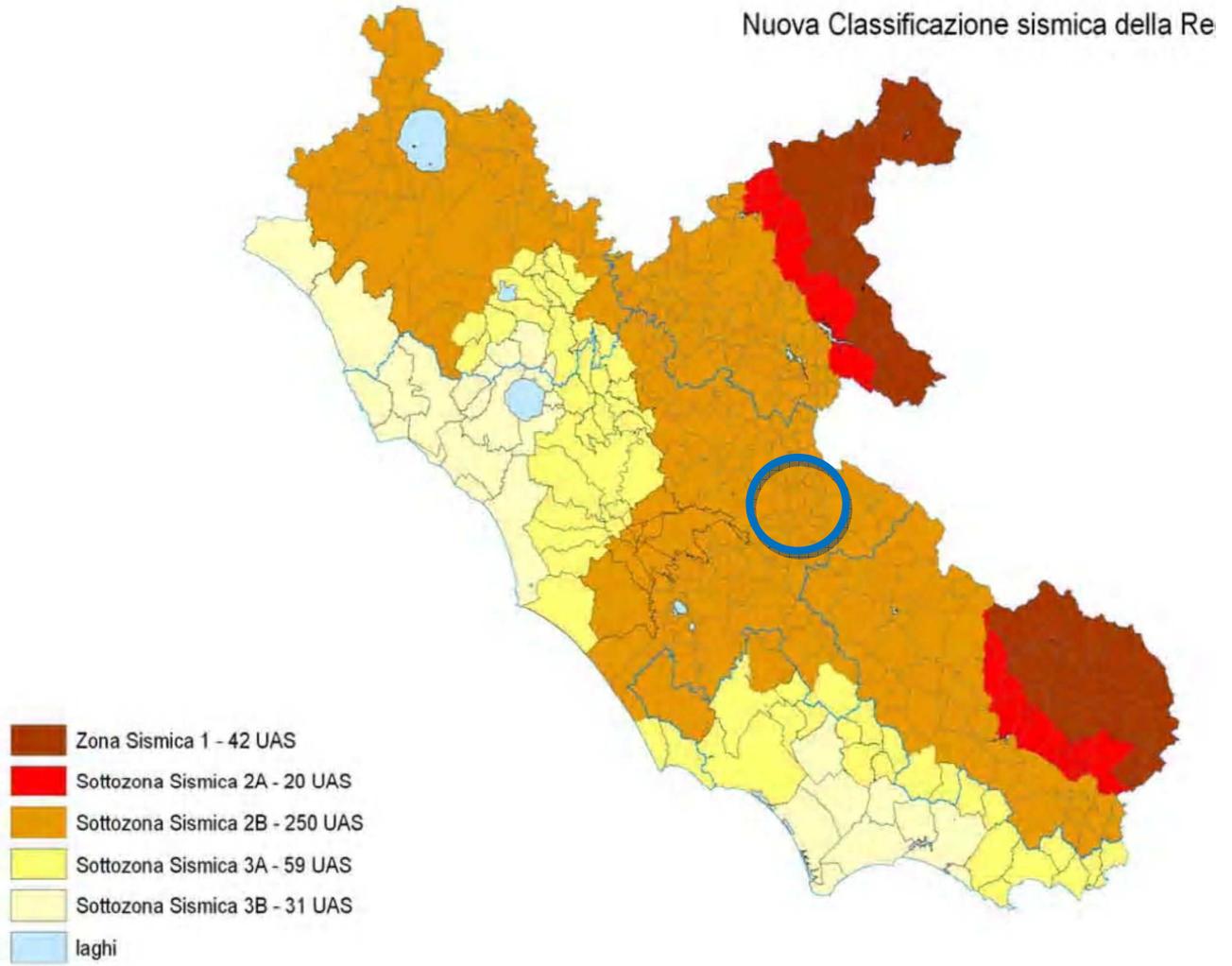


Fig. 3 Nuova Classificazione sismica della Regione Lazio Delib. G.R. Lazio n. 387 del 22/05/2009

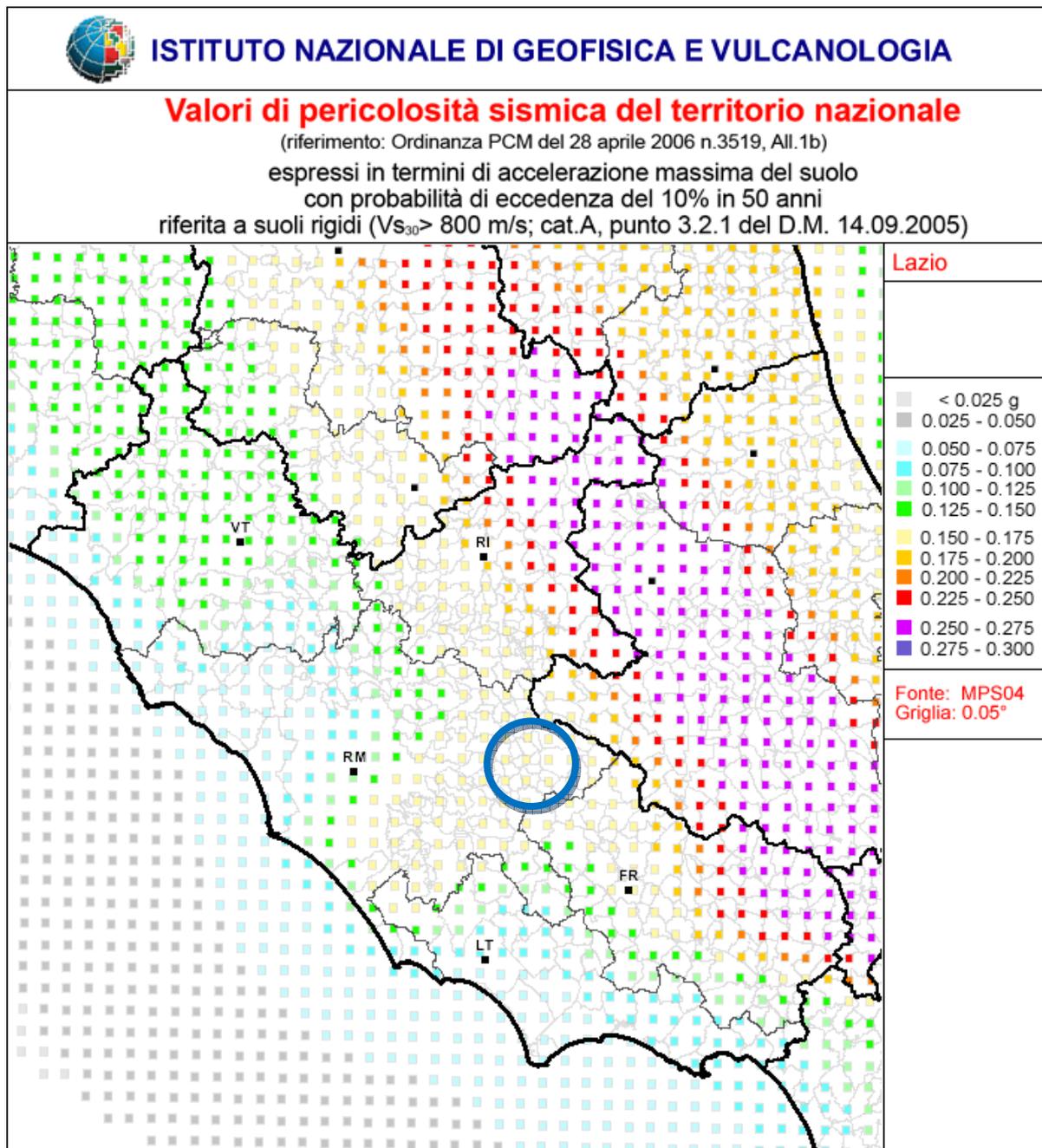


Fig. 4 (dal sito <http://www.ingv.it>)

5.2 SISMICITA' DI SITO

Nello studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 (cfr. Allegato C) redatto ai sensi della Delib. G.R. 545/2010 l'area di intervento ricade in una Zona Stabile ma Suscettibile di Amplificazione Sismica Locale (**SA1**) relativa quindi alle aree impostate sul substrato costituito da arenarie in facies arenacea massiccia prevalente.

La pericolosità sismica di base costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La determinazione è stata eseguita secondo l'approccio previsto dal § 3.2.2 delle NTC2018; in particolare relativamente al punto 3.2.2 delle NTC è stata eseguita un'indagine di tipo MASW dalla quale sono emersi valori delle V_{s30eq} compresi tra **711** e **736 m/sec** (cfr. Allegato I) alle quote di futura fondazione per cui è possibile considerare il sottosuolo di interesse appartenente alla categoria di **suolo tipo "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."

Classificazione delle condizioni topografiche secondo quanto previsto nelle tabelle 3.2.IV e 3.2.VI delle NTC: la superficie topografica, poiché il sito è ubicato in corrispondenza di una cresta di un rilievo a cresta arrotondata i cui versanti appaiono essere caratterizzati da valori medi superiori al limite del 26% (15°) ma inferiori al limite del 57% (30°), può essere classificata come appartenente alla

categoria 'T3':

"Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$ "

5.3 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE DI SITO

Lo studio geomorfologico eseguito ha messo in evidenza che il coefficiente di Amplificazione Topografica **St** possa essere assunto pari a **1,2**, trovandoci nella condizione **T3** (in corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°) mentre per quanto riguarda gli effetti al sito, la Pericolosità Sismica di Riferimento i valori di **ag** riscontrati sono compresi tra 0.125 – 0.150 espressi in termini di massima accelerazione al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi come definita al punto 3.2.1 del D.M. 14/09/2005.

6. GEOTECNICA

6.1 MODELLO GEOLOGICO DI RIFERIMENTO

L'esecuzione del rilievo ha permesso rendere evidente quanto segue:

- le fondazioni di progetto si attesteranno all'interno di un litotipo arenaceo a comportamento geomeccanico litoide essendo peraltro presente una coltre di alterazione poco sviluppata stratigraficamente con spessori molto variabili ma comunque esigui se non assenti in più punti;
- per questo litotipo sono ben note le proprietà geotecniche con valori dei parametri che determinano limiti di resistenza ai carichi di tipo infrastrutturale ben al di sopra delle normali imposizioni progettuali;

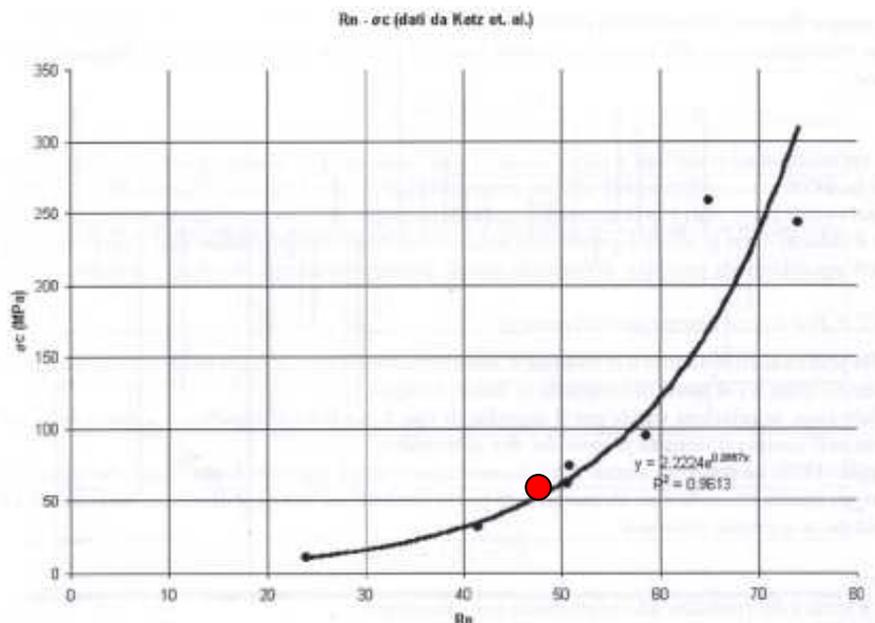
- possono essere esclusi cedimenti fondazionali differenziali stante la relativa omogeneità orizzontale del livello litotecnico riscontrato mentre possono essere esclusi cedimenti assoluti in virtù della scarsa rilevanza strutturale degli interventi previsti.

Per poter ottenere indicazioni di tipo geotecnico sono stati assunti valori dei parametri geotecnici per il litotipo fondazionale desunti da indagini dirette *in situ* essendo poco significative prove di laboratorio.

6.2 APPROCCIO METODOLOGICO

E' stato effettuato uno studio di dettaglio che consentisse di definire con precisione la qualità dell'ammasso e quindi effettuare le più opportune verifiche al fine di parametrizzare geotecnicamente l'ammasso stesso.

Si è proceduto con delle indagini dirette su una stazione strutturale situata subito a ridosso dei manufatti esistenti riconoscibili sul terreno grazie ad alcuni affioramenti (cfr. Foto n. 1 § 3.3) ed in essa sono state effettuate delle misurazioni circa gli assetti geostrutturali dell'ammasso con delle prove sclerometriche mediante l'uso del Martello di Schmidt per la determinazione della *Resistenza a compressione uniassiale* (σ_c) sulla base di correlazioni normalmente utilizzate in ambito geotecnico e geomeccanico.



Tab. 1 - Grafico di correlazione tra Resistenza alla compressione monoassiale (σ_c) e la lettura al rimbalzo dello sclerometro Martello di Schmidt (R_n) (Katz et alii, 2000)

6.2.1 AMMASSO ARENACEO - CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI (1989)

Per quanto riguarda la valutazione della qualità dell'ammasso roccioso si è fatto riferimento ai valori indice definiti da Bieniawski (1989).

La classificazione di Bieniawski nata come "Rock Mass Rating (RMR) System", è stata sviluppata a partire dagli anni 1972-1973 per gallerie in rocce competenti fratturate; successivamente la valutazione dell'RMR ha preso credito anche per interventi su scarpate, fondazioni su roccia e miniere.

Esistono diverse versioni di questa classificazione, le più comuni sono quelle del 1976, del 1979 e del 1989 utilizzata in questo lavoro.

In generale la classificazione di Bieniawski utilizza 5 parametri relativi allo stato della roccia e dell'ammasso roccioso e di un indice di correzione il cui valore è funzione dell'orientamento delle discontinuità e del problema da affrontare (gallerie, versanti e fondazioni).

Il valore di RMR è dato da:

$$\mathbf{RMR} = (\mathbf{R1} + \mathbf{R2} + \mathbf{R3} + \mathbf{R4} + \mathbf{R5}) + \mathbf{Ic}$$

dove il parametro **Ic** può essere indicato anche con **R6** e varia tra – 60 e 0.

R1 – Valore numerico derivato dalla resistenza a compressione della roccia

R2 – Valore numerico derivato dall'R.Q.D.

R3 – Valore numerico derivato dalla spaziatura delle discontinuità

R4 – Valore numerico derivato dalle condizioni delle discontinuità

R5 – Valore numerico derivato dalle condizioni idrauliche

R6 / Ic – Indice di correzione per la giacitura delle discontinuità rispetto asse galleria, orientamento versante e appoggio fondazioni.

Nella pratica si usa spesso differenziare:

$$\mathbf{RMR\ asciutto} = \mathbf{RMRa} = \mathbf{R1} + \mathbf{R2} + \mathbf{R3} + \mathbf{R4}$$

$$\mathbf{RMR\ di\ base} = \mathbf{RMRb} = \mathbf{BRMR} = \mathbf{R1} + \mathbf{R2} + \mathbf{R3} + \mathbf{R4} + \mathbf{R5}$$

$$\mathbf{RMR\ corretto} = \mathbf{RMRc} = (\mathbf{R1} + \mathbf{R2} + \mathbf{R3} + \mathbf{R4} + \mathbf{R5}) + \mathbf{R6}$$

Attraverso un foglio di calcolo riportato in allegato (cfr. Allegato H) viene rappresentata la classificazione di Bieniawski delle arenarie nel sito interessato dalle opere.

Dal valore di RMR ed utilizzando la tabella in calce si ottiene la classe di qualità a cui appartiene l'ammasso roccioso considerato, mentre i parametri geotecnici dipendono esclusivamente dal parametro BRMR secondo le seguenti formule secondo Bieniawski:

$$\mathbf{coesione\ c\ (KPa)} = \mathbf{5 * RMR_{base}}$$

$$\mathbf{angolo\ di\ attrito\ \phi} = \mathbf{0,5\ RMR_{base} + 5}$$

$$\mathbf{modulo\ di\ deformazione\ E\ (GPa)} = \mathbf{10 \wedge ((RMR_{base} - 10)/40)}$$

In base alla seguente relazione: **G.S.I. = RMR – 5** (applicabile però solo per RMR > 23) si ottiene anche il valore dell'indice **G.S.I.** (*Geological Strength Index*) che rappresenta un'ulteriore classificazione (*Hoek & Marinos, 2000*), basata sulle condizioni delle discontinuità e della struttura dell'ammasso.

Nello specifico **G.S.I. = RMR – 5 = 52 – 5 = 47**

Inoltre di solito è possibile definire anche il valore della qualità dell'ammasso roccioso secondo *Barton* il quale definisce un indice di qualità **Q** sulla base sempre di misurazioni degli assetti strutturali degli ammassi ma al quale si può giungere anche attraverso la relazione

RMR = 9 lnQ + 44

Nello specifico **Q = 2,43**

I criteri per la definizione dell'RMR sono riportate nelle seguenti tabelle:

PARAMETRI		Valori					
Resistenza a compressione uniassiale (Mpa)		> 250	100 - 250	100 - 50	50 - 25	5 - 25	1 - 5 < 1
Coefficiente R1		15	12	7	4	2	1 0
R.Q.D. (%)		90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25	
Coefficiente R2		20	17	13	8	3	
Spaziatura delle discontinuità		> 2 m	0,6 - 2 m	60 - 20 cm	20 - 6 cm	< 6 cm	
Coefficiente R3		20	15	10	8	5	
Condizioni delle discontinuità		Sup. molto rugosa, non alterata, discont. chiuse non continue	Sup. poco rugose, separazione discont. < 1mm, poco alterate	Sup. poco rugose, separazione discont. < 1mm, molto alterate	Sup. lisce o riempimento < 5 mm di spessore o giunti aperti 1-5 mm e continui	Riempimento soffice > 5 mm di spessore o giunti aperti > 5 mm continui	
Coefficiente R4		30	25	20	10	0	
Condizioni idrauliche	Venute d'acqua su 10 m di lunghezza (l/min)	nessuna	< 10	10 - 25	25 - 125	> 125	
	Condizioni generali	Asciutto	Umido	Bagnato	Stillicidio	Venute d'acqua	
Coefficiente R5		15	10	7	4	0	

Per quanto riguarda il parametro **R2** Il valore di **RQD** può essere determinato indirettamente dalle relazione di Priest e Hudson (1976):

RQD = 100 e^{-0,1 n} (0,1 n + 1) con n numero medio di giunti per metro.

Orientamento discontinuità		Valori				
Direzione di immersione ed inclinazione		Molto favorevole	Favorevole	Poco favorevole	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Coefficiente R6	Gallerie	0	-2	-5	-10	-12
	Fondazioni	0	-2	-7	-15	-25
	Pendii	0	-5	-25	-50	-80

COMUNE di GERANO - Protocollo in arrivo n. 0000300 del 08-02-2019 - Cat.10 - Ci.

Dettagli sulle condizioni delle discontinuità $R4 = A + B + C + D + E$	Valori				
Lunghezza discontinuità	< 1 m	1 - 3 m	3 - 10 m	10 - 20 m	> 20 m
Coefficiente A	6	4	2	1	0
Apertura	nessuna	< 0,1 mm	0,1 - 1 mm	1 - 5 mm	> 5 mm
Coefficiente B	6	5	4	1	0
Rugosità	Molto rugosa	Rugosa	Leggermente rugosa	Liscia	Levigata
Coefficiente C	6	5	3	1	0
Riempimento	nessuno	Materiale duro < 5 mm	Materiale duro > 5 mm	Materiale tenero < 5 mm	Materiale tenero > 5 mm
Coefficiente D	6	4	2	2	0
Alterazione	Inalterata	Leggermente alterata	Moderatamente alterata	Molto alterata	Decomposta
Coefficiente E	6	5	3	1	0

Classi di qualità dell'ammasso roccioso	Valori				
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Ottima	Buona	Discreta	Scadente	Molto scadente
Coesione (KPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 200
Angolo d'attrito (°)	> 45	35 - 45	25 - 35	15 - 25	< 15

6.2.2 SINTESI RILIEVO GEOSTRUTTURALE

Stazione n. 1

Numero misurazioni = 2

Valore medio Indice di Rimbalzo **R = 48**

Resistenza alla compressione monoassiale $\sigma_c = 55 \text{ MPa}$

CLASSE	RMRb	RMRc	Qualità dell'ammasso roccioso	Coesione	Angolo attrito	Modulo Elastico
				KPa	(°)	GPa
III	52	47	discreta	260	31	11

6.3 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Dal punto di vista geotecnico i litotipi affioranti e costituenti il sottosuolo di interesse, possono essere inquadrati all'interno di una formazione di tipo litoide; in generale per questa formazione possono assumersi valori dei parametri geotecnici da buoni ad ottimali essenzialmente in funzione del grado di fatturazione, desunti dai dati ricavati dalla Stazione Strutturale n. 1

Nel dettaglio i valori dei parametri di riferimento possono essere i seguenti:

Arenarie litoidi poco fratturate (classe III di Bieniawski)

-angolo di attrito interno (Φ) = 31°

-peso naturale del terreno (γ) = 22,0 KN/m³ (da pesata idrostatica)

-coesione interna (c') = 260 KPa

-resistenza alla compressione semplice monoassiale (σ_c) = 55 MPa

-modulo di Young (E_y) = 11 MPa

-qualità dell'ammasso roccioso secondo Barton (Q) = 2,43

dati di letteratura

-costante di Winkler (K) = 100 MN/m³

-coefficiente di Poisson (ν) = 0,29

-modulo di Compressibilità Edometrica (E) = 10 MPa

Per quanto concerne invece i parametri geotecnici riferibili al complesso di copertura alterato possono definirsi i seguenti valori minimi cautelativi:

peso naturale del terreno (γ) = 18 KN/m³;

coesione (c) = 0,0 Kpa;

angolo di attrito interno (Φ) = 30°.

6.4 MODELLO GEOTECNICO

Potendo escludere i terreni più superficiali allentati ed in genere alterati, come detto le fondazioni interesseranno un deposito arenaceo molto competente attraverso opere di fondazione superficiali.

Dai dati riportati precedentemente, è possibile ricavare tutte le informazioni necessarie per poter determinare i valori necessari alla stesura delle varie verifiche che la normativa prevede per il complesso struttura-terreno, tra cui la verifica allo stato limite ultimo in cui deve essere stimata la capacità portante.

Sulla base dei valori dei parametri geotecnici riportati opportunamente corretti secondo quanto definito da Terzaghi (riduzione delle coesione a 2/3 e la tangente dell'angolo di resistenza a taglio a $0,67 \cdot \tan(\phi)$ e considerati caratteristici quelli nominali trovandoci nelle condizioni previste al punto 6.2.2 delle NTC e della Circolare per fondazioni superficiali che interessano volumi significativi di terreno, nell'ipotesi di fondazioni nastriformi superficiali larghe al minimo (**B**) 0,6 m ed incassate al minimo (**D**) 1,0 m, si stima un valore di resistenza di progetto (**Rd**) non inferiore a 300 KN/m² secondo l'Approccio 2 con verifica in condizioni drenate.

La verifica agli stato limite ultimo la capacità portante della struttura fondazione-terreno è stata valutata sulla base delle formule normalmente in uso in ambito geotecnico sulla base dei parametri dianzi definiti.

6.5 STABILITA' DEL VERSANTE

La presenza di una litologia arenacea compatta e massiva in presenza allo stato attuale di spessori trascurabili di coltri di alterazione pedogenizzate ed alterate, determina una sostanziale stabilità del versante in condizioni sia statiche sia dinamiche mentre la realizzazione delle opere

garantirà circa la sicurezza relativamente alla situazione geostratigrafica riscontrata in quanto sempre attestata all'interno del suddetto substrato sicuramente stabile ed a bassa potenzialità di dissesto anche in presenza di carichi strutturali notevoli o in condizioni di pendenza accentuate.

7. PERICOLOSITA' GEOLOGICA

In sede di realizzazione delle opere di fondazione queste ultime dovranno essere sempre interessare il substrato arenaceo inalterato molto competente dal punto di vista geomeccanico.

Le opere di progetto una volta realizzate adeguate opere di drenaggio a tergo della struttura al fine di ridurre al minimo sia l'interazione con il regime preesistente sia il regolare deflusso delle acque ruscellanti, facilmente drenabili in direzione delle contigue aree vallive sottostanti risultano essere compatibili con l'assetto geomorfologico ed idrogeologico dei luoghi.

8. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Da quanto è emerso dall'indagine geomorfologica e geotecnica eseguita sull'area d'interesse, si possono trarre le seguenti considerazioni:

-sulla base del Regolamento Sismico regionale n. 14/2016 di cui alla Delib. G.R. n. 375/2016, si ricorda quanto segue:

TIPOLOGIA OPERA

Classe d'Uso 2 (D.M. 17/01/2018 - Delib. G.R. 387/2009)

Zona Sismica II Sottozona B (Delib. G.R. 387/2009)

LIVELLO DI VULNERABILITA' DELL'OPERA: MEDIO

-i terreni che costituiscono il versante in esame presentano caratteristiche geotecniche tali da farli ritenere idonei ad ospitare le opere previste;

- il versante si presenta allo stato attuale in condizioni di stabilità precaria ma la realizzazione delle opere garantirà una sostanziale stabilità e bassa potenzialità di dissesto;

-sono da escludersi interazioni tra le opere di fondazione e livelli acquiferi sotterranei. Saranno fondamentali adeguate opere di regimazione idraulica a tergo, perimetralmente ed alla base della struttura di progetto al fine di ridurre i rischi legati alla possibilità di afflussi meteorici non indifferenti di venire a contatto con i terreni fondazionali e di escludere ruscellamenti selvaggi o stagnazioni pericolose oltre che sovrappressioni idrauliche anomale alle spalle della struttura;

-sulla base di indagini in situ è emerso un profilo di **suolo del tipo B** ed un coefficiente di Amplificazione Topografica **S_T** pari a **1,2** essendo emersa una categoria topografica del tipo **T3**.

Alatri, Febbraio 2019

Dr. Geologo Marco Evangelisti
Ordine dei Geologi del Lazio
A.P. 952

Elenco degli Allegati

Allegato A : Corografia generale

Allegato B : Stralcio P.A.I. Autorità Bacino

Allegato C : Stralcio MOPS U.A.S.

Allegato D : Foto Aerea

Allegato E : Planimetria catastale

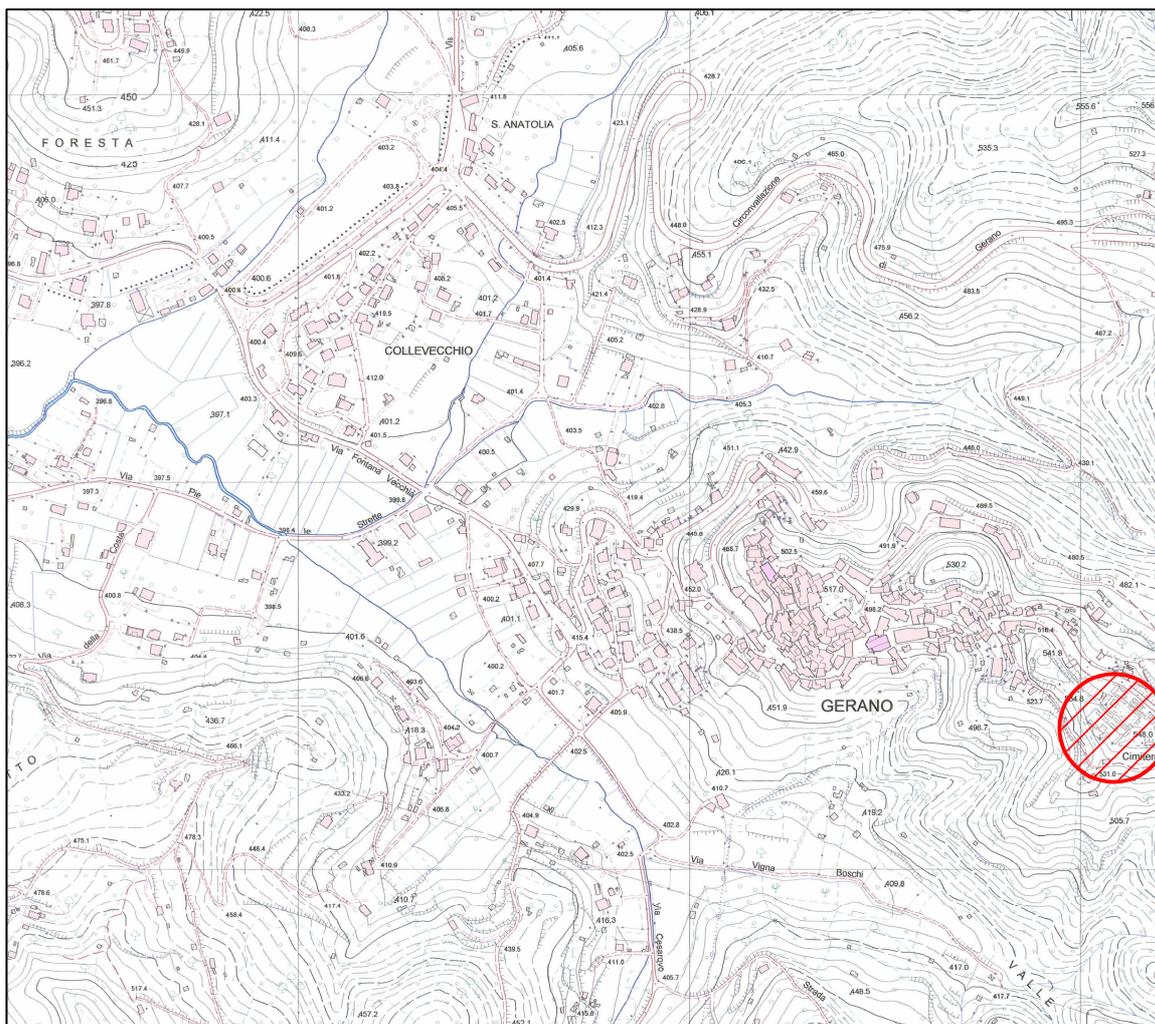
Allegato F : Carta geologica

Allegato G : Sequenza stratigrafica locale

Allegato H : Report indagine geomeccanica e strutturale

Allegato I : Sezione litostratigrafica interpretativa

Allegato L : Report Indagine geofisica



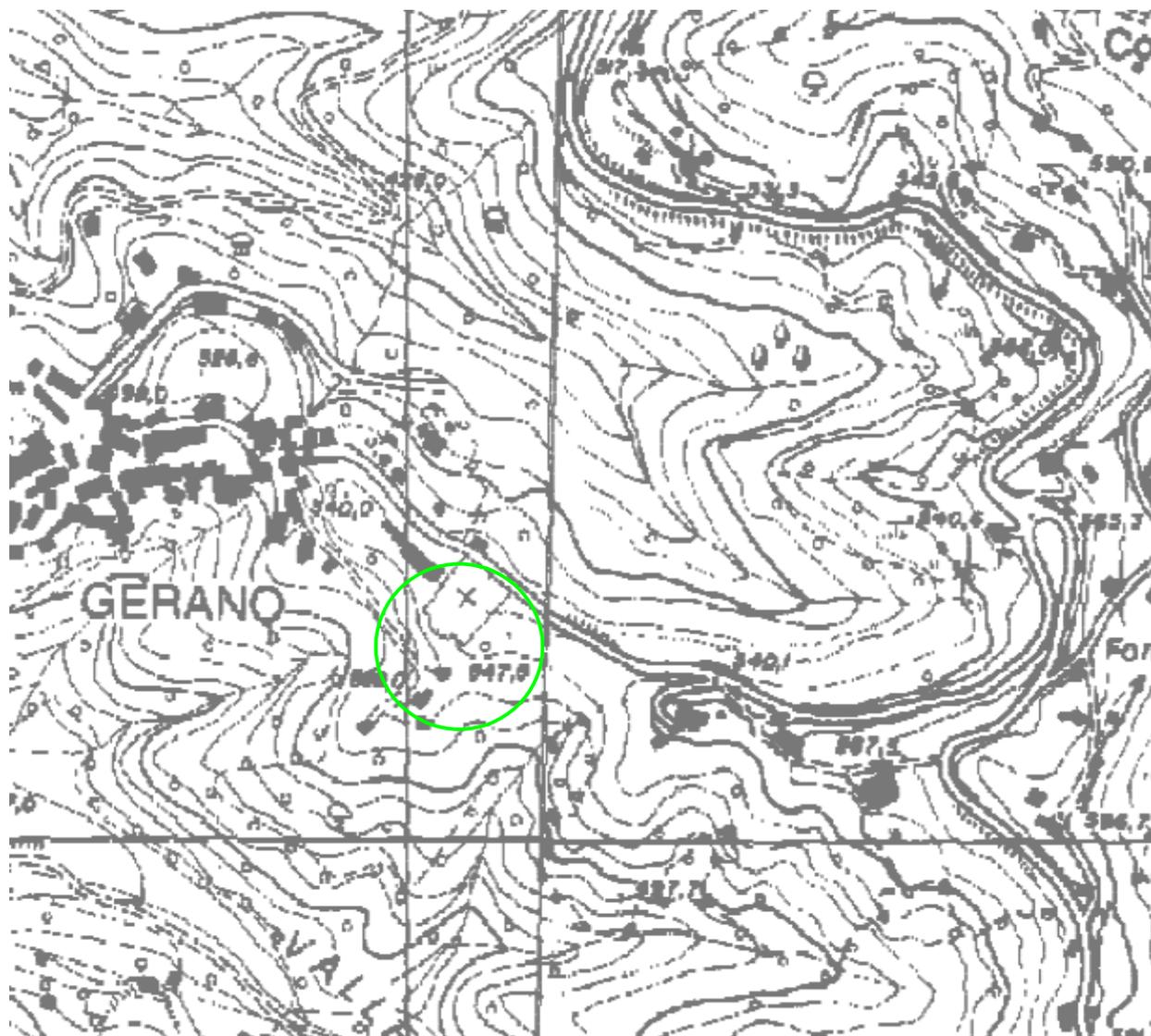
COMUNE DI GERANO
Area Metropolitana di Roma Capitale

COROGRAFIA GENERALE
scala 1/10.000

Carta Tecnica Regionale Sez. n. 375081 "Cerreto Laziale "



Area di interesse



COMUNE di GERANO - Protocollo in arrivo n. 0000300 del 08-02-2019 - Cat.10 - Ci.

Legenda

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
				debris flow (colata di detrito)



Autorità di Bacino del Fiume Tevere

via Bachelet,12 - 00185 - ROMA - 06492491 - www.abtovere.it

Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico

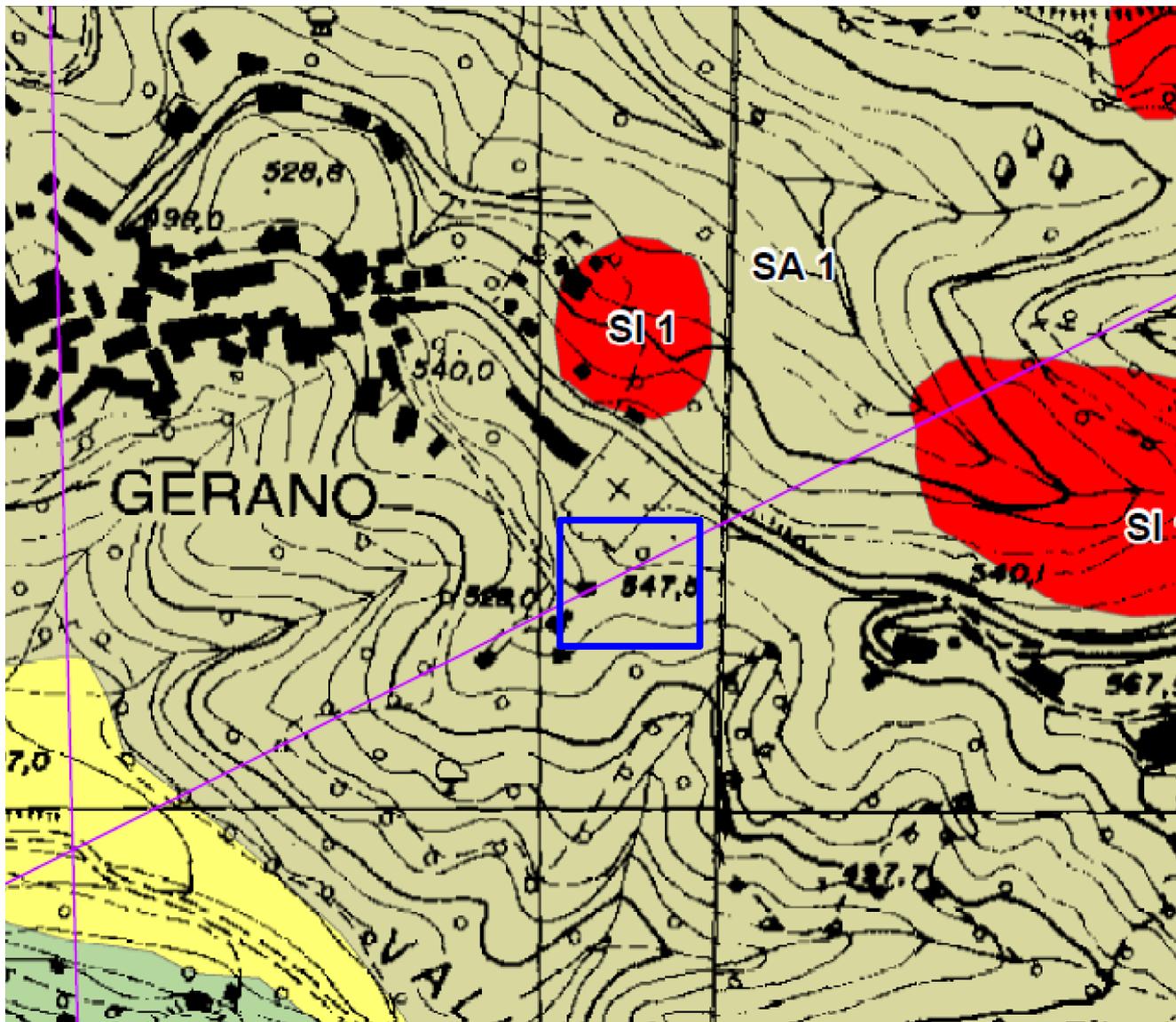
Inventario dei fenomeni franosi e situazioni di rischio da frana

scala 1:10.000

TAVOLA 41

fenomeno attivo	fenomeno quiescente	fenomeno inattivo*	fenomeno presunto	
				area a calanchi o in erosione
				frana presunta
				orlo di scarpata di frana
				frana non cartografabile

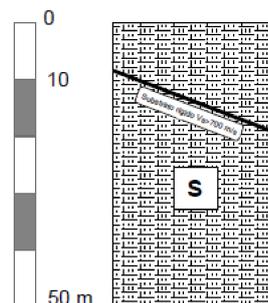
Protocollo in arrivo n. 0000300 del 08-02-2019 - Cat.10 - Ci.



STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA
LIVELLO MS1



SA 1



Litologia dei terreni
di copertura



Terreni residuali e/o alluvioni recenti
mediamente addensati
Spessore massimo: 40 m



Piroclastiti sciolte alterate
Spessore massimo: 5 m



Formazione arenacea massiccia
Spessori molto elevati



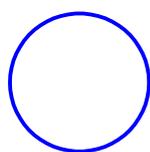
Formazione arenaceo argillosa in facies
pelitico arenacea e arenaceo pelitica
Spessori molto elevati



COMUNE DI GERANO
Area Metropolitana di Roma Capitale

FOTO AEREA
da Google Maps
scala nd

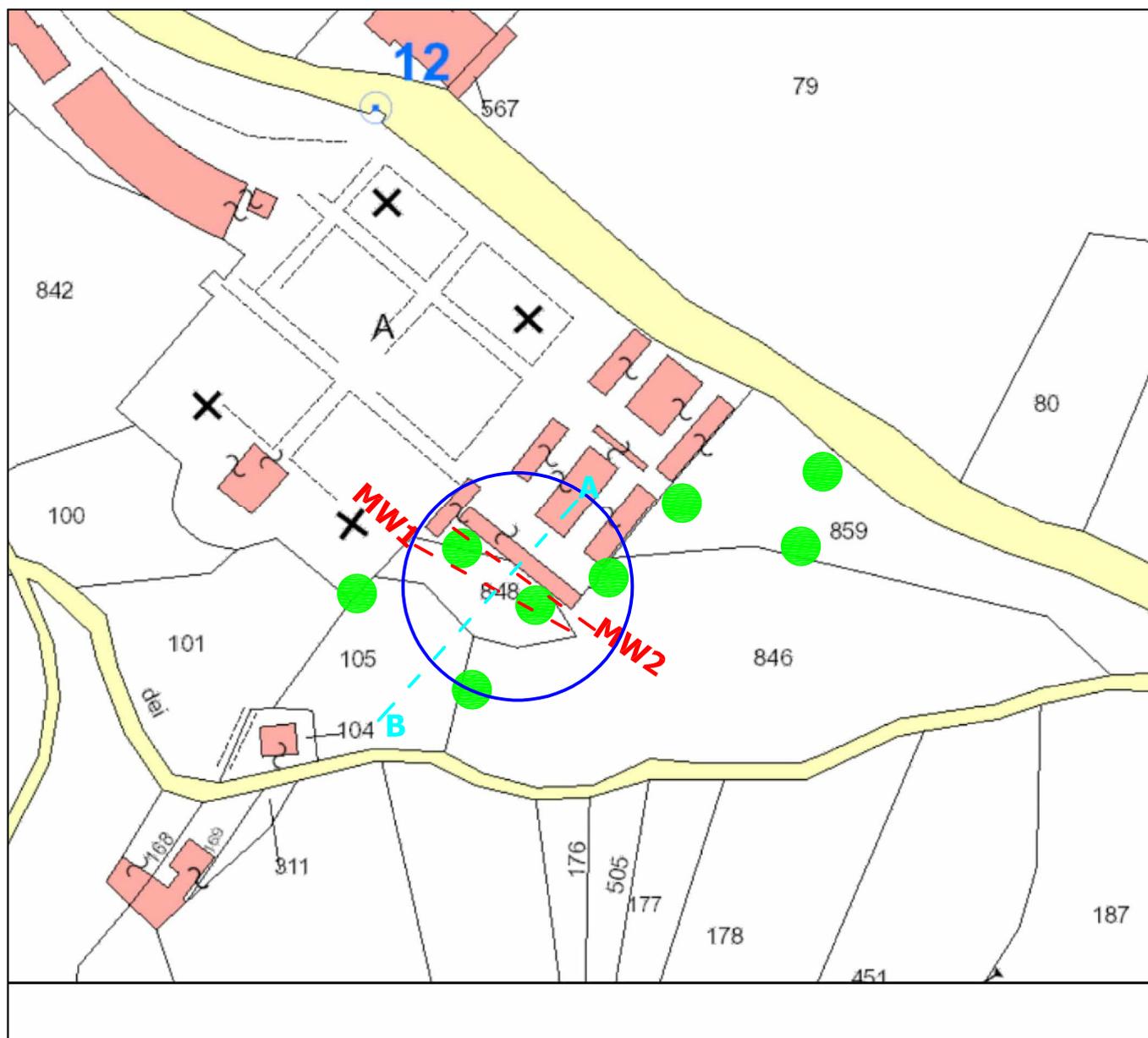
LEGENDA



Area di intervento



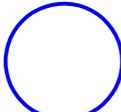
Traccia profili MASW

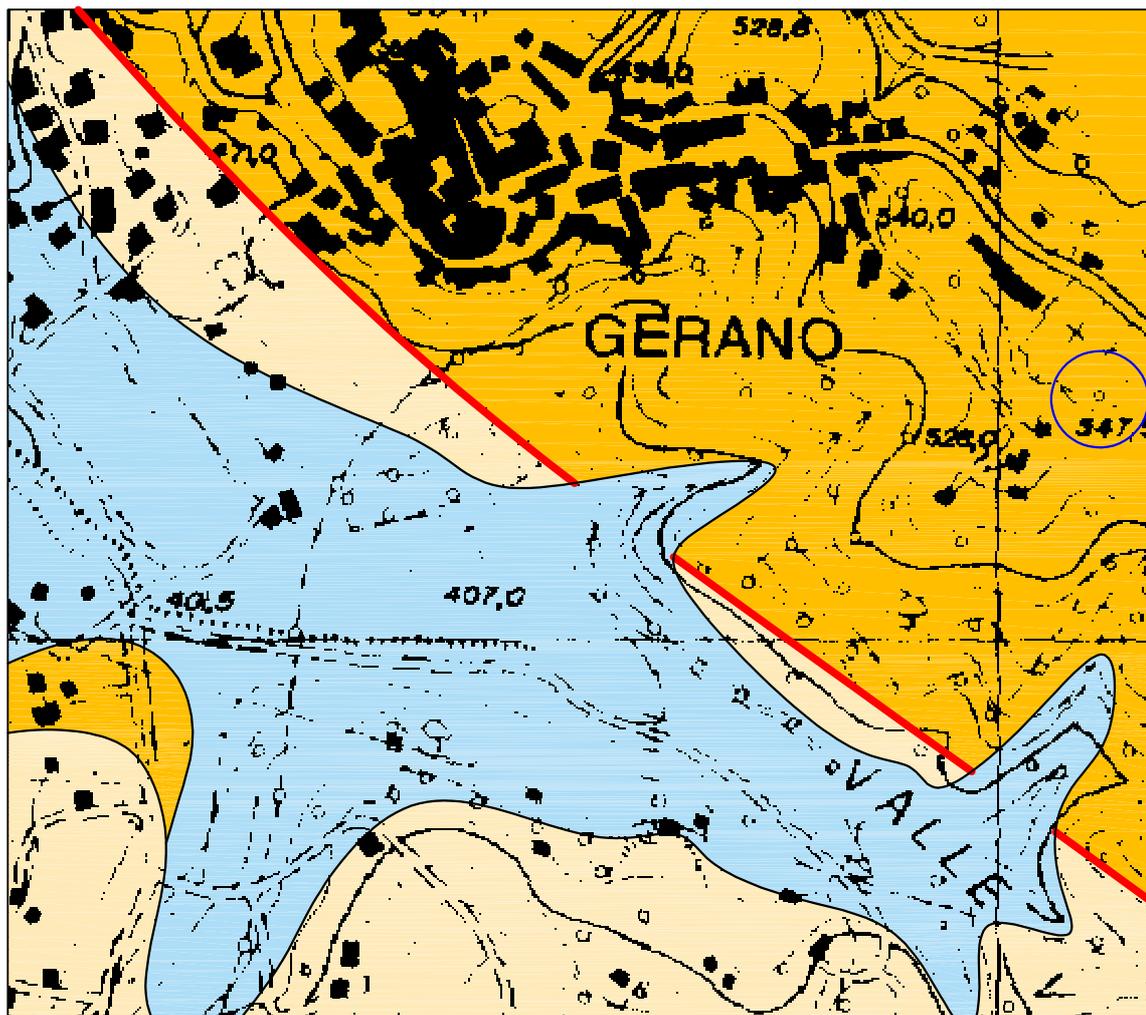


COMUNE DI GERANO
Area Metropolitana di Roma Capitale

STRALCIO PLANIMETRIA CATASTALE
scala 1/1.000
Foglio catastale n. 7 Mappale A-848

LEGENDA

-  Area di intervento
-  Ubicazione affioramenti rocciosi
-  Traccia profili MASW
-  Traccia di sezione litostratigrafica interpretativa



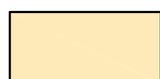
COMUNE DI GERANO
Area Metropolitana di Roma Capitale

CARTA GEOLOGICA
scala 1/5.000

LEGENDA



Depositi alluvionali recenti ed attuali; depositi eluviali e colluviali.
OLOCENE



Arenaria di colore avana grigiastro debolmente cementata a granulometria sabbioso limosa sottilmente laminata con intercalazioni di argille grigie ed azzurre
(Formazione arenaceo argillosa - Facies arenaceo-pelitica)
MIOCENE sup.



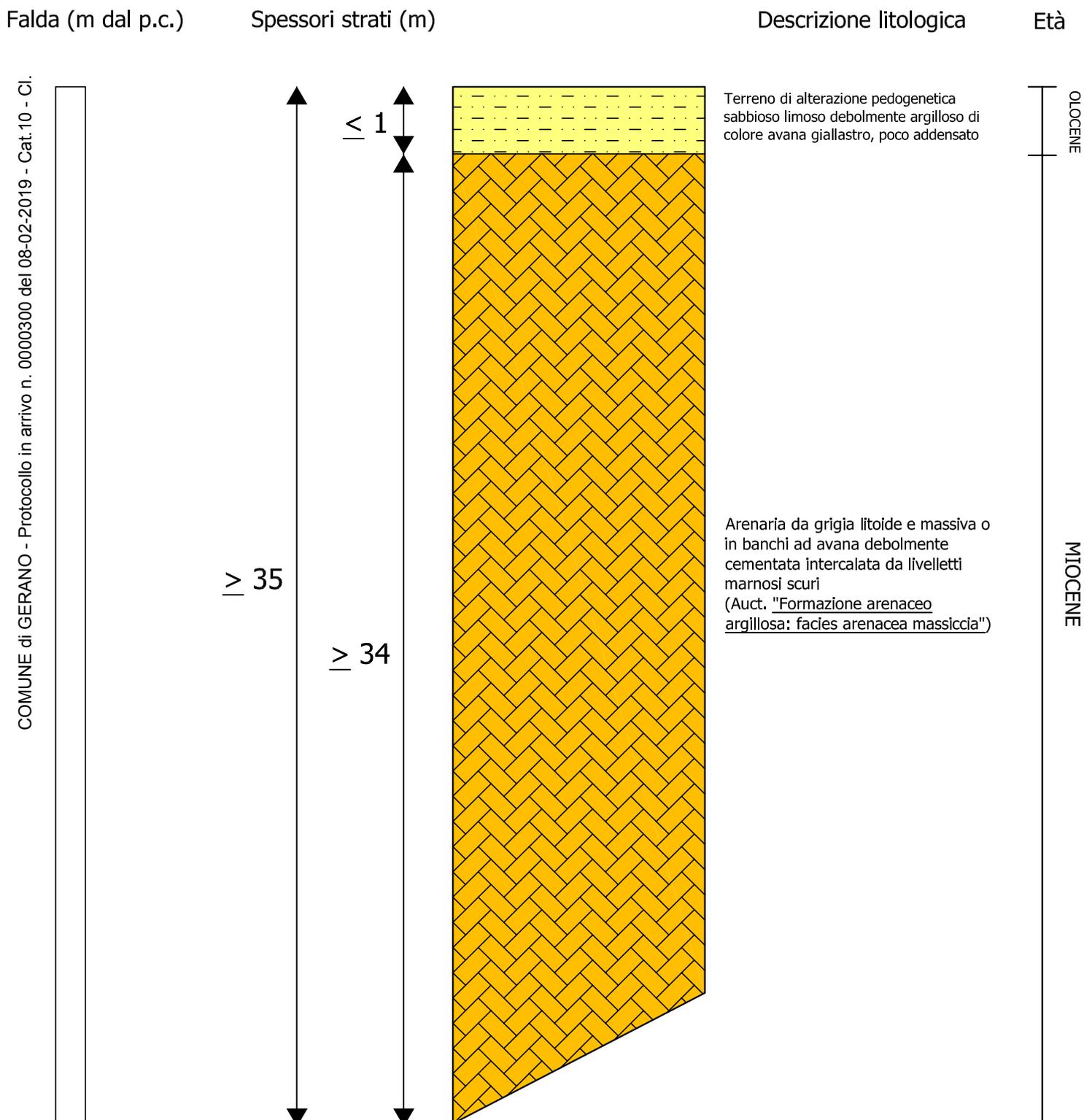
Arenaria da grigia litoide e massiva o in banchi ad avana debolmente cementata intercalata da livelletti marnosi scuri
(Formazione arenaceo argillosa - Facies arenacea massiccia)
MIOCENE sup.

SEQUENZA STRATIGRAFICA LOCALE

Ditta: Amministrazione Comunale

Riferimento: Ampliamento del Civico Cimitero

Località: Cimitero Comunale - Comune di GERANO (RM)



CLASSIFICAZIONE C.S.I.R. - Rock Mass Rating 1989 (Bieniawski)

R1 - Resistenza Roccia integra

Indice di rimbalzo Valore Medio	48	
Resistenza alla compressione monoassiale (Mpa)	55	
Resistenza alla punta Point Load Test (Mpa)	-	6

R2 - Rock Quality Designation (%)

Buona	60	10
-------	-----------	-----------

R3 - Spaziature dei giunti (m)

0,2 - 0,6	10
------------------	-----------

R4 - Condizione dei giunti

Lunghezza media dei giunti (m)	3 - 10 m	3	
Apertura media dei giunti (m)	1 - 5 mm	1	
Rugosità media dei giunti (m)	rugosa	5	
Riempimento medio dei giunti (m)	tenero < 5 mm	2	
Condizione di alterazione dei giunti (m)	legg. alterata	5	
			16

R5 - Condizioni idrauliche

Giunti Umidi	10
---------------------	-----------

R6 - Orientamento dei giunti

Pendio Favorevole	-5
--------------------------	-----------

RMRb = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 **52**

RMRc = A1 + A2 + A3 + A4 + A5 + A6 **47**

GSI (Geological Strenght Index) = RMRb - 5 **47**

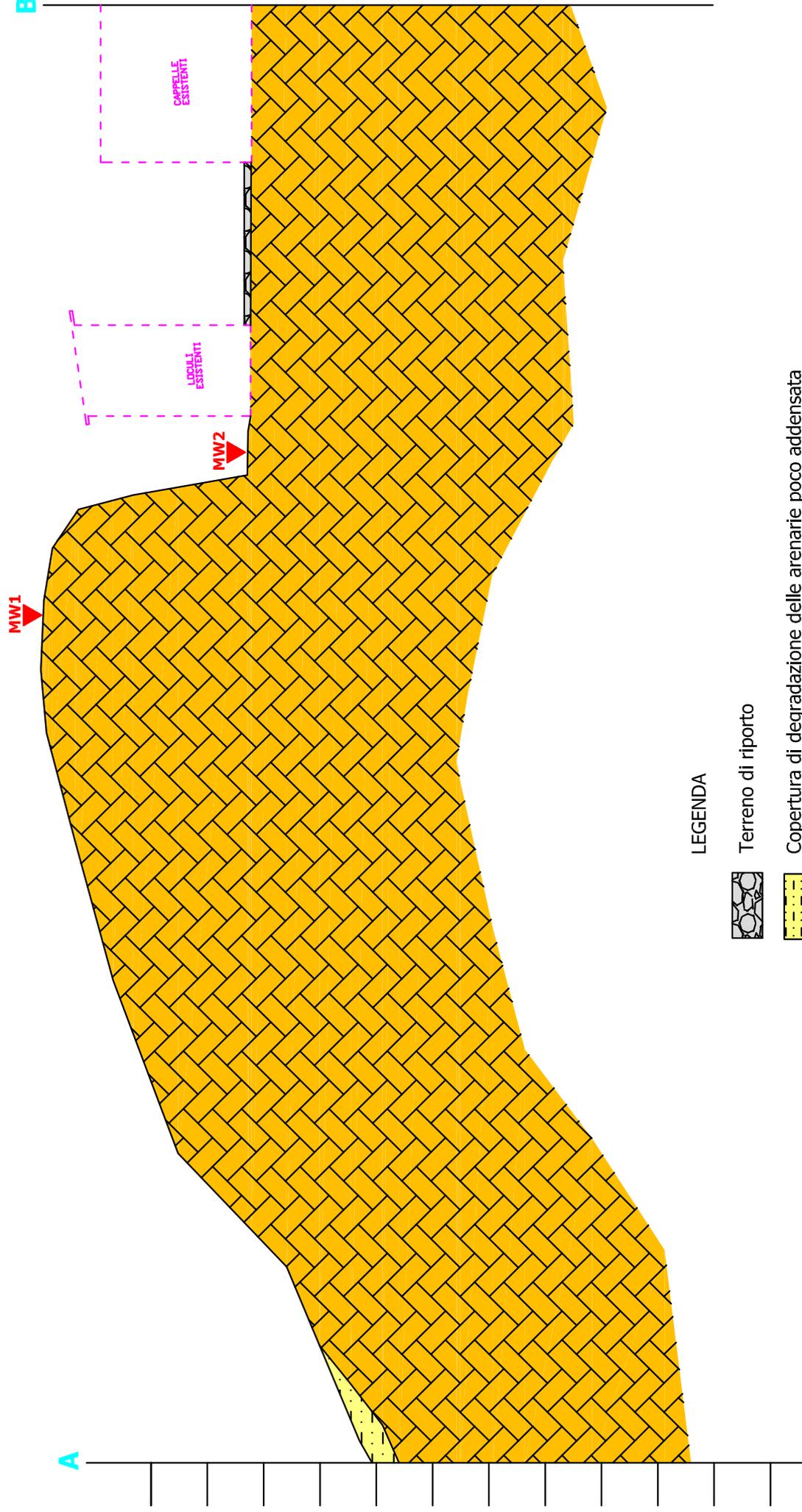
QUALITA' DELL'AMMASSO ROCCIOSO (Bieniawski)

CLASSE	RMRb	RMRc	Qualità dell'ammasso roccioso	Coesione KPa	Angolo di attrito (°)	Modulo Elastico GPa
III	52	47	discreta	260	31	11

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA INTERPRETATIVA n. 1

Condizione ante operam

Scala H 1/200 Scala V 1/200



LEGENDA



Terreno di riporto



Copertura di degradazione delle arenarie poco addensata

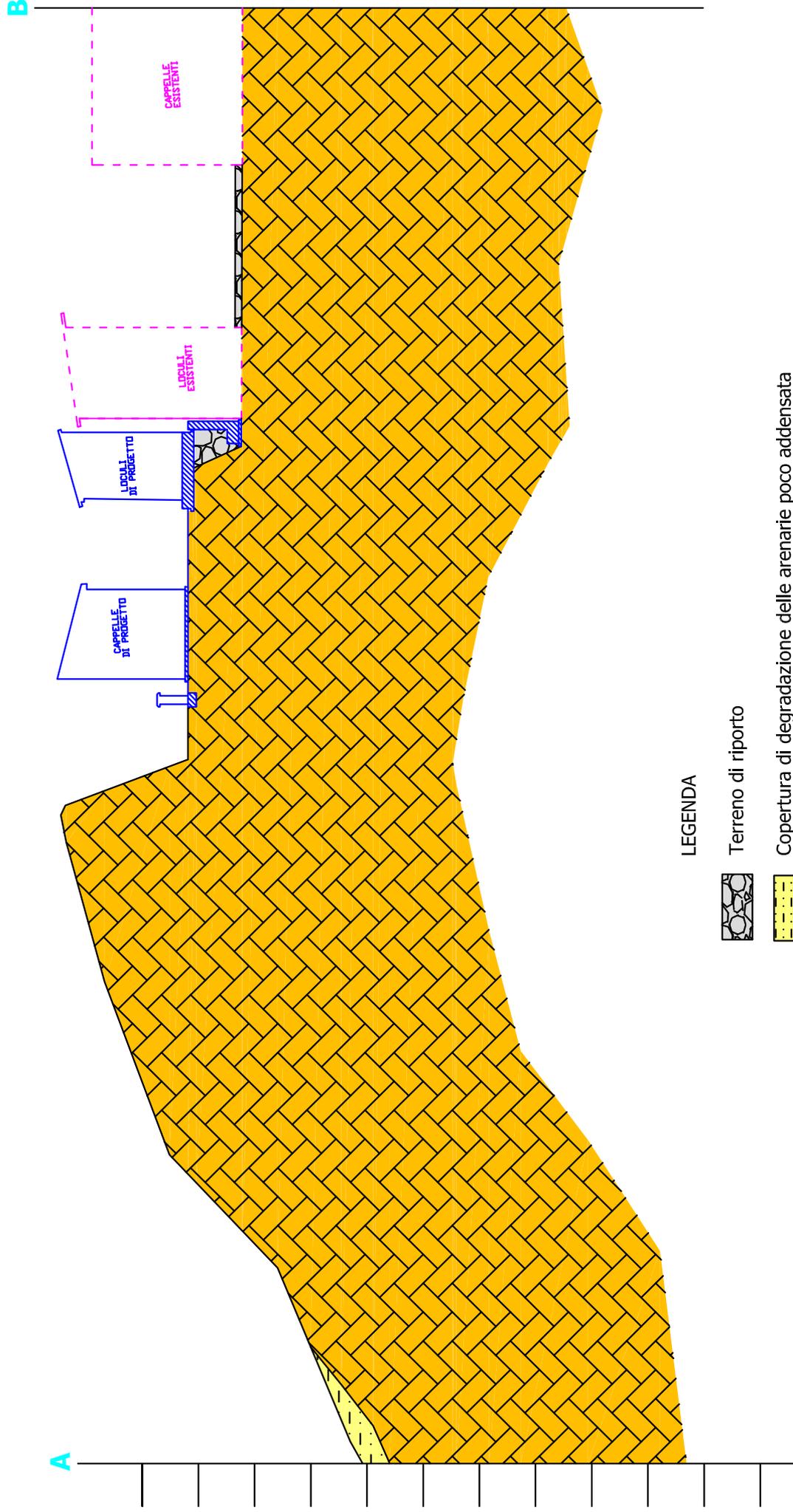


Substrato arenaceo

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA INTERPRETATIVA n. 1

Condizione post operam

Scala H 1/200 Scala V 1/200



ALLEGATO L

Relazione Geofisica

Determinazione categoria del suolo ai sensi del punto 3.2.2
delle NTC2018 mediante indagine di tipo MASW
(*multichannel analysis of surface waves*)

Località Cimitero Comunale

Comune di GERANO (RM)

Studio Geologico
dott. Marco Evangelisti

Via: Alcide de Gasperi, 83/g

03011 Alatri - FR

Tel: +39 338 8777998

Email: vngmrc@libero.it

Pec: marco.evangelisti@pec.geologilazio.it

Indagine geofisica tramite tecnica MASW

Data: Febbraio 2019

Dati generali

Committente	Amministrazione Comunale
Cantiere	Realizzazione loculi e cappelle gentilizie per ampliamento
Località	Cimitero Comunale
	GERANO (RM)
Operatore	GEO MAC
Responsabile	dott. Marco Evangelisti

INDICE

1. PREMESSA.....	4
2. IL PARAMETRO $V_{s,eq}$	4
3. L'INDAGINE GEOFISICA.....	5
4. PROFILI SISMICI M.A.S.W	7
4.1. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA.....	7
4.2. METODOLOGIA OPERATIVA.....	9
5. ELABORATI MASW - PROFILO MW1.....	10
6. ELABORATI MASW - PROFILO MW2.....	15
IMMAGINI DELL'INDAGINE EFFETTUATA.....	20

1. PREMESSA

A seguito dell'incarico ricevuto, è stata eseguita un'indagine geofisica per valutare le variazioni di velocità delle onde sismiche "S" nel sottosuolo e determinare quindi il parametro VSeq in ottemperanza alla vigente normativa sismica. A tale scopo sono stati effettuati due profili sismici del tipo **M.A.S.W.** (*multichannel analysis of surface waves*) nell'area interessata dal "Progetto per la realizzazione di loculi e cappelle gentilizie ad ampliamento" presso il Cimitero Comunale nel Comune di Gerano (RM).

2. IL PARAMETRO Vs,eq

È il parametro geofisico che rappresenta meglio la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, **VS,eq** (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

hi spessore dell'i-esimo strato;

VS,i velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite in Tab. 3.2.II delle NTC2018.

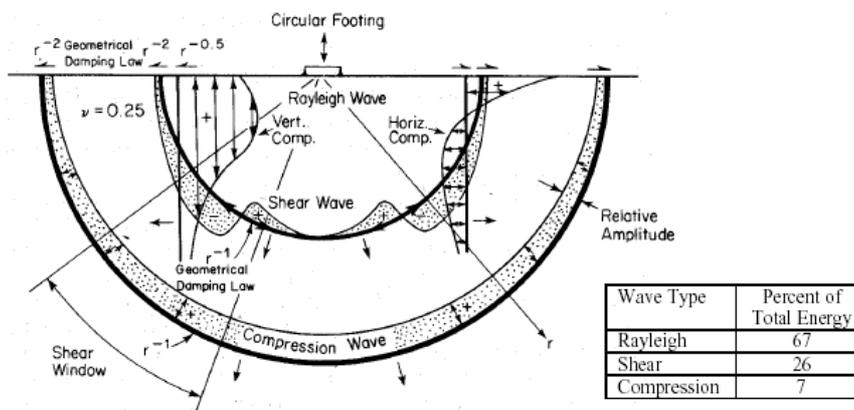
Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>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.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>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.</i>
E	<i>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.</i>

Il parametro **V_{s,eq}** può essere acquisito mediante: Prove in foro (down-hole, cross-hole), Profili sismici (riflessione o rifrazione), modellazione del sottosuolo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh (**MASW**, SASW, ReMi)

3. L'INDAGINE GEOFISICA

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



I vantaggi dell'uso di questa metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

1. Particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi
2. Non limitato – a differenza del metodo a rifrazione – dalla presenza di inversioni di velocità in profondità
3. Buona risoluzione (a differenza del metodo a riflessione)
4. Permette la ricostruzione della distribuzione verticale della velocità delle onde di taglio (S) – fondamentale per la caratterizzazione geotecnica del sito

Inoltre:

- La percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde P (7%) ed S (26%).

- L'ampiezza delle surface waves dipende da \sqrt{r} e non da r come per le body waves

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

P-Longitudinale: onda profonda di compressione;

S-Trasversale: onda profonda di taglio;

L-Love: onda di superficie, composta da onde P e S;

R-Rayleigh: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – "R"

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

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

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

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

Profondità di indagine

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

4. PROFILI SISMICI M.A.S.W .

4.1. STRUMENTAZIONE IMPIEGATA

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo DOREMI a 12 canali della SARA Electronic Instruments srl.

Il sismografo DoReMi è uno strumento innovativo che distribuisce lungo il cavo di stendimento l'elettronica necessaria alla registrazione del segnale sismico. Questa architettura ha molteplici benefici che complessivamente rendono il sistema estremamente vantaggioso da usare in ogni condizione operativa.

CARATTERISTICHE TECNICHE

Classe strumentale: sismografo multicanale per geofisica

Topologia: rete differenziale RS485 half-duplex multipoint

Lunghezza max rete: 1200 metri senza ripetitori

(virtualmente illimitata con ripetitori)

N. max canali per tratta: 255

Dimensioni elemento: 80x55x18 mm

Peso: 250 g (un elemento con lunghezza cavo 5 metri)

Cavo: 4 fili, 2 coppie, robotico resistente a torsioni, flesso-torsioni, abrasioni ed agenti chimici

Campionamento

Memoria: 64 kBytes (>30000 campioni)

Frequenze selezionabili: da 200 a 20000 Hz (da 5 a 0.05 ms)

Convertitore: tipo SAR a 16 bit (96 dB)

Amplificatore: ultra-low noise con ingresso differenziale

Filtri: 3Hz passa alto, 200Hz passa basso

Reiezione modo comune: >80dB

Diafonia (crosstalk): non valutabile per architettura ad elementi singoli a trasmissione digitale, virtualmente nulla.

Dinamica del sistema

Risoluzione: 7.600 μ V @ 10x; 0.076 μ V @ 1000x

Dinamica di base: 96dB (16 bit)

S/N ratio fra 0.5 e 30Hz: >90dB (RMS)

Full range a 10x: 0.5V p-p

Risoluzione: 0.0000002V p-p @ 1000x 4000Hz (RMS)

Dinamica totale teorica: 155dB (A/D + PGA)

Alimentazione

Tensione di alimentazione: 10-15VdC

Consumo: Unità di testa: 20mA

Per Canale: 40mA

Consumo totale 12 canali: 510mA

CARATTERISTICHE OPERATIVE

Ogni canale un sismografo collegato in microrete e da svolgere e riavvolgere in un classico avvolgicavo. Il sistema è modulare e la comunicazione tra i canali e l'interfaccia di stardi e di comunicazione avviene in modo digitale. Con la digitalizzazione vicinissima al geofono si abbattano i disturbi e si ottiene una

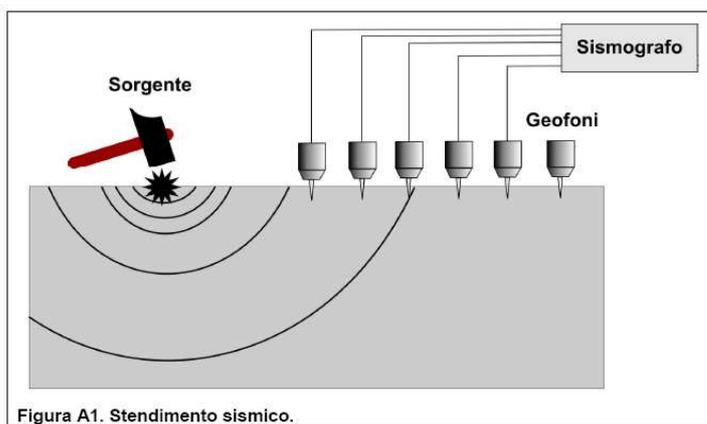
sensibilità incomparabile e sicuramente superiore ai sismografi con convertitori a 24 bit. La trasmissione del segnale è digitale quindi nulla viene perso anche su linee molto lunghe.

Sono stati utilizzati da 10 a 12 geofoni da 4,5 Hz e, come sorgente energizzante, una massa battente (martello) da 8 Kg battuta su una piastra metallica.



4.2. METODOLOGIA OPERATIVA

Acquisire un set di dati per l'indagine MASW non è molto diverso da una comune acquisizione per un'indagine a rifrazione (o riflessione). E' sufficiente effettuare uno stendimento di geofoni allineati con la sorgente ed utilizzare una sorgente ad impatto verticale (martello).



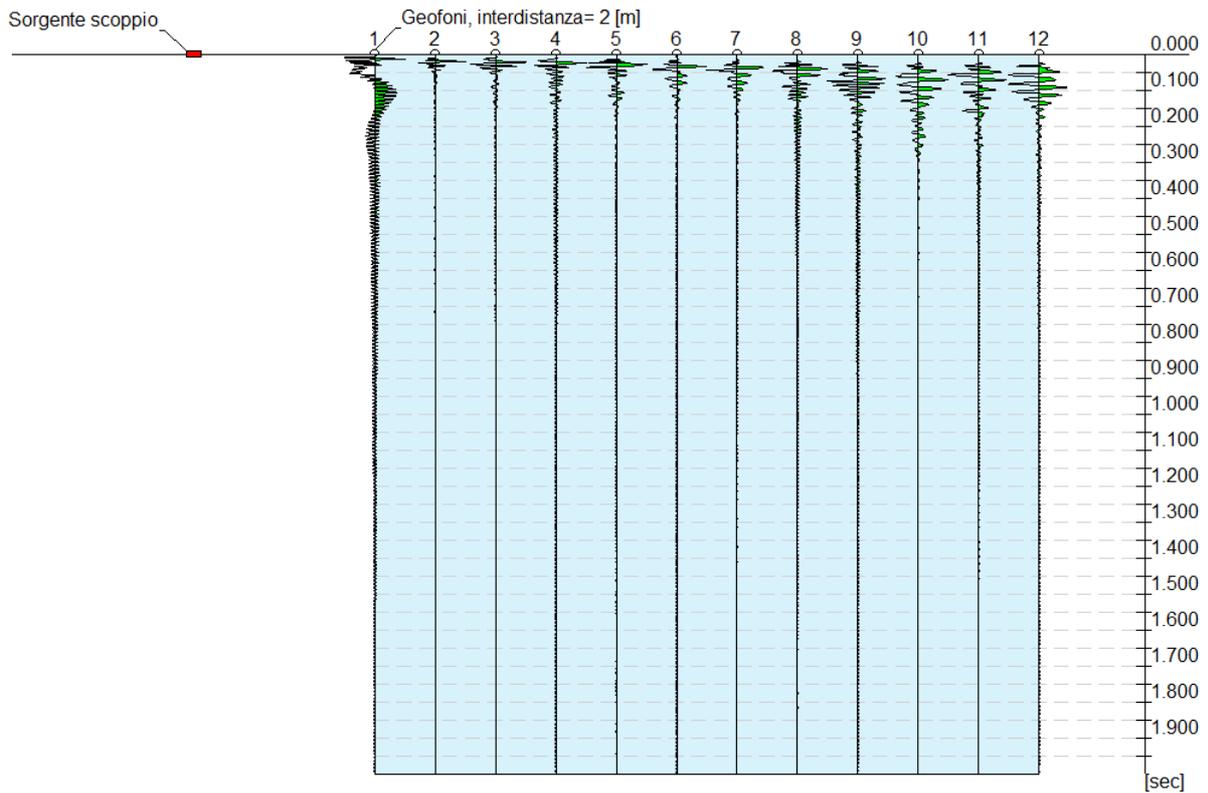
I profili MASW è stati eseguiti utilizzando n° 12 geofoni allineati sul terreno con un'interdistanza per il che sia profilo **MW1** che per quello **MW2** è stato di 2,0 metri e con i punti di scoppio posizionati ad una delle estremità del profilo a distanze di 2,0 e 3,0 m dal geofono n° 1.

La scelta dei due scoppi è stata effettuata per avere la certezza di generare la dispersione delle onde superficiali a prescindere dalle caratteristiche sismiche dei litotipi presenti nel sottosuolo dell'area investigata.

5. ELABORATI MASW - PROFILO MW1

TRACCE

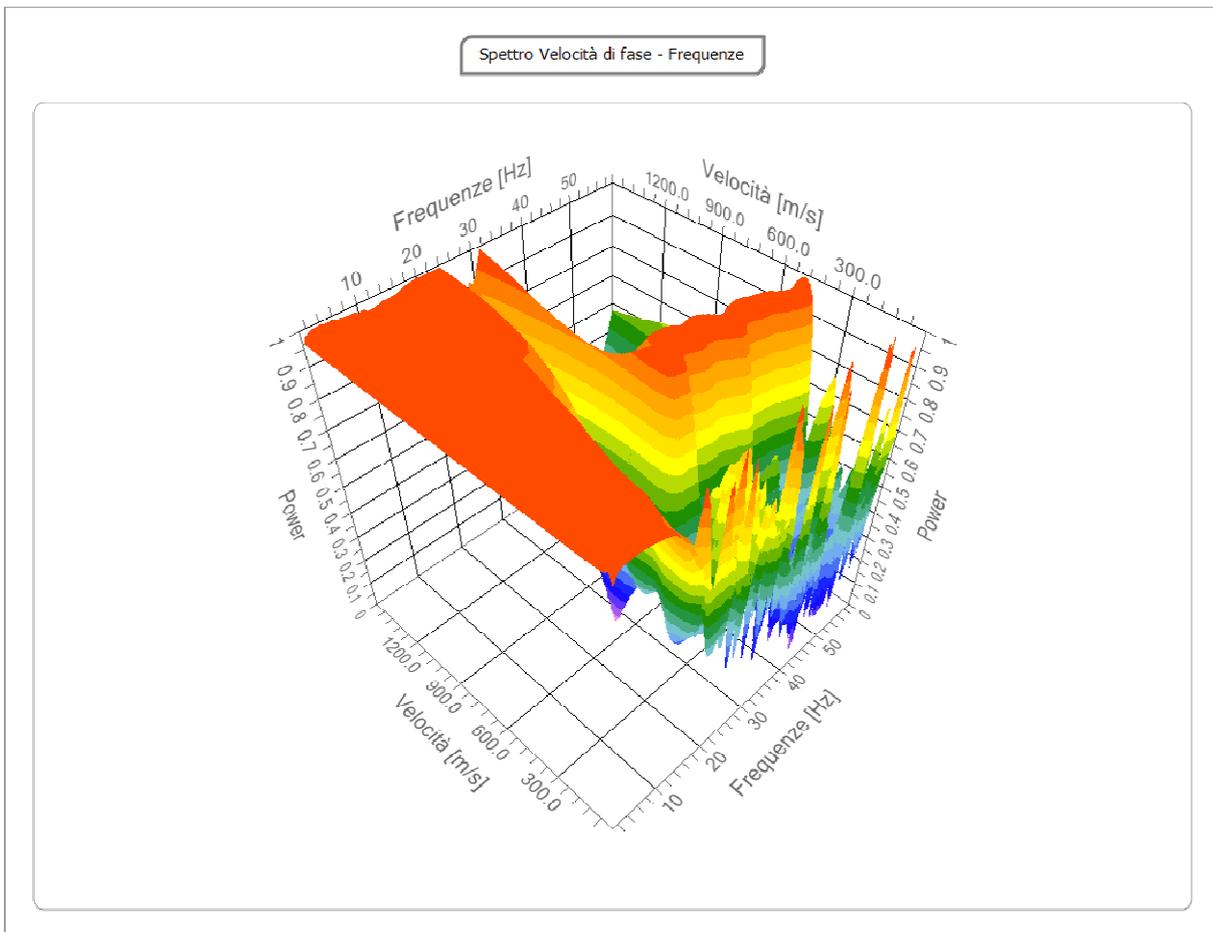
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



ANALISI SPETTRALE

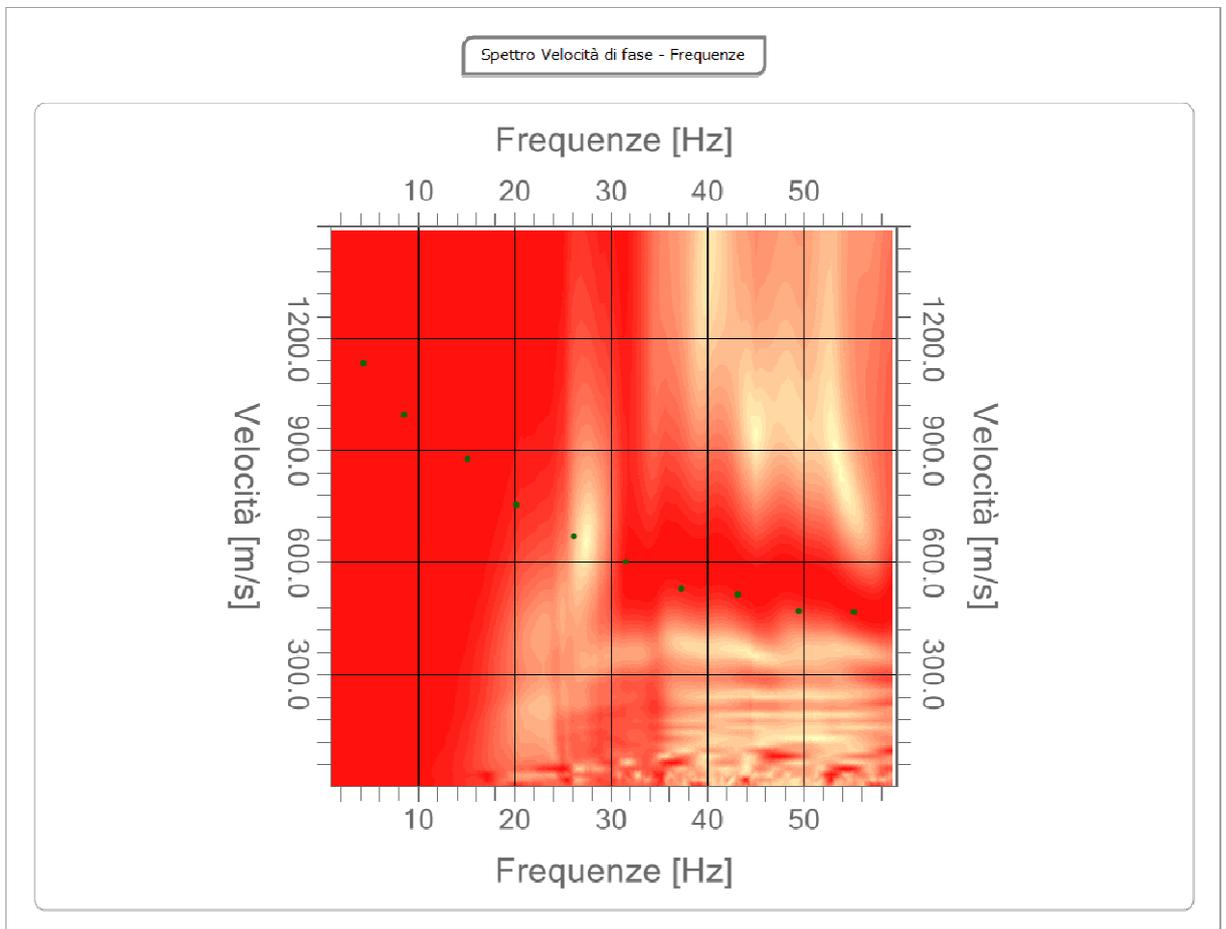
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	<i>1</i>
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	<i>60</i>
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	<i>1</i>
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	<i>1500</i>
Intervallo velocità [m/sec]	<i>1</i>

COMUNE di GERANO - Protocollo in arrivo n. 0000300 del 08-02-2019 - Cat.10 - Ci.



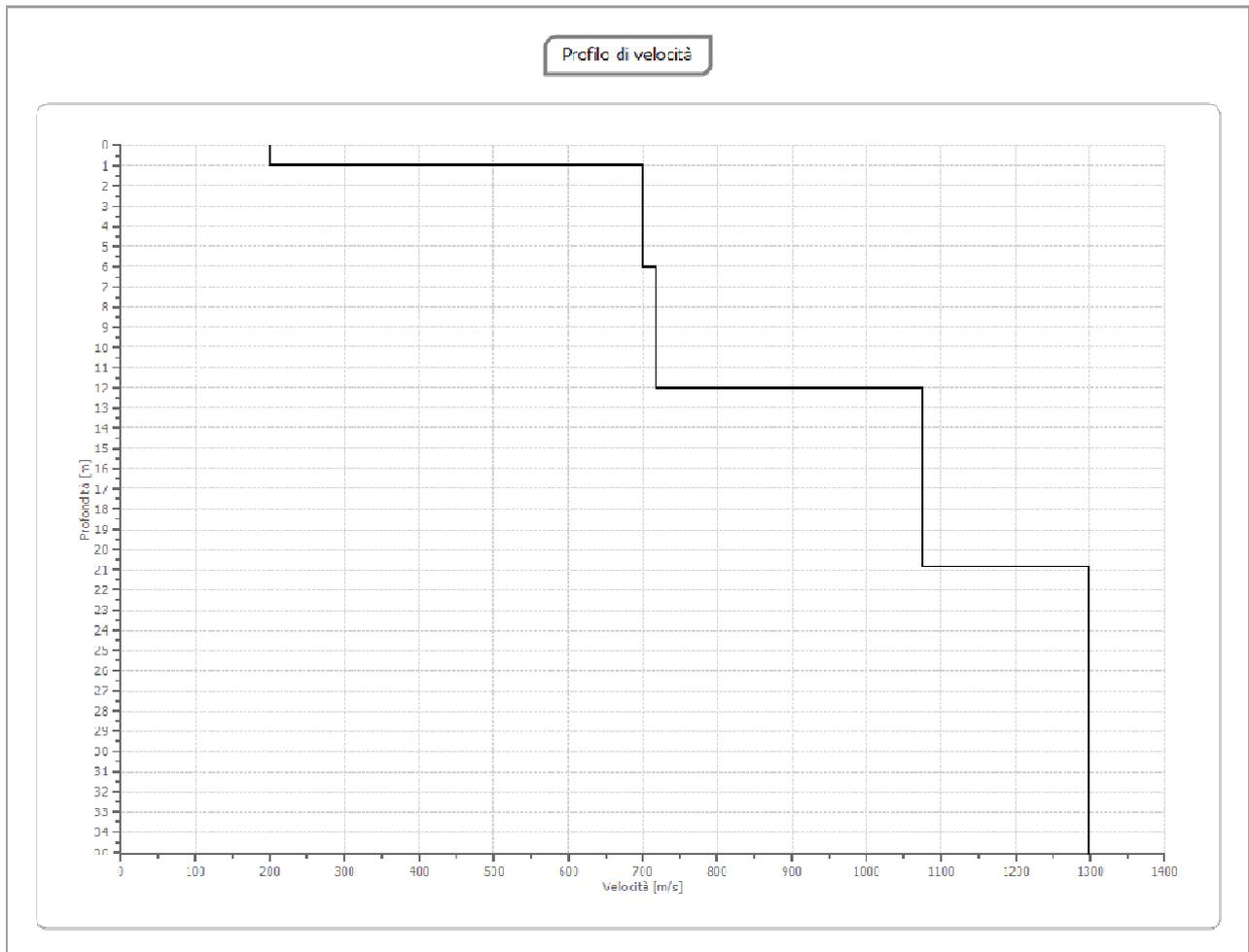
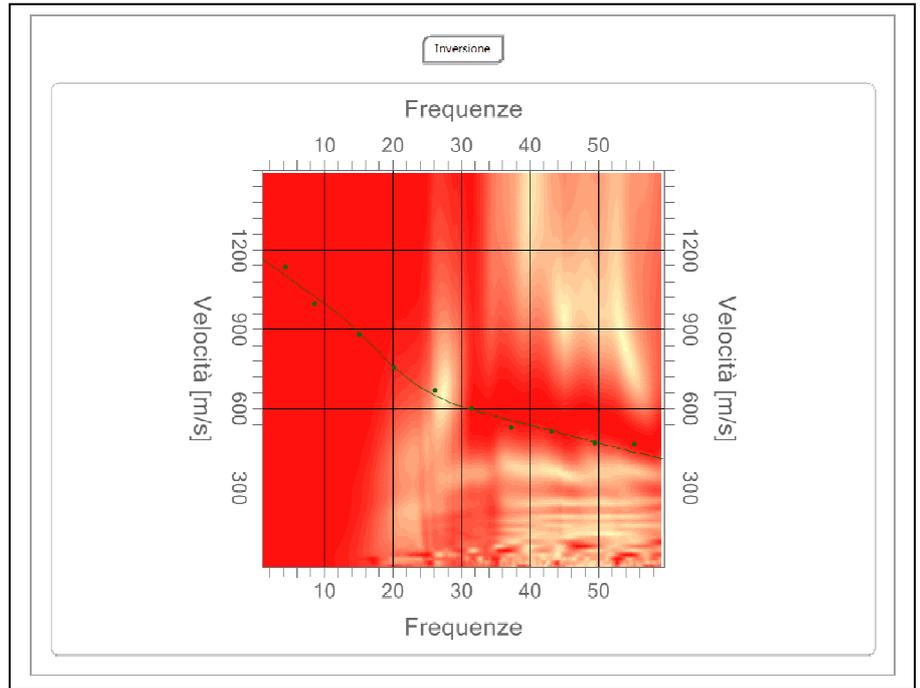
CURVA DI DISPERSIONE

<i>n.</i>	<i>Frequenza [Hz]</i>	<i>Velocità [m/sec]</i>
1	4.4	1135.2
2	8.6	997.3
3	15.2	877.7
4	20.2	755.1
5	26.2	669.3
6	31.6	601.8
7	37.3	528.3
8	43.1	512.9
9	49.5	470.0
10	55.3	466.9



INVERSIONE

<i>n.</i>	<i>Profondità [m]</i>	<i>Spessore [m]</i>	<i>Vp [m/sec]</i>	<i>Vs [m/sec]</i>
1	1.00	1.00	325.5	199.3
2	6.02	5.02	1142.3	699.5
3	12.02	6.00	1171.8	717.5
4	20.87	8.84	1753.6	1073.9
5	∞	∞	2122.3	1299.6



COMUNE di GERANO - Protocollo in arrivo n. 0000300 del 08-02-2019 - Cat.10 - Ci.

STUDIO GEOLOGICO**Dr. Marco Evangelisti**

Easy MASW V 2018.26.5.428- Licenza n. 1781 GeoStru spa Software

RISULTATI

Profondità piano di posa [m]	<i>3.00</i>
Vs,eq [m/sec] (H=9.02 m)	<i>711.40</i>
Categoria del suolo	<i>B</i>

Suolo di tipo 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.

ALTRI PARAMETRI GEOTECNICI

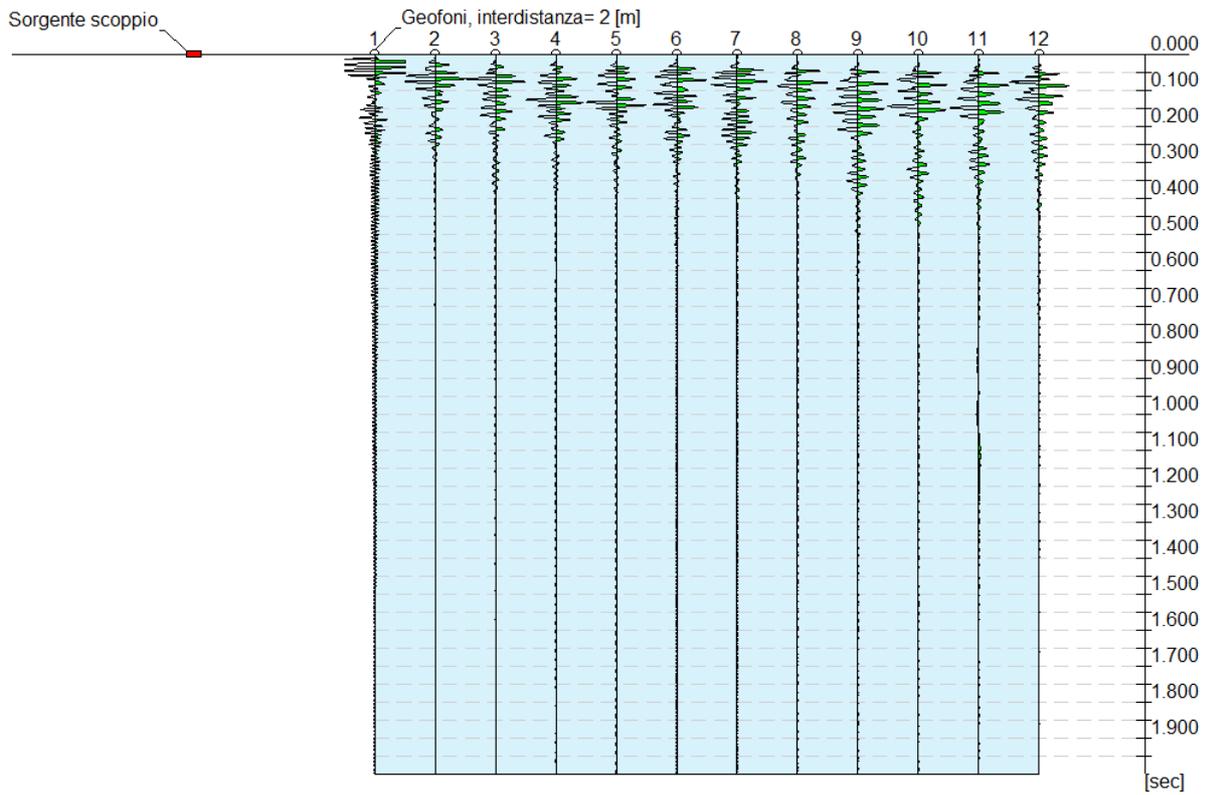
<i>n.</i>	<i>Profondità [m]</i>	<i>Spessore [m]</i>	<i>Vs [m/s]</i>	<i>Vp [m/s]</i>	<i>G0 [MPa]</i>	<i>Ed [MPa]</i>	<i>M0 [MPa]</i>	<i>Ey [MPa]</i>
<i>1</i>	<i>1.00</i>	<i>1.00</i>	<i>199.30</i>	<i>325.45</i>	<i>71.50</i>	<i>190.66</i>	<i>95.33</i>	<i>171.59</i>
<i>2</i>	<i>6.02</i>	<i>5.02</i>	<i>699.51</i>	<i>1142.29</i>	<i>880.76</i>	<i>2348.69</i>	<i>1174.34</i>	<i>2113.82</i>
<i>3</i>	<i>12.02</i>	<i>6.00</i>	<i>717.55</i>	<i>1171.75</i>	<i>926.78</i>	<i>2471.40</i>	<i>1235.70</i>	<i>2224.26</i>
<i>4</i>	<i>20.87</i>	<i>8.84</i>	<i>1073.87</i>	<i>1753.62</i>	<i>2075.75</i>	<i>5535.34</i>	<i>2767.67</i>	<i>4981.81</i>
<i>5</i>	<i>oo</i>	<i>oo</i>	<i>1299.61</i>	<i>2122.26</i>	<i>3040.18</i>	<i>8107.16</i>	<i>4053.58</i>	<i>7296.44</i>

*G0: Modulo di deformazione al taglio**Ed: Modulo edometrico**M0: Modulo di compressibilità volumetrica**Ey: Modulo di Young*

6. ELABORATI MASW - PROFILO MW2

TRACCE

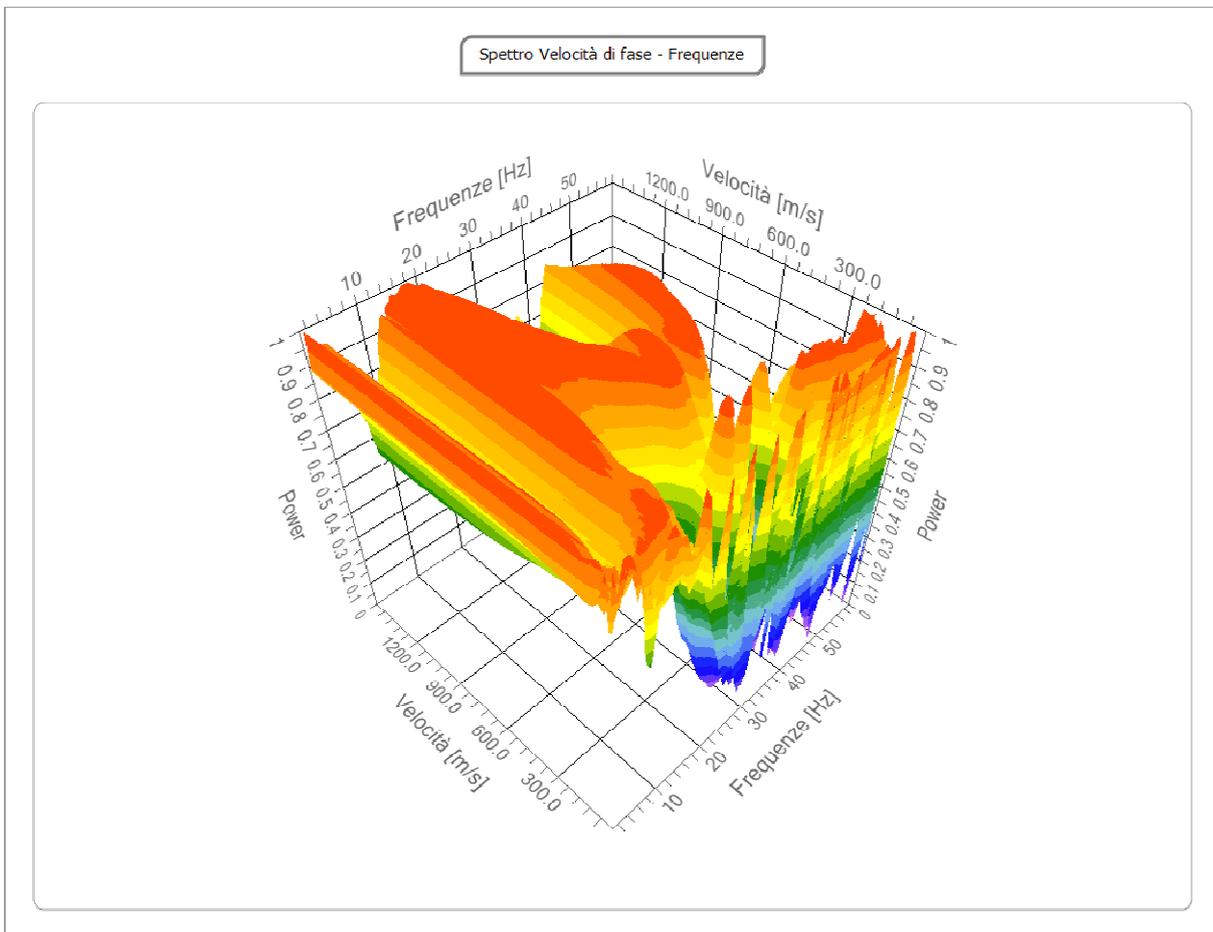
N. tracce	12
Durata acquisizione [msec]	2000.0
Interdistanza geofoni [m]	2.0
Periodo di campionamento [msec]	1.00



ANALISI SPETTRALE

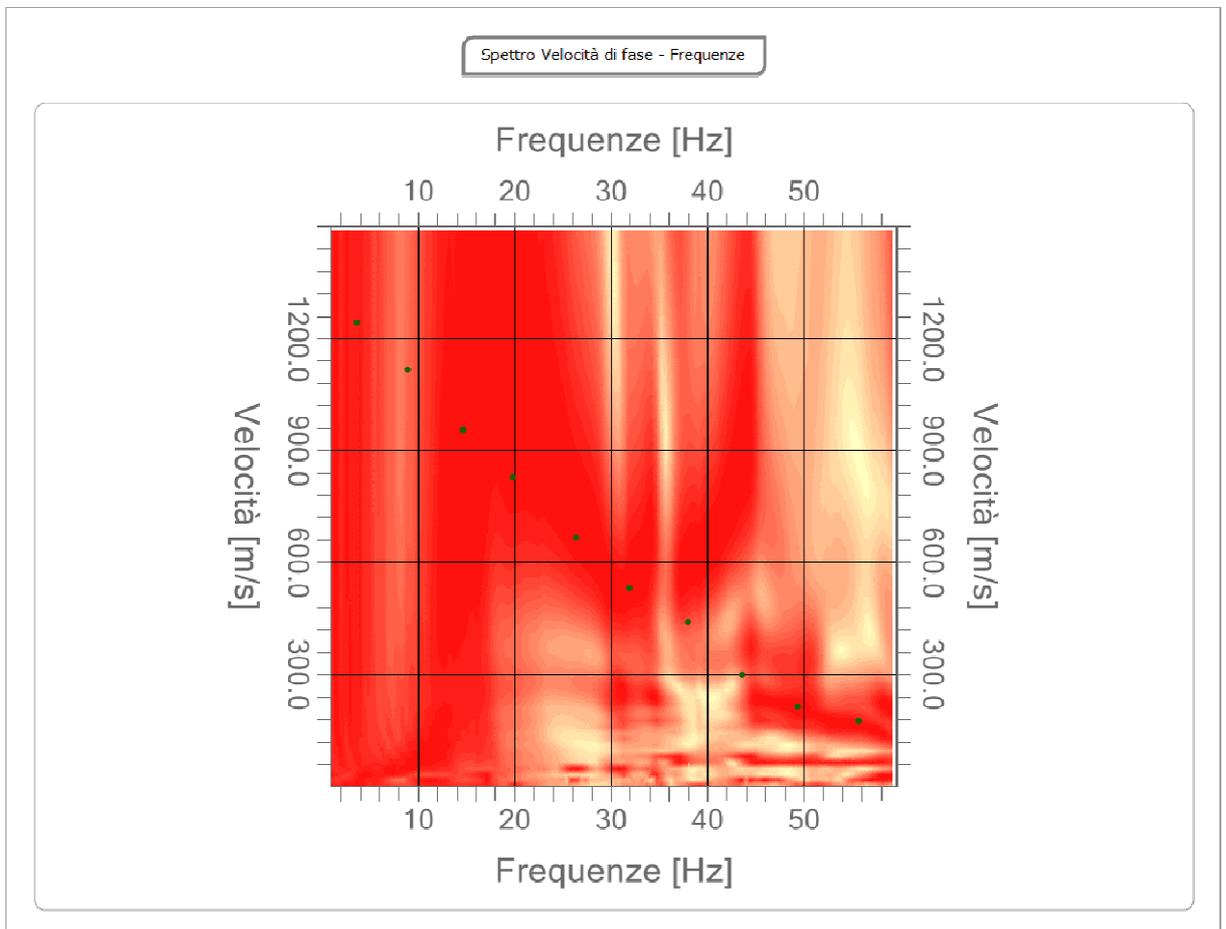
Frequenza minima di elaborazione [Hz]	<i>1</i>
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	<i>60</i>
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	<i>1</i>
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	<i>1500</i>
Intervallo velocità [m/sec]	<i>1</i>

COMUNE di GERANO - Protocollo in arrivo n. 0000300 del 08-02-2019 - Cat.10 - Ci.



CURVA DI DISPERSIONE

<i>n.</i>	<i>Frequenza [Hz]</i>	<i>Velocità [m/sec]</i>
1	3.6	1242.5
2	8.9	1116.8
3	14.7	954.4
4	19.9	828.7
5	26.3	666.2
6	31.9	531.3
7	38.0	439.4
8	43.6	300.4
9	49.4	215.4
10	55.6	175.7



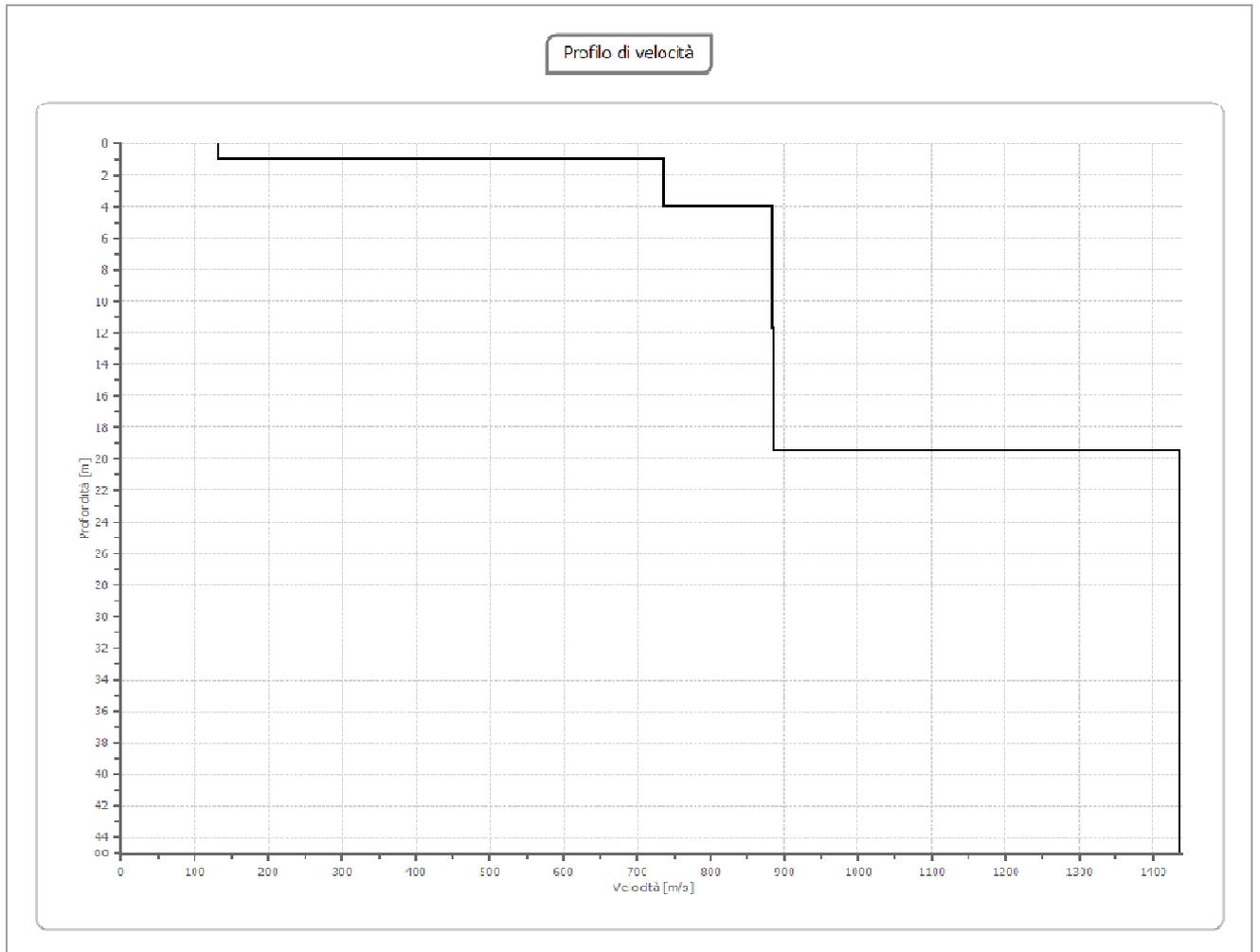
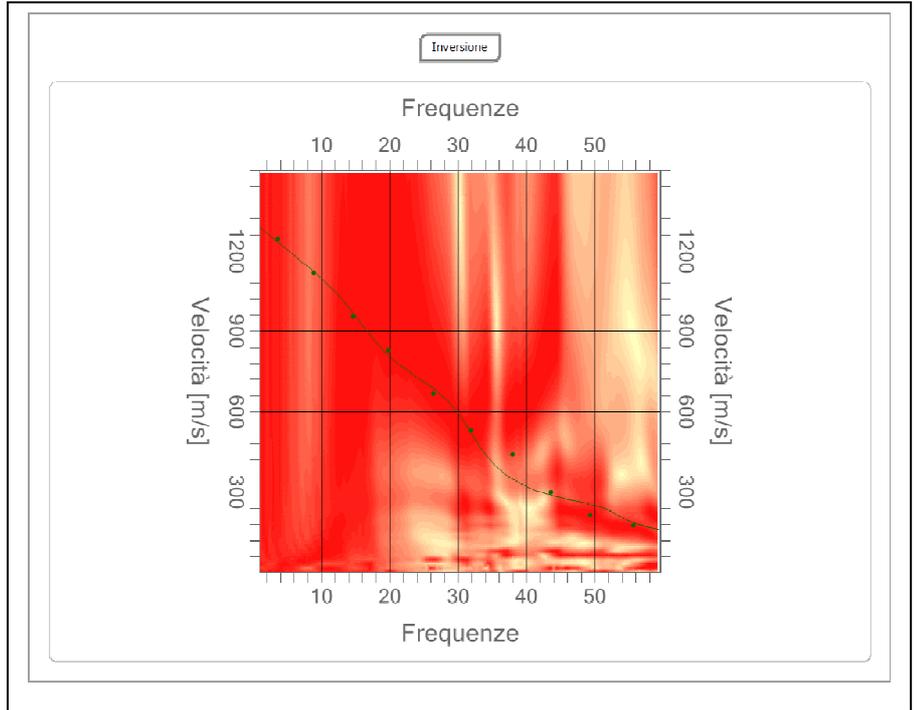
STUDIO GEOLOGICO

Dr. Marco Evangelisti

Easy MASW V 2018.26.5.428- Licenza n. 1781 GeoStru spa Software

INVERSIONE

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.00	1.00	214.7	131.5
2	4.00	3.00	1202.2	736.2
3	11.69	7.69	1441.5	882.7
4	19.47	7.78	1444.5	884.6
5	∞	∞	2343.9	1435.3



COMUNE di GERANO - Protocollo in arrivo n. 0000300 del 08-02-2019 - Cat.10 - Ci.

STUDIO GEOLOGICO**Dr. Marco Evangelisti**

Easy MASW V 2018.26.5.428- Licenza n. 1781 GeoStru spa Software

RISULTATI

Profondità piano di posa [m]	<i>1.00</i>
Vs,eq [m/sec] (H=3.00 m)	<i>736.19</i>
Categoria del suolo	<i>B</i>

Suolo di tipo 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.

ALTRI PARAMETRI GEOTECNICI

<i>n.</i>	<i>Profondità [m]</i>	<i>Spessore [m]</i>	<i>Vs [m/s]</i>	<i>Vp [m/s]</i>	<i>G0 [MPa]</i>	<i>Ed [MPa]</i>	<i>M0 [MPa]</i>	<i>Ey [MPa]</i>
<i>1</i>	<i>1.00</i>	<i>1.00</i>	<i>131.46</i>	<i>214.67</i>	<i>31.11</i>	<i>82.95</i>	<i>41.48</i>	<i>74.66</i>
<i>2</i>	<i>4.00</i>	<i>3.00</i>	<i>736.19</i>	<i>1202.19</i>	<i>975.55</i>	<i>2601.46</i>	<i>1300.73</i>	<i>2341.32</i>
<i>3</i>	<i>11.69</i>	<i>7.69</i>	<i>882.73</i>	<i>1441.48</i>	<i>1402.57</i>	<i>3740.18</i>	<i>1870.09</i>	<i>3366.16</i>
<i>4</i>	<i>19.47</i>	<i>7.78</i>	<i>884.60</i>	<i>1444.54</i>	<i>1408.52</i>	<i>3756.06</i>	<i>1878.03</i>	<i>3380.46</i>
<i>5</i>	<i>∞</i>	<i>∞</i>	<i>1435.35</i>	<i>2343.91</i>	<i>3708.40</i>	<i>9889.07</i>	<i>4944.53</i>	<i>8900.16</i>

*G0: Modulo di deformazione al taglio**Ed: Modulo edometrico**M0: Modulo di compressibilità volumetrica**Ey: Modulo di Young*

Alatri, Febbraio 2019

Il tecnico prospettore
dott. geol. Marco Evangelisti

IMMAGINI DELL'INDAGINE EFFETTUATA



Foto n. 1 – Profilo MW n. 1



Foto n. 2 – Profilo MW n. 2